وزارة التعليـم العالـي والبحـث العلمـي

جامعـة قاصـدي مربـاح ورقلـة

كليـة الرياضيات وعلـوم المـادة

قسـم الكيمياء

مذكـرة مقدمة لنيل شهادة ماستر أكاديمي

فـي الكيـمياء

التخصص: كيمياء البيئة

من إعداد: وزاني انتصار

بعنـوان

دراسة استقصائية حول تلوث الهواء بالمركبات العضوية المتطايرة (COV_s)

نوقشت علنًا يوم: 17/ 06 /2021

أمام لجنة المناقشة:

منـال زاوي	أستاذ محاضر (أ) بجامعة قاصدي مرباح - ورقلة -	رئيسًـا
مسعودة علاوي	أستاذ محاضر (أ) بجامعة قاصدي مرباح - ورقلة -	مناقشًـا
خولة شاوش	أستاذ محاضر (ب) بجامعة قاصدي مرباح - ورقلة -	مـقررًا

السنة الجامعية : 2020 / 2021

اهداء

الحمـــد لله ذي المـــن والفضـــل والإحســـان حمـــداً يليـــق بجلالـــه وعظمتـــه

وَصـــلّ اللهـــم علـــى خـــاتم الرســـل، مـــن لا نبـــي بعـــده، صـــلاةً تقضـــي لنـــا بهـــاالحاجـــات، وترفعنـــا بهـــا أعلـــى الـــدرجات و تبلّغنـــا بهـــا أقصـــى الغايـــات مـــن جميـــع الخيـــرا ت، فـــي الحيـــاة وبعـــد الممـــات . ولله الشـــكر أولا وآخرا،علـــى حســـن توفيقـــه، وكـــريم عونـــه.

أهدي ثمرة هذا العمل المتواضع :

***الى نبع الحنان...الى من تحت قدميها الجنان...الى هبة الرحمان... أمي الغالية.**

***الى رمزي للعطاء...الى من علمني أن الدنيا أخذ وعطاء... أبي العزيز رحمك الله .**

*** الى جميع افراد عائلتي الكريمة .**

***الى حاملي لواء العلم والمعرفة**

***الى كل من جمعتني بهم دروب الدراسة وأفاق المعرفة الى زملائي بقسم الكيمياء.**

انتصار

شكر وعرفان

الشكر والحمد للمولى عز وجل الذي هدانا لهذا العمل فوفقنا فيه، ورزقنا نعمة العلم فيسر لنا طريقه وأضاء لنا دروب الجهل فمحا خطوبه القائل في محكم التنزيل (وقل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون)، فلله تعالى الحمد كما ينبغي لجلال وجهه وعظيم سلطانه.

*ثم الشكر الوافر للأستاذة المشرفة على هذه الدراسة: شاوش خولة التي رافقتني في رحلة هذا العمل بتوجيهاتها وارشاداتها المصحوبة بابتسامات تفلج الصدو، فجزاها الله كل الخير، وأدام عليها الفضل العظيم.

كما أشكر أعضاء اللجنة وأخص بالذكر الأستاذة علاوي مسعودة (أستاذ محاضر*أ*) على قبولها مناقشة وتثمين هذا العمل، وكذلك الأستاذة زاوي منال (أستاذ محاضر*أ*) على ترأسها هذه اللجنة.

كما لا يسعني إلا أن أخص بأسمى عبارات الشكر تحمل خالص المشاعر الطيبة والصادقة تقديرا واحتراما لكل أستاذ وأستاذة كانوا لنا دربا طيلة هذا المشوارالدراسي.

ولكل من ساعدنا من قريب أو بعيد بكلمة التشجيع، الى كل من أعطى دفعة لهذا البحث ليلج الى الضوء، كما لاننسى أن نتقدم بأرقى وأثمن عبارات الشكر والعرفان الى القائمين على قسم الكيمياء. أما باقي الأسماء فقد اختزلناها في ذاكرة المعترف لهم إلى الأبد.

لكل هؤلاء خالص الشكر والتقدير والعرفان.

قائمة الاختصارات

BTEX	(Benzène, Toluène, Éthylbenzène et Xylènes	(البنزين والتولوين والإيثيل بنزين والزيلين)
AFF	Acceleration de Feux de Forêt	تسريع حرائق الغابات
EPA	Agence de Protection de l'Environnement .	وكالة حماية البيئة
CG	Chromatographe à phase Gazeuse (GC en anglais)	الكروماتوجرافي الغاز
CG/SM	Chromatographe à phase Gazeuse raccordé à un spectromètre de masse (GC/MS en anglais).	كروماتوجراف الغاز متصل
COSV	Composé Organique Semi-Volatil (SVOC en anglais)	مركب عضوي شبه متطاير.
COV	Composé Organique Volatil (VOC en anglais).	مركب عضوي متطاير
COVb	Composé Organique Volatil biogénique (provenant de l'activité des plantes)	مركب عضوي متطاير حيوي المنشأ (مشتق من نشاط . نباتي)
COVNM	Composés Organiques Volatils Non Méthaniques	المركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية.
CAFOs	Concentrated Animal Feeding Operations.	عمليات تغذية الحيوان المركزة.
DCO	Demande Chimique en Oxygène.	الطلب على الاكسجين الكيميائي
FID	Détecteur à Ionisation de Flamme (« Flame Ionisation Detector » en anglais).	كاشف التأين باللهب.
DMDS	Diméthyldisulfure	ثنائي ميثيل كبريتيد.
HC	Hydrocarbures	الهيدروكربونات.
SPME	La micro-extraction sur phase solide.	الاستخلاص الدقيق على الطور الصلب
NCV	Net Calorific Values.	صافي القيم الحرارية.
OMS	Organisation Mondiale de la Santé.	منظمة الصحة العالمية
ppm	Partie par million massique (soit 1 $mg.kg^{-1}$)	جزء في المليون بالكتلة
ppmv	Partie par million volumique (soit 1 $mL.m^{-3}$).	جزء في المليون بالحجم
RDM	Régulateur de Débit Massique..	منظم التدفق الشامل
SM	Spectromètre de Masse	مطياف الكتلة.
FTIR	Spectrométrie Infrarouge a Transformée de Fourier (IRTF en Anglais).	فوريه تحويل قياس الطيف بالأشعة تحت الحمراء
TEAM	Total Exposure Assessment Methodology	دراسة منهجية تقييم التعرض الكلي

قـــائمة الجداول

الرقم	العنـــوان	الصفحة
الجدول (1)	المواد الملوثة الناتجة عن محركات الاحتراق الداخل (g) من المادة الملوثة لكغ (kg) من الوقود.	13
الجدول (2)	العائلات الرئيسية للمركبات العضوية المتطايرة.	30
الجدول (3)	خصائص بعض المركبات العضوية المتطايرة (اسمها المعروف، صيغتها، درجة تبخرها، شكلها).	38
الجدول (4)	تصنيف المركبات العضوية المتطايرة.	39
الجدول (5)	يلخص أهم ما جاء في دراسة معالجة الهواء الملوث بـ COV_S منالنفايات الميكانيكية.	64
الجدول (6)	يلخص أهم ماجاء في دراسة معالجة الـCOV_S من محطة النفط و الغاز الطبيعي.	65
الجدول (7)	يلخص أهم ماجاء في دراسة معالجة الـCOV_S المنبعثة من روث الخنازير و اكتشاف أهم المركبات المتسببة في ذالك.	66
الجدول (8)	يلخص أهم ماجاء في دراسة معالجة الـCOV_S المنبعثة من غازات نفايات الطلاء.	67
الجدول (9)	يلخص أهم ما جاء في دراسة معالجة الـCOV_S المنبعثة من الطلاء.	68
الجدول (10)	يلخص أهم ما جاء في دراسة معالجة الـCOV_S المنبعثة من دخان السجائر (احتراق التبغ).	69
الجدول (11)	يلخص أهم ما جاء في دراسة معالجة الـCOV_S المنبعثة من مصانع النسيج.	70
الجدول (12)	يلخص أهم ما جاء في دراسة معالجة الـ COV_S المنبعث من زفير مرضى سرطان الرئة.	71
الجدول (13)	يلخص أهم ما جاء في دراسة و مراقبة الـ COV_S المنبعث من الحقول الزراعية.	72
الجدول (14)	يلخص أهم ما جاء في دراسة و مراقبة الـ COV_S المساهمة في حرائق الغابات والمنبعث من الغطاء النباتي.	73
الجدول (15)	يلخص أهم ما جاء في دراسة وقياس الـ covs المنبعثة من اشجار البلوط الأبيض.	74
الجدول (16)	يلخص أهم ما جاء في دراسة وقياس الـ covs المنبعثة من زفير الحيوانات وتخزين اعلافها.	75
الجدول (17)	يلخص أهم ما جاء في دراسة وقياس ال covs المنبعثة اثناء الطهي و التعقيم.	76
الجدول (18)	يوضح و يلخص أهم الدراسات السابقة قي الوسط الصناعي	78
الجدول (19)	يوضح و يلخص أهم الدراسات السابقة قي الوسط النباتي	79
الجدول (20)	يوضح و يلخص أهم الدراسات السابقة قي الوسط الحيواني	80
الجدول (21)	يوضح و يلخص أهم الدراسات السابقة قي الوسط البشري	81

قـــائمة الأشكال

الرقم	العنـــوان	الصفحة
الشكل (1)	صورة توضح طبقات الغلاف الجوي	04
الشكل (2)	أنواع التلوث البيئي	06
الشكل (3)	أنواع التلوث الهوائي	08
الشكل (4)	أهم انواع ملوثات الهواء الداخلي	08
الشكل (5)	مجموعة لبعض النباتات المساهمة في تنقية الهواء الداخلي	10
الشكل (6)	مخطط يبين أنواع الملوثات الهوائية.	20
الشكل (7)	أنابيب أخذ عينات الغاز لجمعه وتخزينه	24
الشكل (8)	حقيبة Tedlar لأخذ عينات الهواء و الغاز	24
الشكل (9)	انبوب اخذ العينات لجهاز اخذ العينات	24
الشكل (10)	علبة SUMMA لاخذ عينات الهواء	24
الشكل (11)	جهاز اخذ العينات التلقائي	25
الشكل (12)	المركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية.	29
الشكل (13)	أقسام الهيدروكاربونات	32
الشكل (14)	صورة لمركب البنزين	33
الشكل (15)	صورة لمركب ايثيل بنزان	34
الشكل (16)	صورة لمركب الطولين	34
الشكل (17)	صورة لمركب الزيلين	35
الشكل (18)	صورة لمركب الفورمالدهيد	36
الشكل (19)	صورة لمركب الأسيتيلين	36
الشكل (20)	صورة لمركب الليمونين	37
الشكل (21)	صورة توضح أصناف المركبات العضوية المتطايرة	39
الشكل (22)	يوضح المصادر الرئيسة للمركبات العضوية المتطايرة	42
الشكل (23)	صورة توضح المصادر الداخلية للCOVs	43
الشكل (24)	مقارنة بين انبعاثات المركبات المتطايرة في الهواء (الداخلي / الخارجي)	45
الشكل (25)	**أ)** طريقة أخذ عينات الأبخرة في كيس Tedlar بواسطة SPME **ب)** عرض الخطوات المختلفة للتحليل بواسطة SPME La micro-extraction sur phase (solide)	49
الشكل (26)	طريقة أخذ عينات المركبات العضوية المتطايرة عن طريق محاصرة الممتزات متبوعة بالتكثيف المبرد	50
الشكل (27)	مخطط RTO	51

الشكل (28)	تقنيات معالجة المركبات العضوية المتطايرة	56
الشكل (29)	صورة توضح جهاز كروماتوغرافيا الغاز GC-MS	57
الشكل (30)	صورة لكاشف التأين باللهب	58
الشكل (31)	صورة لمقياس الطيف بالأشعة تحت الحمراء لتحويل فورييه	61
الشكل (32)	صورة لجهاز مطياف الامتصاص المرئي للأشعة فوق البنفسجية	62

الفهـــرس

الإهداء	i
شكر و عرفان	ii
قائمة الاختصارات	iii
قائمة الجداول	iv
قائمة الأشكال	v
مقدمة عامة	01
الفصل الأول: عموميات حول تلوث الهواء	
تمهيد	03
I.1. أهمية الغلاف الجوي	03
I.2. طبقات الغلاف الجوي	04
I.3. مفهوم التلوّث البيئي	05
I.4. أنواع التلوث البيئي	05
I.1.4. تلوث الماء	05
I.2.4. تلوث التربة	06
I.3.4. التلوث الهوائي	06
I.5. أنواع التلوث الهوائي	07
I.1.5. تلوث الهواء الخارجي	07
I.2.5. تلوث الهواء الداخلي	07
I.6. أهم أنواع ملوثات الهواء الداخلي	08
I.1.6. المركبات العضوية	09
I.2.6. المركبات الغير عضوية	09
I.3.6. الجسيمات	09
I.4.6. الملوثات الحيوية	09
I.7. دور النباتات في تنقية الهواء الداخلي	09
I.8. مصادر التلوث الهوائي:	12
I.1.8. مصادر طبيعية	12
I.2.8. مصادر بشرية	12
I.9. الملوثات الرئيسة للهواء	14
I.1.9. تلوث الهواء بالغازات	14
I.2.9. تلوث الهواء بالجسيمات	17
I.10. الملوثات الثانوية للهواء	18
I.1.10. التعريف بالضباب (الدخاني والكيميوضوئي)	19
I.2.10. ظاهرة المطر الحمضي	19
I.11. معاييـر جودة الهواء	20
I.1.11. تشريعـات ومعايير جودة الهواء في الجزائر	20

2.11.I. معاييـر جودة الهواء الدولية	22
12.I. طرق جمع عينات الملوثات الغازية	23
1.12.I. الجمع المخزون	23
2.12.I. التكثيف	23
3.12.I. الإمتزاز	23
4.12.I. الإمتصاص	23
13.I. أدوات و أجهزة جمع عينات ملوثات الهواء	24
قائمة المراجع	26
الفصل الثاني: المركبات العضوية المتطايرة وتأثيرها على الإنسان والبيئة	
تمهيد	28
1.II. تعريف المركبات العضوية المتطايرة	29
2.II. التعريف بالعائلات الرئيسية للمركبات العضوية المتطايرة	31
1.2.II. الهيدروكربونات	31
2.2.II. الهالوجينات	32
3.2.II. الكحوليات	32
4.2.II. الكيتونات	32
5.2.II. الألدهيدات	33
6.2.II. الأثيرات والأسترات	33
7.2.II. الأحماض	33
3.II. مركبات BTEX	33
1.3.II. البنزين	33
2.3.II. الإيثيل بنزين	34
3.3.II. الطولوين	34
4.3.II. الزيلين	35
4.II. بعض المركبات الأخرى السامة	35
1.4.II. الفورمالديهايد	35
2.4.II. الأسيتيلين	36
3.4.II. الليمونين	37
5.II. خصائص بعض المركبات العضوية المتطايرة	38
6.II. أصناف المركبات العضوية المتطايرة	39
1.6.II. المركبات العضوية شبه المتطايرة COSV	40
7.II. تأثيرات المركبات العضوية المتطايرة على الإنسان والبيئة	40
1.7.II. مخاطرها على الإنســـان	40
2.7.II. مخاطرها على البيئة	40
8.II. المصادر الرئيسية للمركبات العضوية المتطايرة	41
1.8.II. المصـــادر الخارجية (الهواء الخارجي)	41
2.8.II. المصـــادر الداخلية	43
9.II. تأثير المركبات العضوية المتطايرة على جودة الهواء الداخلي	44
قائمة المراجع	46
الفصل الثالث: الطرق المختلفة لأخذ عينات وقياس وتحليل المركبات العضوية المتطايرة	
1.III. طرق أخذ عينات وقياس الCOV في الهواء	48

III.1.1. الإمتصاص الحراري	48
III.1.2. أخذ العينات السلبية على الممتزات	48
III.1.3. أخذ العينات النشط على أنابيب الممتزات	49
III.1.4. أخذ العينات باستخدام العلب وأكياس Tedlar	50
III.1.5. محاصرة الهواء مباشرة في مصيدة مركزات التبريد	50
III.2. تقنيات معالجة المركبات العضوية المتطايرة	51
III.2.1. التقنيات الهدامة	51
III.2.2. التقنيـات غير الهدامة	53
III.2.3. التقنيات الهجينة	54
III.3. أجهزة معالجة المركبات العضوية المتطايرة	56
III.3.1. المؤكسدات الحرارية المتجددة RTO	56
III.3.2. أجهزة التحليل الكروماتوغرافي وكاشفاتها	56
III.3.3. تقنيـات و أجهزة أخرى لمعالجة المركبات العضوية المتطايرة	60
III.3.3.1. قياس الطيف الكتلي لنقل البروتون أو PTR-MS	60
III.3.3.2. التحليل الطيفي Spectroscopie	60
قائمة المراجع	63
الفصل الرابع: دراسة استقصائية لمعالجة مختلف المركبات العضوية المتطايرة	
IV.1. تحليل دراسات سابقة	64
IV.2. ملخص الدراسات السابقة	78
IV.3. منـاقشة نتـائج الدراسـات السابقة	82
قائمة المراجع	83
خلاصة عامة	86
الملاحـق.	I
الملخص	

مقدمة عامة

مقدمة عــامة :

تمثل قضايا البيئة في عصرنا الحالي من أهم وأكبر القضايا التي عنت بالاهتمام الواسع سواء على المستوى الداخلي و هو ما تسعى اليه جاهدة مجمل الدول من خلال و ضع ضوابط قانونية و هيئات ادارية تعمل على ضبط و تطبيق القانون على كل ما من شأنه أن يؤثر على البيئة، و إلى جانب هذا المجال، يعمل المجتمع الدولي من خلال المنظمات و الهيئات الدولية على العمل من الحد من تلوث البيئة على اختلاف أنواعها. الا أن أهم مسالة و أخطرها على الصعيد البيئي هو ما يطلق عليه بالتلوث الهوائي , هذا الموضوع الذي شغل اهتمام العالم لما يحمله هذا العنصر الهام في حياة الإنسان من أهمية، ذلك أن كل المشاكل الصحية التي تتعرض لها البشرية و كذا المشاكل التي تؤثر على المياه و التربة او بعبارة اخرى على المحيط الخارجي الذي يعيش فيه الانسان سببها هو التلوث الذي اصاب الهواء سواء بفعل الانسان او الطبيعة ، الأمر الذي لفت انتباهنا لدراسة هذا الموضوع في هذه الدراسة سنسلط الضوء على مشكلة تلوث الهواء بالمركبات العضوية المتطايرة .

كيف تعالج هذه المركبات وما هي اهم التقنيات و الاجهزة المستخدمة لقياسها و تحليلها و التخلص منها ؟

تمحورت دراستنا هذه بشكل عام حول أربعة فصول :

- **الفصل الاول :** حيث سنعمل على دراسة موضوع اشكالية التلوث الهوائي من خلال تعريف اولا الهواء و الغلاف الجوي وطبقاته و ايضا تعريف التلوث البيئي و انواعه و منه تطرقنا الى التعمق في التلوث الهوائي و هو المهم من خلال ذكرانواعه و اهم ملوثاته و مصادرها بالاضافة الى دور النبات في التخلص من هذا التلوث.
- **الفصل الثاني :** اما الاشكالية الثانية من هذا الموضوع فقد تمثلت في دراسة تلوث هذا الهواء بالمركبات العضوية المتطايرة التيتعد منالملوثات الخطيرة التي توجد في الهواء و التي قد تشكل خطر كبير على البيئة و تهدد البشرية تتمثل خطورتها في انها تتبخر تحت ظروف جوية طبيعية ؛حيث قد يؤدي التعرض طويل المدى لمثل هذه المركبات إلى الإصابة بسرطان الدم , مصادرها مختلفة منها ذات اصل طبيعي اي من الغطاء النباتي او من الحيوان و منها حتى الصادرة من تنفس الانسان او بشريةمثل العمليات الصناعية و هيا الاخطر على الاطلاق

- **الفصل الثالث:** حيث تطرقنا الى طرق أخذ عينات المركبات المتطايرة و بعض التقنيات المختلفة لمعالجة مثل هذه المركبات الخطرة كحل لتخلص منها او معالجتها بواسطة تحليلها باجهزةخاصة بعد أخذ العينات ، فقد تبين ان الطريقة الأكثر شيوعًا و المناسبة لتحليل مئات أو حتى آلاف المركبات العضوية المتطايرة هي كروماتوغرافيا الغاز المقترنة بنظام كشف مناسب
- **الفصل الرابع:** وفي الأخير فقد تم حصد مجموعة من البحوث و الدراسات السابقة و اجراء دراسة استقصائية و تحليلية لمعالجة مثل هذه المركبات ومقارنة كفاءة نتائج كل منها و اختيار أي أحسن الطرق في المعالجة.

الفصل الأول

عموميات حول تلوث الهواء

تمهيد :

إن الهواء ضروري للحياة , يتكون الهواء من حولنا في المقام الاول من عنصرى النيتروجين والاكسجين. عندما تدخل مواد أخرى مثل المواد الكيميائية والمواد الطبيعية أو الجزيئات في الهواء ، يعرف هذا باسم تلوث الهواء . يمكن أن يحدث تلوث الهواء في الاماكن الداخلية ، وكذلك في الهواء الطلق .يمكن أن يكون له أسباب طبيعية أو اصطناعية . يؤثر تلوث الهواء على البشر ، والحيوانات ، والبيئة في عدد من الطرق المختلفة . يمكن أن يكون تلوث الهواء نتيجة لعدد من الانواع المختلفة من النشاط البشري عندما يتم إطلاق الملوثات والانبعاثات من مداخن السيارات في الهواء ، وعندما تحدث التفاعلات الكيميائية في الغلاف الجوي والتي يمكن أن تؤدي إلى عدد من المشاكل . يحدث الضباب الدخاني عندما تمتزج ملوثات الهواء بالاوزون ، مما يتسبب في ظروف ضبابية غامضة في الغلاف الجوي ، وأيضا مشاكل الجهاز التنفسي لدى البشر . يحدث عادة الضباب الدخاني فوق المدن الكبيرة أو المناطق الصناعية تعاني لندن ، ولوس أنجلوس ، ومكسيكو سيتي ، وجنوب شرق آسيا جميعا من مشاكل كبيرة فيما يخص الضباب الدخاني . ويحدث المطر الحمضي عندما تختلط الملوثات مثل حمض الكبريتيك مع الماء أو الهواء ، مما يتسبب في هطول الامطار والثلوج والتي تصبح حمضية جدا . هذه الحموضة ضارة جدا على البيئة ، وينتج عنها قتل النباتات ، والاشجار ، والاسماك ، والحيوانات . عندما يتم حرق الوقود لتوليد الطاقة في السيارات ، والمواقد ، والمصانع ، وحفلات الشواء يطلق سراح الجزيئات في الهواء . هذه الجزيئات تشكل ما يعرف بتلوث الجزيئات أو الجسيمات.

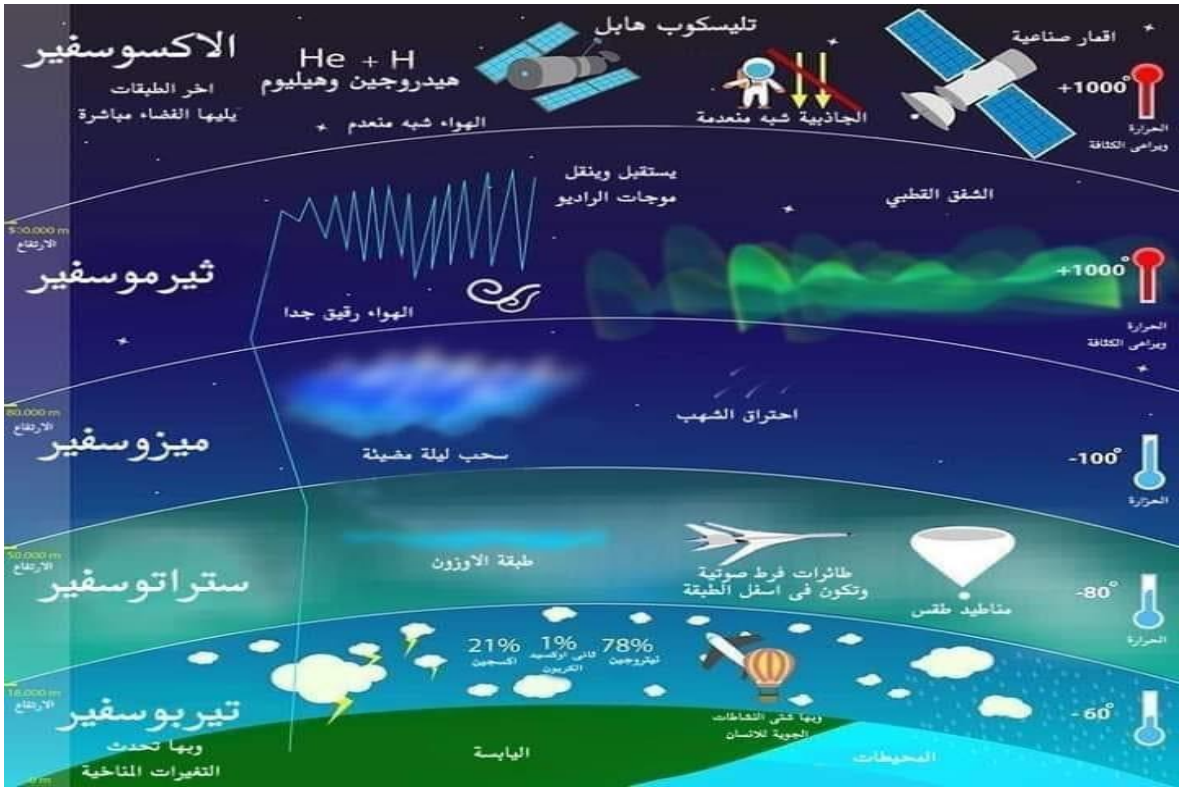
1.I. أهمية الغلاف الجوي:

يلعب الغلاف الجوي دورا مهما و ضروريا لاستمرار الحياة على كوكب الارض اذ انه في بادى الأمر يقوم بتزويد الكائنات الحية المختلفة على كوكب الأرض بالأكسجين اللازم لها لكي تبقى على قيد الحياة عن طريق التنفس، فلولا النسبة الدقيقة للأكسجين في الغلاف الجوي لما استطاع أي كائن من البقاء على قيد الحياة على سطح الكرة الأرضية , كما ان للغلاف الجوي دورا مهما في السماح للاشعة المرئية المفيدة للإنسان من أشعة حرارية وضوئية بالنفاذ إلى سطح الأرض، ومنع الأشعة الضارة من الدخول إلى سطح الأرض كالأشعة فوق البنفسجية التي يتم امتصاصها من قبل الغلاف الجوي عن طريق طبقة الأوزون، والتي تسبب العديد من الأمراض الجلدية المختلفة والسرطانات للإنسان بالإضافة إلى المشاكل البصرية المختلف [4].

2.I. طبقات الغلاف الجوي :

يتكون الغلاف الجوي عمومًا من خمس طبقات رئيسية، وهي:

1) **طبقة تروبوسفير Troposphere :** هي الطبقة الأولى فوق سطح الارض وتحتوي نصف جو الأرض وفيها يحدث الطقسوتسمى كذلك بالطبقة المضطربة
2) **طبقة ستراتوسفير Stratosphere :** هذه الطبقة مستقرة جدا لذا تستخدمها الطائرات في الطيران خلالها، وتحوي أيضا طبقة الأوزون التي تمنع الأشعة الضارة القادمة من الشمس.
3) **طبقة ميسوسفير Mésosphére :** وفي هذه الطبقة يتم تدمير الشهب وأجزاء من النيازك التي تتساقط على الارض.
4) **طبقة ثيرموسفيرThermosphere :** هذه الطبقة النى نتج عنها ظاهرة الشفق القطبي، وهو أيضا مكان المكوك الفضائي والرحلات الفضائية التي تدور حول الارض
5) **طبقة إكسوسفيرExosphere :** هي الطبقة الاخيرة في الغلاف الجوي انحف طبقة حيث يندمج الغلاف الجوي بالفضاء الخارجي.



الشكل (1) : صورة توضح طبقات الغلاف الجوي.

3.I. مفهوم التلوّث البيئي :

التلوّث ظاهرة بيئية قديمة برزت وتأصلت بصورة رهيبة في النصف الثاني من القرن العشرين الميلادي، نتيجة التقدم العلمي والتقني الذي ساد العالم ، فقد كان التلوّث يحدث بسبب الظواهر الطبيعية كالزلازل ، والبراكين ، والريّاح ، والسيول ،إلاّ أنّه كان ضئيلا وبالقدر الذي تكفل العوامل والدورات الطبيعية أن تعيد التوازن ، بحيث لايترك ذلك التلوّث أي آثارقدتكون ضارّة على الإنسان أوالحيوان أوالنبات.

وقدجاءتعريف التلوّث البيئي في لبنك الدولي للتلوّث على أنّه ": كلّما يؤدي نتيجة التكنولوجيا المستخدمة إلى إضافة مادة غريبة إلى الهواء أو الماء أو الغلاف الأرضي فيشكل كمّي تؤدي إلى التأثيرعلى نوعية الموارد ، وعدم ملائمتها ،وفقد الخواصها ،أو تؤثرعلى استقراراستخدام تلك الموارد.

