



**FACULTE DES SCIENCES ET SCIENCES APPLIQUEES  
DEPARTEMENT DE CHIMIE**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME  
DE MASTER EN CHIMIE**

**SPECIALITE : *Chimie***

**OPTION : *Chimie durable et environnement***

**THEME**

**ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DES COMPOSES  
ORGANIQUES A L'ETAT DE TRACE PAR LA  
CHROMATOGRAPHIE EN PHASE GAZEUSE: VERS UNE  
IDENTIFICATION ABSOLUE EN ENVIRONNEMENT  
COMPLEXE.**

Présenté par : **BENAOUDA TOUFIK  
BOUCHENTOUF YUCEF**

Soutenu le 14/09/2015

**Devant le jury :**

**Président :** Mr. KAOUA R Maître de Conférences U. Bouira

**Rapporteur :** Mr. KHADIDJI Maître de Assistant U. Bouira

**Examineur :** Mr. DAHMOUNE F Maître de Conférences U. Bouira

**Examineur :** Mr. BERRICHE L Maître Assistant U. Bouira

# Dédicaces

**Je dédie ce modeste travail :**

*À Celle à qui mon cœur depuis sa naissance n'a pas pu éprouver  
qu'amour et reconnaissance, à celle qui a donné un sens à mon existence  
en m'offrant une éducation digne de confiance*

*À mon cher père, pour son soutien moral depuis mon enfance.*

*Père merci.*

*À la mémoire de ma grand-mère.*

*À tous les membres de ma famille : mes frères, Adel salamou, et tous mes  
sœurs.*

*À toutes ma famille.*

*À mes amis et amies de l'université.*

*Et à tous qui m'ont connu et aidé de près et de loin dans la réalisation  
de ce travail.*

**Benaouda.T**



# dédicaces

*Tout d'abord je voudrais remercier mes chers parents qui ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui, grâce à eux j'ai pu accomplir ce travail et mettre au jour le fruit de mon labeur.*

*Je voudrais aussi remercier ma chère sœur qui a fait que ce travail soit plus facile et plus agréable.*

*Sans oublier mon cher professeur Boudref.M qui grâce à ses idées j'ai pu enrichir le contenu de ce mémoire.*

*Je voudrais remercier ma douce Naoual.K qui ma beaucoup soutenu pour accomplir se travaille.*

*Je voudrais remercier tous mes amis en particulier mon cher et tendre ami Ziane.R et toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à l'achèvement de ce travail.et qui l'on rendue plus agréable.*

*Et une grande pensée à toutes les personnes chères qui nous ont quitté si tôt dans la vie on les oubliera jamais car tant que ces personnes la résident dans nos cœur leur présence sera à tout jamais avec nous.*

*Un hommage à mes chères tantes et mes oncles*

*Bouchentouf.Y*

## Remerciements

*Nous remercions le bon dieu qui nous a guidé.*

*Nous voudrions remercier notre promoteur Mr KHEDIDJI.S maitre assistant à l'université de Bouira qui grâce à lui a été effectué l'encadrement de ce travail.*

*Le maitre de conférence Mr KAOUA.R qui nous a fait honneur en présidant le jury et qui grâce à lui s'est accomplie cette séance de présentation du mémoire.*

*Mr DAHMOUN.F maitre de conférence à l'université de Bouira pour sa présence au sein du jury et on le remercie pour son rôle d'examineur cela est un honneur pour nous.*

*Mr BERICH.L maitre assistant à l'université de Bouira d'avoir accepté d'examiné le mémoire et sa participation au sein du jury.*

*Nous tenons à remercier le directeur de l'ENAP de Lakhdaria qui nous a permis d'effectuer notre stage pratique et la compagne d'échantillonnage et on tient aussi à remercier les cadre de cette entreprise qui nous ont été d'une très grande aide car ils ont fait preuve de patience et cela à gagner mon respect et celui de mon binôme, on voudrait remercier le laboratoire de recherche de l'université de Bouira ainsi que tous les mémoires qui nous ont aidé à accomplir se travail.*

## Liste des tableaux

---

Tableau.I.1.	Composition de l'atmosphère .....	3
Tableau.I.2.	Principaux polluants de l'air .....	7
Tableau.I.3.	Les diverses formes de pollution de l'air .....	12
Tableau.I.4.	Les grandes familles des COVs .....	23
Tableau.I.5.	Les valeurs réglementaires pour certains composés toxiques .....	25
Tableau.II.1.	Conditions d'analyse CG/SM .....	44
Tableau.II.2.	Les temps de rétention des étalons externes utilisés .....	45
Tableau.II.3.	Les temps de rétention des HAPs de l'UAMOB et de Lakhdaria .....	46
Tableau.II.4.	Les étalons internes utilisés .....	49
Tableau.II.5.	Les n-alcane identifiés sur l'UAMOB et ENAP Lakhdaria .....	50
Tableau.III.1.	Granulométrie des PM10 mesurées à l'UAMOB et à l'ENAP .....	53
Tableau.III.2.	Teneurs moyennes journalières ( $\text{ng}/\text{m}^3$ ) des <i>n</i> -alcane et HAPs enregistrées à l'université de Bouira et ENAP, Mars-Avril 2015 .....	59
Tableau.III.3.	Concentrations moyennes individuelles ( $\text{ng}/\text{m}^3$ ) des HAPs identifiés .....	60
Tableau.III.4.	Rapports diagnostiques des sources d'émission des HAPs .....	61
Tableau.III.5.	Concentrations ( $\text{ng}/\text{m}^3$ ) des n-alcane .....	63
Tableau.III.6.	Les ratios et leur sources de contamination .....	70

## Liste des figures

---

Fig.I.1.	Les différentes couches atmosphériques de la Terre .....	5
Fig.I.2.	Représentation de la variation de la température dans les couches atmosphériques .....	5
Fig.I.3.	Représentation schématique des principaux polluants .....	9
Fig.I.4.	Effets de la pollution atmosphérique sur la santé .....	11
Fig.I.5.	Les différentes sources d'aérosols .....	14
Fig.1.6.	Structure de l'aérosol .....	16
Fig.I.7.	Représentation schématique de la distribution granulométrique des aérosols et de leurs mécanismes de formation et de dépôt .....	17
Fig.I.8.	Effets des aérosols sur le système respiratoire .....	19
Fig.I.9.	Effet semi direct des aérosols .....	20
Fig.I.10.	Illustration schématique de l'effet radiatif indirect .....	20
Fig.I.11.	les 16 HAPs les plus importants selon US EPA .....	28
Fig.II.1.	Filtre avant (en blanc) et après (en noire) l'échantillonnage .....	35
Fig.II.2.	Image satellitaire présentant le site de l'échantillonnage (ENAP Lakhdaria)...	36
Fig.II.3.	schéma de l'unité de production Lakhdaria .....	37
Fig.II.4.	Image satellitaire présentant le site de l'échantillonnage (Université de Bouira) .....	38
Fig.II.5.	Montage de prélèvement des PM10.....	39
Fig.II.6.	L'extraction par Soxhlet .....	40
Fig.II.7.	évaporateur rotatif .....	41
Fig.II.8.	La purification des MOP sur une colonne chromatographique .....	41
Fig.II.9.	Organigramme de la procédure analytique .....	42
Fig.II.10.	Schéma du couplage chromatographie en phase gazeuse / spectrométrie de	43

## Liste des figures

---

	masse .....	
Fig.II.11.	Spectres de masse montrant les pics caractéristiques d'anthracènes .....	45
Fig.II.12.	Spectre de masse de l'hexadécane .....	47
Fig.II.13.	Mécanismes de fragmentation de l'hexadécane .....	48
Fig.II.14.	Chromatogramme des n-alcane particulaire dans l'atmosphère de l'université de Bouira (mars2015) .....	51
Fig.II.15.	Chromatogramme des n-alcane particulaire dans l'ENAP (avril 2015) .....	51
Fig.III.1.	Les variations journalières des teneurs en PM10 mesurées à l'université de Bouira .....	54
Fig.III.2.	Les variations journalières des teneurs en PM10 mesurées à l'ENAP Lakhdaria .....	55
Fig.III.3.	variation de l'humidité (ENAP lakhdaria) .....	56
Fig.III.4.	variation de la température (ENAP lakhdaria) .....	56
Fig.III.5.	variation de la température mesurée dans la ville de Bouira .....	57
Fig.III.6.	Variations des teneurs hebdomadaire en PM10 mesurée dans la wilaya de Bouira .....	58
Fig.III.7.	distribution des concentrations totales des aérosols organiques dans l'atmosphère de Lakhdaria et de Bouira .....	59
Fig.III.8.	Concentrations moyennes journalières des HAPs (ng/m <sup>3</sup> ) mesurées à l'ENAP et à l'UAMOB .....	62
Fig.III.9.	Concentrations moyennes journalières des n-alcane (ng/m <sup>3</sup> ) mesurées à l'ENAP et à l'UAMOB .....	64
Fig.III.10.	Distribution des n-alcane (ng/m <sup>3</sup> ) à l'UAMOB .....	64
Fig.III.11.	Distribution des n-alcane (ng/m <sup>3</sup> ) à l'ENAP .....	65
Fig.III.12.	zones des n-alcane majoritaires pour divers types de sources .....	66

## Liste des figures

---

Fig.III.13. Chromatogramme des <i>n</i> -alcanes particulaires présents dans l'atmosphère de l'UAMO Bouira Mars-2015 .....	68
Fig.III.14. Chromatogramme des <i>n</i> -alcanes particulaires présents dans l'atmosphère de L'ENAP Mars-Avril 2015 .....	68
Fig.III.15. Contributions des alcanes d'origine végétale à l'université de Bouira Mars 2015 .....	69



## Abréviation

---

<b>ADN :</b>	Acide Désoxyribonucléique
<b>AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> :</b>	oxyde d'aluminium
<b>ARN :</b>	Acide ribonucléique
<b>BTEX :</b>	Benzène –Toluène– Ethylbenzène-Xylènes
<b>BAP :</b>	Benzo[a]pyrene
<b>CG/MS :</b>	Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse
<b>CO :</b>	Monoxyde de carbone
<b>CO<sub>2</sub> :</b>	Dioxyde de carbone
<b>COV:</b>	Composé organique volatil
<b>CPG:</b>	Chromatographie en phase gazeuse
<b>CPI :</b>	Carbone Préférence Index
<b>DCM:</b>	Dichlorométhane
<b>EV :</b>	Electron volte
<b>HAP:</b>	Hydrocarbure aromatique polycyclique
<b>IR :</b>	Infrarouge
<b>L/MIN :</b>	Litre par minute
<b>µL :</b>	Microlitre
<b>MVS :</b>	Echantillonnage à moyen volume
<b>NH<sub>3</sub> :</b>	Ammoniac
<b>NO<sub>x</sub>:</b>	Oxydes d'azote
<b>NG/M<sup>3</sup> :</b>	Nanogramme par mètre cube
<b>OMS:</b>	Organisation mondiale de la santé

## Abréviation

---

<b>O<sub>3</sub>:</b>	Ozone
<b>PM<sub>2,5</sub>:</b>	Matière particulaire de taille inférieur à 2,5 µm
<b>PM<sub>10</sub>:</b>	Matière particulaire de taille inférieure à 10 µm
<b>PM<sub>1</sub>:</b>	Matière particulaire de taille inférieure à 1 µm
<b>PM :</b>	Matière Particulaire
<b>PS :</b>	Particules en Suspension
<b>PPM :</b>	Partie part million
<b>SIM:</b>	Sélecteur Ion Mass
<b>SM:</b>	Spectrométrie de masse
<b>SO<sub>2</sub> :</b>	Dioxyde de soufre
<b>TR:</b>	Temps de rétention
<b>UAMOB :</b>	Université Akli Mohand Oulhadj Bouira
<b>US-EPA :</b>	Agence Américaine de Protection de l'Environnement
<b>UPL :</b>	Unité de production Lakhdaria
<b>UMA :</b>	Unité masse atomique
<b>WAX :</b>	concentration de l'alcane biogénique

## Table des Matières

DEDICACES

REMERCIEMENTS

LISTE DES TABLEAUX

ABREVIATION

LISTE DES FIGURES

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE ..... 1

### Chapitre I :

#### **Synthèse bibliographique**

I.1.	Atmosphère .....	3
I.1.1.	Définition .....	3
I.1.2.	Composition de l'atmosphère .....	3
I.1.3.	Les différentes couches de l'atmosphère .....	4
I.1.4.	Variation de la température et de la pression atmosphérique .....	5
I.2.	La pollution atmosphérique .....	6
I.2.1.	Définition de la pollution .....	6
I.2.2.	Les principaux polluants atmosphériques .....	7
I.2.3.	Principales source de pollution et différents polluants atmosphérique .....	7
I.2.3.1.	Sources naturelles .....	7
I.2.3.2.	Sources anthropique .....	8
I.2.4.	L'impact de la pollution atmosphérique sur l'environnement et la santé .....	9
I.2.4.1.	Impact sur l'environnement .....	9
I.2.4.2.	Impact sur la santé .....	10

I.2.5.	Les différentes échelles .....	11
I.3.	Les aérosols .....	13
I.3.1.	Définition de l'aérosol .....	13
I.3.2.	Classification des aérosols .....	13
I.3.2.1.	Leurs origines .....	13
I.3.2.2.	Leur nature primaire ou secondaire .....	14
I.3.2.3.	Leurs tailles .....	14
I.3.3.	Structure de l'aérosol .....	15
I.3.4.	Modes de formation des aérosols .....	16
I.3.5.	Temps de résidences des aérosols .....	17
I.3.6.	Les impacts des aérosols .....	18
I.3.6.1.	Les impacts des aérosols sur la santé .....	18
I.3.6.2.	Impact des aérosols sur le climat .....	19
I.4.	Les n-alcanes .....	21
I.4.1.	Définition et caractéristiques des n-alcanes .....	21
I.4.2.	Sources des alcanes .....	21
I.4.3.	Toxicité des alcanes .....	22
I.5.	Les composées organiques volatiles .....	22
I.5.1.	Généralités sur les COVs .....	22
I.5.2.	Source des COVs .....	23
I.5.3.	Impact des COVs .....	24
I.5.3.1.	Sur la santé .....	24
I.5.3.2.	Sur l'environnement .....	26
I.6.	Les hydrocarbures aromatiques polycycliques HAPs .....	28

I.6.1.	Généralité sur les HAPs .....	28
I.6.2.	Origines des HAPs .....	29
I.6.3.	Toxicité des HAPs .....	29
I.6.4.	Réglementation pour les HAPs .....	30
	Référence .....	32

## **Chapitre II :**

### **Partie Expérimentale**

II.1.	Echantillonnage active .....	35
II.1.1.	Technique préalable .....	35
II.1.2.	Site d'échantillonnage .....	36
II.1.2.1.	Entreprise Nationale des Peintures E.NA.P (Lakhdaria) .....	36
II.1.2.2.	Université Akli Mohand Oulhadj de Bouira .....	38
II.1.3.	Prélèvement des aérosols .....	38
II.2.	Extraction et fractionnement .....	39
II.2.1.	Préparation de la cartouche .....	39
II.2.2.	Extraction au Soxhlet .....	39
II.2.3.	Concentration .....	40
II.2.4.	Fractionnement des composés sur colonne d'alumine (purification).....	41
II.3.	Analyse qualitative et quantitative des n-alcanes et HAPs par CG /SM .....	42
II.3.1.	Principe et formalités opératoires (CG/SM) .....	42
II.3.2.	Les paramètres analytiques de CG/SM .....	44
II.4.	Identification des composés .....	44
II.4.1.	Méthode d'identification des HAPs et des n-alcanes .....	44
	Référence .....	52



## Chapitre III :

### Résultats et discussion

<b>Partie I : variation temporelle des particules PM10 en suspension dans l'atmosphère de la wilaya de Bouira</b>		<b>53</b>
III.1.	Analyse des particules PM10 dans l'atmosphère de la wilaya de Bouira .....	53
III.1.1.	Teneurs journalières en PM10 .....	53
III.1.2.	Les conditions météorologiques .....	55
III.1.2.1.	L'influence de l'humidité .....	55
III.1.2.2.	L'influence de la Température .....	56
III.1.3.	Comparaison entre les teneurs hebdomadaires en PM10 dans une zone résidentielle (L'université de Bouira) et la zone industrielle (ENAP Lakhdaria)	57
<b>Partie II : Analyse qualitative et quantitative des HAPs et n-alcanes</b>		<b>58</b>
1.	Teneurs des <i>n</i> -alcanes et HAPs dans un site résidentiel (Université de Bouira), un site industriel (Entreprise Nationale des Peintures ENAP) .....	58
2.	Les hydrocarbures aromatiques polycycliques HAPs .....	59
3.	Analyse qualitative et quantitative des <i>n</i> -alcanes .....	62
3.1.	L'indice de carbone préférence CPI (Carbone Préférence Index) .....	65
3.2.	Le mélange complexe non résolu (UCM).....	67
3.3.	La concentration de l'alcane biogénique WAX .....	68
	Référence .....	71

**INTRODUCTION**

**GENERALE**

La pollution de l'air est un phénomène qui prend progressivement de l'ampleur dans le monde. Tous les jours, les médias nous parlent de pollution atmosphérique, de dérèglement climatique, de catastrophes naturelles... Mais quelle sont les principales sources de cette pollution ? [1]

Cette pollution grandissante nous concerne de très près car nous pouvons rester plus d'un mois sans manger, trois jours sans boire mais pas 5 minutes sans respirer. C'est pourquoi nous avons cherché à savoir ce qu'était la pollution atmosphérique, par quoi elle est provoquée et quelles sont ses multiples conséquences.

Il est bien évident qu'une atmosphère réellement non polluée n'a jamais existé. La pollution atmosphérique peut être d'origine biogène ou anthropique. Les principales sources naturelles sont : l'érosion éolienne à la surface de la Terre, des océans, les feux, les émissions de gaz biogéniques des écosystèmes et les éruptions volcaniques [1].

Les émissions anthropiques sont d'origines plus diverses. Elles sont essentiellement engendrées par les combustions des ressources naturelles fossiles (charbon, gaz, pétrole) ou de la biomasse et à l'évaporation de solvant et autres produits volatils.

Ce travail s'inscrit dans le cadre de l'étude de la composition de la fraction organique «les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs) et les alcanes lourds» présents dans l'aérosol l'atmosphérique de deux sites :

-un site résidentiel : l'UAMOB

- site à l'intérieur de l'usine de la production des peintures l'ENAP-Lakhdaria.

Ce manuscrit est constitué de trois chapitres. Le premier chapitre présente un envol bibliographique sur les aérosols et leurs effets sur le climat, la santé, les composés organiques volatiles (COVs) et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs), les n-alcanes. La partie expérimentale est détaillée dans le deuxième chapitre en décrivant les sites d'échantillonnage, la méthode de collecte d'échantillon ainsi que la méthode d'extraction, de purification et d'analyse utilisé.

En fin, le dernier chapitre est consacré à l'analyse qualitative et quantitative par GC/MS des HAPs et des n-alcanes dans l'air à l'intérieur de l'usine l'ENAP et dans l'air ambiant dans le site résidentiel et urbain de la ville de Bouira (l'UAMOB).

**CHAPITR I :**  
**SYNTHESE**  
**BIBLIOGRAPHIQUE**

### I.1.L'atmosphère

#### I.1.1.Définition

L'atmosphère est indispensable à la survie de la planète. Elle absorbe une partie des rayons ultra violets du soleil grâce à la couche d'ozone et maintient une température constante sur terre afin de rendre la vie possible grâce à l'effet de serre. L'atmosphère intervient également dans le cycle de l'eau [1].

L'atmosphère constitue un milieu éminemment complexe, possédant un champ de gravitation suffisamment fort pour empêcher les gaz de s'échapper [1].

#### I.1.2.Composition de l'atmosphère

La plus grande part de la masse atmosphérique est proche de la surface de la terre, Les gaz sont les principaux constituants de l'atmosphère. Bien que ceux-ci soient continuellement brassés, l'atmosphère n'est pas homogène, tant par sa composition que par ses caractéristiques physiques.

Elle est constituée de 78,11 % d'azote, 20,95 % d'oxygène et de 0,93 % d'argon pour les gaz majeurs. Les gaz mineurs, dont la proportion varie avec l'altitude, sont principalement l'eau sous forme de vapeur, le dioxyde de carbone, le dioxyde de soufre et l'ozone. Les concentrations en CO<sub>2</sub> s'élevaient en 2007 à 0,0382 %, soit 382 ppm alors qu'en 1998, elle était de 345 ppm.

**Tableau.I.1.**Composition de l'atmosphère [2].

Gaz constituants de l'air sec	Volumes (en %)	Masses molaires
<b>Azote (N<sub>2</sub>)</b>	78,09	28,016
<b>Oxygène (O<sub>2</sub>)</b>	20,95	32,000
<b>Argon(A)</b>	0,93	39,944
<b>Dioxyde de carbone(CO<sub>2</sub>)</b>	0,035	44,010
<b>Néon (Ne)</b>	1,8 10 <sup>-3</sup>	20,183
<b>Hélium (He)</b>	5,24 10 <sup>-4</sup>	4,003
<b>Krypton (Kr)</b>	1,0 10 <sup>-4</sup>	83,07
<b>Hydrogène (H<sub>2</sub>)</b>	5,0 10 <sup>-5</sup>	2,016
<b>Xénon (Xe)</b>	8,0 10 <sup>-3</sup>	131,3
<b>Ozone (O<sub>3</sub>)</b>	1,0 10 <sup>-6</sup>	48,000
<b>Radon (Rn)</b>	6,0 10 <sup>-18</sup>	222,00



### I.1.3. Les différentes couches de l'atmosphère

#### ➤ La Troposphère

Elle est située entre la surface du globe et 6 km d'altitude aux pôles et 15 km à l'équateur. C'est la plus dense en masse (80%). C'est dans cette couche que se produisent les phénomènes météorologiques (Pluie, vent ...) et que s'accumulent les gaz polluants issus des activités humaines.

La limite supérieure de la troposphère se nomme la tropopause.

#### ➤ La Stratosphère

Est caractérisée par une croissance de la température quand on s'élève. C'est dans la stratosphère entre 25 et 30 km d'altitude que se trouve la concentration maximale d'ozone. A cet endroit, il est qualifié de «bon ozone».

L'ozone stratosphérique filtre les rayons ultraviolets soleil de longueur inférieure à 300 nm, et protège ainsi la vie sur terre en faisant écran.

La limite supérieure de la stratosphère se nomme la stratopause.

Par opposition au «mauvais ozone » de la troposphère, issu des activités humaines, qui est irritant et considéré comme un polluant.

#### ➤ La Mésosphère

Elle se situe entre 50 et 80 km d'altitude. Elle est séparée de la thermosphère par une fine couche appelée mésopause.

C'est dans cette couche que les météorites brûlent et forment les étoiles filantes.

#### ➤ La thermosphère

Elle s'étend entre 80 et 500 km d'altitude il y règne une pression très faible, les molécules d'air sont très rares et la température atteint 100°C. Dans l'espace extérieur de la thermosphère, la majorité des particules se présentent sous la forme d'atomes simples, H, He, O etc. A des altitudes plus basses (200-100km) se retrouvent les molécules diatomiques, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, NO etc.

#### ➤ L'exosphère

C'est la couche la plus élevée de l'atmosphère. Elle se dissipe peu à peu dans l'espace interplanétaire et l'air y devient extrêmement rare. Les ondes radio y sont réfléchies et beaucoup de satellites artificiels gravitent autour de la terre dans cette zone.

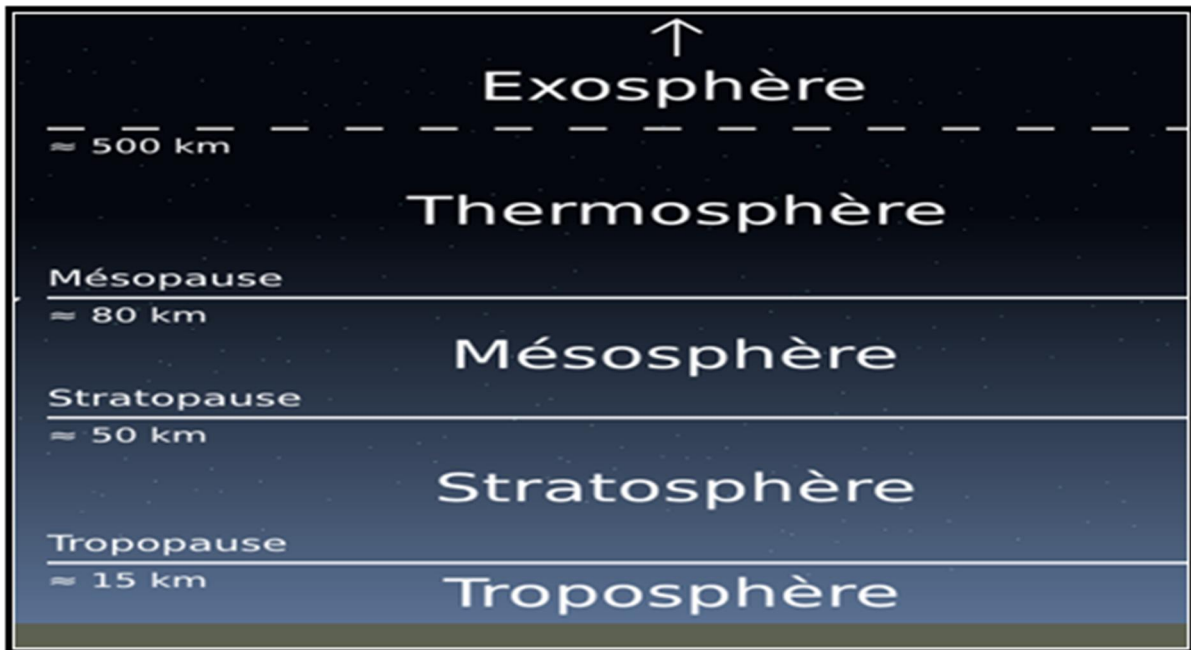


Fig.I.1.les différentes couches atmosphériques de la Terre [3].

#### I.1.4.Variation de la température et de la pression atmosphérique

Avec l'altitude, la pression atmosphérique décroît très régulièrement. En revanche, la température décroît, croît puis décroît de nouveau avec l'altitude comme représenté sur la figure ci-dessous

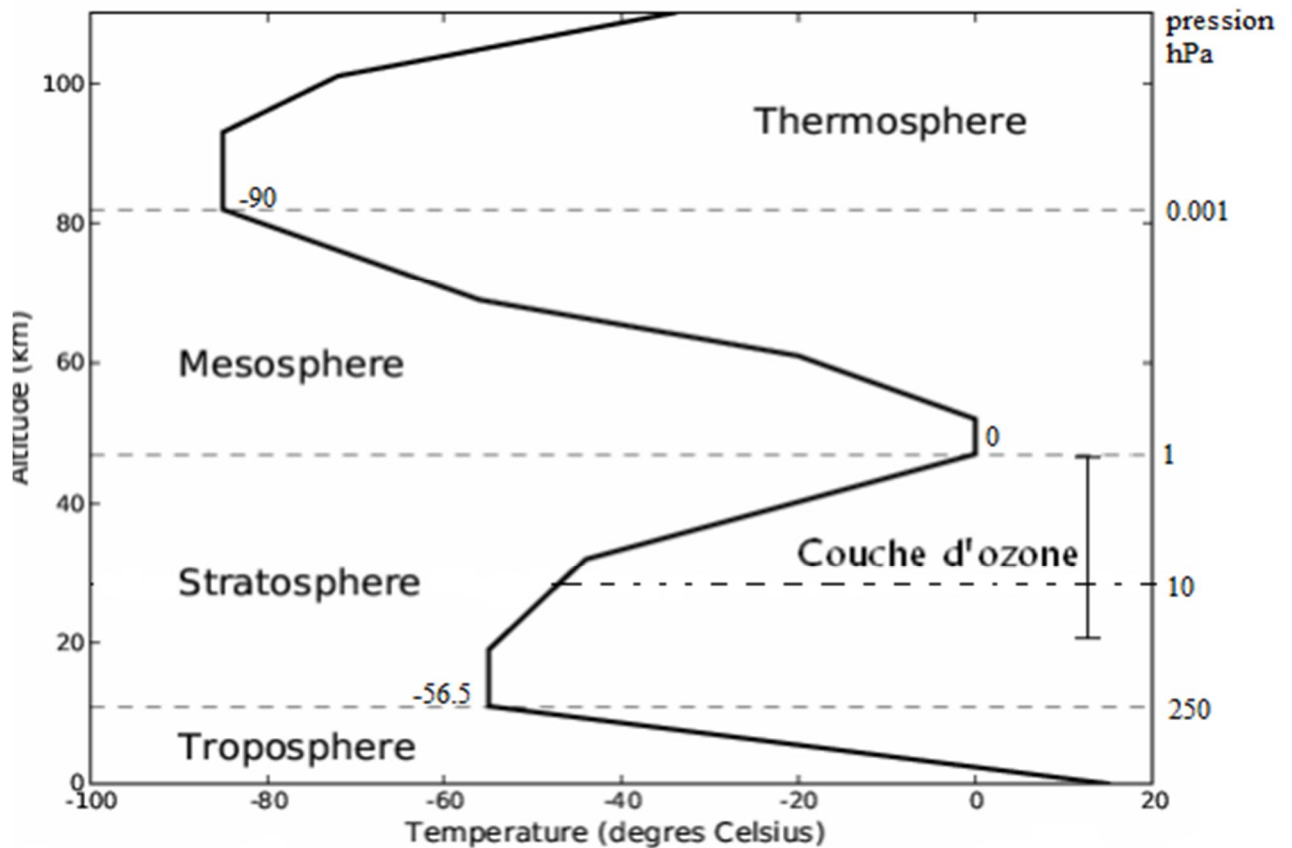


Fig.I.2.Représentation de la variation de la température dans les couches atmosphériques [4].

