

N° Ordre/F.S.S.A/UAMOB/2024

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOAND OULHADJE-BOUIRA



Faculté des Sciences et des Sciences Appliquées
Département de Chimie

Mémoire de fin d'étude

Présenté par :

HAMIDI Louard

En vue de l'obtention du diplôme de **Master** en :

Filière : CHIMIE

Spécialité : CHIMIE DE L'ENVIRONNEMENT

Thème :

Impact des polluants particulaires sur la santé lors des activités sportives

Soutenu le : 08/07/2024

Devant le jury composé de :

HALEM Zohra	MCA	UAMOB	Président
KHEDIDJI Sidali	MCA	UAMOB	Encadreur
BERRICHE Lakhdar	MCB	UAMOB	Co-encadreur
AOUDJIT Farid	MCA	UAMOB	Examineur

Année Universitaire 2023/2024

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES

INTERCALAIRE

INTRODUCTION GENERALE 1

Chapitre I :

Généralités

I.1.	La pollution atmosphérique	3
I.1.1.	Historique	3
I.1.2.	Définition de la pollution de l'air	4
I.1.3.	Les principaux polluants	4
I.1.3.1.	Les polluants primaires	4
I.1.3.2.	Les polluants secondaires	6
I.1.4.	Réglementations	6
I.2.	Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs)	7
I.3.	Impact des polluants particulaires sur la santé	8
I.4.	Impact sur la visibilité	9
I.5.	L'échantillonnage des polluants particulaires	10
I.5.1.	L'échantillonnage actif (avec pompe)	10
I.5.2.	L'échantillonnage passif (sans pompe)	11
I.6.	Stockage des filtres	11
I.7.	Choix de type de filtre	11
I.8.	Analyse des polluants dans l'atmosphère	11
I.8.1.	Diffraction des rayons X (DRX)	12
I.8.2.	Principe de la méthode	12
I.8.3.	La chromatographie en phase gazeuse CPG	13
I.8.3.	Spectroscopie ultraviolet-visible	13
I.8.4.	Spectroscopie d'adsorption atomique SAA	14
I.9.	L'échantillonnage des gaz par adsorbants	15

I.9.1.	Métal-Organo-Frameworkes (MOFs)	15
I.9.2.	Le charbon actif	17
I.9.3.	Le charbon actif à des noyaux de dattes	17
I.9.4.	Présentation du noyau de dattes	18
I.9.5.	Composition chimiques du noyau de dattes	18
I.9.6.	Méthodes de synthèse du charbon activé à base de noyaux de dattes	19
I.9.6.1.	Charbon actif en poudre (CAP)	19
I.9.6.2.	Le charbon actif en grains (CAG)	19
I.10.	L'activité physique	20
I.11.	Impact des polluants particulaires sur l'activité physique	21
I.12.	L'impact de la température et de l'humidité sur l'activité physique	21
	References	22

Chapitre II :

Partie Expérimentale

II.1.	Echantillonnage	25
II.1.1.	Matériels et la période d'investigation	25
II.1.2.	Choix des types des filtres	25
II.1.3.	Préparation de filtres	25
II.1.4.	Mesure de la température et l'humidité	26
II.1.4.	Description des sites	27
II.2.	Concentration en polluants particulaires par la gravimétrie	29
II.3.	Extraction des Composés Organiques (extraction soxhlet ou extraction solide/liquide)	29
II.3.1.	Extraction par Soxhlet	29
II.3.1.1.	Principe	29
II.3.1.2.	Fonctionnement	30
II.4.	Concentration des polluants par rota-vap	30
II.5.	Concentration des polluants par Ku Derna Danish	31
II.6.	Purification des Composés Organiques	32
II.7.	Purification de la Matière Organique Particulaire (MOP) par une colonne chromatographique	32
II.8.	Extraction par chauffage à reflux	33
II.9.	Préparation des solutions	34

II.10.	La préparation du charbon à partir des noyaux de dattes	34
II.10.1.	Lavage des noyaux de dattes	34
II.10.2.	Séchage des noyaux de dattes	35
II.10.3.	Concassage et tamisage	35
II.10.4.	Activation du charbon en four	35
II.10.5.	Activation par Chauffage à reflux	36
II.10.6.	Analyse du filtrat	37
II.11.	Analyse IR	38
II.12.	Analyses des Composés Organiques Volatils(COVs) par CG/MS	38
	Références	39

Chapitre III :

Résultats et discussion

III.1	Variation journalière des concentrations de PM _{2,5}	40
III.1.1	Variation journalière des concentrations de PM 2, 5 en µg/m ³ dans les salles de	40
III.1.2	Variation journalière des concentrations de PM _{2, 5} en µg/m ³ dans les salles de gym	42
III.2.	Comparaison entre les concentrations moyennes journalières des PM _{2, 5} enregistrés dans les deux sites	43
III.3.	Comparaison entre les concentrations moyennes journalières des PM _{2,5} enregistrés dans l'air intérieur et extérieur	44
III.4.	Influence de la température et l'humidité sur la concentration en PM	45
III.5.	Caractérisation du charbon activé à base de noyaux de dattes par l'analyse de FTIR	46
	Référence	48
	CONCLUSION GENERALE.....	49
	Référence	50

Fig. I.1	Les principaux HAPs surveillés dans l'environnement.	7
Fig. I.2	Les parcours des particules inhalées dans l'appareil respiratoire	9
Fig. I.3	Filtre avec les portes filtre en TSP, PM10, PM2.5, PM1.	10
Fig. I.4	Schéma de la diffraction par les XR.	13
Fig. I.5	Spectroscopie UV Visible.	14
Fig. I.6	Spectroscopie d'adsorption atomique (SAA).	15
Fig. I.7	Domaines d'utilisation des MOFs	16
Fig. I.8	Présentation générale d'un MOF	16
Fig. I.9	Le Zirconium hydroxylé $Zr_6O_4(OH)_4$	16
Fig. I.10	Composition des noyaux de dattes	18
Fig. I.11	Types de pores en fonction de leur taille.	20
Fig. II.1	Appareillages de l'échantillonnage	25
Fig. II.2	Une microbalance	26
Fig. II.3	Un four nabertherm	26
Fig. II.4	Filtres prêts d'être exploiter	26
Fig. II.5	Thermomètre/hydromètre	27
Fig. II.6	Localisation satellitaire des sites d'échantillonnage.	27
Fig. II.7	Le placement du dispositif d'échantillonnage.	28
Fig. II.8	Matériels utilisés à l'intérieur de la salle de musculation et fitness.	28
Fig. II.9	Echantillon avant et après le piégeage des particules polluantes.	29
Fig. II.10	L'appareillage d'extraction au soxhlet.	30
Fig. II.11	Evaporateur rotatif	31
Fig. II.12	Purification par Ku Derna Danish	31
Fig. II.13	Organi-gramme de la procédure pré-analytique.	32
Fig. II.14	La chromatographie sur colonne d'alumine.	33
Fig. II.15	Organigramme de la procédure analytique.	33
Fig. II.16	Montage d'un chauffage à reflux.	34
Fig. II.17	Les grains de dattes broyés et tamisés	35
Fig. II.18	Imprégnation de noyaux de dattes dans le sel $ZnCl_2$	35
Fig. II.19	Four utilisé pour l'activation du charbon	36
Fig. II.20	Montage en Chauffage à reflux utilisé pour l'activation du charbon	37
Fig. II : 21	Les charbons actifs synthétisés au laboratoire de chimie à bas de noyaux de dattes	37

Fig. II : 21	Spectroscopie Infra-rouge de département de chimie	38
Fig. III.1	Variations journalières des concentrations en PM _{2,5} dans l'air intérieur de la salle de musculation	41
Fig. III.2	Variations journalières des concentrations en PM _{2,5} dans l'air extérieur de la salle de musculation	41
Fig. III.3	Variation journalière des concentrations en PM _{2,5} dans la salle de GYM à l'intérieur de la salle.	42
Fig. III.4	Variation journalière des concentrations en PM _{2,5} dans l'air extérieur de la salle de GYM	42
Fig. III.5	Variation journalière des concentrations en PM _{2,5} dans la salle de Musculation à l'extérieur et à l'extérieur.	43
Fig. III.6	Variations journalières des concentrations en PM _{2,5} dans la salle de GYM à l'extérieur et à l'intérieur.	44
Fig. III.7	Comparaison de la variation journalière des concentrations (indoor/outdoor) en PM _{2,5} mesurées dans la salle de Musculation et Gym	45
Fig. III.8	Variation journalière de la température et l'humidité dans la salle de musculation	46
Fig. III.9	Spectroscopie d'infra rouge de différents charbons synthétisés	47

Tableau I.1.	Les principaux composés organiques volatils COVs.....	5
Tableau I.2	Les principaux hydrocarbures aromatiques monocycliques (HAMs).....	6
Tableau I.3	Les concentrations moyennes en ppb de différents polluants dans une atmosphère dite propre ou naturelle et une atmosphère polluée.....	8
Tableau I.4	Les composants chimiques de noyaux de dattes.....	18
Tableau .II.1	Paramètres de salles pour les sites concernées.....	28
Tableau III.1	Variation journalière des concentrations en PM _{2,5} dans les deux salles Musculation et Gym à l'intérieur et à l'extérieur et les paramètres météorologiques.....	40

INTRODUCTION GENERALE

L'air est indissociable de la vie, du mouvement, du sport et de la santé. Vous êtes-vous posé la question de savoir quel volume d'air vous respirez en 24 heures ?

15000 litres en moyenne. Assis tranquillement, sans y penser, vous inhalez 6 litres /minute. Vous bougez, vous passez à 15 litres/minute. Maintenant vous faites une course. Là vous pouvez aller jusqu'à 60-100 litres/minute.

Que se passe-t-il si cet air est pollué ? Quand peut-on le considérer pollué ? Et quel impact sur la santé des sportifs dans ce cas-là ?

Ces questions et des milliers de questions que vous pourriez poser.

Tout d'abord la pollution de l'air n'est pas un phénomène récent ou accidentel. Il est vrai cependant que cette pollution s'est intensifiée ces dernières décennies .Et ce en raison de la concentration humaine dans les villes, de la massification de l'agriculture, de l'expansion du transport routier....[1].

Ce phénomène est devenue un enjeu de santé publique (il tue chaque année près de 5,5-7 millions de personnes dans le monde) et sur la santé des sportifs lors des activités physiques [2].

Pour mieux cerner ce vaste sujet, il est important de revenir aux bases c-à-dire les particules les plus dangereuses et leurs principales sources, leurs parcours à l'intérieur et à l'extérieur, de même ou se finissent-elles ? Comment impactent-elles gravement la santé et la performance des sportifs ? Est ce qu'il y a un moyen d'entraîner sans risque ?

Après avoir ciblé la problématique faut-il donc dépolluer l'air ou quoi donc ? Il existe plusieurs techniques de traitement de l'air mais la plus appropriée c'est l'adsorption sur charbon actif plus précisément cependant elle est freinée par le prix élevé du charbon actif. Pour cela et pour d'autre il est impérativement nécessaire de penser à synthétiser des adsorbants low-cost à prix moins cher et de bonne qualité comme les végétaux noyaux de dattes en Algérie, les grignons d'olives et aussi les produits de récupération [3].

Plusieurs études sont publiées récemment à propos ce thème.

Notre travail a pour objectif l'impact des polluants particuliers sur la santé des sportifs lors des activités sportives. Pour lui répondre notre démarche est organisée en trois chapitres : Dans un premier chapitre, nous présentons les principales généralités bibliographiques. Au niveau du deuxième chapitre, nous présentons l'appareillage et les méthodes expérimentales utilisées .Les résultats et leurs interprétations font l'objet du troisième chapitre.

Avant de clôturer, nous présentons une conclusion générale qui résume les résultats obtenus et les perspectives envisagées.

Références :

- [1] World Health Organization. (2018). Air pollution and health. Geneva: World Health Organization.
- [2] World Health Organization. (2016). Ambient (outdoor) air quality and health. Geneva: World Health Organization.
- [3] Abdenmour, M., Belhachemi, M., & Bensmaili, A. (2016). Valorisation des déchets agricoles par la production des adsorbants carbonés. Revue des Energies Renouvelables, 19(2), 245-254.

CHAPITRE I :

GENERALITE

I.1 La pollution atmosphérique

I.1.1 Historique

Le phénomène des pollutions n'est pas un problème récent ou accidentel or compte parmi les plus antiques en réalité qui renvoie au 13ème siècle quand les romains commença à chercher du charbon et principalement dans les villes .

- En 1382, en France un édit de Charles 6 interdisait l'émission de fumées « nausée bondes et mal odorantes » dans la ville de Paris.

- En 1627 à Lyon « il est interdit de polluer l'air ».

Mais quoi qu'il soit , les pollutions restaient les plus limitées selon leurs nature et étendue jusqu' à l'avènement de la civilisation industrielle qui fait appel aux combustibles fossiles charbons , pétroles comme sources d' énergie nécessaire au fonctionnement des usines et des nouveaux modes de transport , qui sont l'origine d'une nouvelles pollutions comme le grand smog de Londres . Ce dernier durant 5 jours et aurait suscité 3500 -4000 décès.

- Au-delà de cette période la pollution atmosphérique a constamment évalué , aussi bien dans sa nature que dans sa localisation et plus précisément pour la période de 1990 au 2016 ou elle est classée comme la cinquième facteur de risque pour la santé.

De même la qualité de l'air intérieur est un enjeu de santé et de sécurité majeur. Elle est définie comme l'étude des paramètres de confort et de la composition de l'air dans les environnements clos, tels que les bâtiments et les transports communs, pour assurer la santé des usagers. Les évènements historiques ont conduit à l'importance que revêt aujourd'hui la qualité de l'air.

-Dans les premiers temps, la qualité de l'air intérieur et extérieur était un sujet de préoccupation, En Egypte (les tissus pulmonaires momifiés ont démontré que l'ancienne société souffrait d'anthracose), ensuite à Athènes (Strabon le géographe a décrit les rejets des émissions métalliques toxiques des fours de fonderie) puis à Rome (la lettre écrite par Sénèque, le philosophe, ou il a décidé de quitter Rome car l'atmosphère était polluée). [4]

Au siècle dernier, les préoccupations s'intéressaient à l'air extérieur ambiant. Comme le cas de Londres, en 1952 a déclenché le premier Clean Air Act en Europe [5]. Et depuis 1973, Les plaintes liées à la QA intérieur/extérieur [6] des épisodes de SBS se produisent. Pendant les années 70, la première grande conférence sur la QAI s'est tenue à Copenhague. Et en 1978, étudier les effets de l'environnement intérieur sur les performances humains, le confort et la santé.

I.1.2. Définition de la pollution de l'air

La pollution de l'air peut être définie comme tout changement de la composition chimique de l'atmosphère, susceptible d'entraîner une gêne ou un effet nocif pour l'homme et l'environnement.

« Une ou plusieurs substances ou des mélanges de substances polluantes sont présents dans l'atmosphère dans des quantités ou sur une période telle qu'ils sont dangereux pour les hommes, les animaux, les plantes ou bien, qu'ils contribuent à leurs mises en péril ou nuisent à l'activité et au bien-être des personnes. », selon l'O.M.S [7].

I.1.3. Les principaux polluants

Les polluants se classent dans deux catégories selon leurs origines et leurs caractéristiques physico-chimiques.

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 est présent en quantité anormalement grande. Selon leur mode de production on peut classer les polluants en deux catégories :

- a- Les polluants primaires ; qui sont émis directement dans l'air par des sources identifiables naturelles ou anthropiques.
- b- Les polluants secondaires ; qui sont produits dans l'air par l'interaction de deux ou plusieurs polluants primaires ou par réaction avec les constituants normaux de l'atmosphère, avec ou sans photo activation.

I.1.3.1. Les polluants primaires

Ce sont des gaz et des particules en suspension.

- a- Des oxydes de carbone (CO_x). Ils proviennent de la combustion incomplète des combustibles et carburants. Le CO se fixe à la place de l'oxygène sur l'hémoglobine du sang conduisant à un manque d'oxygénation du système nerveux, du cœur, des vaisseaux sanguins. A des taux importants, et à doses répétées, provoque d'intoxication chronique avec céphalées, vertiges, asthénie, vomissements. En cas d'exposition très élevée et prolongée, il est mortel.
- b- Des oxydes de soufre (SO_2). Il provient essentiellement de la combustion de combustibles fossiles contenant du soufre tel- que le fioul et le charbon. Le 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.