فالتلوّث إذا هو كلما يؤثر في جميع العناصرالبيئية بما فيها من نبات ، وحيوان ، وإنسان ، وف يتركيب العناصرالطبيعيةغيرالحية ، مثل الهواء ، و التربة ، و غيرها فيؤدي إلى اختلال توازن العناصرالبيئية التي لم تعد قادرة على تحليل مخلفات الإنسان ، أو استهلاك النفايات الناجمة عن نشاطاته المختلفة ، وأصبح جوّ المدن ملوّث ابالدخان المتصاعد من عوادم السيارات ، وبالغازات المتصاعدة من مداخن المصانع ، و التربة الزراعية و ما أصابها من تلوّث جراء الاستعمال المكثف للمخصبات الزراعية ، والمبيدات الحشرية ، وحتى المجاري المائية لم تسلم من التلوّث بسبب ما يلقى فيها من مخلفات الصناعة وفضلات الإنسان . [1]

4.I. أنواع التلوث البيئي:

1.4.I. تلوث الماء :

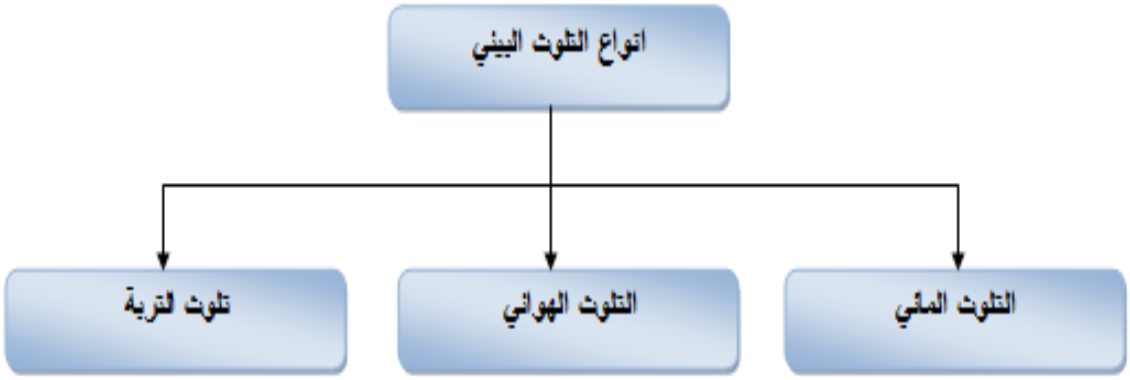
يمثل الغلاف المائي أكثر من % 70 من مساحة الكرة الأرضية، وتكمن أهمية المياه في كونها مصدر هام وضروري للحياة وأي ضرر يلحقها سيهدد إستمرارية الحياة .ونقصد بالتلوث المائي إحداث خلل وتلف في نوعية المياه بحيث تصبح غير صالحة للإستعمال، و يعرفه المشرع الجزائري " إدخال أية مادة في الوسط المائي من شأنها أن تغير الخصائص الفيزيائية و الكيميائية و البيولوجية للماء، و تتسبب في مخاطر على صحة الإنسان، و تضر بالحيوانات و النباتات البرية و المائية و تمس بجمال الموقع أو تعرقل أي إستعمال طبيعي آخر للمياه و لقد أصبح التلوث المائي ظاهرة منتشرة في العالم نتيجة لحاجة التنمية الإقتصادية المتزايدة للمواد الأساسية و التي يتم نقلها عبر البحار .كما أن معظم الصناعات توجد على سواحل البحار و التي قد تلقي بنفاياتها السائلة في البحار مما يؤثر سلبا على الثروة السمكية. [3]

I.2.4. تلوث التربة :

تشكل الأرض مصدرا أساسيا للغذاء و مجال للتهيئة العمرانية مما يقتضي ضرورة حمايتها من التلوث و التدهور ، إلا أن زيادة إستخدام المبيدات و الأسمدة يؤثر سلبا على إنتاجية الأرض خاصة الأسمدة النيتروجينية التي تؤدي إلى تلوث التربة بالمواد الكيمياوية و تدهور مقدرتها البيولوجية ، كما أن زيادة النشاط الصناعي أدى إلى زيادة النفايات الصلبة و التي قد تلقى على الارض أو تدفن في باطنها ، مما يؤثر سلبا على الإنسان و الحيوان و النبات.[3].

I.3.4. التلوث الهوائي :

يرتبط تلوث الهواء بمصادرانتاج الطاقة بوجه عام و احتراق الانواع المختلفة من الوقود بالاضافة للصناعات المختلفة كصناعة الكيماوية و الحديد و الصلب و غيرها الى جانب ما ينتج من عوادم السيارات و بقية وسائل النقل و يقاس مدى تلوث الهواء بمقدار ما يحدث له من تغير في تركيبه و خواصه و ينعكس هذا التلوث على جميع الكائنات الحية الموجودة على سطح الارض فيؤثر عليها بشكل او باخر و يعتمد تاثيره على نوع المادة الملوثة و مقدار التلوث و فترة التعرض له , وقد يمتد هذا التلوث الغازي ايضا للاحياء المائية نتيجة تغير صفات المحتوى المائي. [2].



الشكل (2) : أنواع التلوث البيئي

I.5. أنواع التلوث الهوائي :

الشكل (3) يوضح مختلف أنواع التلوث الهوائي :

I.5.1. تلوث الهواء الخارجي :

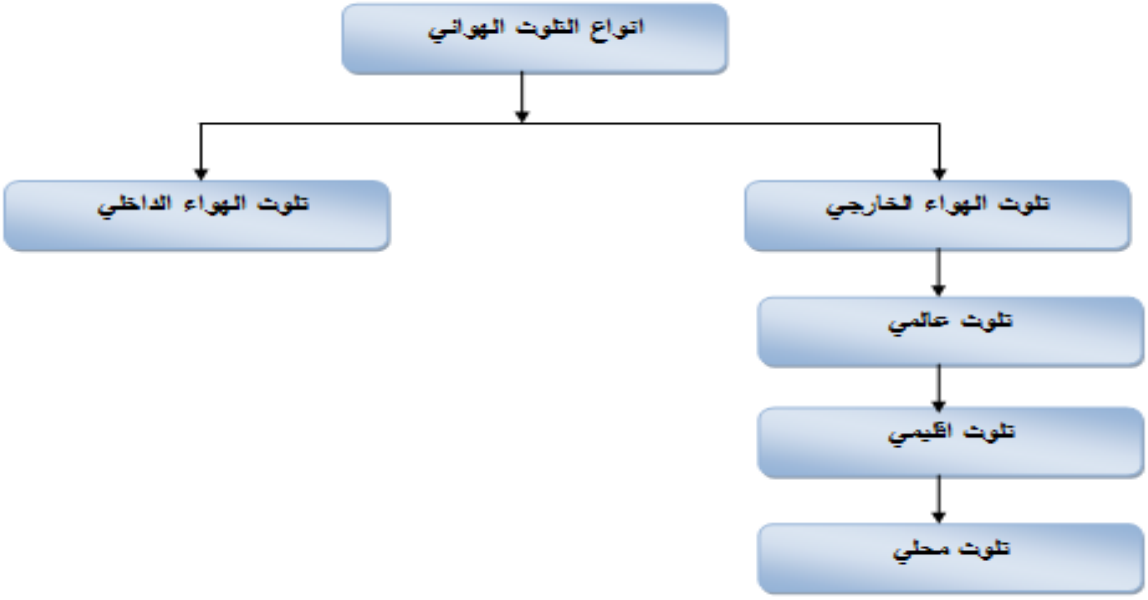
أ) **تلوث عالمي :** وهو التلوث الهوائي الذي تنتشر الملوثات فيه على مساحات كبيرة و تصل الى منطقة بعيدة عن مصادرها مثل التلوث بالاشعاعات الذرية الذي يتجاوز الاقاليم الذي يحدث فيه او التلوث الناشئ عن زيادة نسبة ثاني اكسيد الكربون في جو الكرة الارضية , او تاكل طبقة الاوزون في طبقات الجو العلوية و المتوسطة و غيرها [5].

ب) **تلوث اقليمي :** وهو التلوث الهوائي الذي يشمل منطقة اكبر تضم عدة دول او حتى قارة باكملها مثل تلوث حوض البحر الابيض المتوسط او تلوث قارة اوروبا [5].

ت) **تلوث محلي:** وهو التلوث الهوائي الذي يرتبط باماكن محددة كالذي يحدث لمدينة او البحيرة او لمنطقة صناعية محددة [5].

I.5.2. تلوث الهواء الداخلي :

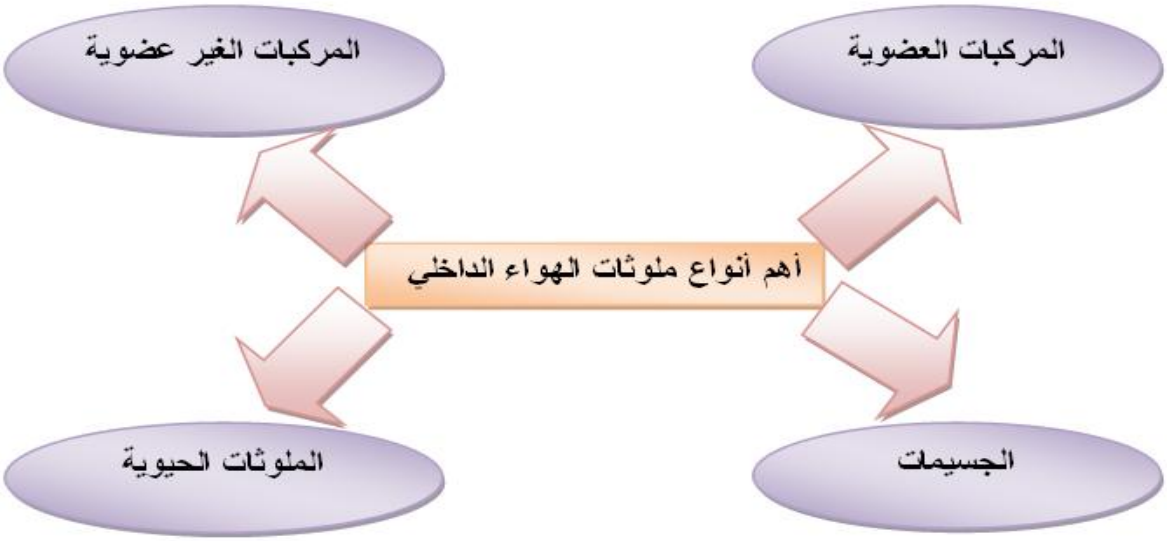
يعد تلوث الهواء الداخلي واحد من أهم المخاطر البيئية على الصحة العامة في جميع أنحاء العالم ,نظرا لتزايد عدد من الأمراض المرتبطة بنوعية الهواء داخل المبنى . وقد وجدت الدراسات أن تركيز الملوثاتفي الأماكن المغلقة الداخلية أعلى بكثير مما هي عليه في البيئة الخارجية، تتراوح الزيادة من مرتين الى خمس مرات و احيانا مئة مرة اعلى من مستوى الملوثات في الهواء الطلق. وبما ان معضم الناس يقضون 80٪ إلى 90٪ من حياتهم في الأماكن المغلقة ،فان نوعية الهواء الداخلي له اثر جوهري على الصحة العامة , تلوث الهواء الداخلي معروف منذ العصور القديمة وبالتحديد في المناطق الريفية التي يكثر فيها استخدام الفحم والخشب والمخلفات الزراعية والحيوانية كوقود،إلا أن أنواع ملوثات الهواء الداخلي اختلفت مع وجود المباني الحديثة , و على المستوى العالمي لم تسلط الاضواء على التلوث داخل المباني الا في نهاية السبعينات من القرن الماضي عندما بدات الشكوى تتزايد في بعض الدول المتقدمة من اعراض مرضية مختلفة تحدث داخل المنازل و المباني المكيفة و محكمة الاغلاق خصوصا ان الانسان يقضي معضم يومه في بيئات مغلقة . [7]



الشكل (3) : أنواع التلوث الهوائي.

6.I. أهم أنواع ملوثات الهواء الداخلي :

تصنف الى أربعة اجزاء رئيسية يمثل كل جزء منها العديد من الملوثات المختلفة (الشكل 4).



الشكل (4) : أهم أنواع ملوثات الهواء الداخلي.

I.6.1. المركبات العضوية:

مركبات كيماوية تتضمن في تركيبها الجزيئي الاساسي على روابط الهيدروجين و الكربون , اما مصادرها فغالبا تكون مشتقة من البترول و الفحم و الغاز و هي عبارة عن منتجات طبيعية او مواد صناعية , و قد توجد الملوثات العضوية في ثلاث حالات غاز (بخار) و سائل او صلب في الجو او الطعام و الماء [7]

I.6.2. المركبات الغير عضوية :

مركبات لا تحتوي في تركيبها الجزيئي على روابط الكربون و الهيدروجين. تشمل اهم الملوثات الغازية الملوثة للهواء في اكاسيد الكربون (CO,CO_2) و اكاسيد الكبريت (SO_2, SO, H_2SO_4) و اكاسيد النتروجين او الاوزون(NO_X) و الهيدروكاربونات و غيرها من الدقائقيات و المعادن و التي لها دورا اساسيا في تلوث الهواء [7]

I.6.3. الجسيمات :

تشمل كل من النوعين السابقين المواد العضوية و غير العضوية و التي لكل منها خصائصها الفيزيائية و الكيميائية المختلفة. تتراوح حجم الجسيمات الملوثة للهواء مابين 0,0001 الى 500 ميكروميتر , و يمكن لهذه الجسيمات ان تبقى عالقة في الهواء لزمن يتراوح بين عدة ثوان الى عدة سنوات تبعا لحجمها, و تشمل ذرات الرمال و التراب و السخام و الهباء الجوي و حبوب اللقاح و غيرها من الدقائقيات[9]

I.6.4. الملوثات الحيوية :

يوجد في البيئة التي تحيط بنا العديد من الملوثات الحيوية و التي يشار اليها بالميكروبات او الكائنات الحية المجهرية , و هي عبارة عن جزيئات دقيقة الكائنات الحية تنتج من عدة مصادر, و لذالك كان التعرض لتركيزات عالية و لمدة طويلة من الملوثات الحيوية يسبب خطر كبير على صحة الانسان [10]

I.7. دور النباتات في تنقية الهواء الداخلي :

يرجع استخدام النباتات في تنقية الهواء لما أثبته العلم من قدرة النبات على امتصاص العديد من الغازات والتي من أشهرها ثاني أكسيد الكربون، إلى جانب مجموعة كبيرة من المركبات العضوية المتطايرة مثل الفورمالدهيد، البنزين وهي مركبات تنبعث من مكونات صناعية تحيط بنا في كل مكان مثل السجاد، بعض مستحضرات التجميل، المبيدات الحشرية، بعض الأقمشة الصناعية، مواد التنظيف، وإذا كنا نتحدث عن أهمية النباتات في تنقية الهواء فنحن نهتم بشكل خاص بأنواع النباتات داخل المنزل، والتي تتعدد أنواعها لتناسب الأماكن المغلقة وهي مثل السرخس الملكي الياباني، سرخس بوسطن، نبات العنكبوت، الصبار، زنبق السلام، الزهور الباكية، اللبلاب، زهور القحوان، الفوتس الذهبي، النبات الصيني دائم الخضرة، نخلة الفوفل، نبات بالمأتمونج، نبات البامبو، زهرة ملكة الليل. إليكم أشهر النباتات

التي تساعد في تنقية الهواء:(هذا المقال منقول من موقع تسعة : تنقية الهواء : كيف تساهم النباتات في إبقاء الهواء نظيفًا)

تشير وكالة ناسا الى تنويع النباتات واقتناء 15 نبتة لكل 185 متر مربع، لذا فأن الهواء داخل المنازل أكثر تلوّثاً من الهواء الطلق لكننا لسنا بحاجة لآلات غالية الثمن لتنقية الهواء داخل منازلنا كل ما نحتاجه هو إحدى النباتات الداخلية أو بعضاً منها . [7]

نبات «سرخس بوسطن

نبات اللبلاب الإنجليزي

نبات زئبق السلام

نبات بوتس الذهبي

نبات البامبو

نبات الصبار

الشكل (5) : مجموعة لبعض النباتات المساهمة في تنقية الهواء الداخلي.

- **نبات سرخس بوسطن :**

يعتبر نبات «سرخس بوسطن» من أفضل النباتات التي يتم زراعتها في المنازل لقدرتها على تنقية الهواء، والقضاء على آثار الفورمالديهايد الناتج من الاحتراق غير الكامل للمواد التي تحتوي على الكربون، مثل دخان حرائق الغابات، وعوادم السيارات، ودخان التبغ.

- **نبات اللبلاب الإنجليزي :**

يعد نبات «اللبلاب الإنجليزي» من النباتات المنزلية المتصدرة لميزة تنقية الهواء، نظرا لأنه نبات سهل النمو والتكيف في مختلف الظروف ويتميز بطبيعته الغازية التي تسمح له بالانتشار بسهولة، ووجدت الابحاث ناسا أنه قد يكون مفيدا بشكل خاص في القضاء على الجزيئات الموجودة في الهواء مثل رائحة دخان سجائر، في المساحات الصغيرة.ويقوم النبات بامتصاص الفورمالدهايد الذي يوجد عادةفي بعض منتجات التنظيف المنزلية والاثاث أو منظفات السجاد ، كما تشير الدراسات إلى أن الاحتفاظ بنبات اللبلاب في مكتبك قد يساعد على إعطائك التركيز بشكل أفضل لأنه يمكنه ايضا امتصاص أي مواد كيميائية موجودة في الجو .

- **نبات زئبق السلام :**

صُنف نبات «زئبق السلام» على أنه من أفضل النباتات المنزلية في تنقية الهواء، وهو واحد من أكثر النباتات جاذبية من حيث الشكل ، مع ازهاره البيضاء الفريدة من نوعها ، كما أنه يضم واحدا من أعلى معدلات التنقية من بين أنواع النباتات، ويساعد على خفض مستويات جراثيم العفن التي تنمو في المنزل وذلك عن طريق امتصاص تلك الجراثيم من خلال أوراقه ثم يستخدمها كغذاء، فهو مكانه المثالي في الحمامات، فيمكن لزنبق السلام المساعدة على إبقاء بلاط الحمام والستائر خالية من العفن ويمكن للنبات امتصاص الابخرة الضارة من الكحول والاسيتون.

- **نبات بوتس الذهبي :**

يعتبر نبات «بوتس الذهبي «من النباتات التي يصعب موتها كباقي النباتات، وتعتبره منظمة ناسا أنه واحد من أكثر النباتات فعالية لتنقية الهواء وللقضاء على الفورمالديهايد، وينمو بسرعة، ومزيل فعال لاول اكسيد الكربون.

- **نبات البامبو :**

نبات «البامبو» يطلق علية أسم نبات الخيزران أو عصا موسى، يمكن أن يصلح بسهولة في المناطق الصغيرة مع الإضاءة غير المباشرة، وتعتبره منظمة ناسا أنه واحد من أفضل النباتات

المرشحة لتنقية الهواء من البنزين وثلاثي الكلور، ويعتبر نبات البامبو مرطب كبير، فإنه يطلق قدرا كبيرا من الرطوبة في الهواء ويقاوم إلى حد كبير أي إصابة حشرية.

- **نبات الصبار:**

الصبار من النباتات التي لها قدرة عالية على تنقية وتحسين جودة الهواء في الأماكن المغلقة بالإضافة إلى قدرته الطبية وهو نبات من السهل أن ينمو.

8.I. مصادر التلوث الهوائي:

تتشكل ملوثات الهواء الرئيسية من: اول اكسيد الكربون , اكاسيد الكبريت , الهيدروكاربونات , اكاسيد النيتروجين , الجسيمات و يمكن تصنيف مصادر ملوثات الهواء وفقا لمنشاها الى مصادر طبيعية و اخرى بشرية [6].

1.8.I. مصادر طبيعية :

و أهمها البراكين و حرائق الغابات و عواصف الغبار و املاح البحار , اذ ينبعث من تلك المصادر مواد مختلفة تلوث الهواء بالغبار و بعض الغازات . [6]

2.8.I. مصادر بشرية :

و تنقسم الى قسمين: مصادر متحركة مثل: وسائل النقل و مصادر ثابتة كالمصانع و منشات تكرير النفط و محطات توليد الطاقة [6] إن استعمالات الإنسان المختلفة من خلال أنشطتها لمتنوعة في البيئة التي يعش فيها تعتبر من المصادر البشرية لتلوث الهواء، سواء كانت تلك الاستخدامات في المجالات الصناعية، أو الاستخدامات المنزلية، أو الحياتية اليومية. ذلك أن الإنسان الذي يعيش في القرن العشرين اندفع اندافعاً لم يسبق له مثيل من أجل إشباع رغباته، ونزواته من كلما هو جديد، منبهراً بوسائل التقنية الحديثة، فأسرف باستغلاله غير مكتَّرث بنتائجها، فانعكس ذلك سلباً على نظام حياته، وكان هو أكثر المتضررين من جراء التلوث الذي أحدث.[12] . أما أهم المصادر البشرية لتلوث الهواء فهي كمايلي :

أ) وسائل النقل :

تشكل وسائل النقل المختلفة (البرية و الجوية و البحرية) مصدراً رئيساً لا يستهان به في مجال تلوث الهواء ، أما الوسائل البرية فهي الأهم في ذلك نظراً لضخامة أعدادها ، وما تقذفه من مخلفات احتراق الوقود في داخلها ، مما يترك آثاراً سلبية على الإنسان وسائر الكائنات الحية ، خاصة إذا علمنا أن هذا المصدر في حالة تزايد مستمر نتيجة للزيادة المطردة في أعداد المركبات وانتشارها في

أنحاء العالم في المدن الكبرى والصغرى وحتى في الأرياف.[12]. يوضح الجدول أن أول وثاني أكسيد الكربون هما الأكثر انبعاث من عوادم السيارات ، وكذلك الهيدروكربونات غير المحتَّرقة ، وأن الرصاص ينتج عن محركات البنزين دون محركات الديزل ، كما أن الكبريت ينتج عن محركات الديزل أكثر منه في محركات البنزين ، وهذا يشكل خطرا كبيرا على قطاع البيئة ، وإن نسبة وجود الكبريت في الديزل تعتبر عالية جداً في غالبية الدول العربية [12] .

الجدول (1) : المواد الملوثة الناتجة عن محركات الاحتراق الداخل (g) من المادة الملوثة لكغ (kg) من الوقود.

المادةالملوثة	محرك البنزين	محرك الديزل
ثاني أكسيد الكربون	180	191
ثاني أكسيد الكبريت	0.139	3.48
أكاسيد النيتَّروجين	2.200	15.08
أول أكسيدالكربون	301.600	9.28
سناج	0.220	1.16
هيدروكربونات غير محترقة	52.200	1.16
رصاص	0.116	-

ب) الصناعة :

تلعب الصناعة دوراً هاماً في تلوث الهواء ، فبالإضافة إلى الغازات الملوثة الناتجة عن احتِّراق الوقود اللازم للصناعة ، تطلق الصناعات المختلفة العديد من الملوثات كناتج للعملية الصناعية ، فالصناعة تطلق الكثير من ملوثات الهواء ، وتعتمد كميات و أنواع المركبات المنبعثة على نوع الصناعة ، والمواد الخام ، والوقود ، والتكنولوجيا ، والتدابير المستخدمة في حماية البيئة ، كما أن هناك عوامل لاتقل أهمية عن سابقتها ، فحجم المنشأة الصناعية ، و عمر الآلات ، ومستوى الصيانة و الإدارة ، كلها تساهم بنوع وحجم التلوث الصادر عن تلك المنشأة.و ينتج عن العملية الصناعية العديد من الملوثات مثل : الكبريت ، وأكاسيد الكبريت ، و النيتَّروجين ، وثاني أكسيد الكربون ، و أول أكسيد الكربون ، و المواد الهيدروكربونية ، والمواد العالقة ، هذا بالإضافة إلى ما تطلقه الصناعة من ملوثات تعتبر نادرة لكن بعضها يحتمل السمية. و تعتبر المصانع بجميع قطاعاتها ، والمعامل ، و محطات توليد الطاقة من المصادر الصناعية الهامة في تلويث الهواء ، إلا أن محطات توليد الطاقة ، ومصانع تكرير البتَّرول ، و مصانع الإسمنت هي الأكثر مساهمة في تلوث الهواء. [12]

9.I. الملوثات الرئيسة للهواء :

تشكل 90% من ملوثات الهواء، و تنتج عن عمليات الاحتراق و منهاالغازات و الجسيمات : [6]

1.9.I. تلوث الهواء بالغازات :

- **أكاسيد الكربون :**

- **غاز أول أكسيد الكربون :** ينتج من الاحتًراق غير الكامل للوقود المحتوي على المواد العضوية ، ومن صفات هذا الغاز أنه لا لون ولا طعم ولا رائحة له ، يمكنه ان يحترق ، لكنه لا يساعد على الاحتًراق . و يعتبر من الغازات السامة ، و ترجع خاصية السمية إلى قوة اتحاده مع هيموجلوبين الدم ، حيث يحل محل الأكسجين ، ويعد هذا الغاز من أكثر الغازات الملوثة للهواء سميّة ، وتقدر كميته المنتجة عالمياً بحوالي300 مليون طن ، و تعتبر الصناعة ، و السيارات ، وتدفئة المنازل المصادر الرئيسة لتًركز أول أكسيد الكربون في الجو.
- **غاز ثاني أكسيد الكربون :** فهو عديم اللون ، و الرائحة ، و ذو طعم غير مقبول ، يتًراوح تركيزه في الهواء الطبيعي الجاف غير الملوث 320-303 جزء في المليون ، و بسبب إطلاق كميات كبترة من هذا الغاز من مصادر مختلفة على مستوى عالمي ، فقد وصل تركيزه في الغلاف الجوي عام 1988 حوالي 346 جزء في المليون ، وخلال الفترة ما بين - 1970 1987 كان معدل إطلاق الغاز إلى الهواء بمعدل – 16000) 29000) مليون طن سنوياً . ويعتقد أنه توجد زيادة سنوية في تركيز هذا الغاز في الهواء تصل إلى حوالي 0.7 جزء في المليون بسبب احتًراق الوقود المستخدم مثلاً في التدفئة ، و وسائل المواصلات ، وتوليد الكهرباء ، و الصناعات المختلفة ، وحرق الفضلات . [12]

- **أكاسيد النيتروجين:** أكاسيد النيتًروجين عديدة أشهرها غاز ثاني أكسيد النيتًروجينُ No2 ، وغاز أول أكسيد النيترًوجينُ No وتتكون هذه الأكاسيد عند اتحاد الأكسجتين والنيتًروجين ، تحت درجات حرارة عالية ، كاحتًراق البنزين ، والسولار في المركبات،وهذه الغازات تعتبر سامة، أما إذا وصلت نسبتها في الهواء إلى % 0.07 فإنها تؤدي إلى الموت خلال نصف ساعة. ويعتبر عادم المركبات ، ومصانع حامض النيتًريك ، ومحطات توليد الطاقة الكهربائية من أهم مصادر أكاسيد النيتروجين . وتساهم غازات أكسيد النيتًروجينُ مع المركبات الهيدروكربونية في تكوين الغيوم السوداء التي نشاهدها في سماء المدن الصناعية [12]

- **أكاسيد الكبريت** : أكاسيد الكبريت عديدة ، وأشهرها على الإطلاق غاز ثاني أكسيد الكبريت So_2 ، ويتصف هذا الغاز بأنه عديم اللون ، قابل للاشتعال ، له رائحة نافذة إذا تجاوز تركيزه 3 جزء في المليون. يتصاعد غاز ثاني أكسيد الكبريت من حرق الكبريت ، أو الكبريتيد ، أو مركبات الفحم ، والبتَّرول المحتوي على مركبات الكبريت ، حيث يوجد الكبريت في الفحم ، والبتَّرول بنسب متفاوتة ، وقد وجد أن احتَّراق الفحم يعطي حوالي 6 مليون طن من ثاني أكسيد الكبريت في السنة في بريطانيا وحدها ، لذا فإن انتزاع الكبريت من الفحم له دور فعال في الحد من مشكلة التلوث. ويؤثر ثاني أكسيد الكبريت على الأغشية الدخاطية ، و يسبب التهاباً في الجهاز التنفسي ، كما يسبب الكحة ، وإذا وجد هذا الغاز بتَّركيز 5 جزء في المليون فإن هذا مؤشر لوجود تلوث خطير ، كما يؤثر هذا الغاز على النباتات، وقد وجد أن هذا الغاز إذا وصل إلى 0.02 جزء في المليون فإنه يؤثر على بعض النباتات. وبصفة عامة يمكن القول إن غازات الكبريت ، وما ينتج عنها من ملوثات ثانوية ، من أخطر ملوثات الهواء على النظام البيئي ، فهي شديدة الخطورة لكل من الإنسان والحيوان والنبات على حد سواء[12] .

- **فلوريد الهيدروجين Fluoride Hydrogen :** غاز فلوريد الهيدروجين HF ذو رائحة نفاذة، وهو سام ومسبب للتأكل بدرجة كبيرة ويذوب في الماء مكونا حمض الهيدروفلوريك. وقد حددت منظمة الصحة العالمية تركيز هذا الغاز مالا يزيد عن 0.001 جزء من المليون. وينتج هذا الغاز من العديد من الصناعات كصناعات الحديد والألمنيوم وتكرير البترول والأسمدة، وحمض الفسفوريك والفولاذ والأواني الحديدية وغيرها .ويسبب هذا الغاز تهيجا لجميع اسطح الجسم الخارجية، خاصة في المناطق الرطبة اذا وصل تركيزه الي 2.5 جزء من المليون. وعند التركيزات العالية فأنه يؤثر على الجهاز التنفسي ويعمل على تكلس العظام والتهاب الكبد والكلي. ويموت الإنسان في خلال عشرة دقائق اذا وصل ، تركيز الغاز الي 4000 جزء من المليون [5]

- **كبريتيد الهيدروجين Sulfide Hydrogen :** ينتج غاز كبريتيد الهيدروجين من تخمر المخلفات البشرية السائلة، ومن الصناعات الجلدية وصناعة تكرير النفط وصناعة المطاط، ومن احتراق المواد التي تحتوي على عنصر الكبريت مثل الفحم وبعض المشتقات البترولية. الا ان المصدر الرئيسي لتلوث البيئة ياتي من تكرير البترول وبعض الصناعات البتروكيماوية باعتباره أحد مكونات البترول والغاز الطبيعي. كما يوجد غاز كبريتيد الهيدروجين في كثير من المياه المعدنية (المياه الكبريتية) كما يتصاعد من فوهات البراكين حيث يحترق كثير منه احتراقا غير كامل الي كبريت وماء .وغاز كبريتيد الهيدروجين بأنه غاز سريع التأكسد ليتحول الي غاز ثاني أكسيد الكبريت يتفاعله مع الأوزون.

- **الأوزون Ozone :** الأوزون جزيء مبنى من 3 ذارت أكسجين وينتج من نشاط الاشعة الفوق بنفسجية على جزيئات الأكسجين .يمتاز الأوزون برائحة مميزة.و وجود غاز الأوزون ضرورية خاصة في الطبقة العليا من الغلاف الغازي لحجب الأشعة فوق البنفسجية الضارة. ويوجد هذاالغاز بصورة طبيعية في طبقة التربوزسفير ليشغل نسبة 0.02 جزء من المليون .ولكن زيادة تركيزه عن هذه النسبة يعتبر تلوثا يجب تفاديه وتقليله [5].