- A la surface de la terre la température est de  $18^{\circ}\text{C}$  une température moyenne, cette température est maintenue grâce à l'effet de serre qui conserve la chaleur du sol échauffé par les rayonnements de soleil.
- 0 – 6 km (au pôle) à 15 km à l'équateur (couche troposphérique) la température décroît de  $6,5^{\circ}\text{C}$  par kilomètre d'altitude pour atteindre une température moyenne de  $-56,5^{\circ}\text{C}$ . La température de la troposphère diminue avec l'altitude. En réalité, c'est l'air chaud qui devrait monter. Cependant, ce n'est pas le cas pourquoi ? Comme la densité de l'air diminue avec l'altitude, l'air des couches supérieures est plus léger que l'air plus chaud des couches inférieures qui sont plus denses, car elles sont sous plus forte pression. Par conséquent, l'air chaud ne monte pas.
- 15 - 50 km d'altitude (couche stratosphérique) la température croît de  $-56,5^{\circ}\text{C}$  à  $0^{\circ}\text{C}$ , cette augmentation est due à l'absorbance des rayons UV par  $\text{O}_3$ .
- 50 – 80 km d'altitude (couche mésosphérique) chute de la température de  $0^{\circ}\text{C}$  à  $-90^{\circ}\text{C}$ , cet écoulement est due à l'émission infrarouge par  $\text{O}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{CO}_2$  d'où le refroidissement de la couche.
- 80 – 500 km d'altitude (la thermosphère) la température croît à nouveau pour atteindre la valeur de  $100^{\circ}\text{C}$ , cette augmentation est due à l'absorption des rayonnements solaire intenses par les molécules d' $\text{O}_2$  [5].

### I.2.La pollution atmosphérique

#### I.2.1.Définition de la pollution

C'est l'introduction de substances nouvelles ou, le cas le plus fréquent, du rejet de composés déjà présents à l'état naturel mais dont nous modifions par nos activités les concentrations dans le milieu aérien.

En Algérie, elle est définie: "Pollution de l'Atmosphère : l'introduction de toute substance dans l'air ou dans l'atmosphère provoquée par l'émanation de gaz, de vapeurs, de fumées ou de particules liquides ou solides susceptibles de porter préjudice ou de créer des risques au cadre de vie, à la santé ou à la sécurité publique ou à nuire aux végétaux, à la production agricole et aux produits agroalimentaires, à la conservation des constructions et des monuments ou au caractère des sites"[6].

### I.2.2. Les principaux polluants atmosphériques

Un polluant est un corps d'origine anthropique ou non, à l'état solide, liquide ou gazeux, contenu dans l'atmosphère et qui ne fait pas partie de la composition normale de l'air ou qui y est présent en quantité anormale.

Les principaux polluants atmosphériques se classent dans deux grandes familles bien distinctes :

**Tableau.I.2.** Principaux polluants de l'air [7].

Les polluants primaires	Les polluants secondaires
Oxyde de carbone (CO)	Ozone (O <sub>3</sub> )
Oxyde d'azote (NO <sub>x</sub> )	Polluants photochimiques (les PAN ou peroxyacétylnitrate)
L'ammoniac (NH <sub>3</sub> )	
Hydrocarbure légers	
Composé organique volatile (COV)	
Les hydrocarbures halogénés (CFC)	
Les aérosols	

### I.2.3. Principales sources de pollution et différents polluants atmosphérique

#### I.2.3.1. Sources naturelles

L'atmosphère renferme, à côté des éléments de base, une quantité variable de substances naturelles provenant de sources très diverses qui, dépassant un seuil, crée une source de pollution :

- Les feux de forêts dégagent des COVs.
- Les volcans émettent des gaz comme le dioxyde de soufre et de l'hydrogène sulfureux, et des particules des cendres en grande quantité, dont les nuages peuvent parcourir des distances considérables.

- Les embruns marins sont constitués par des aérosols renfermant des cristaux de sels qui peuvent entraîner une pollution.
- Les végétaux sont à leur tour à l'origine d'une pollution par les pollens.

### I.2.3.2.Sources anthropique

- La production d'énergie à partir de la combustion fossile, qui contribue au réchauffement planétaire ( $H_2O$  et  $CO_2$ ).
- Les installations industrielles sont très diverses, la métallurgie de l'aluminium, les cimenteries.
- Le trafic des véhicules et la pollution aéronautique qui libèrent les  $SO_2$  et  $CO$ ,  $NO$ ,  $N_2O$ , COVs [8].
- COVs, l'utilisation de solvants dans les procédés industriels (imprimeries, nettoyage à sec,...) ou dans les colles, vernis, peintures,... Les plus connus sont les BTX (benzène, toluène, xylène), les stations-service (les pompes à essences).
- $CH_4$ , sont libérés par la fermentation des matières organiques dans les décharges ou dépôts de déchets de l'agriculture et les élevages modernes intensifs.
- CFC, industrie du froid et industrie des nettoyants industriels etc...
- L'ozone est une forme particulière de l'oxygène. Contrairement aux autres polluants, l'ozone n'est pas émis par une source particulière mais résulte de la transformation photo-chimique de certains polluants de l'atmosphère, issus principalement du transport routier, ( $NO_x$  et COV) en présence des rayonnements ultra-violets solaires. Les concentrations élevées d'ozone s'observent principalement l'été, durant les heures chaudes et ensoleillées de la journée.
- L'ammoniac ( $NH_3$ ) est un polluant surtout lié aux activités agricoles. En milieu urbain, sa production semble être fonction de la densité de l'habitat. Sa présence est liée à l'utilisation de produits de nettoyage, à l'usage de voitures équipées d'un catalyseur.

Certaines de ces polluants sont partiellement maîtrisées. D'autres comme les émissions automobiles, ne le sont pas.



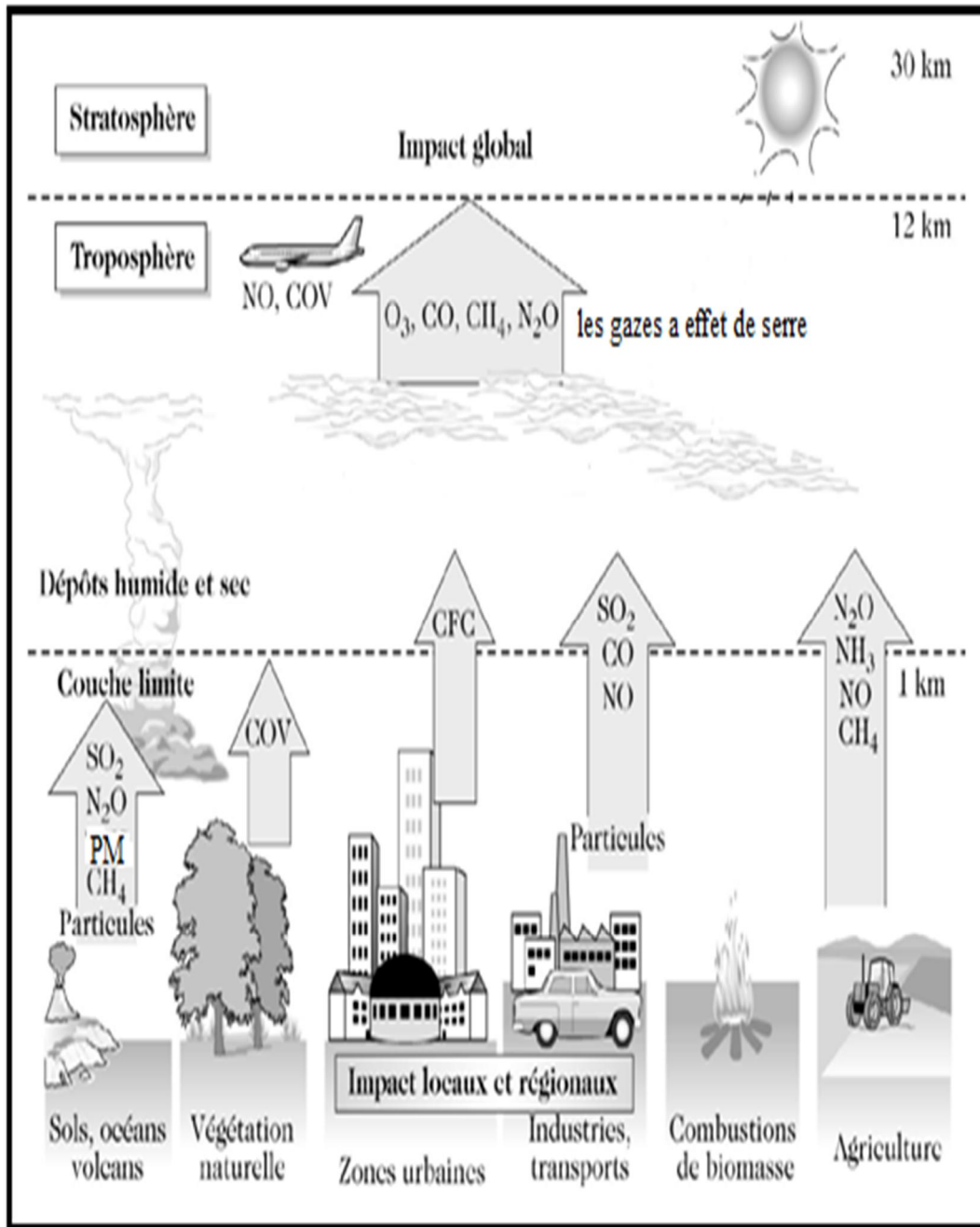


Fig.I.3. Représentation schématique des principaux polluants [9].

#### I.2.4.L'impact de la pollution atmosphérique sur l'environnement et la santé

##### I.2.4.1.Impact sur l'environnement

Impact de la pollution atmosphérique sur l'environnement engendre plusieurs phénomènes causés par la pollution :

- En quantité très élevée, l'ozone (O<sub>3</sub>) peut avoir des conséquences dommageables pour l'environnement. Il contribue à l'acidification de l'environnement qui perturbe la composition de l'air, des eaux de surface et du sol, l'ozone est le principale constituant du smog photochimique qui engendre la diminution de la visibilité. Ainsi, l'ozone porte préjudice aux écosystèmes (déperissement forestier, atteinte à

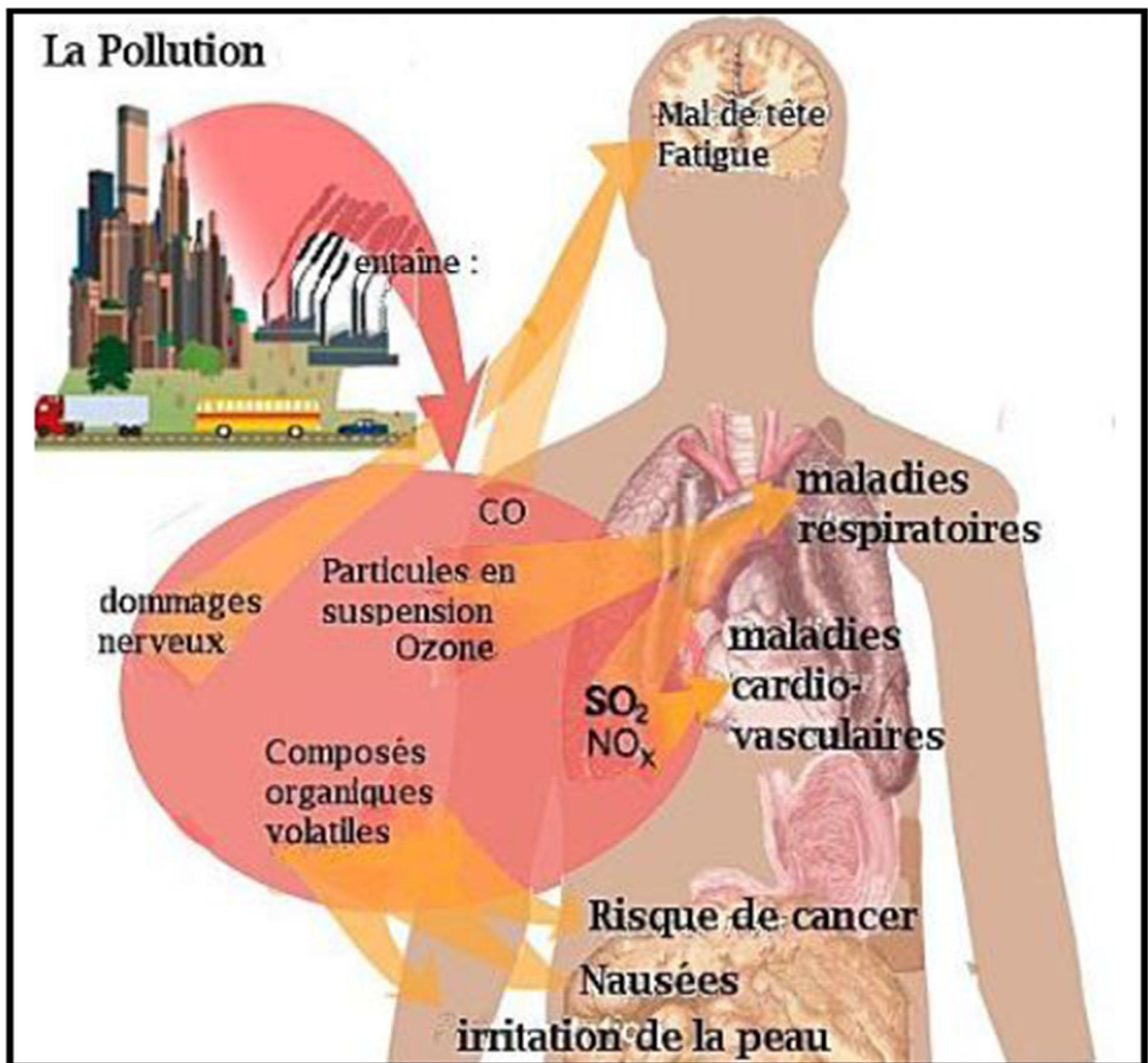
la chaîne alimentaire....) et dégrade les bâtiments et les cultures. Le  $\text{NH}_3$  a les mêmes effets que l' $\text{O}_3$ .

- Les  $\text{NO}_x$  interviennent dans la formation d'ozone troposphérique et contribuent au phénomène des pluies acides qui attaquent les végétaux et les bâtiments.
- L'augmentation de la concentration en  $\text{CO}_2$  accroît sensiblement l'effet de serre et contribue à une modification du climat planétaire.
- En présence d'eau, le dioxyde de soufre forme de l'acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) qui contribue, comme l'ozone, à l'acidification de l'environnement.
- L'eutrophisation correspond à une perturbation de l'équilibre biologique des sols et des eaux due à un excès d'azote notamment d'origine anthropique ( $\text{NO}_x$  et  $\text{NH}_3$ ) qui contribue à la prolifération massive de certains végétaux, en particulier des algues.
- La destruction de l'ozone stratosphérique notamment aux pôles par des composés comme les chlorofluorocarbures (CFC).
- Les POPs résistent à la dégradation biologique, chimique et photolytique et persistent donc dans l'environnement. Par ailleurs, ils sont caractérisés par une faible solubilité dans l'eau et une grande solubilité dans les lipides ce qui cause une bio-accumulation dans les graisses des organismes vivants et une bioconcentration dans les chaînes trophiques [10].

### I.2.4.2. Impact sur la santé

- L'ozone ( $\text{O}_3$ ) est un gaz agressif qui provoque à partir de concentration de (150 à 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) des migraines, des irritations des yeux et de la gorge, de la toux et une altération pulmonaire, surtout chez les personnes sensibles.
- $\text{NO}_2$  peut entraîner une altération de la fonction respiratoire et une hyper activité bronchique. Chez les enfants et les asthmatiques, il peut augmenter la sensibilité des bronches aux infections microbiennes [11].
- Les effets des COVs sont divers selon les polluants et l'exposition. Ils vont de la simple gêne olfactive et une irritation, à une diminution de la capacité respiratoire. Le benzène est un composé cancérigène reconnu.
- Le  $\text{SO}_2$  C'est un gaz irritant. Des expositions courtes à des valeurs élevées (250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) peuvent provoquer des affections respiratoires (bronchites,...) surtout chez les personnes sensibles.
- De fortes concentrations de POPs ont des effets carcinogènes reconnus sur la santé. Depuis peu de temps, nous constatons que les POPs (dioxine) peuvent aussi avoir des effets nocifs à très faible concentration. Perturbateurs endocriniens, ils interviennent

dans les processus hormonaux et les perturbent : malformations congénitales, diminués la capacité reproductive limitée, développement physique et intellectuel affecté, système immunitaire détérioré.



**Fig.I.4.** Effets de la pollution atmosphérique sur la santé [12].

### I.2.5. Les différentes échelles

Les phénomènes de pollution atmosphérique concernent différentes échelles. A chaque échelle, les polluants qui ont un impact ne sont pas identiques, ils diffèrent notamment par leur durée de vie dans l'atmosphère et leur dynamique physico-chimique.

**Tableau.I.3.** Les diverses formes de pollution de l'air adaptée par Elichegaray (1997).

<b>Echelle spatiale</b>	<b>Echelle temporelle</b>	<b>Problèmes rencontrés</b>	<b>Polluants en cause</b>	<b>Principaux effets</b>
Locale Au voisinage	heures	Polluants urbaines : chauffage domestique, incinération de déchets, les axes de circulation.	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , COV, Poussière... etc.	Santé (des nuisances olfactives), dégrade les bâtiments.
Régionale (> 100 km)	jours	Pluies acides, Pollution photochimique, eutrophisation.	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , COV, CO, NH <sub>3</sub> , O <sub>3</sub>	Altération de l'écosystème, irritation des yeux (smog), contamination des eaux.
planétaire	Années	L'augmentation d'effet de serre, destruction de la Couche d'ozone,	Les gazes fluorées (HFC, PFC), CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, O <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O, CFC, les composés halogénés	Santé, végétaux, modification du climat.

### I.3. Les aérosols

#### I.3.1. Définition de l'aérosol :

Le terme « aérosol » a été inventé par M. SCHMAUSS en 1920. En chimie atmosphérique, le terme aérosol ou matière particulaire (MP) sont utilisés pour décrire une particule solide ou liquide en suspension dans le milieu gazeux [13].

La notion d'aérosol inclut à la fois les particules et le gaz dans lequel elles se trouvent en suspension. Il s'agit donc d'un système diphasique, ils ont un diamètre compris entre 0,002 et environ 10  $\mu\text{m}$  qui peuvent voler dans l'air pendant un temps important.

Ces particules sont soumises à l'attraction terrestre et descendent vers le sol par sédimentation. Plus les particules sont grosses et lourdes, plus elles tombent rapidement sur le sol.

Les aérosols sont des constituants majeurs de l'atmosphère au même titre que les gaz.

La diversité de leur composition est plus vaste que celle des gaz, le nombre et la variété des sources sont importants.

#### I.3.2. Classification des aérosols

##### I.3.2.1. Leurs origines

Nous distinguons deux types d'aérosols mélangés dans l'atmosphère, les aérosols d'origine naturels et anthropiques

##### ➤ Les aérosols d'origines naturels

Certains aérosols sont présent naturellement dans l'air tel que : sel de mer provenant des mers, sables sahariens prévenant des régions désertiques, particules d'origine des éruptions volcaniques, les feux de forêts naturel, les météorites, les particules de sol portées par le vent ...etc.

##### ➤ Les aérosols d'origine anthropiques

Sont émises par les activités humaines telles que celles résultant de combustion fossiles (véhicules motorisés, production d'électricité, chauffage de locaux), usures des revêtements routiers, travaux de démolitions, chantier de construction, stockage et manutention de matières en vrac, l'activité humaine génère également d'autres particules, issues des activités de certaines industries cimenteries et plâtrerie [14].



**Fig.I.5.** Les différentes sources d'aérosols [14].

### **I.3.2.2. Leur nature primaire ou secondaire**

Les particules sont émises telles quelles ou qu'elles se sont formées dans l'air suite à des réactions chimiques à partir d'autres polluants, on distingue :

#### ➤ **Les aérosols primaires**

Ils sont émis directement dans l'atmosphère, et quelles que soit leurs sources naturelles (particules marines, l'érosion des sols, Les végétaux) ou anthropiques (transport, combustion de carburants fossiles), chauffage domestique.

#### ➤ **Les aérosols secondaires**

Ils résultent dans des conditions météorologique particulière, de la combinaison des aérosols primaires, ou bien par une réaction chimique telle que la dégradation de COV par le  $\text{OH}^\circ$  en présence de NO pour formé le  $\text{NO}_2$  qui se condense en suite sur les particules primaires.

### **I.3.2.3. Leurs tailles :**

En fonction de leurs tailles, on distingue :



➤ **Les PM10 (particules de diamètre < 10 µm) :**

Qui sont essentiellement des particules primaires, constituées de matériaux terrigènes (oxydes métalliques...etc.), de carbone, de sulfates, de nitrates et d'ammonium, d'éléments issus de l'érosion [15].

➤ **Les PM 2,5(particules de diamètre < 2,5 µm) :**

Sont constituées essentiellement de carbone provenant de la condensation de vapeurs très chaudes pendant la combustion de matières organiques fossiles (charbon, fuel, ...) ou biomasse (bois), mais aussi de nitrates, de sulfates et des HAPs. Les PM2,5 se partagent entre particules primaires et secondaires. Elles sont dites insédimentables car elles parcourent de très grandes distances sous l'effet des vents, sont très nombreuses et difficiles à quantifier en raison de leurs masse négligeables [15].

➤ **Les PM1 (particules ultrafines < 1 µm) :**

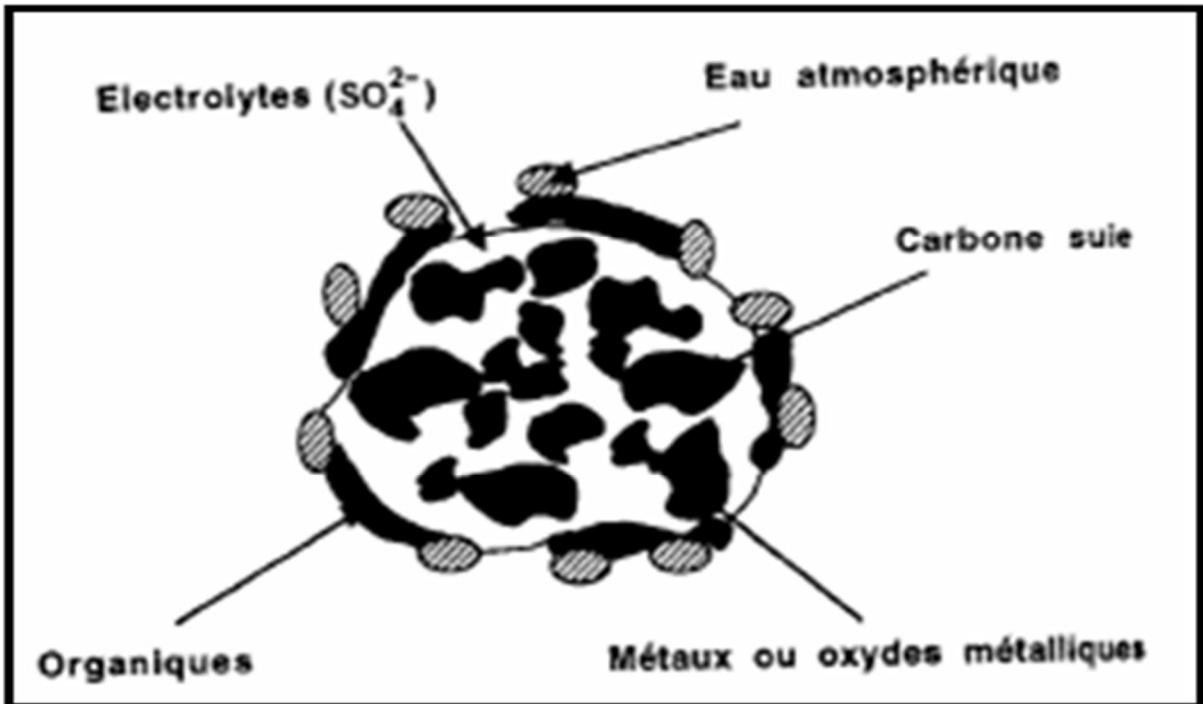
Se sont des particules issues majoritairement de la combustion d'énergie fossiles et sont les particules qui semblent être les plus nocives pour l'organisme. Font partie des PM1, les particules de suie, le plomb originaire du trafic, le carbone élémentaire et une grande partie des sels d'ammonium. Ces particules peuvent véhiculer des composés toxiques, allergènes, mutagènes ou cancérigènes, comme les métaux, qui vont atteindre les poumons, ou ils pourront être adsorbés dans le sang et les tissus [15].

### **I.3.3.Structure de l'aérosol :**

Les aérosols peuvent avoir une composition très différente les uns des autres. La composition chimique de chaque aérosol dépend fortement de sa provenance, elle peut être minérale ou organique. La part minérale est essentiellement due aux éléments naturels terrigènes et marins (calcium, sodium, chlore). La part organique résulte notamment de processus de combustion.

La Fig.I.6 montre la structure d'un aérosol de pollution. L'aérosol semble donc être constitué :

- D'un cœur formé de carbone suie (carbone amorphe) et de métaux (ou oxydes métalliques). La couleur noire domine.
- D'une couverture épaisse d'électrolytes hydrosolubles tels que les  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Al}_3^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ .
- De composés organiques déposés sur cette couche d'électrolytes et qui proviennent des gaz adsorbés (COVs) ayant ou non réagi photochimiquement.
- D'eau à l'extérieur de la particule ayant partiellement solubilisé l'électrolyte. Elle est attachée aux composés organiques par les fonctions hydrophiles de ces derniers [16].



**Fig.I.6.** Structure de l'aérosol [16].

Ces aérosols peuvent également contenir des produits toxiques tels que des métaux (plomb, zinc, fer, cadmium...) ou des HAPs dont certains sont potentiellement cancérogènes.

### I.3.4. Modes de formation des aérosols

#### ➤ Nucléation des gaz

Comprend de très fines particules dont le diamètre est inférieur à 0,1  $\mu\text{m}$  et qui sont issues de la conversion gaz-particules. La nucléation de gaz forme des amas qui se solidifient ensuite [17].

#### ➤ Accumulation

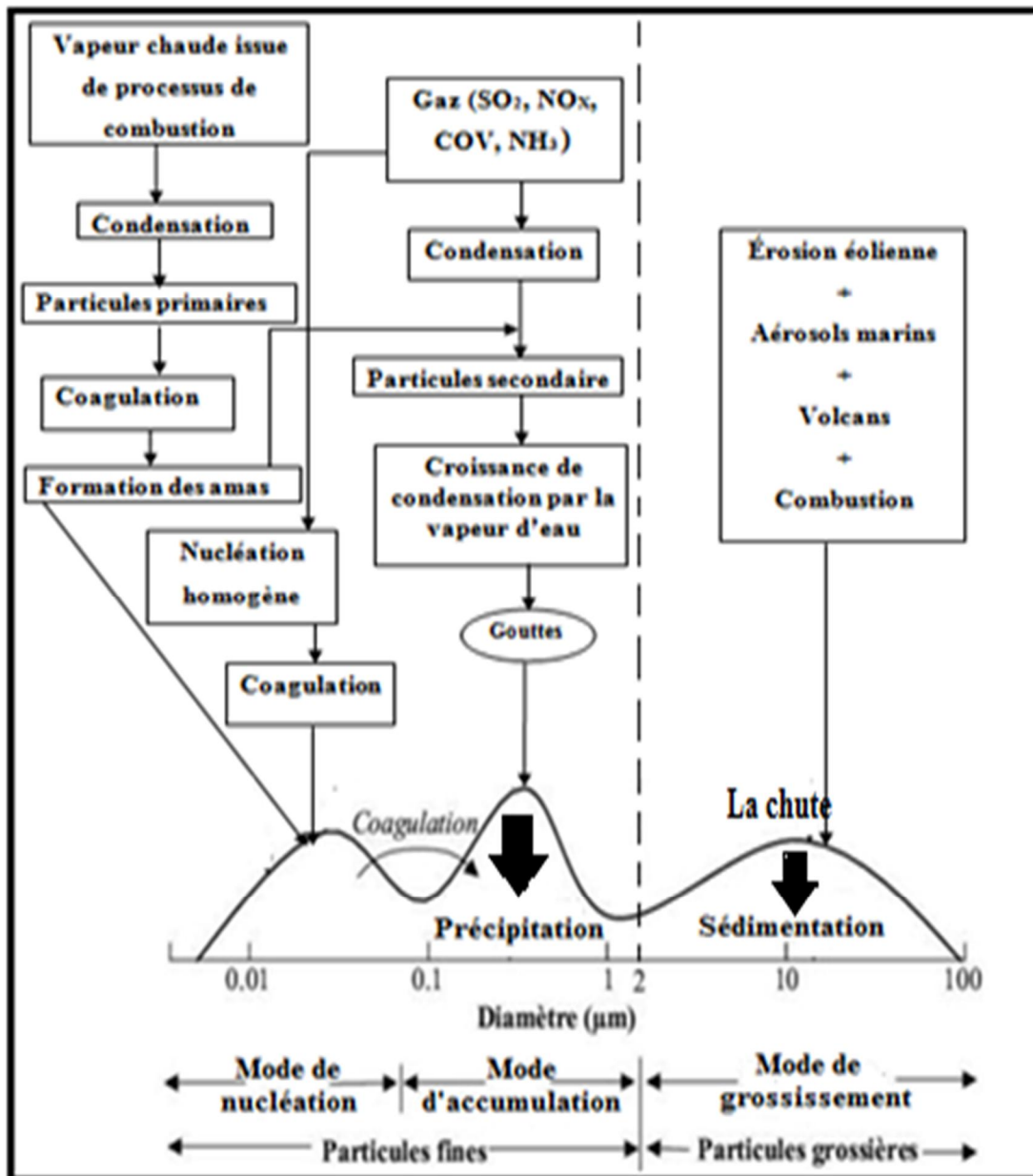
Les particules dont le diamètre varie de 0,15 à 2  $\mu\text{m}$  sont formées par le processus de nucléation homogène, on aura donc des particules qui se coagulent ensuite.