- c- Des oxydes d'azote (NO_x). Ils proviennent surtout des véhicules (environ 75%) et des installations de combustions (centrales énergétiques,...).

Le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂) font l'objet d'une surveillance attentive dans les centres urbains. Le pot catalytique permet une diminution des émissions de chaque véhicule. Les NO_x interviennent dans le processus de formation d'ozone dans la basse atmosphère, ils contribuent également au phénomène des pluies acides.

- d- Des composés organiques volatils (COVs): constituent un vaste groupe de substances chimiques (voir tableau I.1) que l'on trouve fréquemment dans l'air intérieur et extérieur, peuvent causer la fatigue, les nausées, des étourdissements, des maux de tête, difficultés respiratoires et irritation des yeux, du nez et de la gorge. Ils proviennent des industries, du trafic routier, de la végétation terrestre, fermentation et émissions, activités domestiques et encore volcans et forêts [8].

Tableau I.1. Les principaux composés organiques volatils COVs [9].

<i>Familles des composés</i>	<i>exemples</i>
<i>Hydrocarbures aliphatiques</i>	<i>Heptane, hexane, pentane ...</i>
<i>Hydrocarbures aromatiques</i>	<i>Benzène, toluène, éthylbenzène ...</i>
<i>Hydrocarbures aromatique</i>	<i>Benzo (a) pyrène</i>
<i>alcools</i>	<i>Ethanol, méthanol, butanol</i>
<i>cétones</i>	<i>Acétone, méthyl éthyl cétone. ..</i>
<i>esters</i>	<i>Acétate d'éthyles, de butyles</i>
<i>chlorés</i>	<i>dichlorométhane</i>
<i>Composés azotés</i>	<i>Amines, nitriles</i>
<i>Composés soufrés</i>	<i>Mercaptans, diméthylsulfure</i>
<i>Ethers</i>	<i>1,4- dioxane</i>
<i>aldéhydes</i>	<i>formaldéhyde</i>

- Des hydrocarbures aromatiques monocycliques (HAMs- légers) : c'est une sous-catégorie des COVs qui comprend des hydrocarbures contenant un cycle benzénique, comme le benzène, le toluène, l'éthylbenzène et le xylène (voir tableau I.2).

Tableau I.2. Les principaux hydrocarbures aromatiques monocycliques (HAMs)

Types de valeurs	Polluant	Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Valeurs médianes	Formaldéhyde	19,6
	Hexaldéhyde	13,6
	Toluène	12,2
	Acétaldéhyde	11,6
	m/p-Xylène	5,6
Valeurs maximales	Toluène	414,2
	Hexaldéhyde	368,5
	m/p-Xylène	232,8
	Acétaldéhyde	94,6
	Formaldéhyde	86,3

e- Les polluants particuliers :

Les particules en suspension, les plus connues et étudiées sont les particules PM_{10} ($\text{Ø} < 10 \mu\text{m}$), Les particules $\text{PM}_{2,5}$ ($\text{Ø} < 2,5 \mu\text{m}$) dites particules fines et les particules PM_1 ($\text{Ø} < 1 \mu\text{m}$) nommées les particules ultrafines. Ils constituent un complexe de substances organiques ou minérales. Ils peuvent être d'origine naturelle (volcan) ou anthropique (combustion industrielle ou de chauffage, incinération, véhicules).

I.1.3.2. Les polluants secondaires

On distingue l'ozone et d'autres polluants photochimiques telle que : les PAN, proxy-acétyl-nitrate, aldéhyde, cétone.

I.1.4. Réglementations :

La réglementation Algérienne du 7 Janvier 2006 pour les particules fines en suspension fixe une valeur guide de $50 \mu\text{g}.\text{m}^{-3}$ avec $80 \mu\text{g}.\text{m}^{-3}$ comme valeur limite [10]. La directive européenne 2008/50/CE concernant les PM_{10} stipule une valeur journalière de $50 \mu\text{g}.\text{m}^{-3}$,

similaire à celle fixée par la réglementation algérienne, mais une valeur annuelle à ne pas dépasser à partir de 2010 est de seulement $40 \mu\text{g.m}^{-3}$ [11].

I.2. Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs)

HAP c'est l'abréviation des hydrocarbures aromatiques polycycliques, et comme leur nom l'indique ils se composent d'au moins deux cycles de benzène accolés retrouvés sous forme particulière ; à l'exception le Naphtalène à l'état gazeux ; ils sont présents dans toutes les milieux environnementaux. Ils proviennent de la combustion non complète des matières organiques (carburant, le bois, le tabac.. etc.) et peuvent également se former dans les aliments pendant le traitement thermique [12].

D'après l'APE, l'OMS et de CE, les HAPs présentent un caractère mutagène dépendant de la structure chimique des métabolites formés appelés époxydes qui réagissent très facilement avec l'ADN et provoquent du cancer, comme ils peuvent aussi entraîner une diminution de la réponse du système immunitaire augmentant les risques d'infection.

D'après le centre international de recherche et de cancer CIRC [13], on peut citer les HAPs les plus toxiques notamment : le benzopyrène cancérigène pour les humains (cancer des poumons); le benzoanthracène, le benzo(a)fluoranthène et le chrysène peu cancérigène (figure.I.1).

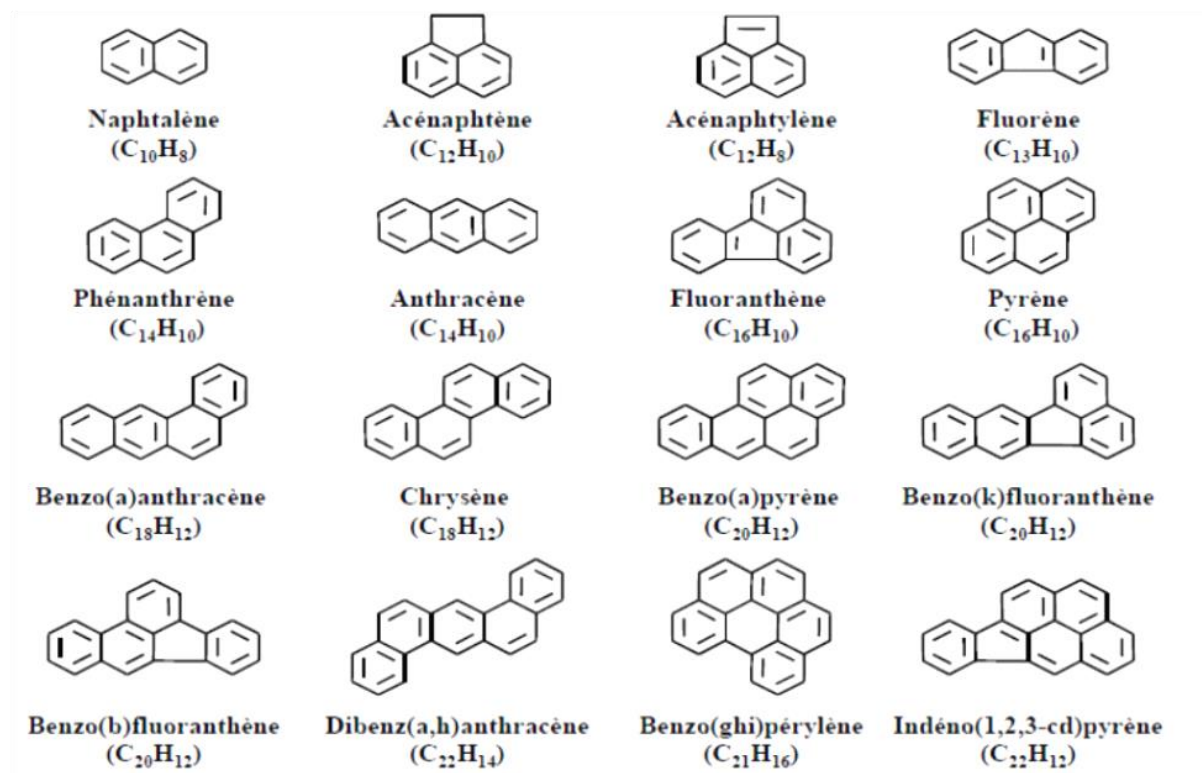


Figure I.1. Les principaux HAPs surveillés dans l'environnement.

Ces polluants sont réglementés : il existe des normes nationales et internationales qui limitent leurs rejets.(voir tableau I.3.).

Tableau I. 3. Les concentrations moyennes en ppb de différents polluants dans une atmosphère dite propre ou naturelle et une atmosphère polluée.

<i>polluants</i>	<i>atmosphère naturelle</i>	<i>atmosphère polluée</i>
Dioxyde de soufre SO ₂	1-10	20-200
Monoxyde de carbone CO	120	1000-10000
Monoxyde d'azote NO	0.01-0.05	50-750
Dioxyde diazote NO ₂	0.1-0.5	50-250
Ozone O ₃	20-80	100-500
Acide nitrique	0.02-0.3	3-50
Ammoniac	1	10-25
Formaldéhyde	0.4	10-50
NMHC	-	500-1200
Acide nitreux	0.001	1-8
PAN	-	5-35
Les PM ₁₀	< 50	> 50 Selon l'exposition
PM _{2.5}	< 25	> 25 Selon l'exposition

I.3. Impact des polluants particuliers sur la santé

L'être humain a besoin de 12000 à 15000 litres d'air quotidiennement pour vivre . Ce volume d'air se multiplie 6 fois pendant une activité physique. Les polluants présents dans l'air ont des effets directs sur la santé quand ils pénètrent dans l'organisme ;par voie respiratoire , digestive ou cutanée . Leurs effets dépendent de la composition chimique des polluants , de la taille des particules , de nos caractéristiques (âge , sexe ..) du mode de vie (tabagisme) et de l' état de santé .

A noter irritation oculaires, crises d'asthme, des effets cardiovasculaires Athérosclérose. Pouvant conduire à un décès prématuré, le développement de

maladies telles que le diabète et les maladies neuro- dégénératives, de développement de cancer ou en 2013 la pollution de l'air extérieur a été considéré cancérigène par le C.I.R.C [14], et des maladies respiratoires chez l'enfant telle que l'asthme. Il est important de noter que l'effet sur la santé humaine est lié à la capacité de pénétration de différentes particules dans l'appareil respiratoire (Figure I.2.), les plus fines atteignant les parties les plus profondes des poumons facilement, alors elles sont dangereuses. Les PM_{10} sont immobilisées dans la première partie du système respiratoire puis facilement expulsées. Les particules comprises entre 2,5 et 10 μm ont tendance à être inhalées et immobilisées dans le nez, la gorge et les voies bronchiques supérieures. Les $PM_{2,5}$ pénètrent dans les profondeurs du poumon et sont retenues dans les alvéoles ; l'élimination se fait par la circulation sanguine, qui est plus dangereuse que par le système respiratoire.

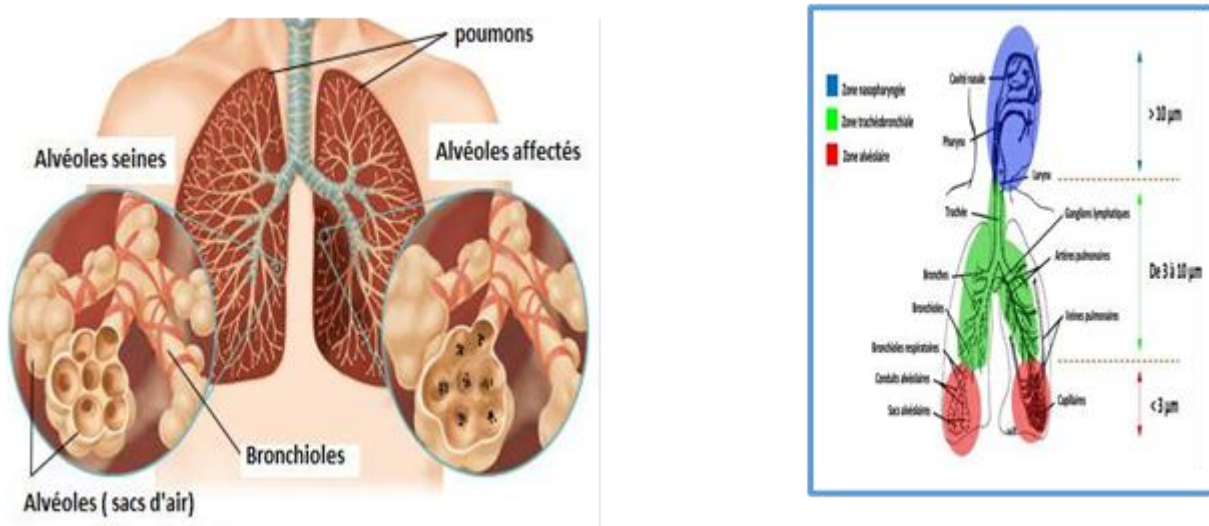


Figure I.2. Les parcours des particules inhalées dans l'appareil respiratoire [15].

Plusieurs études épidémiologiques ont montré que les particules fines de l'air et la pollution atmosphérique liée au trafic est le cinquième facteur de risque pour la santé après la malnutrition, les risques alimentaires, l'hypertension artérielle et le tabagisme. Cette pollution provoque la mort prématurée de sept millions de personnes chaque année.

I.4. Impact sur la visibilité

La dégradation de la visibilité est l'impact le plus visible de la pollution atmosphérique, et est considérée comme un indice primaire et général de la qualité de l'air ambiant dans une zone urbaine. La visibilité appelée aussi « portée visuelle » est défini comme étant la distance la plus éloignée qu'un objet soit visible dans le ciel à partir de l'horizon []. Cela dépend de

plusieurs facteurs tels que les propriétés optiques de l'atmosphère, la quantité, la répartition de la lumière, les caractéristiques des objets et l'état de vue de l'œil humain. Elle est réduite par l'absorption et la diffusion des rayons solaires par les molécules de gaz et les particules en suspension [16].

I.5. L'échantillonnage des polluants particuliers

L'échantillonnage sur filtre est la méthodologie normalisée et de référence, pour les réseaux de qualité de l'air à travers le monde. Facile à mettre en œuvre, et offrir une large gamme de débits de prélèvements permettant de l'adapter à l'environnement étudié, par exemple en concentrant fortement l'aérosol pour l'étude de composés à l'état de traces.

Cette méthode de prélèvement est compatible avec un vaste éventail de techniques d'analyse de la composition chimique de l'aérosol. Autre point fort, elle offre la possibilité de réaliser ces analyses chimiques par classes de taille par l'utilisation d'impacter en cascade. Il existe deux méthodes de prélèvements sur filtres : l'impaction et la filtration.

À l'heure actuelle, les normes sur l'échantillonnage des particules fines sont basées exclusivement sur deux types d'échantillonnages [17] :

I.5.1. L'échantillonnage actif (avec pompe)

Le type de système de prélèvement actif le plus utilisé à l'heure actuelle intègre une pompe d'air a grande volume couplée à une filtres en fibre de verre ou de quartz et à une colonne remplie d'absorbants (par exemple des résine XAD, de la mousse en polyuréthane (PUF) (figure I.3). Le flux filtré varie entre 100 et 500 L/ min et les volumes d'air prélevés se situent entre 500 et 2000 m³ dans un espace de temps variant de plusieurs heures à 2 jours.



Figure. I.3. Filtre avec les portes filtre en TSP, PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁.

I.5.2. L'échantillonnage passif (sans pompe)

Toute technique de prélèvement peut être qualifiée de « passive » si un flux non forcé d'analytes s'établit entre l'échantillon et le support d'échantillonnage sur lequel vont s'adsorber les molécules comprises dans l'air (une cartouche passive pour les BTEX) [18].

I.6. Stockage des filtres

Les filtres échantillonnés sur le terrain, sont individuellement placés dans des boîtes de pétri sur lesquelles sont rapportées les informations nécessaires à leur identification (la campagne à laquelle appartient le filtre, le jour et les heures de prélèvement, la coupure utilisée...). Ainsi référencés, ils sont soigneusement emballés par lots et placés à -18 °C en attendant leur analyse au laboratoire.

La collecte des polluants est plus difficile que celle d'un gaz. Pour un échantillon représentatif il faut éviter de fractionnement des particules, pas de coudes dans la canalisation et qu'il n'est pas de réactions catalysées par la surface de collecte des particules en suspensions.

L'échantillonnage est efficace selon la géométrie de l'appareil, la vitesse du vent, le débit de la pompe employée et bien sûr la charge du filtre.