- **الهيدروكربونات Hydrocarbons :** الهيدروكربونات هي المركبات المكونة من عنصري الكربون والهيدروجين، مثل غاز الميثان CH_4 ، والإيثان C_2H_2، والإثيلين C_2H_4 والبنزبيرين COH_{12}. ومعظم الهيدروكربونات المسببة لتلوث الهواء تحتوي جزيئاتها علي 12 ذرة كربون او اقل، وهي إما أن تكون غازات او سوائل متطايرة (سريعة التبخر)ويعد المصدر الأساسي لهذه الغازات في الهواء الاحتراق الكامل وغير الكامل للوقود. وتسهم السيارات بنحو 50% من غازات الهيدروكربونات المنبعثة في الهواء، ويعتمد معدل انبعاث هذه الغازات مع عادم السيارات على سرعة السيارة وتسارعها. ويعد البنزوبيرين Benzoperene C_20H_{12} من أشد المركبات الهيدروكربونية ضررا على الإنسان، إذ يجمع الباحثون على أنه من أهم المواد المسببة للسرطان. وينتج مركب البنزبيرين من احتراق الوقود ، وصناعة المطاط والسجائر. وتصل كمية ما يستنشقه الإنسان من مركب البنزبيرين في بعض المدن ما يعادل الكمية المتحصل عليها من عشرات السجائر .والهيدركربونات في وجود اكاسيد النتروجين تعد المسؤول الرئيسي لتكون الضباب الكيموضوئي.photochemical smogوتحدث كثير من التفاعلات الكيميائية والكيموضوئية وينشأ من هذه التفاعلات كثير من الملوثات الثانوية.ويعد الميثان من اكثر الهيدروكربونات المنبعثة والمنطلقة إلى الهواء [5]

$$2CH_2O \xrightarrow{\text{Bactérie}} CH_4 + CO_2$$

والتفاعلات الكيموضوئية للهيدركربونات مثل الميثان و الالديهيدات و الالكانات ينتج عنها كثير من الشقوق الحرة free radicals كما توضح المعادلات التالية :

$$CH4 + O2 \xrightarrow{\mathbf{hv}} CH_3^{\cdot} + OH$$

$$CH4 + OH \longrightarrow CH_3^{\cdot} + H2O$$

$$CH3 + O2 + M(thridbody) \longrightarrow CH_3^{\cdot} + H2O$$

$$CH_3\,CHO \xrightarrow{\mathbf{hv}} CH_3^{\cdot} + HCO^{\cdot}$$

$CH_3CH=CH_2+OH \longrightarrow CH_3\text{-}CH\text{-}CH_2O$

$CH_4H_{10} + (O) \longrightarrow C_4H_9^{\cdot} + OH^{\cdot}$

$C_4H_9 + O_2 \longrightarrow C_4H_9OO$

$C_4H_{10}+OH \longrightarrow C_4H_9^{\cdot} + H2O$

$OH + NO_2 + M \longrightarrow HNO_3 + M$

- **الغازات المشعة:** تنبعث هذه الغازات من المواقع التي تستخدم المواد المشعة واهمها محطات الطاقة النووية ويتلوث الهواء الجوي خلال انطلاق الغازات المشعة كالرادون من مصانع تعدين المواد النووية كاليورانيوم والثوريوم وخاصة خلال عمليات التفتت والطحن في مصانع التعدين، ويتلوث الهواء الجوي ايضا اثناء تحضير سبائك اليورانيوم، أما المصانع الكيميائية التي تعمل على عزل النظائر فإن الملوثات التي تنتشر في الجو هي غبار واكسيد اليورانيوم أو الثوريوم ومركبات غازية أخري مثل فلوريد اليورانيوم، ويصاحب العناصر المشعة الغازية دقائق الفا وبيتا واشعة جاما مما يزيد من خطورتها. ويتعرض للاشعاعات الصادرة من المفاعلات العاملين فيها والساكنين في الضواحي القريبة وذلك نتيجة قذف الملوثات من المداخن المختلفة. أما في حالة حدوث اعطال مفاجئة أو انفجارات في المفاعلات فان الخطر سيهدد مساحات شاسعة تصل الي مئات الكيلومترات بل الاف الكيلومترات وللتقليل من تأثير هذه الغازات يفضل أعادة استخدامها قدر الإمكان، أو تخزينها حتي تفقد قدرتها وفعاليتها.وتستخدم مداخن عالية مرتفعة لتشتيت الملوثات المشعة بعد توفير الظروف المناخية المناسبة. ووجد أن أعلى تركيز للملوثات المشعة يكون على بعد 1-2 كم من المدخنة وعند احتواء هذه الغازات علي جسيمات صلبة فان هذه الجسيمات تزال قبل انبعاث الغازات الي الخارج .

2.9.I. تلوث الهواء بالجسيمات :

- **الجسيمات المتساقطة :** وهي تلك الدقائق التي لا تلبث ان تعود للارض بعد انطلاقها من مصادرها بتأثير الجاذبية الارضية , و يطلق علها اسم الغبار الساقط , و يزيد قطر هذه الجسيمات عن عشر ميكرو ميترات , و هذه الجسيمات لها تاثير على العيون و المنشات الصناعية و الابنية و الممتلكات و لها تاثير خفيف على المجاري التنفسية للانسان لان شعيرات الانف تعمل على حجز و ترسيب جزء كبير منها و خاصة الجسيمات التي يزيد قطرها عن مئة ميكروميتر .

- **الجسيمات العالقة الكلية :** هي الجسيمات التي يتراوح قطرها بين 0,1 الى 10 ميكروميترات وتبقى فترة طويلة معلقة في الهواء , اما معدل ترسبها فهو بطيء نسبيا و يتوقف على الظروف الطبيعية من رطوبة او رياح او حرارة و غيرها . و تعتبر اخطر الجسيمات الملوثة للهواء حيث من الممكن ان تصل للرئتين و تستقر هناك بعضها كبير او قاتم اللون بما فيه الكفاية لكي يرى بالعين المجردة مثل الدخان , و البعض الاخر صغيرا جدا بحيث لا يكتشف الا بالمجهر الالكتروني

- **الجسيمات العالقة الدقيقة :** هي جسيمات صغيرة جدا و قطرها اقل من 0,1 ميكروميتر , و من الصعب ترسبها و لها حركة عشوائية و قد تتجمع مع بعضها البعض ليزداد حجمها الى اكثر من 1 ميكروميتر , ويصل عددها في الهواء النقي الى عدة مئات في السنتيميتر المكعب , اما في الاجواء الملوثة فيصل عددها الى اكثر من 100 الف في السنتيميتر المكعب . ولا تشكل هذه الجسيمات خطرا كبيرا على صحة الانسان , مع انها تصل الى الرئتين بسهولة , حيث تستطيع الرئتين نفثها اثناء الزفير .

كما يمكن تصنيف الجسيمات الملوثة للهواء تبعا لطبيعتها الى الانواع التالية :

- جسيمات الغبار
- جسيمات السخام
- جسيمات الرماد
- جسيمات الابخرة
- جسيمات الرذاذ
- جسيمات الايروسولات

10.I. الملوثات الثانوية للهواء:

ويقصد بالملوثات الثانوية تلك الملوثات التي تنتج عن وجود ملوثات اولية في الهواء primary pollutants حيث ان انبعاث العديد من الملوثات الاولية الى الهواء ومع وجود الأكسجين والنتروجين وبخار الماء واشعة الشمس وغيرها يؤدي الى دخول هذه الملوثات في تفاعلات كيميائية مكونة ملوثات اخرى جديدة هي الملوثات الثانوية ومن أشهر ملوثات الهواء الثانوية الضباب (الدخاني والكيموضوئي) والمطر الحمضي.

1.10.I. التعريف بالضباب (الدخاني والكيميوضوئي):

عند اتحاد كل من الضباب مع الدخان ينتج ملوث جديد يعرف بالضباب الدخاني او الضبخان، ويختلف الضباب الكيميوضوئي والذي يعرف بضباب لوس انجلوس (los angelos fog) عن الضباب الدخاني والذي يعرف بضباب لندن كالدخان وثاني أكسيد الكبريت مع وجود تركيز عالي من بخار الماء وتفاعلها معا. وعادة يتكون الضباب الدخاني عادة في الشتاء عند درجة حرارة منخفضة قريبة من الصفر المئوي وعندما تكون سرعة الهواء هادئة. وقد أصبح هذا النوع من الضباب مشكلة كبيرة للمدن التي تستخدم الفحم في التدفئة والتي تزدحم بالسيارات حيث يؤدي الى تهيج العيون والحنجرة والبطانة المخاطية للجهاز التنفسي وتقلل من مدى الرؤيا وتلحق اضرارا كبيرة للنباتات والاعمال الفنية والممتلكات الاقتصادية. ومن امثلة ذلك ما حدث في لندن حيث ادى الى وفاة 1000 شخص عام 1965 م، بينما يتكون الضباب الكيموضوئي بسبب التفاعل بين الملوثات الاولية ومكونات الهواء الطبيعية تحت اشعة الشمس. [8]

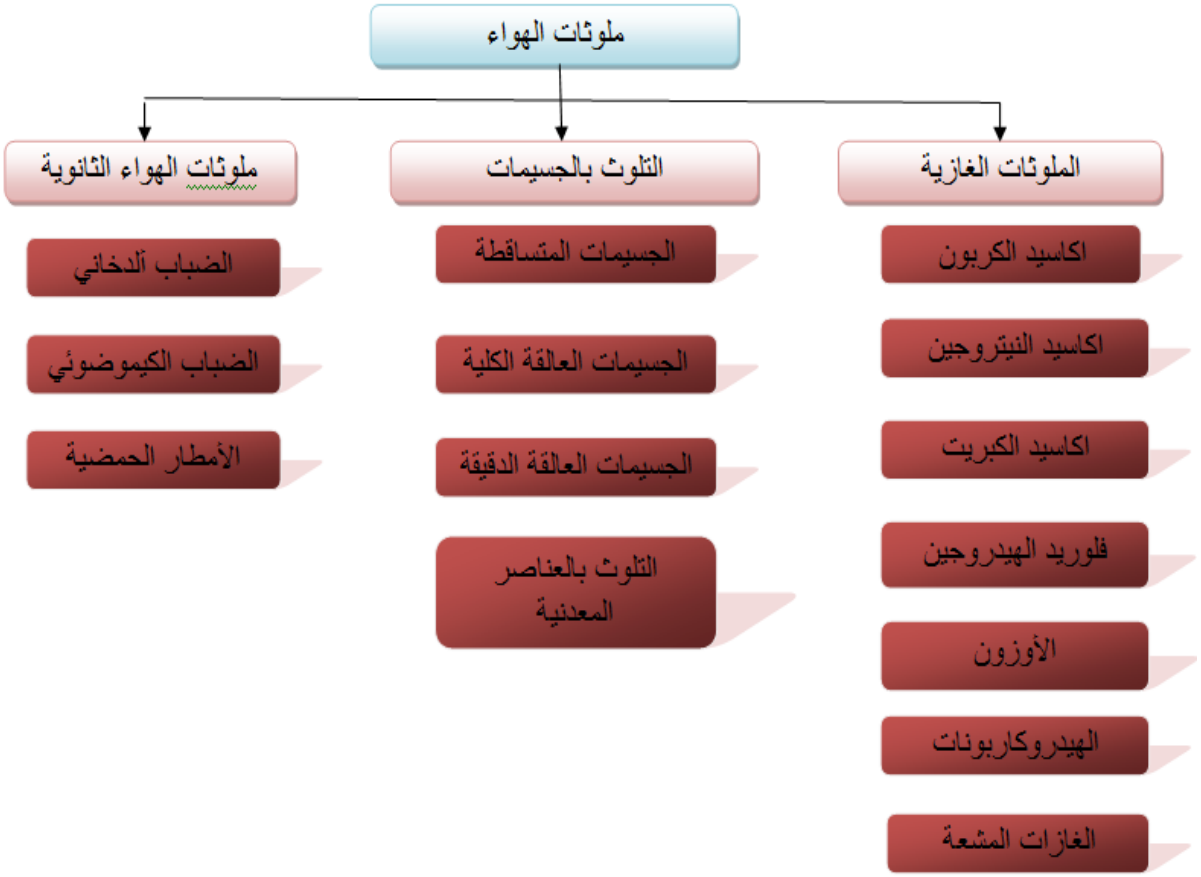
2.10.I. ظاهرة المطر الحمضي (Acid rain) :

تحدث هذه الظاهرة نتيجة لزيادة تركيز غازات اكاسيد نيتروجينية و اكاسيد كبريتية في الهواء و التي تنتج بشكل رئيسي من عمليات احتراق الوقود الاحفوري كما في حرق الوقود المنزلي و عوادم السيارات و محطات توليد الطاقة و مصانع الاسمدة و الطوب و الحديد و غيرها و هذه الغازات الملوثة خاصة ثاني اكسيد النيتروجين و ثاني اكسيد الكبريت لها قدرة كبيرة على الانتشار لمسافات بعيدة تصل الى الاف الكيليمترات من مصادرها الاساسية , حيث تسقط في النهاية على شكل امطار حمضية نتيجة تلامسها مع جزيئات الماء او بخار الماء الجوي مكونة احماض نيتروجينية , احماض كبريتية بدرجة حموضة (pH=3.5) او اقل . [11]

$$SO_2+O_2^{½} \longrightarrow SO_3 + H_2O + H_2SO_4$$

$$NO_2 + H_2O \longrightarrow HNO_3$$

$$CO_2 + H_2O \longrightarrow HCO_3$$



الشكل (6) : مخطط يبين أنواع الملوثات الهوائية [5]

11.I. معاييــر جودة الهواء:

1.11.I. تشريعــات ومعايير جودة الهواء في الجزائر :

لمنع وتقليل التلوث والمضايقات ، تمتلك الجزائر ترسانة قانونية مهمة تستند إلى القانون الإطاري لحماية البيئة 83-03 الصادر في 5 فبراير 1983 ، والذي أعقبته سلسلة من النصوص التطبيقية. ولكن على المستوى العملي ، فإن وفرة المعايير القانونية لم يتبعها دائمًا تطبيق حقيقي في هذا المجال.

يمكن تلخيص هذا النظام القانوني على النحو التالي :

المرسوم رقم 93-165 الصادر في 1993/10/7 ، ينظم الانبعاثات الجوية للغازات والأبخرة أو الجسيمات الصلبة أو السائلة ، المسببة للتآكل أو السامة أو الرائحة ، والتي من المحتمل أن تزعج السكان ، أو تعرض الصحة أو السلامة العامة للخطر ، أو تضر بالنباتات و الإنتاج الزراعي وكذلك الحفاظ على المباني والمعالم التاريخية والطبيعية.

يحدد المرسوم رقم 88-149 الصادر في 1988/7/26 اللوائح المطبقة على التركيبات المصنفة ويحدد تسمياتها.

تخضع المنشآت المصنفة لأحكام هذا القانون: المصانع والورش ومواقع البناء والمحاجر ، وبشكل عام المنشآت التي يديرها أو يمتلكها أي شخص طبيعي أو اعتباري ، عام أو خاص ، والتي قد تشكل مخاطر أو مساوئ ، إما للراحة. من الحي ، أو للصحة ، والسلامة ، والصرف الصحي العام ، أو للحفاظ على المواقع والمعالم الأثرية.

يحدد هذا المرسوم ثلاث فئات للتركيب حسب الحجم وخطورة الأخطار والعيوب التي قد تنتج عن عملياتها.

أ) المنشآت الخاضعة لترخيص من الوزير المسؤول عن البيئة.

ب) المنشآت الخاضعة لترخيص من الوالي المختص إقليميا.

ت) المرافق قدمت بياناً بسيطاً من رئيس مجلس إدارة الشركة.

وبخصوص المرسوم رقم 84-378 الصادر في 1984/12/15 ، فقد حدد شروط تنظيف وإزالة ومعالجة النفايات الحضرية الصلبة.

تتعلق النفايات ، بالمعنى المقصود في هذا القانون ، بأي بقايا ناتجة عن عملية إنتاج أو تحويل أو استخدام ، أو أي مادة ، أو مواد ، أو منتج ، أو بشكل عام أي سلعة ، أو أثاث مهجور أو مُعد للتخلي عنه.

يُلزم القانون أي شخص طبيعي أو اعتباري ينتج أو يحتفظ بالنفايات بالتأكد أو الترتيب للتخلص منها في ظل ظروف مناسبة لتجنب الآثار الضارة على التربة والنباتات والحيوانات والغلاف الجوي وموارد المياه وصحة الإنسان ، تؤدي إلى تدهور المواقع أو المناظر الطبيعية لتوليد ضوضاء وانبعاث روائح.

في حالة التخلي عن النفايات أو إيداعها أو معالجتها بما يتعارض مع هذا المطلب ، يتم التخلص منها تلقائيًا على نفقة الجاني.

المرسوم رقم 93-68 الصادر في 1992/1/1 يتعلق بأساليب فرض الضريبة على الأنشطة الملوثة أو الخطرة على البيئة.

من ناحية أخرى ، يتعلق المرسوم رقم 90-78 بتاريخ 1990/02/27 بدراسات الأثر البيئي.

بموجب القانون ، تعد دراسة التأثير أداة أساسية لتنفيذ حماية البيئة ، وتهدف إلى التعريف بآثار مشاريع التنمية الاجتماعية والاقتصادية على التوازن البيئي وكذلك على البيئة المعيشية وتقييمها.

يحدد هذا المرسوم المتطلبات الفنية والتنظيمية لدراسة التأثير. الحد الأدنى من محتوى دراسة التأثير المطلوب بالقرار:

- وصف المشروع.
- تحليل الحالة الأولية للموقع وبيئته المتأثرة بالمشروع.
- تحليل التأثيرات البيئية.
- تبرير المشروع المختار.
- وصف وتقييم تكلفة تدابير التخفيف وحماية البيئة.

ولكن ، يجب القول إن القانون وحده غير قادر على حل جميع تضارب المصالح الذي تثيره المشكلة البيئية.

الإجراء التشريعي والتنظيمي ، الذي يعتبر ضروريًا أيضًا ، يتطلب ، من أجل إحداث تأثيرات مقنعة ، أن تكون مصحوبة بإجراءات أخرى ، وبحوث ، ودراسات ، وتدخل مباشر في الميدان ، وقبل كل شيء زيادة المعلومات والتوعية. [13]

2.11.I. معاييــر جودة الهواء الدولية :

وضع الاتحاد الأوروبي معايير لتركيزات الملوثات في الهواء المحيط:
بالنسبة لثاني أكسيد النيتروجين (NO2) ، حدد التوجيه أيضًا في عام 1985 قيمة حدية بالساعة قدرها 200 ميكروغرام لكل متر مكعب من الهواء (98 نسبة مئوية في السنة من متوسط القيم لكل ساعة ، أي القيم التي لا يمكن تجاوزها 2٪ من الوقت أو 7 أيام في السنة).¬

بالنسبة لأول أكسيد الكربون ، يجب أن يكون متوسط 8 ساعات أقل من $10000\ \mu g/m^3$

(القيمة المستهدفة بالميكروجرام لكل متر مكعب من الهواء ، في عام 1998).

توجيه أوروبي أحدث (1992) بشأن الأوزون (O_3) ، حدد 3 عتبات (القيمة الموضوعية بـ $\mu g/m^3$ من الهواء) عتبة حماية الصحة 110 على مدى 8 ساعات.

أ) عتبة المعلومات من السكان 180 ساعة.

ب) عتبة التنبيه للسكان 360 في الساعة. [13]

12.I. طرق جمع عينات الملوثات الغازية :

تنقسم طرق جمع عينات الملوثات الغازية للهواء الى :

I.12.1. الجمع المخزون :

يغلق على جزء من الهواء المحيط في وعاء مغلق و يحفظ , يعد المخزون عند ضغط الغلاف الجوي في وعاء صلب , تستخدم كذلك اوعية زجاجية او فولاذية لهذه العملية . تختار طبيعة الوعاء على حسب نوعية الملوثات المراد جمعها [11]

I.12.2. التكثيف :

درجات الحرارة المنخفضة المكثفة تسمى الجمع الصقيعي وهي طريقة ممتازة لجمع عينات الهواء عند درجات حرارة منخفضة. تكثف العينة وتركيز عامل التبريد المستخدم يتكون من الهيدروجين أو حتى الأكسجين السائل[11].

I.12.3. الإمتزاز :

يكثف الغاز على مادة صلبة عند درجات حرارة مختزلة ويفرغ أو يسيل مع غاز جامد غير فعال مثل النيتروجين أو الآرجون عند درجة حرارة مرتفعة .المادة الصلبة المستخدمة للتكثيف مكونة من مواد منفذة للسوائل مثل السيليكات، أكسيد الألمنيوم، الدياتومات الأرضية أو الكربون المنشط ممكن جمع كميات كبيرة من عينة الغاز بهذه التقنية. عملية التكثيف هي ظاهرة سطحية، والتي تستخدم لتنقية الهواء للاستخدام الاختباري، مثل تخفيف العينة[11] .

I.12.4. الإمتصاص :

هذه أكثر الطرق الشائعة لجمع الملوثات الغازية. الملوث النشط والفعال يمتص في محلول مائي؛ غاز ثاني أكسيد الكبريت يمتص في الماء أو فوق أكسيد الهيدروجين، الأوزون يمتص في محلول من يودي البوتاسيوم، امتصاص غاز ثاني أكسيد النيتروجين تتم في هيدروكسيد الصوديوم لأن امتصاصه في الماء بطئجدا، يمكن امتصاص غاز أول أكسيد الكربون في محلول من كلوريد النحاس النشادري، يمتص الأكسجين في محلول قلوي حراري، يمتص غاز ثاني أكسيد الكربون في محلول هيدروكسيد البوتاسيوم الكحولي. بجانب عملية الامتصاص، تتحول الحالة الغازية إلى حالة صلبة أو سائلة. عملية التحول تشمل تفاعل كيميائي وتثبيت أنواع معينة في الحالة السائلة. من الضروري نصون العينة في حالة جافة كليا حتى نحصل على نتائج ناجحة ودقيقة [11].

I.13. أدوات و أجهزة جمع عينات ملوثات الهواء :

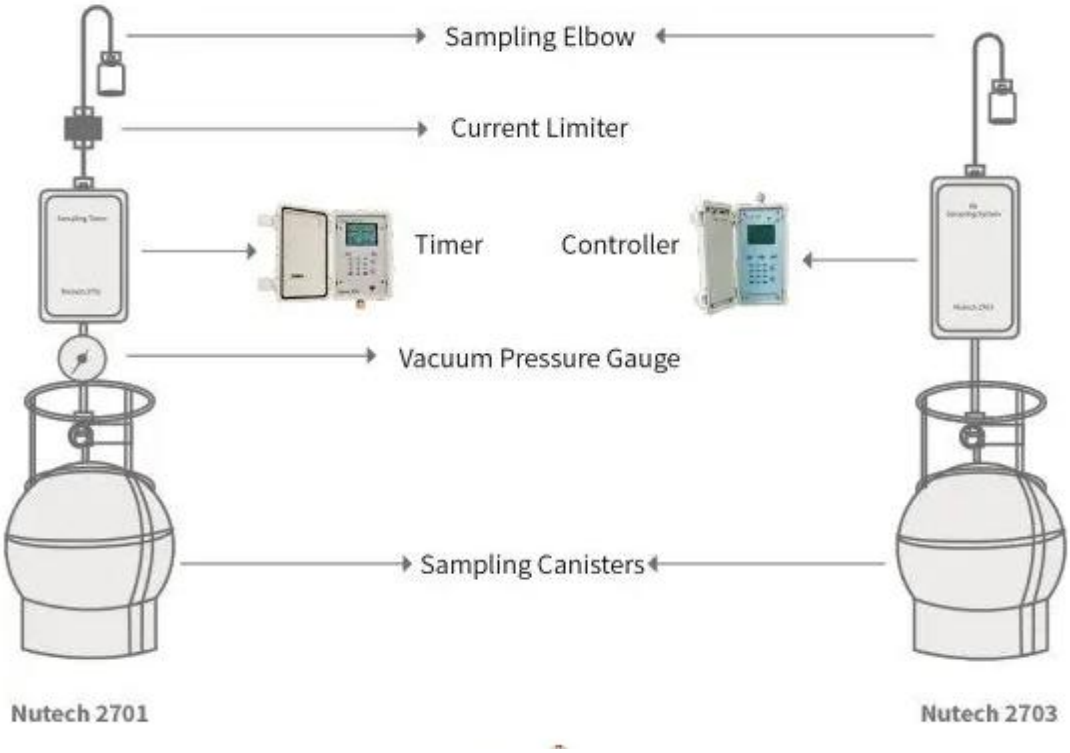
من بين الأدوات والأجهزة المستعملة في عملية جمع عينات ملوثات الهواء، نميز مايلي [14]:

الشكل (7) : أنابيب أخذ عينات الغاز لجمعه وتخزينه.

الشكل (8) : حقيبة Tedlar لأخذ عينات الهواء و الغاز.

الشكل (9) : أنبوب اخذ العينات في جهاز أخذ العينات.

الشكل (10) : علبة SUMMA لأخذ عينات الهواء.



الشكل (11) : جهاز أخذ العينات التلقائي.

قــائمة المراجع:

المراجع باللغة العربية:

[1] فوزية سعاد بوجلابة،2015"أخطارالتلوّث البيئي على المعالم الأثرية بمدينتي وهران وتلمسان أطروحة دكتوراه جامعة أبي بكر بلقايد – تلمسان

[2] الدكتور احمد عبد الفتاح محمود عبد المجيد 2007 كتاب (اضواء على التلوث البيئي) كلية الزراعة جامعة الاسكندرية

[3] محمد ناصر أستاذ محاضر كلية العلوم الإقتصادية وعلوم التسيير(إشكاليةالتلوث البيئي في الجزئر) . جامعة البليدة

[4] الغلاف الجوي - TemaMorsmålصفحة المدرسة العربية , موقع علوم الكون , صفحة موضوع (بتصرف)

[5] الدكتور احمد السروي استشاري معالجة المياه و الدراسات البيئية 2014 كتاب (مقدمة في كيمياء التلوث البيئي)

[6] حسن محمد اسماعيل الاخرس ،1995 "اثر تلوث الهواء بالغازات الناتجة عن مصفات البترول و محطة الحسين الحرارية على السكان في بلدة الهاشمية " ماجيستار في الجغرافيا كلية الدراسات العليا في الجامعة الاردنية

[7] م.د اسراء عادل رسول العلالي 2016" تلوث الهواء داخل المباني و اثره في صحة الشاغلين " مجلة المخطط و التنمية العدد (34) جامعة بغداد

[8] احمد السروي كتاب الكيمياء البيئية 2016 ص 153

[9] السعدي ,حسين علي , علم البيئة و التلوث , وزارة التعليم العالي و البحث العلمي , جامعة بغداد , كلية التربية للبنات 2002

[10] سعيد ,صبري, المرجع العملي في اعمال التكثيف المركزي، الامارات، 2015.

[11] الدكتور عايد راضي خنفر كتاب "التلوث البيئي الهواء – الماء – الغذاء" 2019 ص 89-90 أضرار التلوث الهوائي على الحياة.

[12] الدكتور نعيم سلمان بارود فبراير 2006 بحث في " تلوث الهواء مصادره و اضراره "

[14] موقع Nutech : https://www.nutechinst.com/ar

المراجع باللغة الأجنبية :

[13] (journal officiel, 1983) : Journal officiel de la République Algérienne du 08/02/1983. Loi n°83-03 du 5 février, relative à la protection de l'environnement.

الفصل الثاني

المركبات العضوية المتطايرة وتأثيرها على الإنسان والبيئة

تمهيد :

تعد المركبات العضوية المتطايرة من الملوثات الخطيرة التي توجد في الهواء الطلق , وعادة ما يتم تقسيم هذه المركبات الى انواع مختلفة من المركبات الميثانية (CH_4) و المركبات الغير ميثانية (NMVOCs) ويعد الميثان أحد الغازات الدفيئة شديدة الفعالية , حيث يساهم في زيادة ظاهرة الاحتباس الحراري على سطح الأرض أما المركبات المتطايرة الأخرى من الهيدروكربونات فهي تعد أيضًا من الغازات الدفيئة المؤثرة ، ويرجع ذلك إلى الدور الذي تلعبه في تكوين الأوزون وزيادة فترة بقاء غاز الميثان في الغلاف الجوي . وذلك على الرغم من أن تأثير هذه الغازات يختلف وفقًا لنوعية الهواء في المنطقة المحيطة . ومن المركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية NMVOCs بعض المركبات ذات الرائحة النفاذة مثل البنزين والتولوين والزيلين ، والتي يعتقد أنها من المواد المسببة للسرطان؛ حيث قد يؤدي التعرض طويل المدى لمثل هذه المركبات إلى الإصابة بسرطان الدم أما أحادي وثلاثي البوتاديين، فهو يعد من المركبات الخطيرة الأخرى التي عادة ما تصاحب الاستخدامات الصناعية.

يمكن أن تأتي المركبات العضوية المتطايرة من عدة مصادر ، مجمعة أساسًا في فئتين رئيسيتين: تلك ذات الأصل الطبيعي التي تأتي أساسًا من الغطاء النباتي (مثل التربين) ، والحيوانات ، وحرائق الغابات والعواصف الترابية ، وتلك ذات الأصل البشري والتي تنقسم أيضًا إلى فئتين :

- ✓ **التلوث الداخلي** : الذي يأتي بشكل رئيسي من المنتجات المنزلية مثل المواد العازلة والمذيبات ومنتجات التنظيف والطابعات والمطاعم والمطابخ المنزلية والدهانات والورنيش والتدخين وممارسات التدفئة السيئة.
- ✓ **التلوث الخارجي** : الناتج عن مرور المركبات ، احتراق الزيوت والوقود الأحفوري وكذلك العمليات الصناعية (المصانع الكيماوية ، مصانع المكونات الإلكترونية ، الأدوية ، المصافي ، مصانع السيارات ، مصانع المنتجات الغذائية ، مصانع المنسوجات).

1.II. تعريف المركبات العضوية المتطايرة :

كيميائيًا : المركب العضوي المتطاير (VOC) هو مركب يحتوي على ذرة كربون واحدة على الأقل مع ذرات الهيدروجين والأكسجين والنيتروجين والكبريت والهالوجينات والفوسفور والسيليكون ، باستثناء أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون وحمض الكربونيك والكربيدات المعدنية أو الكربونات وكربونات الأمونيوم. يتم التعبيرعن المركبات العضوية المتطايرة على أنها إجمالي الهيدروكربونات المكافئة للميثان أو البروبان. بصرف النظر عن الميثان، الذي غالبًا ما يتم تجاهله نظرًا لوجوده الطبيعي في الهواء ، والتي يشار إليها باسم المركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية **(NMVOC)**.

الشكل (12) : المركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية.

فيزيائيًا : المركبات العضوية المتطايرة هي مركبات كيميائية عضوية يجعل تركيبها من الممكن أن تتبخر في درجات الحرارة والضغط الجوي في الضروفالعادية. وفقًا للتوجيهات الأوروبية ، تعني المركبات العضوية المتطايرة "أي مركب عضوي له ضغط بخار 0.01 KPa أو أكثر عند درجة حرارة 293.15 K أو له تقلبات مقابلة في ظل ظروف استخدام معينة". يمكن تعريف "التقلب" كميًا ، إما عن طريق ضغط البخار الذي يزيد عن 0.01 KPa ، أو من خلال نقطة غليانها التي تتراوح بين [°C 50– 250] (وكالة حماية البيئة الأمريكية (EPA)).

تتراوح هذه المركبات المتطايرة من رائحة بسيطة مزعجة إلى تأثيرات مسرطنة او تؤدي الى حدوث طفرة مثل (حالة البنزين ، ثنائي كلورو بنزين ، أسيتالديهيد ، أكرولين وفورمالدهيد) ، تكون سامة مثل (هيدروكربونات مهلجنة ، ألدهيدات). تتعدد مصادرها خاصة في المباني ، يختلف تركيزها في الهواء الداخلي باختلاف الزمان والمكان , يعتبر السائل العضوي متطايرًا عندما يحتوي على ما بين 5 و 8 ذرات كربون (C5 إلى C8) وتقلب منخفض بين 9 و 16 ذرة كربون (C9 إلى C16) بينما تكون معظم الألكانات التي تحتوي على 1 إلى 4 ذرات كربون (C1 إلى C4) في الحالة الغازية وتعتبر غازات.

تشتمل عائلة المركبات العضوية المتطايرة على عدة آلاف من المركبات التي يمكن تقسيمها إلى العائلات التالية:

- الهيدروكربونات الأليفاتية بسلسلة كربون مفتوحة مثل (الإيثان ، البوتان ، الأسيتيلين ، إلخ.)
- الهيدروكربونات الأليفاتية المشتقة من السلسلة الأليفاتية (الهكسان الحلقي ، التربينات ، إلخ.)
- الهيدروكربونات العطرية التي تشتمل على حلقة بنزين واحدة أو أكثر
- الهيدروكربونات المستبدلة التي تشتمل على ذرة واحدة أو أكثر غير الكربون والهيدروجين (هالوجينات ، كحول ، ألدهيدات ، كيتونات ، تربينويد ، إلخ)

فيما يلي مجموعة من عائلات المركبات العضوية المتطايرة الرئيسية المعروفة [2]:

جدول (2) : العائلات الرئيسية للمركبات العضوية المتطايرة.

