



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche

Université Kasdi Merbah – Ouargla
Faculté des Mathématiques et Sciences
De la Matière

جامعة قاصدي مرباح ورقلة
كلية الرياضيات وعلوم المادة

Département de Chimie
Réf :

قسم الكيمياء
المرجع:

رقم الترتيب:
رقم التسلسل:

أطروحة محاضرة لنيل شهادة دكتوراه LMD
تخصص: كيمياء المحيط
من طرف: خضراوي عباس
تحت عنوان:

تحديد الرذاذ الجوي في الهواء في مواقع مختلفة من مناطق حضرية وصناعية في منطقة ورقلة
Détermination des Aérosols dans l'Air en Différentes Localités des
Zones Urbaines et Industrielles de la Région de Ouargla

نوقشت في يوم: 2024/01/18

لجنة المناقشة :

جامعة قاصدي مرباح ورقلة	رئيسا	أستاذ تعليم عالي	عطية سالم
جامعة قاصدي مرباح ورقلة	مؤطرا	أستاذ تعليم عالي	لوناس علي
جامعة قاصدي مرباح ورقلة	مؤطرا مساعدا	أستاذ محاضر أ	بودهان عائشة
جامعة تمنراست	مناقشا	أستاذ محاضر أ	بلعالم محمد عبد القادر
جامعة قاصدي مرباح ورقلة	مناقشا	أستاذ تعليم عالي	زنخري لويزة
C.R.S.T.R.A. توقرت	مناقشا	أستاذ باحث أ	ميهوب عادل

الموسم الجامعي 2023 / 2024

إلى من لهما الفضل في وجودي أمي وأبي حفظهما الله ورعاهما .إلى زوجتي التي تمنيت من الله أن يرزقني بـزوجة سالحة قربة، وحين عثرت عليك يا حبيبتي أدركت أن الله استجاب لي دعواي.
 زوجتي الحبيبة أنا متأسف جداً على كل وقت احتجتني فيه ولو تجديني، وأعدك أن أكون متواجد في كل مواقف حياتنا القادمة بإذن الله. عندما أنظر إلى أبنائنا وطريقتك في تربيتهم أدهر كـ أنا معطوط بك يا حبيبتي، فمن غيرك كان سيدهي أطفالاً صالحين مثلك. كرم الله ونعمته على كثير جداً، ومن أهم نعم الله على وجودك يا رفيقتي. رفيقتي دربي، وحب حياتي أحبك كثيراً يا زوجتي.
 أدعو الله يا حبيبتي أن يطيل أعمارنا في طاعته، ويرزقنا السعادة والتفاهم. لك مني كل مفاخر الحب والامتنان يا حبيبتي الغالية. أميرتي أنيس، وحبيبتي أنيس، وأبنتي الكبرى أنيس، لا قيمة لحياتي بدون وجودك. عقل واحد قلب واحد وروح واحدة في جسدين هذا أنا وزوجتي بكل ما للكلمات من معنى، أحبك زوجتي. زوجتي أنيس لي حياتي وأزهر قلبي بوجودك، أحبك. حفظك الله لي ولأولادنا يا رفيقتي دربي. زوجتي الغالية أنتي شمس مضيئة تنير لي دربي في هذه الحياة. زوجتي أنيس جنة عموني، ومصدر بصحتي وسعادتي، أحبك ومهما قلب لا يصفه ما بداخلي، وإلى أختي ما في الدنيا أبنائي فترة عميني يحيى يونس وأنفال، وريثال ومحمد إيهاب، وإلى باقي أفراد عائلتي الكريمة وكل أقاربي وخاصة إخوتي وأخواتي . إلى كل الأصدقاء. وإلى جميع زملائي العمال، إلى أستاذي الفاضل لونس علي. إلى كل من علمني حرفاً .إلى كل من ساعدني على إنجاز هذا العمل. إلى كل من ساعدني ولو بكلمة طيبة أو بدعاء . إلى كل هؤلاء أهدي ثمرة جسدي والتي إن كانه ناجمة فلم تكن إلا بفضل الله ودعاء الوالدين، اللهم اهني والدتي.

شكر وتقدير

قال الله تعالى " لئن شكرتم لأزيدنكم"

وقال كذلك "وما توفيقي إلا بالله"

أشكر الله سبحانه وتعالى على توفيقه لإتمام هذا العمل المتواضع .كما أتقدم بالشكر الجزيل إلى كل من قدم لي يد العون وأخص بالذكر .الأستاذ المشرف لونس علي الذي لم يدخر جهدا بتوجيهاته ونصائحه .كما أخص شكري إلى الأستاذة المساعدة على الإشراف بودهان عائشة . كما يسرني أن أتقدم بالشكر الجزيل إلى الدكتور عطية سالم بجامعة قاصدي مرباح ورقلة لقبوله المشاركة في مناقشة هذه الأطروحة .كما أتقدم بالشكر الجزيل إلى الأستاذ الدكتور بلعالم محمد عبد القادر بجامعة تمنراست لقبوله المشاركة في مناقشة هذه الأطروحة. كما أتقدم بالشكر الجزيل إلى الدكتور الأستاذ الباحث ميهوب عادل لقبوله المشاركة في مناقشة هذه الأطروحة .كما اشكر الأستاذ زنجري لويذة لمشاركتها كعضو لجنة مناقشة هذه الأطروحة. كما اشكر عمال مخابر الكيمياء (كلية الرياضيات وعلوم المادة - جامعة ورقلة)، كما أشكر كل من ساعدني من عمال إداريين والطاقم الإداري وأساتذة قسم الكيمياء. وأشكر كل من مديري المؤسسات سوناطراك حوض بركاوي والشركة الوطنية لحفر الآبار بحاسي مسعود وكذا مدير مستشفى العمومي محمد بوضياف. كما أشكر كل من ساعدني خلال إنجاز هذه الأطروحة ولو بكلمة أو بدعاء.

الملخص

يمكن أن يؤدي التلوث بالرذاذ في البيئات الصناعية والحضرية إلى انتقال الجسيمات الدقيقة العالقة والكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض عن طريق الاستنشاق. ركزت هذه الدراسة على قياس وتحليل تراكيز الرذاذ البيولوجي (البكتيريا والفطريات) والرذاذ غير العضوي (المعادن الثقيلة) المحمولة جوا في البيئات الداخلية والخارجية في المناطق الحضرية والصناعية وتحديد مصادر الرذاذ والعوامل المؤثرة عليه. وكان تركيز الرذاذ البيولوجي ضمن الحدود الآمنة، باستثناء المستشفى وشركة الحفر الوطنية بـ 1039 و750 وحدة تشكل مستعمرة/م³، حيث تجاوزت الإرشادات الموصى بها من المعهد الوطني للسلامة والصحة المهنية والمؤتمر الأمريكي لأخصائيي الصحة الصناعية الحكوميين. أما تركيز المعادن الثقيلة كان ضمن المعايير الإرشادية لمنظمة الصحة العالمية والتوجيه الأوروبي باستثناء بعض المواقع التي فاقت فيها تركيز الرصاص والزرنيخ والكاديوم كمحطة الوقود والمستشفى بـ 688 و6.9 و98 نانوغرام/م³. وتعود هذه التغيرات في التركيز الرذاذ الجوي إلى تأثير العوامل البشرية والموقع الجغرافي والمناخ. وشددت الدراسة أيضًا على أهمية إجراء مزيد من الأبحاث حول مسببات أمراض الجهاز التنفسي والحاجة إلى حلول لتقليل التعرض للرذاذ.

كلمات مفتاحية: الرذاذ الجوي، البكتيريا، الفطريات، الرصاص، الكاديوم.

Summary

Aerosol pollution in industrial and urban environments can lead to the transmission of fine suspended particles and pathogenic microorganisms by inhalation. This study focused on the measurement and analysis of airborne concentrations of biological aerosols (bacteria and fungi) and inorganic aerosols (heavy metals) in indoor and outdoor environments of urban and industrial areas, and on the identification of aerosol sources and the factors that affect them. Concentrations of biological aerosols were within safe limits, with the exception of the hospital and the National Drilling Company, at 1,039 and 750 CFU/m³, which exceeded the guidelines recommended by the National Institute for Occupational Safety and Health and the American Conference of Governmental Industrial Hygienists. The concentration of heavy metals was in accordance with the guidelines of the World Health Organization and the European directive, except in some places where the concentration of lead, arsenic and cadmium exceeded, such as the gas station and the hospital, 688 and 6.9 and 98 ng/m³. Changes in aerosol concentration are due to the influence of human factors, geographic location and climate. The study also highlighted the importance of continuing research into the causes of respiratory illnesses and the need to find solutions to reduce exposure to droplets

Keywords: Aerosol, heavy metals, inorganic, urban, industrial

Résumé

La pollution par les aérosols en milieu industriel et urbain peut entraîner la transmission de fines particules en suspension et de micro-organismes pathogènes par inhalation. Cette étude s'est concentrée sur la mesure et l'analyse des concentrations d'aérosols biologiques (bactéries et champignons) et d'aérosols inorganiques (métaux lourds) en suspension dans l'air dans les environnements intérieurs et extérieurs des zones urbaines et industrielles et sur l'identification des sources des aérosols et des facteurs qui les affectent. Les concentrations d'aérosols biologiques se situaient dans les limites de sécurité, à l'exception de l'hôpital et de la National Drilling Company, à 1 039 et 750 CFU/m³, qui dépassaient les lignes directrices recommandées par l'Institut national pour la sécurité et la santé au travail et l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists. La concentration de métaux lourds était conforme aux lignes directrices de l'Organisation mondiale de la santé et de la directive européenne, à l'exception de certains endroits où la concentration de plomb, d'arsenic et de cadmium dépassait, comme la station-service et l'hôpital, de 688 et 6,9 et 98 ng/m³. Les changements dans la concentration des aérosols sont dus à l'influence de facteurs humains, de la situation géographique et du climat. L'étude a également souligné l'importance de poursuivre les recherches sur les causes des maladies respiratoires et la nécessité de trouver des solutions pour réduire l'exposition aux gouttelettes.

Mots clés : Aerosol, métaux lourds, inorganique, urbain, industrie

المحتوى Contents

i.....	الإهداء
ii.....	شكر وتقدير
iii.....	الملخص
iv.....	الجداول
v.....	الأشكال
vi.....	المختصرات
vii.....	مقدمة عامة

الجزء الأول: عموميات حول التلوث الرذاذ الجوي

1.....	I. 1- مقدمة
2.....	I. 2- مكونات وتركيبه الغلاف الجوي
2.....	I. 1.2- طبقة الغلاف السفلى التروبوسفير
3.....	I. 2.2- طبقة الستراتوسفير
3.....	I. 3.2- طبقة الميزوسفير
3.....	I. 4.2- طبقة الثيرموسفير
4.....	I. 5.2- طبقة الإكزوسفير
4.....	I. 3- التلوث
4.....	I. 4- أشكال التلوث
4.....	I. 1.4- تلوث التربة
4.....	I. 2.4- تلوث المياه
5.....	I. 3.4- تلوث الهواء
5.....	I. 5- المصادر الرئيسية للتلوث
5.....	I. 1.5- مصادر طبيعية
6.....	I. 2.5- مصادر بشرية
6.....	I. 6- أنواع الملوثات
6.....	I. 1.6- الملوثات الأولية
6.....	I. 1.1.6- ملوثات غازية

6	..... I 2.1.6-ملوثات جسيمية
7	..... I 2.6- الملوثات الثانوية
7	..... I 7-الرداذ الجوي
8	..... I 8- مصادر الرداذ
8	..... I 1.8- الرداذ الطبيعي
8	..... I 1.1.8- أصل بركاني
9	..... I 2.1.8- أصل بحري
9	..... I 3.1.8- أصل معدني (قشري)
10	..... I 4.1.8- أصل حيوي
12	..... I 5.1.8-حرق الكتلة الحيوية
13	..... I 2.8- الرداذ من أصل بشري
13	..... I 1.2.8-جزيئات السناج أو السخام الكربوني
13	..... I 2.2.8-جزيئات الكربون العضوية
13	..... I 3.2.8- حرائق الغابات
14	..... I 9-أنواع الرداذ (الرداذ الجوي)
14	..... I 1.9- الرداذ الأولي (الرداذ الجوي الأولي)
14	..... I 2. 9- الرداذ الثانوي (الرداذ الجوي الثانوي)
14	..... I 10- تصنيف الرداذ (الرداذ الجوي) حسب التركيب الكيميائي
14	..... I 1.10- الرداذ العضوي
15	..... I 1.1.10- الألكانات
15	..... I 2.1.10-الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات
16	..... I 3.1.10- هوبانويد
16	..... I 3.1.10- الأحماض الكربوكسيلية
16	..... I 4.1.10- السكريات الأحادية اللامانية
17	..... I 5.1.10- الفثالات
17	..... I 2.10-الرداذ غير العضوي
17	..... I 1.2.10- الأملاح المعدنية

18	2.2.10. I سيليكات الالومينو/ أكاسيد
18	3.2.10. I المعادن
18	11. I آليات تشكل الرذاذ الجوي
19	1.11. I النواة
20	2.11. I التكتيف
20	3.11. I التخثر
20	12. I الخصائص الإشعاعية
21	1.12. I الانتشار (التشتت)
21	2.12. I الامتصاص
21	13. I التأثيرات الرذاذ الصحية والبيئية
21	1.13. I التأثيرات الصحية
23	2.13. I التأثيرات البيئية
23	1.2.13. I تأثيره على المناخ
24	2.2.13. I تأثيره على النظام البيئية
25	3.2.13. I التأثير على الرؤية
25	14. I طرق إزالة الرذاذ من الغلاف الجوي
25	1.14. I الترسيب الجافة
26	2.14. I الترسيب الرطب
27	15. I اللوائح والمعايير
27	1.15. I اللوائح والمعايير الخاصة بـ PM 2.5 و PM 10
27	1.1.15. I اللوائح الفرنسية والأوروبية
27	2.1.15. I اللوائح الدولية
28	4.1.15. I اللوائح الجزائرية
29	4.1.15. I معايير التعرض المزمّن
29	2.15. I اللوائح وبعض المعايير الخاصة بالمعادن الثقيلة
29	1.2.15. I اللوائح الدولية :
30	2.2.15. I المعيار الأوروبي NF EN 14902

31	..... I 3.2.15- اللوائح الجزائرية
31	..... I 16- توصية بشأن أخذ عينات وتحليل المعادن الخاضعة للرقابة في الهواء
32	..... I 1.16- تنظيف الجهاز
32	..... I 2.16- وضع الجهاز في الميدان
32	..... I 3.16- أنواع المرشحات
33	..... I 4.16- تخزين المرشحات وطرق التحليل
34	..... I 17- الخصائص المناخية لمنطقة الدراسة
35	..... المراجع

الجزء الثاني: الرذاذ البيولوجي

الفصل الأول: أدوات وطرق تحليل

48	..... II 1- مواقع أخذ عينات الرذاذ البيولوجي.
51	..... II 2- طرق أخذ العينات الرذاذ البيولوجي
51	..... II 1.2- الطريقة النشطة
51	..... II 1.1.2- طريقة الارتظام
51	..... II 2.1.2- طريقة الانحشار
52	..... II 3- الأجهزة والأدوات
54	..... II 4- المواد الكيميائية المستخدمة
55	..... II 5- تحضير المحاليل وسائط الاستنبات
55	..... II 1.5- تحضير حمض الهيدروكلوريك HCL بتركيز 1 نظامي
55	..... II 2.5- تحضير المحلول منظم لملاح الفوسفات
56	..... II 3.5- تحضير وسط الاستنبات PCA و PDA
57	..... II 6- برتوكول أخذ عينات الرذاذ الحيوي
57	..... II 1.6- فترة ومدة أخذ العينات
57	..... II 2.6- طريقة تغيير المرشح
57	..... II 3.6- كيفية اخذ العينات وقراءة النتائج

الفصل الثاني: النتائج والمناقشة

62	.....III- المقدمة
62	.....III-1- تفسير ومناقشة نتائج الرذاذ البيولوجي
64	.....III-1.2- تفسير نتائج طريقة الارتطام
66	.....III-2.2- تفسير النتائج طريقة الانحشار
68	.....III-3.2- مناقشة النتائج
70	.....III-3- تحديد مصادر البكتيريا والفطريات
71	.....III-1.3- مصادر البكتيريا
72	.....III-2.3- مصادر الفطرية
73	.....الخاتمة

الجزء الثالث: الرذاذ غير العضوي

الفصل الثالث: أدوات وطرق التحليل

81	.....IV-مقدمة
82	.....IV-1- مواقع أخذ عينات الهواء
84	.....IV-2- طرق أخذ العينات الرذاذ
84	.....IV-1.2- الطريقة السلبية
84	.....IV-2.2- الطريقة النشطة
84	.....IV-3- كيفية اختيار جهاز أخذ العينات
84	.....IV-1.3- أخذ العينات بحجم كبير
85	.....IV-2.3- أخذ العينات بحجم منخفض
85	.....IV-4- الأجهزة والأدوات
87	.....IV-5- وضعيات رأس أخذ العينات C.A.TH.I.A.:
87	.....IV-6- المواد الكيميائية المستخدمة
88	.....IV-7- تحضير الماء الملكي
88	.....IV-8- بروتوكول أخذ عينات الرذاذ غير العضوي (المعادن الثقيلة)
88	.....IV-1.8- اختيار التدفق والفاصل الزمني لتغيير المرشح
89	.....IV-2.8- طريقة تغيير المرشح
89	.....IV-3.8- كيفية اخذ العينات الرذاذ

90	..... معالجة المخبرية للعينات 9. IV
91	..... مخطط عام طرق أخذ العينات والتحليل للرذاذ غير العضوي 10. IV
92	..... المراجع

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

94	..... مقدمة V
95	..... 1. V - تفسير ومناقشة نتائج الرذاذ غير العضوي
95	..... 1. V - النتائج :
96	..... 2. V - تفسير النتائج
96	..... 1.2. V - معدن كوبالت (Co)
97	..... 2.2. V - معدن كاديوم (Cd)
98	..... 3.2. V - معدن الرصاص Pb
99	..... 4.2. V - معدن الكروم Cr
100	..... 5.2. V - معدن الزئبق Hg
101	..... 6.2. V - معدن الزرنيخ As
102	..... 6.2. V - معدن الحديد Fe
102	..... 7.2. V - الجسيمات الدقيقة العالقة
103	..... 8.2. V - تأثير الرياح على تركيز المعادن والجسيمات الدقيقة العالقة
103	..... 3. V - مناقشة النتائج
105	..... 4. V - الخاتمة
109	..... المراجع

الخاتمة العامة

116 خاتمة
-----	-------------

قائمة الجداول

- الجدول (1-I): الغازات المكونة للهواء. 3
- الجدول (2-I): توصيات منظمة الصحة العالمية بشأن جزيئات PM10 و PM2.5 28
- الجدول (4-I) القيم الحدية لبعض المعادن السامة في الهواء حسب منظمة الصحة العالمية والتوجيه الأوروبي. 30
- الجدول 1: برنامج درجة الحرارة الحدية (الإرشادية) تمعدن المعادن عند استعمال الميكروويف وحمam الموجات الصوتية 34
- الجدول (1-II): يوضح إحداثيات مواقع وزمن أخذ عينات الهواء في منطقة ورقلة، الجزائر. 50
- الجدول (2-II): الأجهزة والأدوات المستخدمة في عملية أخذ العينات ومعالجتها 52
- الجدول (3-II): المواد المستعملة في عملية الأخذ العينات والاستخلاص والتنقية. 54
- الجدول (1-III): مستويات تركيز البكتيريا والفطريات المحمولة جوا في الهواء الداخلي والخارجي لبيئات صناعية وحضرية في منطقة ورقلة. 63
- الجدول (2-III): تحديد مصادر البكتيريا والفطريات المحمولة جوا في الهواء الداخلي والخارجي لبيئات صناعية وحضرية في منطقة ورقلة. 64
- الجدول (1-IV): يوضح إحداثيات مواقع وزمن أخذ عينات الهواء في منطقة ورقلة، الجزائر. 83
- الجدول (2-IV): الأجهزة والأدوات المستخدمة في عملية أخذ العينات ومعالجتها 85
- الجدول (3-IV): المواد المستعملة في عملية الأخذ العينات والاستخلاص والتنقية. 87
- الجدول (1-V): تركيز المعادن الثقيلة والجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء الداخلي والخارجي لمناطق صناعية وحضرية في منطقة ورقلة الجزائر. 95
- الجدول (2-V): يوضح نتائج دراسات سابقة اعلى تركيزات المعادن الثقيلة في الهواء لمناطق حضرية وصناعية 105

قائمة الأشكال

- الشكل (1-I): التمثيل العمودي لطبقات الغلاف الجوي..... 2
- الشكل (2-I): مصادر الرذاذ على سطح الأرض..... 8
- الشكل (3-I): تمثيل تخطيطي لآلية انبعاث الغبار الصحراوي..... 9
- الشكل (4-I): اهم مصادر الرذاذ الحيوي (الهباء البيولوجي) من أصل طبيعي..... 11
- الشكل (5-I): يوضح الفرق بين لون دخان احتراق كتلة حيوية ولون السحب البيضاء..... 12
- الشكل (6-I): التركيب الجزيئي لـ الهوبان ونوروهوبان..... 16
- الشكل (7-I): آليات تكوين الرذاذ الجوي..... 19
- الشكل (8-I): تمثيل تخطيطي للتأثير الإشعاعي المباشر للرذاذ الجوي..... 20
- الشكل (9-I): رسم تخطيطي للجهاز التنفسي البشري..... 22
- الشكل (10-I): رسم تخطيطي يوضح الآليات الإشعاعية المختلفة المرتبطة بالرذاذ الجوي..... 24
- الشكل (11-I): توضح تأثير الرذاذ على الرؤية عندما تكون تركيزات الرذاذ الجوي العالية..... 25
- الشكل (12-I): دورة الرذاذ في الغلاف الجوي..... 26
- الشكل (1-II): مواقع وأماكن أخذ عينات الرذاذ في منطقة ورقلة، الجزائر..... 49
- الشكل (6-II): عملية تحضير المحلول المنظم..... 56
- الشكل (6-II): كيفية تحضير وسط الاستنبات PCA وPDA..... 56
- الشكل (8-II): يوضح حالة وسط الاستنبات والغشاء قبل وبعد اخذ العينات وحضانها..... 58
- الشكل (10-II): رسم تخطيطي عام لطرق أخذ ومعالجة عينات الرذاذ البيولوجي..... 59
- الشكل (1-III): يوضح التركيز البكتيريا والفطريات المحمولة جواً في الهواء بطريقة الارتظام..... 65
- الشكل (2-III): يوضح التركيز البكتيريا والفطريات المحمولة جواً في الهواء بطريقة الانحشار..... 67
- الشكل (3-III): يوضح قيم النسبة $O/I=r$ لتحديد المصادر البكتيرية المحمولة جواً..... 70
- الشكل (4-III): يوضح قيم النسبة $O/I=r$ لتحديد المصادر الفطريات المحمولة جواً..... 71
- الشكل (1-IV): مواقع وأماكن أخذ عينات الرذاذ غير العضوي في منطقة ورقلة، الجزائر..... 82
- الشكل (2-IV): وضعيات وطرق مرور الهواء في رأس أخذ العينات C.A.TH.I.A..... 87
- الشكل (7-IV): طريقة تحضير الماء الملكي..... 88
- الشكل (9-IV): رسم بياني يمثل كيفية أخذ العينات الرذاذ غير عضوي..... 88

- الشكل (10-IV): يوضح حالة الغشاء (المرشح) قبل وبعد أخذ العينات. 89
- الشكل (10-IV): رسم تخطيطي عام لطرق أخذ ومعالجة عينات الرذاذ غير العضوي..... 91
- الشكل (1-V): يوضح مستويات الكوبالت Co في الهواء الداخلي والخارجي..... 96
- الشكل (2-V): يوضح مستويات الكاديوم Cd في الهواء الداخلي والخارجي..... 97
- الشكل (3-V): يوضح مستويات الرصاص Pb في الهواء الداخلي والخارجي..... 98
- الشكل (4-V): يوضح مستويات الكروم Cr في الهواء الداخلي والخارجي 99
- الشكل (6-V): يوضح مستويات الزئبق Hg في الهواء الداخلي والخارجي 100
- الشكل (5-V): يوضح مستويات الزرنيخ As في الهواء الداخلي والخارجي 101
- الشكل (7-V): يوضح مستويات الحديد Fe في الهواء الداخلي والخارجي 102
- الشكل (8-V): يوضح مستويات الجسيمات الدقيقة العالقة TSP في الهواء 102
- الشكل (9-V): يمثل تأثير الرياح على تركيز المعادن والجسيمات الدقيقة العالقة..... 103

قائمة المختصرات

WHO: منظمة الصحة العالمية.

US-EPA: وكالة حماية البيئة الامريكية

IPCC: الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ

CFCs: مركبات الكلوروفلوروكربون

NaCl: كلوريد الصوديوم

DNA: الحمض النووي الريبوزي منزوع الأوكسجين

RNA: الحمض النووي الريبوزي

BC: الكربون الأسود

SIA: الرذاذ غير العضوي الثانوي

SOA: الرذاذ العضوي الثانوي

OA: الرذاذ العضوي

IOA: الرذاذ غير العضوي

PHAs: الهيدروكربونات العطرية المتعددة الحلقات

PVC: بولي كلوريد الفاينيل

PET: البولي ايتلين

PM₁₀: الجسيمات يبلغ قطرها أقل من 10 ميكرومتر

PM_{2.5}: الجسيمات يبلغ قطرها أقل من 2.5 ميكرومتر

EC: المفوضية الاوروبية

EUCAARI: المشروع الأوروبي المتكامل بشأن المناخ والسحاب الرذاذي وجودة الهواء

DP: قطر الجسيمات

LCSQA: المخبر المركزي لمراقبة جودة الهواء

AASQA: الجمعية المعتمدة لمراقبة جودة الهواء

GF-AAS: مطياف الامتصاص الذري بفرن الجرافيت

GC-MS: جهاز كروماتوغرافيا الغاز- مطياف الكتلة

ICP-MS: جهاز قياس الطيف الكتلي للبلازما المقترنة حديثاً

T : درجة الحرارة

RH : نسبة الرطوبة

V : سرعة الرياح

SI: مخبر المراقبة والقياس بالشركة الوطنية سوناطراك

SO : الفناء الخارجي للمحطة بالشركة الوطنية سوناطراك

EI : محطة معالجة مياه الشرب في قاعدة الحياة لشركة الوطنية لحفر الآبار

EO: الفناء الخارجي للمحطة بالشركة الوطنية لحفر الآبار

HI : قاعة الانتظار بمصلحة الوقاية والعلاج لمرضى السرطان في المستشفى

HO : الفناء الخارجي للمستشفى

LI: غرفة المعيشة بالمنزل

LO : فناء المنزل

FI : متجر بيع الإكسسوار للسيارات بمحطة الوقود

FO: محطة التزود بالوقود مصطفىاوي

HM_S : المعادن الثقيلة

CFU: وحدة تشكل المستعمرة

ACGIH: المؤتمر الأمريكي للحكومي لعلماء الصحة الصناعية

NIOSH: المعهد الوطني للسلامة والصحة المهنية

DE: التوجيه الأوروبي

I: الهواء الداخلي

O: الهواء الخارجي أو الطلق

مقدمة عامة

مقدمة عامة

عرف التلوث بأنه مجموعة من التأثيرات المباشرة وغير المباشرة التي تسبب تغييرًا سلبيًا في البيئة. وقد يكون التلوث على شكل مادة (صلبة أو سائلة أو غازية) أو على شكل طاقة (مثل التلوث الإشعاعي أو الحرارة أو الضوضاء) هي إما مواد / طاقات دخيلة أو ملوثات متوفرة بشكل طبيعي أو ناتجة عن الأنشطة البشرية. على الرغم من أن التلوث البيئي يمكن أن يكون ناتجًا عن حوادث طبيعية مثل الفيضان أو الانفجار البركاني [1, 2]. يُصنف التلوث غالبًا إما من تلوث من مصدر ثابت أو ثابت. في عام 2015 قتل التلوث 9 ملايين شخص في جميع أنحاء العالم. [3, 4]

ولكن يجب أن نعلم أن التلوث ليس ظاهرة جديدة. في الواقع، كان التلوث مشكلة منذ ظهور أسلافنا الأوائل. لقد فتح تزايد عدد السكان الباب أمام المزيد من البكتيريا والأمراض. خلال العصور الوسطى، انتشرت أمراض مثل الكوليرا وحمى التيفوئيد والطاعون في جميع أنحاء أوروبا. وارتبطت هذه الأوبئة بشكل مباشر بالظروف غير الصحية الناجمة عن النفايات البشرية والحيوانية، كما حدث في جائحة الطاعون الدبلي التي ضربت إنجلترا في يونيو 1348، والتي سببتها بكتيريا اليرسينيا الطاعونية، ولم يُستخدم مصطلح «الموت الأسود» حتى أواخر القرن السابع عشر بدأ الناس يدركون أن الظروف المعيشية غير الصحية وتلوث المياه ساهمت في انتشار الأمراض الوبائية. حيث انتشر الطاعون عن طريق الفئران المصابة والبراغيث الناقلة لهذا الوباء، وتسبب هذه المرة في وفاة حوالي 40 إلى 60% من السكان. وقد دفع هذا الوعي الجديد المدن الكبرى إلى اتخاذ تدابير للسيطرة على النفايات والقمامة. كان تحسين الظروف الصحية وتقليل الأمراض من العوامل المهمة في جعل المدن أماكن أكثر صحة للعيش وساعد في تشجيع الناس على الانتقال إلى المناطق الحضرية. [5, 6]

ومع ظهور الثورة الصناعية وازدياد الكثافة السكانية في المدن مع نهاية القرن التاسع عشر، ظهر التلوث في جميع أنحاء أوروبا والولايات المتحدة بأنها تعاني من نوع جديد من التلوث الناتجة عن مخلفات الصناعية، وله عدة أشكال: تلوث الهواء وتلوث الماء، تلوث التربة. تعد المعادن الثقيلة مثلًا ككلاسيكيًا للملوثات الموجودة في التربة والغبار، ولكن يجب علينا أيضًا أن نعرف أن العديد من العناصر المعدنية ضرورية للحياة، مع التركيز الأمثل. النيكل ملوث للنباتات، لكنه ضروري بكميات ضئيلة لبعض الحيوانات. يشارك الكوبالت في فيتامين ب 12، والحديد في الهيموجلوبين ولكن الزيادة يمكن أن تشكل خطورة على القلب، والزنك في نمو الأعضاء الجنسية الذكرية، والنحاس في تكوين خلايا الدم ... [2]

يعد تلوث الهواء أيضًا أحد الأسباب الرئيسية للمشاكل الصحية لدى البشر، خاصة في حالة التعرض لفترات طويلة، ويرتبط بارتفاع معدل الإصابة بالأمراض، خاصة في المناطق الحضرية. حسب

إحصائيات 2020 عن منظمة الصحة العالمية WHO، أنه في كل عام تحدث حوالي سبعة ملايين حالة وفاة مبكرة في جميع أنحاء العالم بسبب تلوث الهواء. [7]

ومن هذا المنطلق أجرينا دراسة ميدانية في منطقة ورقلة. وتمتاز منطقته الدراسة بانها شريان الجزائر اقتصاديا لكثرة الشركات والآبار البترولية. إلا أن حجم التلوث بالانبعاثات الغازية والجسيمية وظهور الكثير من الآثار البيئية والصحية في المنطقة دفعنا إلى معرفة الأسباب ومحاولة التقليل من الآثار الناجمة عن هذا الإشكال. وكان هدفنا تحديد ملوثات الرذاذ الجوي بشقيه الرذاذ غير العضوي والرذاذ البيولوجي في الهواء نوعياً وكمياً للحصول على معلومات عن المصادر الرئيسية للتلوث به "إن وجدت". تتكون هذه الرسالة من ثلاث أجزاء.