Les particules peuvent être prélevées totalement (TSP) ou fractionner ($\varnothing < 10 \mu\text{m}$; $\varnothing < 2.5 \mu\text{m}$; $\varnothing < 1 \mu\text{m}$). Il existe une large gamme de filtres à savoir : les filtres en cellulose (type nucléopore) quand on veut analyser les composés minéraux et les filtres en téflon ou en fibres de verre enrobées de téflon qui conviennent à l'analyse de la phase organique.

I.7. Choix de type de filtre

Il existe sur le marché un grand nombre de filtres aux propriétés différentes. Le choix du type de filtre est orienté par l'adéquation entre les propriétés intrinsèques du filtre (matière, épaisseur, porosité), la fraction des particules en suspension que l'on souhaite analyser (ions, carbone...) et la technique d'analyse retenue.

I.8. Analyse des polluants dans l'atmosphère :

Il existe dans la littérature de très nombreuses études portant sur diverses familles de polluants organiques ou inorganiques dans toute une variété de matrices, plusieurs techniques de prélèvements, diverses méthodes de piégeages des polluants, diverses méthodes d'extractions de ces polluants et enfin une grande variété d'analyses instrumentales. Nous

avons décrit dans ce chapitre les sites de mesure, les différents protocoles d'échantillonnage (passif et actif) ainsi que les techniques de traitement des échantillons et leurs analyses instrumentales [19].

I.8.1. Diffraction des rayons X (DRX) :

La diffraction aux rayons X est une méthode classique d'étude de la structure des solide. Lorsque l'on effectue une diffraction aux rayons X sur une poudre cristalline, son diffractogramme présente des raies d'intensités différentes selon le matériau étudié. La diffraction des rayons X (DRX) est une méthode universellement utilisée pour identifier la nature et la structure des produits cristallisés. Cette méthode ne s'applique, jusqu'à récemment, qu'à des milieux cristallins (roches, cristaux, minéraux, pigments, argiles...) présentant les caractéristiques de l'état cristallin, c'est-à-dire un arrangement périodique et ordonné des atomes dans des plans réticulaires (hkl) tridimensionnels. La méthode permet ainsi clairement de distinguer les produits amorphes (verres...) des produits cristallisés. La diffraction des rayons X sur poudre est une méthode d'analyse de phases non destructive. Au début de son introduction (années 1910) [20], la diffraction des rayons X était utilisée surtout pour déterminer les structures des cristaux.

I.8.2. Principe de la méthode

La diffraction des rayons X consiste en l'enregistrement des rayons diffractés par un échantillon (réflexion des plans d'indices de Miller (hkl) parallèles au support) en fonction de l'angle entre les rayons incidents et l'échantillon sur le support. Le fonctionnement en mode $\theta / 2\theta$ du diffractomètre implique que la source des rayons X et le détecteur forment toujours des angles égaux avec le support. Un faisceau de rayons X est diffracté sur un réseau de plans cristallins selon la loi de Bragg [21]:

$$n\lambda = 2 d_{hkl} \sin \theta$$

d_{hkl} : distance entre 2 plans d'indice de Miller hkl en Å.

θ : angle de Bragg (angle entre le faisceau incident et le réseau de plan).

λ : longueur d'onde du faisceau incident en Å.

n : l'ordre de la diffraction.

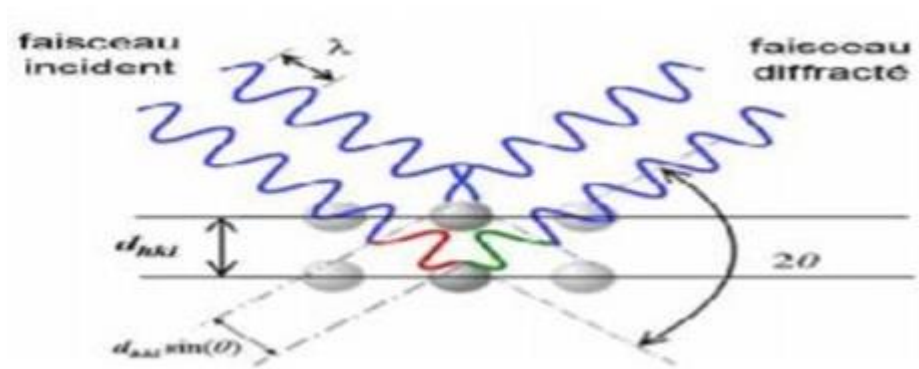


Figure I.4. Schéma de la diffraction par les XR.

I.8.3. La chromatographie en phase gazeuse CPG :

La chromatographie en phase gazeuse permet la séparation des différents composés présents dans chaque fraction. La phase mobile est un gaz (le plus souvent H_2 ou He). Le mélange à analyser est introduit dans le circuit gazeux par vaporisation dans une chambre d'injection. La vapeur formée circule dans la colonne capillaire au contact de la phase stationnaire. Les échanges ont lieu entre ce gaz vecteur et une phase stationnaire. Les constituants du mélange à séparer se partagent entre le gaz vecteur et la phase stationnaire sur laquelle ils s'adsorbent. La colonne, placée dans un four à température programmable, est chauffée progressivement. Le gaz vecteur entraîne progressivement les molécules à séparer en fonction de leur taille et de leur polarité.

I.8.3. Spectroscopie ultraviolet-visible :

La spectroscopie ultraviolet-visible ou spectrométrie ultraviolet-visible est une technique de spectroscopie mettant en jeu les photons dont les longueurs d'onde sont dans le domaine de l'ultraviolet (200 nm – 400 nm), du visible (400 nm – 750 nm) ou du proche infrarouge (750 nm – 1400 nm). Soumis à un rayonnement dans cette gamme de longueurs d'onde, les molécules, les ions ou les complexes sont susceptibles de subir une ou plusieurs transitions électroniques. Les substrats analysés sont le plus souvent en solution, mais peuvent également être en phase gazeuse et plus rarement à l'état solide. Le spectre électronique est la fonction qui relie l'intensité lumineuse absorbée par l'échantillon analysé en fonction de la longueur d'onde [22].



Figure I.5. Spectroscopie UV Visible.

I.8.4. Spectroscopie d'adsorption atomique SAA :

Pour déterminer l'existence des métaux lourds on utilise la spectroscopie d'absorption atomique

Principe :

Le principe consiste à aspirer l'échantillon sous forme liquide dans une flamme à une température de l'ordre de 1700 à 2550°C, de sorte qu'il se forme une vapeur atomique (atomes neutres, libres et à l'état fondamental). On irradie cette vapeur avec une lampe spectrale à cathode creuse. Ces lampes émettent des raies de transition des atomes recherchés. Seuls les atomes recherchés absorbent la radiation excitatrice. Ce qui nous permet de lier l'absorption lumineuse à la concentration des atomes étudiées. Cependant il y a toujours une absorption non spécifique si minime soit-elle. Cette dernière est significativement diminuée par l'emploi d'une lampe au Deutérium (correcteur de bruit de fond).

En plus de la simple dilution ou de la minéralisation par voie humide souvent décrite, on préconise l'utilisation d'une solution de modificateur de matrice qui permet de transformer l'élément à doser en ses formes les plus stable thermiquement : composés oxydes, formes réduites ou phosphates, La formation des atomes neutres est réalisée par la vaporisation et l'atomisation dans une flamme air-acétylène.

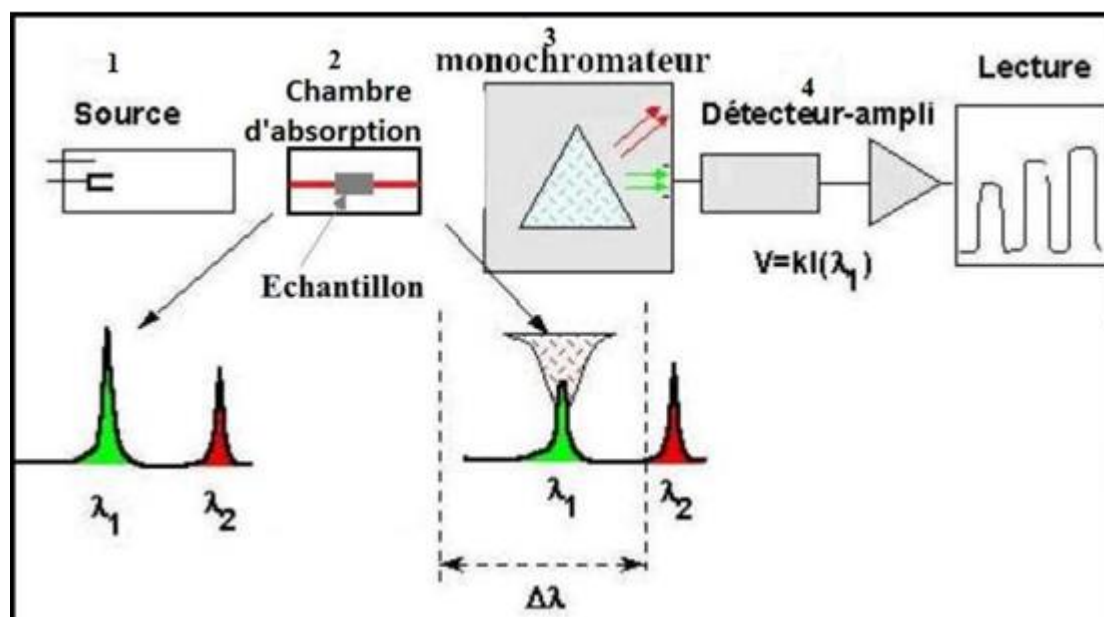


Figure I.6. Spectroscopie d'adsorption atomique (SAA).

I.9. L'échantillonnage des gaz par adsorbants

I.9.1. Métal-Organo-Frameworkes (MOFs)

L'adsorption est un processus au cours duquel les molécules d'un fluide (gaz ou liquide) appelé adsorbat viennent se fixer à la surface d'un solide appelé adsorbant [23]. Faisant appel à deux sortes d'adsorption physisorption lors du contact fluide/solide due aux forces de Van-Deer-Walls et chimie -sorption quand il y a des liaisons chimiques. On s'intéresse beaucoup plus de la physisorption à fin de régénérer l'adsorbant.

Il existe une large variété d'adsorbants conventionnels permettant de piéger une multitude de molécules parmi eux, on trouve les charbons actifs, les zéolites, les gels de silices et aussi les alumines activés.

Un autre type d'adsorbant a vu le jour il y'a une vingtaine d'année, les Métal-Organo-Frameworkes, ce sont les réseaux métallo-organiques MOFs possèdent une composition hybride tridimensionnelle poreux de surface spécifique largement à celle du charbon activé jusqu'à peut aller 6000 m²/g [24,25].

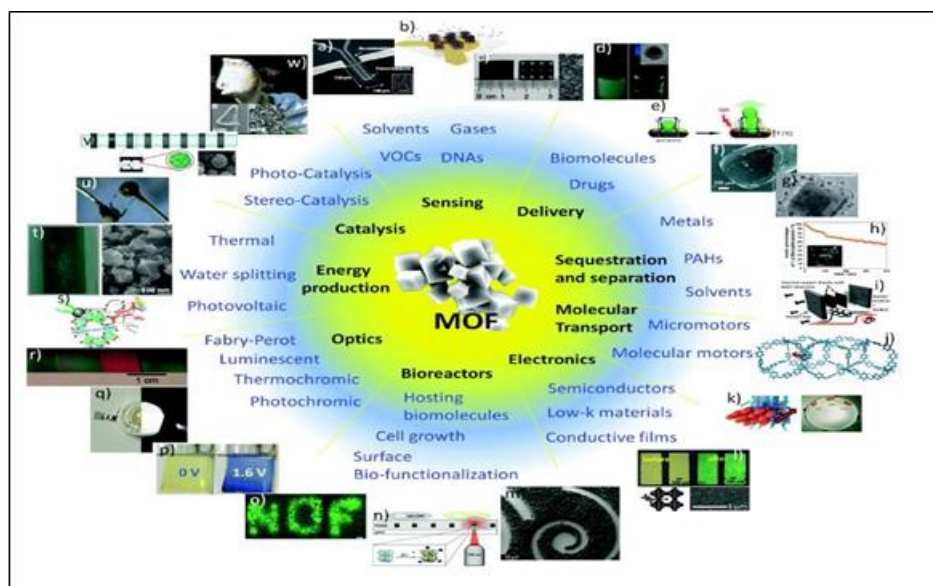


Figure I.7. Domaines d'utilisation des MOFs

Il existe deux grandes familles MOF à base de Zirconium UiO-66 et MOF à sites métalliques saturés HKUST-1 (Hong Kong University of Science and Technology) connu sous le nom MOF₁₉₉ microporeux à base de cuivre de formule $(\text{Cu}_3(\text{BTC})_2(\text{OH})_3)$ le BTC s'appelle ligand du MOF (acide benzène tricarboxylique $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6$ grâce au cuivre qu'il possède des sites insaturés (ouverts)).

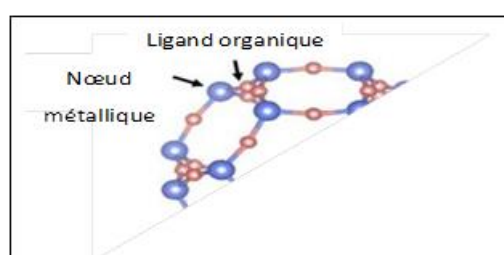


Figure I. 8. Présentation générale d'un MOF

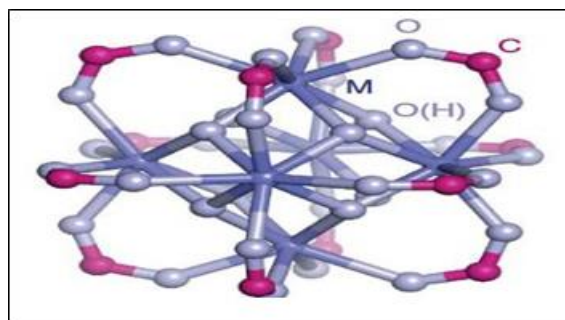


Figure I.9. Le Zirconium hydroxylé $Zr_6O_4(OH)_4$

I.9.2. Le charbon actif

Les charbons actifs sont des matériaux insoluble sans odeur ni saveur les plus utilisés dans le cadre du traitement de l'air [26], avec de bonnes propriétés physiques et chimiques, possibilités de greffage de groupes fonctionnels variés. Ils sont fabriqués par la décomposition thermique sous une atmosphère contrôlée des matières organiques ou déchets agroalimentaires tels que les noix de coco, grains d'olives, bois, noyaux de dattes, suivie d'une activation afin de créer la surface et le volume poreux aller jusqu'à 2500 m²/g.

De plus, la nature chimique de la surface est assez complexe elle dépend de la source du charbon et aussi des conditions d'activation [24,25].

Ils sont les premiers matériaux adsorbants utilisés à l'échelle industrielle notamment pour la décoloration de sirop de sucre en Angleterre dès 1794. Suite à la première guerre mondiale (usage du masque à gaz) et à l'évolution industrielle du XXème siècle, ils ont fait l'objet de nombreuses recherches. Actuellement, ils sont utilisés largement dans les procédés de traitement des eaux.

Les noyaux de dattes constituent un problème de déchets ; ils peuvent constituer une source peu coûteuse de fibres alimentaires et d'amidon résistant par incorporation dans l'alimentation animale (ils sont surtout utilisés comme provende pour les animaux, leur valeur fourragère équivaut à celle du kilogramme d'orge) ou humaine(après torréfaction, ils peuvent en effet constituer un succédané du café et donnent une décoction d'une saveur et d'un arôme agréables) et environnementale charbon actif. Ils constituent donc un sous-produit le plus intéressants, qui ne doit pas être négligé et doit être récupéré au niveau des ateliers de traitement et de conditionnement. On augmente la digestibilité des noyaux en les réduisant en farine ou en semoule. Dans certains pays on donne les noyaux à consommer aux animaux après trempage dans l'eau pendant plusieurs jours, ce qui augmente leur digestibilité et leur valeur nutritive.

I.9.3. Le charbon actif à des noyaux de dattes

La valorisation des noyaux de dattes du sud algérien pour la production du charbon actif, a montré que les charbons obtenus ont les mêmes caractéristiques (taux d'humidité, cendre, surface spécifique et volume poreux, etc.) à ceux fabriqués industriellement et pourraient alors être utilisés par exemple dans les filières de traitement des eaux [27].