عائلات المركبات	مثال
الاليفاتية	Heptane , hexane , pentane , ……
الهيدروكربونات العطرية	Benzéne ,toluéne , éthylbenzéne et xyléne ويطلق عليها أيضا إسم عائلة الـ BTEX
الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات (HAP)	Benzo(a)pyréne
الكحولات	Ethanol , méthanol, butanol, isopropanol
الكيتونات	Asétates d'éthyle , de butyle , d'isopropyle
الاسترات	Asétates d'éthyle , de butyle , d'isopropyle
المكلورة	Perchloréthyléne ,trichloréthyléne , dichlorméthane
مركبات النيتروجين	Aminés , nitriles
المركبات الكبريتية	Mercaptans ,diméthylsulfure
الأثيرات	1,4-dioxane
الالديهيدات	formaldéhyde

2.II. التعريف بالعائلات الرئيسية للمركبات العضوية المتطايرة :[2]

1.2.II. الهيدروكربونات Les Hydrocarbures :

يطلق اسم الهيدروكربونات على المركبات التى تتكون من ذرات الكربون والهيدروجين فقط وينقسم إلى هيدروكربونات أليفاتية وهيدروكربونات عطرية.

➢ **الهيدروكربونات الأليفاتية : Hydrocarbures aliphatiques**

هي الهيدروكربونات بسلسلة كربون مفتوحة ، نميزها :

- الهيدروكربونات المشبعة (الألكانات) ذات الصيغة الكيميائية العامة C_nH_{2n+2}
- الهيدروكربونات غير المشبعة، و تتكون بدورها من مجموعتين :
  - Les alcènes : بالصيغة الكيميائية R-CH = CH-R ، التي لها رابطة مزدوجة .
  - Les alcynes : بالصيغة الكيميائية R-C≡C-R ، التي لها رابطة ثلاثية.

يمكن أن تكون الهيدروكربونات الأليفاتية :

✓ سلسلة خطية : على سبيل المثال : n-hexane

✓ سلسلة متفرعة : على سبيل المثال: ميثيل بنتان.

➢ **الهيدروكربونات الدورية المشتقة من السلسلة الأليفاتية : Les hydrocarbures alicycliques:**

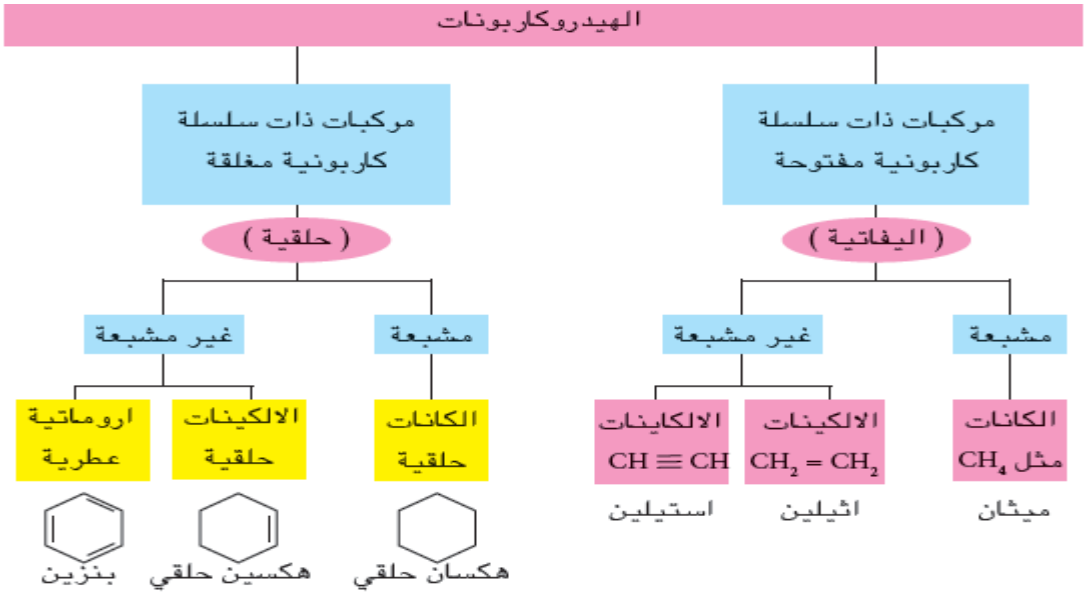
وهي الألكانات الحلقية ، على سبيل المثال: الهكسان الحلقي ، والألكينات الحلقية (التي تحتوي على رابطة مزدوجة واحدة) ، والألكاديين الحلقيين (التي تحتوي على رابطتين مزدوجتين) أو التربين .

➢ **الهيدروكاربونات العطرية : Les hydrocarbures aromatiques :**

يطلق لفظ المركبات العطرية عموما على المركبات الكيميائية العضوية الحلقية غير المشبعة وذات الخصائص المميزة. قد تكون هذه المركبات متجانسة أي أن حلقاتها مكونة من ذرات الكربون و الهيدروجين فقط وقد تكون غير متجانسة يدخل في تركيب حلقاتها ذرة أو أكثر من ذرة أخرى غير ذرات الكربون والهيدروجين مثل الأكسجين والنيتروجين والكبريت . يستعمل المصطلح الروماني (Aromatic) عادة في وصف مشتقات البنزين (ذات الروائح العطرية) المستخلصة من النباتات إذ تحتوي هذه المركبات عادة على مجموعات مختلفة مثل:$-OCH_3$ ، $-COOH$, $-COOCH_3$, إلخ متصلة بحلقة تحمل الصيغة الجزئية $-C_6H_5$, إلا أنه مع الوقت تم اكتشاف مركبات أخرى تحتوى على الحلقة نفسها $-C_6H_5$ ، وهذه إما أن تكون عديمة الرائحة أو ذات رائحة كريهة [3].

➢ **الهيدروكربونات المستبدلة : Les hydrocarbures substitués :**[2]

إذا كان جزيء الهيدروكربون يحتوي على ذرة أخرى غير الكربون والهيدروجين ، فإنه يسمى الهيدروكربون البديل ، وفي حالة الحلقة ، يطلق عليه اسم الحلقة غير المتجانسة.



الشكل (13) : أقسام الهيدروكاربونات

II.2.2. الهالوجينات :

الذرات المستبدلة الأكثر شيوعًا هي الهالوجينات: الفلور (F) والكلور (Cl) والبروم (Br.) واليود. يؤدي هذا إلى نشوء عائلة الهيدروكربونات المهلجنة ، مثل الكلوروفورم. هذه مركبات توجد بشكل متكرر في الغلاف الجوي بسبب الاستخدام الصناعي أو المنزلي الواسع [2] .

II.2.3. الكحولات :

تشكل جزءًا مهمًا من المركبات العضوية المتطايرة , تتميز وظيفة الكحول بمجموعة هيدروكسيل- OH وظيفية لذلك فإن الصيغة العامة للكحول هي : R-OH [2].

II.2.4. الكيتونات :

تتميز الكيتونات بمجموعة الكربونيل الوظيفية C = O - ، حيث ترتبط ذرة الكربون بذرة الأكسجين برابطة مزدوجة.

الصيغة العامة للكيتونات هي R-C (= O) -R ' تشكل جزءًا مهمًا من المركبات العضوية المتطايرة ، ومشتقات الألكان بشكل أساسي لأن المذيبات الرئيسية هي الأسيتون (CH_3-C (= O) -CH_3).[2]

5.2.II. الألدهيدات:

تتميز وظيفة الألدهيد بالمجموعة الوظيفية –C (= O) H الصيغة العامة للألدهيدات هي H (O =) C-. فهي تشكل جزءًا مهمًا من المركبات العضوية المتطايرة [2] .

6.2.II. الأثيرات والأسترات:

تتميز الإيثرات برابطة إيثرية ، تتكون من ذرة أكسجين -O- تقع بين مجموعتين R و R '. يتم الحصول على الإيثرات عن طريق تجفيف الكحول. [2]

7.2.II. الأحماض:

تتميزوظيفة الحمض بالمجموعة الوظيفية- C (= O) OH الصيغة العامة للأحماض هي :

R-C (= O) OH [2]

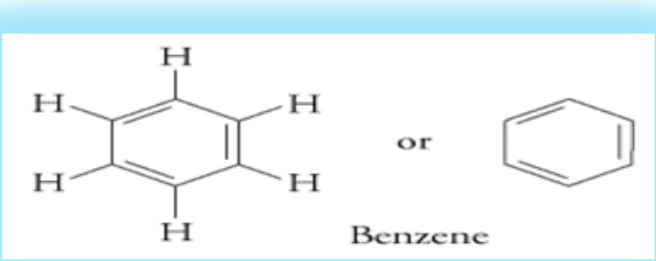
3.II. مركبات BTEX :

1.3.II. البنزين Benzène :

هو جزء من عائلة الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات. يمكن أن يكون وجودها في البيئة من أصل طبيعي (حرائق الغابات ، النشاط البركاني ، إلخ.) أو من أصل بشري.

Benzène عبارة عن مركب متطاير يوجد في البنزين ويستخدم في الصناعة الكيميائية. وهو أيضا ناتج عن الاحتراق غير الكامل للبنزين في محركات النقل البري و التي تعتبرهيالمصدرالرئيسي لانبعاثات البنزين في الهواء الطلق. إن التعرض للبنزين ، بغض النظر عن مستواه ومدته ، يحمل مخاطر سامة لأن البنزين مادة مسرطنة. [4]

صيغته : (C_6H_6)

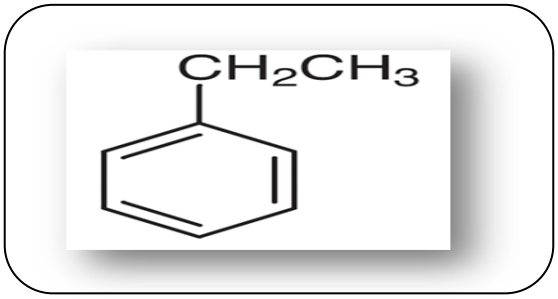


الشكل (14) : صورة لمركب البنزين

2.3.II. الإيثيل بنزين Ethylbenzene :

إيثيل بنزين هو هيدروكربون عطري يكون في صورة سائل عديم اللون. مكون طبيعي للبترول يمكن استخلاصه ممزوجًا بالزيلين. تتكون هذه المادة من حلقة بنزين تتفرع إليها مجموعة إيثيل. مثل معظم المركبات البترولية ، يعتبر إيثيل بنزين لبنة أساسية من المواد الكيميائية والبتروكيماويات. يتم استخدامه بشكل خاص لتوليف الستايرين. ينتمي إيثيل بنزين إلى عائلة المركبات العضوية المتطايرة (VOCs). ذوبانه في الماء هو 152 mg/l . [5]

صيغته : C_6H_5- C_2H_5

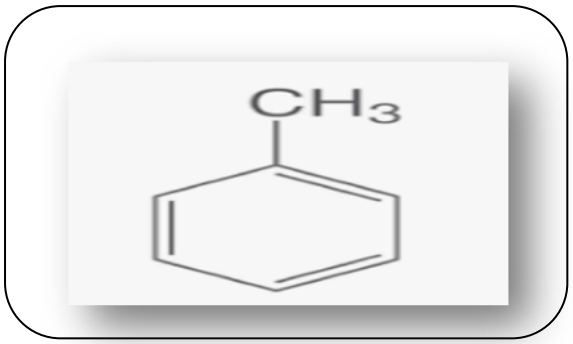


الشكل (15) : صورة لمركب ايثيل بنزين

3.3.II. التولوين toluène :

التولوين هو أحد الهيدروكربونات العطرية المشتقة من المواد الأحفورية. يمكن العثور عليها في البيئة بشكل طبيعي (النشاط البركاني ، حرائق الغابات ، النفط الخام ، إلخ) أو بشرية المنشأ (الأنشطة الصناعية في الأدوية والصناعات الكيميائية ، مستحضرات التجميل والطباعة والورنيش والدهانات والمنتجات المنزلية والمذيبات أو بسبب التدخين ، وما إلى ذلك). يأتي التولوين من حركة المرور على الطرق. تختلف الآثار الصحية باختلاف درجة التعرض. وفقا لتوصيات منظمة الصحة العالمية ، فإنه يجب ألا يتجاوز تركيز التولوين 260 $\mu g/m^3$ في المتوسط الأسبوعي و 1000 $\mu g/m^3$ في المتوسط أكثر من نصف ساعة (عتبة الرائحة) ، من أجل حماية صحة الإنسان.[4]

صيغته : C_7H_8

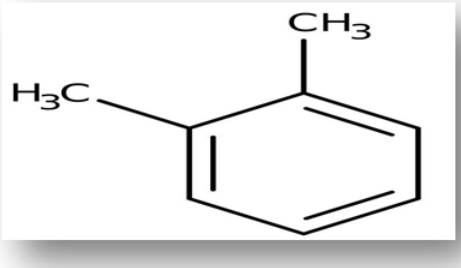


الشكل (16) : صورة لمركب التولوين

4.3.II. الزيلين xylène :

الزيلين هو هيدروكربون عطري مستخرج من البترول. كما هو الحال مع سابقاتها ، رفض الزيلين في البيئة الطبيعية المحتملة (النشاط البركاني ، حرائق الغابات ، النفط الخام ، إلخ) أو بشرية. يستخدم هذا المركب في العديد من القطاعات (الأدوية ، الكيماويات ، الدهانات والورنيشات وأعمال الطباعة وكذلك المبيدات الحشرية والمطاط والمنتجات المنزلية ، إلخ.). بالإضافة إلى ذلك ، فهو مكون لبعض أنواع الوقود البترولي والمذيبات. تختلف الآثار الصحية باختلاف مستوى تعرض الشخص. تقدم منظمة الصحة العالمية قيمة دليل 870 $\mu g/m^3$ في المتوسط السنوي و 4800 $\mu g/m^3$ في المتوسط على مدار 24 ساعة.[4]

صيغته : C_8H_{10}



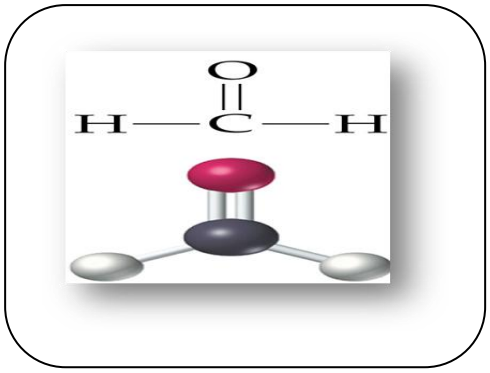
الشكل (17) : صورة لمركب زيلين

4.II. بعض المركبات الأخرى السامة :

1.4.II. الفورمالديهايد Formaldehyde:

يعرف أيضا بإسم الميثانال Methanal، وهو مركب عضوي غازي عديم اللون عند درجة حرارة الغرفة و قابل للأشتعال ذو رائحة نفاذه ، يتكون من الأكسجين و الكربون و الهيدروجين ، صيغته الكيميائية HCHO و هو يعتبر من أبسط الألدهيدات ، وزنه الجزيئي 30.03 ، درجة غليانه - 19.5 . و من الناحية البيئية ، يمكن العثور على الفورمالديهايد في الجو والدخان الناتج عن الحرائق وعوادم السيارات ودخان السجائر، كما يتم إنتاج كميات صغيرة من الفورمالدهيد أثناء عمليات التمثيل الغذائي العادية في معظم الكائنات الحية ، بما في ذلك البشر.يستخدمالفورمالدهيد على نطاق واسع في الصناعات الكيميائية , الدراسات الحديثة أثبتت بأنه مادة مسرطنة لذلك يجب التعامل معه بكل حذر.

صيغته : CH_2O

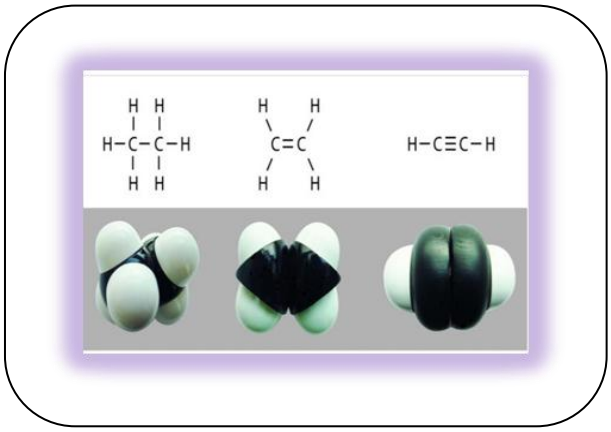


الشكل (18) : صورة لمركب الفورمالدهيد

2.4.II. الأسيتيلين Acetylene :

هو أبسط سلسلة هيدروكربونية من مجموعة الألكاينات حيث يتكون من ذرتي هيدروجين وذرتي كربون مرتبطين برابطة ثلاثية .، وهو غاز عديم اللون، وقابل للاشتعال، ويستخدم بشكل واسع في اللحام وقطع المعادن، ويدخل كمادة خام في صناعة المواد الكيميائية العضوية، والبلاستيك يمتاز غاز الأسيتيلين بأنه عديم اللون وذو رائحة لطيفة، لكن إذا تم تحضيره من كربيد الكالسيوم فإنه قد يحتوي على آثار من مادة الفوسفين التي تُسبب رائحة كريهة شبيهة برائحة الثوم، ويمكن أن يتحلل الأسيتيلين إلى عناصر، ويصاحب ذلك إطلاق كمية من الحرارة، ومن الجدير بالذكر أن تحلُّل الأسيتيلين قد يؤدي إلى حدوث انفجار في بعض الأحيان، وأحياناً لا ينتج عنه أي انفجار، وذلك بناءً على الظروف المحيطة؛ حيث إن الأسيتيلين النقي الذي يكون تحت ضغط 103,421 Pa ينفجر بقوة.

صيغته : C_2H_2

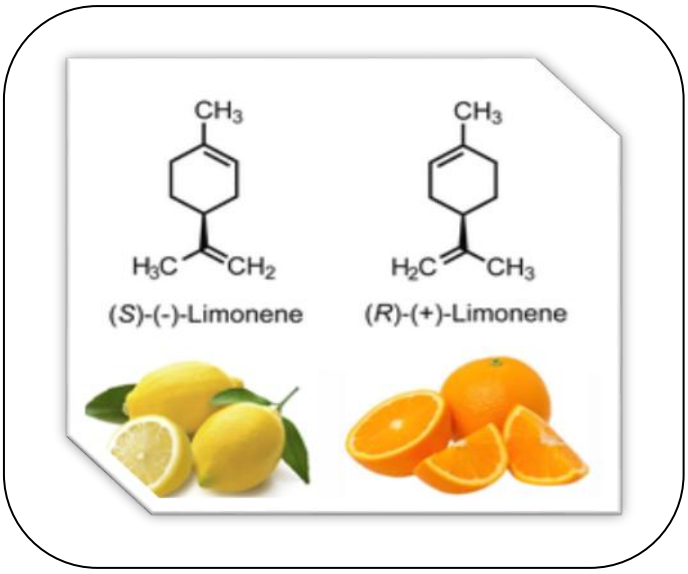


الشكل (19) : صورة لمركب الأسيتيلين

II.3.4. الليمونين Limonene :

الليمونين مادة كيميائية توجد في قشرة ثمار الحمضيات (مركب متطاير)، مثل الليمون والبرتقال. يتركز بشكل خاص في قشور البرتقال التي تشكل حوالي 97٪ من الزيوت الأساسية للقشرة .غالبًا ما يشار إليه بإسم d-limonene، وهو الشكل الكيميائي الرئيسي له .ينتمي الليمونين إلى مجموعة من المركبات المعروفة باسم التربين، والتي تحمي روائحها القوية النباتات عن طريق ردع الحيوانات المفترسة .يعتبر الليمونين أحد أكثر أنواع التربينات شيوعًا الموجودة في الطبيعة وقد يقدم العديد من الفوائد الصحية. لقد ثبت أنه يمتلك خصائص مضادة للالتهابات، ومضادات الأكسدة، ومضادة للإجهاد، وربما خصائص تمنع الأمراض .

صيغته : $C_{10}H_{16}$



الشكل (20) : صورة لمركب الليمونين

- في فرنسا، وبعد حملة وطنية قام بها المرصد الفرنسي لمراقبة نوعية الهواء، والتي شملت عينة من الأماكن السكنية و ذلك في إطار برنامج HABIT 'air، كانت النتائج كما يلي :
  - 33 % من مادة البينزين Benzene توجد في المنازل .
  - 100 % من مادة التولوين Toluene توجد في جميع المنازل التي مسحتها هذه الحملة
  - 100 % من مادة الفرمالدهايد Formaldehyde كذالك توجد في جميع المنازل. [7].

II.5. خصائص بعض المركبات العضوية المتطايرة :

الجدول التالي يلخص لنا أهم الخصائص لبعض المركبات العضوية المتطايرة :

الجدول (3) : خصائص بعض المركبات العضوية المتطايرة (اسمها المعروف، صيغتها، درجة تبخرها و شكلها)

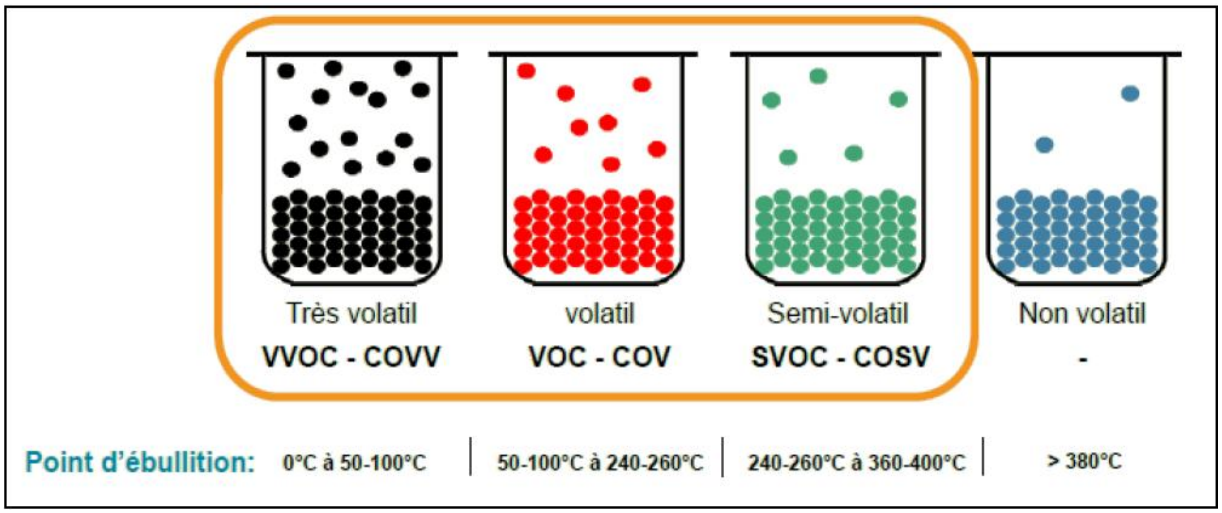
Famille chimique	Nom usuel	Nom IUPAC *	N° CAS **	Formule brute	Pression de vapeur saturante (Pa à 20°C)	Apparence
Alcanes	éthane	éthane	74-84-0	C_2H_6	$3,85.10^6$	Gaz incolore, inodore
	n-hexane	n-hexane	110-54-3	C_6H_{14}	$1,6.10^4$	Liquide incolore, odeur caractéristique
Alcènes	éthylène	éthène	74-85-1	C_2H_4	$8,1.10^6$	Gaz incolore, odeur caractéristique
	propylène	propène	115-07-1	C_3H_6	$1,16.10^6$	Gaz incolore
	1,3-butadiène	1,3-butadiène	106-99-0	C_4H_6		Gaz incolore
Alcynes	acétylène	éthyne	74-86-2	C_2H_2	$4,5.10^6$	Gaz incolore, inodore
Alcools	méthanol	méthanol	67-56-1	CH_4O	$1,23.10^4$	Liquide incolore, odeur agréable
	éthylène glycol	éthane-1,2-diol	107-21-1	$C_2H_6O_2$	7	Liquide incolore
	propylène glycol	propane-1,2-diol	57-55-6	$C_3H_8O_2$	10,6	Liquide incolore, inodore
Dérivés aminés	éthylamine	éthylamine	75-04-7	C_2H_7N	$1,17.10^5$	Gaz incolore, forte odeur
Dérivés nitrés	2-nitropropane	2-nitropropane	79-46-9	$C_3H_7NO_2$	$1,73.10^3$	Liquide incolore, odeur agréable
Hydrocarbures halogénés	dichlorométhane	dichlorométhane	75-09-2	CH_2Cl_2	$4,65.10^4$	Liquide incolore, odeur éthérée
	trichlorométhane	trichlorométhane	67-66-3	$CHCl_3$	$2,13.10^4$	Liquide incolore, odeur éthérée
	trichloroéthylène	trichloroéthylène	79-01-6	C_2HCl_3	$8,6.10^3$	Liquide incolore, odeur douce
	tétrachloroéthylène	tétrachloroéthylène	127-18-4	C_2Cl_4	$1,9.10^3$	Liquide incolore, odeur caractéristique
Hydrocarbures aromatiques	benzène	benzène	71-43-2	C_6H_6	$9,97.10^3$	Liquide incolore, odeur aromatique
	toluène	méthylbenzène	108-88-3	C_7H_8	$3,8.10^3$	Liquide incolore, odeur caractéristique
	o- xylène	1,2-diméthylbenzène	95-47-6	C_8H_{10}	663	Liquide incolore, odeur caractéristique
	éthylbenzène	éthylbenzène	100-41-4	C_8H_{10}	900	Liquide incolore, odeur aromatique
Aldéhydes	formaldéhyde	méthanal	50-00-0	CH_2O	$4,4.10^5$	Gaz incolore, odeur piquante
	acétaldéhyde	éthanal	75-07-0	C_2H_4O	$1,01.10^5$	Liquide incolore, odeur fruitée
Cétones	acétone	2-propanone	67-64-1	C_3H_6O	$2,4.10^4$	Liquide incolore, odeur suave
Ethers	éther éthylique	éther diéthylique	60-29-7	$C_4H_{10}O$	$5,89.10^4$	Liquide incolore, odeur sucrée piquante
	éthylène glycol n-butyl éther (EGBE)	2-butoxyéthanol	111-76-2	$C_6H_{14}O_2$	100	Liquide incolore, odeur éthérée
Esters	acétate de méthyle	éthanoate de méthyle	79-20-9	$C_3H_6O_2$	$2,17.10^4$	Liquide incolore, odeur fruitée

II.6. أصناف المركبات العضوية المتطايرة :

حسب التصنيف الذي اعتمدته منظمة الصحة العالمية (OMS) في عام 1989، أصبح من الممكن تمييز المركبات العضوية حسب درجة غليانها.

جدول (4) : تصنيف المركبات العضوية المتطايرة [11]

الفئة	الصنف	الاختصار	مجال غليانها (°C)
1	مركبات عضوية شديدة التطاير (غازية)	COVV	< 0 الى 50 - 100
2	مركبات عضوية متطايرة	COV	50 – 100 الى 240 -260
3	مركبات عضوية شبه متطايرة	COSV	240- 260 الى 380-400
4	المركبات العضوية المرتبطة بالجسيمات	COAP	380 <



الشكل (21) : صورة توضح أصناف المركبات العضوية المتطايرة [11]

1.6.II. المركبات العضوية شبه المتطايرة COSV:

التمييز بين المركبات العضوية المتطايرة و الشبه متطايرة COSV ليس واضحًا. يعتمد بشكل أساسي على نقطة غليان المركبات، هذه المركبات (COSV) التي غالبًا ما تكون ذات وزن جزيئي أعلى، لها ضغط بخار أقل من المركبات العضوية المتطايرة [12]. يمكن أن توجد COSVs ذات ضغط بخار مشبع بين P 10-6 و10-2 [1]، في درجة حرارة الغرفة تميل إلى الامتصاص بسهولة أكبر للجزيئات المحمولة جواً. غالبًا ما تنبعث في الغلاف الجوي بعد التعرض لمصدر حرارة. مصادرهم في الغالب من صنع الإنسان. تشمل هذه المركبات ، مثل المركبات العضوية المتطايرة ، عددًا كبيرًا من الفئات الكيميائية ، بما في ذلك الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات (PAHs) ،بولي كلورو ثنائي الفينيل (PCB) ، بولي كلورو ثنائي بنزو ديوكسين / فيوران (PCDD / F) ، بولي-برومو ثنائي فينيل إيثر (PBDE) ، فثالات ... هذه المركبات ، سواء في الطور الغازي أوالجسيمات ، سوف تتحلل من خلال العديد من التفاعلات الكيميائية الضوئية والأكسدة [12].

7.II. تأثيرات المركبات العضوية المتطايرة على الإنسان والبيئة:

1.7.II. مخاطرها على الإنســـان:

تتنوع التأثيرات المباشرة للمركبات العضوية المتطايرة على صحة الإنسان وتتفاوت في شدتها: تأثيرات مسببة للسرطان ومطفرة، تهيج الجلد ، تهيج أعضاء الجهاز التنفسي وتهيج العين ، الصداع ، اضطرابات القلب والجهاز الهضمي والكلى والكبد والجهاز العصب.[1]، تظهر الدراسات أن المركبات العضوية المتطايرة من البتروكيماويات (البنزين - التولوين - إيثيل بنزين - زيلين أو BTEX ، الألكانات) تهيج الأغشية الأنفية والعينية. يزيد التعرض المتكرر لتركيز منخفض من المركبات العضوية المتطايرة من خطر الإصابة بأمراض الجهاز التنفسي والصداع والتهيج الحسي. الهيدروكربونات العطرية الأحادية أو BTEX ،على سبيل المثال ، شديدة السمية للإنسان. تأتي من الوقود الغير محترق وتنتشر في أجواء المدينة هذه المركبات لديها القدرة على دخول الرئتين بنسبة تصل إلى 40٪. بعض هذه المركبات العضوية المتطايرة هي تعتبر مسرطنة ،مثل الأسيتالديهيد.[6]

2.7.II. مخاطرها على البيئة :

تلعب المركبات العضوية المتطايرة دورًا مهمًا في طبقة التروبوسفير ، مما يؤدي إلى زيادة الكمية الأوزون في الهواء. ينتج الأوزون من ثاني أكسيد النيتروجين تحت تأثير الإشعاع شمسي. يتفاعل الأوزون المتكون بعد ذلك مع أكسيد النيتروجين لإنتاج ثاني أكسيد النيتروجين ولكن ، في وجود المركبات

العضوية المتطايرة ، يتم تعديل الدورة السابقة بواسطة جذور الكربون (المؤكسدات القوية) التي تحل محل الأوزون أثناء التفاعل لتكوين ثاني أكسيد النيتروجين مما يؤدي إلى زيادة كمية الأوزون. العديد من المركبات العضوية المتطايرة المكلورة (مثل CFCl3) ، المنقولة في الستراتوسفير ، تطلق الكلور وتعطل التوازن الطبيعي عن طريق التفاعل مع الأوزون الذي يحمي البشر من الأشعة فوق البنفسجية. نتيجة لذلك ، فإنها تزيد من خطر الإصابة بالسرطان وتغير نشاط التمثيل الضوئي للنباتات. تتداخل بعض المركبات العضوية المتطايرة مع الأشعة تحت الحمراء ، مما يمنعها من التبدد. بسبب الزيادة في درجة الحرارة التي يسببها هذا ، يمكن أن تكون كذلك تعتبر سلائف لتأثير الدفيئة (أمثلة: رباعي كلوريد الكربون ، مركبات الكربون الكلورية فلورية ،BTEX). أخيرًا، يتم امتصاص بعض المركبات العضوية المتطايرة المحبة للماء بسهولة في الماء وبالتالي تؤثر على الجودة المياه السطحية، مما يجعل إنتاج مياه الشرب أكثر تعقيدًا. [6]

8.II. المصادر الرئيسية للمركبات العضوية المتطايرة:

1.8.II. المصـــادر الخارجية (الهواء الخارجي):

- **النقـل :**

أحد المصادر الرئيسية للتلوث هو انبعاثات المركبات الخفيفة ومركبات البضائع الثقيلة (حوالي 30٪). تأتي المركبات العضوية المتطايرة المنبعثة من غازات العادم وتبخر الوقود. من بين هذه المركبات العضوية المتطايرة نجد:

- BTEX (البنزين والتولوينوالإيثيل بنزين والزيلين) التي تعتبر شهودًا على تلوث السيارات لأنها موجودة أساسًا في الوقود البترولي والمذيبات
- الألكانات التي ترتبط غالبًا بالتلوث الناجم عن مركبات الديزل ، الأيزوبرين (مركب مختلط المنشأ) الموجود أيضًا في البنزين ،
- المواد المضافة (الإيثرات) مثل MTBE (ميثيل TertioButhyl Ether) و ETBE (EthylTertioButhyl Ether)) التي يتم إدخالها في تركيبة البنزين والتي من المحتمل أن توجد في غازات عادم المركبات [4] .