- يحتوي الجزء الأول (عموميات عن التلوث بالرذاذ الجوي) على بعض المعلومات العامة عن التلوث بالرذاذ ومصادره وتكويناته وتصنيفاته وتأثيراتها على الصحة والبيئة والمعايير واللوائح الدولية والوطنية والخصائص المناخية لمنطقة الدراسة.

- الجزء الثاني يحتوي على فصلين:

● الفصل الأول (الطرق والأدوات) مواقع وطرق أخذ العينات والأجهزة والمواد الكيميائية المستخدمة: أساليب الأخذ ومعالجة والتحليل الملوثات الرذاذ البيولوجي في الهواء.

● الفصل الثاني عرض النتائج ومناقشة الرذاذ البيولوجي الرذاذ الجوي في الهواء

- الجزء الثالث يشمل فصلين:

● الفصل الثالث (الطرق والأدوات) مواقع وطرق أخذ العينات والأجهزة والمواد الكيميائية المستخدمة، أساليب الأخذ ومعالجة والتحليل الملوثات الرذاذ غير العضوي (المعادن الثقيلة) في الهواء.

● الفصل الرابع عرض النتائج ومناقشة الرذاذ غير العضوي (المعادن الثقيلة) في الهواء.

● وفي الأخير خاتمة عن عملنا البحثي.

المراجع reference

- [1] C. Bliefert and R. Perraud, *Chimie de l'environnement: air, eau, sols, déchets*. De Boeck Supérieur, 2007.
- [2] C. Ngô and A. Régent, "Déchets et pollution," *Edt Dunod, Paris*. 152p, 2004.
- [3] L. Beil, "Pollution killed 9 million people in 2015," *Sci. org. Retrieved*, vol. 1, 2017.
- [4] D. Carrington, "Arctic stronghold of world's seeds flooded after permafrost melts," *Guard.*, vol. 19, p. 2017, 2017.
- [5] J. R. Davis, *Problems with the traditional view of the Black Death: Is the rat the only villain?* Southeastern Louisiana University, 2000.
- [6] R. Jedwab, N. D. Johnson, and M. Koyama, "Negative shocks and mass persecutions: evidence from the Black Death," *J. Econ. Growth*, vol. 24, no. 4, pp. 345–395, 2019.
- [7] F. Pini, G. Piras, D. A. Garcia, and P. Di Girolamo, "Impact of the different vehicle fleets on PM10 pollution: Comparison between the ten most populous Italian metropolitan cities for the year 2018," *Sci. Total Environ.*, vol. 773, p. 145524, 2021.

الجزء الأول:

عموميات حول التلوث بالرذاذ الجوي

I. 1- مقدمة

أن الهواء والتلوث الهوائي من أهم فروع الكيمياء البيئية، ويعتبر التلوث الظاهرة التي استحوذت على قدر كبير من الاهتمام من حكومات العالم منذ النصف الثاني من القرن العشرين. تعد مشكلة التلوث من أكثر المشاكل البيئية إلحاحًا التي بدأت تأخذ أبعادًا بيئية واقتصادية واجتماعية خطيرة، خاصة بعد الثورة الصناعية في أوروبا والتوسع الصناعي الهائل المدعوم بالتقنية الحديثة. بعد أن اتخذت الصناعات مؤخرًا اتجاهات خطيرة، مثل التنوع الكبير وظهور بعض الصناعات المعقدة، ويشكل الهواء والماء والتربة أهم عناصر البيئة تأثيرًا على الأحياء، وفي بعض الأحيان يؤدي لارتباط الهواء وتلوثه بكل من تلوث التربة والماء وذلك بسقوط الجسيمات والدقائق الهوائية على التربة أو الماء أو على كليهما في نفس الوقت، ويؤدي تلوثهما إلى تدهور المحيط الحيوي والقضاء على النظام البيئي العالمي. وبذلك أصبح التلوث من أكثر المشاكل البيئية انتشارًا وخطورة.

وإذا كان الغلاف الجوي في المقام الأول عبارة عن خليط غازي، فهو أيضًا وعاء لكميات هائلة من المواد الصلبة، حيث يحتوي على العديد من جسيمات الغبار العالقة في الهواء وقطيرات الماء وبلورات ثلجية على شكل سحب، والتي يقدر إجمالي تدفق انبعاثها السنوي بما يتراوح بين 3 و10 مليارات طن [1, 2]. تم العثور على هذه المواد الصلبة في الغلاف الجوي في شكل جزيئات دقيقة، تسمى عادة الرذاذ أو الهباء الجوي، والتي تنبعث في الغلاف الجوي إما عن طريق مصادر الطبيعية مثل تآكل التربة بفعل الرياح، ورذاذ المحيطات، والانفجارات البركانية ومختلف الحطام (النباتات، انهيارات، وما إلى ذلك)، أو عن طريق مصادر بشرية مرتبطة بشكل أساسي باحترق المشتقات البترولية والكتلة الحيوية. وتنبعث جزيئات الرذاذ في الغلاف الجوي مباشرة في صورة صلبة أو سائلة ما يعرف بالرذاذ الأولي أو في صورة رذاذ ثانوي فيتشكل من تفاعلات كيميائية وضوئية كيميائية تجري بين الغازات الموجودة فيه أو بوساطة تخثر الجسيمات الصغيرة على بعضها البعض [2]، والذي ينتقل بسرعة إلى المرحلة الجسيمية، عن طريق آليات وهي وضع النواة، والتكثيف والتخثر على جسيم موجود مسبقًا. [3]

2. I مكونات وتركيب الغلاف الجوي Components and Composition of the Atmosphere

يتكون الغلاف الجوي من عدة طبقات، الشكل (1-I) يوضح اهم طبقات الغلاف الجوي:



الشكل (1-I): التمثيل العمودي لطبقات الغلاف الجوي. (المصدر: www.economicstars.com)

1.2. I طبقة الغلاف السفلى التروبوسفير Troposphere

وهي طبقة الغلاف الجوي الملاصقة لسطح الأرض، ويتراوح مداها بين (0 – 12) كم فوق سطح الأرض، وهي الطبقة التي نعيش فيها. وتضم هذه الطبقة 75% من مجمل الغلاف الجوي، وتتم فيها معظم التغيرات الجوية والأمطار والثلوج، وتتكون من خليط من الغازات أهمها النتروجين والاكسجين والجنول (1-I) يوضح مكونات الطبقة في حالتها الطبيعية. [4]

الجدول (1-I): الغازات المكونة للهواء.

الحجم %	الرمز	المكونات الغازية
78.08	N ₂	النيتروجين
20.94	O ₂	الأكسجين
0.93	Ar	الارجون
0.03	CO ₂	ثاني أكسيد الكربون
0.0018	Ne	النيون
0.0005	He	الهليوم
0.00002-0.0	O ₃	الأوزون
0.00005	H ₂	الهيدروجين

I 2.2- طبقة الستراتوسفير Stratosphere

يتراوح مداها بين (16- 50) كم فوق سطح الأرض، فيها تطير الطائرات وإليها تصل بالونات الرصد الجوي، يجري فيها الهواء بتيارات سريعة بشكلٍ مواز للأرض. وتكون كمية الرطوبة قليلة جداً، لذلك فإن السحب نادرة أيضاً. كما تتميز بثبات درجة الحرارة تقريباً. وتسمى طبقة الأوزون. وينشا الأوزون من الأكسجين بفعل الأشعة فوق البنفسجية التي تصل من الشمس والتي تحدث تفاعلات كيميائية إذ يتحول الأكسجين الجزيئي إلى أكسجين ذري بفعل الطاقة الشمسية. [4]

I 3.2- طبقة الميزوسفير Mesosphere

تراوح مداها بين (40 – 80) كم فوق سطح الأرض. لا تحتوي هذه الطبقة على بخار الماء ولكنها تحتوي على الأوزون. الهواء فيها خفيف مما يتسبب في إنعدام القدرة على التنفس، ومكوناتها الغازية شديدة التخلخل وخفيفة (الهيدروجين والهليوم). وفيها تشتعل الشهب. كما يمكن ملاحظة هبوب رياح في غاية العنف.

I 4.2- طبقة الثيرموسفير Thermosphere

يتراوح مداها بين (80 – 640) كم على سطح الأرض. وفيها تدور محطة الفضاء الدولية حول الأرض، كما تطير مكايك الفضاء فيها، ويحدث فيها الشفق. يتميز هواء في هذه الطبقة بأنه خفيف جداً، ويختلف التركيب الكيميائي للهواء في هذه الطبقة عن بقية الطبقات المكونة للغلاف الجوي، الغازات في هذه

الطبقة تكون في حالتها الذرية، وتحتوي بشكل رئيسي على ذرات الهيدروجين وذرات الهليوم. وتخلو من الأوزون وبخار الماء.[4]

I 5.2- طبقة الإكزوسفير Exosphere

يتراوح مداها حوالي (640-10000) كم على سطح الأرض وتعد هذه الطبقة غلاف خارجي حيث تفصل الفضاء الخارجي عن طبقات الغلاف الجوي. وينعدم فيها هواء التنفس[4].

I 3- التلوث Pollution

يشير مصطلح "التلوث" إلى أي إجراء يؤدي عمداً أو عرضياً إلى إدخال عامل خارجي (تأثيرات مباشرة أو غير مباشرة) على البيئة بشكل طبيعي أو من عمل بشري. [5]

I 4- أشكال التلوث Forms of Pollution

ومن اهم أشكاله:

I 1.4- تلوث التربة Soil Pollution

وهو التدمير الذي يصيب الطبقة الرقيقة من التربة، وأهمها استخدام المبيدات الحشرية المفرطة، وهو ما يقلل من قدرة الكائنات الحية في تحليل المركبات العضوية، بالإضافة إلى النشاط البشري الذي يمكن أن يدمر التربة التي تعتبر مكان لنمو النبات وتنتج الغذاء[6]. من بين أسباب تدهور التربة:

- تؤدي ملوحة التربة والتشبع بالمياه إلى تلف التربة.[7]
- ظاهرة التصحر بانجراف الطبقة السطحية للتربة بفعل السيول أو الإنسان.[8]
- الإفراط في استخدام المبيدات.[7]
- التلوث بالمعادن الثقيلة.[8]

I 2.4- تلوث المياه Water Pollution

أصبح تلوث المياه مشكلة رئيسية في العالم نتيجة زيادة النشاط البشري والحاجة المتزايدة للمواد الخام الأساسية، وتلوث المياه بتلوث المسطحات المائية (مثل البحيرات والأنهار والمحيطات والمياه الجوفية) بفعل الصناعات القائمة حالياً التي معظمها تطل على المسطحات المائية [7]. يؤثر تلوث المياه على النباتات والكائنات الحية التي تعيش في هذه المسطحات المائية؛ ويكون التأثير ضاراً ليس فقط للأنواع الفردية والمجموعات السكانية ولكن أيضاً للمجتمعات البيولوجية الطبيعية [8]. وقد يتلوث الماء بمجموعة متنوعة من

المواد التي لها تأثيرات ضارة مختلفة على جودة المياه. قد تأتي ملوثات المياه من مياه الصرف الصحي، ومن الممارسات الزراعية. [9]

3.4. I - تلوث الهواء Air Pollution

يتلوث الهواء إذا طرأ تغير في تركيبته الطبيعية أو بدخول عناصر غريبة سواء كانت هذه العناصر طبيعية أو كيميائية أو بيولوجية، مثل الغبار والأبخرة والغاز والضباب والرائحة والدخان أو البخار بكميات وخصائص والمدة، مما يضر بالبيئة والإنسان [4, 10]. يختلف الغلاف الجوي الحالي تمامًا عن الغلاف الجوي الطبيعي الذي كان موجودًا قبل الثورة الصناعية من حيث التركيب الكيميائي. فهذا يعني أنه لا يمكن العثور على الهواء النظيف في أي مكان في الغلاف الجوي اليوم [11]، وزادت مشاكل تلوث الهواء بشكل مطرد منذ نهاية الحرب العالمية الثانية. [12]

تعرف وكالة حماية البيئة الأمريكية (EPA) تلوث الهواء على أنه وجود ملوثات أو مواد ملوثة في الهواء تتعارض مع صحة الإنسان أو رفاهيته أو تنتج تأثيرات بيئية ضارة أخرى [13]، ويحدث تلوث الهواء عند مزجه ببعض الملوثات مثل: ثاني أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون...، عدم المركبات، مركبات الكلوروفلوروكربون (CFCs)، والظواهر الطبيعية مثل البراكين والعواصف وغيرها ... [14]

5. I - المصادر الرئيسية للتلوث Sources of Pollution

تلوث الهواء له مصادر عديدة منها ما هو غير طبيعي للإنسان ومنها ما هو صناعي ينشأ من الاستخدام المفرط للمصادر البشرية أو الأنشطة الطبيعية، ويمكن حصر أهم مصادر تلوث الهواء على النحو التالي:

1.5. I - مصادر طبيعية Natural Source

وتنتج من الطبيعة دون تدخل بشري فيها. وهي إما صلبة، سائلة أو غازية، ومن أهم مصادرها:

- البراكين. [15, 16]
- الرياح والعواصف. [16]
- حرائق الغابات الطبيعية الذاتية. [16]
- حبوب لقاح الأشجار والنباتات. [4]

I 2.5. - مصادر بشرية Anthropogenic Sources

يشير تلوث الهواء البشري إلى التلوث الناتج عن الاستخدامات البشرية المختلفة من خلال أنشطته المتنوعة في البيئة التي يعيش فيها، سواء تلك الاستخدامات في التصنيع أو في الحياة اليومية. تتمثل أهم المصادر البشرية لتلوث الهواء فيما يلي:

- النقل: الملوثات المطروحة عوادم وسائط النقل المختلفة التي تستخدم البنزين والديزل والكيروسين. [17]
- الصناعة: الفضلات الغازية والغبار والحرارة والدقائق المتطايرة من مداخن المصانع والمعامل مثل مصنع الإسمنت... [17]

I 6. - أنواع الملوثات Types of pollutants

تُعرّف ملوثات الهواء بأنها ظهور مادة غريبة في شكل جزيئات صلبة أو قطرات غازية أو سائلة في الهواء. يمكن أن يسبب ضرراً للإنسان والبيئة، إما من أصل طبيعي أو بشري. تصنف الملوثات على أنها أولية (غازية وجسيمية) وثانوية.

I 1.6. - الملوثات الأولية Primary Pollutants**I 1.1.6. - ملوثات غازية Gaseous Pollutants :**

وهي الغازات التي تخرج إلى الهواء مباشرة من مصدر التلوث مثل:

- أكاسيد النيتروجين (No و No_2)، أكاسيد الكربون (Co و Co_2). أكاسيد الكبريت (So_2 و So_3). كبريتيد الهيدروجين (H_2S). فلوريد الهيدروجين (HF). هيدروكربون عطري متعدد الحلقات (HAP)... [4]

I 2.1.6. - ملوثات جسيمية Particulate Pollution

وهي عبارة عن جزيئات سواء كانت صلبة أو سائلة منتشرة في الهواء. تشمل الدقائق الكبيرة الرمل والرماد المتطاير والغبار، بينما تشمل الدقائق الصغيرة الدخان والضباب والرداذ أو الرذاذ الجوي (Aerosol). تشكل الجزيئات مجموعة واسعة من ملوثات الهواء وتعلق في الهواء، وتتنوع في الأشكال والتركيب الكيميائي والتأثيرات السامة أو الصحية، فضلاً عن حركتها وبقائها في الهواء. فضلاً عن العمق الذي تدخله في الجهاز التنفسي يعتمد على قطر الدقيقة المعلقة. [4]

يمكن تصنيف الجسيمات حسب حجمها إلى الآتي:

- الجسيمات المتساقطة **Settling Particulates** هي تلك الجسيمات التي يتجاوز قطرها 10 ميكرومتر حيث تعود إلى الأرض بتأثير الجاذبية بعد إطلاقها من مصدرها. [4]

- الجسيمات العالقة الكلية **Total Suspended Particulates** يتراوح قطرها من 0.1 إلى 10 ميكرومتر وتبقى معلقة في الهواء لفترة طويلة بسبب الظروف المناخية في ترسيبها. [4]
- الجسيمات العالقة الدقيقة **Fine Suspended Particulates** وهي الجسيمات صغيرة جدًا وقطرها أقل من 0.1 ميكرومتر، ويصعب ترسيبها ولها حركة عشوائية يمكن تجميعها معًا لزيادة حجمها أكثر من 1 ميكرومتر مثل الأيروسولات. [4]
- يمكن تصنيف هذه الجسيمات حسب طبيعتها على النحو التالي:
- **جزيئات الغبار Dust Particles**: هي مواد دقيقة وصلبة وغالبًا ما تكون خاملة كيميائيًا. [4]
- **جزيئات السناج أو السخام Soot Particles**: وهي عبارة عن تجمع ذرات الكربون المنبعثة من احتراق الوقود والمواد العضوية. [4]
- **جزيئات الرماد Ash Particles**: الجسيمات التي يتم إطلاقها مع غاز المداخن والتي قد تحمل معها احتراقًا غير كامل للوقود. [4]
- **جزيئات الأبخرة Fume Particles**: وينتج عن طريق التكثيف أو التفاعلات الكيميائية ويقل قطرها غالبًا عن 1 ميكرومتر. [4]
- **جزيئات الضباب Mist Particles**: ويتكون من سوائل عالقة في الهواء ولا يتجاوز قطرها 2 ميكرومتر. [4]
- **جسيمات الرداذ Aerosols** وهي عبارة دقائق صلبة أو السائلة متناهية الصغر لا تتراكم أبدًا، يتراوح قطرها غالبًا أقل من 1 ميكرومتر. [4]

2.6. I الملوثات الثانوية Secondary Pollutant

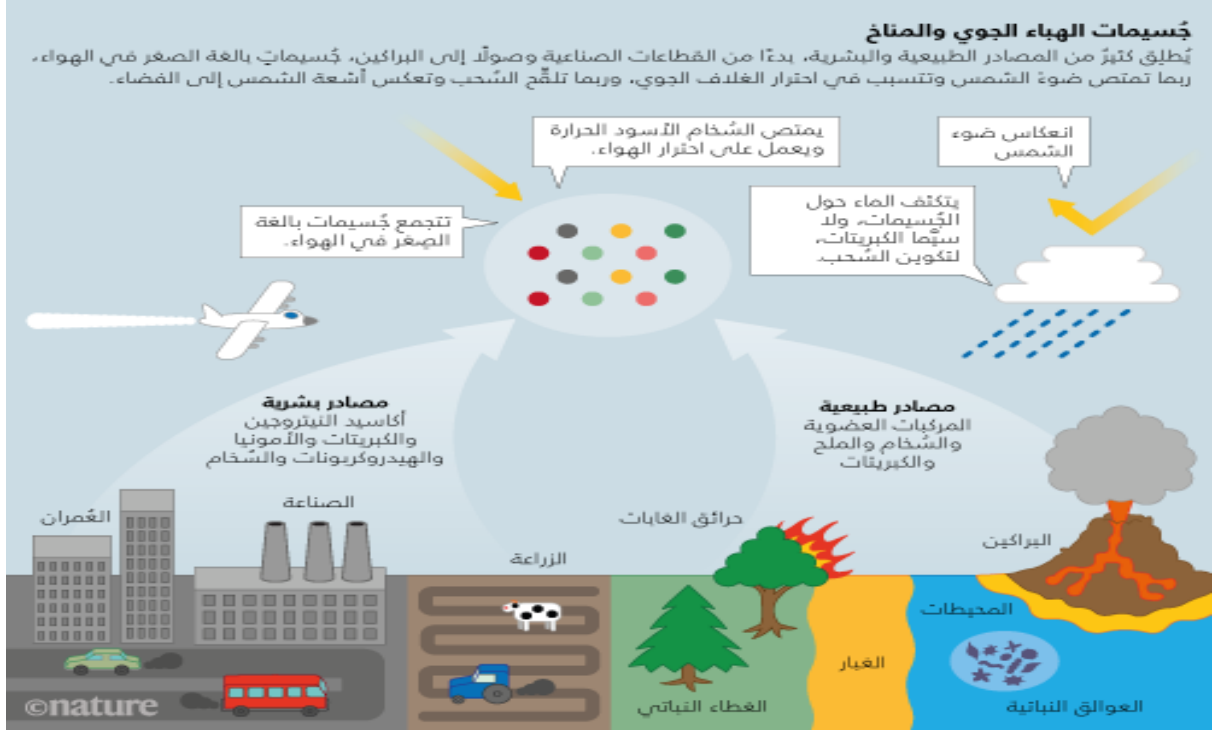
يقصد بالملوثات ثانوية تلك الملوثات التي تنتج عن وجود ملوثات أولية في الهواء حيث لا تنبعث مباشرة بل تتشكل في الغلاف الجوي من خلال تفاعلات كيميائية بين الملوثات الأولية في الهواء ومع وجود الأكسجين والنتروجين وبخار الماء وأشعة الشمس وغيرها مكونة ملوثات أخرى. مثل الأوزون (O₃) يعتبر من الملوثات الثانوية بسبب ارتفاع معدل إنتاجها في الغلاف الجوي. [4]

7. I الرداذ الجوي Aerosol

الرداذ أو الهباء الجوي (الايروسولات) هي عبارة عن الجسيمات صلبة أو السائلة المعلقة في الهواء. وعادة ما يكون الرداذ الجوي ثابتًا لبضع ثوانٍ على الأقل، وفي بعض الحالات قد يستمر لمدة عام أو أكثر. يشمل مصطلح الرداذ الجوي كلا من الجسيمات والغازات المعلقة. والتي عادة ما يتراوح حجمها حوالي 0.002 إلى أكثر من 100 ميكرومتر. [18]

8. I- مصادر الرذاذ Aerosol Sources

يتكون أو يتشكل الرذاذ الجوي في الغلاف الجوي من مصادر طبيعية وبشرية مختلفة. والشكل (2-I) يوضح اهم المصادر.



الشكل (2-I): مصادر الرذاذ على سطح الأرض (المصدر: www.arabicedition.nature.com)

1.8. I- الرذاذ الطبيعي Natural Aerosols

1.1.8. I- أصل بركاني Volcanic Origin

يمكن لبراكين أن تنبعث منها جزيئات صلبة من الصخور والمعادن خاصة أثناء ثورانها. وهذه الجسيمات لها نطاق حجم يمكن أن يتراوح من ميكرومتر إلى بضعة ملليمترات وتسمى بالرماد البركاني. يميل الرماد البركاني بحجمه إلى التساقط بسرعة كبيرة حول البركان. ومع ذلك يمكن نقلها على مدى عدة مئات أو حتى عدة آلاف من الكيلومترات. بالإضافة إلى النقل الأفقي، يمكن أيضًا نقل بعض هذا الرماد البركاني إلى طبقة الستراتوسفير أثناء الانفجارات الأكثر عنفًا. تقديرات كميات الرماد البركاني معقدة، كما هو الحال بالنسبة للتنبؤ بالانفجارات البركانية التي تعتبر، علاوة على ذلك، نادرة جدًا. ومع ذلك من وجهة نظر مناخية، فإن الرماد البركاني مهم للغاية ويمكن أن يكون له تأثير تبريد على الغلاف الجوي يمكن أن يستمر لعدة سنوات عندما يصل إلى طبقة الستراتوسفير. كان هذا هو الحال، على سبيل المثال، في أعقاب ثوران بركان بيناتوبو،

الواقع في أرخبيل الفلبين، في عام 1991 والذي تسبب في انخفاض بنحو 0.5 درجة مئوية على سطح الأرض خلال عام 1992. [19, 20]

I. 2.1.8- أصل بحري Marine Origin

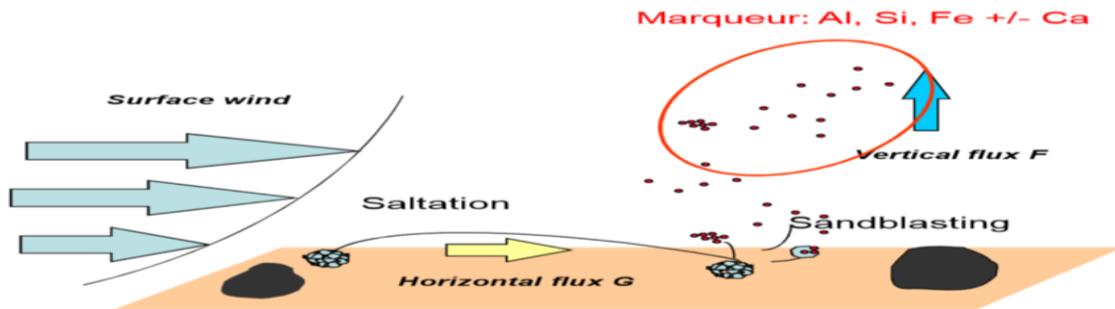
ينبعث الرداذ الجوي البحري في الغلاف الجوي وفقاً لآليتين رئيسيتين:

- الآلية الأولى: تنبعث أملاح البحر من تأثير الرياح على سطح البحار والمحيطات. حيث تتشكل الأمواج وكسرها يعني تكوين فقاعات في الماء. ومع صعودها إلى السطح، تنفجر هذه الفقاعات، مطلقة قطرات صغيرة في الغلاف الجوي. هذه القطرات الصغيرة من المياه المالحة هي التي تشكل الهباء البحري. [21, 22]

- الآلية الثانية: تحدث عندما تكون الرياح أكبر من 10 م/ث، وتكون سرعة الرياح كافية لسحب القطرات الصغيرة مباشرة من سطح الأمواج. تنبعث أملاح البحر بحوالي 6×10^9 طن في السنة [22]. وتتكون أملاح البحر بشكل أساسي من كلوريد الصوديوم (NaCl)، ولكنها تحتوي أيضاً على الكبريتات والنترات والأمونيوم والمركبات العضوية. [23]

I. 3.1.8- أصل معدني (قشري) Mineral Origin (Crustal)

ينبعث الغبار المعدني من العديد من الأماكن على الأرض، لكن غالبية هذا الغبار يأتي من الصحاري. تحت تأثير الرياح، موضحة في الشكل (3-I). تنبعث جزيئات الغبار وفقاً لعملية ألحت والتآكل سطح الأرض بفعل قوة الرياح. عندما تتجاوز هذه القوة حداً معيناً، يتم رفع حبيبات الرمل لمسافة صغيرة نسبياً. عندما تسقط حبيبات الرمل، فإنها تصطدم بحبوب أخرى من الرمل على الأرض ويتم إطلاق الجزيئات الدقيقة، وهي التي يتم نقلها في الغلاف الجوي لتشكل رذاذ الغبار الصحراوي. وهي ظاهرة الترميل (phenomenon of sandblasting). ينبعث الغبار المعدني بحوالي 1.6×10^9 طن سنوياً [22]. يتكون هذا النوع من الهباء بشكل أساسي من السيليكا (SiO_2) والألومينا (Al_2O_3)، ولكن هناك أيضاً أكاسيد أخرى، بما في ذلك الحديد والمنغنيز والكالسيوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والفوسفور. [21]

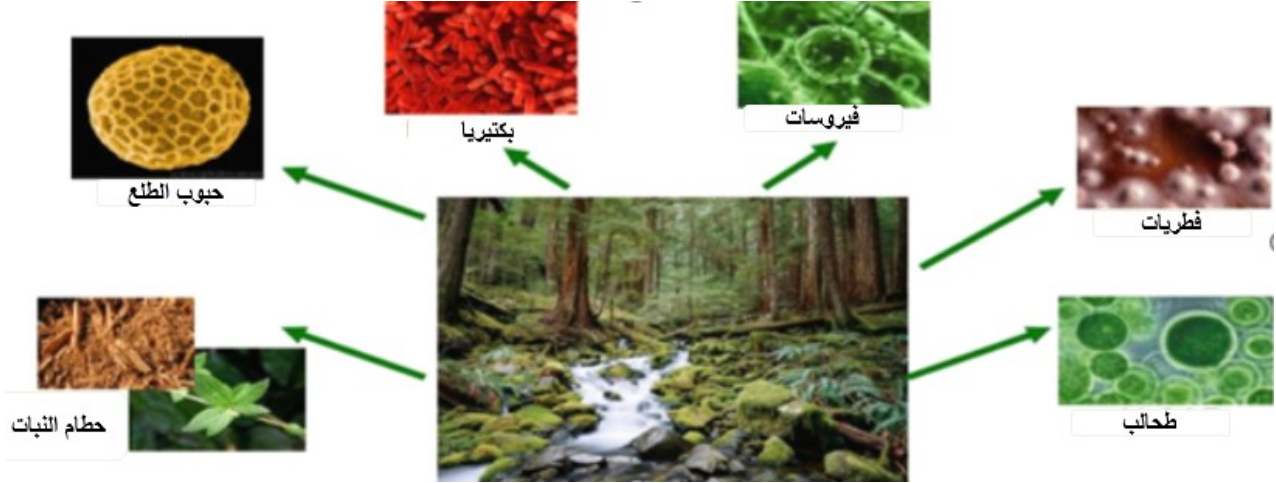


الشكل (3-I): تمثيل تخطيطي لآلية انبعاث الغبار الصحراوي [24].