Ces particules proviennent majoritairement du processus de coagulation des particules du mode de nucléation, ainsi que de la condensation de gaz sur des particules préexistantes ce qui nous donne des particules secondaires faisant alors grossir le rayon de la particule elle-même [17].

#### ➤ Mode de grossissement

Dans ce dernier processus, généralement leurs diamètre est de 2 à 10  $\mu\text{m}$  et sont souvent libérées par des procédés mécaniques, tel que le broyage, le concassage et l'érosion. Ces particules ont généralement une durée de vie plus faible, notamment en raison de leur masse plus importante [17].





**Fig.I.7.** Représentation schématique de la distribution granulométrique des aérosols et de leurs mécanismes de formation et de dépôt adaptée de Whitby et Cantrell (1976).

### I.3.5. Temps de résidences des aérosols

Le diamètre des particules d'aérosols détermine le temps pendant lequel les composés en suspension restent dans l'atmosphère. La durée de vie des aérosols à proximité de la surface de la terre est déterminée par trois mécanismes :

➤ **Les aérosols de diamètre < 0,1 µm**

Dans ce cas la coagulation détermine la durée de vie de ces aérosols. Car ces derniers se comportent dans l'atmosphère comme des molécules, donc il y a fréquemment des collisions entre elles ainsi qu'avec des molécules de gaz. Suite à la rapide coagulation la durée de vie de ces aérosols est courte [18].

### ➤ Les aérosols de diamètre $> 2\mu\text{m}$ (particules grossières)

Ont une courte durée de vie, ils tombent relativement rapidement sur la surface de la terre par gravitation (sédimentation).

### ➤ Les aérosols intermédiaires de diamètre entre $[0,15 \text{ à } 2\mu\text{m}]$

C'est le dépôt humide par les pluies qui constitue le procédé le plus important. Soit par :

- Lessivage : l'aérosol est entraîné vers le sol par les gouttes de pluie.
- Dissolution : la matière chimique est dissoute dans la goutte de pluie directement dans le nuage.

La plus part des aérosols appartiennent à cette catégorie de dimension restent dans l'atmosphère pendant 4 à 6 jours.

## I.3.6. Les impacts des aérosols

### I.3.6.1. Les impacts des aérosols sur la santé

Les aérosols peuvent avoir des effets nocifs sur la santé humaine lorsqu'ils sont inhalés.

Plusieurs études épidémiologiques ont confirmés leur rôle dans certaines atteintes fonctionnelles respiratoires, notamment le déclenchement de crises d'asthmes et la hausse du nombre de décès pour cause cardio-vasculaire. Ces particules peuvent véhiculer des composés toxiques (métaux lourds, HAPs), allergènes et cancérigènes, qui peuvent atteindre les poumons, où ils seront absorbés dans le sang et les tissus. Leur toxicité dépend de plusieurs paramètres dont les principaux sont leur taille et leur composition. Plus leur diamètre est petit, plus elles pénètrent profondément dans l'appareil respiratoire [19].

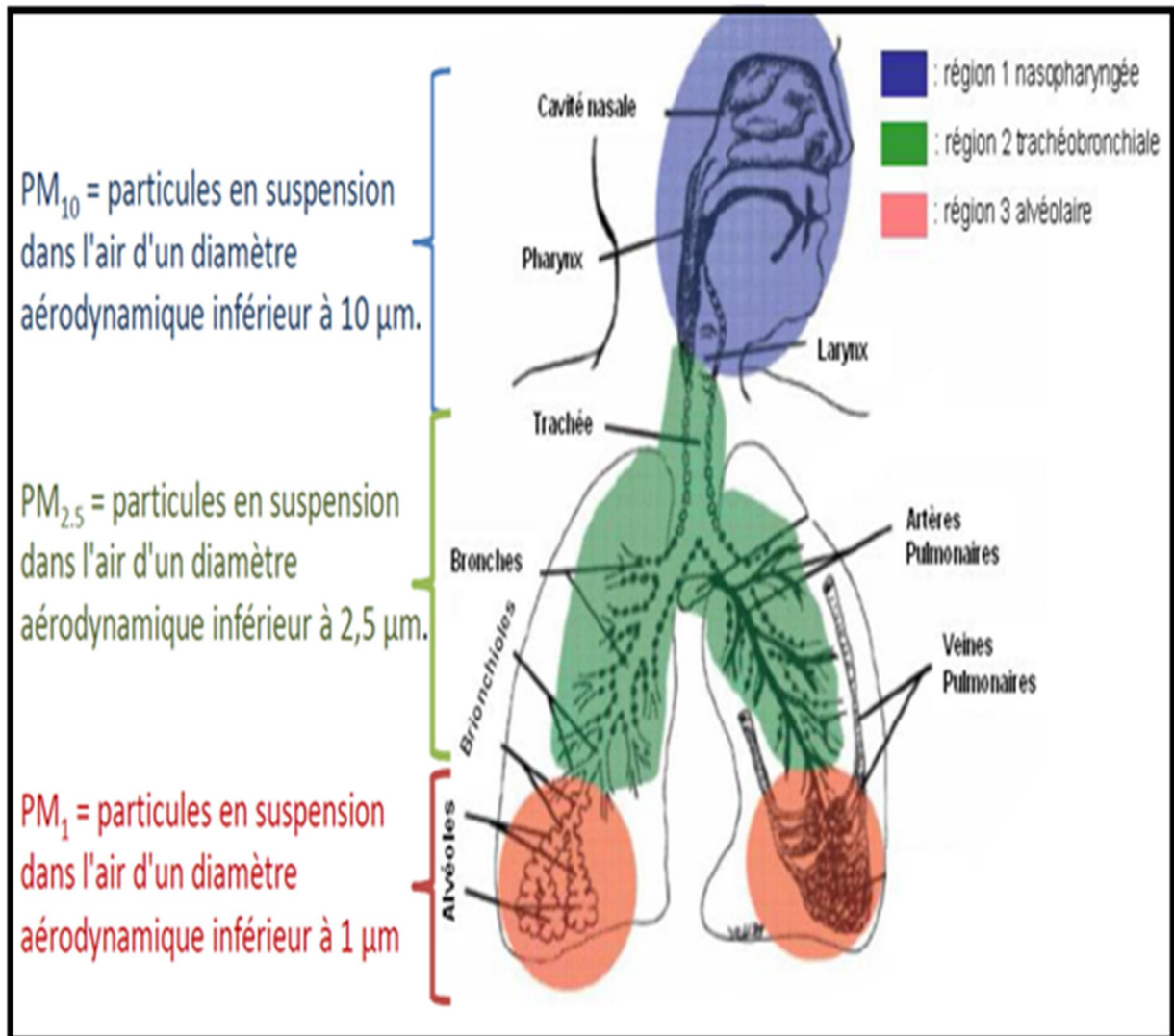
Les particules de plus de  $10\mu\text{m}$  (PM10), principalement d'origine naturelle, n'ont qu'un faible impact sur la santé, elles se déposent très rapidement sur le sol ou elles sont retenues dans les voies respiratoires supérieures (nez et pharynx) et rapidement rejetées.

Les particules de diamètre compris entre  $2,5\mu\text{m}$  et  $10\mu\text{m}$  (PM2,5) atteignent le segment trachéo-bronchique où elles sont généralement évacuées par des mécanismes naturels comme la toux [19].

Les particules de diamètre aérodynamique inférieur à  $2,5\mu\text{m}$  atteignent la structure pulmonaire constituée de bronchioles et d'alvéoles et les plus fines d'entre elles, peuvent passer la barrière sanguine et induire des effets sur les cellules de certains organes tels que les reins, le foie ou le cerveau.

Ces particules sont enlevées des poumons lentement et incomplètement (des semaines et voir même des années).

Trois régions principales de dépôt de particules:



**Fig.I.8.** Effets des aérosols sur le système respiratoire adaptée par Oberdörster et al (2005).

### I.3.6.2. Impact des aérosols sur le climat :

Les aérosols ont un impact non négligeable sur le climat, ils ont des effets sur le bilan radiatif de la terre, on distingue trois effets [20].

- **Effet direct**

Beaucoup d'aérosols réfléchissent les rayons du Soleil, de ce fait, les radiations solaires n'atteignent pas la surface terrestre et ne réchauffent pas l'atmosphère, ce qui contribue au refroidissement de la planète.

- **Effet semi direct**

Les aérosols augmentent le rayonnement absorbé dans leur couche de résidence, entraînant un réchauffement local de l'air modifiant le profil vertical de la température (figure II.9) dont la formation des nuages en dépend [20].

C'est à dire si les aérosols contenant des carbones de suie qui sont des absorbants des rayons UV, ils augmentent l'évaporation à leur surface, ce qui limite aussi la formation des nuages.

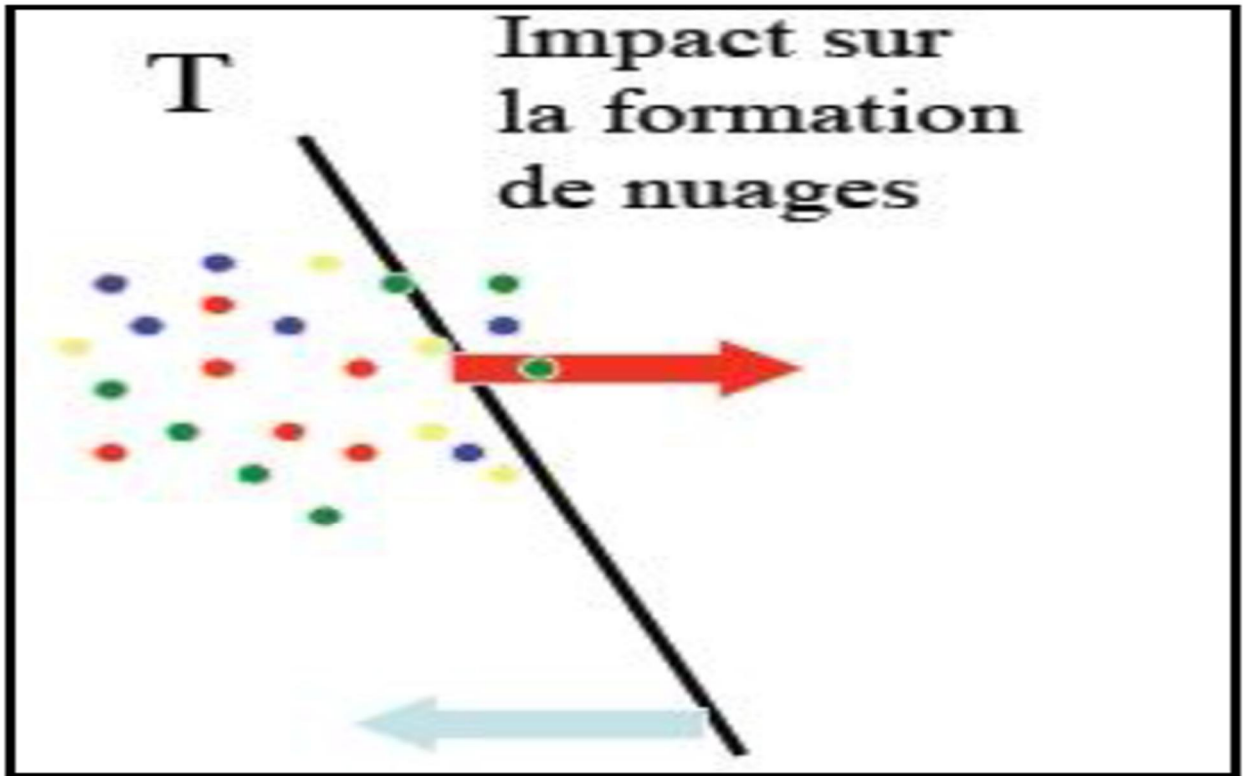


Fig.I.9.Effet semi direct des aérosols [20].

- Effet indirect

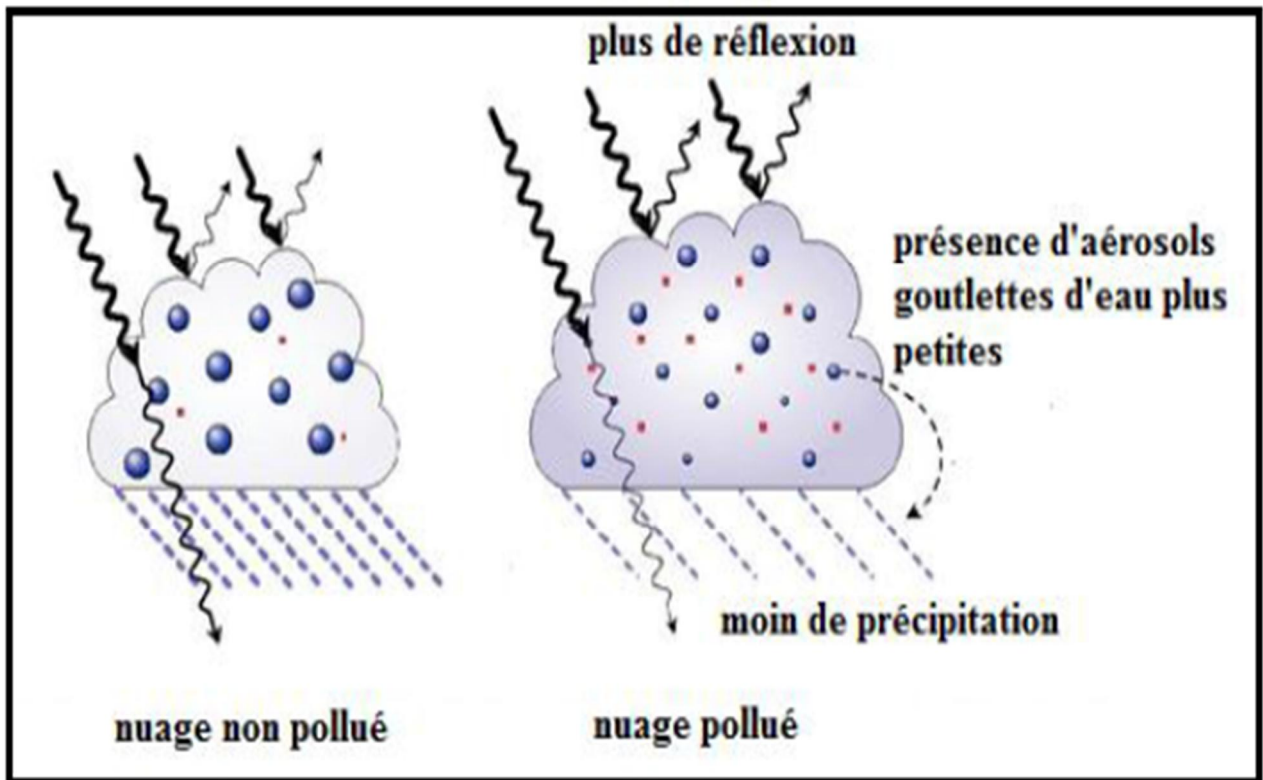


Fig.I.10. illustration schématique de l'effet radiatif indirect [20].

Il résulte des interactions entre les aérosols et les nuages. De façon générale, les nuages contiennent sensiblement la même proportion d'eau 80%, qu'ils soient pollués ou non. Cependant, pour les nuages non pollués ; on suppose que les aérosols ont une quantité de 5%, la vapeur d'eau se condense sur ces 5% avec les conditions favorables (augmentation de la pression et la chute de température), lors qu'ils sont suffisamment saturées (aérosol + vapeur d'eau), ils forment une gouttelette suffisamment grosse pour que celle-ci tombe en premier vers le sol. Ils nous restent donc que la vapeur d'eau qui se condense en suite pour former des gouttelettes d'eaux d'une aérodynamique épaisse pour qu'elles tombent sous forme d'une forte précipitation, il pleut donc fort dans les zones non polluées.

Mais par contre pour les nuages pollués on trouve de forte quantité d'aérosols qui sont des fines particules (sources anthropique) on les estime à environ 70% avec la même quantité de vapeur d'eau qui va être distribué. la vapeur d'eau se condense sur tous les aérosols, 70% de la vapeur d'eau a été adsorber sur les aérosols qui sont insuffisamment saturées pour qu'ils tombent, les 10% qui restent vont se condenser en suite sur les aérosols en grossissent la gouttelette pour que celle-ci tombe sous forme de fine pluie (les gouttelettes sont très fines parce que les aérosols anthropique sont petites de tailles). Il pleut donc moins au-dessous des zones atmosphériques polluées, d'où la prolongation des nuages [21].

### **I.4. Les n-alcane**

#### **I.4.1. Définition et caractéristiques des n-alcane**

Les n-alcane sont des composés organiques saturées, appartenant à la famille des hydrocarbures aliphatiques. Sous une atmosphère, les alcane sont à l'état gazeux jusqu'au C<sub>4</sub> (butane), liquide jusqu'à C<sub>17</sub> et solide au-delà de C<sub>17</sub>. Ils se présentent alors comme une huile lourde et leur point de fusion n'excède pas les 100°C. Les alcane présentent une très grande stabilité chimique, ils sont tous absolument insolubles dans l'eau. Toutefois ils servent eux-mêmes de solvants pour les composés organiques non-polaires liquides et solides [22].

Ce sont des micropolluants organiques omniprésents dans la biosphère. La toxicité de ces composés sont moindres par rapport à celle des HAPs, et une fois émis dans l'environnement, ils sont plus sensibles aux phénomènes d'altération et persistent donc moins dans le milieu [23].

#### **I.4.2. Sources des alcane**

Les n-alcane sont les composants principaux des gaz de combustion (gaz naturel et gaz de pétrole liquéfié), essence et huile de moteur. Ils sont émis dans l'environnement par des processus naturels ou anthropiques, parmi ces processus

### ➤ Les sources naturelles

Ce sont les feux de forêt, les éruptions volcaniques, les fuites de réservoirs naturels ainsi que l'activité végétale (émission de cires) [23].

### ➤ Les sources anthropiques :

Elles sont liées aux combustions incomplètes des dérivés du pétrole et essentiellement les émissions véhiculaires, les combustions de biomasse et de charbon sont également émettrices d'alcanes [23].

### **I.4.3.Toxicité des alcanes**

L'action des alcanes gazeux, méthane, éthane, propane et butane, consiste principalement en une consommation d'oxygène, à des concentrations élevées, ce sont des asphyxiants [24].

De manière générale, l'inhalation des n-alcanes est susceptible de provoquer une dépression du système nerveux central, leur inhalation répétée ou prolongée conduit à des manifestations telles que maux de tête, vertiges, sensations d'ébriété... Leur contact prolongé avec la peau occasionne une action dégraissante et desséchante se traduisant par des irritations ou des dermatoses (affections de la peau).

L'hexane peut entraîner, lors d'une exposition prolongée, une atteinte des nerfs périphériques conduisant à une paralysie des membres inférieurs [24].

### **I.5.Les composées organiques volatiles**

#### **I.5.1.Généralités sur les COVs:**

Les composés organiques volatils (COVs) sont abordés en prenant compte leurs caractéristiques physiques et/ou leurs réactivités chimiques. Ces composés désignent une famille de composés organiques dont les hydrocarbures monocycliques aromatiques (tels que BTEX) et les hydrocarbures halogènes (tels que le chloroforme) font partie [25].

Les COVs sont considérés comme tout composé qui, à l'exclusion du méthane, contient du carbone et de l'hydrogène, lequel peut être substitué par d'autres atomes comme les halogènes, l'oxygène, le soufre, l'azote ou le phosphore à l'exception des oxydes de carbone et des carbonates. Les COVs participent aux réactions photochimiques de l'atmosphère.

Bien qu'il n'y ait pas de démarcation nette entre les composés volatils et non volatils, les composés qui s'évaporent rapidement aux températures ambiantes constituent la part principale des COVs [26].

Le tableau.I.4 regroupe les principales familles des COVs.



**Tableau.I.4.**Les grandes familles des COVs.

Familles de composés	Exemples
Hydrocarbures Aliphatiques	Heptane, hexanes, pentane ...
Hydrocarbures aromatiques	Benzène, toluène, éthylbenzène, et xylène (BTEX)
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	Benzo(a)Pyrène
Alcools	Ethanol, méthanol, butanol
Cétones	Acétone, méthyléthylcétone, cyclohexanone
Ester	Acétate d'éthyles, de butyles, d'isopropyles
Chlorés	Perchloréthylène, trichloréthylène, Dichlorométhane
Composés azotés	Amines, nitriles
Composés soufrés	diméthylsulfure
Ethers	1,4-dioxane
Aldéhydes	Formaldéhyde

### I.5.2.Source des COVs :

Les sources de rejet des COVs peuvent être d'origine anthropique ou biogénique. Les émissions d'origine anthropique sont regroupées en quatre catégories :

- Les émissions d'origine industrielle qui sont surtout produites par les raffineries de pétrole, les imprimeries, les industries pétrochimiques et les produits de plastique.
- La catégorie du transport comporte, quant à elle, toutes les émissions provenant du transport routier, aérien et naval.
- Les émissions de la catégorie de la combustion non industrielle proviennent principalement du chauffage résidentiel au bois auquel les émissions proviennent du chauffage commercial.

- La dernière catégorie, les autres activités non industrielles, inclut les émissions dues à la commercialisation de l'essence et du diesel, des incinérateurs et l'utilisation de solvants à des fins non industrielles, ainsi que toutes les autres émissions de sources diffusés qui ne sont pas incluses dans les trois autres catégories.

Les sources biogéniques des COVs proviennent de la végétation (terpènes, isoprènes), de la décomposition de la matière organique et des feux de forêt.

### **I.5.3.Impact des COVs**

La pollution due aux émissions de COVs peut être approchée de manière globale suivant ses effets directs ou indirects sur l'homme et le milieu récepteur.

#### **I.5.3.1.Sur la santé**

Les COV dont les émissions anthropiques ne cessent d'augmenter, ils ont été identifiés comme étant des précurseurs de la pollution atmosphérique. On sait, aujourd'hui, que la présence de ces polluants atmosphériques ont des conséquences multiples sur la santé. Ces effets se manifestent le plus souvent par des irritations oculaires.

Cependant, certains COV peuvent également avoir des effets cancérigènes, mutagènes et tératogènes. Les effets sur la santé dépendent également du type d'exposition :

- **Une exposition aiguë**

La toxicité aiguë résulte d'une exposition à une forte dose sur une courte période. Une exposition à des concentrations très élevées de COV dans l'air ou l'ingestion de grandes quantités de COV peut entraîner la mort, mais ces cas se révèlent très rares. Une exposition aiguë aux COVs entraîne le plus souvent des irritations des voies respiratoires, des yeux et de la peau, ainsi que des atteintes au système nerveux central (fatigue, maux de tête, vertiges, etc.) [27].

- **Une exposition chronique**

L'exposition à de faibles concentrations de COV sur une longue période peut affecter l'organisme, avec des effets variés sur diverses fonctions de l'organisme, mais aussi des effets cancérigènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction et le développement. Par exemple, les effets du benzène sur la santé se traduisent par une atteinte du système nerveux central, une irritation des voies respiratoires, des conjonctivites, une toxicité hématologique ainsi que des risques de leucémie [28].

L'inhalation de concentrations atmosphériques élevées de méthanol peuvent également irriter les muqueuses, occasionner des maux de tête, de la somnolence, des nausées, de la confusion mentale, des pertes de conscience, des troubles de la digestion et de la vue, voir la mort [29].



## Chapitre I : Synthèse bibliographique

Dans le tableau suivant sont indiquées les valeurs réglementaires en ambiance de travail pour certains composés considérés comme étant toxiques.

**Tableau.I.5.**les valeurs réglementaires pour certains composés toxiques.

Famille	Composé	VLEP	Effets sur la santé
Hydrocarbures aromatiques	Toluène	100 ppm	Irritations cutanées, Troubles du système nerveux
	Benzène	1 ppm	Diminution de l'immunité cellulaire Atteinte du système nerveux
Aldéhydes	Formaldéhyde	0,5 ppm	Gêne olfactive
	Acétaldéhyde	100 ppm	Irritation des voies respiratoires
Cétones	Acétone	500 ppm	Troubles neurologiques et digestifs Irritations cutanées et olfactives
Hydrocarbures aliphatiques	Hexane	50 ppm	Irritation des voies respiratoires Troubles du système nerveux Irritations cutanées

❖ **La valeur limite d'exposition (VLE)** à un produit chimique représente la concentration dans l'air que peut respirer une personne pendant un temps déterminé.

**La valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP)** Les valeurs limites d'exposition sur 8 heures sont mesurées sur une durée de travail de 8 heures [30].

### **I.5.3.2. sur l'environnement :**

L'atmosphère est en permanence l'objet d'une importante contamination par de nombreux polluants d'origines naturelles ou anthropiques, présents à l'état gazeux ou sous forme particulaire. Parmi ceux-ci, les COVs tiennent une place remarquable du fait des quantités présentes, de la diversité de leurs origines, de leurs structures et de leurs caractéristiques vis-à-vis des écosystèmes. L'impact environnemental des COV est lié à leur réactivité chimique avec les autres composés gazeux de l'atmosphère. Chaque COV a une réactivité qui lui est propre et qui conditionne son temps de vie dans l'atmosphère. Différents phénomènes induits par les COV se produisent dans les deux couches les moins élevées de l'atmosphère et engendrent un bouleversement des phénomènes naturels et une pollution environnementale et on distingue trois types qui concernent cette qualité de pollution [31] :

- **Pollution photochimique :**

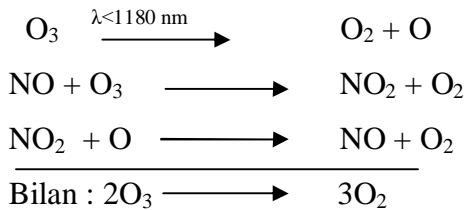
Les COVs contribuent à la pollution photochimique. Celle-ci est caractérisée par la présence dans l'air, de composés issus de réactions chimiques, entre les oxydes d'azote, les composés organiques volatils et le monoxyde de carbone sous l'effet du rayonnement solaire de courte longueur d'onde. Ce phénomène de pollution se produit dans la troposphère, domaine atmosphérique compris entre le sol et 7 à 10 km d'altitude. Le principal polluant photochimique est l'Ozone, dont la production s'accompagne d'autres espèces aux propriétés acides ou oxydantes (aldéhydes, composés organiques nitrés, acide nitrique, eau oxygénée) [32].

Dans la troposphère, l'ozone se forme par combinaison d'une molécule d'oxygène  $O_2$  avec un atome d'oxygène  $O$  provenant de la dissociation du dioxyde d'azote  $NO_2$  sous l'effet du rayonnement UV. La destruction de l'Ozone est due à sa réaction avec le monoxyde d'azote pour reformer le dioxyde d'azote. Ce cycle est appelé cycle de Chapman. En présence de COV, le cycle de Chapman est perturbé. Les radicaux générés par les COV oxydent le monoxyde d'azote pour former le dioxyde d'azote et bloquent ainsi la capacité du monoxyde d'azote à détruire l'ozone, ce qui provoque indéniablement l'augmentation d'ozone dans la troposphère. L'ozone a des effets néfastes sur la santé (problèmes respiratoires), l'environnement et le climat (gaz à effet de serre).