I.9.4. Présentation du noyau de dattes :

Le noyau de dattes (ou graine) est de forme allongée. Il pèse environ un gramme, il représente 7 à 30 % du poids de la datte. (Figure I.10) [28]. Extraction Et Composition Chimique D'huile De Noyaux De Dattes Algériennes. Le noyau possède un albumen (endosperme) dur et corné dont l'embryon dorsal est toujours très petit par rapport à l'albumen (2 à 3mm) protégé par une enveloppe cellulosique.

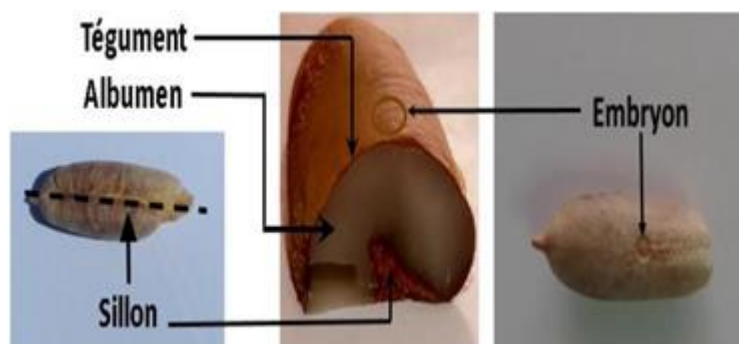


Figure I. 10. Composition des noyaux de dattes

I.9.5. Composition chimiques du noyau de dattes

Le noyau de dattes se compose de : cellulose, hémicellulose et lignine. Cellulose et hémicellulose contiennent un grand nombre de groupes fonctionnels de l'oxygène présentés dans le matériel ligno- cellulosique. La lignine est un complexe, substance systématiquement polymérisée et fortement aromatique. Le tableau n°.I.4 résume la composition physicochimique et biochimique de noyaux de dattes.

Tableau I.4. Les composants chimiques de noyaux de dattes.

Variété/ Paramètre	Noyaux de dattes (Deglet Nour)	Ghars
Taux d'Extraction (%)	76,00	65,00
Humidité (%)	8,08	12,42
Matière sèche (%)	91,92	87,58
Cendres (%MS)	1,08	0,80
Matière organique (%MS)	98,92	99,15
Protéines brutes (% MS)	8,59	6,51
Cellulose brute (% MS)	13,54	14,78

Sucres totaux hydrosolubles (%MS)	6,02	7,08
Matière grasse (% MS)	9,81	11,70
pH	5,76	6,12
Acidité grasse (%)	0,03	0,04
Glucides totaux (%MS)	66,98	66,21

I.9.6. Méthodes de synthèse du charbon activé à base de noyaux de dattes :

L'activation chimique s'effectue en même temps que la carbonisation sous atmosphère inerte entre 400°C et 600°C après imprégnation du précurseur par un agent activant tel qu'un acide de Lewis (ZnCl_2 , AlCl_3 , ...), l'acide phosphorique, ou même des carbonates de métaux alcalins [29,30]. On utilise également des agents basiques tels que la soude (NaOH) et la potasse (KOH) [31,32].

Le traitement acide des noyaux de dattes est généralement utilisé pour oxyder la surface poreuse de matériau pour augmenter la propriété acide, enlever les éléments minéraux et améliorer l'hydrophile naturel de la surface.

Des centaines d'études ont été réalisées sur la préparation et le traitement des matériaux adsorbants d'origine naturelle appelés : adsorbants Low-cost.

Description et propriétés

Le charbon actif est mis en œuvre sous la forme d'une poudre très finement divisée maintenue en suspension par agitation un temps suffisant pour que l'équilibre d'adsorption soit atteint, ou bien encore sous forme de grains dans un lit analogue à ceux des filtres à sable.

I.9.6.1. Charbon actif en poudre (CAP) :

Le charbon en poudre présente une granulométrie inférieure à 100 μm avec un diamètre moyen situé entre 15 et 25 μm . Il a une large surface externe et une faible profondeur de diffusion ce qui engendre une vitesse d'adsorption très rapide.

I.9.6.2. Le charbon actif en grains (CAG) :

La forme granulaire du charbon est caractérisée par une taille des particules supérieure à 1 millimètre (1 mm), un faible diamètre des pores, une surface interne et une surface externe

relativement faible. Il en résulte que les phénomènes de diffusion à l'intérieur des pores prennent une grande importance dans le processus d'adsorption [33]. Les pores sont définis par leur géométrie, leur taille et leur distribution et sont généralement classés en trois catégories : les macropores, les mésopores et les micropores (eux-mêmes subdivisés en super- et ultra micropores). Ces différents types de pores sont représentés en fonction de leur taille (largeur interne) sur la Figure 7. Ainsi, les micropores ont une largeur inférieure à 2 nm avec une frontière entre l'ultra micropore et les super micropores à 0,7 nm ; les méso pores ont une largeur comprise entre 2 et 50 nm tandis que les macros pores ont une largeur supérieure à 50 nm [34,35].

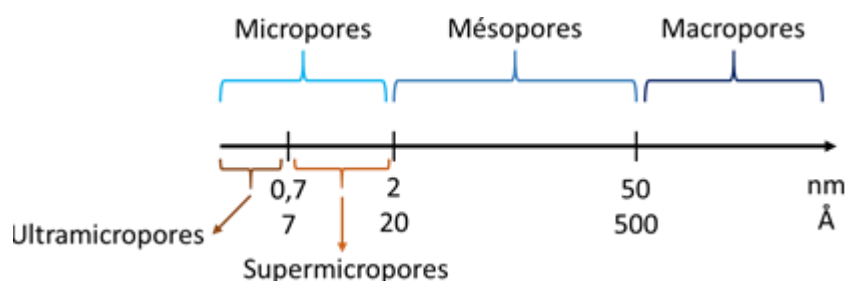


Figure I. 11. Types de pores en fonction de leur taille.

I.10. L'activité physique

Une activité physique s'accompagne toujours d'un ensemble de modification important dans l'organisme tant au niveau de l'activité respiratoire que de l'activité cardiaque. L'activité physique a été calculée en minutes de tâches métaboliques équivalentes par semaine (MET-min/semaine) [36]. Lors de cette dernière les muscles en activité ont besoin de O₂ dont la consommation augmente pour répondre à cette demande on respire d'avantage plus fort et plus souvent. Donc le débit ventilation peut passer de 5 à 120 l/min, cette augmentation de débit résulte un volume d'air courant qui varie d'un demi litre au repos à 3 litres au cours d'un effort intense et prolongé. Cela nécessite d'apporter plus O₂ et nutriment en grande quantité aux muscles, la circulation du sang dans les vaisseaux s'accélère, le débit et la fréquence cardiaque ne dépassera pas toute fois une valeur limité donnée par la formule

$$FC_{MAX} = 220 - \text{âge (année)}.$$

Enfin l'intensité respiratoire s'accroît tout au temps c.a. dire la quantité d'O₂ consommée principalement pour alimenter les muscles en activité. Cette consommation augmente jusqu'à une valeur maximal qui ne peut pas être dépassé nommée VO₂ MAX.

La VO₂ MAX représente le volume maximal d'O₂ consommé dans un temps donné. Il peut être amélioré par entraînement régulier et adapté mais la consommation reste stable au-delà de certain niveau d'effort.

I.11. Impact des polluants particuliers sur l'activité physique

Pendant l'activité physique le volume de ventilation par minute dans le corps augmente considérablement, les sportifs par exemple les athlètes peuvent respirer plus de 150 litres/minute (contre 5-6 l/min au repos). Il est intéressant de noter que pendant un exercice d'aérobie, il y a un passage de la respiration nasale (dans laquelle un filtrage initial des polluants est effectué) à la respiration buccale, ce qui entraîne de grandes quantités d'air non filtrées qui pénètrent dans le corps amènent des polluants vers le profond des poumons donc plus d'exposition aux polluants par rapport à une personne non active [37].

L'activité en plein air et en dehors de pic de pollution est très bénéfique en matière de santé et plusieurs études affirment qu'elle reste essentielle pour prévenir les risques cardio-vasculaires tant que les niveaux de pollution sont modérés.

En 2020, la Société Européenne de cardiologie ESC indique que le maintien d'une activité physique de manière régulière 150–300 min/semaine d'exercices modérés ou 75–150 min/semaine d'exercices intenses diminue le risque d'avoir des maladies cardiovasculaire.

I.12. L'impact de la température et de l'humidité sur l'activité physique

Un taux d'humidité compris entre (30 – 50)% est considéré comme optimal. Cela permet une évaporation efficace de sueur, ce qui aide à refroidir le corps. Contrairement l'air humide avec un taux d'humidité élevé (>70%) il y on a une difficulté à transpirer, augmentation des risques d'hyperthermie, inconfort et fatigue et aussi peut favoriser le développement de moisissures et d'acariens de même un air trop sec peut assécher et fragiliser les muqueuses du nez et de la gorge [38]. De même la température et l'activité physique sont étroitement liées, pendant un effort le corps humain doit réagir aux variations de la température en cas d'augmentation liée à la dépense énergétique ou la diminution en cas de pratique dans un environnement froid.

References:

- [4] Mosley, P., Hudson, J., & Verschoor, A. (2010). Development and the life-course: Growth, income and welfare in the rise and fall of GDP. *Journal of Development Studies*, 46(8), 1389-1410.
- [5] Commission européenne. (2014). Clean Air Programme for Europe. Consulté à l'adresse : https://ec.europa.eu/environment/air/clean_air/
- [6] Hill, J. (1991). Complaints related to indoor and outdoor air quality since 1973. *Journal of Environmental Health*, 43(6), 342-347.
- [7] World Health Organization. (2005). Air quality guidelines: Global update 2005: Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, and sulfur dioxide. Consulté à l'adresse: https://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/outdoorair_aql/en/
- [8] EPA (Environmental Protection Agency). (2018). Volatile Organic Compounds' Impact on Indoor Air Quality. Consulté à l'adresse : <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/volatile-organic-compounds-impact-indoor-air-quality>
- [9] Rabhi, L. (2013). Analyse de micropolluants organiques dans l'air. Thèse de magister, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene - Alger (USTHB).
- [10] Décret exécutif 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.
- [11] Directive 2008/50/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe.
- [12] The Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 92. (2010). International Agency for Research on Cancer (IARC), Lyon, France.
- [13] Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC). (année non spécifiée). Monographies du CIRC sur les agents cancérigènes pour les humains, Volume X : Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Lyon, France.
- [14] Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC). (2013). Outdoor air pollution classified as carcinogenic to humans. Consulté à l'adresse : <https://www.iarc.who.int/press-release-archive/outdoor-air-pollution-classified-as-carcinogenic-to-humans/>
- [15] Edwards, N.T. (1983). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the terrestrial environment. *Journal of Environmental Quality*, 12, 427-441.
- [16] Seinfeld, J. H., & Pandis, S. N. (2006). *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change* (2nd ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- [17] d'Argouges, O. (2009). Mis en place d'une mesure rapide de la composition chimique de l'aérosol en zone urbaine : Études en mégapoles. Thèse de doctorat, Université Paris 7.

- [18] Claude, S. (2010). Évaluation de l'intérêt de l'échantillonnage passif d'air et des analyses de chevaux dans le biomonitoring de l'exposition humaine aux HAPs et aux pesticides. Thèse de doctorat, Université de Strasbourg.
- [19] Rabhi. (2019). Étude de la composition chimique des composés organiques et inorganiques dans l'air ambiant et confiné. Thèse de doctorat, USTHB-Alger.
- [20] Bragg, W. L., & Bragg, W. H. (1913). X-rays and crystal structure. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical or Physical Character, 222, 385-425.
- [21] Madani Med Amine. (2014). Adsorption d'un colorant basique (Bleu de méthylène) sur différents adsorbants (charbon actif en poudre, charbon en grain et la bentonite). Université Mohamed Khaider-Biskra.
- [22] Guessoum, Kh. (2020). Élimination du nickel(II) à base de noix d'olives. Mémoire de Master, Université de saïda.
- [23] Sun, L.-M., & Meunier, F. (2003). Adsorption Aspects théorique. Technique de l'ingénieur, J 2730-3.
- [24] X. Li et al. (2020). Metal-Organic Frameworks (MOFs): A New Type of Adsorbent with a Three-Dimensional Hybrid Porous Structure and High Specific Surface Area Comparable to Activated Carbon.
- [25] Zhou, H.-C., Long, J. R., & Yaghi, O. M. (2012). Introduction to Metal-Organic Frameworks. Chemical Reviews, 112(2), 673-674. <https://doi.org/10.1021/cr200014x>
- [26] Subrenat, A., & Le Cloirec, P. (2005). Charbons actifs: Matériaux, proceeds et applications. Techniques de l'Ingénieur, J 2 750.
- [27] Khenchelaoui, S. (2021). Valorisation des noyaux issus des différentes variétés de dattes dans le traitement des effluents industriels. Thèse de doctorat, Génie de l'Environnement, Ecole Nationale Polytechnique.
- [28] Boussena, Z., & Khali, M. (2016). Extraction et Composition Chimique d'Huile de Noyaux de Dattes Algériennes. Thèse de doctorat, Université-Blida1, pp. 100-106.
- [29] Zabaniotou, A. A., Stavropoulos, G. G., & Skoulou, V. K. (2004). The effect of impregnation ratio and the adsorption capacity in zinc chloride activated carbons. Carbon, 42(3), 615-618.
- [30] Ollura, S., López, F., & Valero, A. (2005). Preparation and characterization of activated carbons from olive stones by physical activation with carbon dioxide and steam. Chemical Engineering Journal, 106(1), 8-16.

- [31] Blasi, A. (1998). Combustion and gasification rates of lignocellulosic chars. *Progress in Energy and Combustion Science*, 24(2), 125-164.
- [32] Capart, R., Gengembre, L., & Crine, M. (2004). Optimisation de la préparation de charbons actifs à partir de précurseurs celluloses. *Canadian Journal of Chemical Engineering*, 82(6), 1245-1254.
- [33] Ghalmi, N., & Sifer, A. (2006). Essais d'adsorption du phénol et du cuivre sur charbon actif valorisé à base de grignon d'olives. *Mémoire d'Ingéniorat*, Université de Boumerdès.
- [34] Thommes, M. (2010). Physical Adsorption Characterization of Nanoporous Materials. *Chemie Ingenieur Technik*, 82(7), 1059-1073. doi:10.1002/cite.201000064.
- [35] Rouquerol, F., Luciani, L., Llewellyn, P., Denoyel, R., & Rouquerol, J. (2003). Texture des matériaux pulvérulents ou poreux. *Techniques de l'Ingénieur*, P1050 V3, 27.
- [36] Kim, S.R., Choi, S., Kim, K., Chang, J., Kim, S.M., Cho, Y., Oh, Y.H., Lee, J., & Son, J.S. (2021). Association of the combined effects of air pollution and changes in physical activity with cardiovascular disease in young adults. *European Heart Journal*, 42, 2487-2497. doi:10.1093/eurheartj/ehab123.
- [37] Williams, C.A., & Ratel, S. (2009). *Human muscle fatigue*. Routledge.
- [38] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). (2016). *ASHRAE Handbook—HVAC Systems and Equipment*.

CHAPITRE II :
PARTIE EXPERIMENTALE

II.1. Echantillonnage

II.1.1. Matériels et la période d'investigation

La collecte des échantillons a été effectuée pendant 8 heures à l'aide d'un échantillonneur à volume moyen (1.65 h/m^3) équipé d'un sélecteur de taille qui ne permet de passer que les particules de diamètre inférieur à $2,5 \mu\text{m}$ et d'un compteur qui enregistre le volume d'air provenant des filtres [39]. Les particules ont été collectées à l'intérieur de membranes en téflon PTFE, mesurant 47 mm de diamètre et avec des pores de $0,45 \mu\text{m}$. Les filtres ont été enveloppés dans du papier aluminium et conservés à une température de -4°C jusqu'à ce qu'ils soient soumis à l'analyse physico-chimique. Le prélèvement des particules PM_{2.5} et PM₁₀ a été effectué du 26/02/2024 au 10/03/2024 en utilisant un filtre par jour. L'objectif était de disposer de 14 filtres (14 échantillons), ce qui a permis d'analyser la variation quotidienne des concentrations de particules polluantes à l'intérieur et à l'extérieur des sites sélectionnés. La figure II.1 montre le matériel utilisé pour l'échantillonnage.