4.1.8. I- أصل حيوي Biogenic Origin

يُعرّف الرداذ الحيوي بأنه الجزء البيولوجي من الرداذ الجوي. يحتوي على جزيئات من أصل بيولوجي مثل الفيروسات والبكتيريا والفطريات وحبوب اللقاح، وكذلك أجزاء من الحطام النباتات. غالبًا ما يمتد التعريف ليشمل البروتوزوا (*Protozoa*) الكائنات الأولية، والفضلات، وشظايا الحشرات، وقشور الجلد، وشعر الثدييات أو مكونات أخرى، أو بقايا أو منتجات الكائنات الحية، مثل السكريات الدهنية البكتيرية، أي السموم الداخلية أو السموم الفطرية، اعتمادًا على حالتهم، في شكل كائنات حية نشطة أو غير نشطة، ميتة أو الحية. [25, 26]. الشكل (4-I) يوضح اهم مصادر الرداذ الحيوي. يتم استنشاقها من مصادر طبيعية والبشرية. قد تحتوي القطرات الناتجة عن هطول المطر أو الندى على جزيئات بيولوجية تظل محمولة في الهواء بعد تبخر السائل. تعتبر بعض البيئات الصناعية من المصادر الرئيسية للهباء الحيوي، على سبيل المثال: تنتج البيئات الزراعية مستوى عالٍ من الجراثيم الفطرية والشعاعية. يمكن أن تكون فضلات الطيور والقوارض مصدرًا للعوامل الفيروسية والفطرية. يتم رش مجموعة متنوعة من مسببات الأمراض البكتيرية والفيروسية في أماكن الرعاية الصحية. في معظم البيئات الداخلية، يكون المصدر الأساسي للبكتيريا المحمولة جواً هو البشر أو الحيوانات. قد تتطور مصادر الهباء الحيوي المحددة بسبب نمو الميكروبات في المباني، بما في ذلك أنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء وكذلك مواد البناء. والتي تنقلها الرياح لمسافات طويلة أو أكثر. توجد الفيروسات والبكتيريا أيضًا في الغلاف الجوي. تسمى هذه الأنواع المختلفة من الجسيمات بالرداذ الجوي الأولي الحيوي [20]. تعتبر عمليات الحيوية المصدر لهذه الجسيمات، وخاصة حبوب اللقاح، في حالة حبوب اللقاح، من الضروري معرفة نوع النبات ودورة حياته لمعرفة مقدار ومتى يقوم كل نوع بإطلاق جزيئات حبوب اللقاح. [21]

كما يحدد معيار AFNOR XP X 43-244 الرداذ الجوي بأنه تجميع يتكون من وسط غازي يحتوي على جسيمات صلبة و / أو سائلة معلقة في هذا الوسط [27]. يحدد هذا التعريف أيضًا أن الجسيم يعتبر معلقًا إذا فقط إذا لم تتجاوز سرعة سقوطه القصوى 0.25 مترًا في الثانية (القيمة المحددة في الهواء الساكن، عند 20 درجة مئوية وعند ضغط جوي 1013 hPa) [28]. ومن اهم جزيئات الرداذ الحيوي (Bioaerosol Particle) الفيروسات، والبكتيريا، والفطريات، وحبوب اللقاح (الطلع).



الشكل (4-I): اهم مصادر الرذاذ الحيوي (الهباء البيولوجي) من أصل طبيعي.

- **الفيروسات Viruses** تمثل الفيروسات نوعاً فريداً من الكائنات الحية الدقيقة لأنها يمكن أن تتكاثر فقط داخل الخلية المضيفة. وهي أصغر الكائنات الحية الدقيقة، فهي تتكون من نوع واحد فقط من الحمض النووي إما RNA أو DNA. هناك نقص في المعلومات حول حجم وشكل وكثافة الجزيئات الفيروسية المحمولة جواً القادرة وأن الرطوبة العالية تزيد من معدل البقاء على قيد الحياة. [28]
- **البكتيريا Bacteria** هي كائنات دقيقة وحيدة الخلية من مختلف الأشكال (بما في ذلك كروية، على شكل قضيب، حلزوني، وغيرها). توجد في البيئات الهوائية إما كخلايا نباتية أو أبواغ داخلية. قد تنتقل البكتيريا بواسطة جزيئات الرذاذ الجوي الأخرى، مثل بقايا قطرات الماء أو المواد النباتية أو شظايا جلد الحيوانات. تتراوح البكتيريا المحمولة في الهواء من 1 إلى 3 ميكرومتر في القطر الهوائي [29, 30]. تميل البكتيريا إلى النمو في المستعمرات طبيعياً. عندما يتم رشها، يتم جمعها في كثير من الأحيان على شكل مجموعات أو سلاسل أو مرتبطة بمواد أخرى [31]. تسبب البكتيريا الممرضة المحمولة جواً أمراضاً مختلفة في الإنسان والحيوان والنبات. بعض الأنواع، على سبيل المثال: الفطريات الشعاعية، قد تولد جراثيم مرتبطة باستجابات صحية معينة، مثل حساسية الجهاز التنفسي والربو، خاصة الناتجة عن التعرض المهني. [32]
- **الفطريات Fungi** تنتشر الفطريات عن طريق إطلاق الجراثيم التي تتكيف جيداً مع بيئات الهواء المختلفة. إنها تظهر مقاومة عالية للضغط مثل درجات الحرارة العالية والمنخفضة، والرطوبة المنخفضة، والأشعة فوق البنفسجية. تتراوح أحجام الجراثيم الفطرية من 1.5 إلى 30 ميكرومتر، ويمكن أن تتطاير على شكل جراثيم مفردة ولكنها غالباً ما تتكتل [30, 33]. يمكن أن تسبب الرذاذ الجوي الفطري تفاعلات حساسية والربو والتهاب الأنف التحسسي وتأثيرات صحية أخرى. [28]

• **حبوب اللقاح Pollen** يتم إنتاج حبوب اللقاح المحمولة جواً بواسطة النباتات بكميات كبيرة. عادة ما تكون مقاومة للضغوط البيئية. تختلف حبوب اللقاح من نباتات إلى أخرى، مختلفة في الحجم وبنية السطح وبدرجة أقل في الشكل. تتوفر معلومات محدودة حول أقطارها الديناميكية الهوائية، ولكن نطاق الحجم المادي هو حوالي 10-100 ميكرومتر، مع العديد من أنواع حبوب اللقاح التي تتراوح بين 25 و50 ميكرومتر [34]، وهو أكبر بكثير من جزء الحجم القابل للتنفس. ترتبط التأثيرات الصحية للجهاز التنفسي بحبوب اللقاح لأن شظايا حبوب اللقاح الأصغر كثيراً قد تحتوي على مسببات الحساسية [35, 36].

I 5.1.8- حرق الكتلة الحيوية Biomass Burning Aerosols

في علم الأحياء، تشير الكتلة الحيوية إلى المواد التي تنتجها الكائنات الحية، لكننا نعدل التعريف هنا ليعني كل المواد البيولوجية (العضوية) التي تأتي من العالم الحي ويمكن أن تحترق (أي الغطاء النباتي، والخشب الميت، وروث الحيوانات...) مع استبعاد ما يسمى بالوقود الأحفوري (الفحم والغاز والنفط) التي تتكون على فترات زمنية جيولوجية. ينتج عن حرق الكتلة الحيوية رذاذ أولي، الذي ينبعث من الاحتراق غير الكامل للمادة العضوية. تشمل الأيروسولات التي تحرق الكتلة الحيوية الكربون العضوي المرتبط بذررات الهيدروجين والأكسجين، والكربون الأسود، ويمكن رؤية بوضوح الاختلاف بين السحب وأعمدة الدخان موضحة في الشكل (5-I). [20]



الشكل (5-I): يوضح الفرق بين لون دخان احتراق كتلة حيوية ولون السحب البيضاء.

يلاحظ اللون الأزرق لعمود الدخان الذي يتناقض مع اللون الأبيض للسحب. يرجع اللون الأزرق إلى حجم الصغير لرذاذ أو الرذاذ الجوي في عمود الدخان وفعاليته الأكبر في تشتت الإشعاع الشمسي في يوم غائم في جبال الألب. [20]

2.8. I- الرذاذ من أصل بشري Aerosols of Anthropogenic Origin

في حين أن أهم المصادر البشرية للهباء الأولي: حيث يتكون أساسًا من الكربون السناج أو السخام والكربون العضوي أو انبعاث الكربون من احتراق الغابات.

1.2.8. I- جزيئات السناج أو السخام الكربوني (Carbon Soot Particles (BC))

وهي جزيئات مكونة من ذرات كربون فقط. وتسمى أيضًا الكربون الأسود ((Carbon black (BC)) أو الكربون الأولي. يتكون الكربون الأسود أثناء احتراق الوقود الأحفوري أو الكتلة الحيوية. الجسيمات عبارة عن كرات كربون كروية صغيرة، يتراوح حجمها بين 10 و50 نانومتر، والتي تتشبه مع بعضها البعض لتشكل مجاميع من المائة [24, 25]. وتكون جزيئات الكربون الأسود خاملة كيميائياً. لكونه من أصل بشري بشكل أساسي، و تقدر انبعاثات الكربون الأولية بحوالي 7.7 تيرا غرام في السنة.[39]

2.2.8. I- جزيئات الكربون العضوية (Organic carbon particles (OC))

تم تعريفها على أنها جزء من الهباء أو الرذاذ الذي يشتمل على جميع المركبات العضوية [40]. وهذا يعني وجود تنوع كبير في تكوين هذا النوع من الرذاذ الجوي. على عكس الكربون الأولي، يوجد أيضًا جزء ثانوي في الجزء العضوي من الرذاذ الجوي. فيما يتعلق بالجزء الأولي، فإن عمليات الانبعاث هي نفسها من احتراق الوقود الأحفوري والكتلة الحيوية. تقدر الانبعاثات البشرية المنشأ للكربون العضوي الأولي، بنحو 66.1 تيرا غرام في السنة.[39]

3.2.8. I- حرائق الغابات Forest fires

يشير حرق الكتلة الحيوية إلى الحرائق البرية التي يسببها الإنسان، وكذلك الاحتراق من أجل التدفئة. عادة ما ترتبط الجسيمات متناهية الصغر والجسيمات الدقيقة بعمليات الاحتراق بدرجة حرارة عالية [41]، هي أيضا مصدر رئيسي مهم لانبعاثات الجسيمات. يمكن أن تنبعث منها ما يصل إلى 10^{10} طن من الجسيمات سنويًا. كما أنهم يشاركون في التأثير الإشعاعي وإنتاج الأوزون [42]. تعتمد الكمية والتركيب الكيميائي للهباء المنبعث من هذا المصدر على العديد من المتغيرات المميزة للوقود: نوع الخشب وبنيته وتركيبه الكيميائي ورطوبته وسلوكه في النار [43]. تؤثر الأرصاد الجوية والتضاريس أيضًا على انبعاثات حرائق الغابات [44]. مثل أي احتراق للكتلة الحيوية، ويحتوي الرذاذ المنبعث من حرائق الغابات على جزء كبير من الكربون العضوي الأولي 40 إلى 55٪ وفقًا لـ [45]. يتم إثراء الرذاذ الجوي من حرائق الغابات ببعض المعادن (البوتاسيوم والكالسيوم والحديد) وأثر لعناصر معدنية (المنغنيز والتيتانيوم والزنك) والتي قد تأتي من رفع الغبار عن الأرض الذي تخلفه حركات الهواء التي تسببها الحرائق. [46]

9. I- أنواع الرذاذ (الهباء الجوي) Types of aerosols

يتم تكوين الرذاذ الجوي في الغلاف الجوي حسب أصلها إلى أولية وثانوية

1.9. I- الرذاذ الأولي (الرذاذ الجوي الأولي) Primary Aerosols

ينبعث الرذاذ الأولي مباشرة في الغلاف الجوي في صورة صلبة أو سائلة. وهي تلك الملوثات ترتبط انبعاثاتها بشكل أساسي بثلاثة مصادر رئيسية: الإجراءات الميكانيكية التي تؤدي إلى أحت، تآكل أو تعليق الجسيمات: الغبار المعدني (الرمل)، ورذاذ البحر، وما إلى ذلك من احتراق الكتلة الحيوية: الناتج عن النشاط البشري، ومن نشاط طبيعي (براكين، أو حرق الكتلة الحيوية)، جزيئات معلقة من حبوب اللقاح أو الأبواغ. [47]

2. 9.I- الرذاذ الثانوي (الرذاذ الجوي الثانوي) Secondary Aerosols

وهي الجسيمات التي تتشكل في الغلاف الجوي من خلال عمليات فيزيائية. أيضا يمكن أن تتشكل من خلال التفاعلات الكيميائية للغازات إلى جسيمات [48]، ويمكن أن تتشكل في الغلاف الجوي من السلائف الغازية (تحويل الجسيمات الغازية) بسبب عملية تكوينها، ويتم الفصل بين الرذاذ الجوي الثانوي وسلائفها أو مشتقاتها الغازية وفقاً لتركيزات المكونات المختلفة ولكن أيضاً وفقاً لدرجة الحرارة والرطوبة المحيطة. ويمكن التمييز بين فئتين رئيسيتين من الرذاذ الجوي الثانوي. [21, 34]

- **الرذاذ الثانوي غير العضوي (Inorganic secondary aerosols SIA)** ويتشكل بشكل أساسي من النترات والكبريتات والأمونيوم. ومن سلائفها أو مشتقاتها هي على التوالي حامض النيتريك وحامض الكبريتيك والأمونيا. [21]

- **وتتكون الفئة الثانية من الرذاذ الثانوي العضوي (Organic secondary aerosols SOA)** ويتشكل من التحلل الكيميائي الضوئي للمركبات العضوية المتطايرة مثل رذاذ الكربون العضوي من أصل أولي، وتتكون من مجموعة متنوعة من العديد من المركبات العضوية المتطايرة الموجودة. [21]

10. I - تصنيف الرذاذ (الهباء الجوي) حسب التركيب الكيميائي**Classification of Aerosols according to chemical composition**

وتصنف حسب طبيعتها الكيميائية إلى ما يلي:

1.10. I- الرذاذ العضوي (OA) Organic Aerosol

وهي من الملوثات العضوية الأكثر شيوعاً والموجودة في الهواء منها الهيدروكربونات: الألكان، الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات (HAP)، الفثالات، الهوبان... [49]، تنبعث إلى حد كبير من جميع

أنواع الاحتراق، كاحتراق الكتلة الحيوية والوقود الأحفوري. فإن تأثيراتها الكيميائية المحددة بالتركيزات النسبية حسب كل مركب. [50]

I. 1.1.10. الألكانات Alkanes

الألكانات الخطية (n-alkanes) وصيغتها العامة (C_nH_{2n+2}) والألكانات الأكثر دراسة في الهباء أو الرذاذ التي تحتوي على 10 إلى 40 كربون. وهي موجودة في نوعين من الرذاذ الجوي:

- تنبعث من الاحتراق غير الكامل للوقود الأحفوري مثل الزيوت ومواد التشحيم. [51]
- ولكن أيضًا في الرذاذ الجوي الحيوي تنبعث من نباتات والتعليق المباشر لحبوب اللقاح والكائنات الدقيقة والحشرات [2, 37]. تركيبها الكيميائي يحدد مصادر الانبعاث وبالتالي توفر معلومات عن أصولها. [38, 39]

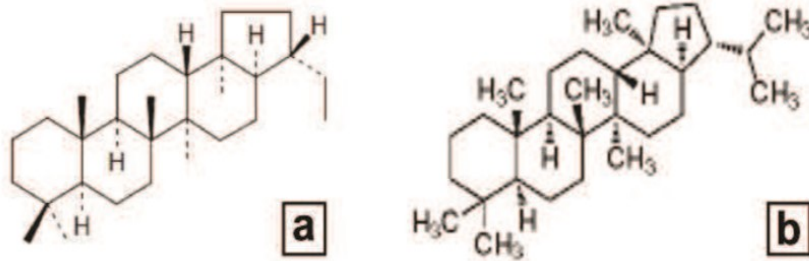
I. 2.1.10. الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات (Polycyclic aromatic PAHs hydrocarbons)

تتكون من ذرات كربون وهيدروجين تشكل حلقات عطرية مكثفة. لقد تمت دراستها على نطاق واسع لعقود من الزمن بسبب طبيعتها السامة والمسرطنة، مع استمرارها في البيئة وقدرتها على التراكم في السلسلة الغذائية [55, 56]. تتشكل أثناء الاحتراق غير الكامل للمواد العضوية بما في ذلك الوقود الأحفوري والكتلة الحيوية. تنبعث بشكل طبيعي من حرائق الغابات والانفجارات البركانية [57]، وتنتج عن طريق التخليق الحيوي من النباتات والبكتيريا [58]. لكن المصادر الرئيسية للهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات هي من أصل بشري [50, 59]. تم تصنيف 16 منها كأولويات من قبل وكالة حماية البيئة الأمريكية (US-EPA) بسبب آثارها المقلقة على الصحة. يختلف التركيز الكلي للهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات في الغلاف الجوي في الهواء على حسب الموقع المدروس والموسم [60]. تختلف قابلية ذوبان الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات في الماء وفقًا لكتلتها الجزيئية وبنيتها: فهي منخفضة جدًا باستثناء النفتالين. يعتمد التوزيع بين المرحلة الغازية والمرحلة الجسيمية على ضغط بخار التشبع ولكن أيضًا على درجة الحرارة والرطوبة وكمية المادة العضوية الممتصة على الجسيمات، بالإضافة إلى القطر الديناميكي الهوائي للجسيمات. ومع ذلك، بشكل عام، توجد الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات ذات الحلقتين العطريتين، مثل النفتالين، حصريًا في طور الغازي، أما الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات ذات الحلقات الثلاث والأربع مثل الفينانثرين أو الكريزين (phénanthrène ou le chrysène) فهي شبه متطايرة وتوزع بين المرحلتين والأثقل. الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات ذات الحلقات الخمس والست مثل benzo (ghi) perylene

موجودة في مرحلة الجسيمات عندما تكون في الطور الجسيمي، فإن الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات ومشتقاتها المنتجة والأكسجين موجودة في الجزء الدقيق من الرذاذ الجوي [61, 50]

3.1.10. I هوبانويد Hopanes

هي عبارة عن مركب كيميائي طبيعي من هيدروكربونات ترايتيربين (triterpene) تنتجها البكتيريا [62]. أيضا هي وفيرة في الفحم وزيوت النفط الخام، ومخسبة بزيوت التشحيم [63]، نظراً لوجودها الحصري في هذا النوع من الوقود، فهي تنبعث مباشرة من عوادم السيارات [64]، واحتراق الفحم [62]، ويتواجد الهوبانويد في المرحلة الجسيمية للرذاذ (الرذاذ الجوي) في تركيبين جزيئين كما هو موضح في الشكل (6-I). ويعتبر الهوبانويد مستقرة في الغلاف الجوي ولكن في الآونة الأخيرة، سلط الضوء على احتمال تدهور كيميائي ضوئي للهبنات [65]، ولم يتم بعد تحديد معدل التدهور وظروفه.



الشكل (6-I): التركيب الجزيئي لـ الهوبان ونوروهوبان [50]

17 α (H),21 β (H)-Norhopane (a) et du 17 α (H),21 β (H)-Hopane (b).

3.1.10. I الأحماض الكربوكسيلية Carboxylic Acids

يتم ملاحظة الأحماض الكربوكسيلية داخل الرذاذ الجوي على حد سواء أحادي الكربوكسيل وثنائي الكربوكسيل، وحتى الأحماض الكربوكسيلية تنبعث من مصادر طبيعية وبشرية مثل احتراق الكتلة الحيوية أو الوقود الأحفوري أو انبعاثات الطهي [51, 42]. من بين هذه الأحماض، تبرز الأحماض ذات الوزن الجزيئي المنخفض، وتتواجد في كل مكان. وقد تمت ملاحظتها في كل من البيئات الملوثة [54, 53]، وفي الغلاف الجوي وفي الغلاف الجوي البحري [55, 50]. هذه المركبات محبة للماء وقابلة للذوبان للغاية في الماء، بسبب وزنها الجزيئي المنخفض ووجود مجموعات وظيفية قطبية في تركيبها الكيميائي. نظراً لتقاربها القوي مع الماء، فإن لها دوراً نشطاً في تفاعلات الرذاذ الجوي والسحب [57, 56]، وتساقط الرذاذ الجوي وتشكيل الضباب [71]. وهي أيضاً منتجات أكسدة للعديد من المركبات العضوية المتطايرة [73, 72]، بالنسبة للأثقل، يكون ضغط بخار التشبع لديهم منخفضاً وبالتالي فهي موجودة في المرحلة الجسيمية للهباء الجوي [74]

4.1.10. I السكريات الأحادية اللامائية Anhydrous monosaccharides

هو مركب عضوي بهيكل حلقي مكون من ستة جزيئات كربون، ويتكون من الانحلال الحراري للكربوهيدرات، مثل النشاء والسليلوز. نتيجة لذلك، غالبًا ما يستخدم الليفوغلوكوزان ($C_6H_{10}O_5$) Levoglucosan) كمتتبع كيميائي لحرق الكتلة الحيوية في دراسات كيمياء الغلاف الجوي، خاصة فيما يتعلق بالجسيمات المحمولة جواً. السكريات الأحادية اللامائية التي تمت دراستها في كيمياء الغلاف الجوي هي الليفوغلوكوزان. وينبعث بكميات كبيرة أثناء احتراق الكتلة الحيوية: Levoglucosan هو الأكثر وفرة من السكريات الأحادية اللامائية الأخرى. تحتوي السكريات الأحادية اللامائية على ضغط بخار منخفض التشبع ولا توجد إلا في الطور الجسيمي للهباء الجوي في الجو المحيط [62]. إنها نتاج تحلل حراري لسليلوز عند درجات حرارة أعلى من 300 درجة مئوية [49, 62]، وتنبعث من احتراق الكتلة الحيوية وقد تم اعتبارها منذ الثمانينيات كمتتبع للانبعثات الأولية من هذا المصدر للهباء الجوي [76, 77]. و يعتبر Levoglucosan مستقرًا في الغلاف الجوي. [78]

5.1.10. I الفثالات Phthalates

وهي مركبات من أصل اصطناعي تمت دراستها على وجه الخصوص لتأثيراتها الضارة على الصحة. فهي قابلة للتراكم البيولوجي وقابلة للتحلل. تؤدي طبيعتها الكارهة للماء إلى الاستمرار في الحجيرات التي يتم إطلاقها فيها. لقد تم استخدامها لمدة 50 عامًا في العديد من المواد مثل PVC أو PET الأنابيب والمواد اللاصقة والتغليف بما في ذلك الطعام والملابس وما إلى ذلك وكعوامل تثبيت في مستحضرات التجميل (العطور ومزيلات العرق والورنيش والصابون وما إلى ذلك). نظرًا لاستخدامها العالمي، فإن هذه المركبات موجودة في كل مكان في البيئة. تم إثبات امتصاصها لدى البشر من خلال الجهاز الهضمي والرئوي، لكن الامتصاص عبر الجلد يكون محدودًا وأبطأ. نظرًا لوجود هذه المركبات بشكل كبير في المرحلة الغازية للهباء الجوي. فيما يتعلق بثبات الفثالات في الغلاف الجوي [50].

2.10. I - الرذاذ غير العضوي (IOA) Inorganique Aerosol

1.2.10. I - الأملاح المعدنية Mineral salts

ومن أهمها الأملاح المعدنية التي تنبعث مباشرة من سطح الأرض و / أو البحر وتشكل جزيئات الهباء الرذاذ الأولي هي كلوريدات. بينما تنتج الرذاذ الثانوي مثل مركبات الكبريتات والنترات عن طريق التفاعلات الكيميائية في الغلاف الجوي. على سبيل المثال، يمكن أن يكون $CaSO_4$ رذاذًا أوليًا ويتشكل من الجبس الأرضي ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)، وأيضًا هباء ثانوي ناتج عن تحييد كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) بواسطة H_2SO_4 في الغلاف الجوي [79]. يأتي بشكل رئيسي من كلوريد الصوديوم المحيطي (NaCl) الذي يتفاعل مع H_2SO_4 في الغلاف الجوي ما يشكل رذاذ ثانوي مثل كبريتات الصوديوم Na_2SO_4 . [37,68]

I 2.2.10. Aluminosilicate/Oxides سيليكات الالومينو/ أكاسيد

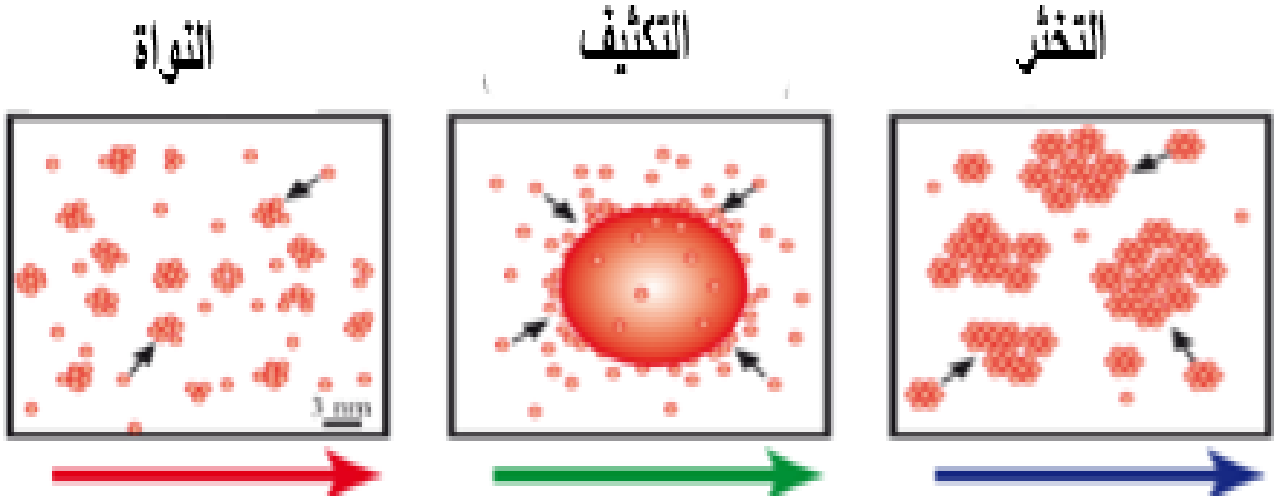
السيليكون والألومنيوم وهما من الأكثر العناصر وفرة في قشرة الأرض [81] ومع ذلك لم يتم مواجهتها أبدًا في الطبيعة في شكلها العنصري. بدلاً من ذلك، تتحد مع الأكسجين وتشكل عددًا كبيرًا من معادن الألومينوسيليكات سيليكات الألومنيوم هي نوع من المواد اللبيفية المصنوعة من أكسيد الألومنيوم وثاني أكسيد السيليكون (تسمى هذه المواد أيضًا ألياف سيليكات الألومنيوم). هذه محاليل صلبة زجاجية وليست مركبات كيميائية. غالبًا ما يتم وصف التركيبات من حيث نسبة وزن الألومينا Al_2O_3 والسيليكا SiO_2 . التي قد تكون لا مائة أو رطبة تزداد مقاومة درجة الحرارة مع زيادة نسبة الألومينا. يمكن العثور على هذه المواد اللبيفية في الصوف أو الورق... الخ. [37, 67, 68]

I 3.2.10. Metaux المعادن

ومن اهم المعادن وأكثرها سمية للبيئة هي الزئبق (Hg)، والكاديوم (Cd)، والرصاص (Pb)، والزنك (Zn)، والنحاس (Cu)، والنيكل (Ni)، والفضة (Ag)، والزرنيخ (As). تنبعث من مصادر متعددة أهمها: أنشطة التعدين، صناعة الصلب، النقل (الرصاص) يوجد في البطاريات والوقود، كمواد مساعدة في عملية الدهن والأصباغ، وكذلك في الأسمدة الفوسفورية يوجد بها الكاديوم. [84].

I 11. آليات تشكل الرداذ Mechanisms of aerosol formation

يلعب الرداذ الجوي دورًا مهمًا في كيمياء الغلاف الجوي. يتم ملاحظة هذه الأنواع في الهواء مثل السحب والدخان والضباب والغبار. يختلف الرداذ الجوي في الخصائص الفيزيائية والكيميائية، والتي تشمل الاختلافات في الحجم والتركيب الكيميائي والخصائص الإشعاعية والعمر الجوي. ينقسم توزيع حجم جسيمات الرداذ الجوي عادةً إلى ثلاثة أوضاع، أي وضع التنوي والتكثيف والتخثر، يتغير الحجم والتركيب الكيميائي للجسيمات في الغلاف الجوي حيث تتفاعل هذه الأنواع مع الجسيمات الأخرى، وكذلك تتغير كيميائيًا وفيزيائيًا [86, 85, 2]، و العمليات الميكانيكية المعنية هي في الأساس عمليات تمزيق وكشط وتآكل مرتبطة بظواهر الرياح أو الاحتكاك أو الاحتراق [49] كما هو معروض في الشكل (7).



الشكل (7-1): آليات تكوين الرذاذ الجوي [87]

1.11. I-التنوي Nucleation

يلعب وضع التنوي دورًا رئيسيًا في تكوين الرذاذ الجوي من خلال كونه الخطوة الأولى في العمليات التي تؤدي إلى تغيير طور المركبات المتطايرة أو شبه المتطايرة الغازية إلى جسيمات، ويتضمن وضع **Aitken**. حيث يتم إنتاج جسيمات وضع **Aitken** بشكل عام عن طريق تكثيف البخار الساخن أثناء عمليات الاحتراق أو تتشكل كجسيمات ثانوية من خلال تحويل الغاز إلى الجسيمات [86]. تتمتع هذه الجسيمات بعمر قصير في الغلاف الجوي وتتخثر عادةً في جزيئات بحجم وضع التراكم. وتتراوح الجسيمات بأقطار من 0.1 ميكرومتر و 0.1 ميكرومتر. وهناك نوعان [2, 88, 89].