- **العمليـات الصناعية :**

الصناعة مصدر كبير للمركبات العضوية المتطايرة فالتسريبات التي تنطلق من خزانات البترول، وتسريب البترول الذي يحدث مصادفة وإلقاء النفايات السامة بطريقة غير قانونية كلها تجلب هذه المواد

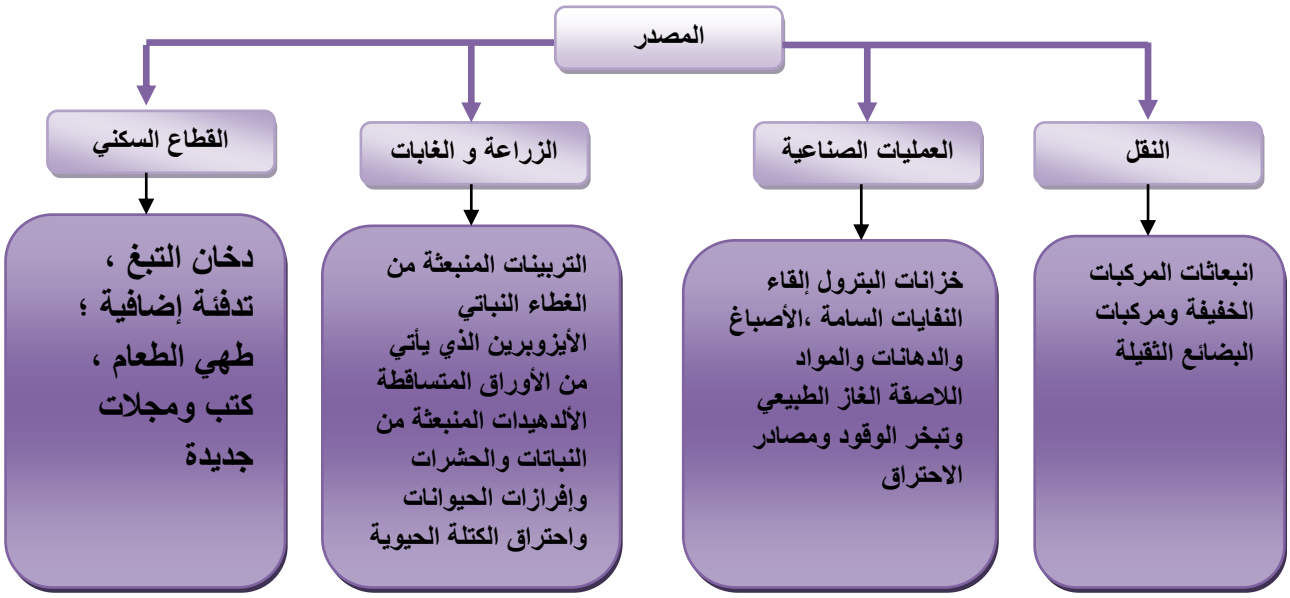
إلى إمدادات المياه .ويعتبر استعمال هذه المواد المصنّعة مثل الأصباغ والدهانات والمواد اللاصقة والأحبار التي تغلف المواد المعدنية والمواد الخاصة بالتنظيف السطحي والطباعة مصدر اً آخر لهذه المواد العضوية المتطايرة . قد تستعمل مصافي البترول وهي المنتجة للمواد العضوية الكيميائية وصناعات الفولاذ والحديد هذه المركبات العضوية لاستخراج وتوزيع المحروقات في مختلف عمليات الإنتاج .كميات كبيرة من المركبات العضوية المتطايرة تنتج عن عمليات الاحتراق الغير كاملة للمحروقات المتواجدة في السيارات .وتساهم المركبات اليوم ومشاكل السير المتراكمة في المدن وتزايد عدد الأشخاص الذين يمتلكون سيارات في إيجاد مستويات عالية من هذه المركبات العضوية المتطايرة[7]

- **الزراعـة والغابــات :**

يشمل هذا القطاع المكون بشكل أساسي من مصادر حيويةالعديد من المركبات العضوية المتطايرة: التربينات ، المنبعثة بشكل رئيسي من الغطاء النباتي ؛ الأيزوبرين الذي يأتي من الأوراق المتساقطة وبعض النباتات ؛ الألدهيدات المنبعثة من النباتات والحشرات وإفرازات الحيوانات واحتراق الكتلة الحيوية ؛ والألكانات[4]

- **القطـــاع السكني :**

يؤدي الاستخدام المنزلي والحرفي للمذيبات والدهانات ومزيلات الشحوم والمطهرات إلى انبعاث هائل من المركبات العضوية المتطايرة. ومن بين هذه المركبات ، نجد مركبات الكربونيل ومركبات الكلور والمذيبات الممتازة لعدد كبير من المواد الاصطناعية أو الطبيعية.[4]



الشكل (22) : مخطط يوضح المصادر الرئيسة للمركبات العضوية المتطايرة.

II.2.8. المصــادر الداخلية :

العديد من الأنشطة المنزلية مثل الطهي ، الصيانة ، الأعمال اليدوية (DIY) والترفيه هي مصادر للألدهيدات ، الهيدروكربونات العطرية ، الكحوليات ، الإسترات أو الألكانات. تختفي هذه الإنتاجات اللحظية بسرعة عتمادًا على تجديد الهواء وتفاعل المركبات العضوية المتطايرة مع المواد. تؤدي أنشطة DIY والصيانة إلى إدخال المنتجات والمواد التي تولد الغازات والأبخرة والجزيئات التي يمكن أن تلوث الهواء المحيط بالمنازل. ، إلى جانب أول أكسيد الكربون ، هو السبب الرئيسي لتسمم الجهاز التنفسي. دخان التبغ في البيئة. هو الدخان غير المباشر الذي يخرج من السيجارة بالاضافة إلى الدخان الذي ينفثه المدخن. يشتمل التركيب الكيميائي لدخان التبغ على ما يقرب من 4000 مادة ، منها 40 مادة معروفة أو يشتبه في كونها مسرطنة للإنسان (أسيتالديهيد ، أكرولين ، بنزين فورمالدهيد ، ستيرين ، إلخ). [8]

الشكل (23) : صورة توضح المصادر الداخلية للCOVs.

➢ **المصــادر المتعلقة بالساكنين وأنشطتهم :**

من بين هذه المصـــادرنجد: دخان التبغ، أجهزة تسخين واحتراق، تدفئة إضافية، طهي الطعام، الأسرة، منتجات الصيانة، منتجات DIY، شموع بخور، مزيلات العرق والعطور الداخلية، منتجات التجميل (مزيل العرق والورنيش وما إلى ذلك)؛ مرطبات الهواء الرطوبة، طابعات وآلات تصوير؛ كتب ومجلات جديدة، مبيدات حشرية، أبخرة بنزين وغازات العادم،...الخ.

- **المصـادر المتعلقة بمنتجات الأثاث والبناء والديكور:**

مثل : أرضيات باركيه ، أرضيات PVC ، مشمع ، إلخ) - أغطية الجدران (الدهانات وورق الحائط والأقمشة المشدودة وما إلى ذلك) - أثاث (أثاث من الخشب الخام ، خشب رقائقي ، أرائك من القماش ، إلخ) - مواد البناء (الجرانيت ، إلخ) - منتجات التجهيز والتشطيب (أصماغ ، شمع ، ورنيش أخشاب ، إلخ) - عزل تالف.

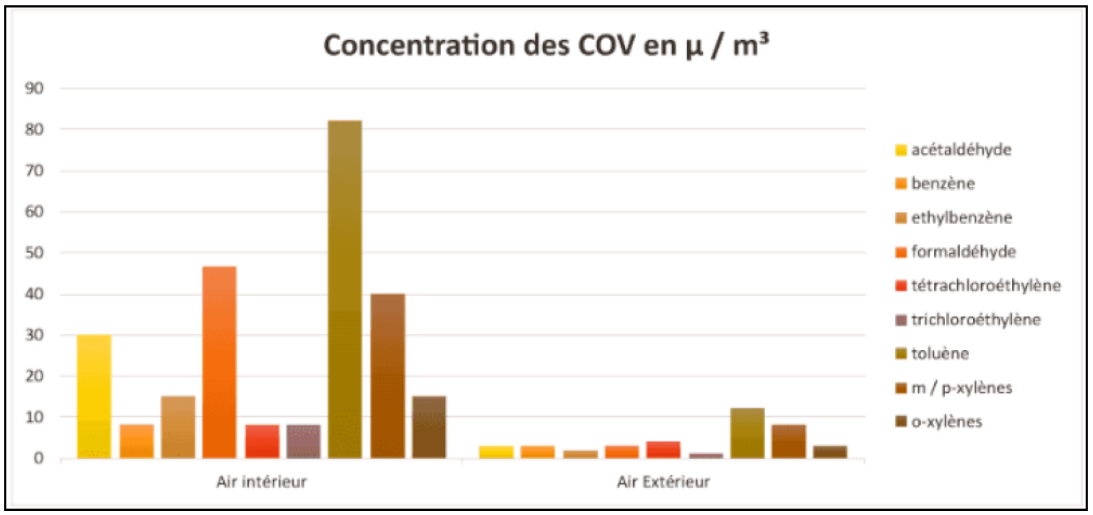
- **مصادر داخلية أخرى :**

هنـــأك أيضا مصادر داخلية أخرى، مثل: الحيوانات الأليفة – العث – الصراصير- حبوب اللقاح – الأضرارالناجمة عن تسرب المياه - تلوث الهواء الخارجي (المرور على الطرق ، الصناعات ، إلخ) - الرادون[9].

II.9. تأثير المركبات العضوية المتطايرة على جودة الهواء الداخلي : [10]

تنبعث المركبات العضوية المتطايرة (COVs) كغازات من مواد صلبة أو سوائل معينة. تشمل المركبات العضوية المتطايرة مجموعة متنوعة من المواد الكيميائية، قد يكون لبعضها آثار صحية ضارة قصيرة وطويلة الأجل. تكون تركيزات العديد من المركبات العضوية المتطايرة أعلى باستمرار في الداخل)حتى عشرة أضعاف) من الهواء الخارجي أو الطلق. تنبعث المركبات العضوية المتطايرة من خلال مجموعة واسعة من المنتجات التي تعد بالآلاف. تستخدم المواد الكيميائية العضوية على نطاق واسع كمكونات في المنتجات المنزلية .تحتوي الدهانات والورنيشات والشمع جميعها على مذيبات عضوية، مثل العديد من منتجات التنظيف والتطهير ومستحضرات التجميل وإزالة الشحوم. يتكون الوقود من مواد كيميائية عضوية حيث يمكن لجميع هذه المنتجات إطلاق مركبات عضوية أثناء استخدامها، وإلى حد ما، عند تخزينها.

وجدت دراسة منهجية أن مستويات ما يقرب من اثني عشر ملوثات عضوية شائعة تزيد من 2 إلى 5 مرات داخل المنازل عن الخارج، بغض النظر عما إذا كانت المنازل تقع في المناطق الريفية أو الصناعية أشارت دراسات TEAM إلى أنه بينما يستخدم الأشخاص منتجات تحتوي على مواد كيميائية عضوية، إلا أنه يمكنهم تعريض أنفسهم والآخرين لمستويات عالية جدًا من الملوثات، ويمكن أن تستمر التركيزات المرتفعة في الهواء لفترة طويلة بعد اكتمال النشاط [10] .



الشكل (24) : مقارنة بين انبعاثات المركبات المتطايرة في الهواء (الداخلي / الخارجي) .[11]

قــائمة المراجع:

المراجع باللغة العربية:

[3] كتاب أساسيات الكيمياء العضوية تخصص تقنية مختبرات كيميائية الوحدة الثالثة المركبات الاروماتية صفحة 42.

[7] أحمد أحمد السروي استشاري جودة المختبرات والدراسات البيئية " المركبات العضوية المتطايرة و البيئة " منظمة المجتمع العلمي و العربي .

[10] Mostafa Kadi 2020/08/01 : " تأثير المركبات العضوية المتطايرة على جودة الهواء الداخلي "، المدونة الإلكترونية "عشب" ، (https://www.oshbco.com/2020/08/VOC-IAQ.html).

المراجع باللغة الأجنبية :

[1] Imane Sayah-Lembarek; Mériem Labadi 2020 « Etude de la pollution photochimique dans la région Algéroise. Cas d'Etude : Station de surveillance de la qualité de l'air « SamaSafia » ». Master Université Kasdi Merbah-Ouargla.

[2] HAMOUDI Salima 2017 " Quantification des COV émises par les bacs de stockage des hydrocarbures de la raffinerie d'Arzew " Mastre Université M'Hamed Bougara Boumerdès.

[4] 9. COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS PAGE 1 SUR 15 – MAI 2014 BRUXELLES ENVIRONNEMENT-IBGE, COLLECTION FICHES DOCUMENTEES, THEMATIQUE AIR.

[5] Données technico-économiques sur les substances chimiques en France, RESPONSABLE DU PROGRAMME J. -M. BRIGNON.

[6] THESE / École nationale supérieure de chimie de Rennes sous le sceau de l'Université européenne de Bretagne pour obtenir le titre de DOCTEUR DE l'ENSCR Mention : Sciences chimiques Sciences De La Matière présentée par

Guillaume DARRACQ (Ingénieur ENSCR) Préparée à l'Unité Mixte de Recherche (n°6226) Sciences Chimiques de Rennes.

[8] Jérôme Nicolle. Développement d'une méthodologie d'analyse de composés organiques volatils entraces pour la qualification de matériaux de construction. Chimie. Université de Pau et des Pays del'Adour, 2009. Français.

[9] M. Hulin*, I. Annesi-Maesano Inserm UMR-S 707, équipe Épidémiologie des maladies allergiques et respiratoires (EPAR), et UPMC université Paris-VI, Paris La Lettre du Pneumologue • Vol. XV - n° 5 - septembre-octobre 2012 « Volatile organic compounds and indoor environment : increasing public awareness to protect population ».

[11] Abla CHEBBAH, Hala ZITOUNI, Sara ZITARI : "L'IMPACT DES MATERIAUX DE CONSTRUCTION SUR LA QUALITE DE L'AIR INTERIEUR DANS LES BATIMENTS PUBLICS EN ALGERIE" Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de : MASTER ACADEMIQUE, ARCHITECTURE, Université Mohammed Seddik BENYAHIA – Jijel 2019.

[12] Mathieu CAZAUNAU " Oxydation atmosphérique hétérogène de HAP et de PBDE: cinétique, produits et génotoxicité. CHIMIE ANALYTIQUE ET ENVIRONNEMENT L'UNIVERSITÉ BORDEAUX 1 , THÈSE, 2009.

الفصل الثالث

الطرق المختلفة لأخذ عينات وقياس وتحليل المركبات العضوية المتطايرة

1.III. طرق أخذ عينات وقياس الCOV في الهواء :[1]

قسّمت جميع الطرق إلى 4 فئات: التقنيات الأربعة المعروضة أدناه كلها تستخدم الامتصاص الحراري

- أخذ العينات السلبية .
- أخذ العينات النشطة.
- استخدام العلب والحقائب (Tedlar) .
- استخدام الوضع « on-line ».تقنية تحليل الهواء المباشر.

بعد أخذ العينات ، فإن الطريقة الأكثر شيوعًا المناسبة لتحليل مئات أو حتى آلاف المركبات العضوية المتطايرة هي كروماتوغرافيا الغاز المقترنة بنظام كشف مناسب (**MS**، **FID**، **PID** ، إلخ)و التي سنتطرق لها في الجزء التالي .

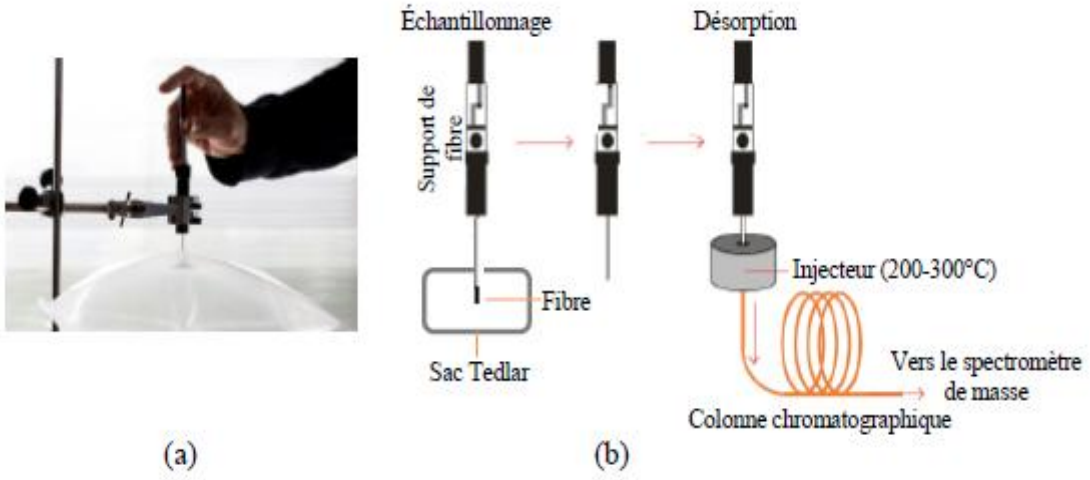
1.1.III. الإمتصاص الحراري:

هو عملية لاستخراج جزيئات الغاز التي تعتمد على الارتفاع السريع في درجة حرارة مادة الامتصاص من أجل نقل التحليلات إلى مصيدة مركزية مسبقة يتم الاحتفاظ بها في درجات حرارة دون المحيط بفضل التبريد بواسطة تأثير Peltier، على سبيل المثال. تتيح الخطوة الثانية لتسخين المصيدة توجيه المواد التحليلية إلى النظام الكروماتوغرافي لتحليلها.

2.1.III. أخذ العينات السلبية على الممتزات: Prélèvement passif

يعتمد أخذ العينات السلبي على المبدأ الفيزيائي لانتشار جزيئات الطور الغازي في الهواء وحبسها على مادة ماصة. وهكذا يمر الهواء الملوث عبر مادة ماصة دون أن تمتصه المضخة. جهاز أخذ العينات السلبي يجعل من الممكن تقييم كتلة الملوث الذي يتم محاصرته ؛ يبلغ وقت التعرض للأنابيب بشكل عام 7 ساعات ولكن يمكن أن يمتد على مدى عدة أسابيع ؛ لذلك ، فهي تستغرق وقتًا طويلاً نسبيًا وتعطي فقط قيمة متوسطة للتركيز المتكامل طوال مدة التعرض. وبالتالي ، لا يمكن إظهار ذروة التركيز.

من ناحية أخرى ، تتميز هذه الطريقة بأنها غير مكلفة (بشرط إجراء عدد محدود من التحليلات) وسريعة نسبيًا ولا تتطلب أي مصدر طاقة لبدء تشغيلها. لذلك غالبًا ما يتم استخدامه على نطاق واسع. أجهزة الاستشعار المنفعلة الأكثر استخدامًا هي أنابيب متناظرة شعاعيًا ؛ وهي تستخدم على وجه الخصوص في اصطياد BTEX أو المركبات المكلورة. تبلغ معدلات أخذ العينات لأنابيب الانتشار الشعاعية عدة عشرات من $mL.min^{-1}$ بسبب سطح التلامس بين الهواء والمادة الماصة. يسمح أخذ العينات بالانتشار المحوري بمعدلات أخذ العينات من بضعة $mL.min^{-1}$.

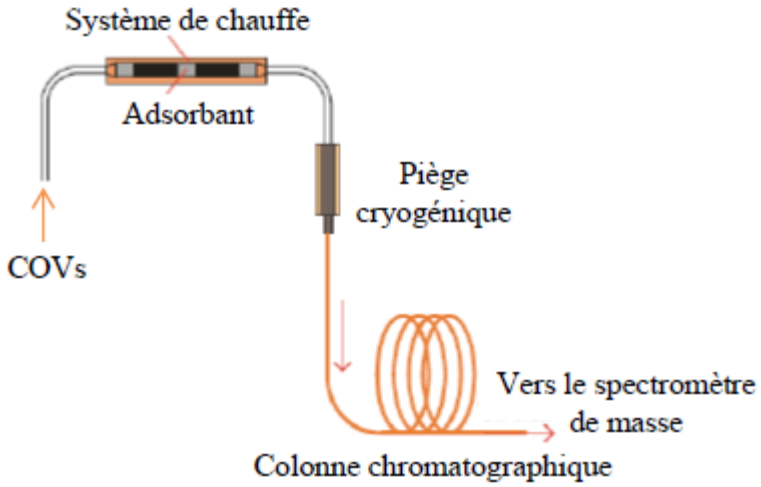


الشكل (25) : (أ) طريقة أخذ عينات الأبخرة في كيس Tedlar بواسطة SPME و (ب) عرض الخطوات المختلفة للتحليل بواسطة (SPME La micro-extraction sur phase solide).

3.1.III. أخذ العينات النشط على أنابيب الممتزات: Prélèvement actif

يكون أخذ عينات الهواء عن طريق أخذ العينات النشط من تمرير تدفق هواء ثابت عبر أنبوب مملوء بمادة ممتصة يتم احتجاز المركبات العضوية المتطايرة عليها وبالتالي ، فإن هذا النوع من أخذ العينات يسمح بأخذ العينات على مدى فترات أقصر بكثير من أجهزة الاستشعار المنفعلة. من ناحية أخرى ، من الضروري وجود مصدر للطاقة في مكان قريب. بالإضافة إلى ذلك ، يعد النشر في المساحات الكبيرة أكثر تعقيدًا وتكلفة لأن كل عينة تتطلب استخدام RDM (تحكم التدفق الشامل)ومضخة.

لحصر المركبات العضوية المتطايرة ، يوجد عدد من الأنابيب ذات الأبعاد الموحدة حاليًا في السوق وتتمتع بميزة التوافق المباشر مع وحدات الامتصاص الحراري الموجودة في السوق. يمكن استخدام المواد الماصة بمفردها أو كمزيج (3 إلى 4 مواد ماصة مختلفة كحد أقصى). تتراوح كمية المادة الماصة التي يتم إدخالها بين 100 و 600 mm وتعتمد على كثافة المادة الماصة والتطبيق المقصود وكذلك القطر الداخلي للأنبوب.



الشكل (26) : طريقة أخذ عينات المركبات العضوية المتطايرة عن طريق محاصرة الممتزات متبوعة بالتكثيف المبرد.

4.1.III. أخذ العينات باستخدام العلب وأكياس Tedlar:

طريقة أخذ العينات هذه هي بديل جيد لأخذ العينات على أساس الممتزات خاصة لاحتجاز المركبات المتطايرة للغاية مثل الأسيتيلين. من الصعب بالفعل الاحتفاظ بهذه المركبات داخل أنابيب الممتزات بسبب تقلبها العالي.

العلبة عبارة عن جهاز لأخذ عينات الهواء ، والذي يسمح بالقياسات الكمية لبعض الغازات. يتكون من وعاء كروي من عدة لترات (1 إلى 15L) مصنوع من الفولاذ المقاوم للصدأ الخامل. الأحجام 3 و 6L هي الأكثر شيوعًا. يتم وضعها تحت ضغط سلبي وفتح صمام الدخول الخاص بها يسمح بسحب الهواء بشكل فوري. من أجل التحليل ، يتم نقل جزء من الغاز من العلبة إلى مصيدة المُركّز المسبق في جهازthermodésorbeur من الممكن أيضًا تجميع الهواء داخل الأكياس ، وأكياس Tedlar التي تجمع500 mL إلى 100 L من الهواء والتي يكون ثباتها في حدود 24 إلى 48 ساعة فقط

5.1.III. محاصرة الهواء مباشرة في مصيدة مركزات التبريد (أخذ العينات عبر الإنترنت):

هذه التقنية هي الطريقة الأكثر مباشرة لتحليل الهواء حيث أنها تتضمن أخذ عينات مباشرة من الهواء على مصيدة مركزية سابقة لجهاز الترمود. لتحسين كفاءة المصيدة ، يتم وضع المصيدة في درجة حرارة منخفضة.تتميز هذه التقنية بميزة تقليل الأخطاء بسبب التفاعلات المحتملة التي تحدث أثناء تخزين أنابيب الممتزات قبل التحليل. في الواقع ، كمية المادة الماصة الموجودة في المصيدة صغيرة مقارنة بتلك التي يتم إدخالها في أنابيب الممتزات.

بعد أخذ العينات ، يتم تسخين المصيدة ونقل المواد التحليلية إلى العمود اللوني.تجعل هذه التقنية من الممكن مراقبة تطور تركيزات المركبات العضوية المتطايرة في الوقت الفعلي تقريبًا حيث يتم تحديد الخطوة الزمنية من خلال المدة الإجمالية لدورة "أخذ العينات + التحليل".

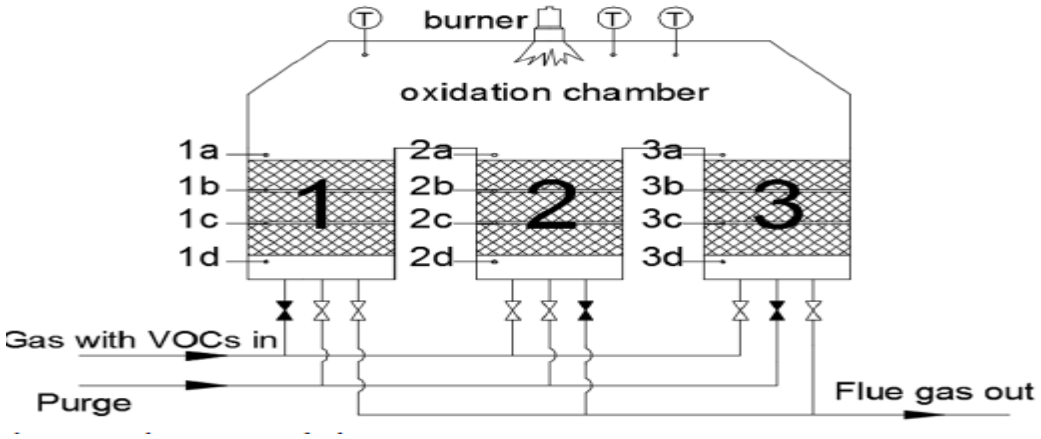
2.III. تقنيات معالجة المركبات العضوية المتطايرة:[2]

يمكن تقسيم تقنيات المعالجة إلى مجموعتين، الهدامة وغير الهدامة: المعالجات الهدامة هي تلك التي يتم فيها تحويل المركبات العضوية المتطايرة إلى مواد أخرى من خلال إجراء مناسب ، بينما تتكون المعالجة غير الهدامة من الفصل الفيزيائي أو الكيميائي للمركبات العضوية المتطايرة من الهواء المراد معالجتها.

1.2.III. التقنيات الهدامة :

- **الأكسدة الحرارية المتجددة Regenerative thermal oxidation (RTO) :**

مثل جميع تقنيات الأكسدة الأخرى ، تعمل على أكسدة المركبات العضوية المتطايرة في غرفة الاحتراق بموقد. يتم تحويل المركبات العضوية المتطايرة إلى CO_2 وH_2O. تتميز RTO بوجود أبراج (عادة 2 أو 3) مملوءة بمادة خزفية تحمل وتنقل حرارة هواء الاحتراق المعالج خلال دورات المعالجة المتتالية. مع هذه الأبراج ، يمكن تحقيق كفاءة استرداد حراري أعلى من 95٪ ، بحيث يكون استهلاك الغاز للحفاظ على درجة الحرارة منخفضة.لذلك فإن RTO هي تقنية ذات استهلاك منخفض للوقود. علاوة على ذلك. تتراوح درجة حرارة التشغيل بين °750C و°1250C. عند هذه الدرجة يمكن أن تتأكسد جميع المواد العضوية. تعتبر مثالية لتركيزات متوسطة إلى عالية من المركبات العضوية المتطايرة ومثالية لمجموعة كبيرة ومتنوعة من المركبات العضوية المتطايرة.



الشكل (27) : مخطط RTO

- **الأكسدة الحرارية العلاجية Recuperative Thermal Oxidation :**

إنها تقنية بسيطة بتكلفة استثمارية منخفضة. تتكون من غرفة احتراق مع موقد ومبادل حراري يعمل على تسخين الهواء الداخل وتبريد الهواء النقي. باستخدام هذه التقنية ، يمكن تحقيق كفاءة استرداد حراري تبلغ حوالي 65٪.تتطلب هذه التقنية تكاليف استثمار أقل من التكنولوجيا المتجددة ولكن لها تكاليف إدارية أعلى بسبب ارتفاع استهلاك الوقود. الأكسدة الحرارية المسترجعة هي تقنية تجعل من الممكن التخلص من الملوثات الموجودة في الغاز عند تعريض الأخير لدرجة حرارة عالية بدرجة كافية. لكي تكون العملية فعالة ولكي تتأكسد الملوثات بالكامل ، من الضروري الحفاظ على درجة حرارة دنيا (بين C° 700 و C°1200) لأدنى فترة زمنية (0.6S– 2 S)

- **الأكسدة التحفيزية المتجدد Regenerative catalytic oxidation (RCO) :**

هذه العملية مشابهة لـ RTO لكن وجود محفز في غرفة الاحتراق يجعل من الممكن العمل في درجات حرارة منخفضة، في حدود C° (300-350)، بسبب وجود عامل مساعد في غرفة الاحتراق. يتمتع النظام بكفاءة حرارية أكبر من 98٪ ولا يستهلك الغاز عند الوصول إلى نقطة الحرارة الذاتية.