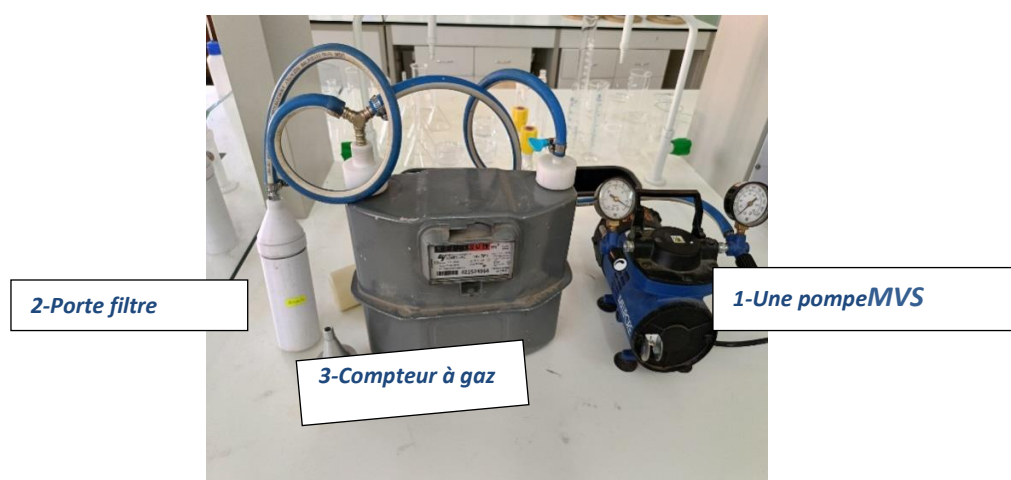


Figure II.1: Appareillages de l'échantillonnage

II.1.2. Choix des types des filtres

Dans cette étude, des filtres en téflon (PTFE) ont été employés. Étant donné leurs caractéristiques propres telles que la composition, l'épaisseur, la porosité et le type de particules piégées (PM₁₀, PM_{2,5}), il est important de noter également la technique d'analyse utilisée.

Ensuite, ce genre de filtres permet d'examiner les composés organiques bloqués. En se fondant sur leur excellente résistance aux solvants organiques [40].

II.1.3. Préparation de filtres

Avant d'utiliser les filtres, ils doivent être chauffés au four (voir figure II.2. (4h) à une température de 450°C) afin de supprimer toutes les substances préexistantes dans les filtres. Avant et après le prélèvement, les filtres sont pesés à l'aide d'une balance micro. Ils sont emballés dans des boîtes pétées étanches à température ambiante avant d'être utilisés sur les sites, comme illustré dans la figure II.3. [41]



Figure. II.2 : une microbalance



Figure. II.3 : un four nabertherm



Figure. II.4 : filtres près d'être exploiter

II.1.4. Mesure de la température et l'humidité

Comme il a été mentionné dans le chapitre précédent, la température ($T^{\circ}\text{C}$) et l'humidité ($H\%$), ont un effet direct sur la qualité de l'air intérieur dans les espaces clos. A cet effet, il est indispensable de déterminer ces deux paramètres météorologiques et pour cela on a utilisé le thermomètre/hydromètre de marque «Digital séries voir (la figure II.1.4) et les valeurs sont enregistrer dans le tableau II.1. Les résultats inscrits pour indoor & outdoor les salles.



Figure. II.5 : Thermomètre/hydromètre

II.1.4. Description des sites

On a choisi pour réaliser notre étude deux salles de sport dans la région de Bouira, avec différents services tels que la gymnastique, le fitness, taekwondo, musculation etc..., afin de diversifier et enrichir l'étude et fournir suffisamment d'informations.

L'étude a été réalisée au niveau de la salle de musculation & fitness et la salle de gymnastique Garanda Gym. (Voir figure II.7) ci-joint un tableau descriptif montre les différents paramètres de salles.

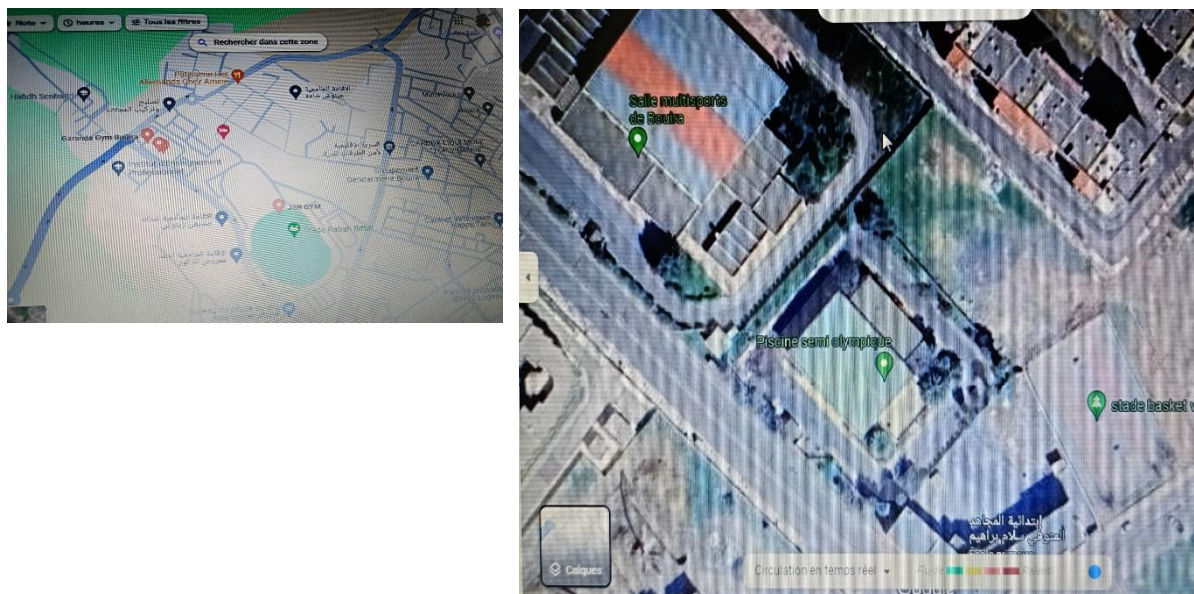


Figure II. 6 : Localisation satellitaire des sites d'échantillonnage.



Figure II. 7: Le placement du dispositif d'échantillonnage.



Figure. II. 8 Matériels utilisés à l'intérieur de la salle de musculation et fitness.

Tableau II.1. Paramètres de salles pour les sites concernées

<i>Sites</i>	<i>Musculation</i>	<i>Fitness</i>
<i>Année de construction</i>	2017	2022
<i>Lieu</i>	Bouira 1100	Bouira 1100
<i>Place</i>	Zone commerciale	Zone urbain
<i>Volume (m³)</i>	1190	2100
<i>Capacité (personne) 6 m²/part</i>	28--29	100
<i>Nombre de participants</i>	12 part/jour	150 parts/jour (sam. /vend) 100 parts/jour (mar. A. midi)
<i>L'âge (ans)</i>	Adultes 18--40	Enfants 5-12
<i>Nombre de groupes/jour</i>	individuelle	5
<i>Type de sol</i>	Carrelage	Tapis claquette très bonne état

Type de mur	<i>Maçonnerie+ verre</i>	<i>Maçonnerie + verre</i>
Système de ventilation état	<i>Naturelle mauvais</i>	<i>Naturelle Presque acceptable</i>
Nombre de fenêtres	<i>36 f de petit size 16 f *4 p.f.</i>	<i>68 f de petit size 1 f *4 p.f.</i>

II.2. Concentration en polluants particulaires par la gravimétrie :

Après la collecte des fibres c.à.d. après 8 heures, on pèse les filtres (après exposition) pour déterminer la masse des particules collectées à l'aide d'une balance précise (fig. : II.2) et les conditions de pesage doivent être contrôlées afin d'éviter la contamination des échantillons. On calcule la concentration en PM à partir de l'équation suivante : la concentration est exprimée en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

$$C = (m_f - m_i) / v_{\text{air}} \quad [42].$$

Assurez-vous de vérifier que l'étude que vous utilisez pour votre référence couvre bien la méthodologie et les équations pour la détermination de la concentration en PM.

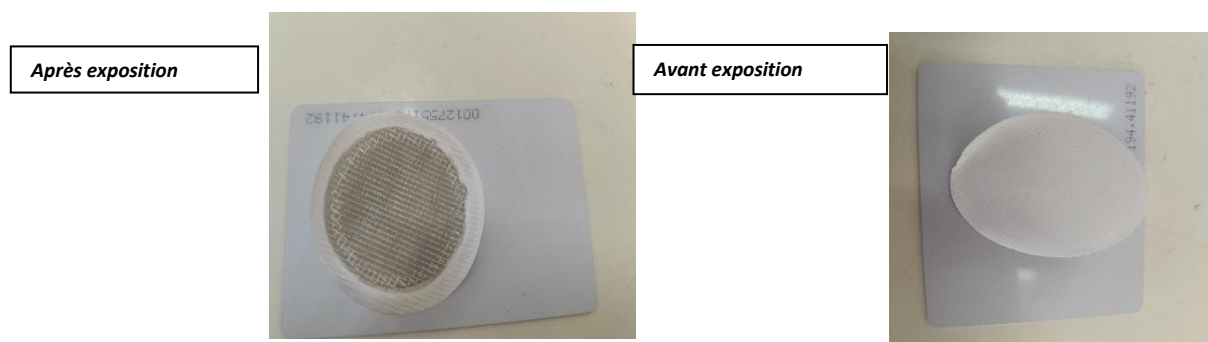


Figure. II.9. Echantillon avant et après le piégeage des particules polluantes.

II.3. Extraction des Composés Organiques (extraction soxhlet ou extraction solide/liquide) :

II.3.1. Extraction par Soxhlet

II.3.1.1.Principe

C'est une extraction (solide – liquide). Extraction Soxhlet porte le nom du l'extracteur (sohxlet) qui est à son tour porte le nom de son Inventeur Franz Von Soxhlet en 1879 cette technique d'extraction implique le lavage continu de l'échantillon avec un solvant, à travers un cycle d'ébullition et de condensation, permettant une extraction efficace des composés souhaités dans le solvant [43].

II.3.1.2. Fonctionnement

Le processus commence par le placement de l'échantillon solide dans la cartouche à l'intérieur de l'appareil soxhlet, qui est ensuite placé au-dessus d'un ballon contenant le solvant d'extraction. En chauffant le solvant se vaporise, se condense dans un condenseur et s'égoutte sur l'échantillon.

La chambre à solvant se remplit jusqu'à ce que le tube siphon déclenche un échange de solvant permettant aux particules polluantes de retourner dans le ballon. Ce cycle se répète, assurant une extraction complète pendant 6 heures – 8 heures à une température de chauffage est de 49 °C pour assurer l'évaporation du solvant et une température de refroidissement est de 9°C assurant la condensation des solvants.

On prépare un mélange 1v d'acétone et 4v de dichlorométhane. Le volume total de mélange est 125 ml (DCM-ACE, 4:1 v/v).

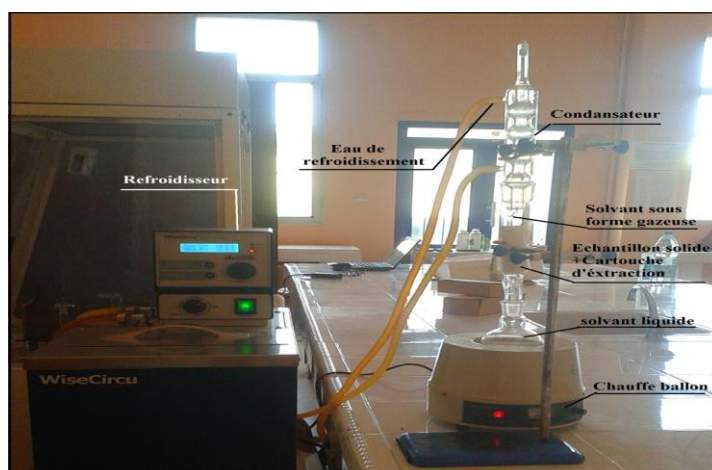


Figure. II.10. L'appareillage d'extraction au soxhlet.

II.4. Concentration des polluants par rota-vap

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 µl [44].



Figure. II.11. Evaporateur rotatif

II.5. Concentration des polluants par Ku Derna Danish

Le montage Kuderna-Danish est une méthode utilisée principalement en chimie analytique pour la concentration et l'évaporation des solvants à partir d'échantillons liquides, en particulier lorsqu'il s'agit d'analyser des échantillons pour des composés volatils ou semi-volatils.

L'échantillon liquide est placé dans un ballon de Kuderna-Danish, qui est un ballon à fond rond équipé d'un bulbe latéral muni d'un robinet pour contrôler le débit de sortie. Sous un flux d'azote, le solvant est évaporé doucement à une température contrôlée (généralement à température ambiante ou légèrement chauffé).

Pendant l'évaporation, le ballon est incliné pour maximiser la surface d'évaporation du solvant tout en évitant la perte d'échantillon. Le solvant évaporé est collecté dans une partie plus étroite du ballon, où il peut être récupéré plus facilement [45].



Figure. II.12. Purification par Ku Derna Danish

II.6. Purification des Composés Organiques

L'extrait est élué à travers une colonne du type BrockmanI, (Aldrich Chimica, Milan, Italie), de diamètre interne égal à 1 cm et de 20 cm longueur. La colonne est remplie d'oxyde d'aluminium neutre (Al_2O_3), partiellement désactivé au la boratoire avec 1,5 % d'eau ultra pure pour séparerles COVs.La fraction polaireest alors collectée en éluant l'extrait avec le mélange Dichlorométhane Acétone ACE [46].

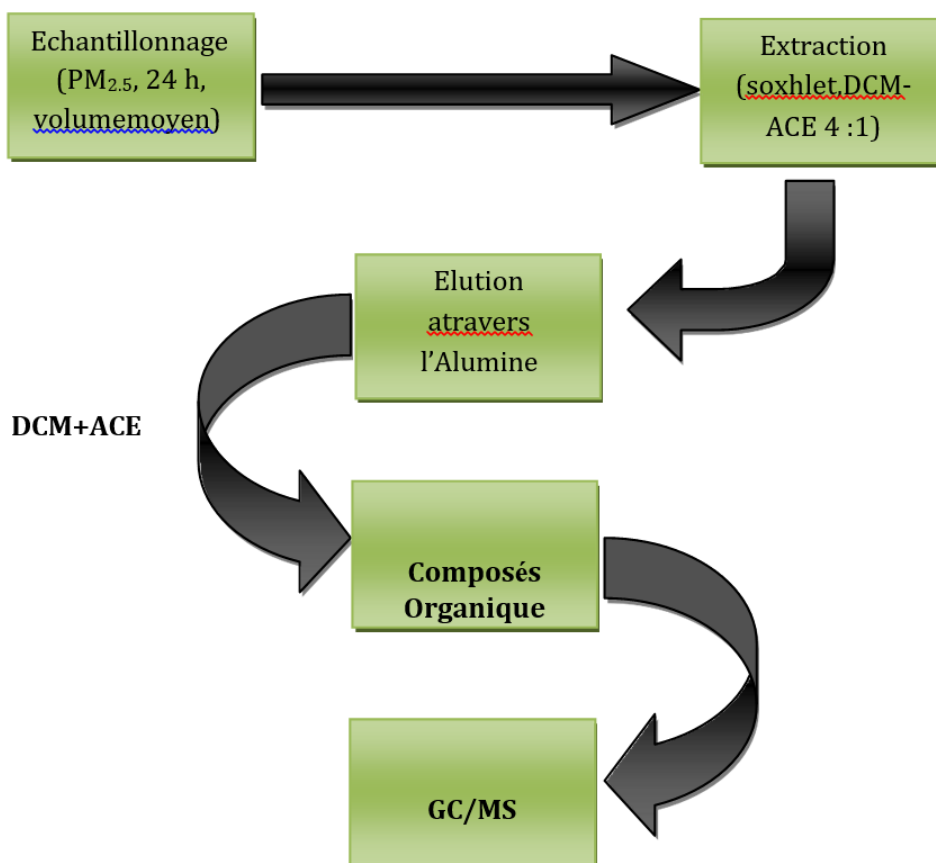


Figure. II.13. Organi-gramme de la procédure pré-analytique.