- **الانوية المتجانسة (Homogeneous nucleation)** والناتج عن تكثيف الأنواع الغازية منخفضة التطاير إلى تكوين جسيمات جديدة. عندما تكون الجسيمات مشبعة وبعيدة عن أي سطح، فإنها تتطور إلى المرحلة المكثفة، مما يسمح بتكوين جسيم مستقر. إذا لم يتم الوصول إلى هذا، فإن الجسيم الكاذب يتبخر تلقائيًا. يؤدي الرجوع إلى حالة الأولى. [47]

- **الانوية غير المتجانسة (Heterogeneous nucleation)** وينتج عنه تكوين عناقيد الناتجة عن تفاعل الأنواع الغازية مع السطح. في هذا النوع من النواة، يعود إلى آليات السائد في عمليات تثبيت وتوسيع الكتل الناتجة عن التنوي المتجانس [90]، ومن ناحية أخرى، فإن هذه العملية لا تؤدي إلى تشكيل جسيمات جديدة ولكنها تساهم في تطور الجسيمات الموجودة. عندما يكون تركيز الجسيمات عاليًا، تسود عمليات تكوين العناقيد الناتجة عن تنوي غير متجانس. بالإضافة إلى ذلك، تؤدي عملية النواة إلى إنتاج كميات كبيرة جدًا من الجسيمات التي يقل قطرها عن 10 نانومترات. [47]

2.11. I - التكتيف Condensation

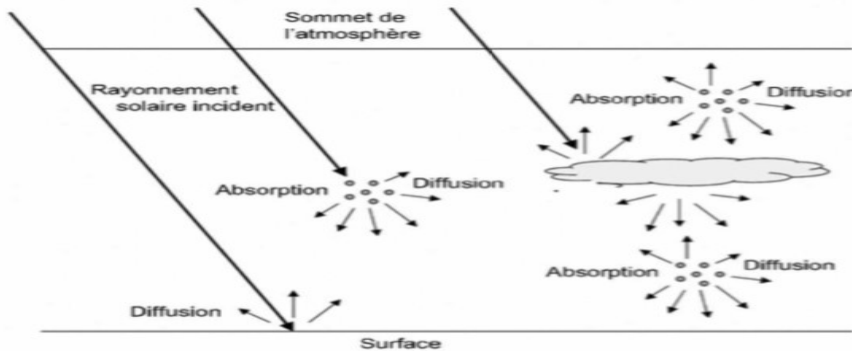
مثل عمليات التنوي غير المتجانسة، للتكتيف تأثير مهم للغاية على استقرار وتطور أجنة الجسيمات الناتجة عن التنوي المتجانس. في الواقع، كلما زاد التكتيف، زاد احتمال بقاء الجسيم الجديد. مما يؤدي إلى زيادة كتلة الجسيمات بشكل كبير دون التأثير على عددها. [47]

3.11. I - التخثر Coagulation

التخثر هو أحد العمليات الفيزيائية الرئيسية التي تحكم سلوك مجموعة من الجسيمات. ينتج عن هذا تكتل الرذاذ الجوي، مما يؤدي إلى زيادة الحجم ولكن قبل كل شيء انخفاض في العدد. تبدأ العمليات المرتبطة بالتخثر بواسطة قوى حرارية أو ديناميكية، والذي تؤثر مجال كهربائي / مغناطيسي. التخثر هو نتيجة الاصطدامات بين الجسيمات الناتجة عن الحركات التي بدأت بالانتشار في التدرجات الحرارية والكهربائية وما إلى ذلك [2]، تعتمد على توزيع حجم الجسيمات أحادية التشتت. ومع ذلك، يبدو أن معامل التخثر يعتمد على عدد الجسيمات وكذلك على قطرها. نتيجة لذلك، يبدو أن التخثر يكون أكثر كفاءة بين الجسيمات الصغيرة والكبيرة منه بين الجسيمات ذات الأحجام المتشابهة. على عكس الأليتين الأخيرتين. [47]

12. I - الخصائص الإشعاعية Radiative properties

يوصف الإشعاع الشمسي بأنه إشعاع كهرومغناطيسي نشط. عند ملامسة الجسيم، يمكن حفظ هذه الطاقة أو إعادة توزيعها وفقاً لعمليات تحدث في الغلاف الجوي هي: التشتت المرين للإشعاع والامتصاص. اعتماداً على حجم الرذاذ (الرذاذ الجوي) وتركيبها الكيميائي، الشكل (I-8) يوضح كيف تساهم الجسيمات في العمليتين.



الشكل (I-8): تمثيل تخطيطي للتأثير الإشعاعي المباشر للرذاذ الجوي. [20]

I. 1.12. Diffusion (التشتت)

يتم توزيع تشتت الضوء بواسطة الجسيمات وفقاً لثلاثة أنظمة مختلفة اعتماداً على حجم الجسيم وطول الموجة، و قطر الجسيمات في طبقة التروبوسفير [88]. يتراوح الإشعاع المعني بين 90 و 750 نانومتر. يتراوح قطر الجسيمات التي تهيم كيميائياً الغلاف الجوي بين 30 نانومتر و 10 ميكرومتر. بالإضافة إلى ذلك يؤثر التركيب الكيميائي للهباء على شدة الانتشار: تتمتع الجزيئات المعدنية بكفاءة أكبر في الانتشار مقارنة بالجزيئات الهباء الكربوني. [2]

I. 2.12. Absorption الامتصاص

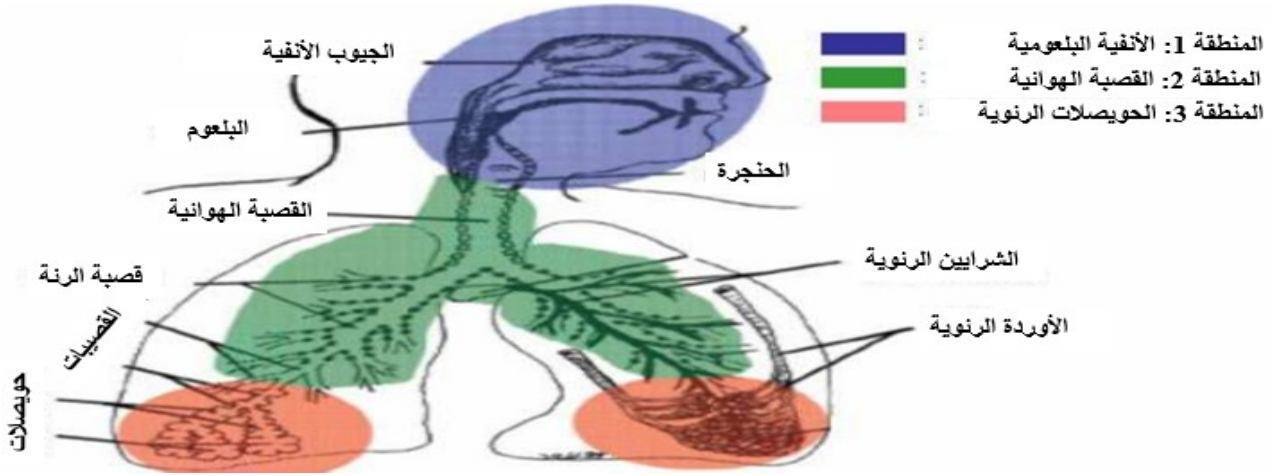
تعتمد قدرة الجسيم على امتصاص الإشعاع الشمسي بشكل أساسي على تركيبته الكيميائية. نتيجة لذلك، سيكون لجسيم الكربوني خصائص ماصة ملحوظة أكثر من الجسيمات المعدنية. في الواقع، سيؤدي وجود "الكربون الأسود" أو الكربون الأولي عالي الامتصاص على الجسيمات إلى امتصاص الضوء، مما يتسبب في ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوي [91]، هذا التغيير في درجة الحرارة له تداعيات على العمليات الفيزيائية والكيميائية التي تحدث هناك، مثل تكوين السحب [92]

I. 13. التأثيرات الرذاذ الصحية والبيئية**Impacts of Aerosols on the Environment and Health****I. 1.13. Impact on Health التأثيرات الصحية**

لعدة عقود، تم الاعتراف بالعلاقة بين معدلات الوفيات البشرية وتركيزات الجسيمات في الغلاف الجوي [55, 50]. ينتج عن السمية التي يسببها الرذاذ الجوي زيادة في أعراض أمراض الجهاز التنفسي، انخفاض سعة الرئة، ظهور التهاب الشعب الهوائية المزمن وأمراض القلب والأوعية الدموية [94]، لا يوجد سوى عدد قليل من الدراسات حول تأثيرات الجزيئات في الشعب الهوائية السفلية لدى البشر [95]. وقد تبين أن ما يصل إلى 87 ٪ هي من انبعاثات الجسيمات مرتبطة بحركة المرور.

فيما يتعلق بالآثار طويلة المدى، أدى ارتفاع معدل حدوث السرطانات في المناطق الحضرية والصناعية إلى الاشتباه في دور تلوث الجسيمات الجوية. لعبت الدراسات السمية دوراً مهماً في فهم الآثار البيولوجية للجسيمات [96, 97]. كان الهدف إلى إيجاد تفسيرات سببية للبيانات الوبائية التي تربط التلوث بالجسيمات الممرضة المسببة للوفيات. إحدى المشكلات التي أثبتت في السنوات الأخيرة هي أن الجسيمات الدقيقة ومتناهية الصغر يمكن أن يكون لها تأثيرات على الأعضاء مثل الجهاز التنفسي والقلب والأوعية

الدموية. لذلك من المهم فهم الآليات المعنية ومعرفة ما إذا كانت هذه الجسيمات قادرة على عبور الحاجز التنفسي للوصول إلى الجسم، مبينة في الشكل (9-I).



الشكل (9-I): رسم تخطيطي للجهاز التنفسي البشري. [98]

يحدد حجم الجسيمات موقع ترسبها في الجهاز التنفسي. تم تحديد هذه الرواسب بشكل تجريبي بواسطة الماسح، بعد استنشاق الرذاذ الجوي الذي ينبعث منه إشعاع γ تم تحديد ثلاث مناطق :

المنطقة 1: الأنفية البلعومية، يتخلص من الجسيمات الكبيرة ($d > 5$ ميكرومتر) تتوقف في هذه

المنطقة. [99]

المنطقة 2: القصبة الهوائية، حيث يكون القضاء على الجسيمات سريعاً (في حوالي 24 ساعة: إزالة

المخاطية الهدبية السريعة)، ولا تمر الجسيمات ذات حجم من 1 إلى 5 ميكرومتر يتخلص منه الجسم في هذه

المنطقة. [99]

المنطقة 3: الحويصلات الرئوية، حيث تكون إزالة البلاعم أبطأ (بضعة أشهر)، بينما الجسيمات الدقيقة

التي هي أقل من 1 ميكرومتر تصل إلى هذه المنطقة وتستمر هناك [99].

اللوائح المطبقة حالياً لمراقبة التلوث بالجسيمات تأخذ في الاعتبار جميع الجسيمات التي يقل قطرها

عن 10 ميكرومتر (PM10) تم تحديد عتبة التوصية والمعلومات الوطنية عند 80 ميكروغرام في متر المكعب

في المتوسط على مدار 24 ساعة. ومع ذلك، من المحتمل أن تخترق الجسيمات الدقيقة (20 نانومتر $d > 2.5$

ميكرومتر) بشكل أعمق في الجهاز التنفسي وهذا هو السبب في أنها تعتبر اليوم السبب الرئيسي للمشاكل

الصحية. تشير التوجيهات الأوروبية إلى عدم تجاوز القيمة المستهدفة البالغة 25 ميكروغرام متر مكعب

كمتوسط سنوي في 1 يناير 2010 (التوجيه رقم EC / 50/2008 بتاريخ 21 مايو 2008) [100]. بالإضافة

إلى ذلك، تستند كل هذه اللوائح إلى تركيزات الكتلة التي تميز الجسيمات الكبيرة بشكل أكثر تحديداً. لذلك

سيكون من الأكثر صرامة فرض تركيزات عديدة لهذه الجسيمات الدقيقة. تتمتع الجسيمات الدقيقة والمتناهية

الصغر بالقدرة على عبور الحاجز التنفسي. أظهرت دراسة أجريت باستخدام 20 نانومتر من جسيمات الكربون النانوية المسمى 99 Technetium انتقالاً سريعاً إلى الدم وتراكمًا كبيراً في الكبد [101]، مع العلم أنه تم أيضاً العثور على تراكم طفيف في القلب وفي الكلى [102].

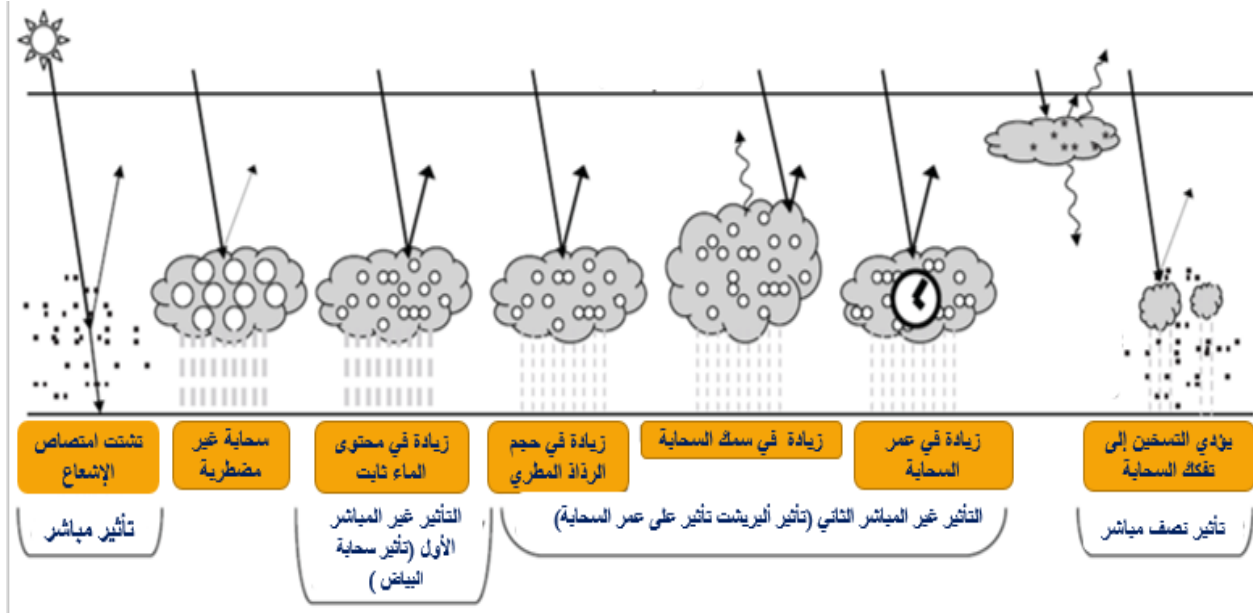
I. 2.13. - التأثيرات البيئية Impacts Environmental

I. 1.2.13. - تأثيرها على المناخ Climate Impacts

يختلف مناخ الأرض على نطاقات زمنية عديدة تتراوح من نطاقات زمنية جيولوجية طويلة جداً، إلى نطاقات زمنية أقصر ناتجة عن عوامل خارجية، مثل البراكين، أو التباين الداخلي للنظام. ولقد أحدث النشاط البشري تعديلاً جذرياً في التركيب الكيميائي للغلاف الجوي، يمكن للمرء أن يذكر ثاني أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النيتروز المسؤولة عن تأثير الاحتباس الحراري. تظهر الأرصاد ارتفاع درجة حرارة الكوكب منذ عصور ما قبل الصناعة التي تضخمت وتسارعت منذ الخمسينيات. لا يمكن تفسير الاحترار المناخ بالعوامل الطبيعية (التغيرات في الشمس، والبراكين، والتباين الطبيعي) وحدها ولكنها تتطلب معرفة العوامل البشرية مسببة الاحتباس الحراري. ويلعب الرذاذ دوراً مهماً في مناخ الأرض، فضلاً عن التوازن الإشعاعي من خلال التأثيرات الإشعاعية المباشرة وغير المباشرة [55-57]. يعرض الشكل (I-10) الآليات الإشعاعية المختلفة المرتبطة بالرذاذ الجوي والسحب المعدلة بالرذاذ الجوي. تشمل التأثيرات المباشرة نشر أو امتصاص الإشعاع الشمسي بواسطة الرذاذ الجوي، والتي تعتمد على تركيبها الكيميائي أو معامل انكسارها [60]. يحدث تأثير التبريد الصافي عندما يتشتت الإشعاع الشمسي، بينما يحدث تأثير الاحترار الصافي عند امتصاص الإشعاع الشمسي. ترتبط التأثيرات غير المباشرة بتأثير الرذاذ الجوي على البياض السحابي. تعمل الرذاذ الجوي كنواة لتكوين الضباب والسحب، والتي يمكن أن تشتت وتمتص الإشعاع الشمسي. وبالتالي يمكن للهباء الجوي أن يغير بياض الغيوم، وتركيز عدد القطرات، وعمر السحب، وكثافة هطول الأمطار. وفقاً لآخر تقرير للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC 2014) (IPCC)، ولا تزال هناك شكوك كبيرة نسبياً مرتبطة بتأثيرات الرذاذ الجوي على التأثير الإشعاعي. ومع ذلك، منذ التقرير الأخير للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ في عام 2014، ارتفع مستوى الفهم العلمي فيما يتعلق بتأثيرات الرذاذ الجوي من خلال عدد من المبادرات الدولية مثل المشروع الأوروبي المتكامل بشأن المناخ والسحاب الرذاذ وجودة الهواء (EUCAARI: European Integrated Project on Aerosol Cloud Climate and Air quality interactions)

إلى استنتاج مفاده أن تغير المناخ الملحوظ في القرن الماضي يرجع إلى حد كبير إلى عوامل بشرية المنشأ. تشكل الرذاذ الجوي جزءاً لا يتجزأ من النظام المناخي وتتفاعل مع الغلاف الجوي والمحيط الحيوي. تتفاعل الرذاذ الجوي بقوة مع دورة المياه. إن غازات الاحتباس الحراري ليست في الواقع المحرك الوحيد من

صنع الإنسان لتغيير المناخ. من المفهوم على نطاق واسع الآن أن الرداذ الجوي البشري المنشأ قد حجت جزءاً بسيطاً من تأثير الاحترار المتوقع من الزيادة في غازات الدفيئة. [20]



الشكل (I-10): رسم تخطيطي يوضح الآليات الإشعاعية المرتبطة بالرداذ الجوي والسحب بالرداذ الجوي. [20]

تمثل النقاط السوداء جزيئات الرداذ الجوي؛ الدوائر حجم النسبي للقطيرات في السحابة. تمثل الخطوط المستقيمة الإشعاع الشمسي الساقط والمنعكس، وتمثل الخطوط المتموجة الإشعاع الأرضي. [107]

I. 2.2.13. تأثيرها على النظم البيئية Impact on Ecosystems

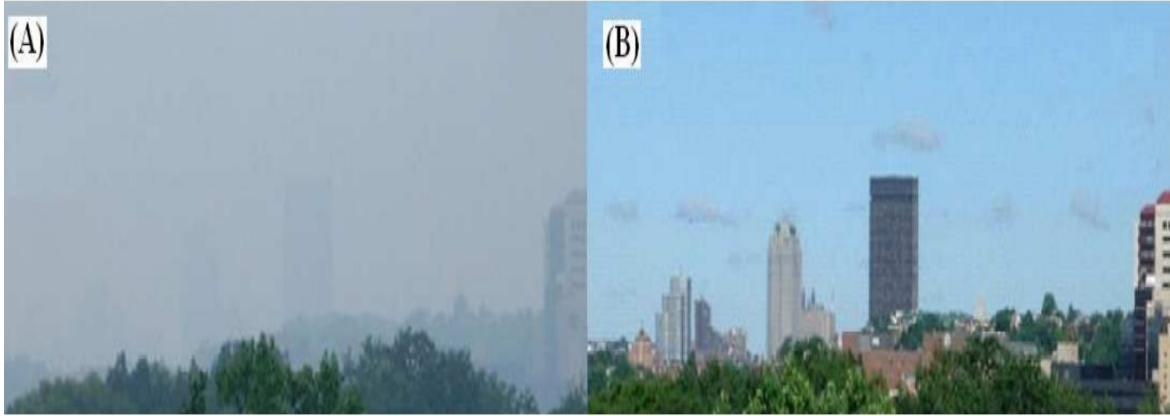
إن تأثيرات الرداذ على الغطاء النباتي تتعلق بجميع أحجام الجسيمات. ويتم التمييز بين التأثيرات المباشرة وغير المباشرة. وتعلق التأثيرات المباشرة بالاتصال المباشر بين الجسيم والنبات. من الضروري بعد ذلك النظر في الترسيب بالترسيب أو بالانحشار أو عن طريق انتشار الجزيئات على الغطاء النباتي. يتعلق الترسيب الجسيمات ذات حجم أكبر. من الضروري بعد ذلك التمييز بين التأثير الفيزيائي والانحشار الكيميائي. سيؤدي التأثير المادي إلى تعديل الخصائص البصرية للأوراق وبالتالي عملية التمثيل الضوئي [108] ، أو حتى إعاقة ثغور أو مسامات الأوراق [109]. تتعلق العملية الكيميائية للانحشار باختراق الجسيم في النبات من خلال الثغور أو المسامات. [110]

أما التأثيرات غير المباشرة تحدث بتعديل خصائص البيئات المحيطة بالنبات بواسطة الجزيئات. هذه الوسائط هي التربة والجو. يرجع التغيير في خصائص التربة بشكل أساسي إلى الترسيب الجاف أو الرطب. تتعلق التأثيرات على الغلاف الجوي بالآثار المباشرة وغير المباشرة الموصوفة أعلاه، والتي تنطوي على تغيير في

تطور الغطاء النباتي عن طريق الحد من الإشعاع الشمسي وأنماط هطول الأمطار. كل هذه التعديلات لها تأثير غير مباشر على تطور الغطاء النباتي ولن يتم النظر فيها إلا على نطاق النظام البيئي. [111]

I. 3.2.13- التأثير على الرؤية Impact on Visibility

يشكل تدهور الرؤية أثناء وجود تركيز عالٍ من جزيئات الغلاف الجوي الأكثر وضوحًا على البيئة. يُنسب بشكل أساسي إلى الرذاذ الجوي البشري المنشأ [112]. الشكل (11-I) يوضح هذه الحقيقة جيدًا لمدينة بيتسبرغ بلدة في ولاية بنسلفانيا، توضح الانخفاض في الرؤية عندما تكون تركيزات الرذاذ الجوي العالية، حيث أظهر العلاقة بين الرؤية وتركيز الجسيمات.. يؤدي تشتت الضوء بواسطة الجسيمات إلى صعوبة تمييز الخلفية (المباني). [40]



الشكل (11-I): توضح تأثير الرذاذ على الرؤية عندما تكون تركيزات الرذاذ الجوي العالية. صورة لمدينة بيتسبرغ بلدة في ولاية بنسلفانيا، و م أ. [113]

I. 14- طرق إزالة الرذاذ من الغلاف الجوي

Methods for removing aerosols from the atmosphere

يوجد نوعان من طرق ترسيب الرذاذ الجوي والشكل (12-I) يوضح دورة الرذاذ الجوي:

I. 1.14- الترسيب الجاف Dry Deposit

تؤدي العمليات الفيزيائية المختلفة إلى ترسيب جاف للهباء اعتمادًا على:

- يعتمد الترسيب بشكل أساسي على حجم الجسيمات حجم الرذاذ الجوي. [47]
- الانحشار يعتمد بشكل أساسي على سرعة الرياح باصطدام الجزيئات مع الغطاء النباتي على سبيل

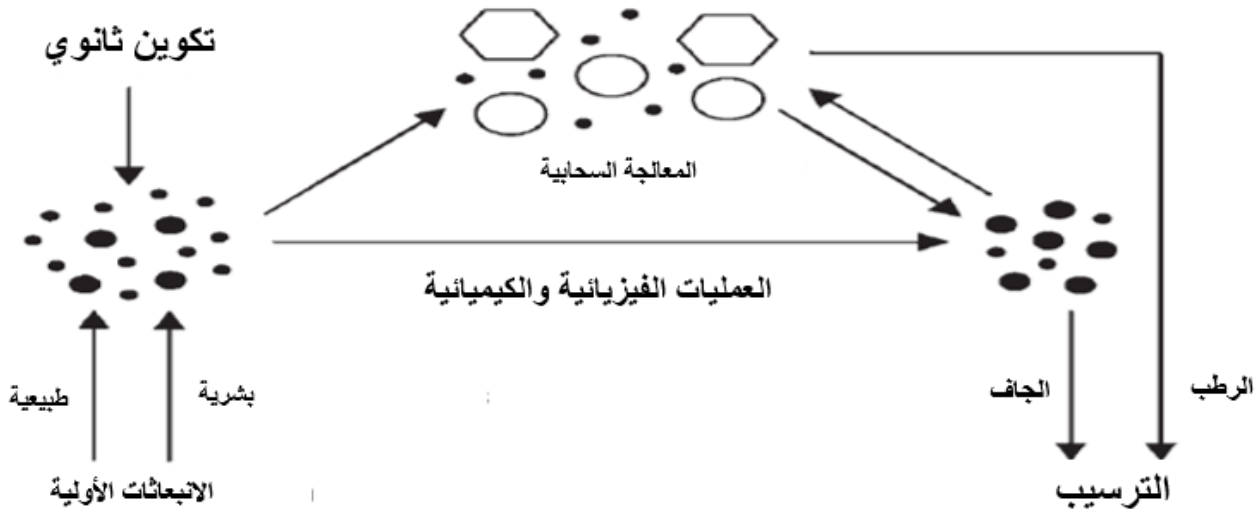
المثال. [47]

- الترسيب للهباء الجوي الأكبر ($D_p > 1$ ميكرومتر) تحت تأثير الجاذبية، وانتشار الرداذ الجوي الصغير أقل من ($D_p < 10$ نانومتر). [47]

I. 2.14- الترسيب الرطب Wet Deposit

يتضمن ترسيب الرداذ الجوي الموجود في الغلاف الجوي. يمكن أن يكتسب الرداذ الجوي طابعًا محببًا للماء أثناء نقلها عن طريق تطور التركيب الكيميائي لسطحها وبالتالي تصبح نوى لتكثيف السحب تتكامل وتندمج داخل السحب: يقال إن هذه الرداذ الجوي نشط. تنمو مع حدوث ظاهرة التكثيف وتشكل قطرات من السحب يمكن ترسيبها في شكل هطول. ومع ذلك، فإن جزءًا كبيرًا من الغيوم لا يترسب ويعاد تبخره، ويعود إلى الرداذ الجوي في الغلاف الجوي الذي يتم تعديل تركيبته الكيميائية من خلال مروره عبر الطور السائل. بالإضافة إلى ذلك، تشكل التكوينات السحابية مكانًا لتعديل كبير جدًا في كيمياء الجسيمات خلال دورات تكثيف وتبخر السحب، مع تفاعلات قوية بين الأنواع الغازية القابلة للذوبان في الماء وقطرات السحب والكيمياء المائية (مقترنة أو لا إلى الكيمياء الضوئية) مما يؤدي إلى تطورات يمكن أن تكون مختلفة تمامًا عن تلك الموجودة في المرحلة غير المتجانسة. يمكن أن تتعلق هذه التفاعلات بأنواع مثل الكبريتات والنترات وسلانفها بالإضافة إلى العديد من الأنواع العضوية. [47]

- اندماج الجسيمات مع السحب عملية الذوبان (solubilization). [47]
- ترشيح الجسيمات عن طريق هطول الأمطار (precipitation). [47]



الشكل (I-12): دورة الرداذ في الغلاف الجوي.

15. I - اللوائح والمعايير Regulations and standards

تعريفات معايير جودة الهواء في المجلد؛

القيمة المستهدفة Target values: مستوى تركيز المواد الملوثة في الغلاف الجوي، يتم تحديده بهدف تجنب أو منع أو تقليل الآثار الضارة على صحة الإنسان أو على البيئة ككل، ويتم تحقيقه، إلى أقصى حد ممكن، في غضون فترة زمنية معينة.

القيمة الحدية limit values: مستوى تركيز المواد الملوثة في الغلاف الجوي يتم تحديده على أساس المعرفة العلمية ولا يجوز تجاوزه لتجنب أو منع أو تقليل الآثار الضارة لهذه المواد على صحة الإنسان أو على البيئة ككل.

عتبة المعلومات والتوصية Information and recommendation threshold: مستوى تركيز المواد الملوثة في الغلاف الجوي الذي يمثل بعده التعرض القصير الأجل خطراً على صحة الإنسان بالنسبة لمجموعات سكانية حساسة بشكل خاص، مما يجعل المعلومات الفورية والكافية ضرورية.

عتبة الإنذار Alarm threshold: مستوى تركيز المواد الملوثة في الغلاف الجوي الذي يمثل بعده التعرض القصير الأجل خطراً على صحة السكان بالكامل أو تدهوراً بيئياً يبرر تدخل تدابير الطوارئ.

1.15. I - اللوائح والمعايير الخاصة بـ PM 10 و PM 2.5**1.1.15. I - اللوائح الفرنسية والأوروبية French and European regulations**

واليوم، تتعلق معايير جودة الهواء الأوروبية والفرنسية المتعلقة بالجسيمات PM 10 و PM 2.5. وبالفعل، فإن المرسوم الفرنسي الصادر في 15 فبراير 2002 يعتبر طريقة الدخان الأسود فقط طريقة مرجعية لقياس الجزيئات، ولم تعد القيم الحدية المتعلقة بالدخان الأسود التي حددتها التوجيهات الأوروبية قابلة للتطبيق منذ 1 يناير 2005. [114]

2.1.15. I - اللوائح الدولية International regulations

تعتبر اللوائح الدولية المتعلقة بالجسيمات الموجودة في الهواء المحيط أكثر صرامة من اللوائح الأوروبية. وبالتالي تحدد الوكالة الأمريكية US-EPA متوسطاً سنوياً لقيمة 15 ميكروجرام/م³ لـ PM2.5. ومن ناحية أخرى، تمت إزالة القيمة السنوية لـ PM10 لأن الدراسات المتاحة لا تثبت وجود صلة بين المشاكل الصحية والتعرض طويل الأمد للجزء الخشن من PM10. بينما توصي منظمة الصحة العالمية بقيمة سنوية تبلغ 20 ميكروجرام/م³ لجسيمات PM10 و 10 ميكروجرام/م³ لجسيمات PM2.5.