### **Les réactions misent en jeux :**

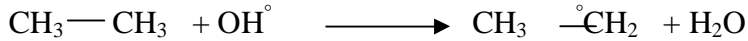
Réaction de destruction de l'Ozone (Cycle de Chapman)

## Chapitre I : Synthèse bibliographique

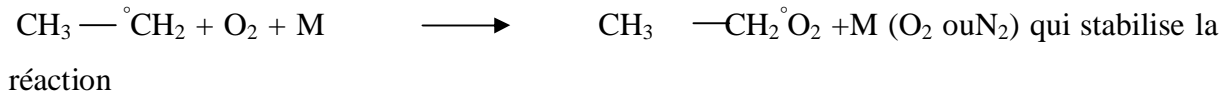


Réaction de production de O<sub>3</sub> troposphérique (perturbation de cycle de Chapman)

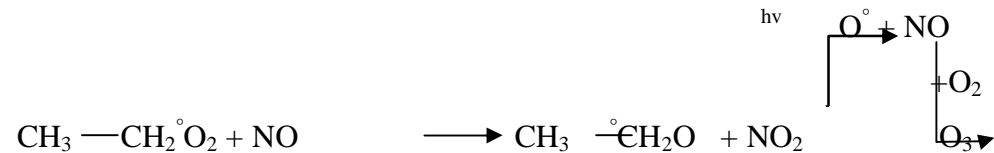
- Formation de radicaux organique (alkyle) :



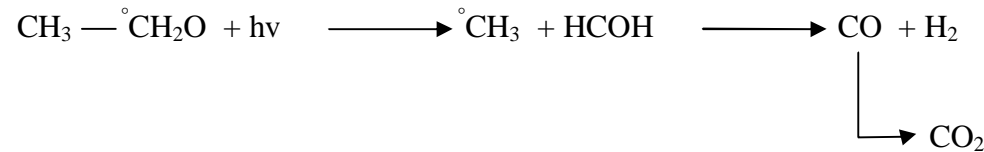
- Formation de péroxyl:



- Formation de l'alkyloxy :



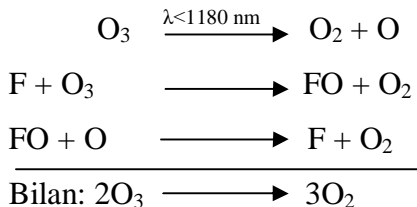
- Formation de formaldéhyde:



- **Destruction de la couche d'Ozone stratosphérique :**

L'Ozone stratosphérique absorbe les rayons UV émis par le soleil, il préserve donc, d'une part, l'homme des risques de cancers et de mutations génétiques et, d'autre part, l'activité photosynthétique des plantes. De nombreux composés chlorés comme le CFC, transportés dans la stratosphère, libèrent la molécule de fluore et perturbent ainsi l'équilibre naturel régissant la présence d'Ozone dans cette couche de l'atmosphère.

Réaction de destruction de O<sub>3</sub> par F:



- **Effet de serre**

La température moyenne de notre planète résulte de l'équilibre entre le flux de

rayonnement qui lui parvient du soleil et le flux de rayonnement IR renvoyé dans l'espace.

L'effet de serre est le phénomène naturel lié à l'absorption du rayonnement IR renvoyé par la couche terrestre par des composés tels que le HFC (hydrofluorocarbone), et le PFC (pentafluorocarbone). Ces gaz interfèrent avec les rayons IR en les empêchant de s'échapper vers l'espace, ce qui provoque une hausse des températures [33].

### I.6. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques HAPs

#### I.6.1. Généralité sur les HAPs

Les HAPs constituent une classe de composés organiques particulière et probablement la plus étudiée en raison de leur caractère cancérigène et mutagène. Ce sont des molécules relativement stables constituées d'atomes de carbone et d'hydrogène organisés en cycles aromatiques accolés entre eux. Les HAPs légers sont présents dans l'atmosphère sous forme gazeuse inférieurs à trois cycles et les HAPs lourds sont d'avantage associés à la phase particulaire supérieure à trois cycles. Compte tenu de leur stabilité dans l'environnement et de leur toxicité, 16 d'entre eux (figure I.11) ont été déclarés comme polluants prioritaires par l'US-EPA (agence de protection de l'environnement des états unis) et par l'EEA (agence de l'environnement européenne) [34].

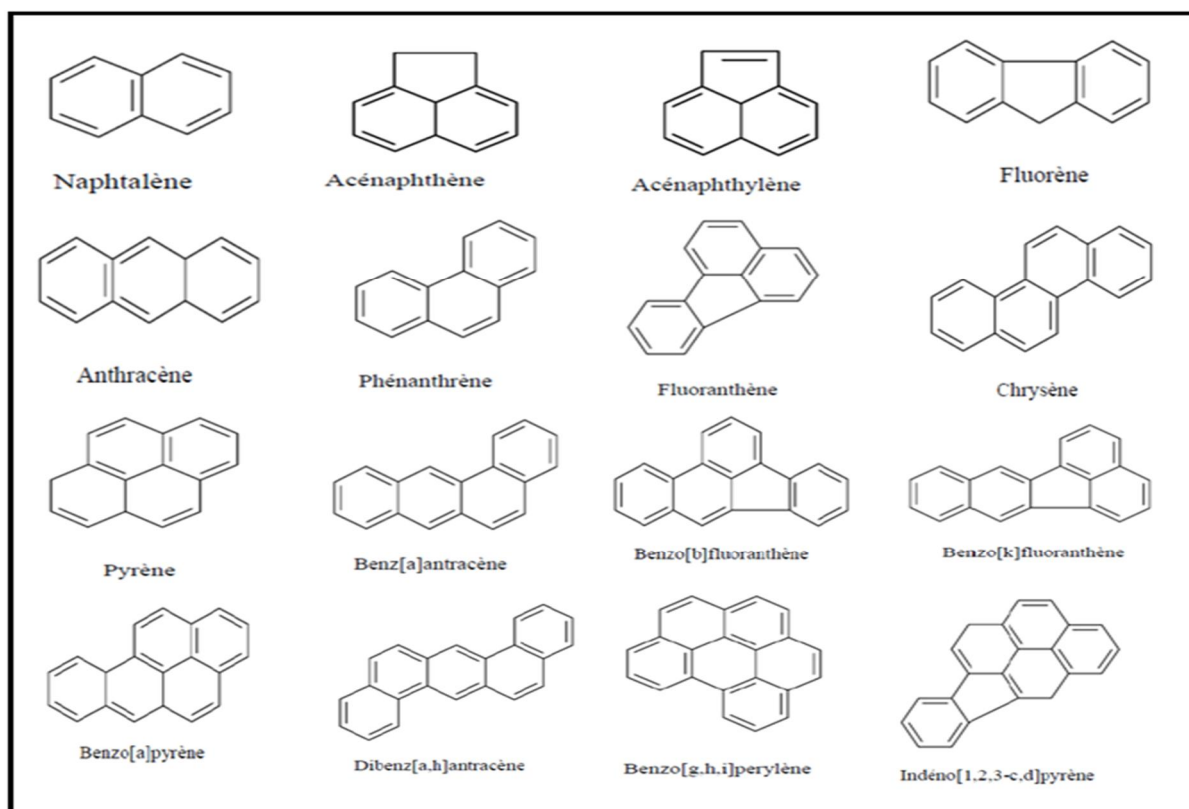


Fig.I.11. les 16 HAPs les plus importants selon US EPA.

#### I.6.2. Origines des HAPs

Les HAPs sont en général présents dans l'environnement sous forme de mélanges. Ils

sont généralement produits lors de la combustion incomplète des matières organiques ou des processus de pyrolyse (décomposition thermique) [35].

Ils peuvent être d'origine naturelle et anthropique :

- **Sources naturelles :**

Ils sont notamment produits lors des feux de forêts et des éruptions volcaniques.

- **Sources anthropiques:**

- Combustion incomplètes des matières fossiles (Charbon, fuel, pétrole).
- L'incinération des déchets.
- Transport routier et fluvial.

Les sources domestiques, les HAP sont présents dans les fumées lors de la cuisson par grillade des aliments ou bien les produits alimentaires fumés (Poissons, viandes), mais ils sont surtout issus du mode de chauffage des habitations [36]. Fumée de tabac est une source importante d'HAP dans l'air plus de 150 HAPs ont ainsi été retrouvés dans la fumée de cigarette.

### I.6.3.Toxicité des HAPs

➤ **Toxicité aiguë**

Les HAP sont des molécules biologiquement actives, une fois absorbées par les organismes, elles se prêtent à des réactions de transformation conduisant à la formation d'époxydes. Ces époxydes peuvent avoir un effet toxique en se liant à l'ARN et l'ADN, provoquant des dysfonctionnements cellulaires menant au cancer. Ils peuvent aussi entraîner une diminution de la réponse du système immunitaire augmentant ainsi les risques d'infections [37].

Les HAPs peuvent être à l'origine d'irritations pulmonaires et d'eczéma et de troubles de l'immunité.

➤ **Toxicité chronique**

Des études épidémiologiques ont montré une association entre des niveaux d'expositions professionnelles élevés aux HAPs chez les salariés de certains secteurs industriels (cokerie, fonderie, utilisation de dérivés de houille...) et une augmentation des risques de cancer du poumon, de la vessie et de la peau [38].

Le benzo(a)pyrène est particulièrement toxique et ses effets cancérogènes ont été prouvés.

L'organisme humain peut assimiler les HAP par trois voies :

- **Respiratoire**

En inhalant des poussières qui en contiennent, provenant essentiellement des gaz d'échappement et de la fumée du tabac.

- **Digestive**

En ingérant des aliments qui contiennent des HAP, en particulier les viandes et poissons fumés ou grillés, les huiles et graisses végétales.

- **Cutanée**

Par contact direct avec la peau ils sont cancérigènes, même à de très faibles doses (une concentration en HAP associée à un risque de cancer est de seulement  $9,7 \cdot 10^{-4}$  µg/l) [39].

### **I.6.4.Réglementation pour les HAPs**

La protection de la santé publique requiert que des teneurs maximales soient fixées pour les HAPs dans certaines denrées alimentaires contenant des graisses et des huiles et dans les denrées alimentaires soumises à des procédés de fumage ou de séchage susceptibles de provoquer des contaminations importantes.

Pour les denrées alimentaires destinées aux nourrissons et aux enfants en bas âge. La réglementation a fixé des teneurs maximales distinctes moins élevées. Il est nécessaire de fixer des teneurs maximales pour les denrées alimentaires qui peuvent présenter des niveaux de contamination élevés à la suite d'une pollution de l'environnement, cela peut être notamment le cas des poissons et des produits de la pêche à la suite, par exemple, d'une marée noire [40].

### Référence :

- [1] LADJI R (2004). *ANALYSE QUALITATIVE ET QUANTITATIVE DE LA FRACTION ORGANIQUE ET INORGANIQUE DE L'AEROSOL ATMOSPHERIQUE ISSU DE LA DECHARGE MUNICIPALE DE OUED SMAR (ALGER) ETUDE SAISONNIERE*. MAGISTER en CHIMIE ORGANIQUE APPLIQUEE, UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE HOUARIBOUMEDIENE ALGER, ALGER,98p.
- [2] R. Delmas, G. Mégie, et V.-H Peuch, (2005). Physique et chimie de l'atmosphère, *Edition Belin*, P 640.
- [3] <https://content.meteoblue.com/fr/meteoscool/la-terre/l-atmosphere>.
- [4] Bliefert C, Perraud R  
Chimie de l'environnement Air, Eau, Sols, Déchets 1er édition 2e tirage. Edition Deboek, 2003,111.
- [5] Martine R,Chantal S (2007). *Chimie atmosphérique. préparation au bac et à la maturité*. Martine R,Chantal S,Lion, 269 270
- [6] *Ministère de l'écologie et du développement durable (2003)*. Loi n° 03-10 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable. Journal officiel, Loi n° 07-06 relative à la gestion, à la protection et au développement des espaces verts. - 13 mai 2007.
- [7] C. Elichegaray, S. Bouallala, A. Maitre, M. Ba  
ADEME Département Surveillance de la Qualité de l'Air. Revue française d'allergologie, 50:381–393 (2010).
- [8] Bouteraa M (2014). *Utilisation des végétaux pour l'évaluation de la pollution atmosphérique le long de l'autoroute Est-Ouest dans la région de Constantine*. Magister en Ecologie et Environnement, Université Constantine 1 Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Département de biologie végétale et écologie, Constantine,140p.
- [9] Delmas, R., Mégie, G et Peuch.  
Physique et chimie de l'atmosphère, Belin, 640 pp 2005.
- [10] MEZIANE D(2009). Contribution à l'étude de la contamination de l'environnement par certains polluants organiques persistants (POPs) et autres polluants. *MAGISTER en Génie de l'environnement*, UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE HOUARIBOUMEDIENE ALGER, ALGER,84p.
- [11] TISSOT S – PICHARD A(2004). Seuils de Toxicité Aiguë Dioxyde d'Azote

- (NO<sub>2</sub>) .Unité d'Expertise des Substances Chimiques (ETSC) Direction des Risques Chroniques, *Université Lion*, 50 p.
- [12] TPE Santé et Pollution. Effets de la Pollution Atmosphérique sur la Santé.  
<http://tpesante-et-pollution.over-blog.com/article-images-99090049.html>
- [13] Masolet  
P. Pollution atmosphérique. Édition Ellipses marketing SA 2005, 13-14.
- [14] Yassaa, A  
Caractérisation et quantification des composés organiques volatils et particulaires d'origine biogénique et anthropogénique dans l'atmosphère : qualité de l'air de différents sites algériens. Thèse de Doctorat D'Etat, USTHB 2001.
- [15] *Abderrahim H (2006).apport du sondeur à laser (lidar) dans l'étude de la pollution par les aérosols. Thèse de doctora en science de l'environnement et climatologie, université de oran, Oron, 178p.*
- [16] P. Masolet et H. Cachier. *Analusis*  
26, M11-M17, (1998).
- [17] *AOUIZERATS B (2010). Impacts radiatifs des aérosols sur la dynamique en couche limite urbaine: Application à la campagne CAPITOUL. Thèse de doctorat en Physique et chimie de l'atmosphère, Université Toulouse III - Paul Sabatier, Toulouse,160p*
- [18] Boucher O (2012). Aérosol atmosphérique propriétés et impacts climatiques.université pierre marie curie, France,248p.
- [19] Bernal-Martinez, A  
Elimination des hydrocarbures aromatiques polycycliques présents dans les boues d'épuration par couplage ozonation. Thèse de doctorat, Université sciences et techniques du Languedoc, Montpellier II 2005.
- [20] Nelson IBASETA  
« Étude expérimentale et modélisation de l'émission d'aérosolsultrafins lors du déversement de poudres nanostructures » thèse de doctorat de INP Toulouse France (2007).
- [21] Guillaume, B  
*Les aérosols*. Thèse de doctorat, Université de Toulouse III 2006.
- [22] Jourdain M.J, Charissou A.M.  
Etat des connaissances sur le devenir des polluants organiques dans les sols lors de la biodégradation naturelle et après biotraitements : Identification des composés «



- métabolites » et des cinétiques, Rapport du Réseau Coopératif de Recherche sur les Déchets (RECORD). 148 p, n°05-0513/1A. Vandoeuvre-lès-Nancy, France 2007.
- [23] Rocher V  
Introduction et stockage des hydrocarbures et des éléments métalliques dans le réseau d'assainissement unitaire parisien. Thèse de Doctorat. Université PARIS XII - Val de Marne, France (2003).
- [24] Reichl F.X  
Guide pratique de toxicologie. Edition de Boeck, Bruxelles, Belgique 2002.
- [25] Méthode d'analyse. Détermination des composés organiques volatils : dosage par « Purge and Trap » couplé à un chromatographe en phase gazeuse et à un spectromètre de masse. Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec.  
MA. 400 - COV 1.1. Édition : 19-12-2002. Révision : 12-12-2008. Canada 2008.
- [26] Le Cloirec P  
Les composés organiques volatils (COV) dans l'environnement J.Technique et Documentation, 1998.
- [27] A. Robert Schnatter , Kim Rosamilia , Nancy C. Wojcik.  
“Review of the literature on benzene exposure and leukemia subtypes”, *Chemico-Biological Interactions.*, Vol. 153-154, pp. 9-21. (2005).
- [28] A. Robert Schnatter , Kim Rosamilia , Nancy C. Wojcik.  
“Review of the literature on benzene exposure and leukemia subtypes”, *Chemico-Biological Interactions.*, Vol. 153-154, pp. 9-21. (2005).
- [29] [http:// www.methanex.com](http://www.methanex.com)
- [30] <http://www.inrs.fr>
- [31] Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie(ADEME), “ Les impacts des COV”, (20/12/2005).
- [32] Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie(ADEME), “ Les impacts des COV”, (20/12/2005).
- [33] Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie(ADEME), “*Schéma de maîtrise des émissions de composés organiques volatils'* ”, édition 2005, pp. 3-14.
- [34] Bliefert C, Perraud R.  
Chimie de l'environnement Air, Eau, Sols, Déchets 1er édition 2e tirage.  
Edition Deboek 2003,244.
- [35] Ineris

- Hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant: six années d'expérience. INERIS-Rapport Annuel Scientifique, 2000.
- [36] B. Chefetz, A. Deshmukh, P. Hatcher Pyrene sorption by natural organic matter. *Environmental Science and Technology*, 34 (14), 2925-2930 (2000).
- [37] Albinet, A., Leoz-Garziandia, E., Budzinski, H., Villenave, E. *Sci. Total. Environ.* 384, 280-292, 2007.
- [38] C. Bosetti, P. Boffetta, C. La Vecchia  
Occupational exposures to polycyclic aromatic hydrocarbons, and respiratory and urinary tract cancers: a quantitative review to 2005. *Annals of Oncology*, 18(3):431-446, (2007).
- [39] Terrenoire, E  
Modélisation de l'ozone et des PM10. Thèse de doctorat, Université de Lille I 2009.
- [40] Journal Officiel de l'Union européenne. N° 34 de l'année 2005  
Règlement (CE) No 208/2005 concernant les hydrocarbures aromatiques polycycliques.

**CHAPITRE II :**  
**PARTIE**  
**EXPERIMENTALE**

### II.1. Echantillonnage active

#### II.1.1. Technique préalable

- L'analyse des espèces chimiques présentes dans la phase particulaire est très complexe compte tenu de la multitude des composés présents et de leurs très faibles concentrations dans l'atmosphère (de l'ordre du  $\text{ng/m}^3$ ). Un soin particulier est apporté au nettoyage du matériel utilisé comme le porte filtre, les cassettes, la verrerie, les seringues etc...
- Faire chauffer les filtres au four pendant (4h) à  $450^\circ\text{C}$  pour éliminer toutes les substances préexistantes dans les filtres.
- Les mettre dans le congélateur dans une boîte qui n'est pas totalement fermé afin d'avoir un échange de vapeur d'eau avec le filtre pendant deux jours au moins.
- Les couvrir de papier d'aluminium et les stocker par paquets de 30 dans un dessiccateur à une température ambiante avec une humidité qui est contrôlé à près stable (40-50%) pendant 48 heures.
- Les filtres sont pesés avant et après le prélèvement par le biais d'une microbalance cette méthode est appelé la gravimétrie. Cette opération doit être effectuée sur chaque filtre (Figure II.1). La différence de masse correspond à la quantité de matière particulaire collectée lors de l'échantillonnage. et conservés à température constante  $4^\circ\text{C}$ , dans l'obscurité, jusqu'à soumission à l'analyse physico-chimique.



**Fig.II.1:** Filtre avant (en blanc) et après (en noire) l'échantillonnage.

### II.1.2.Site d'échantillonnage

#### II.1.2.1.Entreprise Nationale des Peintures E.NA.P (Lakhdaria)

L'entreprise nationale des peintures (ENAP), est une entreprise publique économique qui a pour métier de base la production des revêtements organiques (peintures, vernis, résines, émulsion, siccateurs et colles), elle est opérationnelle depuis le 01-01-1983, issue de la restructuration nationale des industries chimiques (SNIC).

L'ENAP de Lakhdaria est située à 80 Km à l'est d'Alger, sur la route nationale N°5, environ 5 Km de la daïra de Lakhdaria et 45 Km à l'ouest de chef lieu de la wilaya de Bouira. Elle s'étale sur une superficie de 8 hectares et emploie environs 340 travailleurs, répartis entre cadres, agents de maîtrise et agents d'exécution. La pompe a été placée à l'intérieure de l'usine dans la salle de production de peinture, à une hauteur de 2 m.

L'entreprise est partagée en deux zones (sud et nord) qui à leur tour sont divisées en plusieurs départements (voir plan UPL), ainsi l'image satellitaire de ce site est montrée dans la figure.II.1.



**Fig.II.2.**Image satellitaire présentant le site de l'échantillonnage (ENAP Lakhdaria).

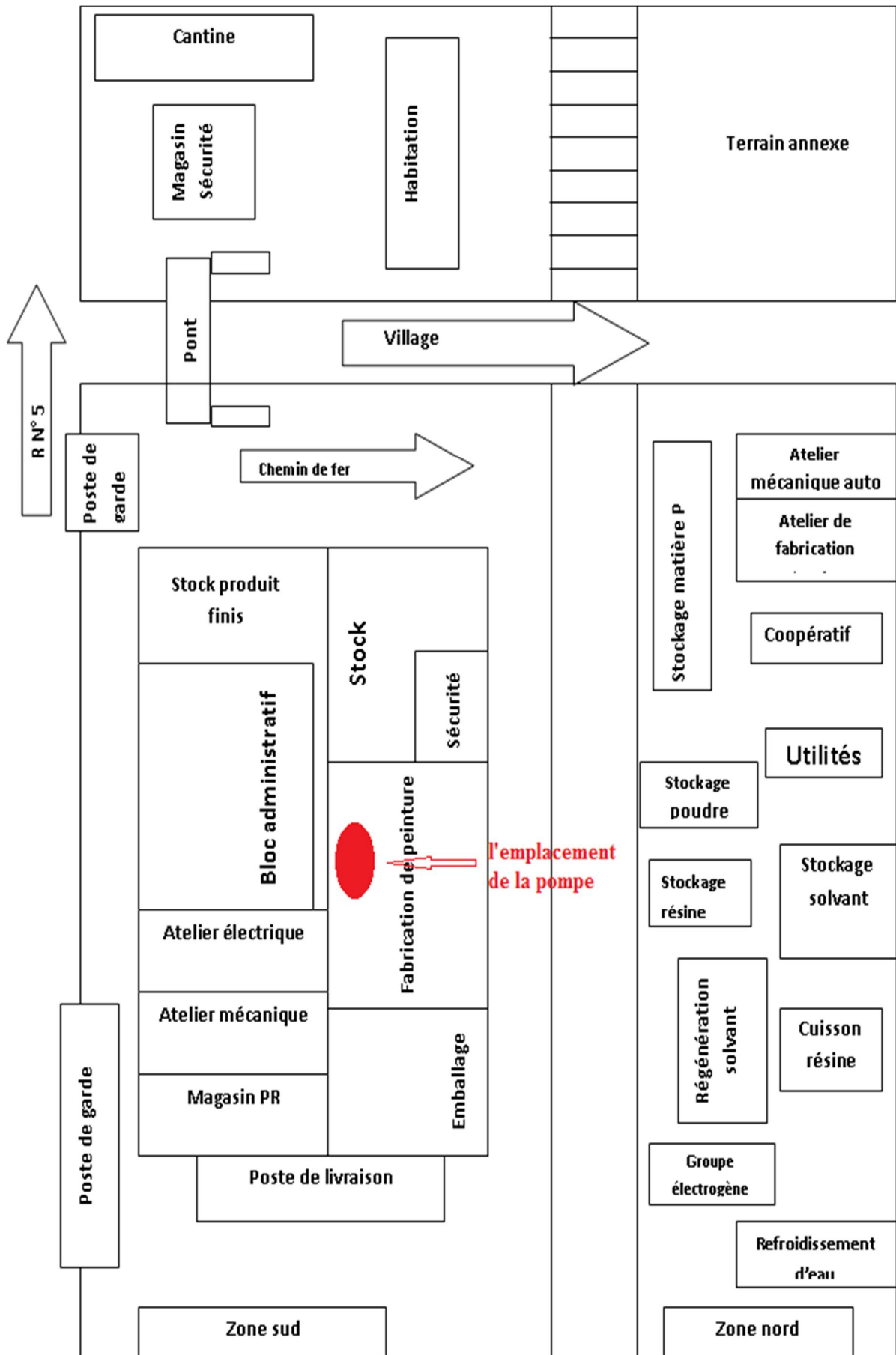


Fig.II.3.schéma de l'unité de production Lakhdaria.



### II.1.2.2. Université Akli Mohand Oulhadj de Bouira

L'université Akli Mohand Oulhadj est située au centre ville de Bouira, sa superficie est de 30 hectares et elle accueille plus de 20 000 étudiants. Les échantillons d'aérosols ont été collectés à 2 m au-dessus du sol, à l'entrée de l'université, ainsi l'image satellitaire de ce site est montrée dans la figure.II.4.



**Fig.II.4.** image satellitaire présentant le site de l'échantillonnage (Université de Bouira).

### II.1.3. Prélèvement des aérosols

L'échantillonnage a été réalisé durant 24h pour l'UAMOB et 8h pour l'ENAP de Lakhdaria en utilisant un échantillonneur à volume moyen (MVS) de marque (REFCO) avec un débit moyen de  $35\text{L min}^{-1}$ , équipée d'un sélecteur de taille PM10 qui ne laisse passer que les particules ayant un diamètre aérodynamique inférieur à  $10\ \mu\text{m}$ , et qui seront collectées sur des filtres en fibre de quartz marque de MUNKTELL FILTRE, SUÈDE, le diamètres de ces filtres se mesure à 47 mm dont la taille des pores est de  $1\ \mu\text{m}$ . Le dispositif est relié à un compteur à gaz afin de mesurer le volume d'air absorbé.



**Fig.II.5.** montage de prélèvement des PM10.

## II.2.Extraction et fractionnement

### II.2.1.Préparation de la cartouche

Rincé la cartouche par des mélanges de solvant acétone dichlorométhane dans le montage Soxhlet pendant 6h. Le volume de mélange est de 150 ml (DCM 4v, acétone 1v) La température de réchauffement est de 49 °C pour assurée l'évaporation du solvant, afin d'avoir un cycle.

### II.2.2.Extraction au Soxhlet

L'extracteur Soxhlet a été inventée par **Franz Von Soxhlet** en 1879, est un dispositif en verre spécialement conçu pour l'extraction solide-liquide par solvant continue, le Soxhlet contient une cartouche remplie d'un filtre solide, l'extracteur est particulièrement adapté pour les échantillons qui présentent de faibles rendements d'extraction. Le principe est expliqué selon la Figure II.6 : Quand le contenu du ballon est chauffé (1), les vapeurs du solvant passent par le tube adducteur (2) elles se condensent dans le réfrigérant (3) et retombent dans le corps de l'extracteur (4), faisant ainsi macérer le solide dans le solvant (chauffé par les vapeurs se trouvant en dessous). Le solvant condensé s'accumule dans l'extracteur jusqu'à atteindre le sommet du tube-siphon (5), ce qui provoque alors le retour du liquide dans le ballon (6), accompagné des substances extraites, et enrichit donc progressivement le solvant en composés solubles. L'extraction de la composante organique de l'aérosol doit se faire rapidement, pour éviter



toute évolution de la matière recueillie.