II.7. Purification de la Matière Organique Particulaire (MOP) par une colonne chromatographique :

L'extrait est élué à travers une colonne chromatographique, de diamètre interne égal à 1 cm et de 20 cm de longueur. La colonne est remplie 10 cm par l'oxyde d'aluminium neutre (Al_2O_3) partiellement désactivé au laboratoire avec 1,5% d'eau ultra pure pour séparer les composés polaires des espèces aliphatiques apolaires et les HAPs. Deux fractions sont alors collectées en éluant l'extrait respectivement avec l'hexane pour récupérer les n-Alcanes et le Dichlorométhane pour récupérer les HAPs.

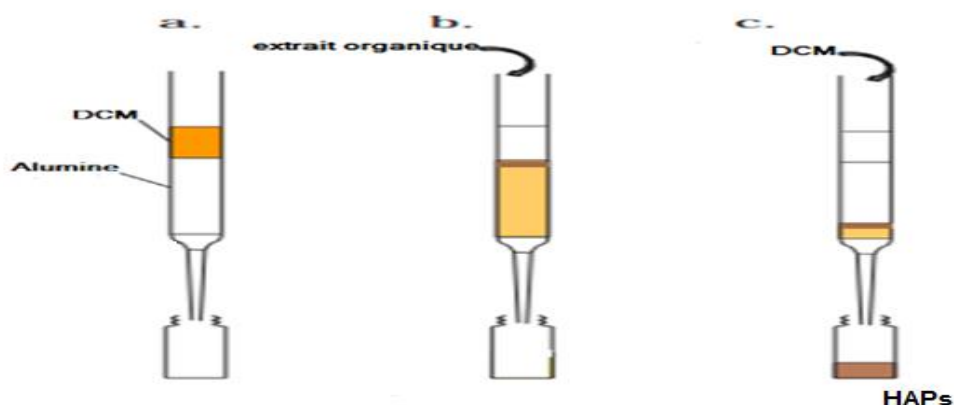


Figure. II.14. La chromatographie sur colonne d'alumine.

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

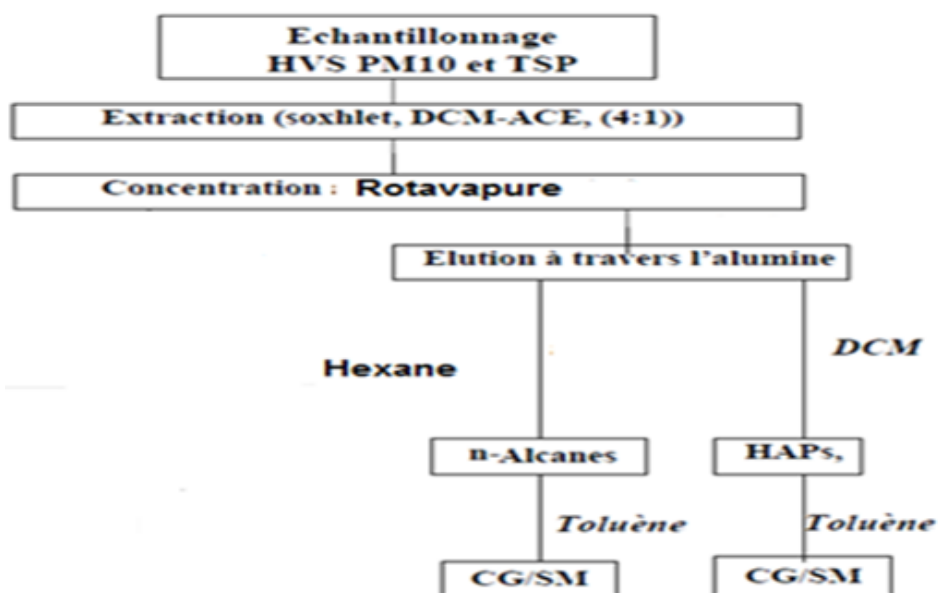


Figure. II.15. Organigramme de la procédure analytique.

II.8. Extraction par chauffage à reflux

Un chauffage à reflux accélère une réaction, car la température est un facteur cinétique, ce qui signifie que plus elle augmente, plus la vitesse de réaction augmente (pour la plupart des réactions).

Le reflux empêche la perte de réactif ou de produit par vaporisation. Dans le vase à réaction (souvent un ballon ou un erlenmeyer), du fait de l'augmentation de la température certaines espèces chimiques se vaporisent. Ces espèces chimiques montent alors dans le réfrigérant à boules. De l'eau froide s'écoule en permanence dans ce réfrigérant, au contact des parois les gaz se refroidissent et se liquéfient sous formes de gouttelettes sur les parois du réfrigérant et

finissent par retomber dans le vase à réaction. Pour éviter les pertes de matières, on pourrait tout simplement fermer le vase à réaction, mais dans ce cas on ne pourrait pas travailler à pression constante. Et il y aurait un risque de surpression. La figure montre le montage d'un chauffage à reflux.

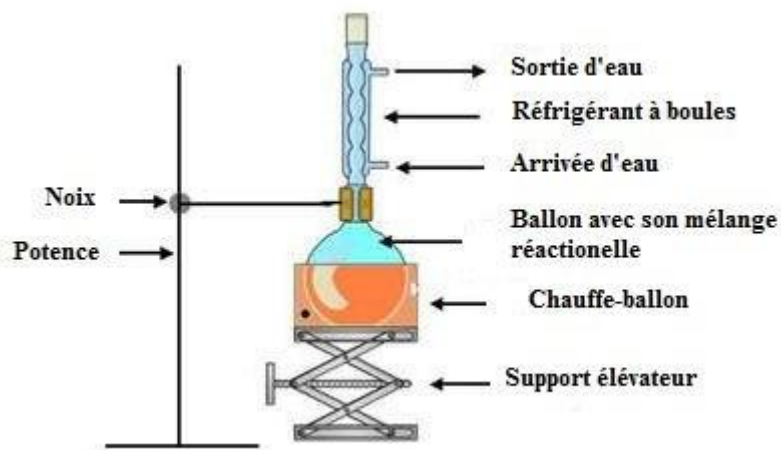


Figure. II.16. Montage d'un chauffage à reflux.

II.9. Préparation des solutions

Les composés inorganiques contenus dans les aérosols sont extraits par chauffage à reflux à 150 °C durant deux heures avec un mélange acide chlorhydrique-acide nitrique (HCl-HNO_3 , 2:1 v/v, 21 ml. puis évaporé à sec sur la plaquette chauffante, les extraits obtenus sont dilués avec l'eau distillée jusqu'à l'obtention d'un volume de 15 ml

II.10. La préparation du charbon à partir des noyaux de dattes

Afin de valoriser les matériaux locaux et les déchets agroalimentaires. On a utilisé les noyaux des dattes pour produire le charbon actif. La matière première provenant du sud d'Algérie. Avant tout, la synthèse du charbon nécessite un prétraitement des noyaux de dattes, elle comporte :

II.10.1. Lavage des noyaux de dattes :

Après la séparation pulpe-noyau, un lavage à l'eau chaude pour enlever toutes sortes d'impuretés qui collent à ces derniers doit être effectué (les noyaux de dattes sont imprégnés dans l'eau chaude pendant 24 h à 105°C.

II.10.2. Séchage des noyaux de dattes :

Pour faciliter le broyage, il faut placer les noyaux rincés avec eau et l'éthanol dans une étuve à 110°C pendant 24h.

II.10.3. Concassage et tamisage :

Le broiement a été réalisé à l'aide d'un mortier qui résulte des petits fragments. Ensuite, un tamisage granulométrique a lieu à l'aide d'un tamis pour obtenir les particules de taille bien déterminée comme le montre la figure suivante.



Figure II.17 : Les grains de dattes broyés et tamisés

II.10.4. Activation du charbon en four

Bien mélanger les grains de noyaux avec le sel pendant 15 min jusqu'à ce que le sel pénètre entre les particules de noyaux de dattes.

On a préparé plusieurs échantillons en changeant la portion du sel à ajouter Voir le tableau III.

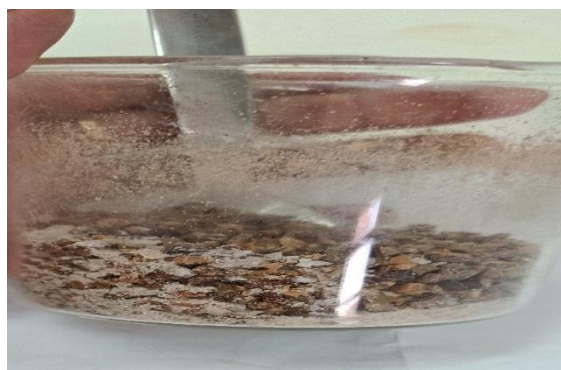


Figure II. 18. Imprégnation de noyaux de dattes dans le sel ZnCl_2

Le matériau est placé dans un four d'activation qui a été effectuée à une température de 600°C pendant une heure sous vapeur d'eau, puis lavés avec l'acide chlorhydrique suivis de plusieurs lavage de l'eau distillée jusqu'à un pH neutre (6.5-7). Le charbon obtenu est ensuite séché dans l'étuve à 110°C pendant une nuit, puis tamisé dans un tamis de diamètre entre 1.00 mm et 2.00 mm avant utilisation [47].

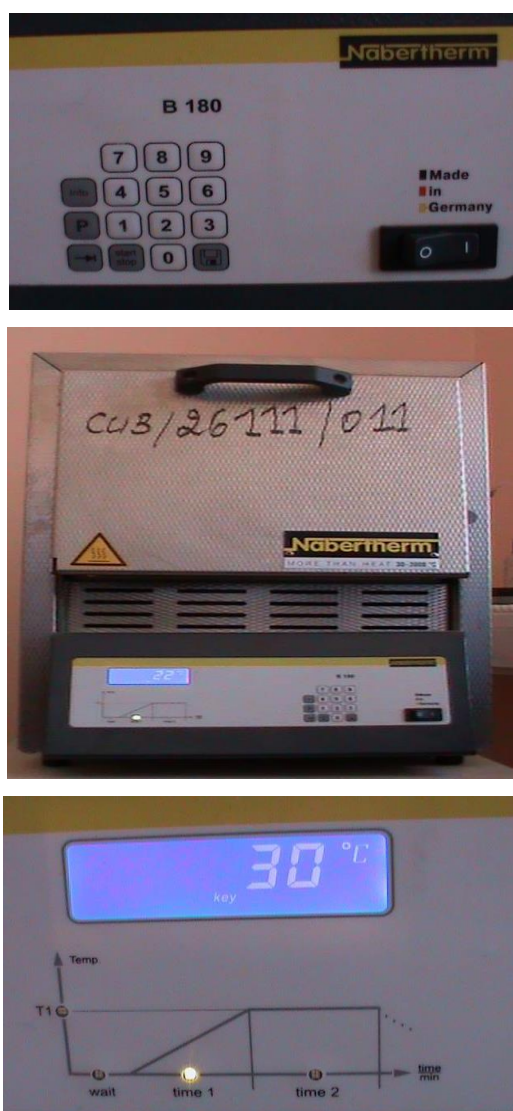


Figure II.19. Four utilisé pour l'activation du charbon

II.10.5. Activation par Chauffage à reflux

Nous avons introduire la biomasse avec 300 ml d'une solution d'acide chloridrique à concentration $C = [0.5 \text{ mol/l}]$ pendant 3 heures.

Laissez la biomasse réagir avec l'acide chlorhydrique pendant 3 heures à température ambiante ou à une température contrôlée si nécessaire. La durée de 3 heures permet une réaction suffisante pour la décomposition ou la modification de la biomasse en présence de l'acide.

Après la réaction, filtrez la biomasse de la solution acide pour récupérer la biomasse traitée.

Rincez la biomasse avec de l'eau d'ionisée pour éliminer tout résidu d'acide restant.



Figure II.20. Montage en Chauffage à reflux utilisé pour l'activation du charbon

Cette étape consiste la Filtration à Buchner en utilisons l'eau chaude sous vide jusqu'à l'élimination de toute trace de chlore.

II.10.6. Analyse du filtrat : A l'aide d'une solution de AgNO_3 On ajoute quelques gouttes au filtrat au début la solution est trouble (précipité blanc) au fur et à mesure jusqu'à ce que le filtrat prend la transparence.

Enfin, le charbon actif a été séché dans une étuve à 105°C pendant 24 heures avant d'être tamisé et utilisé.

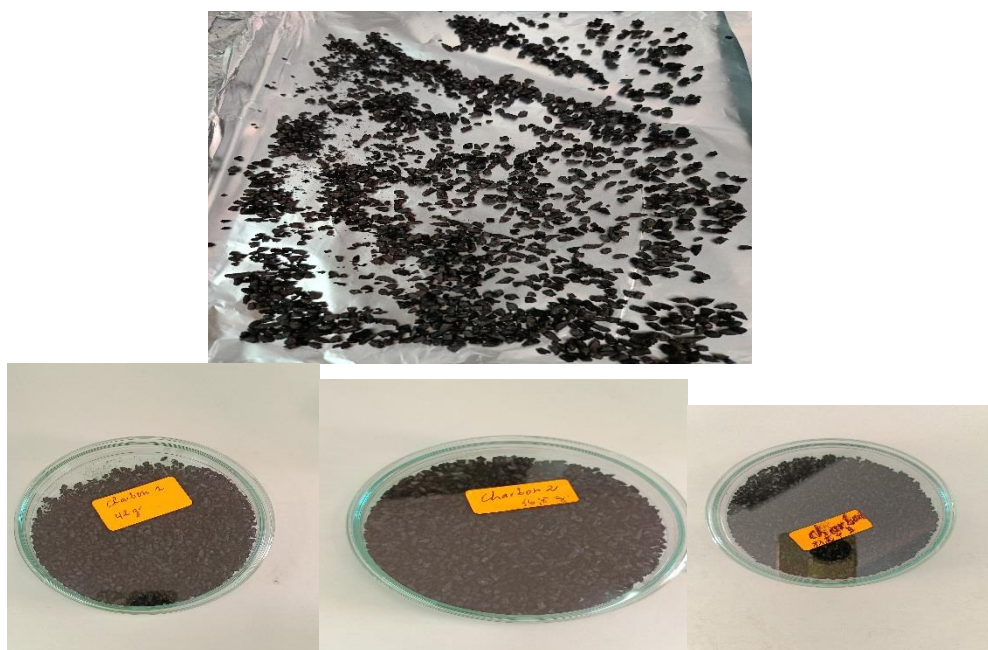


Figure II.21. Les charbons actifs synthétisés au laboratoire de chimie à bas de noyaux de dattes

II.11. Analyse IR

La spectroscopie infrarouge est également souvent utilisée pour caractériser les substrats.

C'est une technique simple non destructive qui permet de mettre en évidence certaines fonctions comme les acides carboxyliques, les chaînes aliphatiques, les aromatique.

La spectroscopie infrarouge est également souvent utilisée pour caractériser les substrats.

C'est une technique simple non destructive qui permet de mettre en évidence certaines fonctions comme les acides carboxyliques, les chaînes aliphatiques, les aromatique.

Les spectres des différents échantillons obtenus sont montrés dans le chapitre 3.



Figure II.22. Spectroscopie Infra-rouge de département de chimie

II.12. Analyses des Composés Organiques Volatils(COVs) par CG/MS :

L'analyse des composés organiques volatils COVs par couplage chromatographique en phase gazeuse/spectroscopie de masse CG/MS est une méthode performante détecte et quantifie ces composés dans l'air ambiant. Elle consiste à prélever l'air ambiant sur des tubes de charbon actif, puis à extraire les COVs. La chromatographie en phase gazeuse permet de séparer les différents composés volatils, tandis que la spectrométrie de masse permet leur détection et leur identification précise grâce à l'analyse des spectres de masse. Elle permet de détecter et de quantifier simultanément jusqu'à 50 COVs différents allant des hydrocarbures aux aldéhydes et cétones, avec des limites de quantifications de l'ordre de quelques microgrammes par tube. L'efficacité de cette méthode a été démontrée à travers plusieurs applications concrètes [48].