تتيح لنا هذه القيم أن نكون أقل من المستويات المتوسطة مما يولد آثارًا كبيرة على الصحة المشار إليها في الأدبيات المتوفرة حاليًا، ويوضح لنا الجدول (2-I) قيم PM 10 و PM 2.5 التي لا ينبغي تجاوزها. [115,116]

الجدول (2-I): توصيات منظمة الصحة العالمية بشأن جزيئات PM10 و PM2.5

مدة التعرض		
24 ساعة	سنة	
50 ميكروغرام/م ³ ألا تتجاوز مدة التعرض أكثر من 3 أيام في السنة	20 ميكروغرام/م ³	جسيمات PM 10
25 ميكروغرام/م ³ ألا تتجاوز مدة التعرض أكثر من 3 أيام في السنة	10 ميكروغرام/م ³	جسيمات PM 2.5

4.1.15. I - اللوائح الجزائرية Algerian reglementation

خصصت الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية الصادرة في 8 ذو الحجة 1426/8 يناير 2006

المواد 03 و 04 و 05 و 06 و 07 و 08 و 09 و 10 لمراقبة جودة الهواء. [117]

المادة 03: تتعلق مراقبة جودة الهواء بالمواد التالية:

- ثاني أكسيد النيتروجين؛
- ثاني أكسيد الكبريت؛
- الأوزون؛

▪ الجسيمات العالقة الدقيقة. [117]

المادة 04: يتولى مراقبة جودة الهواء المرصد الوطني للبيئة والتنمية المستدامة. [117]

ويتم ذلك طبقا للطرق التقنية التي يحددها بقرار من الوزير المكلف بالبيئة. [117]

المادة 05: يتم تحديد أهداف جودة الهواء والقيم الحدية لتلوث الغلاف الجوي على أساس متوسط

سنوي. [117]

المادة 06: تحدد القيم الحدية وأهداف جودة الهواء على النحو التالي:

أ- هدف الجودة أو القيمة المستهدفة: 50 ميكروغرام/م³.

ب- القيمة الحدية: 80 ميكروغرام/م³.

وتتحدث هذا المادة أيضاً عن القيم الحدية للملوثات الأخرى، وهي ثاني أكسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكبريت والأوزون.

المادة 07: - يتم تحديد حدود المعلومات وحدود التنبيه على أساس متوسط الساعة.

المادة 08: عند الوصول إلى حدود المعلومات وعتبات التنبيه المنصوص عليها في المادة أعلاه (المادة 06) أو عند الوصول إلى خطر، يتخذ الولاة المعنيون جميع التدابير الرامية إلى حماية صحة الإنسان والبيئة وكذلك التدابير الرامية إلى تقليل و/أو تقييد الأنشطة الملوثة. [117]

I. 4.1.15. Chronic Exposure Standards معايير التعرض المزمّن

تم تحديد المعايير الأوروبية المتعلقة بمستويات جسيمات PM 10 في الهواء المحيط بموجب التوجيه الأوروبي رقم CE/30/1999 بتاريخ 22 أبريل 1999. وتم نقلها إلى القانون الفرنسي بموجب المرسوم الصادر في 15 فبراير 2002. ويحدد النص تجاوزات الهوامش المطبقة بين عامي 2000 و2005 وهي مبينة في الجدول التالي. [114]

الجدول (3-I): المعايير الفرنسية والأوروبية للجسيمات PM10

فترة التعرض		القيم الحدية لحماية الصحة
24 ساعة	سنة	
50 ميكروغرام/م ³ بحيث لا تتجاوز أكثر من 35 يوماً في السنة	40 ميكروغرام/م ³	
/	30 ميكروغرام/م ³	هدف الجودة الفرنسي

I. 2.15. Regulations and some standards for اللوائح وبعض المعايير الخاصة بالمعادن الثقيلة heavy metals

I. 1.2.15. International regulations اللوائح الدولية

ويعطي الجدول (4-I) قيم الحدية المختلفة لبعض المعادن السامة الموجودة في الهواء حسب منظمة

الصحة العالمية والتوجيه الأوروبي. [116]

الجدول (4-I) القيم الحدية لبعض المعادن السامة في الهواء حسب منظمة الصحة العالمية والتوجيه الأوروبي والمؤتمر الأمريكي الحكومي لعلماء الصحة الصناعية والمعهد الوطني للسلامة والصحة المهنية

القيمة الحدية ب (نانوغرام/م ³)				المعدن
NIOSH	ACGIH	ED	WHO	
		6	/	الزرنيخ (As)
		5	5	كاديوم (Cd)
		/	1000	المنغنيز (Mn)
		20	20	النيكل (Ni)
		900	500	الرصاص (Pb)
		50	1000	الزئبق (Hg)
		50	/	الكروم (Cr)
50000	100000	/	/	كوبالت (Co)

WHO : منظمة الصحة العالمية. ED: التوجيه الأوروبي. ACGIH : المؤتمر الأمريكي الحكومي لعلماء الصحة الصناعية، NIOSH ; المعهد الوطني للسلامة والصحة المهنية

2.2.15. I - المعيار الأوروبي NF EN 14902 European Standard

جودة الهواء المحيط - الطريقة القياسية لقياس الرصاص والكاديوم والزنك والنيكل في جزء PM10 من الجسيمات العالقة. [118]

تنطبق هذه المواصفات القياسية على نطاقات التركيز التالية في الغلاف الجوي:

الرصاص: بين 1 نانوغرام/م³ و4000 نانوغرام/م³،

الكاديوم: بين 0.1 نانوغرام/م³، و50 نانوغرام/م³،

الزرنيخ As: بين 0.5 نانوغرام/م³ و350 نانوغرام/م³،

النيكل: بين 2 نانوغرام/م³ و100 نانوغرام/م³. [118]

I. 3.2.15- اللوائح الجزائرية Algerian reglementation**- القانون 10-03 المؤرخ 2003/07/19**

ويتعلق بحماية البيئة في إطار التنمية المستدامة. تقليص من التلوث. ويجب على الوحدات الصناعية اتخاذ كافة الإجراءات اللازمة لتقليل أو وقف استخدام المواد المسببة لاستنفاد طبقة الأوزون. [118]

- القانون 20-04 المؤرخ 2004/12/25

فيما يتعلق بالوقاية من المخاطر الكبرى وإدارة الكوارث في إطار التنمية المستدامة. وتنص المادة 10 منه على إدارة المخاطر الكبرى، بما في ذلك تلوث الغلاف الجوي، عن طريق أنظمة الوقاية. [119]

- مرسوم تنفيذي عدد 138 لسنة 06 مؤرخ في 2006/04/15

تنظيم انبعاث الغازات والأبخرة والدخان والجسيمات الصلبة والسائلة إلى الغلاف الجوي، والشروط التي تتم في ظلها السيطرة عليها. [117]

ونظراً لوجود أنواع مختلفة من تلوث الغلاف الجوي، هناك أيضاً طرق مختلفة لمراقبتها، وبالتالي فإن اختيار طريقة الرصد سوف يعتمد على نوع التلوث الموجود في المنطقة المراد مراقبتها لتوصيف المكونات المختلفة لهذا التلوث بشكل صحيح ومكوناته. ودرجة التفاوت. [117]

I. 16- توصية بشأن أخذ عينات وتحليل المعادن الخاضعة للمراقبة في الهواء**Recommendation on sampling and analysis of controlled metals in air**

تجدر الإشارة إلى أنه عند قراءة هذا الدليل، وبصرف النظر عن الإشارات الدقيقة للنصوص التنظيمية (التوجيه EC/107/2004، المعيار NF EN 14902)، وما إلى ذلك، فإن التوصيات التالية تأتي من تجربة وأعمال وأبحاث AASQA و Europe LCSQA -IMT Nord من حيث أخذ عينات وتحليل المعادن الخاضعة للتنظيم في الهواء. بالإضافة إلى ذلك، من المهم الإشارة إلى أن معيار NF EN 14902 تم كتابته حصرياً لأخذ عينات وتحليل As و Cd و Ni و Pb في PM10 في الهواء المحيط. وفيما يتعلق بتحليل العناصر المعدنية الأخرى، فقد تمت الإشارة إلى التوصيات في تقرير "مراقبة المعادن" LCSQA المنشور في عام [118].2014

1.16. I - تنظيف الجهاز Cleaning the device

يجب تنظيف رأس أخذ العينات كل ثلاثة أشهر (وهو إجراء منسق لقياس المواد الجزيئية والهيدروكربونات العطرية المتعددة الحلقات والمعادن)، من أجل إزالة الجزيئات الكبيرة المترسبة. توصي LCSQA بالتنظيف بالماء والصابون المعتدل ثم الشطف بالماء منزوع الأيونات والتجفيف بالهواء على سطح نظيف. يجب أيضًا تنظيف دعائم المرشح بعد كل استخدام، بالماء والصابون وشطفها بالماء منزوع المعادن ثم تجفيفها. وبدلاً من ذلك، عادةً ما يكون التنظيف المنتظم بالهواء المضغوط الجاف كافيًا. [118]

2.16. I - وضع الجهاز في الميدان Place the device in the Field

يمكن وضع الأجهزة داخل أو خارج الغرفة. وضعية الجهاز في المناطق المغلقة، يجب ابتعاد عن النوافذ والأبواب. وضع المرشحات على ارتفاع 1.5 متر من سطح الأرض. إن وضع الجهاز داخل الغرفة يسهل التعامل مع المرشحات، قبل وبعد أخذ العينات، ويقلل من المشاكل المتعلقة بسوء الأحوال الجوية والتخريب. وفي كلتا الحالتين، يجب اتخاذ الترتيبات اللازمة، لا سيما فيما يتعلق بتخزين العينات في جهاز أخذ العينات لإرسالها إلى المخبر للتحليل. [118]

3.16. I - أنواع المرشحات Types of filters

توصي معايير NF EN 12341 و NF EN 14902 باستخدام مرشحات ذات أقطار متغيرة اعتمادًا على جهاز أخذ العينات المستخدم الذي يستوفي ثلاثة معايير: - يجب أن تكون كفاءة الاحتفاظ بها أكبر من 99.5%. ويمكن تقدير هذه الخاصية من خلال البيانات المقدمة من قبل منتج المرشح. يحسب الاختبار الشائع الاستخدام كفاءة الاحتفاظ بالجزيئات التي يبلغ قطرها 0.3 ميكرومتر. [118]

يجب أن تكون كمية الشوائب المعدنية القادمة من المرشحات محدودة و/أو غير متغيرة بشكل كبير. الكمية التي يتم أخذها في الاعتبار هي تلك التي يوفرها المرشح أثناء معالجة سلسلة مكونة من 6 مرشحات عذراء فارغة على الأقل (10 مرشحات للموقع) باتباع الإجراء المستخدم لعينات الجسيمات. يجب أن تتيح المحتويات المعدنية الناتجة عن المرشحات الوصول إلى حدود الكشف المحددة بواسطة المعيار (10% من القيمة المستهدفة) أو أفضل. [118]

يجب ألا يؤدي استخدام مرشح في خط أخذ العينات إلى فقدان الضغط، خاصة اعتمادًا على تركيزات الجسيمات الدقيقة، بحيث يمكن أن يؤدي إلى إيقاف التشغيل مبكرًا بسبب الانسداد. [118]

ومن أجل الحد من هذه المشاكل، يوصى باستخدام نوعين من المرشحات التي كانت موضوع دراسات سابقة (تقرير LCSQA 2000 : شروط أخذ عينات الجزيئات لتحليل المعادن):

- مرشحات تيفلون PTFE: 47 ملم، ذات محتوى معدني منخفض جداً. على سبيل المثال، ينتج مرشح Zéfluor من العلامة التجارية Pall Gelman حجم المسامي 2 ميكرومتر. [118]

- مرشحات ألياف الكوارتز: 47 ملم للعينات الأسبوعية أو أكثر، في فقدان قليل للضغط وتحتوي على محتويات منخفضة بشكل كافٍ من العناصر المعدنية في As و Cd و Ni و Pb. على سبيل المثال، قد يكون مرشح QMA من العلامة التجارية Whatman أو مرشح QAT-UP من العلامة التجارية Pall كان لائق. [118]

4.16. I - تخزين المرشحات وطرق التحليل Storage of filters and analysis methods

لا تتطلب المرشحات تكييفاً مسبقاً ولكن يجب تخزينها في صناديق نقل فردية نظيفة للمرشحات مثل أطباق بيتري المصنوعة من البولسترين المحكم (47 مم) - على سبيل المثال العلامة التجارية Analyslide المرجعية Pall Gelman - أو غيرها أطباق بيتري من نفس النوع، متاحة لدى موردي معدات المختبرات. بمجرد كتابة المعلومات المتعلقة بكل عينة على أطباق بيتري، يجب حمايتها من الغبار في أكياس بلاستيكية محكمة الغلق حتى يوم التحليل. [118]

بالنسبة لهذه العناصر الأربعة، يتعلق الأمر فقط بجزء PM10 الذي تم أخذ عينات منه باستخدام جهاز أخذ عينات متوافق مع معيار NF EN 12341 (AFNOR, 2014) يمكن أن تكون المرشحات المستخدمة مصنوعة من ألياف الكوارتز أو نترات السليلوز أو الأسيتات، بقطر متغير اعتماداً على جهاز أخذ العينات المستخدم، مع كفاءة تجميع لا تقل عن 99.5% للجسيمات ذات القطر الديناميكي الهوائي أقل من 0.3 ميكرومتر. وقت أخذ العينات الموصى به بموجب التوجيه EC/107/2004 هو 24 ساعة. يتم اقتراح طريقة واحدة فقط للاستخراج في بيئة مغلقة. ثم يتم إذابته في وسط حمضي باستخدام جهاز الميكروويف أو حمام الموجات فوق الصوتية (نظام مغلق) عند درجة حرارة 220 درجة مئوية تقريباً. يتم تحضير خليط للاستخلاص مكون من: HNO_3/H_2O_2 ، HNO_3/HF ، HNO_3/HCL . ويتم بعد ذلك تخفيف العينة السائلة في أغلب الأحيان عند تحليلها، وهناك طريقتان تحليليتان ممكنتان أيضاً:

- التحليل بواسطة ICP-MS، مع استخدام معيار داخلي (مثل سكانديوم، الإيتريوم، الإنديوم، البزموت).

- التحليل بواسطة الامتصاص الذري GFAAS يجب أن يكون عدم اليقين الموسع في القياس (لفاصل ثقة 95% وينطبق في منطقة القيمة المستهدفة المناسبة) أقل من 25% للخصائص (التوجيه EC/50/2008) و40% للكاديوم، والزنك، والنيكل (توجيه EC/107/2004). [118]

الجدول 1: برنامج درجة الحرارة الحدية (الإرشادية) تمعدن المعادن عند استعمال الميكروويف وحمام الموجات الصوتية

المدة (دقيقة)	درجة الحرارة النهائية (C°)	درجة الحرارة الأولية (C°)	
20	220	20	المرحلة الأولى
25	220	220	المرحلة الثانية

17. I الخصائص المناخية لمنطقة الدراسة Climatic Characteristics of the Study Area

تقع منطقة الدراسة في الجنوب الشرقي للجزائر. ورقلة هي أحد أهم الولايات الجزائرية اجتماعيا واقتصاديا، حيث تعتبر منطقة غنية بالثروات الطبيعية خاصة أبار النفط والغاز وتنشط به العديد من الشركات الوطنية والأجنبية.

- **المناخ:** يتميز مناخ منطقة ورقلة، صحراوي جاف، ودرجات الحرارة بها مرتفعة صيفا حيث تتجاوز (41°) في المتوسط، وتنخفض شتاء، ولا سيما أثناء الليل، فالمناخ هنا قاري يتميز بفوارق حرارية، (يومية وفصلية) معتبرة، تصل إلى حدود (30 درجة مئوية).
- **الأمطار:** مناخ ورقلة يتميز بندرة الأمطار (49 مم) في المتوسط وهي كغيرها من المناطق الصحراوية، تقتصر للغطاء النباتي الطبيعي، ولكنها بالمقابل غنية ببساتين النخيل، فهي واحة بديعة المناظر.
- **الرياح الموسمية:** تهب على ورقلة عواصف رملية موسمية، وتبلغ ذروتها في فصل الربيع بين شهري (فبراير وأفريل)، وغالبا ما تتسبب في خسائر فادحة تصيب الزرع والماشية، ويبدأ الجو في التحسن ابتداء من شهر سبتمبر عندما يتغير اتجاه الرياح، لتصبح شمالية شرقية، وهي معروفة محليا باسم (البحري)، وهي غالبا ما تكون محملة بشيء من الرطوبة فتعمل على تلطيف الجو ولا سيما ليلا.

المراجع REFERENCE

- [1] F. Raes et R. Van Dingenen, E. Vignati, J. Wilson, J. P. Putaud, J. H. Seinfeld, P. Adams, "Formation and cycling of aerosols in the global troposphere," *Dev. Environ. Sci.*, vol. 1, pp. 519–563, 2002.
- [2] J. H. Seinfeld and S. N. Pandis, *Atmospheric chemistry and physics: From air pollution to climate change*. John Wiley & Sons, 2016.
- [3] Z. Meng, D. Dabdub, and J. H. Seinfeld, "Chemical coupling between atmospheric ozone and particulate matter," *Science (80-.)*, vol. 277, no. 5322, pp. 116–119, 1997.
- [4] A. Al-Saroui, *Introduction to the Chemistry of Environmental Pollution*, 1st ed., vol. 24. Amman, Jordan: Dar Al-Hamid for Publishing and Distribution, 2014.
- [5] A. Sellal, "Etude de la pollution de Oued K'sob (région de Bordj Bou Arreridj) et de l'effet phyto-accumulateur de *Phragmites australis* (roseau)," 2018.
- [6] M. Nafees, "Water Pollution and Its Impact on Human Health in India."
- [7] A. Gheriani, A. Boudehane, A. Lounas, C. Balducci, A. Cecinato, and A. Khadraoui, "n - Alkanes and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Deposition Dust and - PM 10 of Interiors in Touggourt Region , Algeria," *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, vol. 83, pp. 226–241, 2022.
- [8] A. Boudehane, "Etude et caractérisations de la pollution atmosphérique dela région de Ouargla." University of Kasdi Merbah Ouargla.
- [9] S. E. Manahan, *Environmental chemistry*. CRC press, 2017.
- [10] R. S. Sokhi, "Air pollution control engineering. Edited by Lawrence K Wang, Norman C Pereira and Yung-Tse Hung.(Vol 1, Handbook of Environmental Engineering). Humana Press, Totowa, NJ, 2004, 604 pp. ISBN: 1 58829 161 8 eISBN: 1 59259 778 5." Wiley Online Library, 2005.
- [11] A. Daly and P. Zannetti, "An introduction to air pollution—definitions,

- classifications, and history,” *Ambient air pollution*. P. Zannetti, D. Al-Ajmi S. Al-Rashied, Arab Sch. Sci. Technol. EnviroComp Inst., pp. 1–14, 2007.
- [12] P. Harasim, “Nickel resources and sources,” *Nickel in soils and plants*, pp. 87–104, 2018.
- [13] D. A. Vallero, *Fundamentals of air pollution*. Academic press, 2014.
- [14] K. M. Gharaibeh, *Environmental pollution: its concept, forms, and how to reduce its danger*, vol. 3. 2010.
- [15] M. A. Arnaout, *Humans and Environmental Pollution*, Egypt, Cairo: Egyptian Lebanese House for Printing, Publishing and Distribution, 1st ed, 1993.
- [16] A. H. Moses, *air pollution*. Damascus, Syria: Dar Al-Fikr Al-Masryam for Printing, Publishing and Distribution, 1990.
- [17] H. Elsaide, *Ecology Science*, vol. 5, no. 1. 2017.
- [18] Hinds. William C, *Aerosol technology properties, behavior, and measurement of airborne particules*, Second Edi. canada: A WILEY - INTERSCIENC Publication, 1999.
- [19] D. E. Parker, H. Wilson, P. D. Jones, J. R. Christy, and C. K. Folland, “The impact of Mount Pinatubo on world-wide temperatures,” *Int. J. Climatol. A J. R. Meteorol. Soc.*, vol. 16, no. 5, pp. 487–497, 1996.
- [20] O. Boucher, *Atmospheric Aerosols Properties and Climate Impacts*, 10th ed., vol. 10. France: Springer France IN 2012, 2012.
- [21] J. Guth, “Modeling of aerosols using the transport chemistry model MOCAGE: application to air quality in the Mediterranean basin,” *Université de Toulouse*, 2015.
- [22] C. Textor et al., “Analysis and quantification of the diversities of aerosol life cycles within AeroCom,” *Atmos. Chem. Phys.*, vol. 6, no. 7, pp. 1777–1813, 2006.
- [23] C. D. O’Dowd and G. De Leeuw, “Marine aerosol production: a review of the current knowledge,” *Philos. Trans. R. Soc. A Math. Phys. Eng. Sci.*, vol. 365,

- no. 1856, pp. 1753–1774, 2007.
- [24] F. Laurent, M. André, and O. René, *Entreprises religieuses transnationales en Afrique de l’Ouest*. KARTHALA Editions, 2005.
- [25] S. A. Grinshpun, “Biological Aerosols,” in *Aerosols - Science and Technology*, 2010, pp. 379–406.
- [26] J. M. Hirst, “Bioaerosols: introduction, retrospect and prospect,” in *Bioaerosols handbook*, CRC Press, 2020, pp. 5–14.
- [27] X. AFNOR XP, “X 43-244–Air des lieux de travail-Eléments de terminologie en hygiène du travail-L’exposition, son évaluation, les valeurs limites,” AFNOR, Paris la Défense, 1998.
- [28] L. Betelli, “Développement et évaluation d ’ une méthode fondée sur la PCR temps réel pour la caractérisation des bioaérosols : application au groupe des actinomycètes To cite this version : HAL Id : tel-00935647,” Université de Bourgogne, 2014.
- [29] A. Nevalainen, *Bacterial aerosols in indoor air*. Kansanterveyslaitos KTL, 1989.
- [30] R. L. Gorny, J. Dutkiewicz, and E. Kryszynska-Traczyk, “Size distribution of bacterial and fungal bioaerosols in indoor air,” *Ann. Agric. Environ. Med.*, vol. 6, no. 2, 1999.
- [31] W. EDUARD, J. LACEY, K. KARLSSON, U. PALMGREN, G. STRÖM, and G. BLOMQUIST, “Evaluation of methods for enumerating microorganisms in filter samples from highly contaminated occupational environments,” *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, vol. 51, no. 8, pp. 427–436, 1990.
- [32] J. Lacey and J. Dutkiewicz, “Bioaerosols and occupational lung disease,” *J. Aerosol Sci.*, vol. 25, no. 8, pp. 1371–1404, 1994.
- [33] T. Reponen, A. Hyvärinen, J. Ruuskanen, T. Raunemaa, and A. Nevalainen, “Comparison of concentrations and size distributions of fungal spores in buildings with and without mould problems,” *J. Aerosol Sci.*, vol. 25, no. 8,

pp. 1595–1603, 1994.

- [34] T. Reponen, K. Willeke, S. Grinshpun, and A. Nevalainen, “Biological particle sampling,” *Aerosol Meas. Princ. Tech. Appl.*, pp. 549–570, 2011.
- [35] A. R. Lehtimäki, “Aerobiology of pollen and pollen antigens,” in *Bioaerosols handbook*, CRC Press, 2020, pp. 387–406.
- [36] A. G. Miguel, P. E. Taylor, J. House, M. M. Glovsky, and R. C. Flagan, “Meteorological influences on respirable fragment release from Chinese elm pollen,” *Aerosol Sci. Technol.*, vol. 40, no. 9, pp. 690–696, 2006.
- [37] J. Li, M. Pósfai, P. V Hobbs, and P. R. Buseck, “Individual aerosol particles from biomass burning in southern Africa: 2, Compositions and aging of inorganic particles,” *J. Geophys. Res. Atmos.*, vol. 108, no. D13, 2003.
- [38] M. Wentzel, H. Gorzawski, K.-H. Naumann, H. Saathoff, and S. Weinbruch, “Transmission electron microscopical and aerosol dynamical characterization of soot aerosols,” *J. Aerosol Sci.*, vol. 34, no. 10, pp. 1347–1370, 2003.
- [39] F. Dentener et al., “Emissions of primary aerosol and precursor gases in the years 2000 and 1750 prescribed data-sets for AeroCom,” *Atmos. Chem. Phys.*, vol. 6, no. 12, pp. 4321–4344, 2006.
- [40] R. Delmas and G. Mégie, *Physique et chimie de l’atmosphère: 2e édition*. Belin, 2015.
- [41] I. Salma, W. Maenhaut, É. Zemplén-Papp, and G. Záray, “Comprehensive characterisation of atmospheric aerosols in Budapest, Hungary: physicochemical properties of inorganic species,” *Atmos. Environ.*, vol. 35, no. 25, pp. 4367–4378, 2001.
- [42] R. Seager et al., “Model projections of an imminent transition to a more arid climate in southwestern North America,” *Science (80-.)*, vol. 316, no. 5828, pp. 1181–1184, 2007.
- [43] T. J. Christian et al., “Comprehensive laboratory measurements of biomass-burning emissions: 1. Emissions from Indonesian, African, and other

- fuels,” *J. Geophys. Res. Atmos.*, vol. 108, no. D23, 2003.
- [44] R. J. Yokelson et al., “Emissions from biomass burning in the Yucatan,” *Atmos. Chem. Phys.*, vol. 9, no. 15, pp. 5785–5812, 2009.
- [45] C. A. Pio et al., “Chemical composition of atmospheric aerosols during the 2003 summer intense forest fire period,” *Atmos. Environ.*, vol. 42, no. 32, pp. 7530–7543, 2008.
- [46] Y. N. Samsonov et al., “Particulate emissions from fires in central Siberian Scots pine forests,” *Can. J. For. Res.*, vol. 35, no. 9, pp. 2207–2217, 2005.
- [47] R. Matthieu, “Caractérisation d’une nouvelle voie de formation des aérosols organiques secondaires (AOS) dans l’atmosphère : Rôle des précurseurs polyaromatiques,” UNIVERSITÉ BORDEAUX 1, 2013.
- [48] U. Pöschl, “Atmospheric aerosols: composition, transformation, climate and health effects,” *Angew. Chemie Int. Ed.*, vol. 44, no. 46, pp. 7520–7540, 2005.
- [49] K. Desboeufs, “UE Aérosols I : Physique et Chimie de l’aérosol atmosphérique Différents types d’aérosols : sources d’émission,” in *UE Aérosols I: Physique et Chimie de l’aérosol atmosphérique*, 2007, p. 03.
- [50] C. Piot and C. Piot, “Polluants atmosphériques organiques particulaires en Rhône-Alpes : caractérisation chimique et sources d’émissions To cite this version : HAL Id : tel-00661284 Polluants atmosphériques organiques particulaires en Rhône-Alpes : caractérisation chimique e,” UNIVERSITÉ DE GRENOBLE, 2012.
- [51] W. F. Rogge, L. M. Hildemann, M. A. Mazurek, G. R. Cass, and B. R. T. Simoneit, “Sources of fine organic aerosol. 4. Particulate abrasion products from leaf surfaces of urban plants,” *Environ. Sci. Technol.*, vol. 27, no. 13, pp. 2700–2711, 1993.
- [52] H. Puxbaum, A. Caseiro, A. Sánchez-Ochoa, A. Kasper-Giebl, M. Claeys, A. Gelencsér, M. Legrand, S. Preunkert, C. Pio, “Levogluconan levels at background sites in Europe for assessing the impact of biomass combustion on the European aerosol background,” *J. Geophys. Res. Atmos.*, vol. 112, no. D23, 2007.

- [53] M. Zheng, G. R. Cass, J. J. Schauer, and E. S. Edgerton, "Source apportionment of PM_{2.5} in the southeastern United States using solvent-extractable organic compounds as tracers," *Environ. Sci. Technol.*, vol. 36, no. 11, pp. 2361–2371, 2002.
- [54] J. J. Schauer, W. F. Rogge, L. M. Hildemann, M. A. Mazurek, G. R. Cass, and B. R. T. Simoneit, "Source apportionment of airborne particulate matter using organic compounds as tracers," *Atmos. Environ.*, vol. 30, no. 22, pp. 3837–3855, 1996.
- [55] V. Ventafridda, M. Tamburini, A. Caraceni, F. De Conno, and F. Naldi, "A validation study of the WHO method for cancer pain relief," *Cancer*, vol. 59, no. 4, pp. 850–856, 1987.
- [56] G. Grimmer et al., "Relevance of polycyclic aromatic hydrocarbons as environmental carcinogens," *Fresenius. J. Anal. Chem.*, vol. 339, pp. 792–795, 1991.
- [57] K. Nikolaou, P. Masclet, and G. Mouvier, "Sources and chemical reactivity of polynuclear aromatic hydrocarbons in the atmosphere—A critical review," *Sci. Total Environ.*, vol. 32, no. 2, pp. 103–132, 1984.
- [58] R. E. Laflamme and R. A. Hites, "The global distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in recent sediments," *Geochim. Cosmochim. Acta*, vol. 42, no. 3, pp. 289–303, 1978.
- [59] P. Masclet, G. Mouvier, and K. Nikolaou, "Relative decay index and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons," *Atmos. Environ.*, vol. 20, no. 3, pp. 439–446, 1986.
- [60] M. A. H. Dany, "POLLUTION DES SOLS PAR LES 16 HAP DE LA LISTE US-EPA DU SITE GALANA RAFFINERIE TERMINAL TOAMASINA–MADAGASCAR."
- [61] A. Albinet, E. Leoz-Garziandia, H. Budzinski, E. Villenave, and J.-L. Jaffrezo, "Nitrated and oxygenated derivatives of polycyclic aromatic hydrocarbons in

- the ambient air of two French alpine valleys: Part 1: Concentrations, sources and gas/particle partitioning,” *Atmos. Environ.*, vol. 42, no. 1, pp. 43–54, 2008.
- [62] B. R. T. Simoneit et al., “Levoglucosan, a tracer for cellulose in biomass burning and atmospheric particles,” *Atmos. Environ.*, vol. 33, no. 2, pp. 173–182, 1999.
- [63] T. Kawamura, T. Saido, H. Takami, and Y. Yamashita, “Dietary value of benthic diatoms for the growth of post-larval abalone *Haliotis discus hannai*,” *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.*, vol. 194, no. 2, pp. 189–199, 1995.
- [64] B. R. T. Simoneit, “Application of molecular marker analysis to vehicular exhaust for source reconciliations,” *Int. J. Environ. Anal. Chem.*, vol. 22, no. 3–4, pp. 203–232, 1985.
- [65] I. El Haddad et al., “Primary sources of PM 2.5 organic aerosol in an industrial Mediterranean city, Marseille,” *Atmos. Chem. Phys.*, vol. 11, no. 5, pp. 2039–2058, 2011.
- [66] R. Sempère and K. Kawamura, “Comparative distributions of dicarboxylic acids and related polar compounds in snow, rain and aerosols from urban atmosphere,” *Atmos. Environ.*, vol. 28, no. 3, pp. 449–459, 1994.
- [67] G. Wang, S. Niu, C. Liu, and L. Wang, “Identification of dicarboxylic acids and aldehydes of PM10 and PM2.5 aerosols in Nanjing, China,” *Atmos. Environ.*, vol. 36, no. 12, pp. 1941–1950, 2002.
- [68] K. Kawamura and R. B. Gagosian, “Mid-chain ketocarboxylic acids in the remote marine atmosphere: Distribution patterns and possible formation mechanisms,” *J. Atmos. Chem.*, vol. 11, pp. 107–122, 1990.
- [69] M. Mircea, M. C. Facchini, S. Decesari, S. Fuzzi, and R. J. Charlson, “The influence of the organic aerosol component on CCN supersaturation spectra for different aerosol types,” *Tellus B Chem. Phys. Meteorol.*, vol. 54, no. 1, pp. 74–81, 2002.