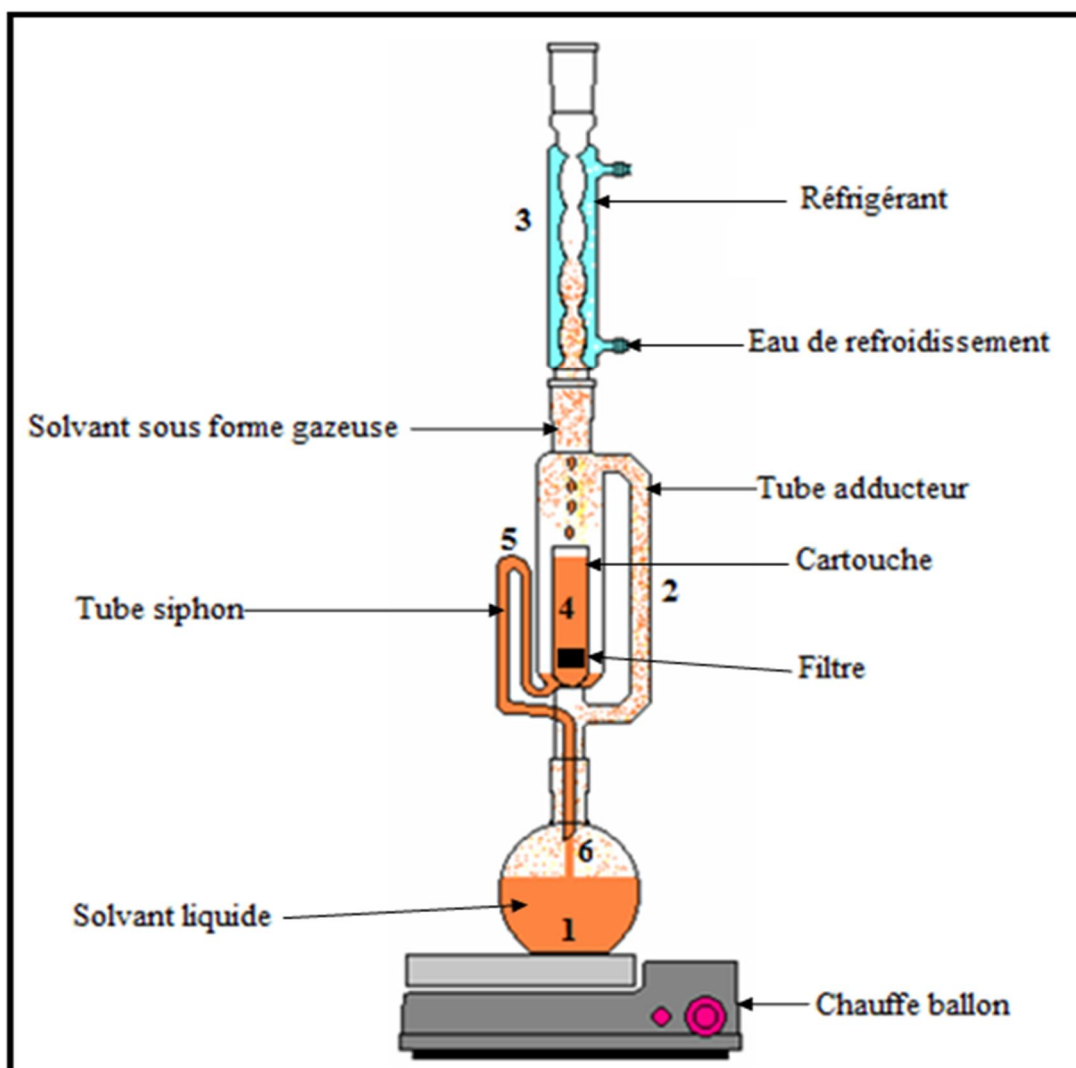


Fig.II.6.L'extraction par Soxhlet.

L'extraction des différents filtres échantillonnés est effectuée en continu durant 16 heures avec le mélange Dichlorométhane-Acétone (DCM-ACE, 4 : 1 v/v, 150 mL) en utilisant un microsoxhlet. Avant l'extraction, 10  $\mu\text{L}$  de solution de Toluène contenant des concentrations connues des étalons internes suivants (Tableau II.1) : 1-Chlorododécane, Tetraécosane- $\text{D}_{50}$ , 1-Cholohexadécane sont mélangés avec les aérosols contenus dans le filtre à échantillon afin de déterminer les éventuelles pertes occasionnées lors des étapes de préparation de l'échantillon [1].

### II.2.3. Concentration

Le produit d'extraction est concentré dans l'évaporateur rotatif jusqu'à l'obtention d'un volume moyen de 1 mL. Ce volume est ensuite concentré à température ambiante en utilisant un faible jet d'azote jusqu'à l'obtention d'un volume de 250  $\mu\text{L}$  [2].

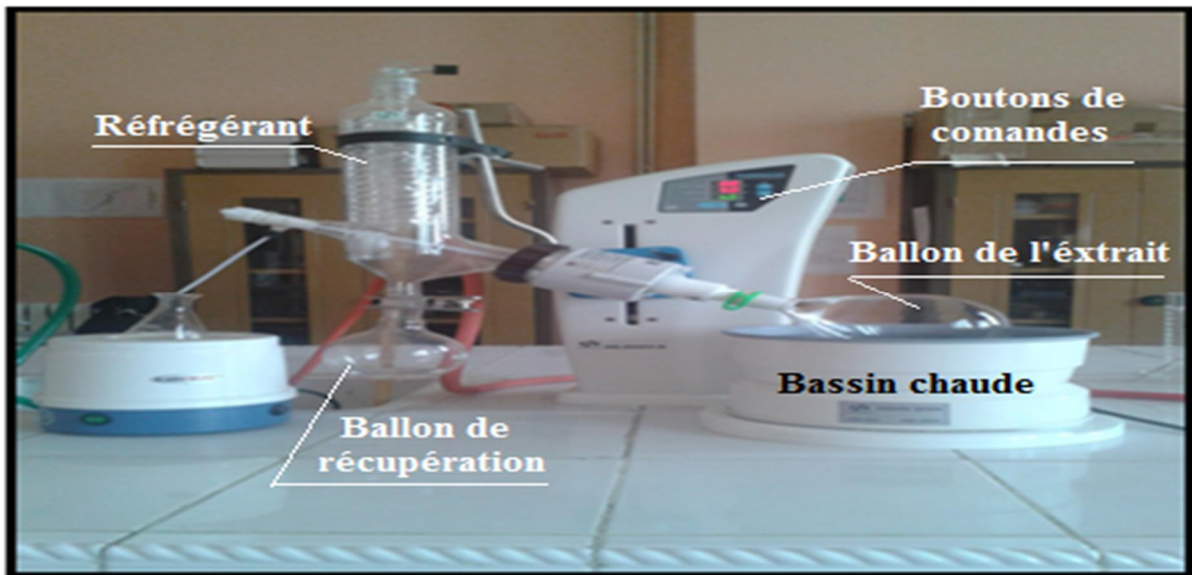


Fig.II.7. rota-vapeur.

#### II.2.4. Fractionnement des composés sur colonne d'alumine (purification)

L'extrait est élué à travers une colonne de type Brockman I (Aldrich Chimica, Milan, Italie) de diamètre interne égal à 1 cm et de 20 cm de longueur. La colonne est remplie d'oxyde d'aluminium neutre ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), partiellement désactivé au laboratoire avec 2,5% d'eau ultra pure pour séparer les composés polaires des espèces aliphatique apolaires et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs). Deux fraction sont alors collectées en éluant l'extrait respectivement avec l'hexane pour récupérer les n-alcane et le DCM pour récupérer les HAPs.

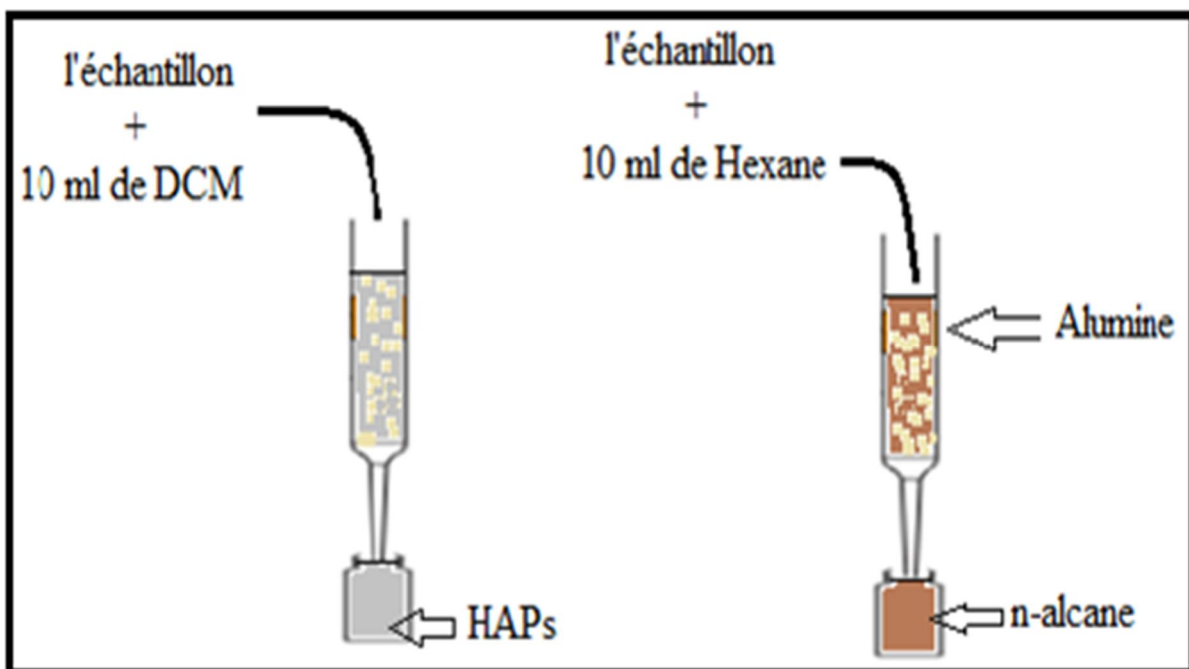


Fig.II.8. La purification par la colonne chromatographique.

La procédure pré-analytique utilisée est récapitulée dans l'organigramme suivant :

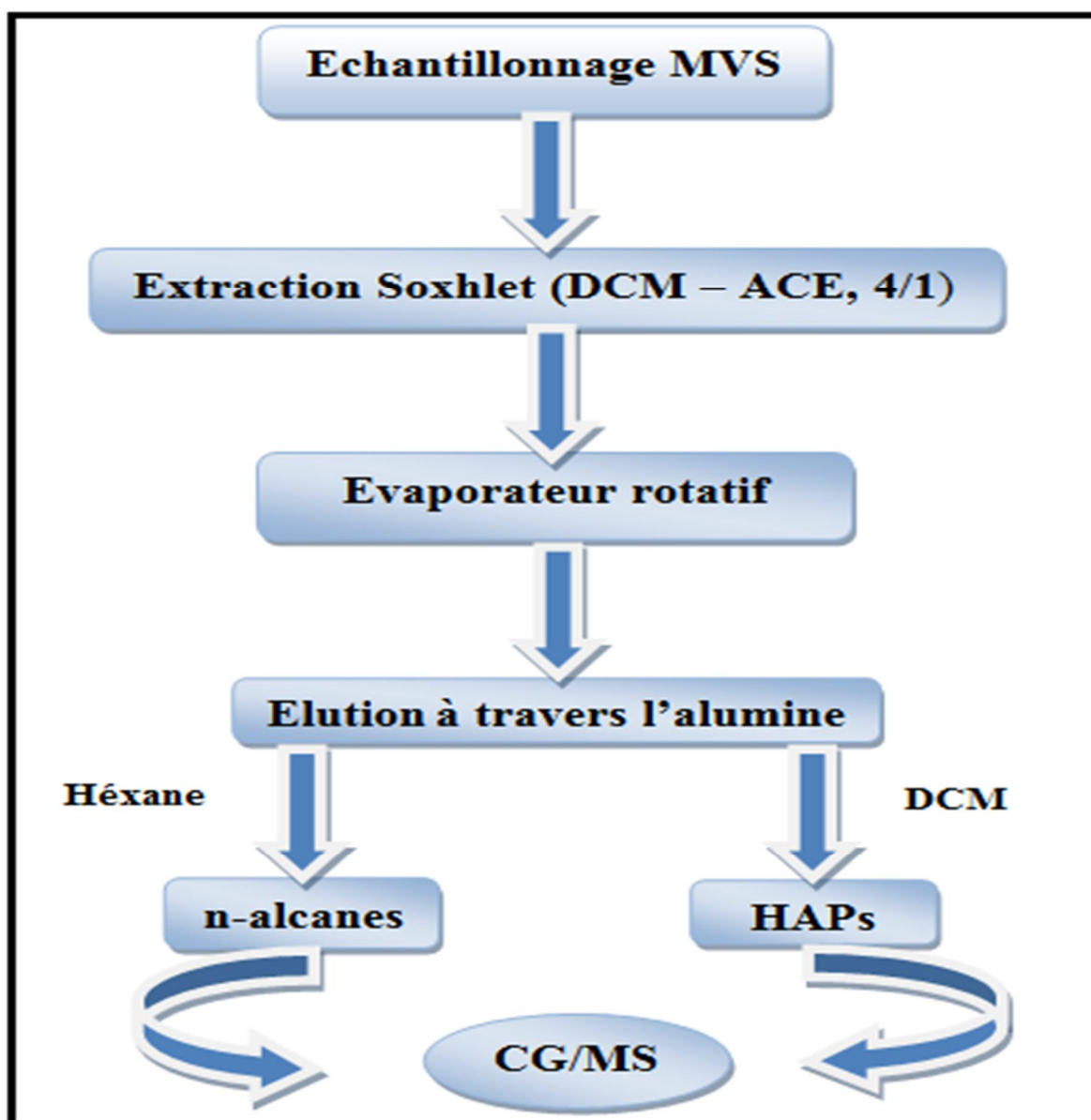


Fig.II.9.Organigramme de la procédure analytique.

### II.3.Analyse qualitative et quantitative des n-alcanes et HAPs par CG /SM

#### II.3.1. Principes et formalités opératoires (CG/SM) :

Le principe de la spectrométrie de masse (SM) repose sur la détermination des masses des composés atomiques ou moléculaires dans la source. Elle permet d'obtenir des informations sur la nature, la composition et la structure des espèces présentes dans l'échantillon analysé.

Le couplage de la chromatographie en phase gazeuse à la spectrométrie de masse est une association extrêmement efficace puisqu'il allie les propriétés séparatives exceptionnelles de la chromatographie gazeuse et la grande sensibilité de la spectroscopie de masse. [3]

À l'issue de leur séparation chromatographique, les molécules sont transférées dans le

## Chapitre II : Partie expérimentale

spectromètre de masse où elles subissent une ionisation, puis une analyse spectrale. Cette analyse permet d'identifier leur nature chimique.

Un spectromètre de masse est constitué de cinq parties principales :

- Le système d'introduction qui fait pénétrer l'échantillon dans le spectromètre de masse.
- La source d'ions dans laquelle les molécules sont ionisées après bombardement électronique. Il existe plusieurs méthodes d'ionisation, le choix de celle-ci est directement lié à la nature de l'échantillon et au type d'analyse souhaitée. Dans notre cas l'ionisation est réalisée par impact électronique qui est le plus couramment utilisé.
- L'analyseur qui réalise le tri des ions fragments en fonction du rapport masse/charge par l'application d'un champ magnétique et/ou électrique.
- Un détecteur qui collecte les ions fragments et amplifie le signal associé aux ions.
- Un système informatique de traitement des données qui permet de transformer les informations reçues par le détecteur en spectre de masse, dont la lecture permet l'identification de la molécule.

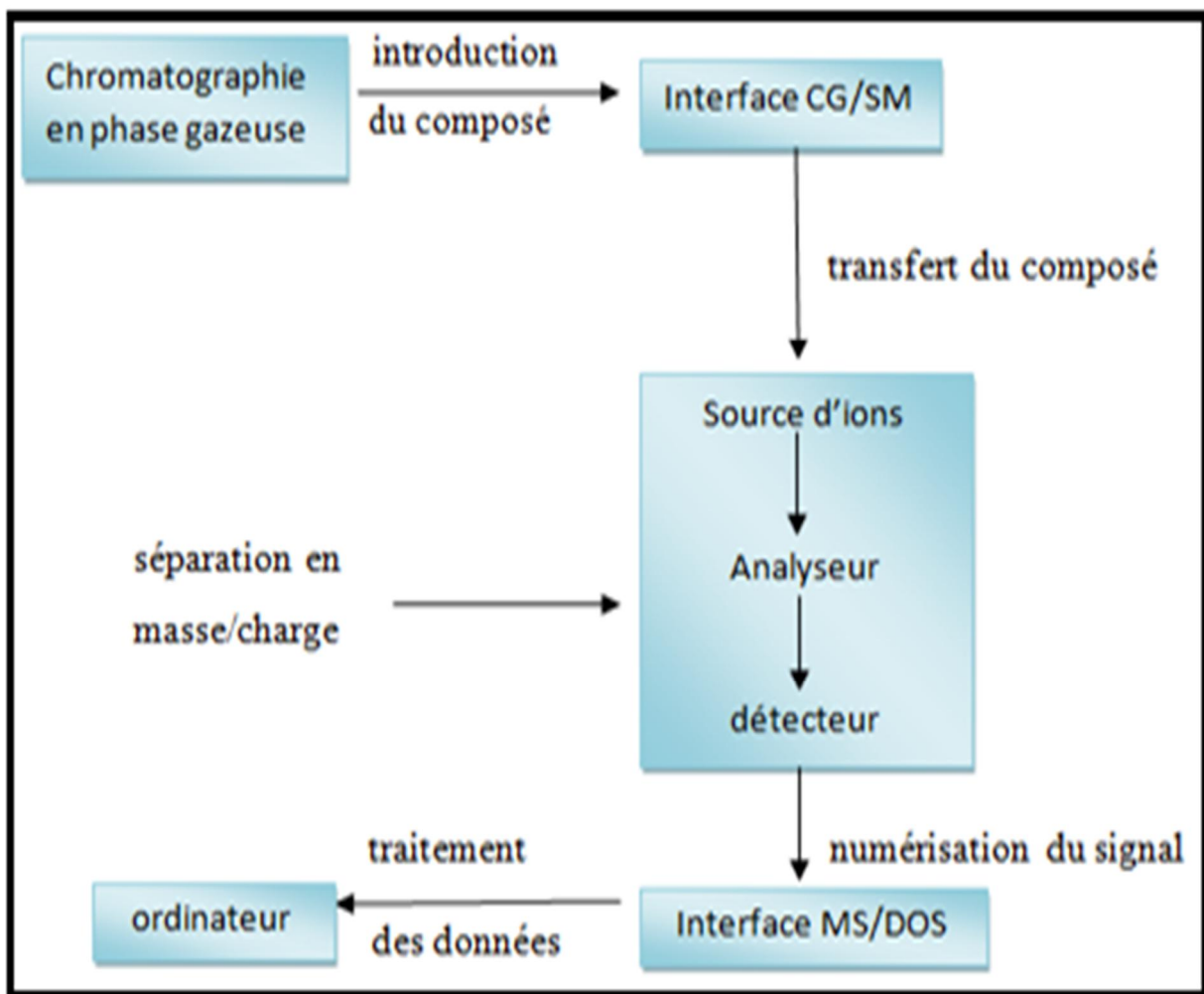


Fig.II.10. Schéma du couplage chromatographie en phase gazeuse / spectrométrie de masse.

II.3.2. Les paramètres analytiques de CG/SM

Tableau.II.1. Conditions d'analyse CG/SM.

	n-alcane	HAPs
<b>Chromatogramme</b>	Chromatographie gazeuse de marque AGILENT HP 6890.	
<b>Injecteur</b>	Injecteur automatique auto sampler de marque ALS HP 7683 B.	
<b>Mode d'injection</b>	mode courant ionique total (TIC, Total Ion Current).	mode de sélection d'ions (SIM, Selected Ion Mass).
<b>Colonne</b>	Colonne capillaire : en silice fondue HP5-MS (5 % phenyl et 95% méthyl polysiloxane ; 30m x 0,32mm DI x 0,25 µm).	
<b>Température de la colonne</b>	80°C (2min), 20°C /min, 170°C (2min), 4°C/min, 280°C (15min).	
<b>Température de la source</b>	280°C	
<b>Gaz vecteur</b>	Hélium de débit 0,5 ml/min.	
<b>Spectre de masse</b>	Spectromètre de masse quadripolaire (MSD HP 5973) en mode impact électronique	
<b>Potentiel d'ionisation</b>	70 eV	
<b>Balayage</b>	40-550 uma.	
<b>Traitement des données</b>	Logiciel d'acquisition et de traitement MSD ChemStation (Agilent).	

II.4. Identification des composés

II.4.1. Méthode d'identification des HAPs et des n-alcane

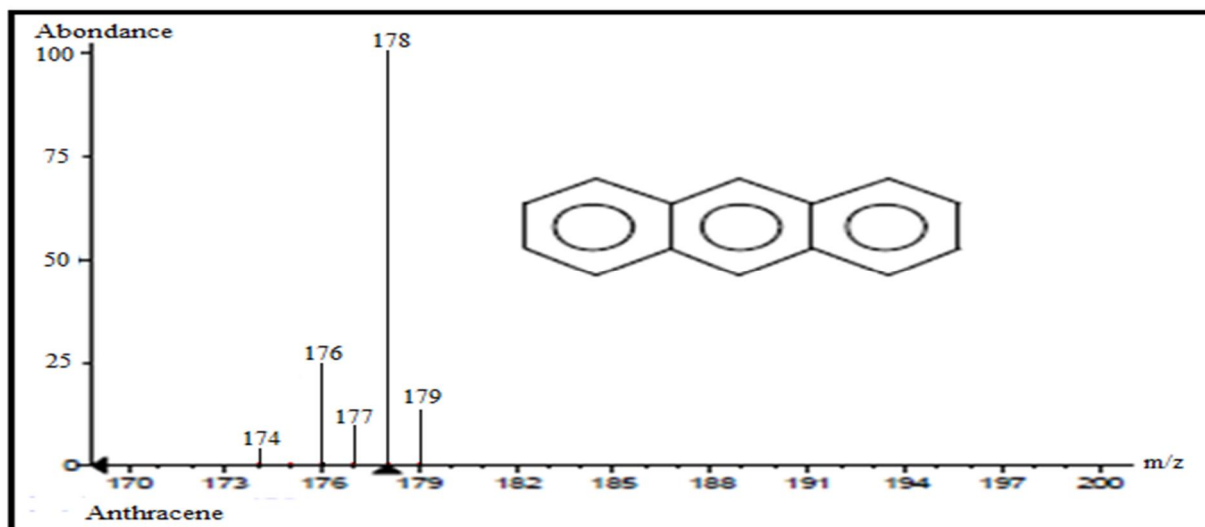
➤ Les HAPs :

L'identification des HAPs est établie par la combinaison des ions moléculaires ( $m/z = M^+$ ), des ions fragments ( $m/z = M-1$ ) et des ions isotopiques ( $m/z = M+1$ ) [179]. L'ion moléculaire  $[178]^+$  et les quatre ions fragments caractéristiques ( $[174]^+$ ,  $[176]^+$ , et  $[177]^+$ ) ont été sélectionnés pour la détection des anthracène. Tous les étalons internes ont été identifiés à partir de leurs ions moléculaires.

La Figure. II.11. montrent le spectre de masse d'anthracène.

## Chapitre II : Partie expérimentale

Le Tableau II. (3 et 5) récapitule les temps de rétention des composés identifiés dans ENAP de Lakhdaria et l'UAMOB.



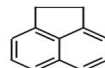





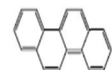
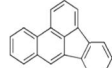




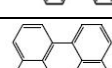
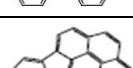
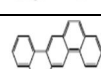
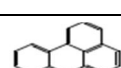
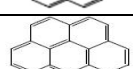


**Fig.II.11.** Spectres de masse montrant les pics caractéristiques d'anthracènes.

**Tableau.II.2.** Le temps de rétention des étalons externes utilisés.

Composés	Symbole	Formule	Masse	Structure	tr (min)
Naphthalène- d <sub>8</sub>	NAP-d <sub>8</sub>	C <sub>10</sub> D <sub>8</sub>	136		9,238
Acénaphthène-d <sub>10</sub>	ACE-d <sub>10</sub>	C <sub>12</sub> D <sub>10</sub>	164		13,999
Fluorène-d <sub>10</sub>	FL-d <sub>10</sub>	C <sub>13</sub> D <sub>10</sub>	176		15,748
Phenanthrène-d <sub>10</sub>	PHE-d <sub>10</sub>	C <sub>14</sub> D <sub>10</sub>	188		19,494
Chrysène-d <sub>12</sub>	CHR-d <sub>12</sub>	C <sub>18</sub> D <sub>12</sub>	240		31,932
Benzo[a]pyrène-d <sub>12</sub>	BaP-d <sub>12</sub>	C <sub>20</sub> D <sub>12</sub>	264		38,096
Perylène-d <sub>12</sub>	PER-d <sub>12</sub>	C <sub>20</sub> D <sub>12</sub>	264		38,438

**Tableau.II.3.** Les temps de rétention des HAPs de l'UAMOB et de l'ENAP Lakhdaria.

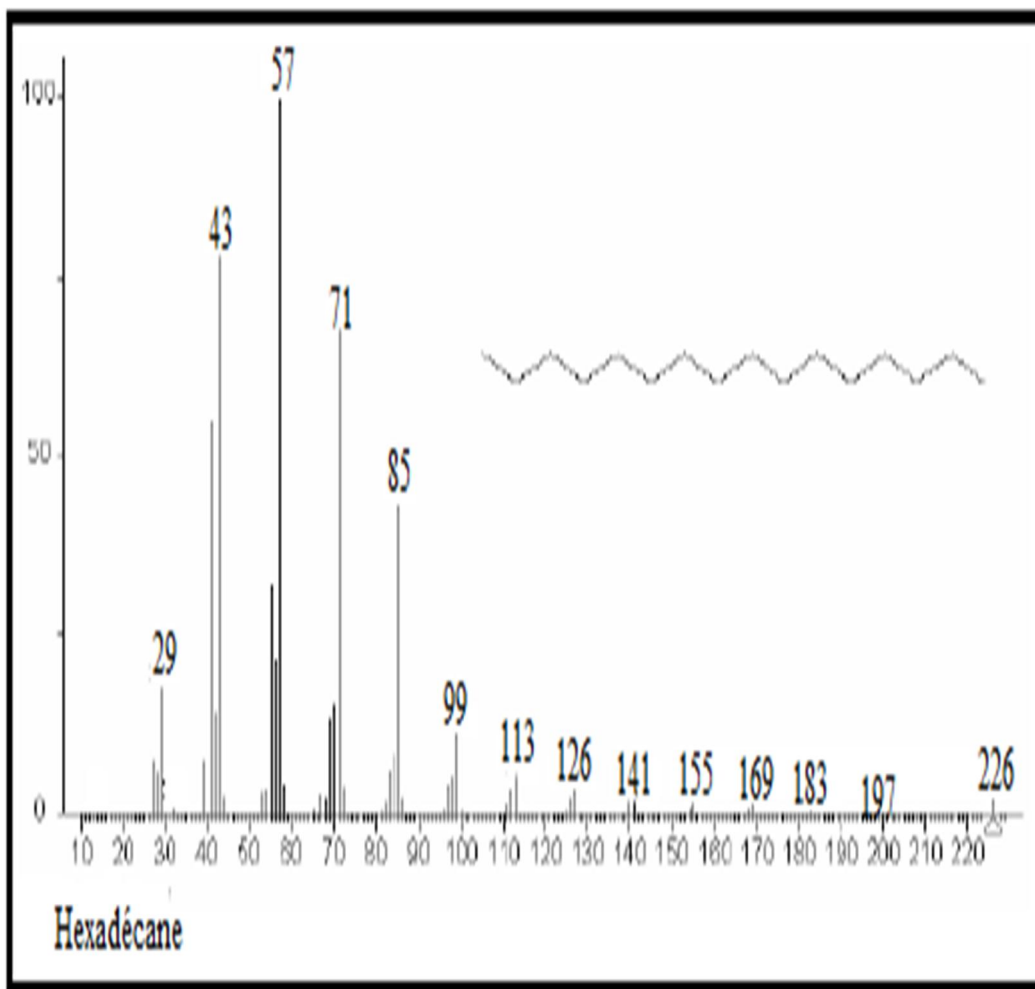
composés	Symbole	Formule	Structure	m/z	tr (min)
Naphtalène	NAP	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>		128	9,29
Acénaphthylène	ACY	C <sub>12</sub> H <sub>8</sub>		152	13,58
Acénaphtène	ACE	C <sub>12</sub> H <sub>10</sub>		164	14,10
Fluorène	FL	C <sub>13</sub> H <sub>10</sub>		166	15,84
Phénanthrène	PHE	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub>		178	19,58
Anthracène	ANT	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub>		178	19,78
Fluoranthène	FLA	C <sub>16</sub> H <sub>12</sub>		202	24,97
Pyrène	PYR	C <sub>16</sub> H <sub>12</sub>		202	25,95
Chrysène	CHR	C <sub>18</sub> H <sub>12</sub>		228	32,06
Benzo[b]fluoranthène	BbF	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>		252	36,66
Benzo[j]fluoranthène	BjF	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>		252	36,83
Benzo[k]fluoranthène	BbF	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>		252	37,05
Benzo[e]pyrène	BePY	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>		252	37,23
Benzo[a]pyrène	BaPY	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>		252	38,54
Perylène	PER	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>		252	38,66
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	IcdP	C <sub>22</sub> H <sub>12</sub>		276	43,31
Dibenzo[a,h]anthracène	DahANT	C <sub>22</sub> H <sub>14</sub>		278	43,65
Benzo[g,h,i] perylène	BghiP	C <sub>24</sub> H <sub>14</sub>		302	44,65
Coronène	CO	C <sub>24</sub> H <sub>12</sub>		300	45,18



### ➤ Les n-alcanes :

Les alcanes sont identifiés à partir de leurs ions fragments caractéristiques. Le pic de base est à  $m/z = 57$ . Les autres fragments diffèrent de 14 unités ( $\text{CH}_2$ ) (exemple: 29,43, 57, 71,85, etc...) comme le démontre la Figure II.12 pour l'hexadécane

La Figure. II.12 et Figure. II.13 démontrent le spectre de masse et les mécanismes de fragmentation de l'hexadécane à titre d'exemple de la famille des *n*-alcanes.