هذه المعدات مدمجة، وتتطلب مساحة أقل وتعمل في درجات حرارة منخفضة، وتستهلك وقودًا أقل من الأكسدة الحرارية المستعادة. لتطبيق هذه التقنية ، يجب دراسة جميع المذيبات جيدًا، حيث قد تكون هناك بعض المنتجات التي تسمم المحفز وتضمن اتلافه.إنها تقنية مثالية لتدفق الهواء المنخفض أو المتوسط .

- **الأكسدة المتقدمة للغاز Gas phase advancedoxidation (GPAO) :**

تتكون هذه التقنية من 4 مراحل. في المرحلة الأولى، يخضع الهواء المراد معالجته لعملية امتصاص في الماء والأوزون. يؤكسد الأوزون الغازات القابلة للذوبان التي تذوب في الماء إلى .CO2 في المرحلة الثانية ، يضاف الأوزون إلى الغازات الناتجة من المرحلة الاولى ويتم تشعيع الخليط بضوء فوق بنفسجي عالي الكثافة. يتحول الأوزون إلى شقوق OH الحرة (ايونات الهيدروكسيل)، والتي تكون شديدة التفاعل مع المركبات العضوية المتطايرة. ينتج عن هذه الأكسدة (الايروسولات) ، يتم فصله في المرحلة الثالثة بواسطة مرسب إلكتروستاتيكي. يمكن إطلاق الهواء الناتج، والخالي من المركبات العضوية المتطايرة والروائح ، في الغلاف الجوي. أخيرًا ، في المرحلة الرابعة ، يتم تحويل الأوزون المتبقي إلى أكسجين باستخدام عامل محفز.تعتبر هذه التقنية قوية لمجموعة كبيرة ومتنوعة من المركبات العضوية المتطايرة ، وهي مثالية للتدفقات المنخفضة ، مع تكلفة تشغيل منخفضة وكفاءة طاقة عالية.

➢ **المرشحات البيولوجية Filtres biologiques :**

بالنسبة لبعض الحالات المحددة للمذيبات القابلة للتحلل البيولوجي والتي لها تركيزات منخفضة وقابلة للذوبان في الماء، هناك إمكانية لاستخدام مرشح حيوي تكون فيه الكائنات الحية الدقيقة مسؤولة عن تكسير المادة العضوية. على الرغم من أن الترشيح البيولوجي يتميز بتكاليف تشغيل منخفضة، إلا أنه يقدم بعض العيوب بسبب حاجة الكائنات الحية الدقيقة لظروف مستقرة من الرطوبة ودرجة الحرارة وإمدادات الغذاء. في حالة تغير هذه الظروف فجأة ، فإن المخاطر على المادة المتفاعلة (substrate) ممكنة.

2.2.III. التقنيــات غير الهدامة :

➢ **امتزاز الكربون المنشط Activated Carbon Adsorption:**

إنها التقنية الأكثر شيوعًا في هذه المجموعةباستخدام هذه التقنية ، يتم تمرير الهواء المراد معالجته عبر طبقة من الكربون المنشط الذي يحتفظ بالمركبات العضوية المتطايرة. يتم تحميل الكربون المنشط بالمركبات العضوية المتطايرة ويصل إلى التشبع ويفقد قدرته على الامتصاص. في هذه المرحلة ، يمكننا التخلص من هذا الفحم وإدارته كنفايات واستبداله بكربون جديد أو تجديد الكربون بالبخار أو غاز خامل (النيتروجين) ، مما يسمح باستعادة وإعادة استخدام المذيبات في عملية الإنتاج.

➢ **التكثيف المبرد Cryogenic condensation :**

إنها عملية تقوم على تجميد الهواء ليتم معالجته في درجات حرارة منخفضة للغاية باستخدام النيتروجين السائل أو سائل مبرد آخر. يتم تبريد الهواء الملوث تدريجيًا في مكثفات ، أقل من نقطة الندى dew point ، مما يؤدي إلى تكثيف المركبات العضوية المتطايرة وفصلها عن الطور الغازي. هذه التكنولوجيا ليست مفيدة فقط لتنقية انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة ، ولكنها تسمح أيضًا بتكثيف واستعادة المواد الخام الباهظة الثمن والملوثات التي توجد عادة في انبعاثات العمليات التي تشارك فيها المذيبات العضوية.

التكثيف بالتبريد هو طريقة نظيفة وغير مدمرة لأنه يستعيد انبعاثات البخار في صورة سائلة يمكن أن يتم إطلاقها في الغلاف الجوي. يتم تحقيق ذلك من خلال إجراء تبريد متحكم فيه لأبخرة المعالجة لمادة محددة للوصول إلى نقطة الندى في اللحظة التي تبدأ فيها تكثيفها.

باستخدام عمود التكثيف ، يتم عبور تيار الهواء الملوث مع المركبات العضوية المتطايرة ، مما يؤدي إلى تدوير النيتروجين السائل في تدفق تيار معاكس يبرد الهواء بمادة متطايرة أقل من درجة حرارة التكثيف (تصل إلى°200C -). ينتج عن ذلك تجميد الرطوبة في الهواء والحصول على منتج سائل يمكن

إعادة استخدامه في هذه العملية. يمكن إعادة استخدام النيتروجين المستخدم بواسطة محطة ضغط صغيرة لاستخدامه كغاز في التصنيع أو يمكن تصريفه في الغلاف الجوي إذا لم يكن هناك استخدام له.
يغطي نطاق المعدات المتاحة مجموعة واسعة من المذيبات القابلة للاسترداد مثل: التولوين ، والأسيتون ، والميثانول ، والمشتقات المكلورة ، والهيدروكربونات ، إلخ.

يمكن أن يعالج التكثيف بالتبريد التيارات والتدفقات والضغوط المختلفة. يمكن أن تكون أنظمتها مصممة خصيصًا لكل حالة. كما ذكرنا سابقًا ، توجد إمكانية لرفض المذيبات المكثفة وكذلك النيتروجين المتولد.

بفضل خصائصه، يتم استخدام النيتروجين السائل كعامل تبريد يسمح بتكثيف جميع المواد التي تعتبر مركبات عضوية متطايرة في نطاق يتراوح بين 30C° - و 120C°- .

- **الإمتصاص الفيزيائي / الكيميائي :**

يكون الامتصاص الفيزيائي / الكيميائي بالاحتفاظ بالملوثات في محلول مائي يتدفق في تيار معاكس داخل أبراج الغسيل. يمكن إضافة كاشف إلى محلول المعالجة المائي الذي يتفاعل مع الملوثات ويفضل إزالته. يجب أن تكون أبراج الغسيل مصحوبة بنظام لمعالجة المياه التي امتصت الملوثات. في حالة المركبات العضوية المتطايرة ، هذه التقنية قابلة للتطبيق في الحالات التي تكون فيها المركبات قابلة للذوبان في الماء (الأسيتون ، والكحول ، وما إلى ذلك).

3.2.III. التقنيات الهجينة :

- **المكثف الدوار الزيوليتي + الأكسدة الحرارية المتجددة :**

تعتمد هذه التقنية على تشغيل عجلة مع مادة مسامية (الزيوليت) حيث تتراكم المركبات العضوية المتطايرة من خلال عملية امتصاص للحصول على تركيز أعلى. يتم بعد ذلك معالجة المركبات العضوية المتطايرة في وحدة أكسدة حرارية متجددة (RTO) Regenerative Thermal Oxidation.

إنها تقنية مثالية لمعالجة تدفقات الهواء الكبيرة التي تحتوي على تركيزات منخفضة من المركبات العضوية المتطايرة.

الخطوة الأولى هي مكثف دوار ، وهو عبارة عن "عجلة" مليئة بالزيوليت التي تمتص المركبات العضوية المتطايرة في الهواء القادم. يتم تنقية الهواء عند الخروج. يتم تسخين جزء صغير من الهواء المنقى إلى 200C° ويمرر في اتجاه المنبع لامتصاص المركبات العضوية المتطايرة المحتجزة في الزيوليت. وبهذه الطريقة ، نحصل على تدفق هواء أقل بمقدار 10-15 مرة من التدفق الأولي بتركيز 10-15 مرة أعلى من المستوى الأولي. ثم يتم إرسال هذا الهواء إلى وحدة الأكسدة (RTO) لتنقيته.

➢ **أكسده البخار Evapo-Oxidation :**

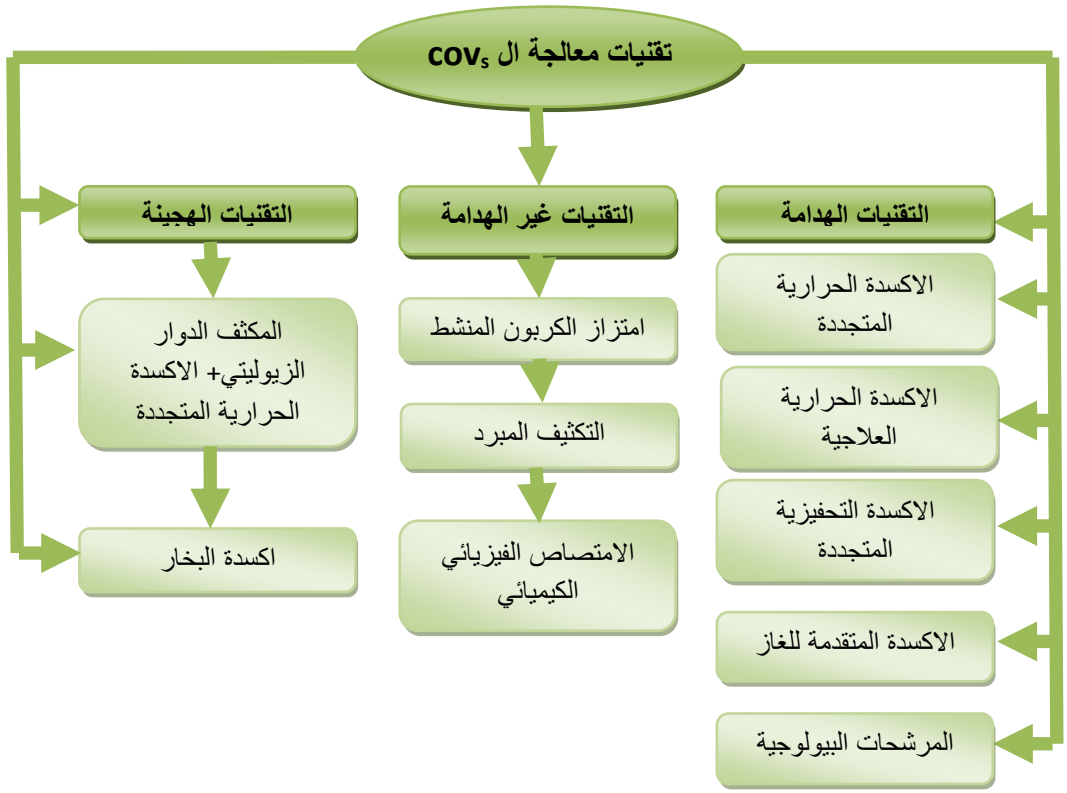
هذه عملية معالجة لمياه الصرف الصحي تجمع بين الفصل الحراري للمواد القابلة للذوبان في الماء وتنقية المركبات العضوية المتطايرة (VOC).النفايات المناسبة التي يجب معالجتها بأكسدة التبخر (عمليات التبخر والأكسدة) هي مياه ذات طبيعة عضوية (وليس هالوجين عضوي) ، مع أو بدون وجود الأملاح والمركبات غير العضوية الأخرى (منتجات ثانوية من النيتروجين والكبريت) ، مع انخفاض القيم الحرارية الصافية net calorific values (NCV) ، تلك غير القابلة للاشتعال أو المذيبات والتي تحتوي على قيم هامة للأكسجين المستهلك كيميائيا COD.

في المرحلة الأولى ، تخضع المخلفات السائلة لعملية تبخر ينتج عنها بخار الماء الذي يحمل المركبات المتطايرة التي لديها بالفعل نقطة غليان أقل من الماء. بالإضافة إلى ذلك، فإنها تحمل أيضًا جميع المواد التي تشكل الخلائط الأزيوتروبية azeotropic mixtures.

بعد هذه المرحلة الأولى، يتم إرسال بخار الماء الذي يتم الحصول عليه مع المواد المتطايرة إلى غرفة أكسدة حيث يتم حرق بخار الماء، وبالتالي منع انبعاثه في الغلاف الجوي أو أي نشاط ملوث آخر. وبالتالي، يمكن للأكسدة الحرارية لبخار الماء أن تكسر المواد المتطايرة داخل النفايات السائلة تمامًا.

خيار آخر هو استخدام هذه المركبات المتطايرة لإجراء عملية حرارية تلقائية لأن الحرارة المتولدة أثناء الاحتراق كافية لعدم الحاجة إلى حرارة خارجية. وبالتالي، يمكن للمرء الحصول على الطاقة اللازمة لتشغيل العملية نفسها.

على الرغم من أن أكسدة التبخر هي إجراء يقدم نتائج جيدة جدًا ، إلا أنها ليست التقنية الوحيدة لمعالجة النفايات السائلة التي تحتوي على المركبات العضوية المتطايرة. يتمثل أحد أشكال هذه العملية في تجريد الأعمدة بالبخار أو الهواء الساخن في تيار معاكس من أجل استخدام أنظمة RTO لاحقًا للأكسدة الحرارية للمواد المتطايرة. [2]



الشكل (28) : تقنيات معالجة المركبات العضوية المتطايرة.

III.3. أجهزة معالجة المركبات العضوية المتطايرة :

III.3.1. المؤكسدات الحرارية المتجددة RTO :

المؤكسد الحراري المتجدد (RTO) هو جهاز للتحكم في تلوث الهواء من الدرجة الصناعية مصمم لتحليل ملوثات الهواء الخطرة (HAPs) والمركبات العضوية المتطايرة (VOCs) والانبعاثات الأخرى المحمولة جواً إلى ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء عن طريق تسخين هواء العادم إلى درجات حرارة تزيد عن 1400 درجة F . تأتي المؤكسدات في العديد من الأحجام والأشكال والتكوينات المختلفة ولكنها تعمل جميعها على نفس المبدأ الأساسي للأكسدة الحرارية.

III.3.2 أجهزة التحليل الكروماتوغرافي وكاشفاتها :

- **الطيف الكتلي للغاز الكروماتوجرافي (GC / MS) :**

تشتمل على كروماتوجرافيا الغاز (GC) إلى جانب مطياف الكتلة (MS) ، الذي يفصل المخاليط الكيميائية ويحدد المكونات على المستوى الجزيئي. إنها واحدة من أكثر الأدوات دقة لتحليل العينات

البيئية. يستخدم الجهاز للفصل بين طائفة واسعة من المركبات العضوية ، وباستخدام أنواع مختلفة جديدة وخاصة من الطور الثابت والتحليل النوعي للمركبات مع التعرف عليها بواسطة تحديد الايون الجزيئي للعينة السائلة والصلبة بواسطة التأين الإلكتروني . إمكانية حقن العينة بطريقتان لقياس الوزن الجزيئي : الأولى عن طريق جهاز الـ GC والثانية عن طريق الإدراج المباشر بواسطة وحدة.(DI)

- الحصول على مطياف الكتلة MS spectrum لعينة من مادة عضوية نقية.
- الحصول على مطاييف الكتلة MS spectra لمكونات خليط من مواد عضوية مختلفة،

بالإضافة إلى الكروماتوجرام لهذا الخليط وجدول التحليل الكمى له، مثل تحليل الزيوت العطرية والأحماض الدهنية.

مقارنة مطاييف الكتل للمواد بمطاييف قياسية، ومن ثم تعريف المكونات المجهولة.

تقنية الكروماتوغرافيا الغازية المتصلة بمطياف الكتلة هامة جدا حيث استخدمت في معظم الصناعات البيئية ,و صيدلة ,و البترول ,و كيمياء ,و طب ,وعلم الأطعمة ,ومجالات أخرى متعددة. لتحديد ال مواد المختلفة داخل عينة الاختبار. والكشف عن المتفجرات وتحديد هوية عينات غير معروفة .ويمكن أيضاااستخدامها في أمن المطارات للكشف عن المواد في الأمتعة أو على البشر.

جهاز كروماتوجرافيا الغاز - مطياف الكتلة Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS)جهاز تحليلي ، يستخدم في مختبرات مصانع العطور لمعرفة التركيب الكيميائي للزيوت العطرية، وذلك للحصول على تراكيز مختلفة تساعد في تصنيع روائح العطور الجميلة.

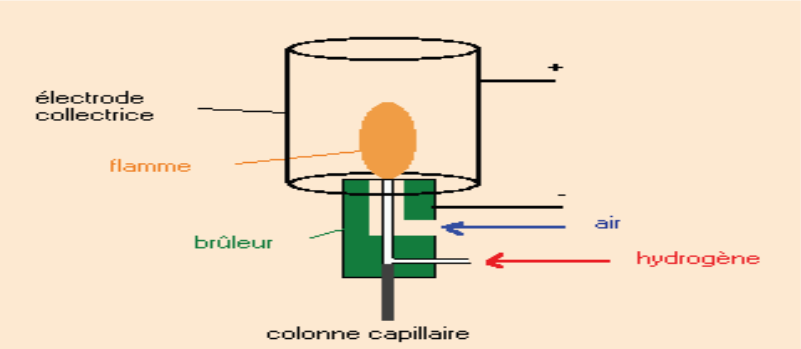
الشكل (29) : صورة توضح جهاز كروماتوغرافيا الغاز GC-MS.

وفيمايلي أهم الكواشف المستخدمة لكشف افضل عن المركبات :[1]

أكثر أجهزة الكشف شيوعًا هي تأين اللهب (FID) أو التأين الضوئي (PID) أو قياس الطيف الكتلي (MS). بالإضافة إلى ذلك، نادرًا ما يتم العثور على كاشفات محددة ، ولا سيما كاشف التقاط الإلكترون (ECD) عندما تستهدف طريقة التحليل الجزيئات التي تحتوي على ذرات كهربائية مثل الهالوجينات. يعتبر التحليل اللوني السائل عالي الأداء (HPLC) أقل شيوعًا لتحليل المركبات العضوية المتطايرة. ومع ذلك، تظل الطريقة المفضلة لتقدير مركبات الكربونيل (الألدهيداتوالكيتونات) التي يتم اكتشافها بعد ذلك بواسطة الأشعة فوق البنفسجية.

- **كاشف التشرد باللهب FID :**

يعد هذا الكاشف أحد أكثر الكاواشف استخدامًا لتقدير المركبات العضوية المتطايرة. يتكون كشف التأين باللهب من الانحلال الحراري للمركبات العضوية بواسطة اللهب الناتج عن احتراق الهيدروجين والهواء. تشكل المواد المتحللة حراريًا أيونات يتم جمعها بواسطة قطبين كهربائيين يتم تطبيق فرق جهد بينهما. ثم يتم جمع التيار الكهربائي بواسطة مقياس كهربي وتسجيله. تتناسب شدة تيار التأين طرديًا مع عدد الأيونات المتكونة. ترتبط استجابة FID للمركب ارتباطًا مباشرًا بعدد ذرات الكربون التي يمتلكها الجزيء بالإضافة إلى طبيعة الوظائف الكيميائية التي يمتلكها. بحكم التعريف ، يتوافق رقم الكربون الفعال مع الاستجابة النظرية للجزيء. يتم حسابه عن طريق جمع الاستجابات المحددة المنسوبة إلى كل نوع من أنواع الذرات أو مجموعة الذرات. وهكذا ، وفقًا للاتفاقية ، يتم تخصيص القيمتين 1 و 0 لمساهمات ذرات الكربون والهيدروجين ، على التوالي. على سبيل المثال ، قد يؤدي وجود ذرة مغايرة مثل الكلور أو الأكسجين إلى تثبيط جزء من الاستجابة. يبقى العيب الرئيسي لهذه التقنية هو طبيعتها غير المحددة. حدود الاكتشاف التي تم الوصول إليها هي في حدود عشرة أجزاء عند إجراء الحقن عن طريق الامتصاص الحراري.



الشكل (30) : صورة لكاشف التأين باللهب.

- **كاشف التشرد الضوئي PID :**

يعتمد مبدأ التأين الضوئي على استخدام الفوتونات لتأين جزيئات الغاز. يتم أخذ العينة إلى غرفة التأين المجهزة بمصباح فوق بنفسجي (UV) وقطبين كهربائيين معرضين لفرق جهد عالٍ يولد مجالًا كهربائيًا. تحت تأثير الأشعة فوق البنفسجية ، ستتأين المركبات ذات إمكانات التأين الأقل من الطاقة التي يوفرها المصباح. يتم جمع الأيونات المتكونة بواسطة الكاثود مكونًا تيارًا يتناسب طرديًا مع عدد الأيونات المتكونة وبالتالي مع تركيز الجزيئات المتأينة. إنه كاشف محدد لأنه من ناحية ، سيحدد اختيار طاقة المصباح الجزيئات التي يمكن اكتشافها ومن ناحية أخرى ، لا يمكن اكتشاف سوى عدد قليل من عائلات المركبات العضوية المتطايرة (العطريات ، والألكينات ، والألدهيدات ، والكيتونات ، وما إلى ذلك) . هذا النوع من الكاشفات غير مدمر لأنه لا يغير المركبات التي يكتشفها. لذلك يمكن استخدامه قبل المنبع من أجهزة الكشف الأخرى. غالبًا ما يتم استخدامه في ما يسمى بأجهزة تحليل المركبات العضوية المتطايرة "عبر الإنترنت".

- **مقياس الطيف الكتلي MS :**

هو طريقة تستخدم على نطاق واسع في مجال تحليل الهواء. غالبًا ما يكون له وظيفتان نظرًا لأنه إما يستخدم بمفرده للتقدير الكمي ، أو بالإضافة إلى الكشف عن FID لتأكيد وجود الأنواع. يتكون مبدأ عملها من الجزيئات المؤينة وفصل هذه الأنواع المشحونة وفقًا لنسبة كتلتها إلى نسبة الشحن (m / z). يتكون مطياف الكتلة من ثلاثة أجزاء: مصدر التأين الذي ينتج الأيونات ، والمحلل الذي يفصل بينها وفقًا لـ m / z وكاشف يقوم بتحويل التيار الأيوني إلى إشارة كهربائية. في مجال تحليل الهواء ، ولا سيما تحديد كمية المركبات العضوية المتطايرة ، فإن المصدر الأكثر شيوعًا هو مصدر التأثير الإلكتروني ، والذي تم وصف مبدأه في الفصل الثاني. غالبًا ما يكون المحلل بسيطًا

- **كاشف الناقلية الحراري TCD :**

بمرور الغاز الحامل فوق السلك تزداد حرارته في التحليل مسببة زيادة في المقاومة .وهو أقدم أنواع الكواشف المستخدمة في الكروماتوغرافيا الغازية على الرغم من أنها تملك قيم حساسية مثيرة فقد تحسنت خلال أعوام ,ولكن ما زالت تملك قيم حساسية أقل من باقي الكواشف .وتكمن اهميتها من خلال استجابتها لأي نوع من التراكيز التي تكون مختلفة باختلاف الغاز الحامل.

- **كاشف الأسر الإلكتروني ECD :**

تمرر الإلكترونات السالبة خلال الكاشف ,فتأسرالإلكترونات الأقل طاقة مسببة تناقص في تيار الخلية .ويصلح بالنسبة للقيم الصغيرة جدا من المركبات الهالوجينية ,مثل المبيدات تستخدم هذا الكاشف.

III.3.3. تقنيـــات و أجهزة أخرى لمعالجة المركبات العضوية المتطايرة :

III.3.3.1. قياس الطيف الكتلي لنقل البروتون أو PTR-MS : [1]

هي تقنية حساسة للغاية تستخدم لقياس الوقت الحقيقي لتركيزات المركبات العضوية المتطايرة في الهواء. يعتمد مبدأه على التأين الكيميائي للمركبات العضوية المتطايرة. يتكون النظام من مصدر أيوني ، ومحلل رباعي القطب أو TOF وكاشف. مصدر الأيونات عبارة عن كاثود مجوف ينتج أيونات H3O + بدرجة نقاء عالية (99.5٪). العينة التي تحتوي على المركبات العضوية المتطايرة المراد قياسها "R" تمر عبر "أنبوب الانجراف" حيث يتم العثور على أيونات H3O + الزائدة. تحدث التصادمات بين "R" والجزيئات الأخرى للعينة (دور المخزن المؤقت) دون توليد تفاعل ، ولكن إذا اصطدمت "R"مع H_3O^+ وكان لها انجذاب للبروتونات أكبر من الماء ، فإنها تتأين بواسطة نقل البروتون حسب التفاعل:

$$H_3O^+ + R \xrightarrow{K} RH^+ + H_2O$$

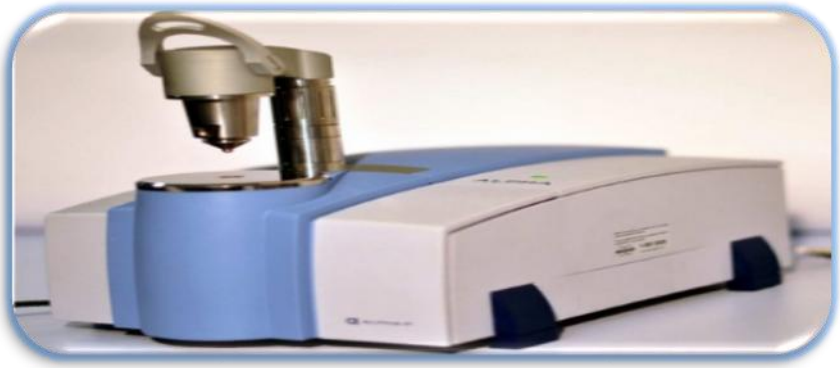
III.3.3.2. التحليل الطيفي Spectroscopie :[1]

بالإضافة إلى التقنيات التي تعتبر "كلاسيكية" ، يمكن أيضًا مراقبة تركيزات المركبات العضوية المتطايرة في الوقت الفعلي. تستخدم هذه التقنيات مطيافية الامتصاص. يعتمد المبدأ على امتصاص الإشعاع المنبعث من جزيئات الغاز. يحكم قانون بير لامبرت جميع التقنيات ويوضح أن هناك علاقة خطية بين الامتصاصية وتركيز المائع. وبالتالي يمكننا التمييز بين العديد من التقنيات التي تم استخدامها لقياس المركبات العضوية المتطايرة. لين وآخرون. قياس تركيزات البنزين والتولوين بواسطة مطيافية الامتصاص البصري التفاضلي للأشعة فوق البنفسجية (UV-DOAS). ومع ذلك ، فإن حدود الكشف أكبر من التقنيات التي تستخدم اللوني في نطاق 0.1 إلى 1 جزء في البليون وعدد المركبات المقاسة محدود. يستخدم مطياف امتصاص ليزر الصمام الثنائي القابل للضبط (TDLAS) صمام ثنائي ليزر كمصدر للضوء وله حدود اكتشاف منخفضة للغاية.

و من بين هاته التقنيات، نذكر :

❖ مقياس الطيف بالأشعة تحت الحمراء لتحويل فورييه La spectroscopie (FTIR) infrarouge à transformée de Fourier :

يعد التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء لتحويل فورييه طريقة غنية جدًا للتحليل لأنه يسمح بقياس عدد كبير من الأنواع. يستخدم للقياس المستمر و السريع للعديد من المركبات العضوية المتطايرة في وقت واحد لأن الجهاز يمكنه جمع العديد من البيانات الطيفية على نطاق واسع. تظل حدود الكشف هذه مرتفعة ، ومع ذلك ، تتراوح بين10 ppb-2 لـ 1,3-butadiène إلى50 ppb-15 للبنزين.[1] تعتمد هذه التقنية على امتصاص الأشعة تحت الحمراء المرتبطة بالتحولات بين حالات الدوران والاهتزازات المختلفة للجزيء. يسمح هذا الجهاز الطيفي ، الموجود داخل الخلية نفسها ، بالكشف الفوري في الموقع عن جميع المركبات التي تمتص الأشعة تحت الحمراء ، أي جميع الجزيئات.[3]



الشكل (31) : صورة لمقياس الطيف بالأشعة تحت الحمراء لتحويل فورييه.

❖ مطياف الامتصاص المرئي للأشعة فوق البنفسجية Le spectromètre d'absorption UV-visible :

يعتمد قياس طيف الامتصاص المرئي للأشعة فوق البنفسجية على انتقال إلكترونات التكافؤ التي تنتقل من الحالة المستقرة إلى الحالة المثارة بعد امتصاص الفوتون في الأشعة فوق البنفسجية المرئية. هذا الانتقال مصحوب بتغييرات في مستويات الدوران والاهتزاز. يتطلب طاقة قوية إلى حد ما تتوافق مع الأطوال الموجية المرئية للأشعة فوق البنفسجية[3] .

الشكل (32) : صورة لجهاز مطياف الامتصاص المرئي للأشعة فوق البنفسجية.

قــائمة المراجع:

المراجع باللغة العربية:

Mostafa Kadi[2] ، 2020/10/25 : " تقنيات معالجة و إزالة المركبات العضوية المتطايرة"، المدونة الإلكترونية "عشب"، (https://www.oshbco.com/2020/10/treatment-voc.html).

المراجع باللغة الأجنبية :

[1] Céline Liaud. Développement de méthodes d'échantillonnage rapides et d'analyses différées au laboratoire : détermination de l'évolution temporelle des concentrations des COVs et COSVs et compréhension des processus physico-chimiques en air intérieur. Chimie analytique. Université de Strasbourg, 2014. Français.

[3] Aline Gratien. Spectroscopie ultraviolet-visible et infrarouge de molécules clés atmosphériques. Sciences de la Terre. Université Paris-Est, 2008. Français.

الفصل الرابع :

دراسة استقصائية لمعالجة مختلف المركبات العضوية المتطايرة

IV-1. تحليل دراسات سابقة.

الدراسة التحليلية رقم (1) :

عنوان المقالة :

Volatile Organic Compounds in the Ventilation Air before and After the Biofilter of a Mechanical Waste Treatment Plant. (النمسا) , 2016 [1] .

يمثل الجدول التالي دراسة الهواء الملوث بـCOVs المنبعثة من النفايات الصلبة من محطة معالجة النفايات الصناعية (الميكانيكية) بتحليله بواسطة GC- MS و الكشف عن تركيزاتها ومعالجته بتقنية الترشيح الحيوي و فحص كفائته.

الجدول (5): يلخص أهم ما جاء في دراسة معالجة الهواء الملوث بالـ COVs من النفايات الميكانيكية.