- [70] T. Novakov and J. E. Penner, "Large contribution of organic aerosols to cloud-condensation-nuclei concentrations," *Nature*, vol. 365, no. 6449, pp. 823–826, 1993.
- [71] M. C. Facchini, S. Decesari, M. Mircea, S. Fuzzi, and G. Loglio, "Surface tension of atmospheric wet aerosol and cloud/fog droplets in relation to their organic carbon content and chemical composition," *Atmos. Environ.*, vol. 34, no. 28, pp. 4853–4857, 2000.
- [72] T. E. Kleindienst, T. S. Conver, C. D. McIver, and E. O. Edney, "Determination of secondary organic aerosol products from the photooxidation of toluene and their implications in ambient PM 2.5," *J. Atmos. Chem.*, vol. 47, pp. 79–100, 2004.
- [73] J. Yu, D. R. Cocker, R. J. Griffin, R. C. Flagan, and J. H. Seinfeld, "Gas-phase ozone oxidation of monoterpenes: Gaseous and particulate products," *J. Atmos. Chem.*, vol. 34, pp. 207–258, 1999.
- [74] P. Saxena and L. M. Hildemann, "Water-soluble organics in atmospheric particles: A critical review of the literature and application of thermodynamics to identify candidate compounds," *J. Atmos. Chem.*, vol. 24, pp. 57–109, 1996.
- [75] F. Shafizadeh, "The chemistry of pyrolysis and combustion," ACS Publications, 1984.
- [76] J. F. Hornig, R. H. Soderberg, A. C. Barefoot, and J. F. Galasyn, "Wood smoke analysis: Vaporization losses of PAH from filters and levoglucosan as a distinctive marker for wood smoke," *Polynuclear Aromat. Hydrocarb. Mech. methods, Metab.*, pp. 561–568, 1985.
- [77] H. B. Locker, *The use of levoglucosan to assess the environmental impact of residential wood-burning on air quality*. Dartmouth College, 1988.
- [78] M. P. Fraser and K. Lakshmanan, "Using levoglucosan as a molecular marker for the long-range transport of biomass combustion aerosols," *Environ. Sci.*

- Technol., vol. 34, no. 21, pp. 4560–4564, 2000.
- [79] M. Legrand and P. Mayewski, “Glaciochemistry of polar ice cores: A review,” *Rev. Geophys.*, vol. 35, no. 3, pp. 219–243, 1997.
- [80] M. R. Legrand and R. J. Delmas, “Formation of HCl in the Antarctic atmosphere,” *J. Geophys. Res. Atmos.*, vol. 93, no. D6, pp. 7153–7168, 1988.
- [81] G. Favero and P. Jobstraibizer, “The distribution of aluminium in the earth: from cosmogenesis to Sial evolution,” *Coord. Chem. Rev.*, vol. 149, pp. 367–400, 1996.
- [82] A. Kelly, *Concise encyclopedia of composite materials*. Elsevier, 2012.
- [83] K. Demyk, A. P. Jones, E. Dartois, P. Cox, and L. d’Hendecourt, “The chemical composition of the silicate dust around RAFGL7009S and IRAS 19110+ 1045,” *Astron. Astrophys.*, vol. 349, pp. 267–275, 1999.
- [84] O. Rouane-Hacene, “Biosurveillance de la qualité des eaux côtières du littoral occidental algérien, par le suivi des indices biologiques, de la biodisponibilité et la bioaccumulation des métaux lourds (Zn, Cu, Pb et Cd) chez la moule *Mytilus galloprovincialis* et l’oursin *Par*,” UNIVERSITE D’ORAN, 2013.
- [85] M. R. Alfarrar et al., “Characterization of urban and rural organic particulate in the Lower Fraser Valley using two Aerodyne Aerosol Mass Spectrometers,” *Atmos. Environ.*, vol. 38, no. 34, pp. 5745–5758, 2004.
- [86] W. Booyens, “Measurement of organic compounds in atmospheric aerosols collected at Welgegund , South Africa Promoter : Assistant Promoter : Prof PG van Zyl,” North- West University South Africa, 2018.
- [87] K. Adachi and P. R. Buseck, “Internally mixed soot, sulfates, and organic matter in aerosol particles from Mexico City,” *Atmos. Chem. Phys.*, vol. 8, no. 21, pp. 6469–6481, 2008.
- [88] B. J. Finlayson-Pitts, C. J. Keoshian, B. Buehler, and A. A. Ezell, “Kinetics of reaction of chlorine atoms with some biogenic organics,” *Int. J. Chem. Kinet.*, vol. 31, no. 7, pp. 491–499, 1999.

- [89] H. Venzac et al., "High frequency new particle formation in the Himalayas," Proc. Natl. Acad. Sci., vol. 105, no. 41, pp. 15666–15671, 2008.
- [90] M. Kulmala, "How particles nucleate and grow," Science (80-.), vol. 302, no. 5647, pp. 1000–1001, 2003.
- [91] T. C. Bond and R. W. Bergstrom, "Light absorption by carbonaceous particles: An investigative review," Aerosol Sci. Technol., vol. 40, no. 1, pp. 27–67, 2006.
- [92] M. Gyawali, W. P. Arnott, K. Lewis, and H. Moosmüller, "In situ aerosol optics in Reno, NV, USA during and after the summer 2008 California wildfires and the influence of absorbing and non-absorbing organic coatings on spectral light absorption," Atmos. Chem. Phys., vol. 9, no. 20, pp. 8007–8015, 2009.
- [93] É. Joos and G. Guillosoy, "Réglementation européenne des particules fines de l'air ambiant: pourquoi la concentration massique globale n'est plus la seule unité de mesure valable," Environnement, Risques & Santé, vol. 10, no. 5, pp. 385–394, 2011.
- [94] A. Samet, F. Bayoumeu, D. Longrois, and M. C. Laxenaire, "Œdème aigu du poumon associé à l'utilisation des tocolytiques bêta2-mimétiques," in Annales françaises d'anesthésie et de réanimation, 2000, vol. 19, no. 1, pp. 35–38.
- [95] O. Rudelle, "Le vote des femmes et la fin de " L'exception Française", " Vingtieme siecle. Rev. d'histoire, pp. 52–65, 1994.
- [96] F. Marano et al., "Impacts des particules atmosphériques sur la santé: aspects toxicologiques," Environnement, Risques & Santé, vol. 3, no. 2, pp. 87–96, 2004.
- [97] S. H. Donaldson and R. C. Boucher, "Physiopathologie de la mucoviscidose," Ann. Nestlé (Ed. française), vol. 64, no. 3, pp. 101–109, 2007.
- [98] C. Oberdöster, J. Vanderborcht, A. Kemna, and H. Vereecken, "Wasserflüsse in einem Waldbestand," in Jahrestagung der Deutschen Bodenkunbdlichen

Gesellschaft, Date: 2005/09/03-2005/09/12, Location: Marburg, Germany, 2005.

- [99] S. T. Holgate, J. M. Samet, H. S. Koren, and R. L. Maynard, “Air pollution and health,” 1999.
- [100] P. UNION, “Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe,” Off. J. Eur. Union, 2008.
- [101] P. Nerisson, “Modélisation du transfert des aérosols dans un local ventilé,” 2009.
- [102] M. E. Åkerman, W. C. W. Chan, P. Laakkonen, S. N. Bhatia, and E. Ruoslahti, “Nanocrystal targeting in vivo,” Proc. Natl. Acad. Sci., vol. 99, no. 20, pp. 12617–12621, 2002.
- [103] Z. Levin, E. Ganor, and V. Gladstein, “The effects of desert particles coated with sulfate on rain formation in the eastern Mediterranean,” J. Appl. Meteorol. Climatol., vol. 35, no. 9, pp. 1511–1523, 1996.
- [104] V. Ramanathan, P. J. Crutzen, J. T. Kiehl, and D. Rosenfeld, “Aerosols, climate, and the hydrological cycle,” Science (80-.), vol. 294, no. 5549, pp. 2119–2124, 2001.
- [105] R. K. Pachauri et al., Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Ipcc, 2014.
- [106] P. J. Adams, J. H. Seinfeld, D. Koch, L. Mickley, and D. Jacob, “General circulation model assessment of direct radiative forcing by the sulfate-nitrate-ammonium-water inorganic aerosol system,” J. Geophys. Res. Atmos., vol. 106, no. D1, pp. 1097–1111, 2001.
- [107] S. Solomon, “IPCC (2007): Climate change the physical science basis,” in Agu fall meeting abstracts, 2007, vol. 2007, pp. U43D-01.
- [108] K. Pawar, M. D. AGARWAL, and B. Dubey, “LEAF OPTICAL

CHARACTERISTICS OF ACHYRANTHUS-ASPERA L GROWING ALONG AGRA-BOMBAY ROAD, INDORE (MP),” *Comp. Physiol. Ecol.*, vol. 16, no. 2, pp. 56–59, 1991.

[109] J. Burkhardt, K. Koch, and H. Kaiser, “Deliquescence of deposited atmospheric particles on leaf surfaces,” *Water, Air Soil Pollut. Focus*, vol. 1, pp. 313–321, 2001.

[110] K. E. C. Smith and K. C. Jones, “Particles and vegetation: implications for the transfer of particle-bound organic contaminants to vegetation,” *Sci. Total Environ.*, vol. 246, no. 2–3, pp. 207–236, 2000.

[111] F. GAIE-LEVREL, “THÈSE Présentée à l’ Université Paris Diderot – Paris 7 U . F . R . de Chimie Pour l’ obtention du diplôme de Docteur en Sciences Par François GAIE-LEVREL Développement d’ un instrument d’ analyse physico-chimique en temps réel pour l’ étude de la fr,” ’Université Paris Diderot – Paris 7, 2009.

[112] H. Horvath, “Estimation of the average visibility in central Europe,” *Atmos. Environ.*, vol. 29, no. 2, pp. 241–246, 1995.

[113] Q. Zhang, D. R. Worsnop, M. R. Canagaratna, and J. L. Jimenez, “Hydrocarbon-like and oxygenated organic aerosols in Pittsburgh: insights into sources and processes of organic aerosols,” *Atmos. Chem. Phys.*, vol. 5, no. 12, pp. 3289–3311, 2005.

[114] L. E. P. Europ, E. C. De, and U. Europ, “Directive n ° 2008 / 50 / CE du 21 / 05 / 08 concernant la qualité de l’ air ambiant et un air pur pour l’ Europe,” no. 2, 2023.

[115] E. Vennin, Ariane ; Frédéric, *La qualité de l’ air : normes et procédures*. 2023.

[116] K. ZIOUCHI and L. LAKHDAI, “ETUDE DE LA POLLUTION DE L’AIR PAR LES TSP, LES PM ET ET LES METAUX LOURDS DU CENTRE D’ALGER,” Université Ahmed Draia-ADRAR, 2014.

[117] “Journal officiel,” Algeria.

[118] L. Alleman, Guide méthodologique pour la surveillance de l'As, du Cd, du Ni et du Pb dans l'air ambiant et dans les dépôts atmosphériques, no. Version. 2021.

الجزء الثاني:
الرداذ البيولوجي

الفصل الأول:

أدوات وطرق تحليل الرذاذ البيولوجي

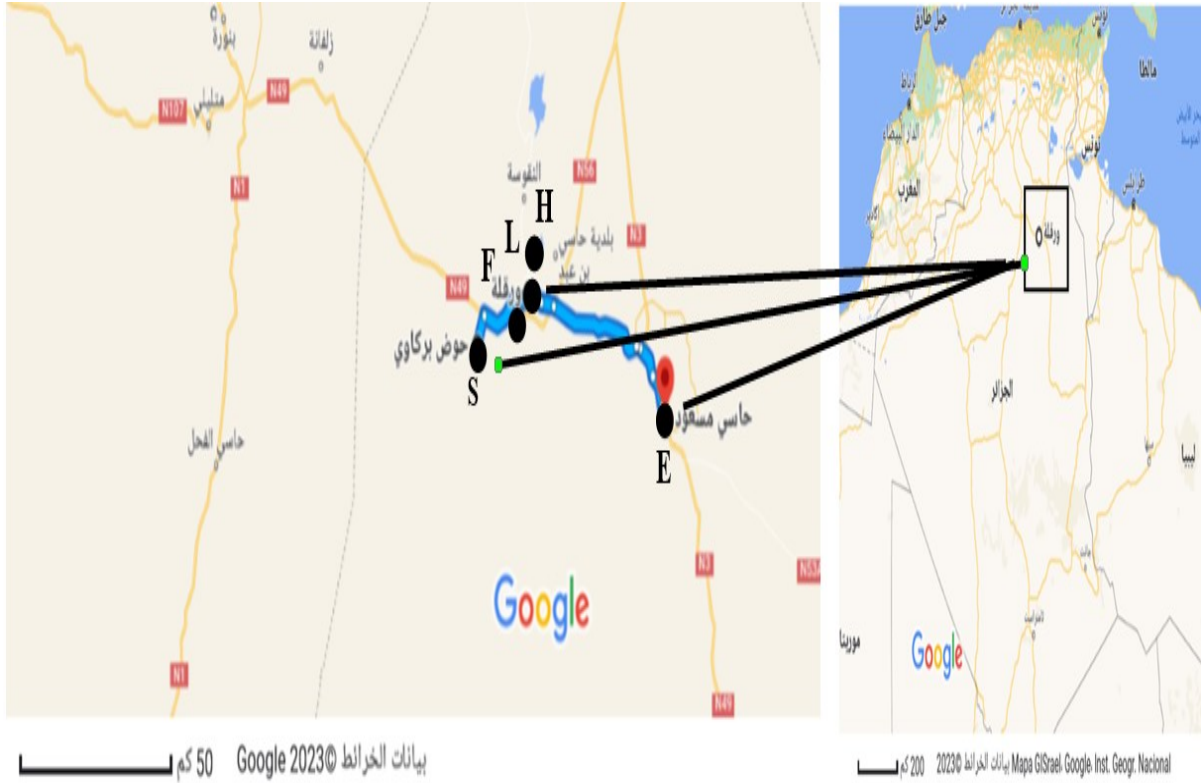
II-مقدمة

نظرًا للأثار الصحية لتعرض البشر لسمية ملوث ما، لا بد من معلومات حول طبيعة الملوث والتأثير النسبي للتلوث، لذلك فإن دراسة المواد الجسيمية تحظى باهتمام كبير من طرف العلماء [1]. في العقود الماضية، على وجه الخصوص، وقد تم الاهتمام بدراسة الجزء البيولوجي للرذاذ (Bioaerosol)، لأن الاستنشاق هو العامل الغالب الذي يؤثر على صحة الإنسان؛ من ناحية أخرى، تؤثر على المناخ والبيئة. بالإضافة إلى آلية تكوين المواد السامة وتوزيعها في الغلاف الجوي [2]، في الواقع يتكون الغلاف الجوي للأرض من قائمة طويلة من الملوثات الموجودة في أشكال غازية وجسيمات. يتم إطلاق العديد من المواد بشكل مباشر من خلال الأنشطة البشرية والظواهر الطبيعية [3]، في حين أن المواد الكيميائية الأخرى ثانوية، أي تتولد عن طريق أكسدة مكونات الانبعاث المباشر. [4]

في هذا السياق، يتم تنفيذ الاستراتيجيات التي تهدف إلى تحسين جودة الهواء في المدن الكبرى عادةً من خلال تقليل معدلات انبعاث المواد السامة من المصادر الأولية. ومن ثم، يبدو من الضروري تقييم تأثير مصادر التلوث على البيئة، من خلال تتبع المساهمات ذات الصلة في ما يخص تركيز الرذاذ البيولوجي على وجه الخصوص في الهواء [5, 6]

II. 1- مواقع أخذ عينات الرذاذ البيولوجي.

والغرض من الرصد هو التقييم والوقاية من الخطر الناجم عن تعرض البشر لمستويات متفاوتة من التلوث البيولوجي. وقد تم إجراء تقييم وتحقيقات في منطقة ورقلة (الجزائر). باختيار مواقع من مناطق صناعية وحضرية؛ بناءً على العديد من مصادر انبعاث الملوثات، وتضمنت دراسة الخصائص البيولوجية للرذاذ، وذلك بتحديد تركيز الرذاذ البيولوجي بتقييم تركيز الفطريات والبكتيريا المحمولة جواً. وتحديد تأثيراتها ومصادرها في البيئات الداخلية والخارجية لكل من المباني العامة والمسكن الخاصة والمؤسسات الصناعية. الشكل (II-1) يوضح مواقع وأماكن أخذ عينات الهواء في منطقة ورقلة، الجزائر.



الشكل (II-1): مواقع أخذ عينات الرذاذ في منطقة ورقلة، الجزائر.

الرموز: H: مستشفى محمد بوضياف ورقلة، L: المنزل العائلي، F: محطة الوقود، E: الشركة الوطنية لحفر الآبار (ENAFOR) حاسي مسعود، S: الشركة الوطنية سوناطراك حوض بركاوي.

تم إجراء هذه الدراسة من خلال جمع 60 عينة في المجموع للرذاذ الحيوي (Bioaerosol) لتقييم تركيز البكتيريا والفطريات المحمولة جوا في الهواء المستنشق. والجدول (II-1) يبين إحداثيات مواقع وأماكن أخذ العينات في منطقة ورقلة، الجزائر.

الجدول (1-II): يوضح إحداثيات مواقع وزمن أخذ عينات الهواء في منطقة ورقلة، الجزائر.

المنطقة	الموقع	المكان	العينة	الفترة
الصناعية	الشركة الوطنية سوناطراك حوض بركاوي	- مخبر المراقبة والقياس	S _I S _O	أيام الأسبوع يناير 2020
	خط العرض: 31 ° 34.37'50 خط الطول: 5 ° 32.41'3 شرقاً	- ساحة محطة		
الحضرية	الشركة الوطنية لحفر الآبار حاسي مسعود (ENAFOR)	- محطة معالجة مياه الشرب في قاعدة الحياة	E _I E _O	أيام الأسبوع فبراير 2020
	خط العرض: 31 ° 4.56'42 خط الطول: 6 ° 28.14'3 شرقاً	- ساحة المحطة		
الحضرية	مستشفى محمد بوضياف ورقلة	- قاعة الانتظار بمصلحة الوقاية وعلاج مرضى السرطان	H _I H _O	أيام الأسبوع يناير 2021
	خط العرض: 31 ° 43.18'57 خط الطول: 5 ° 50.39'19 شرقاً	- فناء الخارجي للمستشفى		
الحضرية	المنزل العائلي	- غرفة المعيشة	L _I L _O	أيام الأسبوع يناير 2021
	خط العرض: 31 ° 10.05'57 خط الطول: 5 ° 21.43'20 شرقاً	- فناء المنزل		
الحضرية	محطة الوقود مصطفاوي	- محل إكسسوارات السيارات	F _I F _O	أيام الأسبوع فبراير 202
	خط العرض: 31 ° 55.19'56 خط الطول: 5 ° 45.61'19 شرقاً	- محطة التزود بالوقود		

II. 2- طرق أخذ العينات الرذاذ البيولوجي Bioaerosols Sampling Methods

أما طرق أخذ عينات الرذاذ الجوي فهي:

II. 1.2- الطريقة النشطة Active Method

حيث تستخدم فيها مضخة (pompe) لإلتقاط البكتيريا والفطريات المتواجدة في الهواء بواسطة عملية الادمصاص (adsorption). وتكون مدة التعرض قصيرة (ساعة) أثناء أخذ العينات [7]. تعتمد طرق أخذ العينات على تمرير الهواء المحيط من خلال مرشحات مسامية مختارة. أو محلول ملحي منظم أو بتمرير الهواء على وسط استنبت حسب [8]. وبها عدة طرق وقد اخترنا طريقتين حسب الإمكانيات المتوفرة وهي: الانحشار (Impaction) والارتطام (Impinging). حيث يتم سحب أو امتصاص الرذاذ باستعمال مضخة سحب الهواء، وذلك للقياس تركيز البكتيريا والفطريات المحمولة في الهواء.

II. 1.1.2- طريقة الارتطام Impinging Method

هي تقنية شائعة الاستخدام لدراسة الرذاذ الجوي وتتضمن استخدام أجهزة ارتطام الغاز مع السائل. وهي عبارة عن أداة زجاجية بالكامل تشبه الممرات الأنفية. تحتوي هذا أداة على فوهة أنبوبية تسمح لعينات الهواء بالدخول والتلامس أو اصطدام مع محلول سائل الموجود داخل الأنبوب. [9]

II. 2.1.2- طريقة الانحشار Impacting Method

تتضمن جمع الكائنات الحية الدقيقة المحمولة جواً أو المركبات العضوية عن طريق تمرير الهواء عبر وسط مسامي أو غشائي مثل عملية الترشيح. وتتوفر أنواع مختلفة من المرشحات حسب الحاجة المراد دراستها ومنها: مرشحات الألياف الزجاجية، مرشحات الألياف كوارتز، ومرشحات أغشية السليلوز، ومرشحات البولي كربونات...، وتختلف هذه المرشحات في المسامية من 0.01 ميكرومتر إلى 10 ميكرومتر. [9, 10]

II 3- الأجهزة والأدوات

من الجدول (2-II) الذي يظهر أهم الأجهزة والأدوات المستخدمة:

الجدول (2-II): الأجهزة والأدوات المستخدمة في عملية أخذ العينات ومعالجتها

الرقم	الأجهزة والأدوات	العلامة	البلد المصنع	الشكل
01	مضخة شفط الهواء من نوع Gilian Gilair 5 بتدفق 5 لترات في الدقيقة	SESSIDYNE	بسانت بطرسبرغ، فلوريدا، الولايات المتحدة الأمريكية	
02	جهاز قياس الرطوبة ودرجة الحرارة المحمول	Pro'sKit MT-4616 LTD	التايوان	
03	عداد قياس مستعمرة Colony Counter	مودال 570 شركة labolan	التايوان	
04	مضخة الفراغ Vacuum Pump optic-ivymen	COMECTA, s.a.	برشلونة، اسبانيا	
05	الفرن Etuve SELECTA	J.R. Selecta	برشلونة، اسبانيا	
06	الأوتوكلاف Autoclaves automatiques verticaux	LABO-MODERNE	فرنسا	

	<p>الجزائر</p>	<p>EPE Somiver</p>	<p>زجاجة الفقاعة Bubbler Bottle</p>	<p>07</p>
	<p>سويسرا</p>	<p>OHAUS</p>	<p>pH metre ST300</p>	<p>08</p>
	<p>فرنسا</p>	<p>Helloporo</p>	<p>جهاز التسخين والرج Agitateur magnetique chauffant velp</p>	<p>09</p>
	<p>الجزائر</p>	<p>EPE Somiver</p>	<p>قارورة ISO المدرجة (قابل للتعقيم بالكامل عند درجة حرارة 134 درجة منوية) -500-250 1000ملل verre borosilicaté) (3.3</p>	<p>10</p>
	<p>فرنسا</p>	<p>Merck</p>	<p>مرشحات غشاء أسترات السيليلوز المختلطة (Membrane Mixed Esters of Cellulose 22 ميكرومتر (MCE) وقطرها 47 ملم</p>	<p>11</p>

II. 4- المواد الكيميائية المستخدمة

وقد استعملنا عدة مواد كيميائية في عملية اخذ ومعالجة العينات والمبينة في الجدول التالي الذي يوضح كل مادة كيميائية نقاوتها وصيغتها الجزيئية وكثافتها، والكتلة المولية... الخ.

الجدول (II-3): المواد المستعملة في عملية الأخذ العينات والاستخلاص والتنقية.

الرقم	المادة الكيميائية	الصيغة الجزيئية	الكتلة المولية (غ/المول)	النقاوة (%)	الكثافة كغ/لتر	الشركة المصنعة	البلد المصنع
01	كلوريد البوتاسيوم	KCl	74.55	99.5	2	HONEYWELL FLUKA	فرنسا
02	كلوريد الصوديوم	NaCl	58.44	99.8	2.16	Chem-Lab	بلجيكا
03	فوسفات ثنائي الصوديوم	Na ₂ HPO ₄ . 2H ₂ O	177.99	99.75	1.7	SIGMA-ALDRICH	و.م.أ
04	فوسفات البوتاسيوم أحادي القاعدة	KH ₂ PO ₄	136.09	99.5	2.338	SIGMA-ALDRICH	و.م.أ
05	حمض الهيدروكلوريك	HCL	36.46	37	1.19	Merck	فرنسا
14	صفائح الأجار (PCA)					CONDALAB Pronadisa	اسبانيا
15	أجار دكستروز البطاطس (PDA)					CONDALAB Pronadisa	اسبانيا

صفائح العد الأجار (PCA) PLATE COUNT AGAR

صفائح العد أجار (PCA) هو وسيلة نمو ميكروبيولوجية. وتستخدم عادة لتقييم أو مراقبة النمو البكتيري "الإجمالي" أو القابل للحياة للعينة. الرقم الهيدروجيني: عند 25 درجة مئوية: 0.2 ± 7.0 ، كاسيين بيبتون 5غرام، خلاصة الخميرة 2.5غرام، الجلوكوز 1 غرام، أجار 15غرام. مقدمة من CONDALAB Pronadisa، مدريد، اسبانيا.

أجار دكستروز البطاطس (PDA) POTATE DEXTROSE AGAR

هو وسط متعدد الاستخدامات لنمو البكتيريا والفطريات (الخمائر والعفن) يستخدم هذا الأجار لمجموعة واسعة من الفطريات ولكن هناك أنواع أخرى... ، ويتكون من منقوع البطاطس 200 غرام، دكستروز 20 غرام، وأجار 20 غرام. مقدمة من CONDALAB Pronadisa، بمدريد، إسبانيا.

الدكستروز: وهو سكر بسيط مصنوع من الذرة وهو مطابق كيميائياً للجلوكوز، سكر الدم. غالباً ما يستخدم الدكستروز في المخبوزات كمحلي ويوجد أيضاً في الأطعمة المصنعة وشراب الذرة .

II 5- تحضير المحاليل وسائط الاستنبات

II 1.5- تحضير حمض الهيدروكلوريك HCl بتركيز 1 نظامي :

نقوم بتحضير 10 ملل من حمض الهيدروكلوريك HCl بتركيز 1 نظامي (النقاوة $P = 37\%$ والكتلة المولية $M = 36.46$ غ/مول، وكثافته $d = 1.19$ ك/غ).

أولا نقوم بحساب تركيز الحمض في القارورة التجارية بالمعادلة التالية:

$$C = (d \times P \times 10) / M \text{ ومنه } C_2 = 12.07N$$

للحصول على تركيز 1 نظامي للحمض نمدد المحلول حسب معادلة التمديد وهي: $C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$

$$\text{ومنه: } V_2 = 0.82 \text{ mL}$$

لنحصل على حمض الهيدروكلوريك ذو 1 نظامي نقوم بإذابة 0.82 ملل من حمض الهيدروكلوريك المركز في

10 ملل من الماء المقطر. [10– 15]

II 2.5- تحضير المحلول منظم لملح الفوسفات

يتم تحضير محلول منظم بتعليق 8 غرام من كلوريد الصوديوم NaCl، و0.2 غرام من كلوريد البوتاسيوم KCl، و1.44 غرام من فوسفات ثنائي الصوديوم Na_2HPO_4 ، و0.24 غرام من فوسفات أحادي البوتاسيوم KH_2PO_4 في الماء المقطر. يتم قياس الرقم الهيدروجيني pH لمحلول المحضر بجهاز قياس الرقم الهيدروجيني المحمول pH metre ST300، مقدم من OHAUS، سويسرا [10– 15]. ونقوم بتعديله إلى أن يصبح $pH = 7$ عن طريق إضافة بضع قطرات من حمض الهيدروكلوريك HCl بتركيز 1 نظامي المحضر مسبقاً. الشكل (II-6).



الشكل (II-6): عملية تحضير المحلول المنظم

II 3.5- تحضير وسط الاستنبات PCA و PDA

- 1- الصفائح العد أجار (PCA): تم إذابة 23.5 غرام في لتر واحد من الماء المقطر. باستعمال جهاز التسخين والرج (Agitateur magnetique chauffant velp)، helloporo، فرنسا.
 - 2- أجار دكستروز البطاطس (PDA): ويتم إذابة 39 غرام في لتر من الماء المقطر. باستعمال جهاز التسخين والرج (Agitateur magnetique chauffant velp)، helloporo، فرنسا.
- ثم نقوم بتعقيمهما وذاك بوضعهما في فرن الضغط Autoclave في درجة حرارة 121 درجة مئوية لمدة 15 دقيقة. (طريقة التحضير موجودة في العبوة كل وسط استنبات)



الشكل (II-6): كيفية تحضير وسط الاستنبات PCA و PDA.