**Fig.II.12.** Spectre de masse de l'hexadécane.

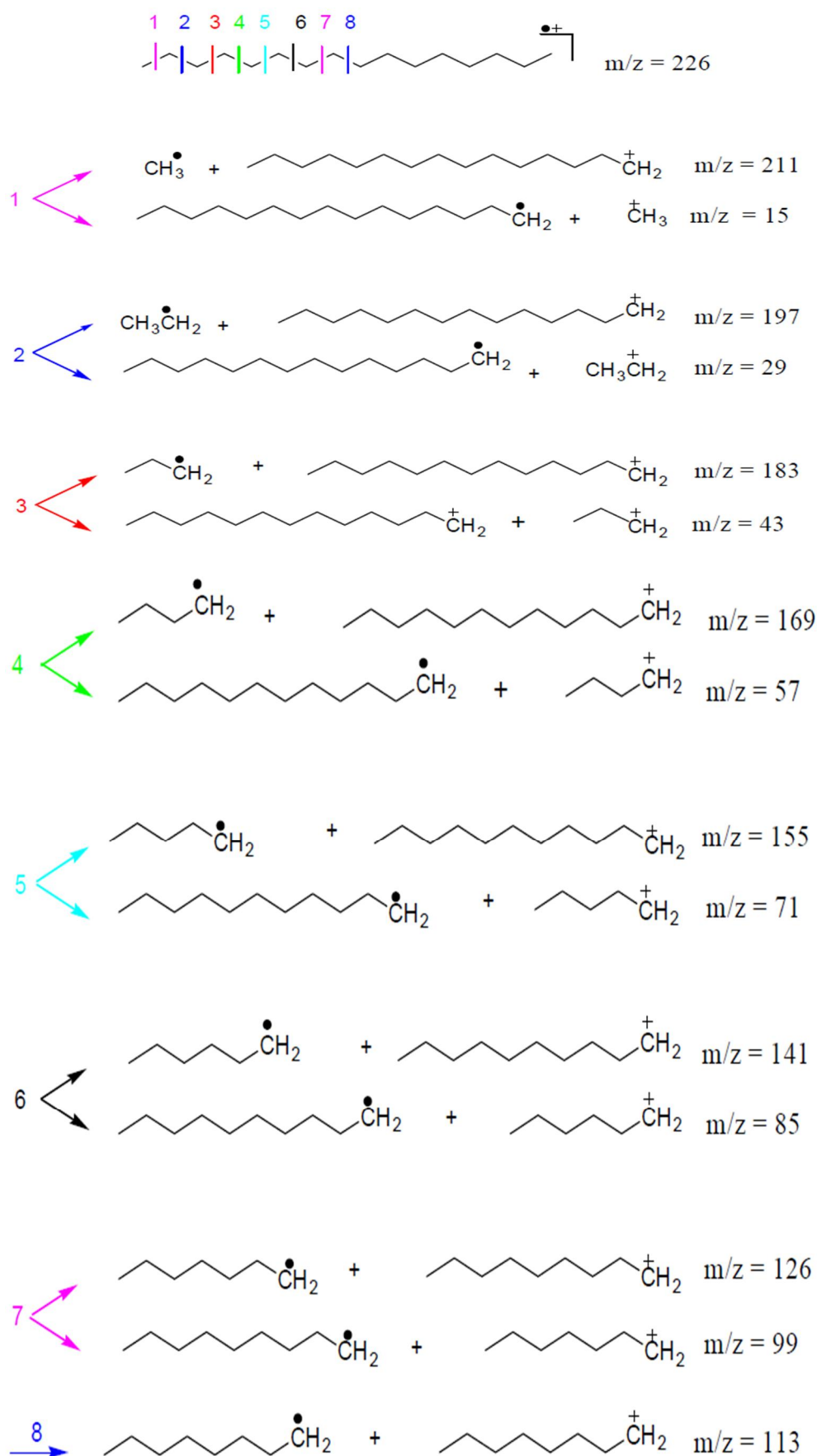

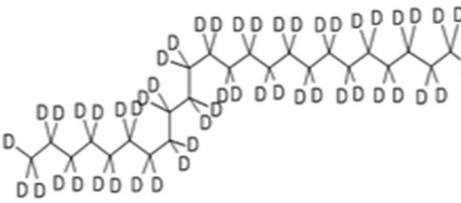



Fig.II.13.Mécanismes de fragmentation de l'hexadécane.

Tableau.II.4.les étalons internes utilisés.

Composés	Formule brute	Formule développée	Masse molaire
1-Chlorododécane	$C_{12}H_{25}Cl$		204
Tétraécosane-D <sub>50</sub>	$C_{24}D_{50}$		338
1-Cholohexadécane	$C_{16}H_{33}Cl$		260

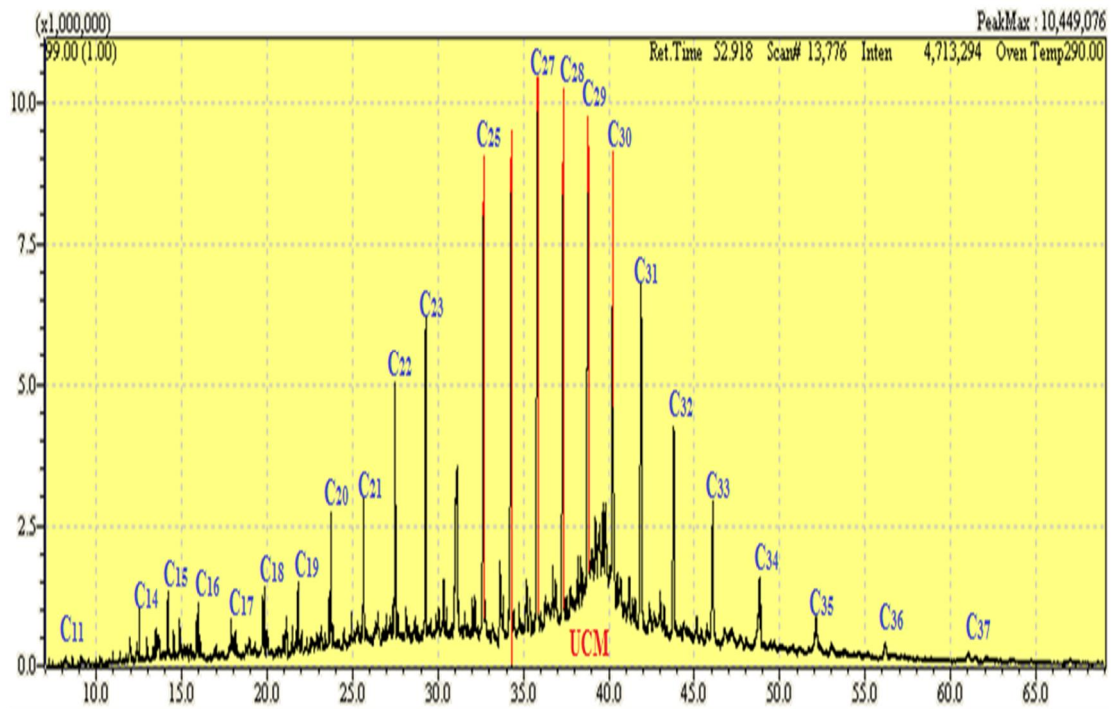
Pour les étalons externes on a préparé un mélange d'alcane de C<sub>10</sub> à C<sub>40</sub> afin de faire la courbe d'étalonnage pour calculer l'aire qui sert à identifier les concentrations des n-alcane qu'on voudrait chercher.

**Tableau.II.5.** temps de rétention Les n-alcane identifiés à l'UAMOB et l'ENAP  
Lakhdaria.

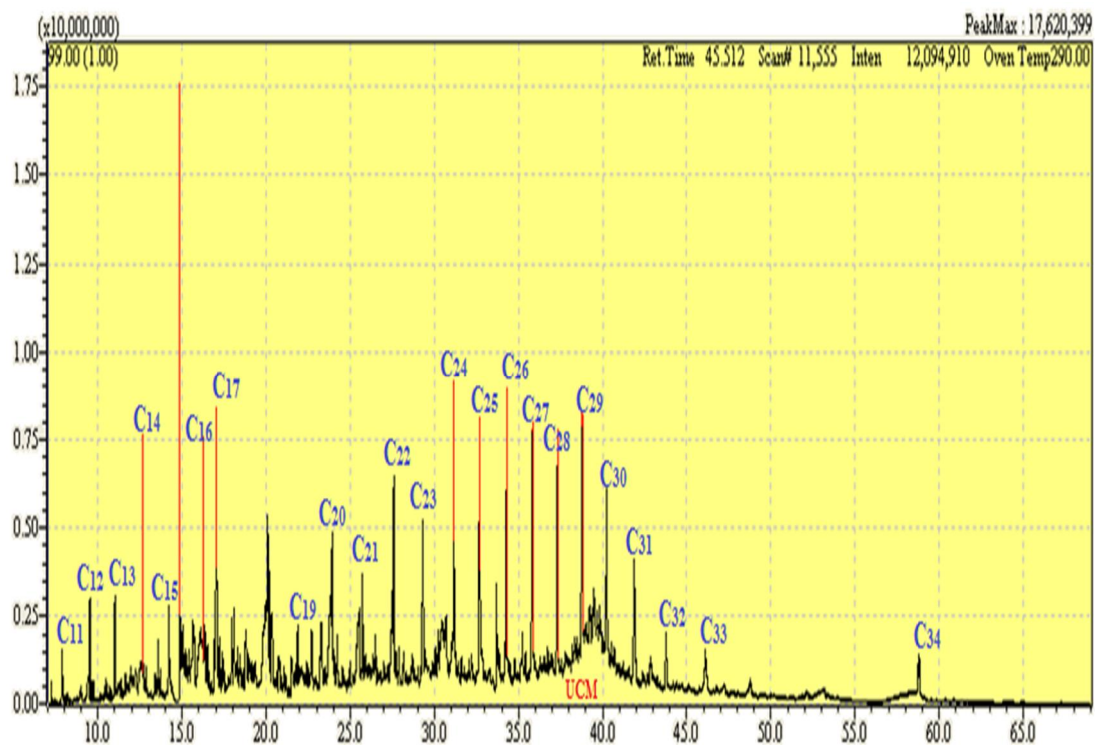
<b>Composés</b>	<b>Symboles</b>	<b>tr (min)</b>
Undécane	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	7,92
Ddécane	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	9,52
Tridécane	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	11,01
Tétradécane	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	12,60
Pentadécane	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	14,21
Héxadécane	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	16,13
Héptadécane	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub>	17,92
Octadécane	C <sub>18</sub> H <sub>38</sub>	19,85
Nonadécane	C <sub>19</sub> H <sub>40</sub>	21,84
Eicosane	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>	23,83
Héneicosane	C <sub>21</sub> H <sub>44</sub>	25,68
Docosane	C <sub>22</sub> H <sub>46</sub>	27,54
Tricosane	C <sub>23</sub> H <sub>48</sub>	29,30
Tetracosane	C <sub>24</sub> H <sub>50</sub>	31,07
Pentacosane	C <sub>25</sub> H <sub>52</sub>	32,69
Héxacosane	C <sub>26</sub> H <sub>54</sub>	34,28
Héptacosane	C <sub>27</sub> H <sub>56</sub>	35,84
Octacosane	C <sub>28</sub> H <sub>58</sub>	37,33
Nonacosane	C <sub>29</sub> H <sub>60</sub>	38,79
Triacontane	C <sub>30</sub> H <sub>62</sub>	40,25
Héntriacontane	C <sub>31</sub> H <sub>64</sub>	41,88
Dotriacontane	C <sub>32</sub> H <sub>66</sub>	43,78
Tritriacontane	C <sub>33</sub> H <sub>68</sub>	46,09
Tétratriacontane	C <sub>34</sub> H <sub>70</sub>	48,88
Pentatriacontane	C <sub>35</sub> H <sub>72</sub>	52,14
Héxatriacontane	C <sub>36</sub> H <sub>74</sub>	56,18
Héptatriacontane	C <sub>37</sub> H <sub>76</sub>	61,01

## Chapitre II : Partie expérimentale

La figure.II.14 et la figure.II.15 représentent les chromatogrammes des n-alcanes obtenus en analysant les échantillons d'aérosol en mode courant ionique total (TIC, Total Ion Current) à UAMOB et l'ENAP Lakhdaria par GC/SM.



**Fig.II.14.**Chromatogramme des n-alcanes particuliers dans l'atmosphère de l'université de Bouira (mars 2015).



**Fig.II.15.**Chromatogramme des n-alcanes particuliers dans l'ENAP (avril 2015).

### Référence :

- [1] N. Yassaa.  
Caractérisation et quantification des composés organiques volatils et particulaires d'origine biogénique et anthropogénique dans l'atmosphère : qualité de l'air de différents sites algériens, Thèse de Doctorat d'Etat, USTHB-Alger, 2001.
- [2] R. Ladj.  
Analyse qualitative et quantitative des composés organiques volatils, semi-volatils et particulaires dans l'air, Thèse de Doctorat, USTHB-Alger, 2009.
- [3] Lombaert K.  
Composition et évolution des espèces particulaires émises à l'échappement d'un moteur diesel en fonction des paramètres moteurs et de la nature du carburant.  
Thèse de Doctorat. Université Pierre et Marie Curie. Paris. France 2002

**CHAPITRE III :**  
**RESULTATS ET**  
**DISCUSSION**



### Partie I : Variation temporelle des particules PM 10 en suspension dans l'atmosphère de la wilaya de Bouira

Dans cette partie d'étude nous constatons que les concentrations de matières particulaires présentent des variations sur les échelles temporelles suivantes : quotidiennes (journalières), hebdomadaires (jour de la semaine). Ces évolutions sont en corrélations directes avec la variabilité des émissions et les variations des paramètres géophysiques et climatiques [1].

#### III.1. Analyse des particules PM10 dans l'atmosphère de la wilaya de Bouira

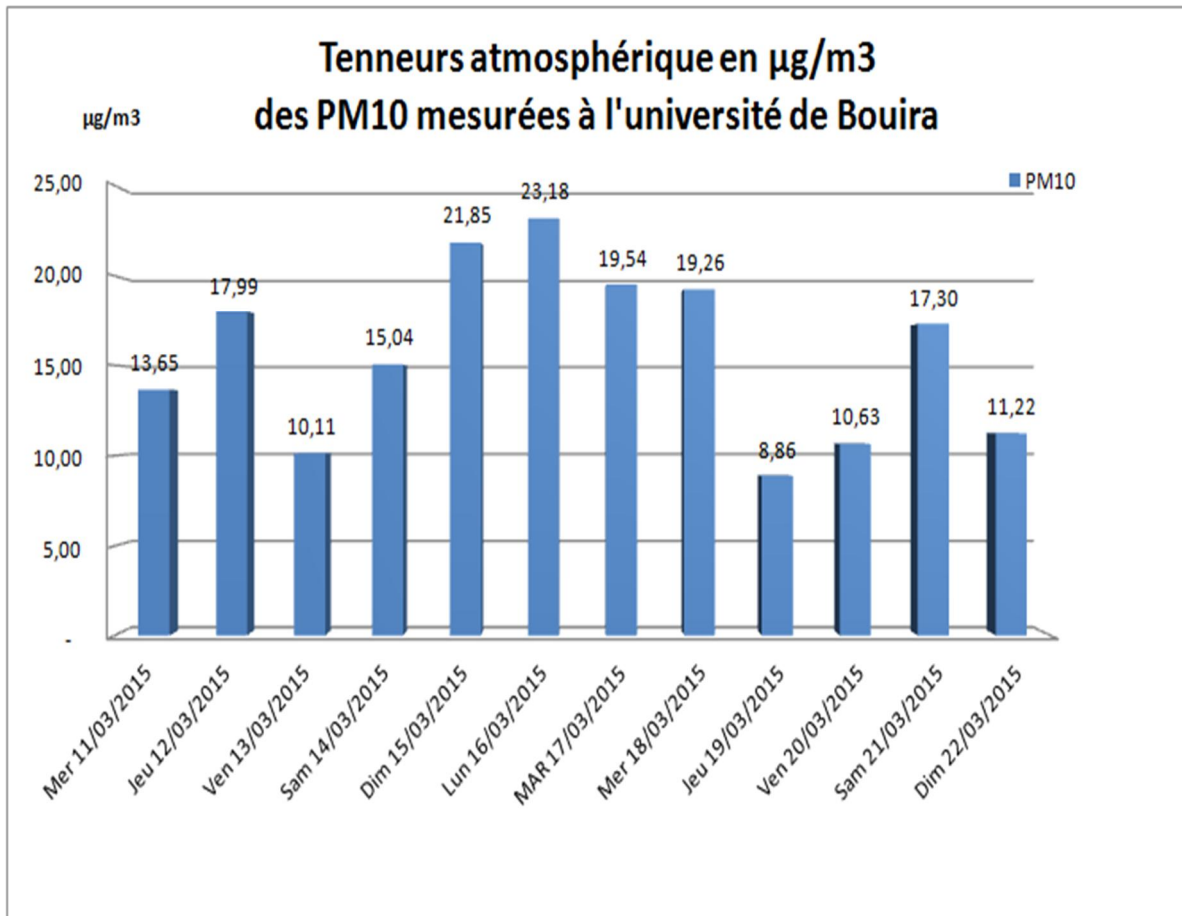
##### III.1.1. Teneurs journalières en PM10

La variation journalière des concentrations en PM10 obtenue dans les différents sites étudiés est représentée dans le tableau III.1 :

**Tableau.III.1.**Granulométrie des PM10 mesurées à l'UAMOB et l'ENAP.

UAMOB		ENAP	
Date	C ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Date	C ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Mercredi 11 mars 2015	13,65	Lundi 30 mars 2015	81,36
Jeudi 12 mars 2015	17,99	Mardi 31 mars 2015	33,17
Vendredi 13 mars 2015	10,11	Mercredi 01 avril 2015	61,72
Samedi 14 mars 2015	15,04	Jeudi 02 avril 2015	45,86
Dimanche 15 mars 2015	21,85	Lundi 06 avril 2015	41,60
Lundi 16 mars 2015	23,18	Mardi 07 avril 2015	52,75
Mardi 17 mars 2015	19,54	Mercredi 08 avril 2015	143,67
Mercredi 18 mars 2015	19,26	Jeudi 09 avril 2015	72,97
Jeudi 19 mars 2015	8,86	Mardi 14 avril 2015	77,37
Vendredi 20 mars 2015	10,63	Mercredi 15 avril 2015	86,89
Samedi 21 mars 2015	17,30	Jeudi 16 avril 2015	64,04
Dimanche 22 mars 2015	11,22	Dimanche 19 avril 2015	37,38
-	-	Lundi 20 avril 2015	66,09
-	-	Mardi 21 avril 2015	25,67
-	-	Mercredi 22 avril 2015	45,43
-	-	Jeudi 23 avril 2015	54,93

La variation journalière des concentrations en PM10 obtenues à l'entreprise nationale de peinture (ENAP) Lakhdaria pour la saison hivernage du 11 Mars au 22 mars 2015 est représentée par la Figure.III.1.



**Fig.III.1.** Les variations journalières des teneurs en PM10 mesurées à l'université de Bouira.

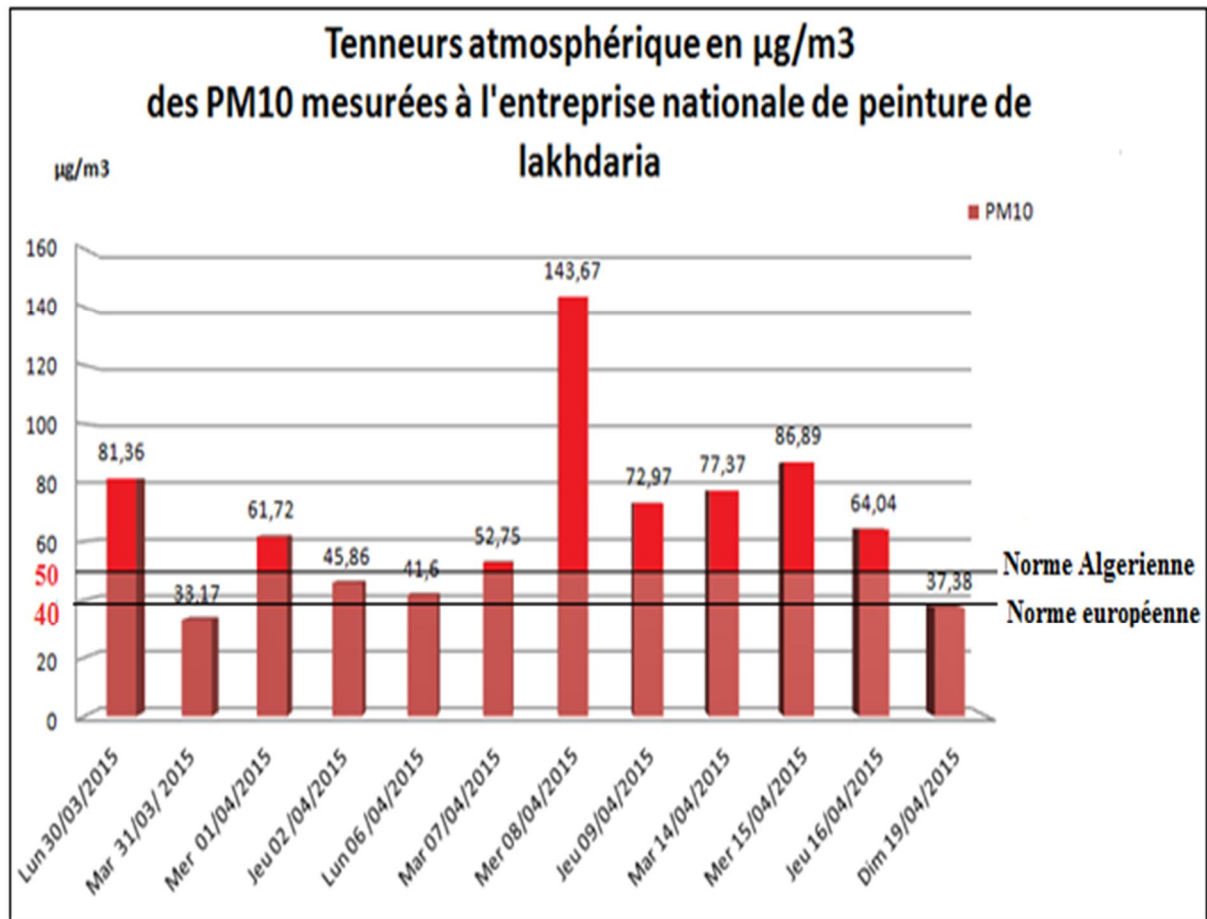
Nous remarquons que les concentrations en PM10 varient de  $8,86 \mu\text{g}/\text{m}^3$  à  $23,18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , avec une moyenne journalière de  $17,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$  durant la période de Mercredi 11 mars 2015 au dimanche 22 mars 2015.

Nous constatons que les concentrations en PM10 dans l'université de Bouira -qui est considéré comme étant une zone résidentielle- ces concentrations sont dans les normes qui ont été établit par la réglementation Algérienne, qui estime que la moyenne annuelle des PM10 ne doit pas dépassée  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  [2].

Nous expliquons ces résultats par :

- De faibles sources d'émissions des PM10.

La variation journalière des concentrations en PM10 obtenues à l'entreprise nationale des peintures (ENAP) Lakhdaria pour la saison printanière du 30 Mars au 19 Avril 2015 est représentée par la Figure.III.2.



**Fig.III.2.** Les variations journalières des teneurs en PM10 mesurées à l'ENAP Lakhdaria.

Nous remarquons que les concentrations en PM10 varient de 33,17  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  à 143,67  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , avec une moyenne journalière de 61,93  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  durant la période étudiée Lundi 30 mars 2015 au dimanche 19 avril 2015.

Nous constatons que les concentrations en PM10 au sein de l'entreprise dépassent les normes établies par la réglementation algérienne et européenne qui estime que la moyenne annuelle devrait s'estimer à 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  PM10 pour l'Algérie et à 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  PM10 pour l'Europe [3].

Cette augmentation est due à l'accumulation des matières primaires comme les charges, les pigments, les liants et les solvants utilisés dans la fabrication de la peinture qui sont sous forme de fines particules insolubles dans le milieu de suspension et cette accumulation est due au manque de ventilation dans la salle de fabrication.

### III.1.2. Les conditions météorologiques

#### III.1.2.1. L'influence de l'humidité

Les concentrations moyennes sont partout significativement plus élevées quand l'air est sec et baissent avec l'accroissement de l'humidité de l'air.

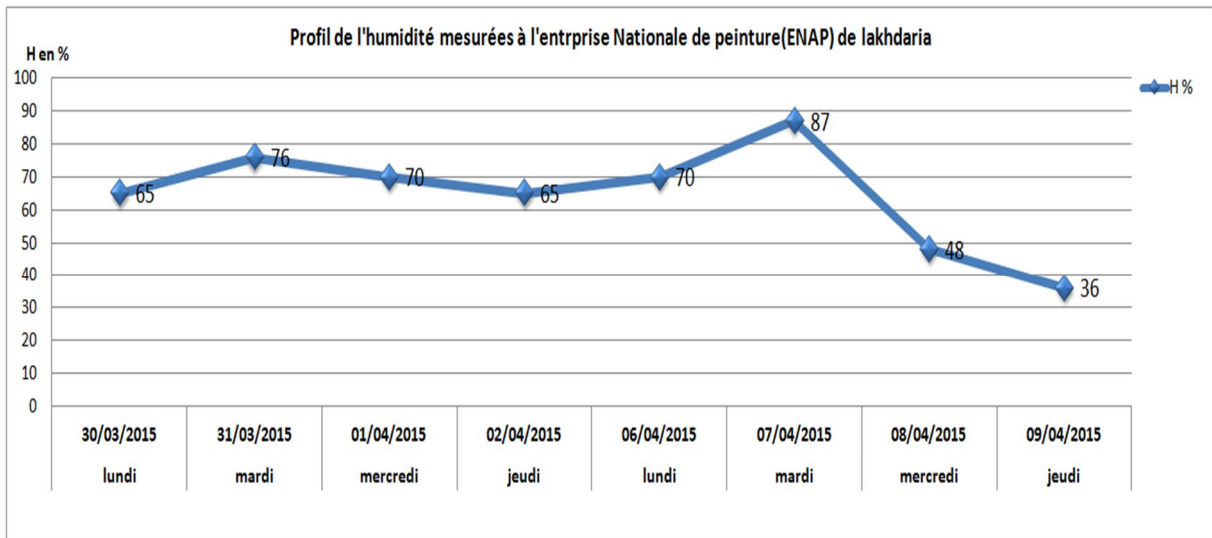


Fig.III.3. variation de l'humidité (ENAP lakhdaria).

L'humidité varie de jour en jour avec une moyenne journalière de **64,625 %**, l'augmentation de l'humidité avec la condition favorable (augmentation de la pression) la vapeur d'eau se condense sur les particules qui permettent l'augmentation de leur poids et quand elles se saturent à cause d'un excès de vapeur d'eau cela engendre en suite leurs chute vers le sol grâce à la gravité, alors les concentrations des polluants vont être diminuées. (Les particules comportent une partie hydrophobe et l'autre hydrophile).