الهدف من الدراسة	معالجة هواء الملوث بـCOVsبمرشح حيوي صناعي و فحص كفائته
وسط الدراسة	وسط صناعي
مكان اخذ العينة	محطة معالجة النفايات الميكانيكية
طريقة اخذ العينة	اكياس بلاستيكية (حقيبة **Tedlar**) (قبل جهاز التنظيف و بعد المرشح الحيوي)
مصدر المركبات العضوية المتطايرة	منبعثة من النفايات الصلبة
المركبات المدروسة	COVs (C_5-C_{14})الألكانات(C_3-C_4)
معدل الانبعاثات	54 gC من الCOVS لكل طن من النفايات و 17 gC من الالكانات لكل طن من النفايات
التقنيات المستعملة	الترشيح الحيوي
اجهزة القياس والتحليل	Ratfisch RS53-Tو Testa FID 2010 T وتحليل العينات بواسطة (GC-MS).
النتائج المتحصل عليها	متوسط تركيز 37COVsmgC/m³ متوسط تركيز COVs في الليل وعطلة نهاية الأسبوع 10mgC/m³مقارنة مع COVs المبلغ عنها من المرشحات الحيوية بعد تحويل النفايات الصلبة إلى سماد ، كان تركيز القيمة المقاسة أقل بشكل ملحوظ

ملخص الدراسة : هواء محطات معالجة النفايات الميكانيكية ملوث بالCOVs و لمعالجة هذه الملوثات تم في هذه الدراسة استخدام المرشحات الحيوية كحل لهذه المشكلة مع فحص كفاءتها. يعود ذلك في الغالب إلى الألكانات، وخاصة الألكانات (C3-C4) الموجودة في هواء تهوية المحطة.تم تلخيص نتائج تحليل GC لعينات الهواء أثناء تشغيل المصنع ، وقد شكلت الهيدروكربونات الخفيفة البروبان والأيزوبيوتين والبيوتان ما يقرب من ثلث الهيدروكربونات بعد المرشح الحيوي.

الدراسة التحليلية رقم (2) :

عنوان المقالة :

Monitoring of volatile organic compounds (VOCs) froman oil and gas station in northwest China for 1 year (شمال غرب الصين)2018. [2] .

مثل الجدول التالي دراسة معالجة COV_S المنبعثة من محطات النفط و الغاز الطبيعي في شمال غرب الصين باستخدام تقنية الامتصاص و قياسها بجهاز كروماتوغرافيا الغاز المقترنة بكاشف التاين باللهب و كاشف الطيف الكتلي و مقارنة تركيزاتها .

الجدول (6): يلخص أهم ماجاء في دراسة معالجة الـCOV_S من محطة النفط و الغاز الطبيعي.

الهدف من الدراسة	دراسة انبعاثات COV_Sمن محطة النفط و الغاز ومقارنة تركيزاتها
وسط الدراسة	وسط صناعي
مكان اخذ العينة	محطة النفط والغاز في شمال غرب الصين (مكان الدراسة)
طريقة اخذ العينة	تمت إزالة أولاً الماء و CO_2في عينات الهواء في مصيدة باردة يتم الحفاظ عليها عند 80C° - ثم تتركز عند 150 C° في فخ بارد آخر. بعد التنقية والتركيز, تم امتصاص COV_S بالتسخين السريع إلى 100 C° .
مصدر المركبات العضوية المتطايرة	النفط و الغاز
المركبات المدروسة	(تصنيف57 من COV_S) (الألكانات (30M) ،عدد الألكينات (9M), (الأسيتيلين (1M) وعدد المركبات العطرية (17M))
معدل الانبعاثات	/
التقنيات المستعملة	الامتصاص
اجهزة القياسو التحليل	قياسها باستخدام (GC-FID) و كاشف (MSD).
النتائج المتحصل عليها	متوسط تركيزات الألكانات أعلى قدرت ب(372 -297ppbv) ، تليها الألكينات(14.5 -9.52 ppbv) ،والأسيتيلين (5.55 -3.03 ppbv) والهيدروكربونات العطرية (8.24 - 4.28 ppbv)

ملخص الدراسة : تم في هذه الدراسة اختيار محطة نفط وغاز في شمال غرب الصين كموقع بحث وتم تصنيف 57 من COV_S على أنها السلائف الكيميائية الضوئية يتم قياسه باستمرار لمدة عام كامل باستخدام نظام مراقبة عبر الإنترنت وقد كان متوسط تركيز إجمالي ل COV_S(372-297ppbv) و كان المساهم الرئيسي هو الألكانات ، حيث شكلت 87 ٪ من ل COV_S. و تم تحديد الألكانات على أنها أهم مجموعات COV_Sلـ إمكانية تكوين الأوزون .أظهر التحليل أن متوسط المساهمات السنوية من الغاز الطبيعي وتبخر الوقود ومصادر الاحتراق ،عمليات تكرير النفط والأسفلت إلى COV_S 10.9-1.57و 3.8- 0.50 و 1.3-0.69 ٪ على التوالي . وصفت هذه الدراسة بوضوح وحللت التباين الزمني فيخصائص انبعاث COV_S في حقل نموذجي للنفط والغاز،التي عرضت مستويات مختلفة من COV_S والتركيبات مقارنة بتلك الموجودة في المناطق الحضرية والصناعية.

الدراسة التحليلية رقم (3) :

عنوان المقالة :

Efficacy of Different Biochars in Removing Odorous Volatile Organic Compounds (VOCs) Emitted from Swine Manure 2018. [3].

يمثل الجدول التالي دراسة معالجة الـCOVs المنبعثة من مزارع تربية الخنازير باستخدام تقنية الامتصاص على الفحم الحيوي المصنوع من 9 انواع من السماد عن طريق التحلل الحراري و مقارنة قدرتها للامتصاص وتم قياسها وتحليلها بواسطة جهاز الكروماتوغرافياGC-MS .

الجدول (7) : يلخص أهم ماجاء في دراسة معالجة الـCOVs المنبعثة من روث الخنازير و اكتشاف اهم المركبات المتسبب في ذالك.

الهدف من الدراسة	إمكانات biochars المختلفة لإزالة 15 من COVS ذات الرائحة المنبعثة من روث الخنازير
وسط الدراسة	وسط حيواني
مكان اخذ العينة	مزارع تربية الخنازير
طريقة اخذ العينة	تاخذ العينات اوتوماتيكيا بواسطة نظام (TD-GC-MS)
مصدر المركبات العضوية المتطايرة	الروائح المنبعثة من روث الخنازير
. المركبات المدروسة	مركبات الكبريت المختزلة DMTS DMDS, والأحماض الدهنية المتطايرة ، المركبات الفينوليةوالاندولية , حمض الاسيتيك
معدل الانبعاثات	/
التقنيات المستعملة	الامتصاص و الامتزاز
اجهزة القياسو التحليل	تم قياسها وتحليلها على GC-MS فحص هذه biochars بمقياس عمود الامتصاص المخبريLaboratorycontinuous-flow sorption column system
النتائج المتحصل عليها	الفحم الحيوي القائمة على السماد الحيواني مواد ماصة فقيرة لـ DMDSو DMTSو الفحم الحيوي القائم على السماد النباتي قدرة امتصاص أكبر بكثير لـ DMDS و DMTS اما فحم البلوط (OK500) قدرات امتصاص عالية لكل من DMDS و DMTS. قدرة الامتصاص OK500لـ DMDSأقل من الكربون المنشط التجاري

ملخص الدراسة : إمكانيتbiochars (الفحم الحيوي) المختلفة لإزالة 15 من COV_S الروائح المنبعثة من روث الخنازير تم فحص السماد الطبيعي عن طريق تجارب الامتصاص المعملية. فحص(9) من biochars مصنوعة من التحلل الحراري لفضلات الدواجن، الخنازير و البلوط وقشرة جوزالهند عند 350C° و500C° وتم تقييم الكربون المنشط التجاري لقشرة جوز الهند و قدرته على امتصاص المركبات تتكون هذه COV_S ذات الرائحة من مركبات الكبريت المختزلة والأحماض الدهنية المتطايرة،المركباتالفينوليةوالاندولية. وجد انمن بينCOV_S المستهدفة،كان حمض الأسيتيك هو المركب الأكثر انتشارًا في الغاز المنبعث من روث الخنازير ومع ذلك فإن مساهمته في خليط روائح سماد

الخنازير المعقدة كانت ضئيلة.(DMDS)و(DMTS)هما أكثرCOVsالمسببة للروائح في انبعاثات روث الخنازيروكانتbiochars القائمة على السماد الحيواني مواد ماصة فقيرة لـDMDSوDMTS بينما ، كان biochars السماد النباتي قدرة امتصاص أكبر بكثير لـ DMDS و DMTS بالاضافة الى ان (البلوط biochar) يتحلل بالحرارة عند 500 C° وقد أظهرت (OK500) قدرات امتصاص عالية لكل من DMDS و DMTS.

الدراسة التحليلية رقم (4) :

عنوان المقالة :

Numerical simulation of a regenerative thermaloxidizer forvolatile organic compounds treatment. 2018 : (مقاطعة جيانغسو) [4].

يمثل الجدول التالي دراسة معالجة الـ COV_S متوسطة و عالية التركيزالمنبعثة منانفايات مصانع الطلاءباستخدام تقنية محاكاة RTO (المؤكسدات الحرارية المتجددة) مراقبتها و تفكيكها بواسطة جهاز RTO بكفاءة حرارية بلغت 90٪.

الجدول (8) : يلخص أهم ماجاء في دراسة معالجة الـCOVs المنبعثة من غازات نفايات الطلاء.

الهدف من الدراسة	استخدام مؤكسدات RTOs بشكل متكرر في معالجات COV متوسطة وعالية التركيز لازالة غازات النفايات العضوية من الطلاء
وسط الدراسة	وسط صناعي
مكان اخذ العينة	مصنع طلاء
طريقة اخذ العينة	/
مصدر المركبات العضوية المتطايرة	غازات نفايات الطلاء
المركبات المدروسة	المكونات الرئيسية للCOVs هي الميثانول ، زيلين ، وخلات الإيثيل
معدل الانبعاثات	4000 mg /m^3
التقنيات المستعملة	طريقة المحاكاة
اجهزة القياس والتحليل	RTO جهاز مراقبة و تفكيك الCOVs
النتائج المتحصل هليها	كان تركيز الCOVs قبل المعالجة 4000 mg /m^3 محتوى الميثانول أكثر من 75٪ من إجمالي المركبات العضوية المتطايرة معدل إزالة المركبات العضوية المتطايرة 98٪ ، وبلغ متوسط الكفاءة الحرارية 90٪.

ملخص الدراسة : بسبب عدم وجود البحوث الحالية المتعلقة بـ RTO ، تظل الخبرة عاملاً مهيمناً للتطبيق الصناعي. تهدف هذه الدراسة إلى إنشاء نموذج بالنسبة لـ RTOs الصناعية ، باستخدام طريقة محاكاة عابرة ونموذج توازن حراري لمحاكاة السرعات الداخلية ودرجة حرارة توزيعات RTO عبر دورات متعددة لكفاءتها التدميرية العالية وقدرتها على استعادة معظم الحرارة الناتجة عن تدمير COV_S,اظهرت نتائج المحاكاة العابرة مقارنة بالبيانات التي تم جمعها في التجارب الصناعية ودرجة

الحرارة ان الخطأ في معظم نقاط القياس في حدود 5٪ ، مما يدل على الفرضيات وطرق المحاكاة المستخدمة في هذه الدراسة كانت صحيحة ويمكن استخدامها لتعكس العملية بدقةحجم الهواء وتركيز المركبات العضوية المتطايرة ووقت تبديل الصمامتؤثر بشكل كبير على درجة حرارة مخرج RTO وRTO الكفاءة الحرارية .

الدراسة التحليلية رقم (5) :

عنوان المقالة :

Elimination of volatile organic compounds in paint drying by absorption reaction in water combined with the ozone oxidation technique .2020. [5].

يمثل الجدول التالي دراسة معالجة الـCOV_S المنبعثة من عمليات الطلاءعند التجفيف باستخدام تقنية الاكسدة بـالاوزون من خلال نظام امتصاص ومعرفة دور الاوزون في خفض تركيزاتها و قياسها بواسطة مقياس الطيف الضوئي .

الجدول (9) : يلخص أهم ما جاء في دراسة معالجة الـCOV_S المنبعثة من الطلاء.

الهدف من الدراسة	تقييم معالجة (COV_S) المنبعثة من عملية الطلاء والتجفيف لطلاء صناعي.
وسط الدراسة	وسط صناعي
مكان اخذ العينة	/
طريقة اخذ العينة	يتم امتصاص COVSفي مقصورة تجفيف الطلاء وعمود فقاعي حيث يتم معالجتها.
مصدر المركبات العضوية المتطايرة	الطلاء والتجفيف لطلاء صناعي
المركبات المدروسة	الفورمالديهايد ،أسيتاتالبيوتيل ، الإيثانول ، ميثيل إيثيلكيتون
معدل الانبعاثات	/
التقنيات المستعملة	الاكسدة بالاوزون
اجهزة القياس والتحليل	مقياس الطيف الضوئي Hach DR 5000.
النتائج المتحصل عليها	انخفضت تركيزات COV_Sبشكل حاد عندما تم حقن O_3 في مفاعل أكسدة الأوزون ، مما يدل على أن O_3 يمكن أن يتفاعل بشكل فعال مع COV_S في وسط مائي.

ملخص الدراسة : تهدف هذه الدراسة إلى تطوير تقنية مبتكرة لتحلل COV_S عن طريق أكسدة O_3 ، تم تقييم معالجة (COVS) التي يتم إطلاقها أثناء عملية الطلاء والتجفيف عن طريق امتصاصها في ستارة مائية ثم أكسدتها ب O_3 . تمت دراسة تشبع الماء بCOV_S والمعالجة المتزامنة عن طريق جرعة O_3،مع الأخذ في الاعتبار قيمة (COD) كمعامل لفعالية المعالجة يعتبر نظام الامتصاص واكسدة O_3 فعالاً في التخلص من COV_S المنبعثة مما يحقق خفضًا بنسبة 94٪ في COD لمياه الصرف، عند حقن O_3 مع الطلاء، يُفضل تقليل COD في النفايات السائلة بسبب المرحلة الأولى هي الأوزون المباشرCOV_Sفي وجود الأوزون والمرحلة الثانية عبارة عن تفاعل أبطأ ناتجة عن الجذورالحرة من

تفاعل O_3 مع الماء [جذورالهيدروكسيل (HO •) ، شق الأنيون الفائق (O2- •) وجذرالهيدروبيروكسيل (HO2 •)] يفضله الرقم الهيدروجيني للمحلول تعتبر حركية تفاعل COV_S من الدرجة الأولى.

الدراسة التحليلية رقم (6) :

عنوان المقالة :

Continuous Monitoring of Air Purification: A Studyon Volatile Organic Compounds in a Gas Cell. 2020. [6].

يمثل الجدول التالي دراسة COV_S المنبعثة من احتراق التبغ بالقياس المستمر لها و تحليلها بواسطة مقياس FTIR بالاضافة الى جهاز الطيف الضوئي و التخلص منها باستخدام تقنية التحفيز الضوئي والامتزاز.

الجدول (10) : يلخص أهم ما جاء في دراسة معالجة الـCOV_S المنبعثة من دخان السجائر (احتراق التبغ).

الهدف من الدراسة	القياس المستمروالتخلص من COV_S (تفاعلات التحلل للغازات الملوثة الموجودة في دخان التبغ)
وسط الدراسة	وسط نباتي
مكان اخذ العينة	/
طريقة اخذ العينة	/
مصدر المركبات العضوية المتطايرة	التبغ (السجارة)
المركبات المدروسة	الأسيتونوالتولوين
معدل الانبعاثات	/
التقنيات المستعملة	الامتزاز و التحفيز الضوئي
اجهزة القياس والتحليل	(FTIR) spectrometer , absorption spectroscopy
النتائج المتحصل عليها	نسبة التخلص من التلوين كانت 63٪ بواسطة التحفيز الضوئي نسبة التخلص من الأسيتون 14٪ بواسطة أسلاك أكسيد الزنك النانوية.

ملخص الدراسة : ركزت الدراسة على اضهارتاثير التحفيز الضوئي ل ZnO-NWs على تفاعلات التحلل للغازات الملوثة الموجودة في دخان التبغ ، من اجل تقييم كفاءتها في تنقية الهواء الداخلي ،عولجةمشكلتين الكشف و التخلص من الCOV_S باستخدام تقنيات تنقية الهواء من خلال تقديم اعداد تجريبي لتمكين القياس المستمر لـCOV_Sعن طريق تحليل Absorbtionspectroscopy باستخدام نظام قائم على النظم الكهروميكانيكية الصغرى و FTIR , بينما يتم التخلص من تلك الـCOV_S باستمرار بواسطة الامتزاز المستمر و التحفيز الضوئي , باستخدام اسلاك اكسيد الزنك النانوية ($ZnO-NW_S$) تم تحقيق نسبة ازالة 63% في 3 ساعات للتولوين , بينما كانت % 14 فقط للاسيتون في نفس الظروف . يظهر الامتزاز على الاسلاك النانوية كألية مهيمنة للاسيتون, بينما التحفيز الضوئي هو المسيطر في حالة التولوين .

الدراسة التحليلية رقم (7) :

عنوان المقالة :

Gelatin/β–Cyclodextrin Bio–Nanofibers as respiratory filter media for filtration of aerosols and volatile organic compounds at low air resistance (Australia) .2021. [7].

يمثل الجدول التالي دراسة معالجة الـCOVs المنبعثة من عملية نسيج القماش باستخدام تقنية الامتزاز على الالياف النانوية المركبة من الجيلاتين و β–CD لقدرتها علة تنقية الهواء و قيلسهابستخدام جهازUV- VISspectroscopy.

الجدول (11) : يلخص أهم ما جاء في دراسة معالجة الـCOVs المنبعثة من مصانع النسيج.

الهدف من الدراسة	دراسة امتزاز الـCOVs على حصير من الالياف النانوية المركبة من Gelatinو β–CD مع قدرة تنقية الهواء مزدوجة الوضيفة
وسط الدراسة	وسط صناعي
مكان اخذ العينة	Merck /Australia شركة Textor Ltd للنسيج
طريقة اخذ العينة	التقاد الالياف النانوية للهباء الجوي
مصدر المركبات العضوية المتطايرة	القماش الغير منسوج Polyester viscose
المركبات المدروسة	الزيلين و البنزين و الفورمالدهيد
معدل الانبعاثات	/
التقنيات المستعملة	الامتزاز
اجهزة القياس والتحليل	UV- VIS spectroscopy
النتائج المتحصل عليها	كفاءة ترشيح95% عند عامل الجودة 0,029/ p تمت امتصاص كمية كبيرة من الزيلين (287 mg/g) 242 mg/g من البنزين 0,75mg/g منالفورمالدهيد

ملخص الدراسة : كان من الصعب تصفية كل من الجسيمات وCOVsعن طريق وسط مرشح قابل للتحلل الحيوي. لذا استعملت في هذه الدراسة حصير من الألياف النانوية المركبة من β –CD/Gelatin مع قدرة تنقية الهواء مزدوجة الوظيفة عند مقاومة منخفضة للهواء (148 Pa) و وزن أساسي منخفض (1 g/m^2) , تلتقط الألياف النانوية الهباء الجوي (0.3µm - 5) مع > كفاءة ترشيح 95٪ عند عامل جودة 0.029/p .ولقد أظهرت الألياف النانوية المركبة من β – CD امتزازًا ممتازًا من الزيلين (g / 287mg) والبنزين(242 mg/g) ، والفورمالديهايد (0.75 mg/g) تم العثور على β – CD الأكثر فائدة في امتصاص الفورمالديهايد بينما لوحظ أن امتصاص الزيلين والبنزين يتأثر بقطر الألياف ومساحة السطح المحددة للألياف النانوية.بالاضافة الى ان Gel – CD nanofibers / Gelatin لها أيضًا إمكانية تصفية الفيروسات بحجم النانو.

الدراسة التحليلية رقم (8) :

عنوان المقالة :

Étude et réalisation d'un système miniaturisé pour l'analyse de composés organiques volatils considérés comme des marqueurs chimiques du cancer du poumon Franche. 2017. [8].

يمثل الجدول التالي دراسة للـCOVsالمنبعث من زفير المرضى بتطوير اداة تشخيص مصغرة و استخدام كل من تقنية (الامتزاز / الامتصاص) والكشف عنها و معالجتها بواسطة جهاز استشعار الغاز المستند الى SnO_2 مع عمود مصغر كروماتوغرافي.

الجدول (12) : يلخص أهم ما جاء في دراسة معالجة الـ COVs المنبعث من زفير مرضى سرطان الرئة.

الهدف من الدراسة	تطوير نظام للكشف عن (COVs) الموجودة في التنفس والتي تعتبر علامات كيميائية لسرطان الرئة.
وسط الدراسة	وسط بشري
مكان اخذ العينة	/
طريقة اخذ العينة	اعتمدت طريقتين Le prélèvement actif و Le prélèvement passifأخذ عينات من الأبخرة الممتصة لمدة ثانيتين مع معايرة الهواء بمعدل تدفق15 mL/min ، يتم حقن الأبخرة في العمود المصغر الكروماتوغرافي
مصدر المركبات العضوية المتطايرة	COVs الموجودة في أنفاس مرضى سرطان الرئة.
المركبات المدروسة	(التولوينوالبروبانول وo-xylene والهكسان الحلقي.)
معدل الانبعاثات	/
التقنيات المستعملة	الامتزاز و الامتصاص
اجهزة القياس والتحليل	مستشعر الغاز المستند إلى SnO_2 مع عمود مصغركروماتوغرافي.
النتائج	يمكن الكشف بشكل انتقائي عن 24 ppb من toluène ، و 21 ppb من propanol ، و 5 ppb من o-xylene و 112 ppb من cyclohexane

ملخص الدراسة : تم تطوير أداة تشخيص مصغرة تجعل من الممكن التعرف على مجموعة من COVs الموجودة في الزفير والتي تعتبر كواسمات كيميائية لسرطان الرئة وقياسها. و بسبب التركيزات المنخفضة جدًا لهذه المركبات تم اقتراح معالجة لهذا المشكل باستخدام مستشعر الغاز المستند إلى SnO_2 (ثنائي اوكسيد القصدير) و عمود كروماتوغرافي صغير, تمت دراسة قدرات الامتزاز لاثنين من الزيوليت (DaY و NaY) واثنين من الكرات المجهرية للكربون المنشط (W4 و W5) كمواد ماصة ، تتمتع الكرات الكربونية المجهرية بقدرات عالية على امتصاص toluène ، مثل زيوليتNaYاما زيوليتDaY كان لديه أقل تقارب للامتصاص toluène , وقد حقق النظام المصغر تحليل النفس الاصطناعي المكون من24ppb من toluène ، و 21 ppb من propanol ، و 5 ppb من o-

xylene و 112 ppb من cyclohexane في وجود تركيزات عالية من أبخرة الماء وثاني أكسيد الكربون.

الدراسة التحليلية رقم (9) :

عنوان المقالة :

Les émissions de composés organiques volatiles (COVs)des sols dans les paysages agricoles : identification dessources et incidences sur la qualité de l'air. (2017). فرنسا. [9].

يمثل الجدول التالي مراقبة الـCOVs المنبعث من الحقول الزراعية نتيجة التسميد لاربعة حقول زراعية عن طريق رصدها في مواقع محددة و قياس انبعاثاتها و تراكيزها بواسطة جهاز PTR-MS.

الجدول (13) : يلخص أهم ما جاء في دراسة و مراقبة الـ COVs المنبعث من الحقول الزراعية.

الهدف من الدراسة	إجراء مراقبة لمدة عامين ل COVs المنبعثة من التربة لأربعة حقول زراعية .
وسط الدراسة	وسط نباتي (زراعي)
مكان اخذ العينة	محيط رين في بريتاني في الشمال غرب فرنسا.
طريقة اخذ العينة	مرصدين (مواقع EFELE و ZAAr) أخذ عينات الغازات عن طريق وضع حجرة أسطوانية من الفولاذ المقاوم للصدأ سعة 12.5L
مصدر المركبات العضوية المتطايرة	إنتاج COVs بواسطة الكائنات الحية الدقيقة أثناء التحلل البيولوجي للمواد العضوية (التربة و المحاصيل الزراعية خلال عمليات التسميد)
المركبات المدروسة	الميثانول, الأسيتون , التولوين , الأسيتونيتريل
معدل الانبعاثات	اختلفت الانبعاثات خلال العامين ، حيث تراوحت بين $22\ \mu gVOCs\ h^{-1}\ m^{-2}$ إلى $167\ \mu gVOCs\ h^{-1}\ m^{-2}$
التقنيات المستعملة	/
اجهزة القياس والتحليل	قياس تركيزات COVs باستخدام PTR-MS
النتائج	1) الميثانول (الكتلة 33) والتلوين (الكتلة 93) للحقول المعدلة بالخنازيروالطين 2) الأسيتون (الكتلة 59) والأسيتونيتريل (الكتلة 42) للمروج المصفاة.

ملخص الدراسة : يمكن أن تكون التربة الزراعية خزانًا رئيسيًا لـCOVs , من المعروف أن الممارسات الزراعية مثل التسميد تؤثر على إنتاج COVs حيث يتم إنتاجها بواسطة الكائنات الحية الدقيقة أثناء التحلل البيولوجي للمواد العضوية , لدراسة انبعاثها خضعت 4 أنواع من التربة المحصولية للتسميد تمت مراقبتها بمرصدين لمدة عامين متتاليين واظهرت النتائج انبعاثاتها التي تراوحت بين(22 µgVOCs. $h^{-1}.m^{-2}$إلى$h^{-1}.m^{-2}$ 167µgVOCs) التي تم قياسها باستخدام (MS -PTR) تم تسجيل 40 كتلة

مختلفة منبعثة من التربة من بينها الميثانول بكتلة (m33) والاسيتون (m59) والتولوين (m93) , كان انبعاثها متشابهًا بين الأنظمة الزراعية وتبين ان التدفقات تكون في أدنى مستوياتها خلال فصل الشتاء.

الدراسة التحليلية رقم (10) :

عنوان الأطروحة :

Influence de la végétation et du relief dans les feux de forêt extrêmes : étude de la dégradation de l'accumulation et des propriétés de combustion des composés organiques volatils issus des feux de forêt 2015 (منطقة البحر الأبيض المتوسط) [10].

يمثل الجدول التالي دراسة خصائص تدهور واحتراق الـCOV اثناء حرائق الغابات و ذالك بدراسة التحلل الحراري لـ 4 مركبات مختلفة و منها معرفة تطور تكوين الـCOVs التي تغذي هذه الحرائق و التي تم قياسها بواسطة كروماتوغرافيا الغاز المقترنة ب كل من TCD و FID و SM.

الجدول (14): يلخص أهم ما جاء في دراسة و مراقبة الـCOVsالمساهمة في حرائق الغابات والمنبعث من الغطاء النباتي.

الهدف من الدراسة	سبب ظاهرة AFFو (COVs) المتسببة في الحرائق و المنبعثة من النباتات بدراسة التحلل الحراري لـ4 من (COVs)
وسط الدراسة	وسط نباتي
مكان اخذ العينة	الغابات
طريقة اخذ العينة	تخفيف قطرتين من (COVs) في شكل سائل
مصدر المركبات العضوية المتطايرة	نباتات منطقة البحر الأبيض المتوسط
المركبات المدروسة	l'α-pinène et le benzène (الليمونين وهو أحد أيزومراتl'α-pinène) 3-hexen-1-ol , l'eucalyptol
معدل الانبعاثات	النباتات لها حد أقصى للانبعاثات بشكل عام حوالي 175 C°.
التقنيات المستعملة	التحلل الحراري
اجهزة القياس والتحليل	(Py-CG / SM) (FID و TCD -CG)
النتائج	يتحلل α-pinene من450C° . يتكون التولوين بين 450 C°و500C° ثم يزداد الى ان تصل درجة الحرارة 750C° ثم يتحلل بفقدان مجموعة الميثيل (CH3) ، لتكوين البنزين . يستمر البنزين في الزيادة حتى درجة الحرارة التجريبية القصوى900C° تكوين ثنائي الفينيل فوق 1000C° يزيد تركيز الليمونين من 500 إلى 600 ثم ينخفض عند 700 C° حيث يتحللتمامًا.

ملخص الدراسة : لمعرفة سبب ظاهرة AFF و انبعاث الـ(COVs) من الغطاء النباتي و التي تسمى المركبات العضوية المتطايرة الحيوية.تمت دراسة التحلل الحراري لـ4 من (COVs) من 300C° إلى 900C° لـ(COVs) و بذالك سيكون لدينا فكرة عن تطور تكوين (COVs) التي تغذي حرائق الغابات

كدالة لدرجة الحرارة.وجد أن monoterpenes ، تميل إلى الارتباط بين 300C°و500C°،ومن ثم تكوين مواد عطرية من600C°,ينخفضالتركيز مع درجة الحرارة ويتحللα-pineneفي الغالب من450C° اما بنسبة للتولوين يبدأ في التكون بين 450 C°و500C° ثم يزداد الى ان تصل درجة الحرارة 750C° ويتحلل بفقدان مجموعة الميثيل (CH3)،لتكوين البنزين يستمر في الزيادة حتى درجة الحرارة التجريبية القصوى900C° لوحظ وجود ذروة أولى للتولوين عند500C° ويزيد تركيز الليمونين من500C° إلى600C° ثم ينخفض عند 700C°حيث يتحلل تمامًا.

الدراسة التحليلية رقم (11) :

عنوان المقالة :

Étude des composés organiques volatils biogéniques émis par une forêt méditerranéenne (منطقة البحر المتوسط).2020. [11].

يمثل دراسة وقياس الـ COV_Sالمنبعثة من اشجار البلوط الابيض في الهواء المحيط في احدى الغابات من خلال (حملة كانوبي) من أجل مراقبة تقلب معدلات الانبعاث باستخدام تقنية الامتزاز و تحليلها بواسطة جهاز كروماتوغرافيا الغاز المقترن بكواشف FID و SM وPTR-MS.

الجدول (15): يلخص أهم ما جاء في دراسة وقياس الـ COV_Sالمنبعثة من اشجار البلوط الابيض.

الهدف من الدراسة	دراسة COV_B المنبعثة من الغابات والصادرة من اشجار البلوط الابيض من خلال حملة كانوبي .
وسط الدراسة	وسط نباتي
مكان اخذ العينة	الغابات
طريقة اخذ العينة	أخذ عينات على خراطيش الممتزات
مصدر المركبات العضوية المتطايرة	اشجار البلوط الابيض (يشكل 15٪ من انبعاثات الأيزوبرين)
المركبات المدروسة	Cov_B(la famille des isoprénoïdes) الأيزوبرين ، ميثانول ،احاديات التيربينات و الاسيتون و الاسيتالدهيد
معدل الانبعاثات	تدفق انبعاث الايزوبرين $7,2 \quad mg\ m^{-2}\ h^{-1}$
التقنيات المستعملة	الامتزاز
اجهزة القياس والتحليل	(PTR-MS)، (GC-MS)،(GC-FID)
النتائج	تركيزات عالية من الايزوبرين (اقصى قيمة16ppbv) و تركيزات منخفضة من monoterpenes(متوسط القيمة 0,2ppbv)

ملخص الدراسة : كجزء من المشروع كانوبي بهدف القياس الكمي لانبعاثات (المركبات العضوية المتطايرة الحيوية)COV_Bمن الغابة من أجل مراقبة تقلب معدلات الانبعاث من الايزوبرين تم أخذ قياسات الأيزوبرين عن طريق أخذ العينات كل 1h على الخراطيش و تحليلها بـ(GC-MS).تم قياس العديد من COVالمؤكسجة (الميثانول ، الأسيتون ، الأسيتالديهيد) بتركيزات كبيرة (1 ppbv>) فوق غابة (O3HP)(Observatoire de Haute-Provence) ، وظهر ان الميثانول هوأكبرنسبة وتمثل 40٪

من اجمالي تركيزاتCOVالمقاسةفي الهواء المحيط و هو اعلى من الايزوبرين يعود ذالك الى العمر الطويل للايثانول في الغلاف الجوي ،أظهرت النتائج أن البلوط الأبيض باعث قوي للايزوبرين ولكن باعث ضعيف من الميثانول وmonoterpenesقدرت تيارات انبعاث الايزوبرين ب$7,2\ mg.\ m^{-2}\ .h^{-1}$ مما يجعل غابة O3HP واحدة من أقوى انبعاث الايزوبرين و يمكن ايضا قياس المركبات الاخرى على الرغم من كونها طفيفة جدا مقارنة بالايزوبرين مثل مجموعة احاديات التيربينات و الاسيتون و الاسيتالدهيد

الدراسة التحليلية رقم (12) :

عنوان الأطروحة :

Emissions of volatile organic compounds (VOCs) from concentrated animal feeding operations (CAFOs): chemical compositions and separation of sources. 2017. [12]
(شمال شرق كولورادو) .