II. 6- برتوكول أخذ عينات الرذاذ الحيوي (Bioaerosol)

II. 1.6- فترة ومدة أخذ العينات

كانت فترة أخذ العينات خلال فصل الشتاء شهري يناير وفبراير من سنتي 2020 و2021. أما المدة فكانت ساعة واحدة. أما التدفق فكان 3 لتر في الدقيقة.

II. 2.6- طريقة تغيير المرشح

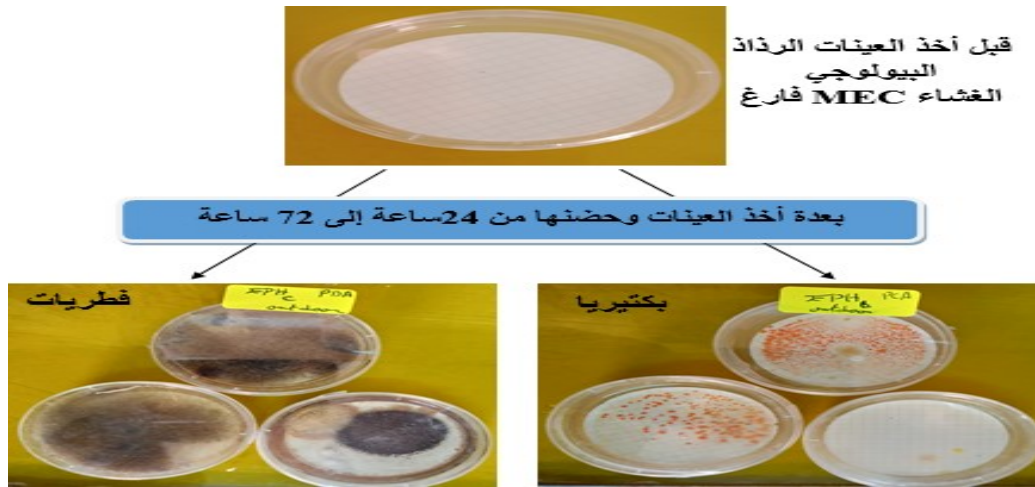
عند تغيير المرشحات أو المحلول المنظم، يجب أن نكون مرتدين القفزات من أجل عدم تأثير وتلويث العينات وتغييره كل مرة. ثم نقوم بوضع المرشح في علبة بيتري بواسطة ملقط عند الترشيح، مع ترميز العينة وتغليفها بورق الألمنيوم، وحفظها في صندوق حفظ العينات في درجة حرارة 4 درجة مئوية لنقلها إلى المخبر، بعدها نقوم بتنظيف الأدوات المستعملة بقطعة من ورق الصحي مبلل بالكحول نسبته 70%، أثناء كل تغيير. وعندما نغير موقع أخذ العينات يجب تعقيم الأدوات في فرن الضغط Autoclave. وعند كل تغير يجب ارتداء قفازات المعقمة لتفادي تلويث العينات.

II. 3.6- كيفية اخذ العينات وقراءة النتائج

تم تنفيذ إجراء أخذ عينات الهواء الحيوي في منطقة ورقلة، خلال فصل الشتاء من يناير إلى فبراير 2021/2020. في الوقت نفسه، تمت مراقبة عوامل الأرصاد الجوية بما في ذلك درجة الحرارة والرطوبة النسبية باستخدام أداة محمولة Pro'sKit MT-4616 LTD، وكذلك مقارنة البيانات التي قدمتها الهيئة الوطنية للأرصاد الجوية أما سرعة الرياح تحصلنا على البيانات من الهيئة الوطنية للأرصاد الجوية. وقد تم سحب عينات الهواء باستخدام مضخة شفط الهواء Gilian Gilair 5. بمعدل تدفق 3 لترات في الدقيقة (لتر/دقيقة)، بالطريقتين الانحشار والارتطام. وتم تمرير الهواء عبر مرشحات استرات السليلوز المختلطة المعقمة (MCE)، بقطر 47 ملم وحجم مسامي 0.22 ميكرومتر لمدة ساعة واحدة. ثم يتم وضع المرشحات مباشرة في علب بيتري تحتوي على وسط الاستنبات PDA أو PCA. وهذا بالنسبة لطريقة الانحشار أو الترشيح. وعند وضع الغشاء يجب تعقيم الحيز بالموقد بنزان Bunsen Burner.

وأما في طريقة الارتطام أو الاصطدام، يتم تمرير الهواء عبر زجاجة الفقاعة والتي به فوهة أنبوبية تسمح للهواء بالدخول والارتطام مع محلول المنظم. وتحتوي زجاجة الفقاعة على حجم 60 ملل من المحلول المنظم، وبعد عملية تمرير الهواء لمدة ساعة واحدة تم عملية ترشيح السائل باستعمال مرشحات أغشية استرات السليلوز المعقمة بواسطة مضخة تفريغ optic-ivymen، مباشرة بعد عملية الترشيح يتم وضع المرشح أغشية استرات السليلوز المعقمة في علبة بيتري المحضرة مسبقا بها وسط الاستنبات.

بعد عملية أخذ العينات، تم نقل علب بيتري على الفور إلى المخبر في صندوق حفظ العينات عند درجة حرارة 4 درجات مئوية. وتختلف درجة حرارة الحضانة وفقا للكائنات الحية الدقيقة التي سيتم عدها، وتم حضان علب بيتري في الحاضنة عند 37 درجة مئوية. ومن 24 إلى 48 ساعة وهي مدة حضان البكتيريا ومن ثلاثة إلى خمسة أيام للفطريات. بعد فترة الحضانة، مبينة في الشكل (5)، ونقوم بقراءة وتحليل النتائج باستخدام عداد قياس مستعمرة Colony counter. حيث يتم عد عدد المستعمرات للبكتيريا والفطريات. والنتائج المتحصل عليها مبينة في الفصل الثالث.



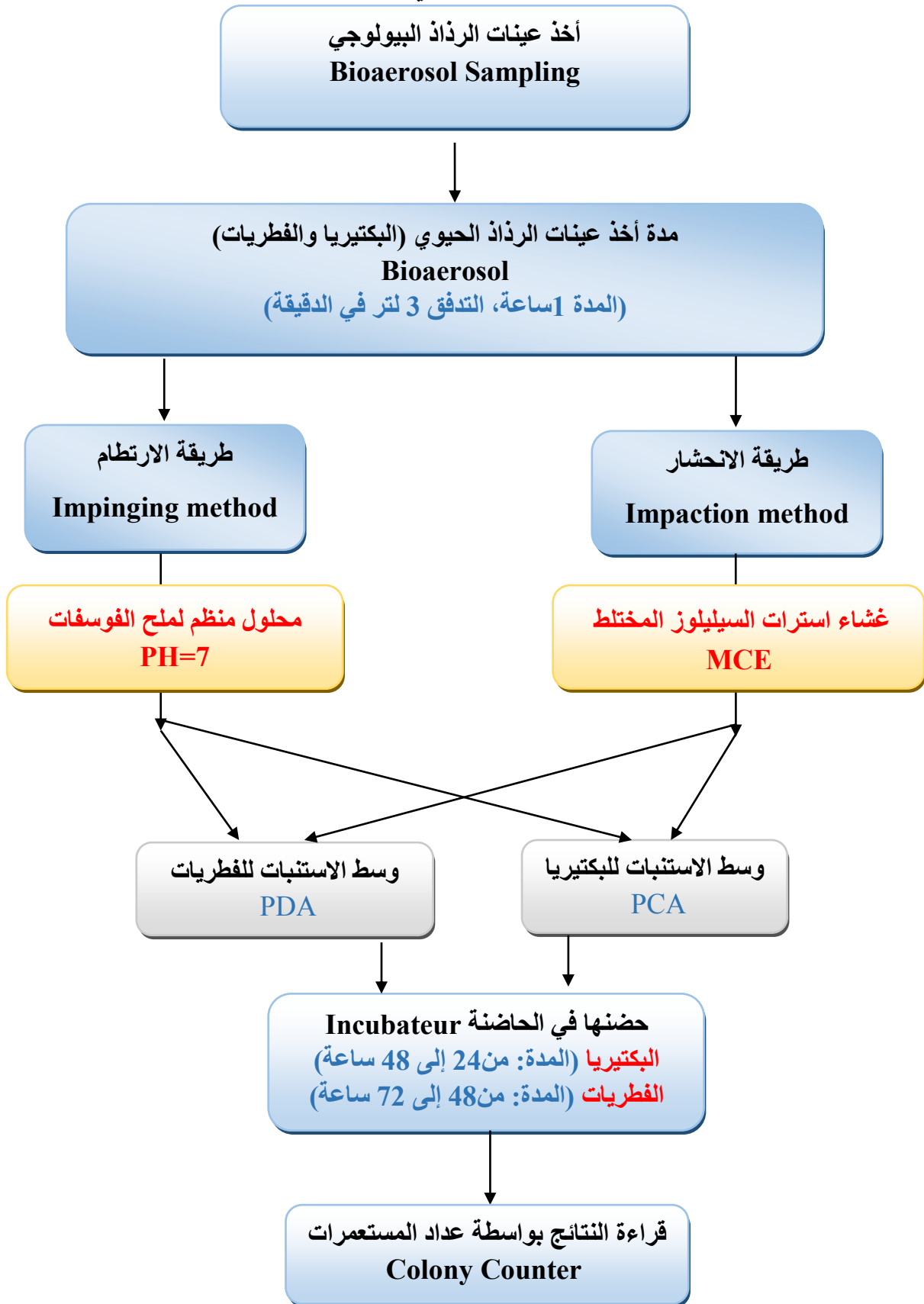
الشكل (II-8): يوضح حالة وسط الاستنبات والغشاء قبل وبعد أخذ العينات وحضانها

ويعبر عن وحدة تشكل المستعمرة البكتيرية أو الفطرية بـ: CFU: Colony Forming Unit. ومنها نقوم بحساب تركيزهما في المتر المكعب (CFU / m^3) بالعلاقة التالية:

$$C = (1000 \times T) / (F \times t).$$

1000 هو عامل التحويل من اللترات إلى المتر المكعب، ويمثل T عدد الهباء الجوي البكتيري، و F هو معدل تدفق المضخة، و t هي مدة أخذ العينات بالدقائق. [10– 15]

7. II - مخطط طرق أخذ ومعالجة عينات الرذاذ البيولوجي



الشكل (10-II): رسم تخطيطي عام لطرق أخذ ومعالجة عينات الرذاذ البيولوجي

المراجع Reference

- [1] Q. Chen *et al.*, “Seasonal characteristics and health risks of PM_{2.5}-bound organic pollutants in industrial and urban areas of a China megacity,” *J. Environ. Manage.*, vol. 245, pp. 273–281, 2019.
- [2] X. Bi, G. Sheng, Y. Chen, and J. Fu, “Size distribution of n-alkanes and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in urban and rural atmospheres of Guangzhou, China,” *Atmos. Environ.*, vol. 39, no. 3, pp. 477–487, 2005.
- [3] L. Rabhi *et al.*, “Polycyclic aromatic hydrocarbons, phthalates, parabens and other environmental contaminants in dust and suspended particulates of Algiers, Algeria,” *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 25, pp. 24253–24265, 2018.
- [4] R. Ladji, N. Yassaa, C. Balducci, A. Cecinato, and B. Y. Meklati, “Annual variation of particulate organic compounds in PM₁₀ in the urban atmosphere of Algiers,” *Atmos. Res.*, vol. 92, no. 2, pp. 258–269, 2009.
- [5] A. Gheriani, A. Boudehane, A. Lounas, C. Balducci, A. Cecinato, and A. Khadraoui, “n - Alkanes and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Deposition Dust and - PM₁₀ of Interiors in Touggourt Region , Algeria,” *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, vol. 83, pp. 226–241, 2022.
- [6] A. Arditoglou and C. Samara, “Levels of total suspended particulate matter and major trace elements in Kosovo: a source identification and apportionment study,” *Chemosphere*, vol. 59, no. 5, pp. 669–678, 2005.
- [7] T. Sandle, “Active Air-Sampling - The Selection Process Made Easy,” *Pharm. Manuf. Packag. Sourcer*, no. July 2005, pp. 30–33, 2005.
- [8] M. Kuske and J. Nicolas, “Les pollutions dans l’air intérieur des bâtiments- Diagnostic-Incidences sur la santé.” 2000.
- [9] F. Azimi, R. Nabizadeh, M. Alimohammadi, and K. Naddafi, “Bacterial

- bioaerosols in the operating rooms: a case study in Tehran Shariati hospital,” *J. Air Pollut. Heal.*, vol. 1, no. 3, pp. 215–218, 2016.
- [10] N. Kalogerakis, D. Paschali, V. Lekaditis, A. Pantidou, K. Eleftheriadis, and M. Lazaridis, “Indoor air quality - Bioaerosol measurements in domestic and office premises,” *J. Aerosol Sci.*, vol. 36, pp. 751–761, 2005.
- [11] F. Bolookata, M. S. Hassanvand, S. Faridi, M. Hadei, M. Rahmatinia, and M. Alimohammadi, “Assessment of bioaerosol particle characteristics at different hospital wards and operating theaters: A case study in Tehran,” *MethodsX*, vol. 5, pp. 1588–1596, 2018.
- [12] A. Faramarz, R. Nabizadeh, M. Alimohammadi, and Kazem. Naddaf, “Bacterial Bioaerosols in the Operating Rooms: a Case Study in Tehran Shariati Hospital,” *J. Air Pollut. Heal.*, vol. 3, pp. 215–218, 2016.
- [13] Y. Gilbert and C. Duchaine, “Bioaerosols in industrial environments: A review,” *Can. J. Civ. Eng.*, vol. 36, no. 12, pp. 1873–1886, 2009.
- [14] R. M. Harrison *et al.*, “Climate factors influencing bacterial count in background air samples,” *Int. J. Biometeorol.*, vol. 49, pp. 167–178, 2005.
- [15] P. Morissette, “Évolution de la qualité microbienne de l’air circulant dans les centrales de traitement de l’air (CTA) d’un centre hospitalier,” LAVAL UNIVERSITÉ, 2020.

الفصل الثاني:

النتائج والمناقشة الرذاذ البيولوجي

III- المقدمة

يعد تلوث الهواء أحد أعظم الآفات في عصرنا، وهذا على مدار الخمسين عامًا الماضية، أظهرت جودة الهواء العالمية انخفاضًا، أصبح وجود الرذاذ في الهواء مصدر قلق كبير لفترة طويلة ليس بسبب تأثيره على تغير المناخ فحسب، بل أيضًا بسبب تأثيره على الصحة العامة والفردية بسبب زيادة معدلات الإصابة بالأمراض والوفيات [1]. وتتبعث من مصادر مباشر للأنشطة البشرية مثل حرق الكتلة الحيوية والعمليات الصناعية [2].

وينبعث من الرذاذ الجوي الحيوي مصادر طبيعية ويسمى الرذاذ البيولوجي، المعروف أيضًا باسم الرذاذ الجوي الحيوي، عبارة عن جزيئات من أصل ميكروبي أو حيواني أو نباتي معلقة في الهواء [3]. [4]. يمكن أن تشمل البكتيريا والنباتات والفطريات والحيوانات والجراثيم والطفيليات وحبوب اللقاح النباتية [5, 6]. يمكن العثور على الرذاذ البيولوجي في البيئات الداخلية والخارجية [3]، وتتراوح أحجامها من 0.02 إلى 100 ميكرومتر. يمكن أن يؤثر على صحة الإنسان ويؤدي إلى التهابات بدون أعراض ظاهرية، والحساسية، والربو، والتهاب الأنف، والتفاعلات السامة [7-9]

ويتأثر الرذاذ البيولوجي في الهواء الداخلي والخارجي بعوامل مختلفة. يمكن للأنشطة مثل حركة المرور والبناء وتجمعات الناس في المناطق الحضرية أن تزيد بشكل كبير من تركيز البكتيريا والفطريات في البيئة الخارجية [10-12]. ويمكن أن تؤثر الظروف البيئية مثل الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة وسرعة الرياح أيضًا على كمية ونوعية الكائنات الحية الدقيقة في الهواء [9, 13, 14]. بالإضافة إلى ذلك، يمكن لأنظمة تكييف الهواء في الأماكن المغلقة، والعوامل الموسمية، والظروف الجوية (شمسة أو ممطرة)، والتهوية غير الكافية أن تؤثر على مستويات الهباء الحيوي [15, 16]، أيضا تختلف كمية ونوعية الميكروبات المحمولة جواً اعتماداً على الوقت من اليوم والسنة والموقع الجغرافي [17, 18]. وتستخدم قيم النسبة الداخلية على الخارجية للبكتيريا أو الفطريات ($r=I/O$) بشكل شائع لتحديد مصادر انبعاثات الرذاذ الحيوي. تشير قيمة النسبة البكتيرية أو الفطرية الأقل من 1 إلى أن الهواء الخارجي هو المصدر الأساسي، بينما تشير قيمة النسبة الأكبر من 1 إلى مصادر داخلية. [14, 19]

III.1- تفسير ومناقشة نتائج الرذاذ البيولوجي (Bioaerosols)

وأظهرت النتائج المتحصل عليها أن تركيز الرذاذ الحيوي من أصل بيولوجي، وهي كل من البكتيريا والفطريات المحمولة جواً، في الهواء الداخلي والخارجي لبيئات صناعية وحضرية في منطقة ورقلة خلال فصل الشتاء لعامي 2020 و2021. الجدول (III-1) يظهر النتائج المتحصل عليها.

الجدول (III-1): مستويات تركيز البكتيريا والفطريات المحمولة جوا في الهواء الداخلي والخارجي لبيئات صناعية وحضرية في منطقة ورقلة.

SI: مخبر المراقبة والقياس بالمحطة في الشركة الوطنية سوناطراك، SO: الفناء الخارجي للمحطة بالشركة الوطنية سوناطراك، EI: محطة معالجة مياه الشرب في قاعدة الحياة لشركة الوطنية لحفر الآبار، EO: الفناء الخارجي لمحطة بالشركة الوطنية لحفر الآبار، HI: قاعة الانتظار بمصلحة الوقاية والعلاج لمرضى السرطان في المستشفى، HO: الفناء الخارجي للمستشفى، LI: غرفة المعيشة بالمنزل، LO: فناء المنزل، FI: متجر بيع الإكسسوار للسيارات بمحطة الوقود، FO: محطة التزود بالوقود.

عوامل الأرصاد الجوية			تركيز الفطريات بـ (CFU/m ³)		تركيز البكتيريا بـ (CFU/m ³)		الموقع
سرعة الرياح V (m/s)	الرطوبة النسبية RH (%)	درجة الحرارة T (C°)	طريقة الارتطام	طريقة الانحشار	طريقة الارتطام	طريقة الانحشار	
6	32	14	لا توجد	56	29	35	SI
7	17	18	1.8	50	32	50	SO
2	30	19	لا توجد	5.6	750	37	EI
1.4	29	13	لا توجد	لا توجد	29	28	EO
3.4	44	17	3.7	83	1039	250	HI
1.5	34	8	لا توجد	28	150	183	HO
2	56	8	لا توجد	17	339	83	LI
1.5	44	7	22	106	18	61	LO
2.1	37	14	لا توجد	17	206	89	FI
1.7	45	14	لا توجد	5.6	67	78	FO

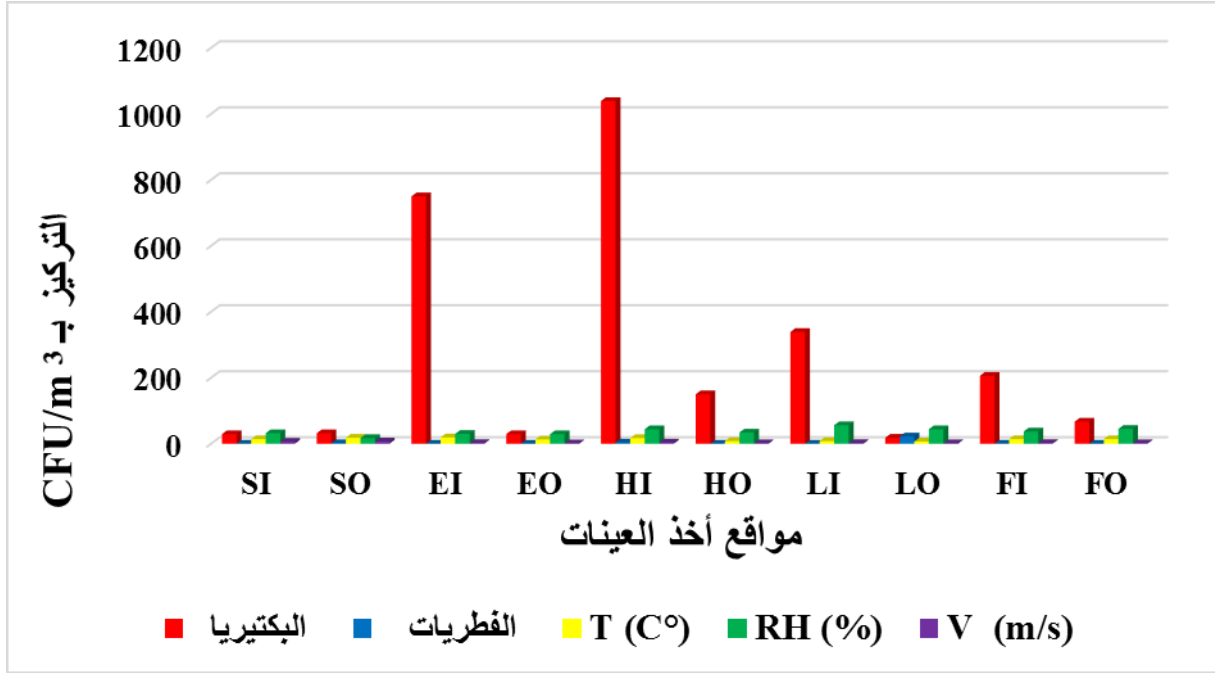
الجدول (III-2): تحديد مصادر البكتيريا والفطريات المحمولة جوا في الهواء الداخلي والخارجي لبيئات صناعية وحضرية في منطقة ورقلة.

S : الشركة الوطنية سوناطراك، E : الشركة الوطنية لحفر الآبار ، H : المستشفى، L: المنزل، F: محطة التزود بالوقود مصطفىاوي.

ratio I/O للفطريات		ratio I/O للبكتيريا		الموقع
طريقة الارتطام	طريقة الانحشار	طريقة الارتطام	طريقة الانحشار	
0	1.12	0.9	0.7	S
0	0	25.86	1.321	E
0	2.964	6.92	1.36	H
0	0.16	18.83	1.36	L
0	3.036	3.07	1.14	F

III 1.2- تفسير نتائج طريقة الارتطام Impingers

تراوح تركيز البكتيريا والفطريات المحمولة جوا في الهواء الداخلي من 29 إلى 1039 وحدة التشكل للمستعمرة في متر مكعب بالنسبة للبكتيريا. أما بالنسبة للفطريات فتم العثور عليها في الهواء الداخلي للمستشفى في قاعة الانتظار بمصلحة الوقاية ومعالجة مرضى السرطان (HI) بتركيز 3.7 وحدة تشكل للمستعمرة في متر مكعب، وعدم وجودها في الأماكن أخرى. أما متوسط درجة الحرارة، والرطوبة النسبية في البيئات الداخلية فكان 16.5 درجة مئوية، و31% على التوالي وهذا في المناطق الصناعية، أما في المناطق الحضرية فكانت 13 درجة مئوية، و45.66%. وتراوح سرعة الرياح 3.1 م/ث. وممثلة في الشكل (III-1).



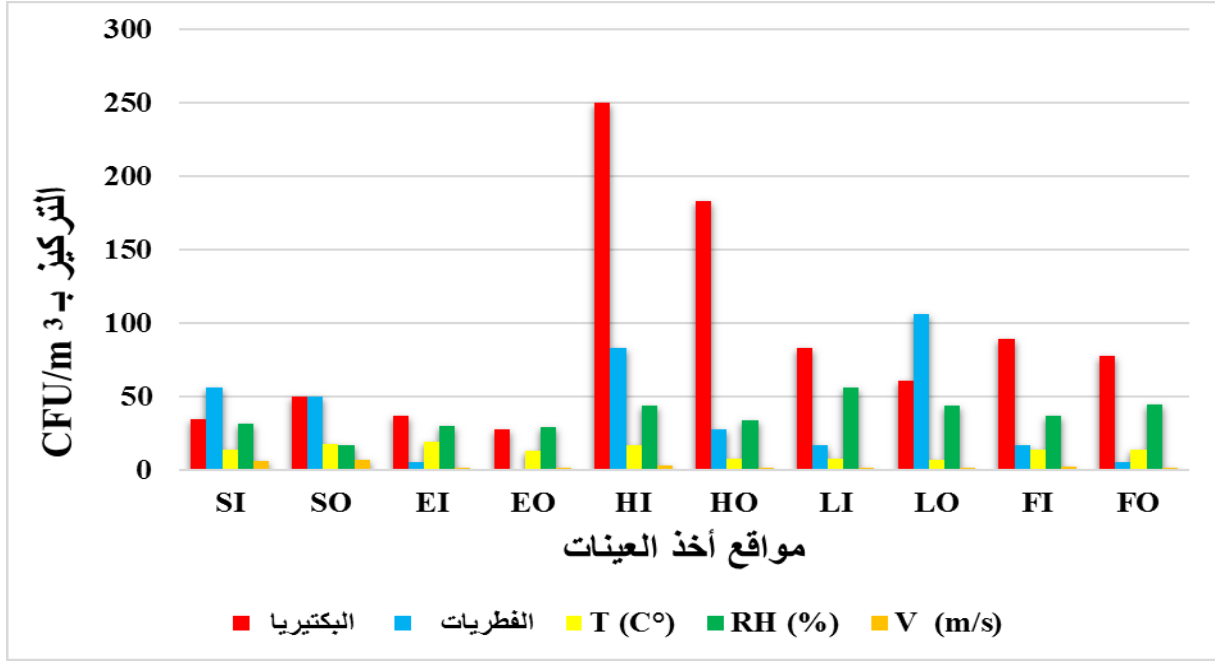
الشكل (III-1): يوضح التركيز البكتيري والفطريات المحمولة جواً في الهواء بطريقة الارتظام T : درجة الحرارة، RH : نسبة الرطوبة، V : سرعة الرياح، SI : مخبر المراقبة والقياس بالشركة الوطنية سوناطراك، SO : الفناء الخارجي للمحطة بالشركة الوطنية سوناطراك، EI : محطة معالجة مياه الشرب في قاعدة الحياة لشركة الوطنية لحفر الآبار، EO : الفناء الخارجي للمحطة بالشركة الوطنية لحفر الآبار، HI : قاعة الانتظار بمصلحة الوقاية والعلاج لمرضى السرطان في المستشفى، HO : الفناء الخارجي للمستشفى، LI : غرفة المعيشة بالمنزل، LO : فناء المنزل، FI : متجر بيع الأكسسوار السيارات بمحطة الوقود، FO : محطة التزود بالوقود مصطفىاوي.

وتم تسجيل أعلى تركيز للبكتيريا (الأماكن المغلقة) في قاعة الانتظار بمصلحة الوقاية ومعالجة مرضى السرطان بالمستشفى محمد بوضياف (HI) وفي محطة معالجة مياه الشرب في قاعدة الحياة لشركة الوطنية لحفر الآبار (EI) فتراوحت بـ 1039 و 750 وحدة تشكل للمستعمرة في متر مكعب على التوالي. وقدرت في غرفة المعيشة بالمنزل (LI) بـ 339 وحدة تشكل للمستعمرة في متر مكعب، ومتجر بمحطة الوقود (FI) بـ 206 وحدة تشكل للمستعمرة في متر مكعب. وكان اقل تركيز للبكتيريا في الهواء الداخلي بمخبر المراقبة وقياس بالشركة الوطنية سوناطراك حوض بركاوي (SI) 29 وحدة تشكل للمستعمرة في متر مكعب. أما الفطريات تم تحديدها إلا في مستشفى بتركيز 3.7 وحدة تشكل للمستعمرة في متر مكعب، ولم يتم العثور على الفطريات في الهواء الداخلي للمواقع الأخرى: في محطة معالجة مياه الشرب في قاعدة الحياة لشركة الوطنية لحفر الآبار (EI) وغرفة المعيشة بالمنزل (LI) ومتجر بمحطة بالوقود (FI).

تراوحت تركيزات البكتيريا والفطريات في الهواء الطلق في مواقع الدراسة من 18 إلى 150 وحدة تشكيل مستعمرة في المتر مكعب، و1.8 إلى 22 وحدة تشكيل مستعمرة في المتر مكعب، على التوالي. وتراوحت درجات الحرارة في الخارج من 7 إلى 19 درجة مئوية، والرطوبة النسبية من 17 إلى 45%، وسرعة الرياح من 1.4 إلى 7 متر في الثانية. تم تسجيل أعلى تركيز للبكتيريا في الهواء الطلق في فناء الخارجي للمستشفى (HO) بـ 150 وحدة تشكيل مستعمرة في المتر مكعب. أما بالنسبة للفطريات فكانت أكبر قيمة في الفناء الخارجي للمنزل (LO) بـ 22 وحدة تشكيل مستعمرة في المتر مكعب. وكانت أقل تراكيز للبكتيريا في الهواء الطلق في كل من فناء الخارجي للمنزل (LO) بـ 18 وحدة تشكيل مستعمرة في المتر مكعب، والفناء الخارجي للمحطة بالشركة الوطنية لحفر الآبار (EO) بـ 29 وحدة تشكيل مستعمرة في المتر مكعب، الفناء الخارجي للمحطة بالشركة الوطنية سوناطراك (SO) بـ 32 وحدة تشكيل مستعمرة في المتر مكعب، محطة التزود بالوقود (FO) بـ 67 وحدة تشكيل مستعمرة في المتر مكعب. أما بالنسبة للفطريات فكانت أقل التركيز لها في الفناء الخارجي للمحطة بالشركة الوطنية سوناطراك (SO) بـ 1.8 وحدة تشكيل مستعمرة في المتر مكعب، وعدم وجودها (انعدامها) في الهواء الطلق في جميع لمواقع الأخرى: فناء الخارجي للمستشفى (HO)، وفناء الخارجي لشركة الوطنية لحفرة الآبار (EO).