### III.1.2.2.L'influence de la Température

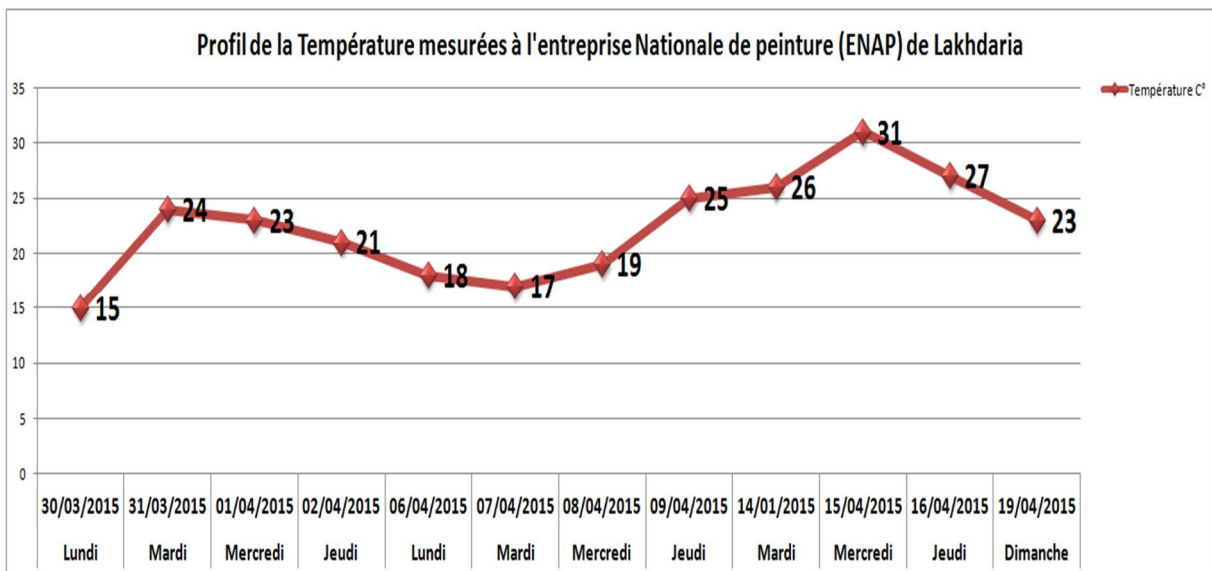
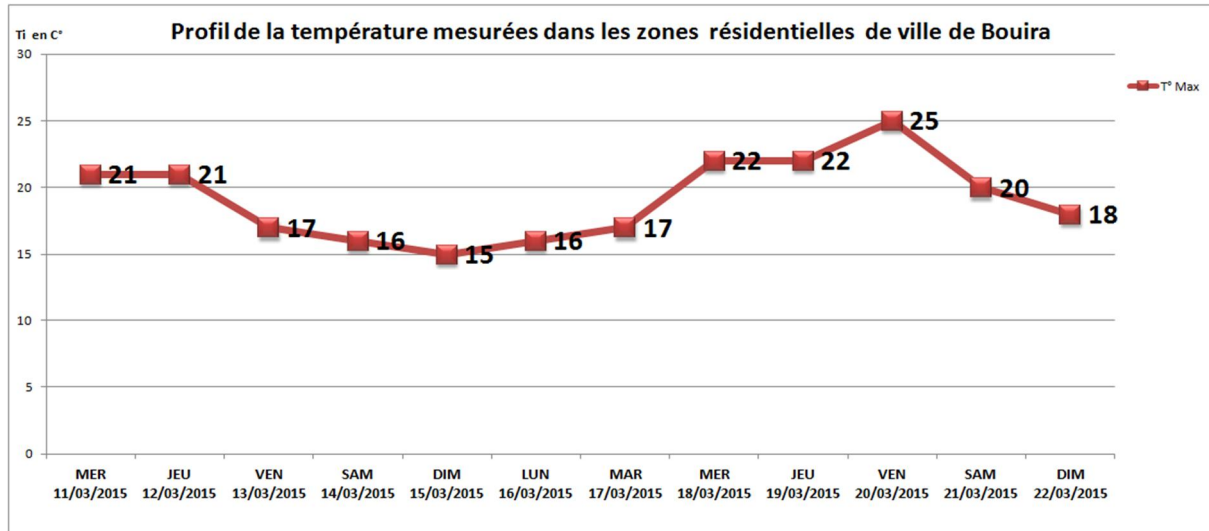


Fig.III.4. variation de la température (ENAP lakhdaria).

La température varie de jour en jour avec une moyenne journalière de **22,41°C**, Lors que la température est élevée dans la salle de production les particules se dispersent parce qu'elles ont reçues une énergie qui leurs permet de s'éloigner mais si la température chute les particules se rapprochent, il ya donc un transfère d'énergie des particules vers le milieu ce qui

explique la coagulation de ces dernières car elles se comportent dans l'atmosphère comme des molécules, donc il y a fréquemment des collisions entre elles ainsi qu'avec des molécules de gaz. Suite à la rapide coagulation la durée de vie de ces aérosols est de quelques heures et cela cause la diminution de la concentration dans la salle de fabrication.



**Fig.III.5.**variation de la température mesurée dans la ville de Bouira.

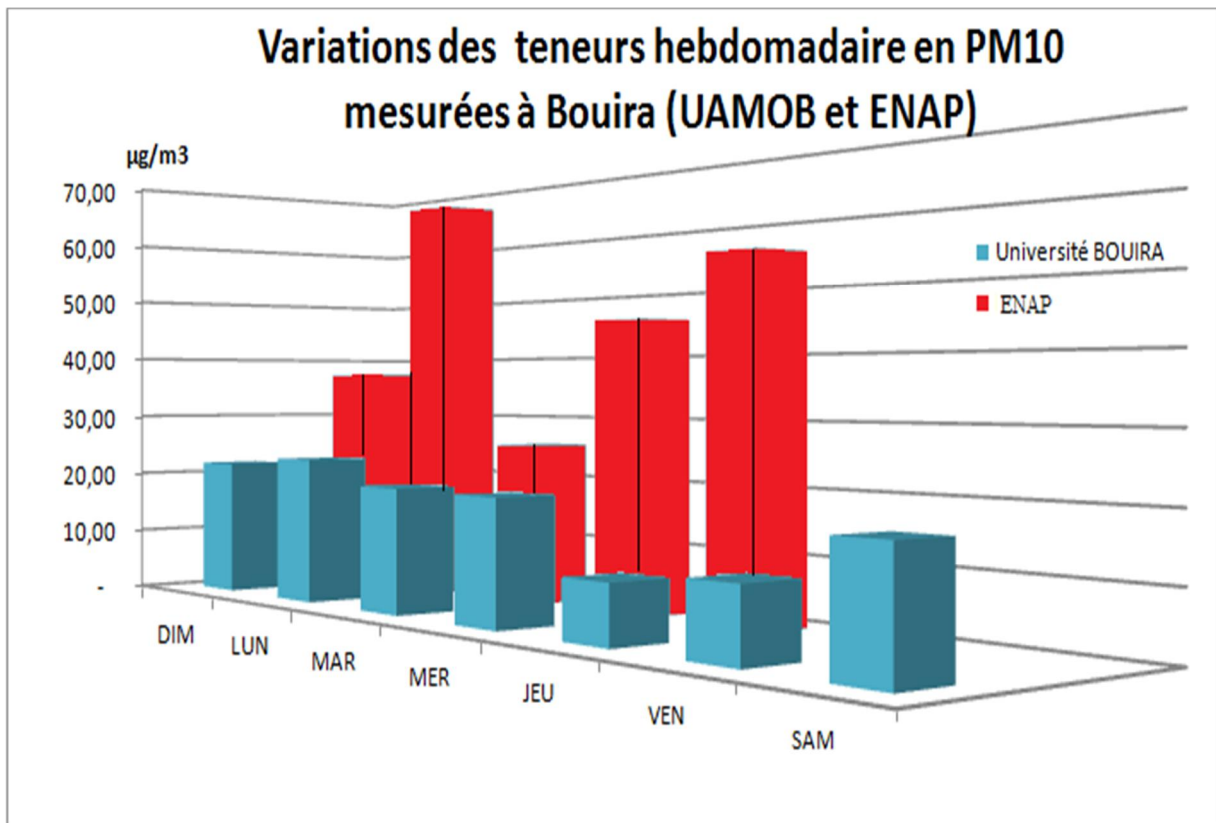
La température varie de jour en jour avec une moyenne journalière de **19 °C**, on dit que lors que la T° augmente les particules se dispersent en prenant l'exemple sur les particules de charbons qu'on a pu trouver dans les analyses quantitatives et qualitatives.

### **III.1.3.Comparaison entre les teneurs hebdomadaires en PM10 dans une zone résidentielle (L'université de Bouira) et la zone industrielle (ENAP Lakhdaria)**

Les variations des teneurs hebdomadaires en PM10 mesurées dans des différents sites dans la wilaya de Bouira sont représentées dans la figure.III.6.

Nous remarquons que l'ENAP est caractérisée par une forte concentration en PM10, avec une moyenne de  $45,89 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en suite vient l'université de Bouira, considérée comme une zone résidentielle avec une moyenne hebdomadaire de  $17,23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , cette moyenne obtenue respecte les normes établies par OMS qui estime que la moyenne des PM10 ne doit pas dépassée  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  [4].

Nous constatons que la concentration en PM10 de ENAP est trois fois supérieure à celle mesurée à l'université de Bouira.



**Fig.III.6.** Variations des teneurs hebdomadaire en PM10 mesurée dans la wilaya de Bouira.

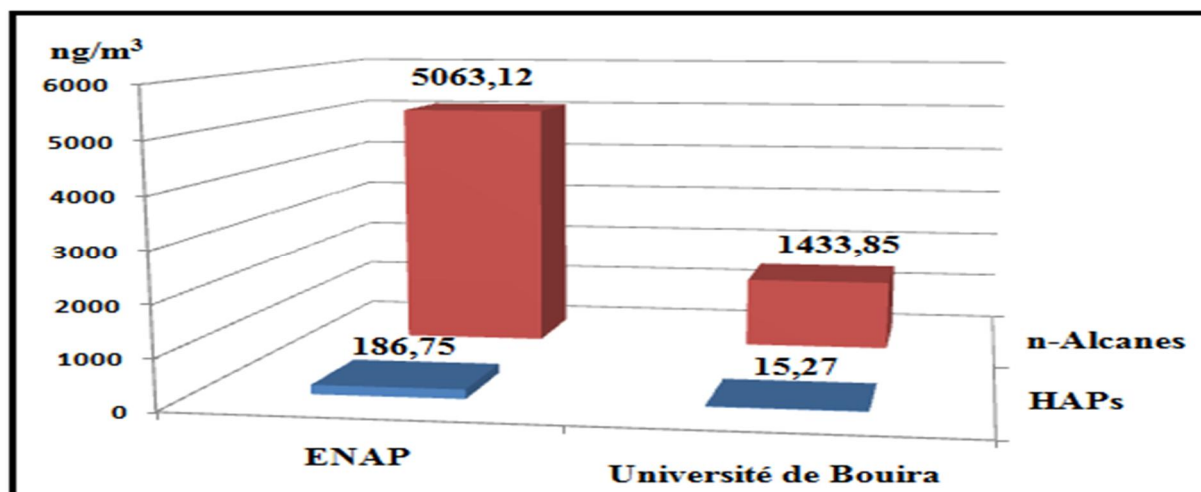
## Partie II : Analyse qualitative et quantitative des HAPs et n-alcanes

### 1. Teneurs des *n*-alcanes et HAPs dans un site résidentiel (Université de Bouira), un site industriel (Entreprise Nationale des Peintures ENAP)

L'analyse effectuée sur plus de 30 échantillons d'aérosols PM10 dans un site résidentiel à l'université de Bouira et dans un site industriel à l'Entreprise Nationale de Peinture ENAP a permis l'identification et la quantification de 43 composés organiques (27 *n*-alcanes et 16 HAPs) durant la période Mars-Avril 2015. Le Tableau III.3 et III.5 récapitule les tenures totales enregistrées dans les deux sites (la concentration totale est définie comme étant la somme de tous les composés organiques identifiés pour chaque famille). La teneur totale en masse allant de 1433,85 ng/m<sup>3</sup> à 5063,12 ng/m<sup>3</sup>, est la somme des composés organiques quantifiés appartenant aux fractions étudiées. Ainsi, les profils de distribution de concentrations totales des aérosols organiques dans l'atmosphère de l'université de Bouira et ENAP sont représentés dans la Fig.III.7.

**Tableau III.2.** Teneurs moyennes journalières ( $\text{ng}/\text{m}^3$ ) des *n*-alcanes et HAPs enregistrées à l'université de Bouira et ENAP, Mars-Avril 2015.

Classes de composés	Université de Bouira	ENAP
n-Alcanes	1433,85	5063,12
HAPs	15,27	186,75
Total	1449,12	5249,87



**Fig.III. 7.** distribution des concentrations totales des aérosols organiques dans l'atmosphère de Lakhdaria et de Bouira.

## 2. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques HAPs

Les HAPs constituent dans l'environnement la classe des composés organiques particulières, très probablement la plus étudiée. Bien que des processus de formation naturelle par diagenèse aient été mis en évidence [5].

les HAPs présents dans l'atmosphère sont formés au cours de combustions incomplètes ou de pyrosynthèses de matière organique. Ils sont donc issus très majoritairement des combustions des dérivés du pétrole, du charbon et du gaz [6].

L'analyse quantitative des HAPs nous a permis d'atteindre les concentrations moyennes et individuelles en  $\text{ng}/\text{m}^3$  des HAPs pour notre échantillonnage. De plus, les concentrations totales des HAPs ainsi que les valeurs de quelques rapports importants pour déterminer la source de la pollution ont été également mesurés.



**Tableau.III.3.**Concentrations moyennes individuelles (ng/m<sup>3</sup>) des HAPs identifiés.

<b>Compounds</b>	<b>ENAP</b>	<b>UAMOB</b>
<b>Naphtalène</b>	76,72	6,92
<b>Acénaphtylène</b>	n.d.	0,26
<b>Acénaphène</b>	1,80	0,09
<b>Fluorène</b>	7,05	0,32
<b>Phénanthrène</b>	48,73	0,15
<b>Anthracène</b>	7,79	0,18
<b>Fluoranthène</b>	8,20	0,15
<b>Pyrène</b>	8,92	0,23
<b>Chrysène</b>	2,64	5,65
<b>Benzo[b] Fluoranthène</b>	0,69	0,07
<b>Benzo[j] Fluoranthène</b>	0,36	0,05
<b>Benzo[k] Fluoranthène</b>	0,33	0,04
<b>Benzo[e]pyrène</b>	4,82	0,55
<b>Benzo[a]pyrène</b>	1,01	0,09
<b>Pérylène</b>	13,39	0,4
<b>Indéno (1, 2,3-cd) pyrène</b>	n.d.	0,02
<b>Dibenzo [a,h] anthracène</b>	2,53	0,05
<b>Benzo[g,h,i] Pérylène</b>	n.d.	0,01
<b>Coronène</b>	1,77	0,05
<b>totale HAPs</b>	186,75	15,27
<b>CHAP</b>	77,98	6,52
<b>Phe/(Phe+Ant)</b>	0,86	0,45
<b>FIA/(FIA+Pyr)</b>	0,48	0,39
<b>BaP/(BaP+Chr)</b>	0,28	0,01
<b>BaP/(BaP+BeP)</b>	0,17	0,14
<b>BaPE</b>	2,63	0,13
<b>CHAP/THAP</b>	0,42	0,43

**Tableau.III.4.**Rapports diagnostiques des sources d'émission des HAPs.

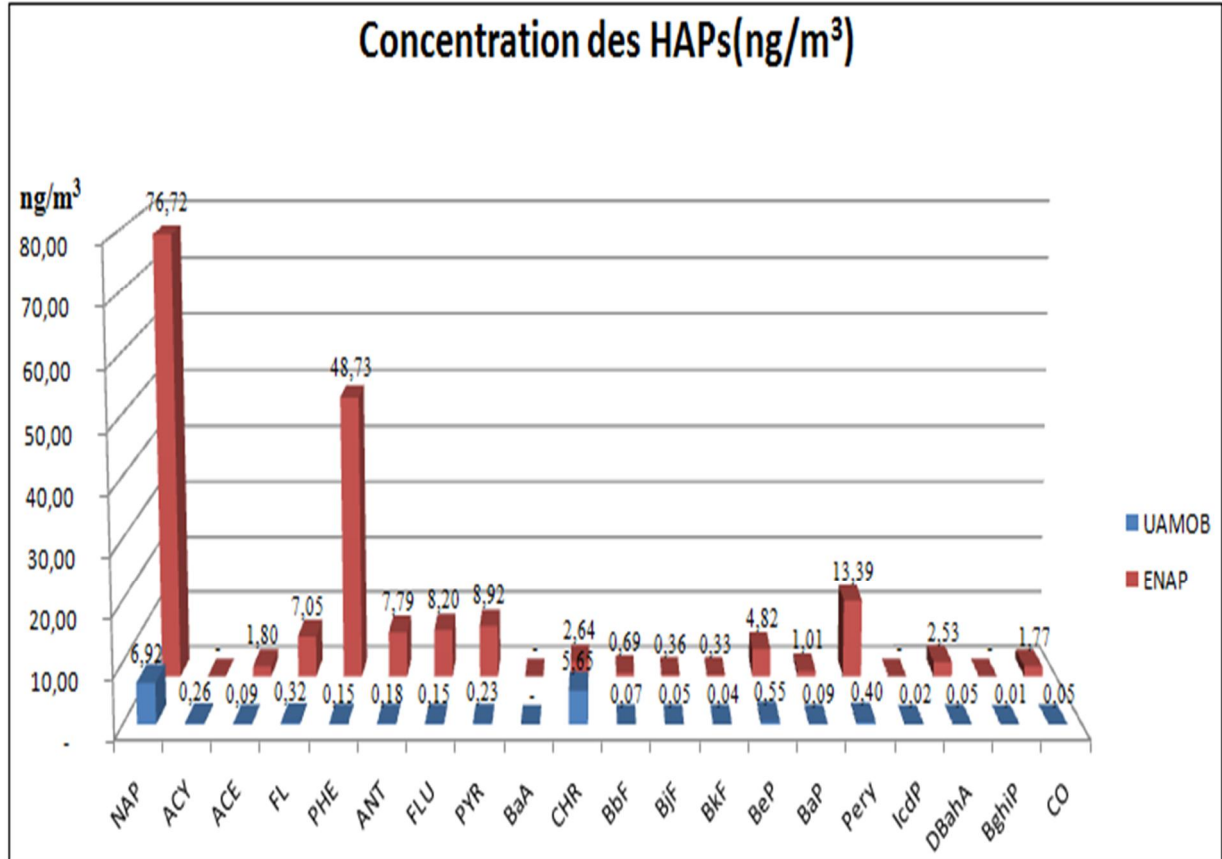
Rapport diagnostique	Sources d'émissions	Valeur de ce rapport	Valeur à l'ENAP	Valeur à UAMOB	Réf
<b>PHE / (PHE+ANT)</b>	Emission Pétro génique	< 0.7		0,45	[7]
	Combustion de biomasse	> 0.7	0,86		
<b>BaP/(BaP+BeP)</b>	Aérosols frais	~0.5			[8]
	Masse d'air âgée	~0	0,17	0,14	
<b>C<sub>HAPs</sub> / T<sub>HAPs</sub></b>	Camions et engins utilise le diesel	0.30			[9,10]
	Véhicule sans pot catalytique	0.41	0,42	0,43	
	Véhicule avec pot catalytique	0.51			
	Combustion de charbon	0.8~0.9			

Le rapport phénanthrène/(Phénanthrène+Anthracène) ( $[Phe]/([Phe] + [Ant])$ ) a été employé pour distinguer les émissions pétrogéniques de celles issues de la combustion des biomasses [7]. Pour nos échantillons, ce rapport a atteint 0,86 à ENAP de Lakhdaria et 0,45 à l'université de Bouira, ce qui signifie que ces HAPs sont essentiellement émis par la combustion des combustibles fossiles à ENAP alors que les émissions pétrogénique prédominant dans l'université de Bouira.

Le Benzo[e]pyrène (BeP) et le Benzo[a]pyrène (BaP) n'étant pas indicateurs spécifiques de sources et sont émis dans l'air avec un même ratio (1:1) pour plusieurs types de combustion. Le BeP est très stable contrairement au BaP qui est l'un des polluants les plus réactifs en phase particulaire; il y a alors modification du rapport  $[BaP]/([BaP] + [BeP])$  en s'éloignant de la source d'émission. En effet, BaP est enclin à la décomposition induite par la lumière solaire ainsi que par les oxydants. Ainsi, ce rapport peut être pris comme indice de vieillissement des particules en suspension dans l'air, la valeur de  $[BaP]/([BaP] + [BeP]) \sim 0$  indique que la masse d'air est âgée [8]. Pour les deux sites étudiés, ce rapport est dans l'ordre de  $0,15 \pm 0,05$  ce qui indique qu'une légère dégradation photochimique s'était produite.

Rogge et al. [5] ont proposé un rapport mettant en jeu la somme de neuf (9) HAPs non alkylés (CHAPs) issus principalement de la combustion (Le phénanthrène [PHE], l'anthracène [ANT], le fluoranthène [FA], le pyrène [PY], le benzo(a)anthracène [BaAN], le chrysène [CHR], le benzo(b)fluoranthène [BbFA], le benzo(e)pyrène [BaPY] et le benzo(ghi)perylène [BPE]) et la concentration totale des HAPs (CPAHs/TPAHs). Le rôle de ce rapport est de distinguer entre les particules issues des camions et engins utilisant le diesel (0,30), les véhicules sans pot catalytique (0,41) et les véhicules avec pot catalytique (0,51) [10].

Les valeurs de [CPAHs]/[TPAHs] avoisinant les 0,8 - 0,9 pour différencier les particules issues de la combustion de charbon. Les valeurs de ce rapport calculées pour l'aérosol de Bouira sont égales à  $0,42 \pm 0,01$  pour les deux sites, indiquant que les automobiles non équipées de pot catalytique sont les sources les plus importantes des HAPs [9].



**Fig.III.8.** Concentrations moyennes journalières des HAPs ( $\text{ng/m}^3$ ) mesurées à l'ENAP et à l'UAMOB.

### 3. Analyse qualitative et quantitative des *n*-alcanes

vingt-sept *n*-alcanes à chaîne linéaire allant de  $C_{11}$  à  $C_{37}$  contenus dans l'aérosol atmosphérique de l'université de Bouira et ENAP de Lakhdaria ont pu être identifiés et quantifiés. Les teneurs moyennes des *n*-alcanes individuels sont rapportées dans le Tableau III.5.

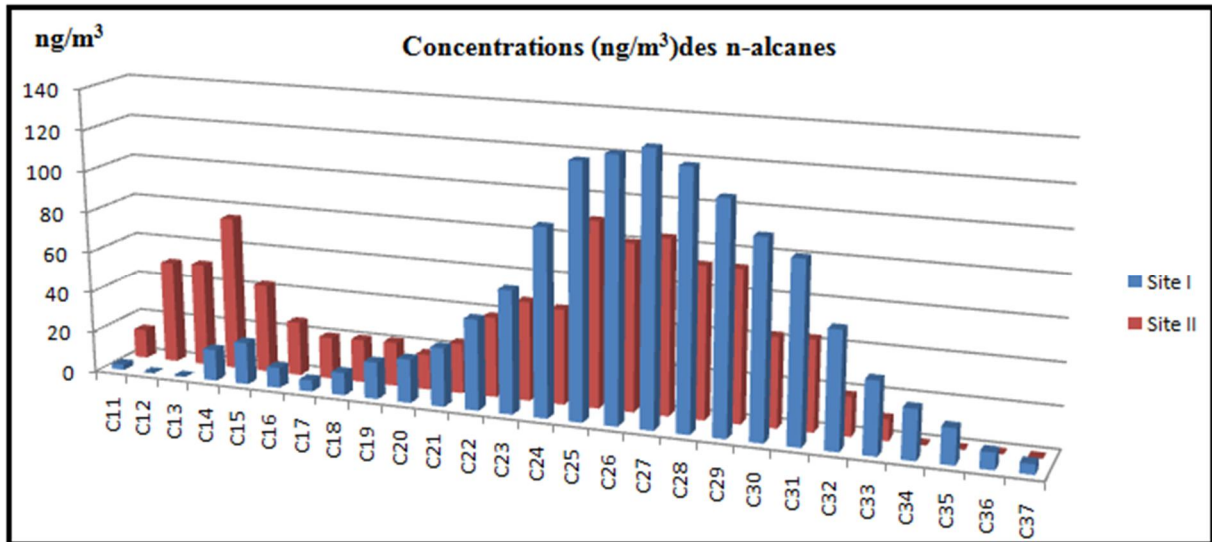
Les concentrations totales de ces polluants variaient de 2,9 à  $148,33 \text{ ng/m}^3$  à l'université de Bouira et de 0,88 à  $449 \text{ ng/m}^3$  à ENAP de Lakhdaria. On enregistre une nette augmentation des concentrations à ENAP de Lakhdaria (plus de 3 fois que l'université de Bouira), la diminution d'une source majoritaire dans le dernier site pourrait justifier cette différence.

Tableau .III.5. Concentrations (ng/m<sup>3</sup>) des n-alcanes.

Composés	Symbole	UAMOB (ng/m <sup>3</sup> )	ENAP (ng/m <sup>3</sup> )
Undécane	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	2,90	70,65
Dodécane	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	0,00	251,12
Tridécane	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	0,00	253,96
Tétradécane	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	17,33	377,13
Pentadécane	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	23,36	216,01
Héxadécane	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	11,23	131,35
Héptadécane	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub>	6,25	101,47
Octadécane	C <sub>18</sub> H <sub>38</sub>	12,49	103,91
Nonadécane	C <sub>19</sub> H <sub>40</sub>	20,33	106,35
Eicosane	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>	23,96	85,21
Héneicosane	C <sub>21</sub> H <sub>44</sub>	32,25	120,48
Docosane	C <sub>22</sub> H <sub>46</sub>	49,70	193,06
Tricosane	C <sub>23</sub> H <sub>48</sub>	67,36	239,20
Tétracosane	C <sub>24</sub> H <sub>50</sub>	103,09	228,90
Péntacosane	C <sub>25</sub> H <sub>52</sub>	138,81	449,10
Héxacosane	C <sub>26</sub> H <sub>54</sub>	143,57	403,27
Héptacosane	C <sub>27</sub> H <sub>56</sub>	148,33	422,19
Octacosane	C <sub>28</sub> H <sub>58</sub>	140,27	366,14
Nonacosane	C <sub>29</sub> H <sub>60</sub>	125,69	366,15
Triacontane	C <sub>30</sub> H <sub>62</sub>	107,68	214,92
Héntriacontane	C <sub>31</sub> H <sub>64</sub>	98,28	217,17
Dotriacontane	C <sub>32</sub> H <sub>66</sub>	63,55	93,59
Tritriacontane	C <sub>33</sub> H <sub>68</sub>	39,47	50,92
Tétratriacontane	C <sub>34</sub> H <sub>70</sub>	27,03	0,88
Péntatriacontane	C <sub>35</sub> H <sub>72</sub>	19,34	0
Héxatriacontane	C <sub>36</sub> H <sub>74</sub>	9,12	0
Héptatriacontane	C <sub>37</sub> H <sub>76</sub>	5,47	0
<b>Total</b>		1436,85	5063,12
<b>Cmax</b>		C <sub>27</sub>	C <sub>25</sub>
<b>CPI<sub>1</sub></b>		1,02	1,14
<b>CPI<sub>2</sub></b>		1,32	1,37
<b>CPI<sub>3</sub></b>		1,18	1,40
<b>WAN%</b>		3,68	/

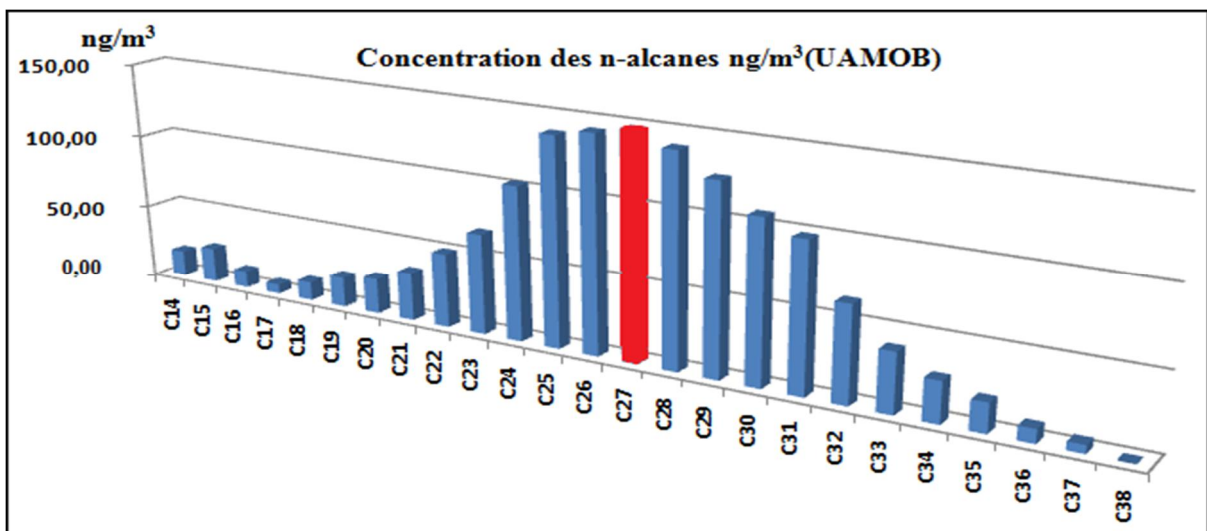
### Chapitre III : Résultat et discussion

L'histogramme représenté dans la Fig.III.9 montre que les mêmes profils de distribution des hydrocarbures aliphatiques dans les deux sites d'échantillonnage ont été obtenus ce qui implique que ces polluants sont introduits dans l'atmosphère par les mêmes sources d'émission.