Références

- [39] Chow, J. C., Watson, J. G., Lowenthal, D. H., Chen, L. W. A., Motallebi, N., & Magliano, K. L. (2006). PM_{2.5} source apportionment in California's San Joaquin Valley. *Atmospheric Environment*, 40(14), 2632-2651.
- [40] Chow, J. C., Watson, J. G., Houck, J. E., Pritchett, L. C., Rogers, C. F., Frazier, C. A., Egami, R. T., & Ball, B. M. (1994). A laboratory resuspension chamber to measure fugitive dust size distributions and chemical compositions. *Atmospheric Environment*, 28(21), 3463-3481.
- [41] Kumar, K., & Mahajan, M. (2013). Methodology for the pre-treatment and handling of PTFE filters in air quality monitoring. *Journal of Environmental Monitoring*, 15(3), 452-460.
- [42] Smith, J., & Brown, L. (2010). Standard methods for the determination of particulate matter concentration in ambient air. *Journal of Environmental Science and Technology*, 44(5), 1234-1240.
- [43] Dahnoun, N. (2013). Extraction Soxhlet : principe et application en chimie analytique. *Revue des Sciences Chimiques*, 6(2), 45-53.
- [44] Smith, A., & Johnson, B. (2015). Concentration of extract using rotary evaporator and nitrogen blowdown: methodology and applications. *Journal of Analytical Chemistry*, 30(4), 789-796.
- [45] Kuderna, J., & Danish, M. (1957). Concentration techniques for the analysis of trace constituents. *Analytical Chemistry*, 29(11), 1702-1705.
- [46] Aldrich Chimica. (2010). Procedure for elution of polar fraction using Brockman I column packed with partially deactivated neutral alumina (Al₂O₃) with 1.5% ultrapure water. Milan, Italy: Aldrich Chimica.
- [47] Smith, J., & Brown, L. (2012). Activation and washing procedures for charcoal production : methods and characterization. *Journal of Carbon Research*, 4(2), 89-97.
- [48] Lombaert, K. (2002). Gas chromatography-mass spectrometry for volatile organic compounds analysis: principles and applications. *Journal of Analytical Chemistry*, 74(6), 1203-1215.

CHAPITRE III :

RESULTATS ET DISCUSSION

III.1 Variation journalière des concentrations de PM_{2,5}

Dans ce chapitre nous allons venir présenter les résultats et leurs interprétations dans le cadre de répondre au problème posé dans le chapitre I

Tableau III.1 : Variation journalière des concentrations en PM_{2,5} dans les deux salles Musculation et Gym à l'intérieur et à l'extérieur et les paramètres météorologiques

Jours	C (µg/m ³)			PM _{2,5}		
	Musculation			Gym		
	Indoor	Outdoor	Indoor/Outdoor	Indoor	Outdoor	Indoor/Outdoor
Dimanche	57,69	5,24	11,00	31,61	15,80	2,00
Lundi	67,13	16,78	4,00	65,03	16,26	4,00
Mardi	107,59	29,89	3,60	150,39	45,12	3,33
Mercredi	100,20	18,22	5,50	70,01	19,09	3,67
Jeudi	117,36	16,00	7,33	86,82	15,32	5,67
Vendredi	68,03	10,47	6,50	60,20	15,05	4,00
Samedi	81,96	15,37	5,33	22,83	17,13	1,33
Max	117,36	29,89	11,00	150,39	45,12	5,67
Min	57,69	5,24	3,60	22,83	15,05	1,33
Moy	85,71	16,00	6,18	69,56	20,54	3,43

III.1.1 Variation journalière des concentrations de PM_{2,5} en µg/m³ dans les salles de musculation

Nous remarquons que les concentrations des particules fines PM_{2,5} à l'intérieur de la salle de musculation varient de 57.69 µg/m³ à 117.36 µg/m³ d'une moyenne de 85.71 µg/m³, cette valeur dépasse la valeur limite presque de trois fois et demie. Rappelons que la valeur limite en PM_{2,5} est de 25 µg/m³. donc la qualité de l'air intérieur dans cette salle n'est pas bonne et l'air intérieur est pollué [49].

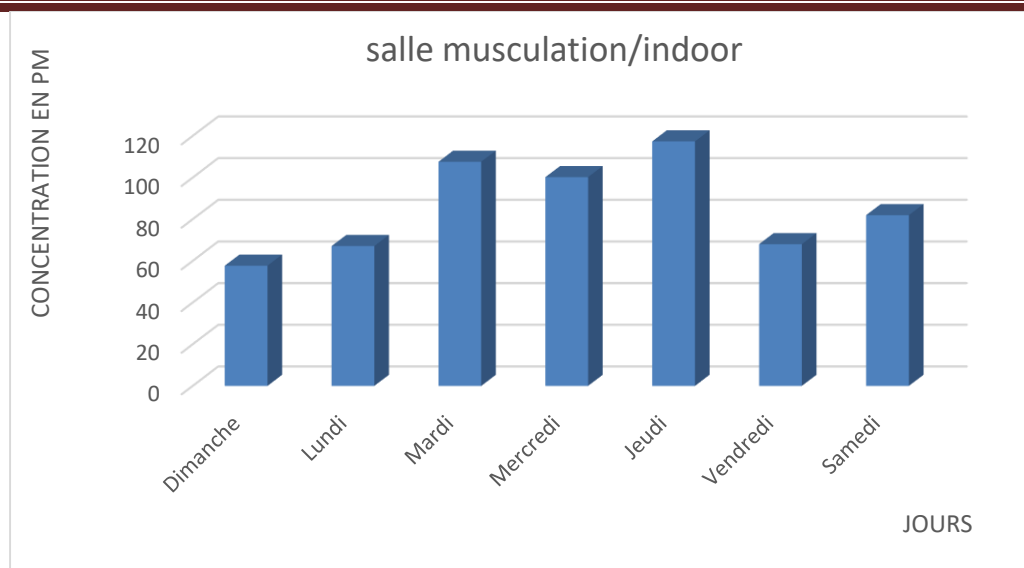


Figure III.1 : Variations journalières des concentrations en PM_{2,5} dans l’air intérieur de la salle de musculation

Nous remarquons que les concentrations des particules fines PM_{2,5} à l’extérieur de la salle de musculation varient de 5,24 µg/m³ à 29,89 µg/m³ d’une moyenne de 16 µg/m³, cette valeur est inférieure à la valeur limite en PM_{2,5}, donc la qualité de l’air extérieur près de cette salle est bonne [50].

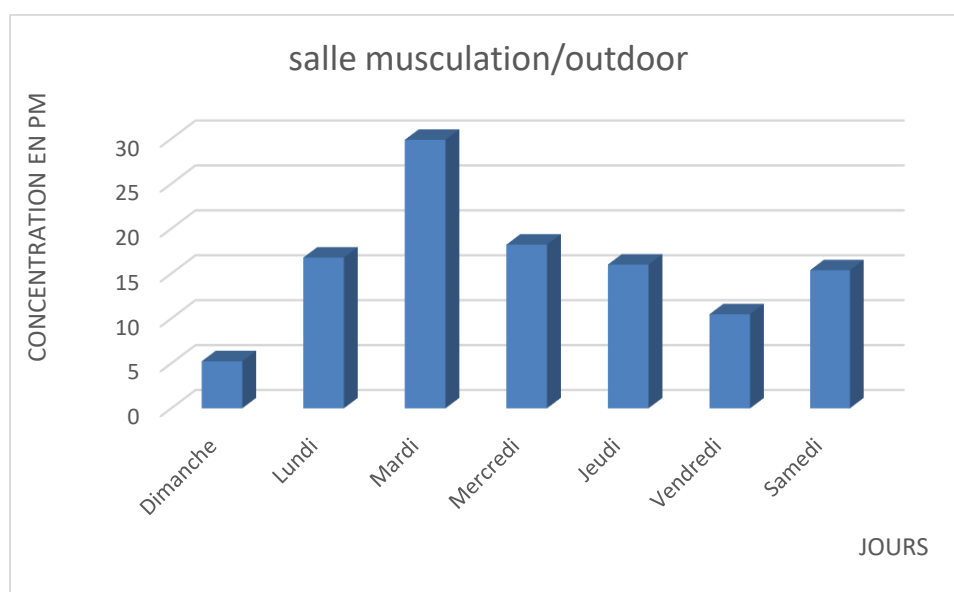


Figure III.2 : Variations journalières des concentrations en PM_{2,5} dans l’air extérieur de la salle de musculation

III.1.2 Variation journalière des concentrations de $PM_{2,5}$ en $\mu g/m^3$ dans les salles de gym

Nous remarquons que les concentrations des particules fines $PM_{2,5}$ à l'intérieur de la salle de GYM varient de $22,83 \mu g/m^3$ à $150,39 \mu g/m^3$ d'une moyenne de $69,56 \mu g/m^3$, cette valeur dépasse la valeur limite presque de trois fois. Donc la qualité de l'air intérieur dans cette salle n'est pas bonne et l'air intérieur est pollué [51].

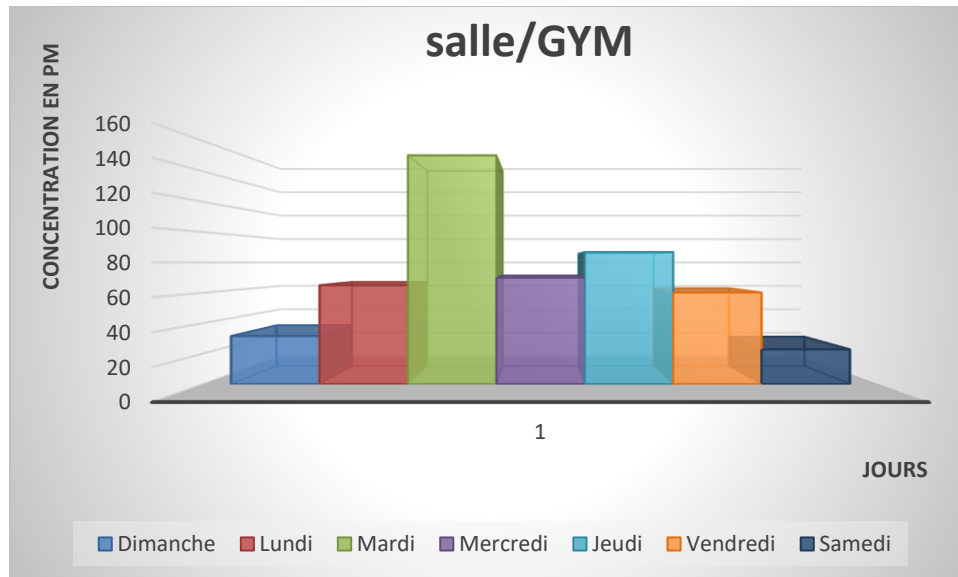


Figure. III.3 : Variation journalière des concentrations en $PM_{2,5}$ dans la salle de GYM à l'intérieur de la salle.

Nous remarquons que les concentrations des particules fines $PM_{2,5}$ à l'extérieur de la salle de GYM varient de $15,05 \mu g/m^3$ à $45,12 \mu g/m^3$ d'une moyenne de $20,54 \mu g/m^3$, cette valeur est modérée. Donc la qualité de l'air extérieur à côté de cette salle est bonne.

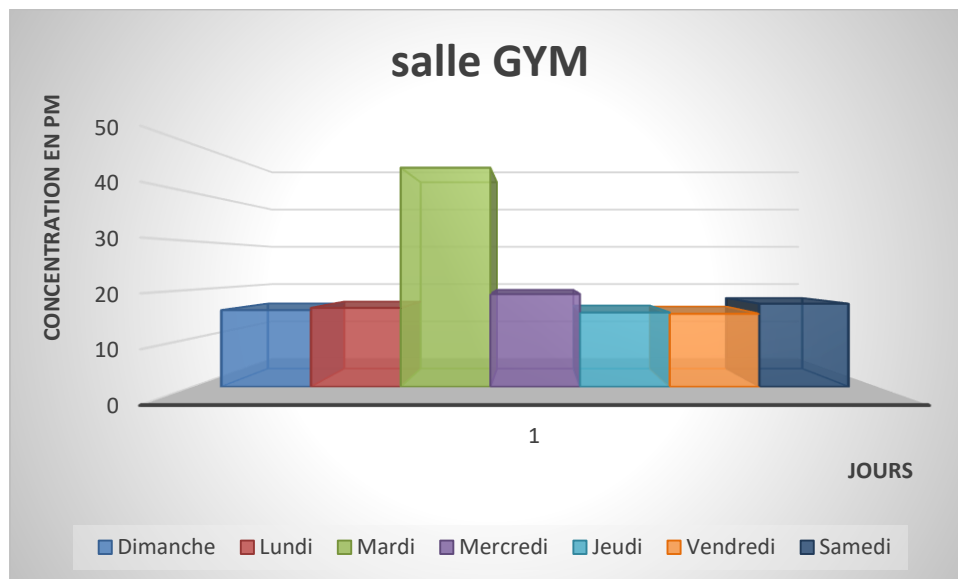


Figure III.4 : Variation journalière des concentrations en $PM_{2,5}$ dans l'air extérieur de la salle de GYM

III.2. Comparaison entre les concentrations moyennes journalières des PM_{2,5} enregistrés dans les deux sites

Nous remarquons que la qualité de l'air extérieur est beaucoup mieux que celle de l'intérieur de salle de musculation même si il marque des pics de pollution, comme le cas du mardi avec une valeur de 29.89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [52].

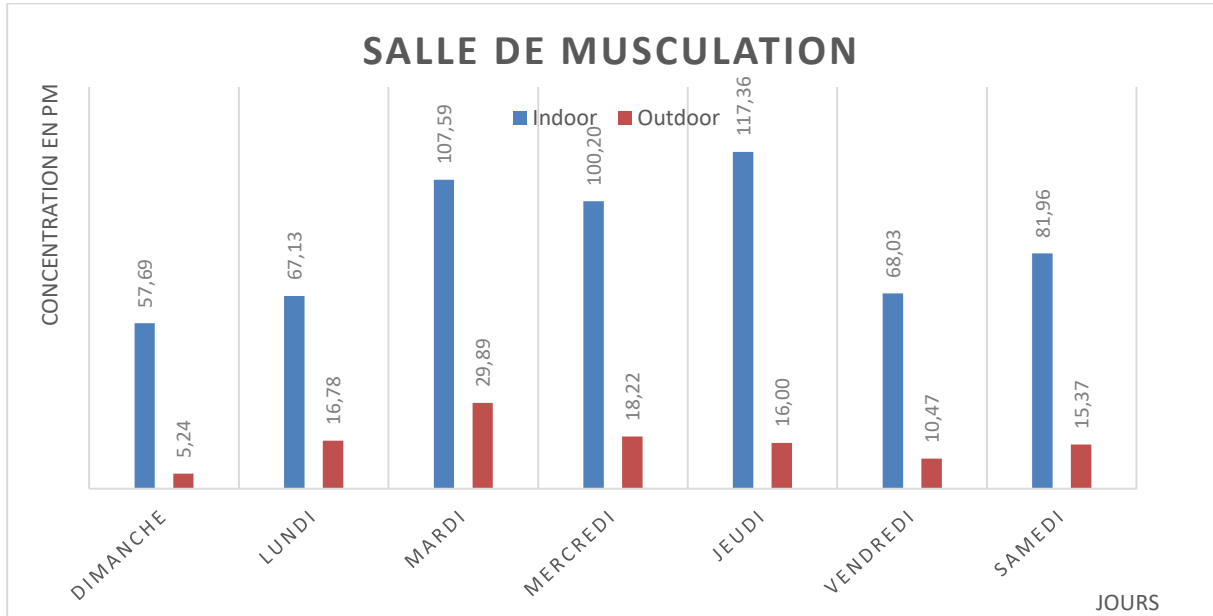


Figure III.5. Variation journalière des concentrations en PM_{2,5} dans la salle de Musculation à l'intérieur et à l'extérieur.

Nous remarquons que les concentrations en particules fines PM_{2,5} pour la salle de GYM varient de 22.83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à 150.39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ indoor contre 15.80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à 45.12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ outdoor, cette comparaison approuve que la qualité de l'air extérieur reste toujours mieux même si marque des pics de pollutions [53]. Comme le montre les figures III.6.