يمثل الجدول التالي دراسة و قياس COV_S المنبعثة من زفير الحيوانات و نفاياتها و تخزين اعلافها عن طريق قياسات مخبرية متنقلة دقيقة باستخدام جهاز مطيافية كتلة التاين الكيميائي لوقت الطيران PTR-MS (H_3O + ToF-CIMS).

الجدول (16): يلخص أهم ما جاء في دراسة وقياس الـ covsالمنبعثة من زفير الحيوانات وتخزين أعلافها.

الهدف من الدراسة	اجراء قياسات مخبرية متنقلة COV_S للانبعاثات المتعلقة بالحيوانات واعلافها)
وسط الدراسة	وسط حيواني
مكان اخذ العينة	شمال شرق كولورادو لستة أنواع مختلفة من مرافق CAFO
طريقة اخذ العينة	أخذ العينات الستة في اتجاه الريح مرة إلى مرتين لكل منشأة(مختبر متنقل)
مصدر المركبات العضوية المتطايرة	(زفير الحيوانات ونفاياتها ، تخزين الأعلاف)
المركبات المدروسة	الأحماض الكربوكسيلية والكحوليات والكربونيل والأنواع الفينولية والأنواع المحتوية على النيتروجين والكبريت.
معدل الانبعاثات	/
التقنيات المستعملة	/
اجهزة القياس والتحليل	مطياف كتلة التأين الكيميائي لوقت الطيران PTR-MS(H3O + ToF-CIMS)
النتائج	وجد ان الكحولات تبلغ (55-87٪)والأحماض الكربوكسيلية (4-32٪) و تمثل فئات المركبات العضوية المتطايرة الأخرى 8-21٪ من تركيزات المركبات العضوية المتطايرة بشكل إجمالي

ملخص الدراسة : تنتج عمليات تغذية الحيوانات المركزة (CAFOs) عددًا كبيرًا من COV_S لذا أجريت قياسات مخبرية متنقلة عالية الدقة في شمال شرق كولورادو في ستة مرافق من CAFO (مزرعتان للألبان ، وساحتان لتغذية الأبقار ، وساحة واحدة لتغذية الأغنام ومزرعة دجاج) و باستخدام

(H_3O^+ToF-CIMS) والتي يمكنها اكتشاف العديد منCOV_S حيث تتأين بواسطة أيوناتH_3O^+ في أنبوب عائم ،على غرار PTR-MS تسيطر الفئات الرئيسية (الكحوليات و التي مثلت نسبة (55-87٪)والأحماض الكربوكسيلية (4-32٪) على تركيزات وتفاعل COV_S مع جذور الهيدروكسيل (OH) و تمثل فئات COV_S الأخرى 8-21٪ من تركيزات COVS بشكل إجمالي,تم إجراء تحليل باستخدام أدوات تتبع NH_3 والايثانول و تبيّن أن انبعاثاته مرتبطة بشكل أساسي بتخزين الأعلاف ومناولتها والتي تساهم بشكل كبير في انبعاثات الكحوليات والكربونيل والأحماض الكربوكسيلية والأنواع المحتوية على الكبريت وترتبط انبعاثات الأنواع الفينولية والأنواع المحتوية على النيتروجين في الغالب بالحيوانات ونفاياتها. متوسط مجموع تركيز COV_S المقاسة في نطاقppb139-22وكانت التركيزات الأعلى في مزرعة الألبان .

الدراسة التحليلية رقم (13) :

عنوان المقالة :

Rendering plant emissions of volatile organic compounds during sterilization and cooking processes. 2014. [13]

يمثل الجدول التالي دراسة و قياس COV_S المنبعثة عند الطهي و التعقيم و مقارنة نتائج كل منها و تحليلها و باستخدام جهاز MS-GC و ذالكلاهمية خطورتها على الانسان.

الجدول (17): يلخص أهم ما جاء في دراسة وقياس ال covs المنبعثة اثناء الطهي و التعقيم.

الهدف من الدراسة	مقارنة انبعاث المركبات العضوية المتطايرة من عمليتين مختلفتين (الطبخ والتعقيم). وتحليل المركبات المنبعثة المختلفة لارتبطًها بمشاكل صحية بتطبيق مكثف للتحكم في الانبعاثات المشتركة
وسط الدراسة	وسط بشري
مكان اخذ العينة	مصنع التقديم Arnout
طريقة اخذ العينة	جمع العينات في الأكياس البلاستيكية
مصدر المركبات العضوية المتطايرة	الطهي و التعقيم
المركبات المدروسة	الهيدروكربونات الأليفاتية والفيوران وHCs العطرية وأهم المركبات المحتوية على الكبريت والألدهيدوالكيتونات. (DMS) و(DMTS)
معدل الانبعاثات	$32.73 \times 10^{(2)}$ (الطهي) و $36.85 \times 10^{(2)}$ mg m^{-3}(التعقيم)
التقنيات المستعملة	/
اجهزة القياس والتحليل	كروماتوجرافيا الغاز ومقياس الطيف الكتلي
النتائج	aliphatichydrocarbons(29.24٪) furans (28.74٪) وaromaticHCs(18.32٪) وأهم المركبات المحتوية على الكبريت (12.15٪) aldehyde (10.91٪) ketones (0.60٪) اكتشاف إجمالي ل$(^{-3})$ 87 mg m (DMS) فقط أثناء عملية الطهي ، بينما تم اكتشاف (DMTS) في كل من الطهي (300 mg $m^{(-3)}$) والتعقيم (301 mg $m^{(-3)}$))

ملخص الدراسة : تمت مقارنة الانبعاثات من عمليتين مختلفتين (الطبخ والتعقيم) ولتحليلها تم استخدام GC-MS, أكثر فئات المركبات التي تم تحديد رائحها هي aliphatichydrocarbons(29.24٪) furans, (28.74٪) aromaticHC, (18.32٪) وأهم المركبات المحتوية على الكبريت (12.15٪) aldehyde (10.91٪) ketones (0.60٪) كانت الانبعاثات أثناء الطهي والتعقيم 32.73 x $10^{(2)}$و$10^{(2)}$ mg $m^{(-3)}$ 36.85 x على التوالي.لوحظ أنه بعد التعقيم زادت انبعاثات COVS.تم اكتشاف إجمالي$^{(-3)}$ 87 mg m (DMS) فقط أثناء عملية الطهي،بينما تم اكتشاف (DMTS) في كل من الطهي ($^{(-3)}$ 300 mg m) والتعقيم ($^{(-3)}$ 301 mg m)).تم اكتشاف حوالي $^{(3)}$ 11 mg m من DMS أثناء عملية الطهي،وهوتركيزصغيرمقارنة بـ $^{(-3)}$ 299 mg m الموجودعندالتعقيم.عند ارتفاع درجة الحرارة والضغط ،تمإطلاقDMTSوDMSأكثرمن أيمركبات أخرى تحتوي على الكبريت.تم تطبيق مكثف للتحكم في الانبعاث المشترك ونجح في تقليل المركبات العضوية المتطايرة إلى $^{(-3)}$ mg $10^{(2)}$ 22.83 x (67٪ تقليل).

IV-2. ملخص الدراسات السابقة.

الجدول (18): يوضح و يلخص أهم الدراسات السابقة في الوسط الصناعي :

الدراسات	المركبات المدروسة	النتائج	المرجع
معالجة الهواء الملوث بـ COV_S من النفايات الميكانيكية	$COVs$ (C_5-C_{14}) الألكانات (C_3-C_4)	متوسط تركيز COV_S $37mgC/m^3$ متوسط تركيز COV_S في الليل و عطلة نهاية الأسبوع $10\ mgC/m^3$	[1]
: دراسة معالجة الـCOV_S من محطة النفط و الغاز الطبيعي	(الألكانات ، الألكينات, (الأسيتيلين) و المركبات العطرية)	متوسط تركيزات الألكانات أعلى قدرت ب(372 -297 ppbv) ، تليها الألكينات (14.5 -9.52 ppbv) ، والأسيتيلين (5.55 -3.03 ppbv) والهيدروكربونات العطرية (8.24 - 4.28 ppbv)	[2]
دراسة معالجة الـCOV_S المنبعثة من غازات نفايات الطلاء	الميثانول ، زيلين ، وخلات الإيثيل	محتوى الميثانول أكثر من 75٪ من إجمالي المركبات العضوية المتطايرة معدل إزالة المركبات العضوية المتطايرة 98٪	[4]
دراسة معالجة الـCOV_S المنبعثة من الطلاء	الفورمالديهايد ، أسيتات البيوتيل ، الإيثانول ، ميثيل إيثيل كيتون	انخفضت تركيزات COV_S بشكل حاد عندما تم حقن O_3 في مفاعل أكسدة الأوزون ، مما يدل على أن O_3 يمكن أن يتفاعل بشكل فعال مع COV_S في وسط مائي.	[5]
دراسة معالجة الـCOV_S المنبعثة من مصانع النسيج	الزيلين و البنزين و الفورمالدهيد	كفاءة ترشيح 95% عند عامل الجودة p 0,029/ تمت امتصاص كمية كبيرة من الزيلين (287 mg/g) 242 mg/g من البنزين 0,75 mg/g من الفورمالدهيد	[7]

الجدول (19): يوضح و يلخص أهم الدراسات السابقة قي الوسط النباتي :

الدراسات	المركبات المدروسة	النتائج	المرجع
دراسة معالجة الـ COVs المنبعثة من دخان السجائر	الأسيتون والتولوين	نسبة التخلص من التلوين كانت 63٪ بواسطة التحفيز الضوئي نسبة التخلص من الأسيتون 14٪ بواسطة أسلاك أكسيد الزنك النانوية.	[6]
مراقبة الـCOVs المنبعث من الحقول الزراعية	الميثانول, الأسيتون ,التولوين , الأسيتونيتريل	) الميثانول (الكتلة 33) والتلوين (الكتلة 93) للحقول المعدلة بالخنازيروالطين 2) الأسيتون (الكتلة 59) والأسيتونيتريل (الكتلة 42) للمروج المصفاة.	[9]
مراقبة الـCOVs المساهمة في حرائق الغابات والمنبعث من الغطاء النباتي	l'α-pinène et le benzène (الليمونين وهو أحد أيزوبرين -l'α (pinène 3- , l'eucalyptol hexen-1-ol	يتحلل α-pinene من°450C . يتكون التولوين بين °C 450 و°500C ثم يزداد الى ان تصل درجة الحرارة °750C ثم يتحلل بفقدان مجموعة الميثيل (CH_3) ، لتكوين البنزين . يستمر البنزين في الزيادة حتى درجة الحرارة التجريبية القصوى°900C تكوين ثنائي الفينيل فوق °1000C يزيد تركيز الليمونين من 500 إلى 600 ثم ينخفض عند °C 700 حيث يتحلل تمامًا.	[10]
دراسة وقياس الـ covsالمنبعثة من اشجار البلوط الابيض	الأيزوبرين ، ميثانول ،احاديات التيربينات و الاسيتون و الاسيتالدهيد	تركيزات عالية من الايزوبرين (اقصى قيمة ppbv 16) و تركيزات منخفضة من monoterpenes (متوسط القيمةppbv 0,2)	[11]

الجدول (20): يوضح و يلخص أهم الدراسات السابقة قي الوسط الحيواني :

الدراسات	المركبات المدروسة	النتائج	المرجع
دراسة معالجة الـCOVs المنبعثة من روث الخنازير	مركبات الكبريت المختزلة , DMDS , DMTSوالأحماض الدهنية المتطايرة ، المركبات الفينولية والاندولية , حمض الاسيتيك	biocharsالقائمة على السماد الحيواني مواد ماصة فقيرة لـ DMDS و DMTSو biochars القائم على السماد النباتي قدرة امتصاص أكبر بكثير لـ DMDS و DMTS. biochars البلوط (OK500) قدرات امتصاص عالية لكل من DMDS و DMTS. قدرة الامتصاص OK500لـ DMDSأقل من الكربون المنشط التجاري	[3]
دراسة وقياس ال covsالمنبعثة من زفير الحيوانات وتخزين اعلافها	الأحماض الكربوكسيلية والكحوليات والكربونيل والأنواع الفينولية والأنواع المحتوية على النيتروجين والكبريت.	تمثل الفئات الرئيسية من المركبات العضوية المتطايرة من هذه CAFOs. الكحولات (55-87٪) والأحماض الكربوكسيلية (4-32٪) تمثل فئات المركبات العضوية المتطايرة الأخرى 8-21٪ من تركيزات المركبات العضوية المتطايرة بشكل إجمالي	[12]

الجدول (21): يوضح و يلخص أهم الدراسات السابقة قي الوسط البشري :

الدراسات	المركبات المدروسة	النتائج	المرجع
دراسة معالجة الـ COVs المنبعث من زفير مرضى سرطان الرئة	(التولوين والبروبانول و o-xylene و الهكسان الحلقي.)	يمكن الكشف بشكل انتقائي عن 24 ppb من toluène، و 21 ppb من propanol ، و 5 ppb من o-xylene و 112 ppb من cyclohexane	[8]
دراسة وقياس ال covsالمنبعثة اثناء الطهي و التعقيم	الهيدروكربونات الأليفاتية والفيوران و HCs العطرية وأهم المركبات المحتوية على الكبريت والألدهيد والكيتونات. (DMS) و(DMTS)	hydrocarbons(29.24٪) furans (28.74٪) و aromatic HCs(18.32٪) وأهم المركبات المحتوية على الكبريت aldehyde (12.15٪) ketones (10.91٪) (0.60٪) اكتشاف إجمالي ل (DMS) 87 mg $m^{(-3)}$ فقط أثناء عملية الطهي ، بينما تم اكتشاف (DMTS) في كل من الطهي (300 mg $m^{(-3)}$) والتعقيم (mg $m^{(-}$ 301 $^{3)}$))	[13]

IV-3. منــاقشة نتــائج الدراســات السابقة (تحليل الأوساط) :

❖ **الوسط االصناعي :**

هدفت دراسة هذا الوسط لمعالجة الهواء الملوث بالمركبات العضوية المتطايرة الصادر من بعض المنشاءات الصناعية التي تمثلت في محطة النفط و الغاز الطبيعي و النفايات الميكانيكية و غازات نفايات الطلاء و الطلاء ايضا و مصانع النسيج و معرفة اهم المركبات و تراكيزها المتسببة في التلوث الهوائي تم اكتشاف من بينها و الموجودة بكثرة في هذا الوسط مركبات الالكانات و المركبات العطرية (البنزين) و الميثانول و الفورمالدهيد.

❖ **الوسط النباتي :**

تهدف هذه الدراسة لمعالجة و مراقبة المركبات العضوية المتطايرة المنبعثة من بعض النباتات و المساهمة في تسريع الحرائق كذالك المنبعثة من احتراق التبغ(السجائر) و تربة و نباتات الحقول الزراعية و اشجار البلوط الابيض و من بين هذه المركبات و الغالبة في هذا الوسط هو الاسيتون و التولوين و التيربينات الاحادية , الميثانول و المركبات العطرية و التي بعضها تتشكل عن طريق الانحلال الحراري.

❖ **الوسط الحيواني :**

تهدف هذه الدراسة لمعالجة و مراقبة المركبات العضوية المتطايرة المنبعثة من زفير الحيوانات و تخزين اعلافها بالاضافة الى روائح روث الخنازير و اكتشاف اهم المركبات المتسببة في هذه الانبعاثات من بين اهم هذه المركبات الكحولات و المركبات الفينولية و الاحماض الكربوكسيلية.

❖ **الوسط البشري :**

تهدف هذه الدراسة لاكتشاف و قياس و معالجة المركبات العضوية المتطايرة المنبعثة من زفير مرضى سرطان الرئة و المركبات المنبعثة اثناء الطهي في المطابخ و تعقيمها و من بين هذه المركبات و اهمها نجد التولين و الهيدروكاربونات الاليفاتية و العطرية واهم المركبات المحتوية على الكبريت.

قــائمة المراجع:

[1] Christof Lanzerstorfer1, Bernhard Drach1, 2, Friedrich Pröll2 , Proceedings of the 2nd World Congress on New Technologies (NewTech'16) Budapest, Hungary – August 18 – 19, 2016 (Volatile Organic Compounds in the Ventilation Air before and After the Biofilter of a Mechanical Waste Treatment Plant) , 1Process Engineering and Production Institute/University of Applied Sciences Upper Austria Stelzhamerstraße 23, Wels, Austria

[2] Huang Zheng1,2, Shaofei Kong1, Xinli Xing2,3, Yao Mao3, Tianpeng Hu2, Yang Ding2, Gang Li4, Dantong Liu5,Shuanglin Li1, and Shihua Qi1,3 Atmos. Chem. Phys., 18, 4567–4595, 2018 5(Monitoring of volatile organic compounds (VOCs) froman oil and gas station in northwest China for 1 year)

[3] Okhwa Hwang, Sang-Ryong Lee, Sungback Cho, Kyoung S. Ro, Mindy Spiehs,Bryan Woodbury, Philip J.Silva,Deug-Woo Han,Heechul Choi, Ki-Yong Kim,and Min-Woong Jung, (Efficacy of Different Biochars in Removing Odorous Volatile Organic Compounds (VOCs) Emitted from Swine Manure)

[4] Xiaowen Hao1, Ruixin Li1, Jiao Wang1, Xinfei Yang2 Environmental Engineering Research 23(4) 397-405 , (Numerical simulation of a regenerative thermal oxidizer for volatile organic compounds treatment,)

[5] Juan Martín Alvarez a , b , Carlos J. Seijas a , Gustavo L. Bianchi a . Environmental Advances 2 (2020) 100017. Elimination of volatile organic compounds in paint drying by absorption reaction in water combined with the ozone oxidation technique

[6] Alaa Fathy 1,2,y, Marie Le Pivert 1,y, Young Jai Kim 1, Mame Ousmane Ba 1, Mazen Erfan 1 ,Yasser M. Sabry 2,3 , Diaa Khalil 2,3, Yamin Leprince-Wang

1 , Tarik Bourouina 1,2 and Martine Gnambodoe-Capochichi . Sensors 2020, 20, 934; doi:10.3390/s20030934. Continuous Monitoring of Air Purification: A Study on Volatile Organic Compounds in a Gas Cell

[7] Vinod Kadam a,b,d,*, Yen Bach Truong b, Jurg Schutz c, Ilias Louis Kyratzis b, Rajiv Padhye a, Lijing Wang . Journal of Hazardous Materials 403 (2021) 123841. Gelatin/β–Cyclodextrin Bio–Nanofibers as respiratory filter media for filtration of aerosols and volatile organic compounds at low air resistance

[8] Geoffrey GREGIS , 2017 , « Étude et réalisation d'un système miniaturisé pour l'analyse de composés organiques volatils considérés comme des marqueurs chimiques du cancer du poumon » thèse de doctorat , l'Université de Bourgogne Franche-Comté

[9] Kevin Potard. Les émissions de composés organiques volatiles (COVs) des sols dans les paysages agricoles : identification des sources et incidences sur la qualité de l'air. Sciences agricoles. Université Rennes 1, 2017. Français.

[10] Bruno Coudour. Influence de la végétation et du relief dans les feux de forêt extrêmes : étude de la dégradation, de l'accumulation et des propriétés de combustion des composés organiques volatils issus des feux de forêt . Physique [physics]. Université de Poitiers - Faculté des Sciences Fondamentales et Appliquées, 2015.Français.

[11] Athina-Cerise Kalogridis, Valérie Gros, Bernard Bonsang, Roland Sarda-Esteve, Anne-Cyrielle Genard, et al.. Étude des composés organiques volatils biogéniques émis par une forêt méditerranéenne. La Météorologie, Météo et Climat, 2016, 8 (93), pp.42-49.

[12] Léo Courty. Etude de l'émission et des propriétés de combustion des composés organiques volatils potentiellement impliqués dans les feux de forêts

accélérés. Autre. ISAE-ENSMA Ecole Nationale Supérieure de Mécanique et d'Aérotechique - Poitiers, 2012. Français.

[13] Bhatti ZA, Maqbool F, Langenhove HV. Rendering plant emissions of volatile organic compounds during sterilization and cooking processes. Environ Technol. 2014 May-Jun; 35(9-12) 1321-1327.

خلاصة عامة

خلاصة عامة

تعد المركبات العضوية المتطايرة من الملوثات الخطيرة التي توجد في الهواء الطلق يمكن أن تأتي من عدة مصادر، مجمعة أساسًا في فئتين رئيسيتين: تلك ذات الأصل الطبيعي التي تأتي أساسًا من الغطاء النباتي (مثل التربين) ، والحيوانات ، وحرائق الغابات والعواصف الترابية ، وتلك ذات الأصل البشري والتي تنقسم أيضًا إلى فئتين :

التلوث الداخلي الذي يأتي بشكل رئيسي من المنتجات المنزلية مثل المواد العازلة والمذيبات ومنتجات التنظيف والطابعات والمطاعم والمطابخ المنزلية والدهانات والورنيش والتدخين وممارسات التدفئة السيئة.

أما التلوث الخارجي والذي ينتج عن حركة مرور المركبات، احتراق الزيوت والوقود الأحفوري وكذلك العمليات الصناعية (المصانع الكيماوية، مصانع المكونات الإلكترونية، الأدوية، المصافي، مصانع السيارات، مصانع المنتجات الغذائية، مصانع المنسوجات).

الدراسة البيئية مكرسة لتقييم كل ما يهدد الصحة و البيئة , لذى تم في هذه الدراسة جمع و تلخيص مجموعة من الدراسات السابقة التي تهدف الى تطبيق اهم الطرق و التقنيات والوسائل التي استخدمت في معالجة المركبات العضوية المتطايرة الخطيرة و اكتشاف الاوساط المتسببة في انبعاثها خاصة في السنوات الاخيرة وقد تضمنت طرق حديثة و اخرى اعتمدت قديما ,كذالك تم اكتشاف اهم المركبات و المصادر الرئيسة لها منها الصناعة و وسائل النقل و تاثيرها على الانسان و الحيوان و حصد تراكيزها و الحلول لمعالجتها اما بتخلص منها او استرجاعها و ازالة خطورتها .

الملاحـــق

قـــائمة المركبات العضوية المتطـــايرة
Composés organiques volatils (COV)

Composés organiques volatils (COV) de la famille des Alcanes

ComposéDodécane.
ComposéÉthane
Composé : n-Heptane
Composé : n- Hexane
Composé : Isobutane
Composé : 2-Méthylbutane
Composé : Méthylcyclohexane
Composé : Méthylcyclopentane
Composé : Nonane
Composé : Octane
Composé : Pentane
Composé : Propane
Composé : trans-1,2-Diméthylcyclohexane
Composé : trans-1,3-Diméthylcyclohexane
Composé : trans-1,4-Diméthylcyclohexane
Composé : Undécane
Composé : 2,2,3-Triméthylbutane
Composé : 2,2,4-Triméthylpentane
Composé : 2,2,5-Triméthylhexane
Composé : 2,2-Diméthylbutane
Composé : 2,2-Diméthylhexane
Composé : 2,2-Diméthylpentane
Composé : 2,2-Diméthylpropane
Composé : 2,3,4-Triméthylpentane
Composé : 2,3-Diméthylbutane
Composé : 2,3-Diméthylpentane
Composé : 2,4-Diméthylhexane
Composé : 2,4-Diméthylpentane
Composé : 2,5-Diméthylheptane
Composé : 2,5-Diméthylhexane
Composé : 2-Méthylheptane
Composé : 2-Méthylhexane
Composé : 2-Méthylpentane
Composé : 3,6-Diméthyloctane
Composé : 3-Méthylhexane
Composé : 3-Méthylheptane
Composé : 3-Méthyloctane
Composé : 3-Méthylpentane
Composé : 4-Méthylheptane
Composé : 4-Méthyloctane
Composé : Butane
Composé : cis-1,2-Diméthylcyclohexan
Composé : cis-1,3-Diméthylcyclohexane

Composé : Cyclohexane
Composé : Cyclopentane
Composé : Décane

Composés organiques volatils (COV) de la famille des Aldéhydes et cétones

Composé : Propanal
Composé : Pentanal
Composé : Éthanal
Composé : Acétone
Composé : Acroléine
Composé : Benzaldéhyde
Composé : 2-Butènal
Composé : Formaldéhyde
Composé : Hexanal
Composé : Isovaléraldéhyde
Composé : Méthylisobutylcétone
Composé : Éther de méthyle et de butyle tertiaire
Composé : m-Tolualdéhyde
Composé : o-Tolualdéhyde
Composé : p-Tolualdéhyde
Composé : 2,5-Diméthylbenzaldéhyde

Composés organiques volatils (COV) de la famille des Hydrocarbures aromatiques

Composé : 1,2,3-Triméthylbenzène
Composé : 1,2,4-Triméthylbenzène
Composé : 1,2-Diéthylbenzène
Composé : 1,3,5-Triméthylbenzène
Composé : 1,3-Diéthylbenzène
Composé : 1,4-Diéthylbenzène
Composé : 2-Éthyltoluène
Composé : 3-Éthyltoluène
Composé : 4-Éthyltoluène .
Composé : Benzène
Composé : Éthylbenzène
Composé : Hexylbenzène
Composé : Indane
Composé : Isobutylbenzène
Composé : Cumène
Composé : m- et p-Xylène
Composé : o-Xylène
Composé : Naphthalène
Composé : n-Butylbenzène
Composé : n-Propylbenzène
Composé : p-Cymène
Composé : sec-Butylbenzène
Composé : Styrène (monomère)
Composé : tert-Butylbenzène
Composé : Toluène.

Composés organiques volatils (COV) de la famille des Alcènes et alcynes

Composé : 1,3-Butadiène
Composé : 2-Méthylpropène
Composé : 1-Butyne
Composé : 1-Décène
Composé : 1-Heptène
Composé : 1-Hexène
Composé : 1-Méthylcyclohexène
Composé : 1-Méthylcyclopentène
Composé : 1-Nonène
Composé : 1-Octène
Composé : 1-Pentène
Composé : 1-Propyne
Composé : 1-Undécène
Composé : 2-Éthyl-1-butène
Composé : 2-Méthyl-1-butène
Composé : 2-Méthyl-1-pentène
Composé : 2-Méthyl-2-butène
Composé : 2-Méthyl-2-pentène
Composé : 3-Méthyl-1-butène
Composé : 3-Méthyl-1-pentène
Composé : 4-Méthyl-1-pentène
Composé : Acétylène
Composé : α-Pinène
Composé : ß-Pinène
Composé : Camphène
Composé : cis-2-Butène
Composé : cis-2-Heptène
Composé : cis-2-Hexène
Composé : cis-2-Octène
Composé : cis-2-Pentène
Composé : cis-3-Heptène
Composé : cis-3-Méthyl-2-pentène
Composé : cis-4-Méthyl-2-pentène
Composé : Cyclohexène
Composé : Cyclopentène
Composé : d-Limonène
Composé : Éthylène
Composé : Isoprène
Composé : Propylène
Composé : trans-2-Butène
Composé : trans-2-Heptène
Composé : trans-2-Hexène
Composé : trans-2-Octène
Composé : trans-2-Pentène
Composé : trans-3-Heptène
Composé : trans-3-Méthyl-2-pentène
Composé : trans-4-Méthyl-2-pentène

Composés organiques volatils (COV) de la famille des Hydrocarbures halogénés

Composé : 1,1,1-Trichloroéthane
Composé : Tétrachloro-1,1,2,2 éthane
Composé : Trichloro- 1,1,2 éthane
Composé : 1,1-Dichloroéthane
Composé : Chlorure de vinylidène
Composé : 1,2,4-Trichlorobenzène
Composé : o-Dichlorobenzène
Composé : 1,2-Dichloroéthane
Composé : Dichloro- 1,2 propane
Composé : m-Dichlorobenzène
Composé : p-Dichlorobenzène
Composé : 1,4-Dichlorobutane
Composé : α-Chlorotoluène
Composé : Bromodichlorométhane
Composé : Bromoforme
Composé : Bromométhane
Composé : Bromotrichlorométhane
Composé : Chlorobenzène
Composé : Chloroéthane
Composé : Chloroforme
Composé : Chlorométhane
Composé : Chlorure de vinyle
Composé : cis-1,2-Dichloroéthylène
Composé : cis-1,3-Dichloropropène
Composé : Dibromochlorométhane
Composé : Dibromométhane
Composé : Dichlorométhane
Composé : Dibromo-1,2 éthane
Composé : Bromoéthane .
Composé : Trichlorofluorométhane
Composé : Dichlorodifluorométhane
Composé : Chlorodifluorométhane
Composé : 1,1,2-Trichloro-1,2,2-trifluoroéthane
Composé : 1,2-Dichlorotétrafluoroéthane
Composé : Hexachloro-1,3-butadiène
Composé : Tétrachloroéthylène
Composé : Tétrachlorométhane
Composé : trans-1,2-Dichloroéthylène
Composé : trans-1,3-Dichloropropène
Composé : Trichloroéthylène

ملخص :

يهدف هذا العمل الى المساهمة في دراسة استقصائية لأبحاث و دراسات سابقة تم فيها تطبيق مجموعة من الطرق و الوسائل و التقنيات الحديثة لمعالجة المركبات العضوية المتطايرة (COVs) في اربعة أوساط مختلفة تمثلت في الأوساط الصناعية و الأوساط النباتية و أخرى حيوانية و بشرية. قمنا في هذا العمل بدراسة تحليلية نظرية لكل وسط، وتم اكتشاف أهم المركبات العضوية المتطايرة المتسببة في تلوث الهواء سواء كان خارجي أي في الهواء الطلق مثل انبعاثها من عوادم السيارات و المصانع و الحقول الزراعية و النباتات وبعض الأشجار، أو داخلي و التي تكون في الأماكن المغلقة و هي الاخطر على الاطلاق لإنعدام التهوية.

الكلمات المفتاحية: الهواء ، التلوث الهوائي ، ملوثات الهواء ، طرق معالجة الهواء ، المركبات العضوية COVs .

Abstract :

This work aims to contribute to the survey of previous researchs and studies, where several modern methods, means and techniques were applied to treat volatile organic compounds (VOCs) in four different mediums represented in industrial, plant, animal and human media. In this work, we conducted a theoretical analytical study for each medium. The most important volatile organic compounds that cause air pollution were discovered, whether external or in the open air, such as their emission from car exhaust, factories, agricultural fields, plants and some trees or indoors, which are in closed places and are the most dangerous at all due to lack of ventilation.

Key words : Air, air pollution, environmental pollution, air treatment methods, COVs..