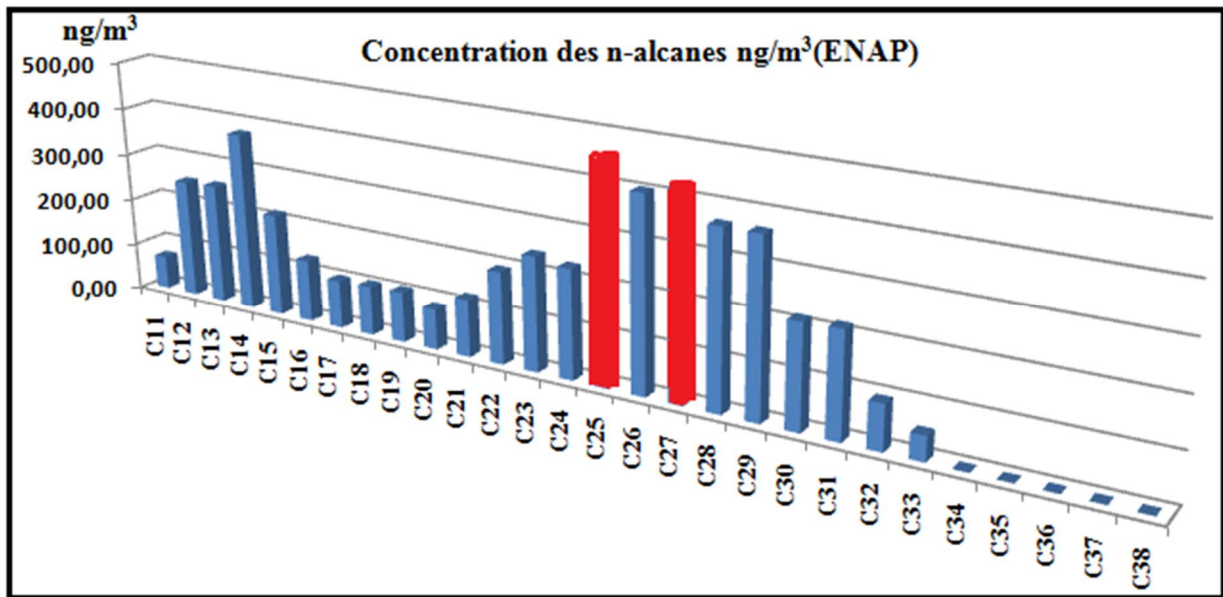


**Fig.III.9.** Concentrations moyennes journalières des n-alcanes ( $\text{ng/m}^3$ ) mesurées à l'ENAP et à l'UAMOB.

Les plus hauts niveaux ont été atteints par le  $n\text{-C}_{25}$  et  $n\text{-C}_{27}$  à ENAP de Lakhdaria ( $449,10 \text{ ng/m}^3$  et  $422,19 \text{ ng/m}^3$ , respectivement) et par le  $n\text{-C}_{27}$  à l'université de Bouira ( $148,33 \text{ ng/m}^3$ ). L'abondance du  $n\text{-C}_{25}$  et  $n\text{-C}_{27}$  dans l'atmosphère montre l'apport important de la source anthropogénique générée essentiellement par les émissions véhiculaires. Ces polluants primaires ne sont pas spécifiques à une source unique. Ils sont émis par toutes les sources, qu'elles soient naturelles ou anthropogéniques.



**Fig.III.10.** Distribution des n-alcanes ( $\text{ng/m}^3$ ) à l'UAMOB.

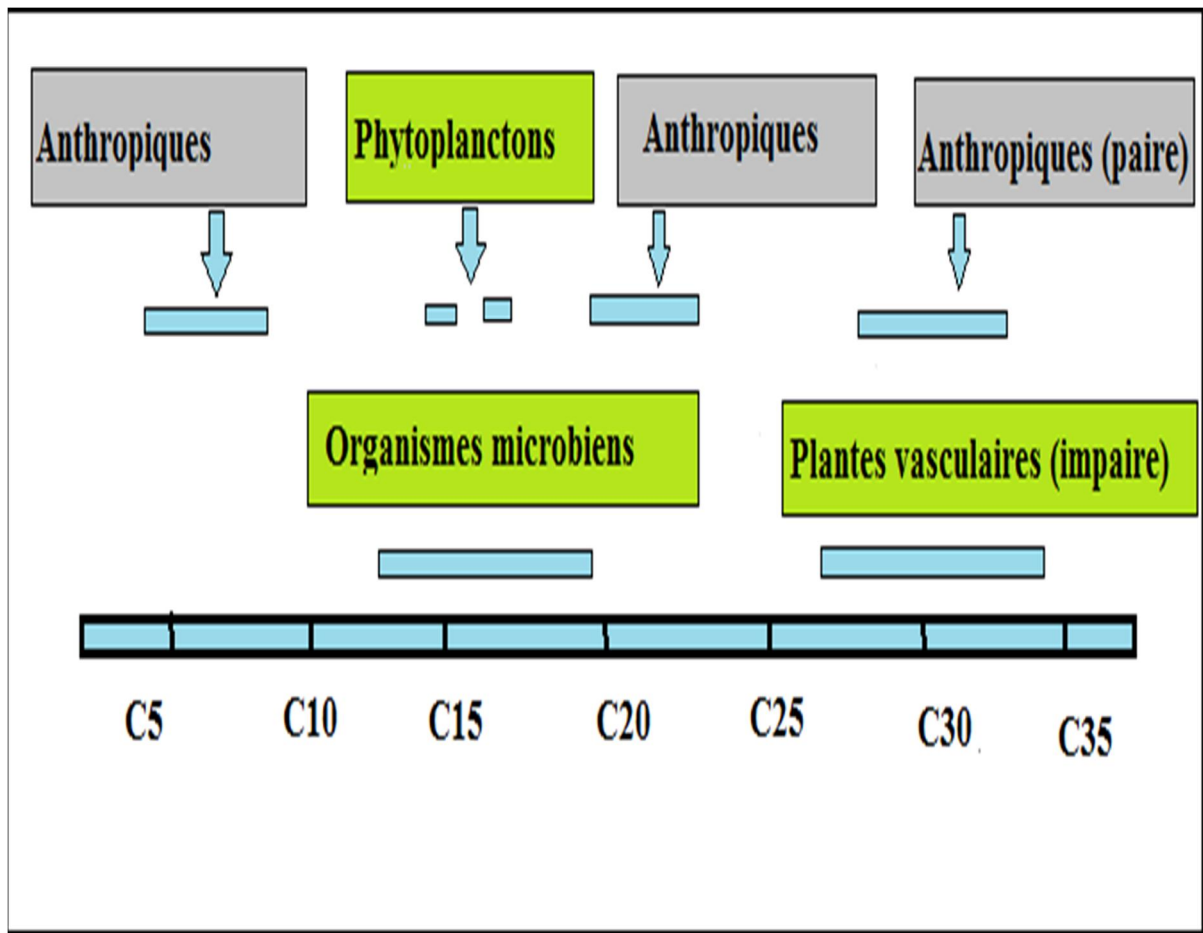


**Fig.III.11.**Distribution des n-alcanes ( $\text{ng/m}^3$ ) à l'ENAP.

Les niveaux des *n*-alcanes mesurée à ENAP de Lakhdaria sont nettement plus élevés que ceux enregistrés précédemment à Alger centre en 1998 ( $14\text{-}92 \text{ ng/m}^3$ ) [11] et dans la zone industrielles de Prato en Italie ( $37\text{-}205 \text{ ng/ m}^3$ ) [12]. Ils sont, toutefois, de même ordre de grandeur que ceux trouvés à New Delhi (Inde) ( $138\text{-}598 \text{ ng/ m}^3$ ) [13]. Et à Qingdao (Chine) ( $53\text{-}371 \text{ ng/ m}^3$ ). [14]

### 3.1. L'indice de carbone préférence CPI (Carbone Préférence Index)

Les n-alcanes issus de processus biogéniques présentent généralement une prédominance des n-C possédant un nombre impair de carbone (Figure III.8). Ainsi, les n-alcanes n-C<sub>23</sub>, n-C<sub>25</sub>, n-C<sub>27</sub>, n-C<sub>29</sub> et n-C<sub>31</sub> sont des constituants majeurs des cires des végétaux supérieurs terrestres tandis que les n-alcanes les plus abondants dans le phytoplancton sont généralement les n-C<sub>15</sub>, n-C<sub>17</sub>, n-C<sub>19</sub> et n-C<sub>21</sub> [15].



**Fig.III.12.** zones des n-alcanes majoritaires pour divers types de sources.

Le nombre de carbones contenu dans les n-alcanes détectés dans cette étude s'est principalement étendu de C<sub>11</sub> à C<sub>37</sub> pour l'UAMOB, et de C<sub>11</sub> à C<sub>34</sub> pour l'ENAP (on montre certaines des distributions représentatives dans les figures (III.10 et III.11). Il a été rapporté qu'un C<sub>max</sub> dans la gamme de C<sub>27</sub> à C<sub>33</sub> est caractéristique de sources de biogénique (la cire d'usine de plante) tandis qu'un C<sub>max</sub> aux nombres de carbones inférieurs ou égal peut indiquer un rapport majeur de la source pétrogénique [16].

Le CPI (Carbone Préférence Index) est un indicateur aliphatique très utilisé à fin de comprendre l'influence relative des sources naturelles et anthropiques. Il correspond au rapport entre les hydrocarbures aliphatiques dont le nombre de carbones de la chaîne carbonée est impair et les mêmes hydrocarbures dont le nombre de carbones de la chaîne carbonée est pair [17].

Le CPI pour les n-alcanes est calculé selon les formules de l'équation (1), (2) et (3) :

- Série intégrale pour les n-alcanes :  $CPI_1 = \frac{\sum (C_{17}-C_{35})}{\sum (C_{16}-C_{34})} \dots\dots\dots(1)$

- Les n-alcanes pétrogéniques :  $CPI_2 = \frac{\sum (C_{17}-C_{25})}{\sum (C_{16}-C_{24})} \dots\dots\dots(2)$

- Les n-alcanes biogéniques :  $CPI_3 = \frac{\sum (C_{25}-C_{35})}{\sum (C_{24}-C_{34})} \dots\dots\dots(3)$

Pour une source typiquement végétale, le CPI est de l'ordre de 6-8 [18].



En revanche, les alcanes identifiés pour les produits pétroliers ne montrent aucune parité particulière et CPI est proche de 1 [19].

Le calcul du  $CPI_1$  au cours de cette étude a donné des valeurs très proches de 1 (1,02 pour l'UAMOB, et 1,14 pour l'ENAP) ce qui confirme le caractère anthropogénique de la source d'émission.

La valeur de  $CPI_2$  pour les hydrocarbures pétrogéniques est de (1,32 pour l'UAMOB, et 1,37 pour l'ENAP), cela indique que les émissions des activités pétrogéniques sont plus importantes que les émissions des plantes terrestre, ce qui explique la présence d'UCM (Unresolved Complex Mixture) lié aux combustions incomplètes du pétrole et essentiellement les émissions véhiculaires.

La valeur du  $CPI_3$  pour les *n*-alcanes biogéniques est de (1,18 pour l'UAMOB, et 1,40 pour l'ENAP) ce qui montre que la contribution biogénique générée par les émissions des arbres est très faible comparé à la pollution due à la circulation automobile.

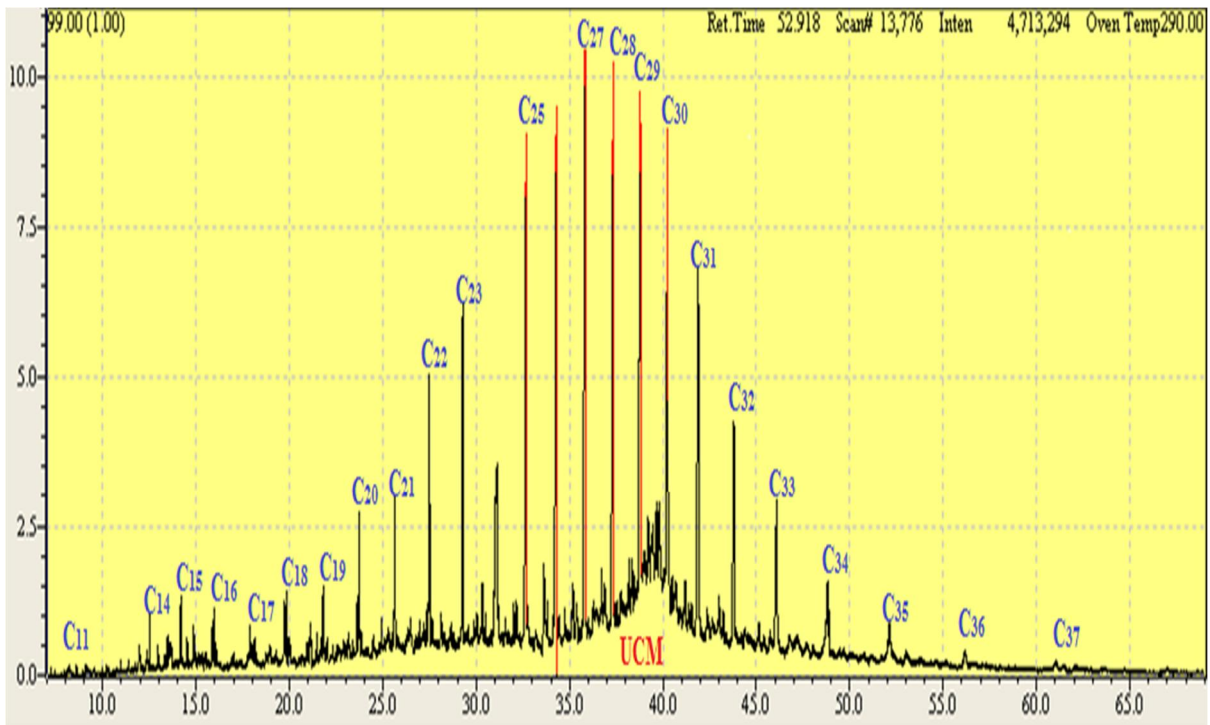
#### **3.2. Le mélange complexe non résolu Unresolved Complex Mixture (UCM)**

La chromatographie gazeuse couplée au spectrophotomètre de masse ne résout pas et n'identifie donc pas une proportion substantielle des hydrocarbures présents dans les échantillons. On fait référence à l'ensemble de ces composés sous le nom d'un mélange complexe non résolu ou bien UCM [20].

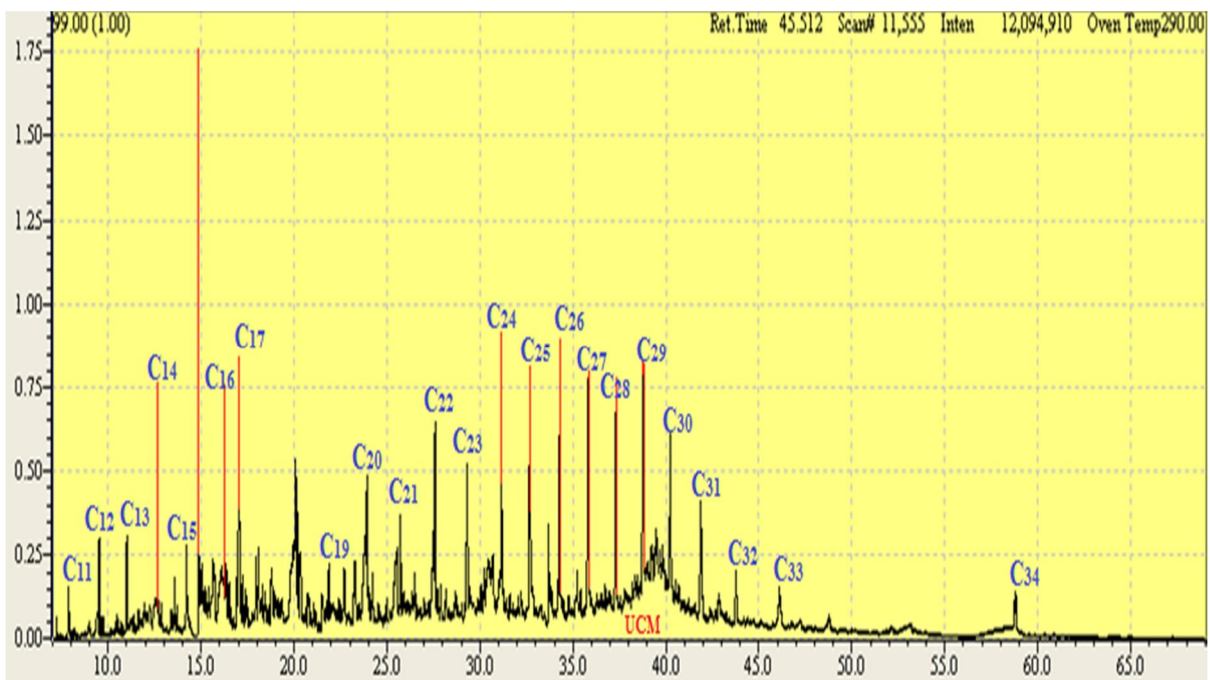
L'UCM est un moyen de distinction des échantillons biologiques et pétroliers. En effet, les chromatogrammes des hydrocarbures biologiques sont caractérisés par l'absence de bosse, alors que, pour les échantillons d'origine pétrolière, on note la présence d'une bosse [21] dans les Figures (III.13 et 14).

La bosse peut avoir une aire variable en fonction de l'origine de l'échantillon.

La présence des *n*-alcanes dans l'aérosol de l'université de Bouira avec un UCM et un  $C_{max}$  à  $C_{27}$  et  $C_{25}$  nous permet de distinguer la contribution de la source Anthropogénique. Puisqu'il s'agit de combustion de produits pétroliers on peut conclure que ces polluants particuliers proviennent essentiellement de sources Pétrogéniques.



**Fig. III.13.** Chromatogramme des *n*-alcanes particuliers présents dans l'atmosphère de l'UAMO Bouira Mars-2015.



**Fig. III.14.** Chromatogramme des *n*-alcanes particuliers présents dans l'atmosphère de L'ENAP Mars-Avril 2015

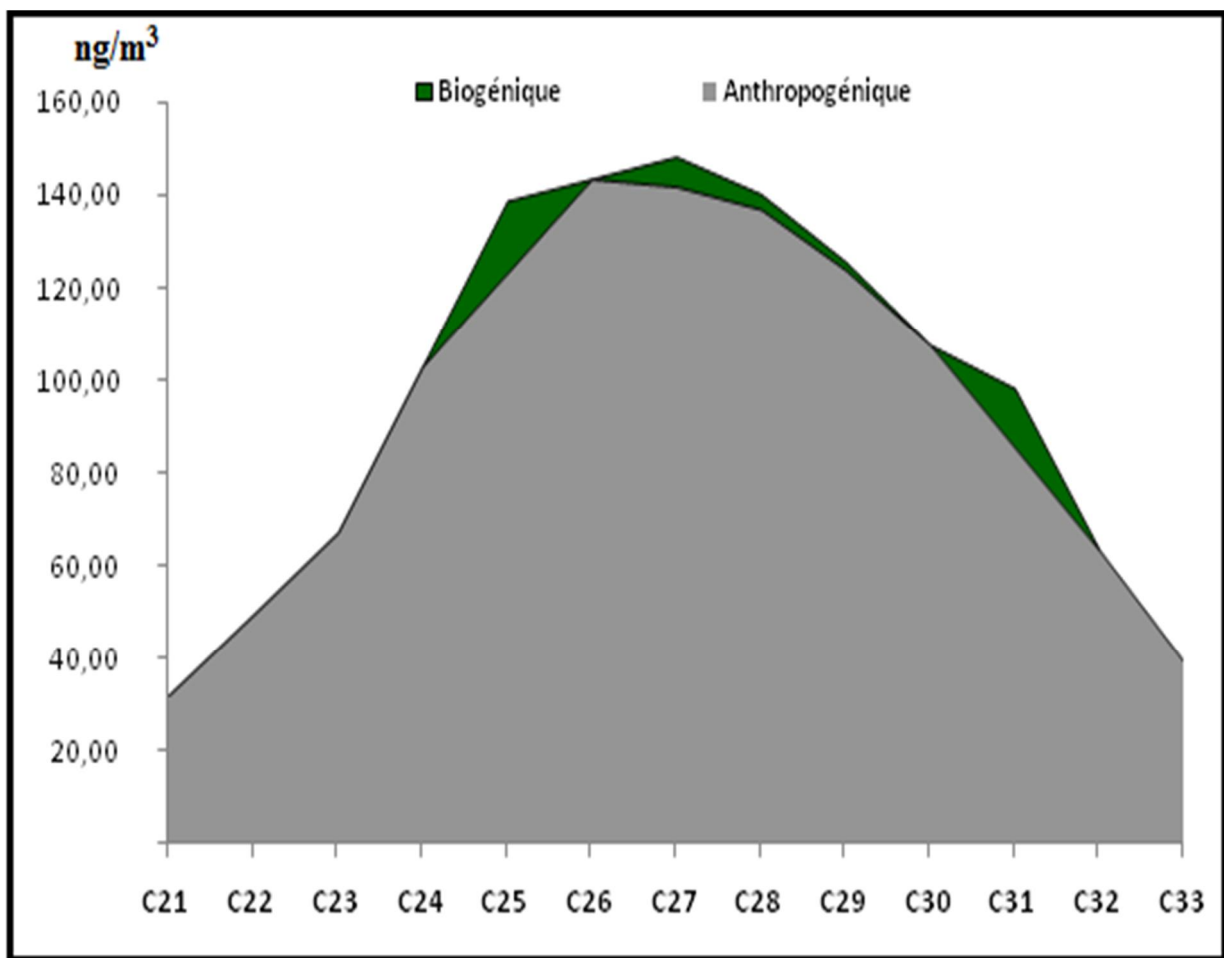
### 3.3. La concentration de l'alcane biogénique WAX :

Un autre outil permettant de quantifier l'apport de cires végétales à la concentration totale des *n*-alcanes a été utilisé lors de cette étude, il s'agit de la concentration de l'alcane

biogénique (wax- $C_n$ ). Elle est représentée par l'équation (2) [22-23]. Les valeurs de wax  $C_n$  négatives sont considérées comme des valeurs nulles.

$$WAX(C_n) = [C_n] - 0.5 \times ([C_{n+1}] + [C_{n-1}]) \dots \dots \dots (2)$$

Les concentrations moyennes des  $n$ -alcanes provenant des cires végétales sont illustrées dans la Fig.III.15. Une nette prépondérance de l'apport anthropique peut être décelée. En effet, la source biogénique contribue aux moyennes mensuelles de 3,62% à l'université de Bouira dans les PM10. Le pentacosane ( $n$ - $C_{25}$ ), le héntriacontane ( $n$ - $C_{31}$ ) et le héptacosane ( $n$ - $C_{27}$ ) sont les  $n$ -alcanes majoritaires de la cire végétale et leurs contributions sont estimées à 15,5%, 12,67% et 6,41%, respectivement dans les PM10.



**Fig. III. 15.** Contributions des alcanes d'origine végétale à l'université de Bouira Mars 2015.

La combinaison du CPI et du WAX confirme que les hydrocarbures contenus dans la matière particulière (PM10) collectée à l'université de Bouira sont émis par une source anthropogénique. Ce résultat est en accord avec l'importance du trafic routier et les travaux industriel au niveau de ce site.

En conclusion, le tableau III.6 regroupe quelque ratios et leurs sources de contamination du site étudié.

**Tableau.III.6.**Les ratios et leur sources de contamination.

Rapport diagnostique	Gamme de valeur	Sources	Notre travail	Références
<b>Cmax</b>	$C_{27} < C < C_{33}$	biogénique	-	[16]
	$C \leq C_{27}$	pétrogénique	X	
<b>CPI</b>	Proche de 1	pétrogénique	X	[17]
	6~8	biogénique	-	

**Tableau.III.6.**Les ratios et leur sources de contamination.

#### Référence :

- [1] Khedidji S., Ladjji R., Yassaa N  
Variation journalière des particules (PM10 et TSP) en suspension dans l'atmosphère algéroise. Congrès International sur les Matériaux et l'Environnement. 05-07 Octobre 2010, Alger .
- [2] Journal officiel de la République algérienne démocratique et populaire  
Décret N° 06- 02 du 7 janvier 2006 définissant les valeurs limites, les seuils d'alerte et les objectifs de qualité de l'air en cas de pollution atmosphérique (2006).
- [3] Journal officiel des Communautés européennes L 163/41, directive 1999/30/CE du 27 avril 1999, Bruxelles (1999).
- [4] WHO, Air quality guide line, Global update (2005), particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulphur dioxide, Genova.
- [5] Dachs J, Bayona J.M, Fowler S.W, Miquel J.C, Albaiges J  
Vertical fluxes of polycyclic aromatic hydrocarbons and organochlorides in the western alboran sea south-western Mediterranean.. Mar. Chem., 1996, 52:75-86.
- [6] Besombes J.L, Maitre.A, Patissier.O, Marchand.N, Chevron.N, Stoklov. M, Masclet P.Particulate PAHs observed in the surrounding of a municipal incinerator. Atmos. Environ., 2001, 35: 6093-6104.
- [7] Cecinato A. 1997 Annal Chim. 87, 483-496.
- [8] Cecinato A 1988 Fresenius Environ. Bull. 8, 586-594.
- [9] Cecinato A, Repetto M, Guerriero E, Allegrini I  
Levels and sources of polynuclear aromatic hydrocarbons in the Genoa-Cornigliano area, Proceedings of "Air Pollution VI", Genoa, 26-29 September. 1998.
- [10] Rogge W F, Hildemann L M, Mazurek M A, Cass G.R  
Environ. Sci. Technol. 27, 636–651 (1993).
- [11] Yassaa N., Meklati B. Y., Cecinato A., Marino F  
Environ. Sci. Technol. 35, 306-311 (2001).
- [12] Cincinelli A., Mandorlo S., Dickhut R. M., Lepri L  
Atmos. Environ 37, 3125–3133 (2003).
- [13] Sharma D. N., Sawant A.A., Uma R., Cocker D. R  
Atmos. Environ 37, 4317– 4323 (2003).
- [14] Guo Z. G., Sheng L. F., Feng J. L., Fang M  
Chin. Atmos. Environ 37, 1825–1834 (2003).
- [15] J.C. Colombo, E. Pelletier, C. Brochu et M. Khalil. (1989). Determination of

- hydrocarbon sources using n-alkane and polyaromatic hydrocarbon distribution indexes. Case study: Rio de la Plata estuary, Argentina. *Environmental Science and Technology*, 23: 888-894.
- [16] A. Gogou, N. tratigakis, M. Kanakidou and E.G. Stephanou  
Organic aerosols in Eastern Mediterranean: components source reconciliation by sing molecular markers and atmospheric back trajectories, *Organic Geochemistry*, 25: 79–96 (1996).
- [17] I.G. Kavouras et al  
*Atmosphérique Environnement*, 1999, 33, 4977-4986.
- [18] J.J. Schauer, M.J. Kleeman, G.R. Cass et B.R.T. Simoneit  
*Environ. Sci. Technol.*, 2002, 36, 1169-1180.
- [19] B.R.T. Simoneit  
*Atmos Environ.*, 2002, 36, 4563-4567.
- [20] M. A. Gough et S. Rowland Characterization of unresolved complex mixtures of hydrocarbons in petroleum. *Letters to Nature*, 344, 648-650 (1990).
- [21] Z. Wang, M. Fingas et D.S. Page. (1999). Oil spill identification. *Journal of Chromatography A*, 843: 369-411.
- [22] Simoneit B. R. T. 1989 *J. Atmos. Chem.* 8, 251-275.
- [23] Pio C. A., Alves C. A., Duarte A. C  
*Atmos. Environ.* 35, 1365-1375 (2001).

**CONCLUSION**

**GENERALE**



Ce travail constitue une suite des recherches entamées par notre laboratoire sur la connaissance de la composition chimique de l'aérosol atmosphérique de Bouira.

L'analyse qualitative et quantitative des *n*-alcanes et des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs) présents dans l'atmosphère d'un site urbain situé à Bouira (université colonel Akli Mohand Oulhadj). Nous avons aussi focalisé notre recherche sur la caractérisation de l'une des sources de pollution atmosphérique les plus importantes dans un site industriel, à savoir la peinture (ENAP lakhdaria).

Les analyses en chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC/MS) opérant en mode TIM et SIM des échantillons d'aérosols collectés à Bouira par l'échantillonneur à volume moyen (MVS) a permis l'identification et la quantification de plus de 43 composés organiques adsorbés sur des particules de diamètre interne inférieure à 10  $\mu\text{m}$  (PM10) (27 *n*-alcanes (C<sub>11</sub>-C<sub>37</sub>), 16 HAPs). L'évolution de ces polluants organiques a été suivie tout au long de la période allant de Mars à Avril 2015.

Les rapports diagnostiques de certains HAPs, les profils de distribution des *n*-alcanes ainsi que les valeurs de CPI, ont relevé l'importance des émissions véhiculaires comme étant une source principale dans l'atmosphère de Bouira. Le calcul du taux du wax des *n*-alcanes a révélé que la contribution biogénique issue des cires végétales n'excède pas les 12 % de la concentration totale de ces polluants dans l'aérosol de UAMO et celle de ENAP.

Enfin, nous tenons à signaler que le Benzo(a)pyrène, espèce reconnue cancérigène et/ou mutagène, a été positivement identifié et quantifié au cours de cette étude, ces résultats devraient inciter nos autorités à multiplier les efforts en matière de lutte contre la pollution atmosphérique, en améliorant le transport public, en réglementant les émissions automobiles et en organisant des campagnes de sensibilisation visant les effets nocifs du tabagisme sur la santé et l'environnement.