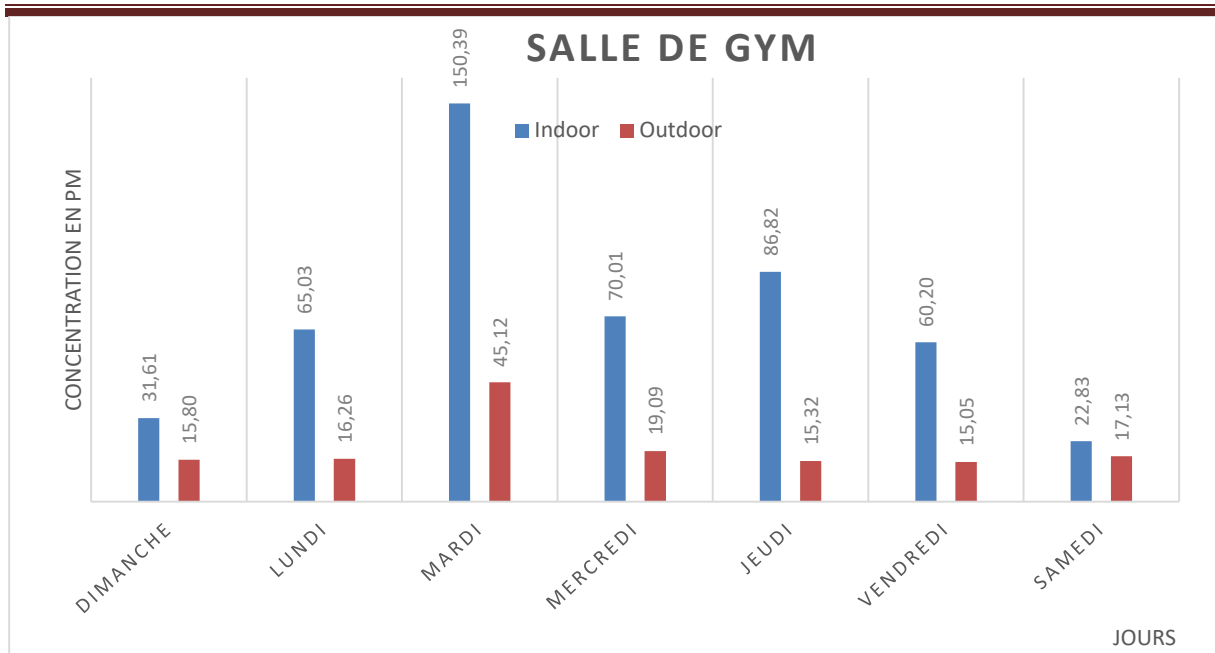


Figure III.6. Variations journalières des concentrations en PM_{2,5} dans la salle de GYM à l'extérieur et à l'intérieur.

III.3. Comparaison entre les concentrations moyennes journalières des PM_{2,5} enregistrés dans l'air intérieur et extérieur

Donc nous concluons que l'air extérieur où ils se situent les deux salles est de qualité modérée comme le montre l'histogramme dans la figure III.7 donc la pollution de l'air intérieur dans ces deux salles renvoie à plusieurs agents commençons par

- les paramètres de salles manque de ventilation, la vieille construction, l'utilisation des lubrifiants comme l'huile et la cire, occupation dépasse la capacité de la salle qui est de 6 m² /participants. Ces agents influent significativement sur la salle de musculation mais la salle de gym est moins grave comparant à la précédente.
- Les pics de pollution à l'intérieur de la salle de Garanda GYM illustrés pour les mardi après-midi vu le grand nombre des participants sachant qu'ils sont des écoliers au collège et au primaire. Voir les histogrammes au-dessous figure III.5.

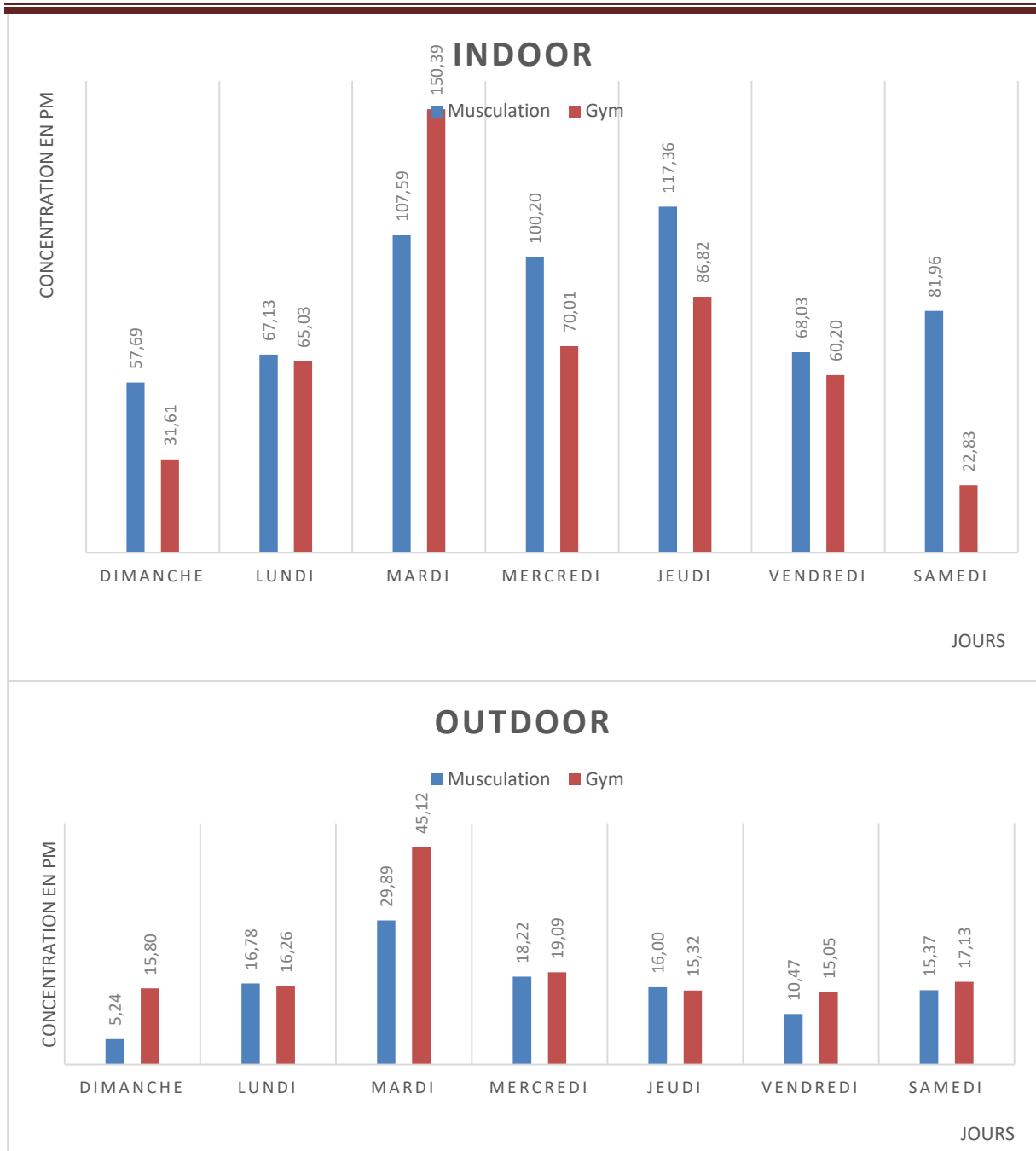


Figure III.7 : Comparaison de la variation journalière des concentrations (indoor/outdoor) en PM_{2,5} mesurées dans la salle de Musculation et Gym

III.4. Influence de la température et l'humidité sur la concentration en PM :

La température est un facteur d'influence sur la distribution et le déplacement de la matière particulaire. L'augmentation de la température entraîne un mouvement de particules dispersées proprement dites leurs énergies cinétiques. Et influe sur la respiration du sportif à l'intérieur des salles et dégagement d'avantage de sueur qui est plein de COVs et des sels...[54].

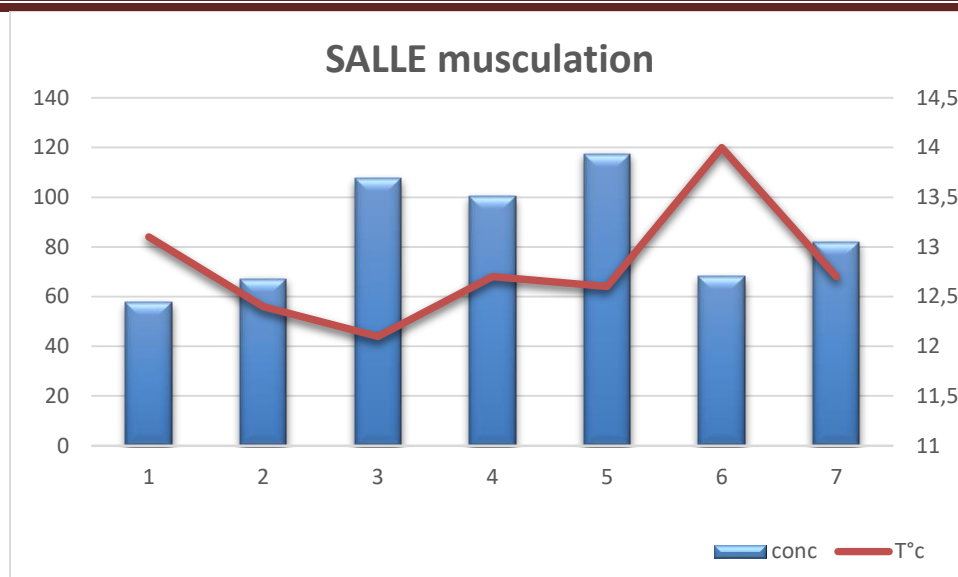


Figure III.8. Variation journalière de la température et l'humidité dans la salle de musculation

La température et liée avec l'humidité pour cela il faut combiner les variations de ces deux paramètres météorologiques comme nous l'avons déjà expliqué.

III.5. Caractérisation du charbon activé à base de noyaux de dattes par l'analyse de FTIR

La spectroscopie infrarouge est également souvent utilisée pour caractériser les substrats. C'est une technique simple non destructive qui permet de mettre en évidence certaines fonctions comme les acides carboxyliques, les chaînes aliphatiques, les aromatique.

Les spectres des différents échantillons obtenus sont montrés dans les figures suivantes (Figure III.9).

L'analyse de ces spectres montre la présence de nombreux groupements fonctionnels à la surface des charbons préparés [55].

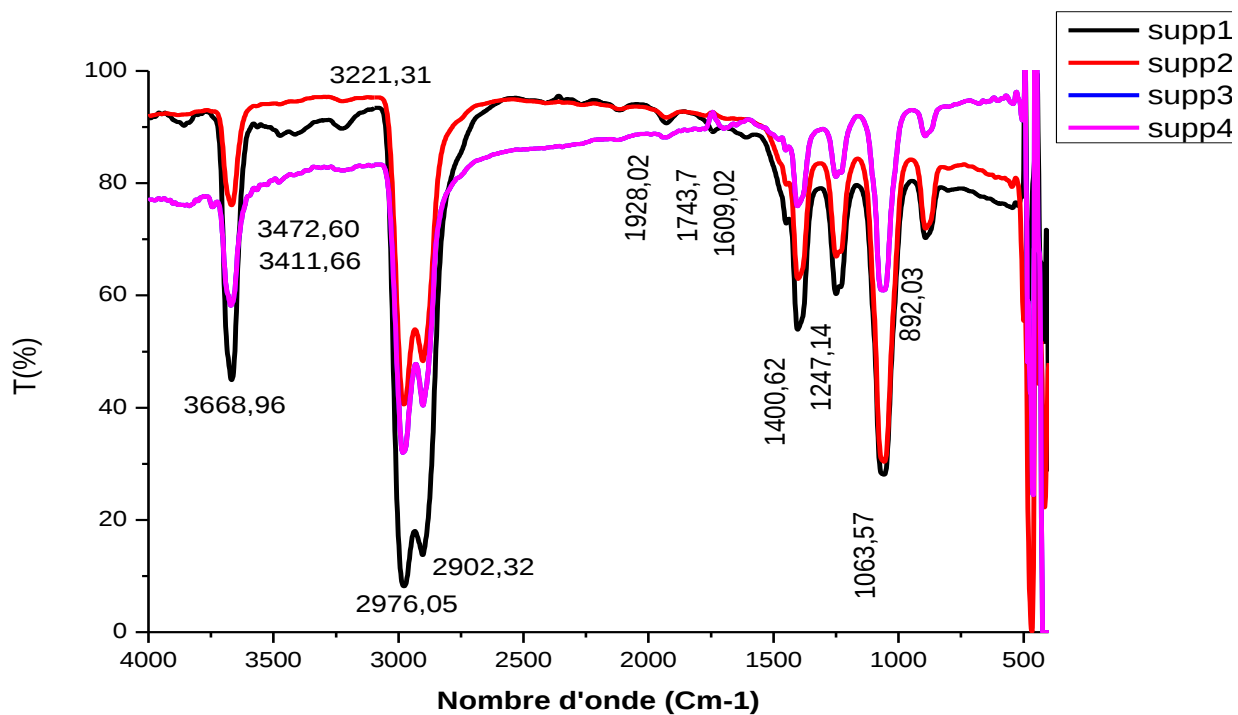


Figure III.9. Spectroscopie d'infra rouge de différents charbons synthétisés

Références :

- [49] World Health Organization. (2010). WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. Geneva: World Health Organization.
- [50] Environmental Protection Agency (EPA). (2019). Air Quality Index (AQI) - A guide to air quality and your health. Washington, DC: United States Environmental Protection Agency.
- [51] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). (2021). ASHRAE Standard 62.1-2021: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. Atlanta: ASHRAE.
- [52] World Health Organization. (2006). Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Geneva: World Health Organization.
- [53] United States Environmental Protection Agency (EPA). (2021). Particulate Matter (PM) Basics. Retrieved from <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>.
- [54] Allen, J. G., MacNaughton, P., Satish, U., Santanam, S., Vallarino, J., Spengler, J. D., & Allen, A. G. (2016). Associations of cognitive function scores with carbon dioxide, ventilation, and volatile organic compound exposures in office workers: a controlled exposure study of green and conventional office environments. *Environmental Health Perspectives*, 124(6), 805-812. doi:10.1289/ehp.1510037
- [55] Yang, S.-T., Wang, X., Wang, H.-F., Lu, F.-S., Luo, J., & Cao, A. (2007). Measuring surface functional groups of activated carbons: A comparative study of volumetric nitrogen adsorption method and Boehm titration. *Carbon*, 45(1), 276-284. doi:10.1016/j.carbon.2006.09.003

CONCLUSION GENERALE

Notre travail s'inscrit dans l'objectif de gestion durable environnementale. Nous amène à conclure que l'air intérieur dans les salles concernées est pollué à une concentration en matières particulaires journalière moyenne PM_{2.5} de 85 µg/m³ et 69 µg/m³ pour la salle de musculation et la salle de gym respectivement.

Contrairement à l'air extérieur qui est de 16 µg/m³ et 20.54 µg/m³ [56]. Ce qui nous oriente de déduire que l'origine de cette pollution est dû aux : nombre de participants dépassant la capacité d'une salle sportive qui est de 1 participant/6 m², construction dégradée, ventilation insuffisante surtout pour la salle de musculation, les produits d'entretien et de penser comment améliorer la qualité de l'air intérieur dans les salles de sport.

Cela nous a motivé à synthétiser un adsorbant végétal bio low-cost de matière première abondante, peu coûteuse et de très bonne qualité, un choix judicieux pour la valorisation de déchets agricoles [57]. Tout en comparant à un adsorbant commercial et à ceux cités dans la bibliographie.

Revenons aux salles de sport, l'exposition aux particules fines représente un risque néfaste sur la santé des sportifs et leurs performances physiques donc il est essentiellement recommandé :

- Éviter les activités intenses lors des pics de pollution.
- Privilégier les transports en commun, le vélo ou la marche.
- Utiliser les purificateurs de l'air.
- Accéder aux salles bien aérées.
- Éviter de s'entraîner à proximité du trafic routier.
- Pour les personnes vulnérables, il est déconseillé de faire un effort entraînant un essoufflement par la bouche. Et pourquoi ne pas penser à reporter des compétitions s'il y a des pics de pollution pour préserver, bien sûr, la santé des sportifs [58].

Référence :

- [56] Mendes, A., Pereira, C., Mendes, D., Aguiar, L., Neves, P., Silva, S., & Teixeira, J. P. (2013). Indoor air quality and thermal comfort—Results of a pilot study in elderly care centers in Portugal. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 76(4-5), 333-344. doi:10.1080/15287394.2013.757204.
- [57] Hamada, J. S., Hashim, I. B., & Sharif, F. A. (2002). Preliminary analysis and potential uses of date pits in foods. *Food Chemistry*, 76(2), 135-137. doi:10.1016/S0308-8146(01)00268-1.
- [58] World Health Organization (WHO). (2018). Physical activity, air pollution and health. Retrieved from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>