III 2.2- تفسير النتائج طريقة الانحشار Impacter

وتراوحت تراكيز البكتيريا والفطريات المحمولة جوا في الهواء الداخلي من 35 إلى 250 وحدة التشكل للمستعمرة في متر مكعب بالنسبة للبكتيريا. أما بالنسبة للفطريات فتراوحت بين 6.5 إلى 83 وحدة التشكل للمستعمرة في متر مكعب. أما متوسط درجة الحرارة درجات الحرارة، والرطوبة النسبية في البيئات الداخلية فكان 16.5 درجة مئوية، و31% على التوالي وهذا في المناطق الصناعية، أما في المناطق الحضرية فكانت 13 درجة مئوية، و45.66%. وتراوحت سرعة الرياح بـ 3.1 م/ث. الممثلة في الشكل (2-III).



الشكل (III-2): التركيز البكتيريا والفطريات المحمولة جواً في الهواء بطريقة الانحشار

T : درجة الحرارة، RH : نسبة الرطوبة، V : سرعة الرياح، SI : مخبر المراقبة والقياس بالشركة الوطنية سوناطراك، SO : الفناء الخارجي للمحطة بالشركة الوطنية سوناطراك، EI : محطة معالجة مياه الشرب في قاعدة الحياة لشركة الوطنية لحفر الآبار، EO : الفناء الخارجي للمحطة بالشركة الوطنية لحفر الآبار، HI : قاعة الانتظار بمصلحة الوقاية والعلاج لمرضى السرطان في المستشفى، HO : الفناء الخارجي للمستشفى، LI : غرفة المعيشة بالمنزل، LO : فناء المنزل، FI : متجر بيع الإكسسوار السيارات بمحطة الوقود، FO : محطة التزود بالوقود مصطفىوي.

وتم تسجيل أعلى تركيز للبكتيريا والفطريات المحمولة جواً في الهواء الداخلي (بالأماكن المغلقة) في قاعة الانتظار بمصلحة الوقاية ومعالجة مرضى السرطان بالمستشفى محمد بوضياف (HI) فتراوح تركيز البكتيريا والفطريات بـ 250 و 83 وحدة تشكل للمستعمرة في متر مكعب على التوالي. وكان أقل تركيز للبكتيريا المحمولة جواً في الهواء الداخلي بمخبر المراقبة وقياس بالشركة الوطنية سوناطراك حوض بركاوي (SI) 35 وحدة تشكل للمستعمرة في متر مكعب، أما أقل تركيز للفطريات كان في محطة معالجة مياه الشرب في قاعدة الحياة لشركة الوطنية لحفر الآبار (EI) عند 5.6 وحدة تشكل للمستعمرة في متر مكعب. وتم العثور على البكتيريا والفطريات في الهواء الداخلي للمواقع الأخرى بتراكيز متفاوتة، وقدرت تراكيز البكتيريا والفطريات في غرفة المعيشة بالمنزل (LI) بـ 83 و 17 وحدة تشكل للمستعمرة في متر مكعب، على التوالي، ومتجر بيع الإكسسوار السيارات بمحطة الوقود (FI) بـ 89 و 17 وحدة تشكل للمستعمرة في متر مكعب.

وتراوحت تراكيز البكتيريا والفطريات المحمولة جواً في الهواء الطلق (الهواء الخارجي) من 28 إلى 183 وحدة تشكيل مستعمرة في المتر مكعب و5.6 إلى 106 وحدة تشكيل مستعمرة في المتر مكعب، على التوالي. وتراوحت درجات الحرارة في الخارج من 7 إلى 19 درجة مئوية، وتراوحت الرطوبة النسبية من 17 إلى 45%، وتراوحت سرعة الرياح من 1.4 إلى 7 متر في الثانية. وقد تم تسجيل أعلى تركيز للبكتيريا في الهواء الطلق في الهواء (الخارجي) بـ 183 وحدة تشكيل مستعمرة في المتر مكعب (CFU/m^3) في الفناء الخارجي للمستشفى (Ho). أما أعلى تركيز للفطريات فكان في الفناء الخارجي للمنزل (LO) بـ 106 وحدة تشكيل مستعمرة في المتر مكعب، تم العثور على أقل تركيز للفطريات عند 5.6 وحدة تشكيل مستعمرة في المتر مكعب في الهواء الخارجي في محطة التزود بالوقود (FO)، وفي الفناء الخارجي لشركة الوطنية لحفر الآبار (EO)، وعدم وجودها في الهواء الطلق في الفناء الخارجي لشركة الوطنية لحفر الآبار (EO).

III. 3.2- مناقشة النتائج

ويمكن أن نفسر الاختلاف في تركيز الفطريات والبكتيريا في الهواء الداخلي أو الطلق إلى عوامل أخرى مثل وجود الأشجار وتربية الحيوانات والإسطبلات الموجودة في المنازل المجاورة، وقرب محطة ضخ الصرف الصحي من مواقع اخذ العينات، أيضاً المكان (لموقع الجغرافي) والزمان. ويمكن أن تؤثر هذه العوامل أيضاً على جودة الهواء الداخلي. بحيث تنتقل بفعل حركة الأشخاص. ويعود سبب انخفاض تركيز الفطريات في محطة الوقود إلى حركة السيارات والشاحنات (الغازات مطروحة من العوادم)، وتشبع الهواء بذرات الغبار. كما تبين أن هناك علاقة عكسية بين درجة الحرارة والرطوبة النسبية في البيئتين الداخلية والخارجية. ويلعب الموقع الجغرافي والظروف المناخية أدواراً حاسمة في تحديد تركيز البكتيريا والفطريات في الهواء الطلق والداخلي (الأماكن المغلقة). كما للرياح دوراً مهماً في عملية نقل الرذاذ الجوي من وإلى بيئة أخرى مما يسبب تلوثاً، أيضاً نقص تهوية والأمراض المتنقلة مثل فيروس كورونا. حيث تجاوزت تراكيز البكتيريا والفطريات داخل المستشفى وشركة الحفر الوطنية المستويات الموصى بها من قبل NIOSH [20]. ووفقاً لتوصيات ACGIH و Rao [21, 22]، يجب ألا يتجاوز العدد الإجمالي للبكتيريا 500 وحدة تشكيل مستعمرة في المتر مكعب، في حين يجب ألا يتجاوز العدد الإجمالي للفطريات 200 وحدة تشكيل مستعمرة في المتر مكعب.

يمكن أن تختلف تبعاً للموسم والموقع والتعرض للغبار في البيئات الصحراوية التي تلعب أدواراً مهمة في تحديد تركيز الرذاذ البيولوجي في الهواء الداخلي والخارجي، ويمكن أن تؤثر أيضاً على مستويات الرذاذ الداخلي والخارجي. يتأثر تركيز الرذاذ البيولوجي (البكتيريا والفطريات المحمول جواً)

بالعوامل الحركية، والتركيب الكيميائي الذي يحتوي على مركبات عضوية وغير عضوية، وعوامل الأرصاد الجوية. وهذا ما أثبتته الدراسات السابقة حول اختلاف تركيز الرذاذ البيولوجي حسب فصول السنة والأرصاد الجوية [23, 24]. تم الإبلاغ عن نتائج مماثلة في دراسات أخرى، والتي أظهرت أن تركيز الهباء الحيوي يختلف باختلاف الموسم الفصل السائد والظروف المناخية [25]. يتأثر تركيز الرذاذ الجوي الحيوي بعوامل مثل الجغرافيا والمناخ والتعرض لعوامل الأرصاد الجوية. يمكن لعوامل مثل الغبار في البيئات الصحراوية أن تؤثر على مستويات الرذاذ البيولوجي الجوي الداخلي والخارجي [26–28]. في تركيا تم العثور على أعلى مستوى من البكتيريا المحمولة جواً في الهواء الطلق في الخريف [29] ، بينما وجدت أبحاث أخرى أن أعلى مستويات البكتيريا المحمولة جواً تم تسجيلها في فصل الصيف. [30]

كما أظهرت دراسات أخرى أن هناك عوامل أخرى تؤثر على تركيز الرذاذ الحيوي في البيئات الداخلية وهي الكثافة السكانية والاحتفاظ في بعض المرافق العامة: كما وجد اختلاف في تركيز الرذاذ الحيوي في رياض الأطفال في رشت (إيران) وذلك بسبب عدد الأطفال والعمال وعملية التهوية [15]، وكذلك دور رعاية المسنين والمهاجع المدرسية في طهران (إيران) [31]، ودور الحضانة والمدارس الابتدائية في فرنسا [32]. ويرجع ذلك إلى كثافة وعدد الأطفال. وقد وجد أيضاً أن تركيز الرذاذ الجوي داخل غرف الرعاية بالمستشفيات في الولايات المتحدة الأمريكية تأثر بأنشطة مثل تنظيف الحمامات، وأوقات الزيارة، و مواد التطهير المستعملة، توادي إلى تشكل رذاذ يمكن أن يستمر لأكثر من 30 دقيقة بعد التنظيف. وكان قطر الجسيم المقاس 0.3 ميكرومتر. [33, 34]

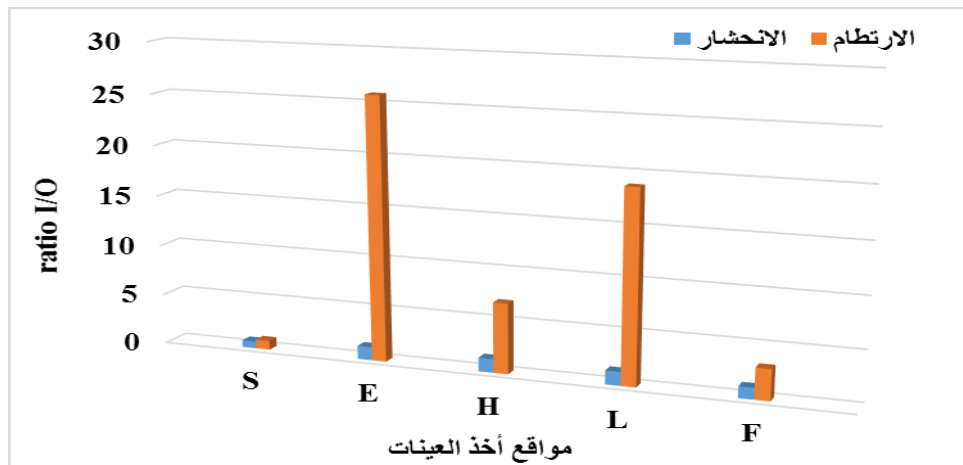
وفي دراسة أخرى، كان متوسط التركيز الفطري الداخلي المرصود 35.33 وحدة تشكيل مستعمرة/م³، وهو أقل من متوسط تركيز الفطريات الذي يتراوح من 50 إلى 230 وحدة تشكيل مستعمرة في المتر مكعب [35]، ولكنه مشابه لمتوسط التركيزات البالغة 40 وحدة تشكيل مستعمرة في المتر مكعب التي لاحظها Taekhee Lee في ستة منازل لأسرة واحدة في منطقة العاصمة سينسيناتي (جنوب غرب أوهايو وشمال كنتاكي) و.م.أ [30]. يمكن أن يختلف تركيز الفطريات حسب نظافة الشقة أو وجود العفن فيها وغيرها من الظروف. على سبيل المثال، في جليفيتش، سيليزيا العليا، بولندا، كان الحد الأقصى للتركيز في الربيع 306 وحدة تشكيل مستعمرة في المتر مكعب، وكان الحد الأدنى للتركيز في الشتاء 49 وحدة تشكيل مستعمرة في المتر مكعب [36]. بشكل عام، قد تساهم الظروف المناخية مثل درجات الحرارة المنخفضة وهطول الأمطار وتساقط الثلوج في انخفاض مستويات البكتيريا في الهواء الخارجي [29, 32, 37, 38]. وفي تركيا، تم العثور على أعلى مستوى من البكتيريا المحمولة جواً في

الهواء الطلق في فصل الخريف [29] ، في حين وجدت أبحاث أخرى أن أعلى مستويات البكتيريا المحمولة جواً تم تسجيلها في فصل الصيف. [30]

من المهم ملاحظة أنه لا توجد حالياً معايير أو مبادئ توجيهية مقبولة عالمياً لتركيزات الهباء الحيوي والتعرض له. هناك حاجة إلى مزيد من البحث لتحديد المستويات المقبولة من الملوثات. اقترح بعض الباحثين أن تركيز البكتيريا المحمولة جواً في الهواء الخارجي يجب ألا يتجاوز 5000 وحدة تشكيل مستعمرة في المتر مكعب أو الحد الأقصى للمستويات التنظيمية للهباء البكتيري. كانت تركيزات الرداذ الجوي التي لوحظت في دراستنا أقل من المعايير المقترحة لـ IRSST، والتي أوصت بحد أقصى 1000 وحدة تشكيل مستعمرة في المتر مكعب. [29]

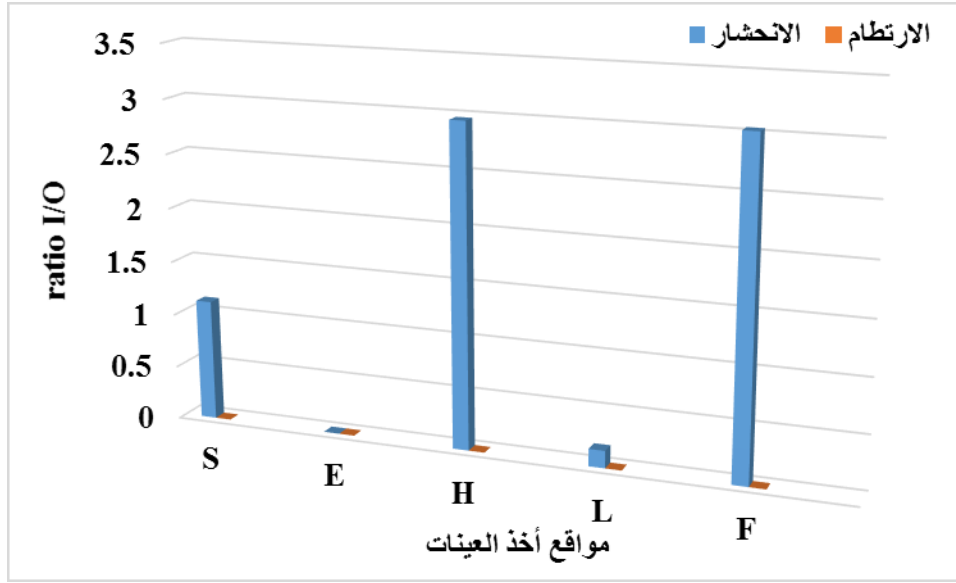
III. 3- تحديد مصادر البكتيريا والفطريات

تُستخدم قيم نسبة ($O/I = r$) تركيز البكتيريا أو الفطريات الداخلية على تركيز البكتيريا أو الفطريات الخارجية بشكل شائع لتحديد مصادر انبعاثات الرداذ الجوي الحيوي أو البيولوجي (Bioaerosol). إذا كانت نسبة الإدخال/الإخراج أقل من 1، فهذا يشير إلى أن الهواء الخارجي هو مصدر البكتيريا المحمولة جواً. من ناحية أخرى، إذا كانت النسبة أكبر من 1، فهذا يشير إلى أن البيئة الداخلية هي المسؤولة عن البكتيريا [29, 39]. وتظهر النتائج في الجدول (III-2).



الشكل (III-3): يوضح قيم النسبة $O/I=r$ لتحديد المصادر البكتيرية المحمولة جواً.

S : الشركة الوطنية سوناطراك، E : الشركة الوطنية لحفر الآبار ، H : المستشفى، L : المنزل، F : محطة التزود بالوقود مصطفىاوي.



الشكل (III-4): يوضح قيم النسبة $O/I=r$ لتحديد المصادر الفطريات المحمولة جواً.

S : الشركة الوطنية سوناطراك، E : الشركة الوطنية لحفر الآبار ، H : المستشفى، L : المنزل، F : محطة التزود بالوقود مصطفىاوي.

III. 1.3- مصادر البكتيريا

ووفقاً لنتائج هذه الدراسة، كما هو مبين في الشكل (III-3)، تراوحت قيم نسبة ratio I/O للبكتيريا من 1.14 إلى 25.5 في جميع المناطق كانت أكبر من 1 مما يثبت أن مصادر البكتيريا المحمولة جواً في الأماكن المغلقة (البيئات الداخلية)، باستثناء المنطقة الصناعية (S) الشركة الوطنية سوناطراك كانت قيم النسبة أقل من 1 بـ $r = 0.7$ و 0.9 بطريقتين مما يشير إلى أن الهواء الطلق أو البيئات الخارجية هي مصدر انبعاث الرذاذ الحيوي، وهذا يعني أن الهواء الداخلي يمكن أن يتلوث بالبكتيريا المحمولة جواً من الخارج من خلال التهوية الطبيعية. كما نستشهد بدراسات السابقة. وقد تحصلوا على نتائج مماثلة في المدارس الابتدائية الحضرية والريفية في لشبونة، البرتغال (النسبة $r = 2.1$) [33]، وفي دار رعاية للمسنين والمجمع المدرسي في طهران، إيران وجدو (قيم النسبة $r = 1.44$ و 1.77 ، على التوالي) [40]. وتشير هذه الدراسات إلى أن مصدر الانبعاث الرئيسي للهباء البكتيري في هذه البيئات هو الهواء الداخلي. كما تم العثور على ارتباطات إيجابية بين تركيزات الرذاذ الجوي البكتيري في الهواء الطلق في المناطق الحضرية [14, 37, 38]. أيضاً في مقاطعة شيان، شمال غرب الصين، لوحظ أن تركيزات $PM_{2.5}$ تؤثر على الرذاذ الجوي الحيوي [12, 27, 41]. إن وجود أنظمة التهوية وأجهزة تكييف الهواء واستخدام المطهرات مثل بخاخات ClO_2 يمكن أن يؤثر أيضاً على مستويات الرذاذ الجوي البكتيري في الهواء

الداخلي، والذي يظهر بشكل شائع في المدارس ورياض الأطفال، والمستشفيات ومباني، والمكاتب [42]. علاوة على ذلك، يمكن أن تساهم الكثافة العالية للمرضى في المستشفيات أثناء أوقات الزيارة إلى زيادة في عدد البكتيريا المحمولة في الهواء الداخلي، كما رأينا خلال جائحة فيروس كورونا الاحتفاظ في المستشفيات. [17, 36, 43]

III. 2.3- مصادر الفطريات

ووفقاً لنتائج هذه الدراسة، كما هو مبين في الشكل (III-4)، تراوحت قيم نسبة الفطريات الداخلية إلى الخارجية نسبة ($I/O=r$) من 0.16 إلى 3.036، وكانت قيم نسبة الفطريات المحمولة جواً أقل من 1 ($r > 1$) في المنزل (L) ($0.16:r$) والشركة الوطنية لحفر الآبار (E)، مما يشير إلى أن الهواء الخارجي كان بمثابة المصدر الرئيسي لوجود الفطريات. مما يشير إلى الظروف المواتية لنمو الفطريات في الداخل. وكانت قيم نسبة الإدخال/الإخراج للفطريات المحمولة جواً أكبر من 1 ($r < 1$) في كل من الشركة الوطنية سوناطراك (S) والمستشفى (H) ومحطة الوقود (F)، مما يشير إلى أن الفطريات المحمولة جواً يمكن أن تعمل كملوثات. وقد تتواجد الفطريات في البيئات الداخلية من خلال أنظمة التهوية أو ملوثات الناشئة عن الأنشطة البشرية أو من مصادر داخلية. قامت دراسات أخرى أجراها الباحثون أيضاً بفحص الرذاذ الجوي الفطري وحددت عوامل مثل الموقع والموسم، وخاصة الربيع والشتاء، باعتبارها مؤثرة في المصادر الفطرية. تتوافق هذه النتائج مع النتائج التي تم الحصول عليها في المنازل الفنلندية، حيث كانت التركيزات الفطرية أعلى خلال فصلي الربيع والخريف وليس خلال الظروف المناخية القاسية مثل الصيف والشتاء [15, 44, 45]. تتوافق هذه الملاحظة مع نتائج المدارس الابتدائية الحضرية والريفية في لشبونة، البرتغال ($r: 0.7$) [33]. علاوة على ذلك، في دراسة أجريت على 16 شقة مختلفة في كل من فرجينيا الغربية وماين، الواقعة في شمال شرق الولايات المتحدة حيث لوحظت أعلى نسبة إدخال/إخراج فطري تصل إلى 200 [25]. تشير هذه النتائج إلى أن انتقال الجراثيم الفطرية إلى الداخل من خلال تسرب الهواء من أنظمة التهوية. بالإضافة إلى ذلك، أفاد شيلتون وزملاؤه أن التركيزات القصوى للفطريات لوحظت في الصيف والخريف، بينما لوحظت أقل التركيزات في الربيع. كما توصل إليها مادسن وآخرون. حيث يدعم بفكرة أن الرذاذ الجوي الفطري يمكن أن يتكون من جزيئات قابلة للحياة، وتشكل مستعمرة، بالإضافة إلى جزيئات غير قابلة للحياة، وكلاهما يمكن أن يكون له آثار صحية في البيئات الداخلية. يتعرض الناس لمختلف أنواع الفطريات، كما وجد علاقة بين الرطوبة وتركيز الفطريات وترتبط الرطوبة المرتفعة بزيادة أعراض الجهاز التنفسي. [4, 30, 43, 46, 47]

الخاتمة

في دراستنا، قمنا بدراسة تركيز الرذاذ البيولوجي البكتيري والفطري في الهواء الداخلي والخارجي للمناطق الحضرية والصناعية في ورقلة، الجزائر، خلال شتاء عامي 2020 و2021. ووجدنا اختلافات كبيرة في التركيز، والتي تأثرت بعوامل الأرصاد الجوية. وقد لوحظت أعلى التركيزات البكتيرية في الرذاذ البيولوجي في الهواء الداخلي للمستشفى بـ 1039 وحدة تشكيل مستعمرة/م³، وفي حين كانت أدنى تركيز في الهواء الداخلي لشركة سوناطراك الوطنية بـ 29.4 وحدة تشكيل مستعمرة/م³. وتم تسجيل أعلى تركيز للرذاذ البيولوجي في الهواء الطلق بالفناء الخارجي للمستشفى بـ 150 وحدة تشكيل مستعمرة/م³، أما أدنى تركيز كان في الفناء الخارجي للمنزل بـ 18 وحدة تشكيل مستعمرة/م³. وبشكل عام، يمكن الاستنتاج أن الهواء في ورقلة نظيف نسبياً وذو نوعية جيدة، باستثناء مواقع محددة مثل المستشفى والشركة الوطنية للحفر، حيث تجاوز تركيز الرذاذ الجوي (البكتيريا والفطريات) الحدود الموصى بها وهي 500 وحدة تشكيل مستعمرة/م³ و200 وحدة تشكيل مستعمرة/م³، على النحو المقترح من قبل ACGIH ومنظمة الصحة العالمية. ويمكن اعتبار هذه المناطق تشكل خطراً من حيث تلوث الهواء، وخاصة على صحة المرضى والعمال، حيث تشير التركيزات العالية من الهباء الحيوي إلى سوء نوعية الهواء الداخلي، مما يوفر ظروفاً مواتية لنمو البكتيريا والفطريات.

علاوة على ذلك، كشفت دراستنا عن وجود علاقة بين تركيز الرذاذ الجوي وعوامل الأرصاد الجوية، بما في ذلك درجة الحرارة والرطوبة النسبية وسرعة الرياح. بالإضافة إلى ذلك، لعب الموقع الجغرافي للمناطق دوراً مهماً أيضاً. وجد أن قيم نسبة البكتيريا الداخلية والخارجية ($r = I/O$) أكبر من 1، مما يشير إلى أن مصدر الانبعاث الرئيسي للبكتيريا والفطريات هو النشاط البشري. للتخفيف من تلوث الهواء الحيوي، من الضروري تنفيذ تهوية وتنظيف أنظمة تكييف الهواء بشكل منتظم، خاصة في المستشفيات والشركات التي لديها مكيفات هواء مركزية. وينبغي إجراء المزيد من البحوث للتعرف على أسباب زيادة تركيزات البكتيريا والفطريات، لتحسين نوعية الهواء الداخلي لمختلف المباني والمؤسسات.

المراجع reference

- [1] D. G. Fullerton, N. Bruce, and S. B. Gordon, "Indoor air pollution from biomass fuel smoke is a major health concern in the developing world," *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*, vol. 102, no. 9, pp. 843–851, 2008.
- [2] J. A. Adame, A. Notario, F. Villanueva, and J. Albaladejo, "Application of cluster analysis to surface ozone, NO₂ and SO₂ daily patterns in an industrial area in Central-Southern Spain measured with a DOAS system," *Sci. Total Environ.*, vol. 429, pp. 281–291, 2012.
- [3] K. J. Heo, H. B. Kim, and B. U. Lee, "Concentration of environmental fungal and bacterial bioaerosols during the monsoon season," *J. Aerosol Sci.*, vol. 77, pp. 31–37, 2014.
- [4] E. O. Martínez-Herrera *et al.*, "Fungal diversity and *Aspergillus* species in hospital environments," *Ann. Agric. Environ. Med.*, vol. 23, pp. 264–269, 2016.
- [5] M. E. Osman, H. Y. Ibrahim, F. A. Yousef, A. A. Elnasr, Y. Saeed, and A. A. Hameed, "A study on microbiological contamination on air quality in hospitals in Egypt," *Indoor Built Environ.*, vol. 27, pp. 953–968, 2018.
- [6] H. Godini *et al.*, "Bio-aerosols concentrations in different wards of Khorramabad Hospital, Iran, 2013," *Int. J. Environ. Health Eng.*, vol. 4, no. 1, p. 23, 2015.
- [7] S. B. Jeong, H. S. Ko, S. C. Seo, and J. H. Jung, "Evaluation of filtration characteristics and microbial recovery rates of commercial filtering facepiece respirators against airborne bacterial particles," *Sci. Total Environ.*, vol. 682, pp. 729–736, 2019.
- [8] K. H. Kim, E. Kabir, and S. A. Jahan, "Airborne bioaerosols and their

- impact on human health,” *J. Environ. Sci. (China)*, vol. 67, pp. 23–35, 2018.
- [9] J. M. Beck, V. B. Young, and G. B. HUFFNAGLE, “The microbiome of the lung,” *Transl. Res.*, vol. 160, pp. 258–266, 2012.
- [10] K. Y. Kim and C. N. Kim, “Airborne microbiological characteristics in public buildings of Korea,” *Build. Environ.*, vol. 42, pp. 2188–2196, 2007.
- [11] Z. Fang, Z. Ouyang, H. Zheng, X. Wang, and L. Hu, “Culturable airborne bacteria in outdoor environments in Beijing, China,” *Microb. Ecol.*, vol. 54, pp. 487–496, 2007.
- [12] A. Gheriani, A. Boudehane, A. Lounas, C. Balducci, A. Cecinato, and A. Khadraoui, “n - Alkanes and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Deposition Dust and - PM 10 of Interiors in Touggourt Region , Algeria,” *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, vol. 83, pp. 226–241, 2022.
- [13] F. Bolookata, M. S. Hassanvand, S. Faridi, M. Hadei, M. Rahmatinia, and M. Alimohammadi, “Assessment of bioaerosol particle characteristics at different hospital wards and operating theaters: A case study in Tehran,” *MethodsX*, vol. 5, pp. 1588–1596, 2018.
- [14] E. Bragoszewska, A. Mainka, and J. S. Pastuszka, “Bacterial aerosols in an urban nursery school in Gliwice, Poland: a case study,” *Aerobiologia (Bologna)*, vol. 32, pp. 469–480, 2016.
- [15] F. M. Chegini *et al.*, “Indoor and outdoor airborne bacterial and fungal air quality in kindergartens: seasonal distribution, genera, levels, and factors influencing their concentration,” *J. Pre-proof*, vol. 175, p. 106690, 2020.
- [16] P. Donguk, J. Kyunga, Y. Chungsik, H. Inyoung, and P. Dooyong, “Factors Influencing Airborne Concentration of Fungi , Bacteria

- inkindergarten classroom,” *Koren J. Environ. Heal.*, vol. 30, pp. 440–448, 2004.
- [17] N. Önoğlu, A. E. Önal, G. Güngör, Ö. Ayvaz, and S. Ö-Zel, “Microbiological evaluation of indoor air of kindergartens in Fatih District of Istanbul,” *Indoor Built Environ.*, vol. 20, pp. 618–625, 2011.
- [18] Z. Tolabi, M. Alimohammadi, M. S. Hassanvand, R. Nabizadeh, H. Soleimani, and A. Zarei, “The investigation of type and concentration of bio-aerosols in the air of surgical rooms: A case study in Shariati hospital, Karaj,” *MethodsX*, vol. 6, pp. 641–650, 2019.
- [19] C.-S. Li and Y.-M. Kuo, “Microbiological indoor air quality in subtropical areas,” *Environ. Int.*, vol. 19, pp. 233–239, 1993.
- [20] A. M. Jones and R. M. Harrison, “The effects of meteorological factors on atmospheric bioaerosol concentrations - A review,” *Sci. Total Environ.*, vol. 326, pp. 151–180, 2004.
- [21] C. Y. Rao, H. A. Burge, and J. C. S. Chang, “Review of Quantitative Standards and Guidelines for Fungi in Indoor Air,” *J. Air Waste Manag. Assoc.*, vol. 46, pp. 899–908, 1996.
- [22] G. E. Castleman, Barry I., Ziem, “American conference of governmental industrial hygienists: Low threshold of credibility,” *Am. J. Ind. Med.*, vol. 26, pp. 133–143, 1994.
- [23] X. Zhong, J. Qi, H. Li, L. Dong, and D. Gao, “Seasonal distribution of microbial activity in bioaerosols in the outdoor environment of the Qingdao coastal region,” *Atmos. Environ.*, vol. 140, pp. 506–513, 2016.
- [24] L. Dong *et al.*, “Concentration and size distribution of total airborne microbes in hazy and foggy weather,” *Sci. Total Environ.*, vol. 541, pp.

- 1011–1018, 2016.
- [25] L. E. Secondo *et al.*, “Estimating Lung Deposition of Fungal Spores Using Actual Airborne Spore Concentrations and Physiological Data,” *Environ. Sci. Technol.*, vol. 55, pp. 1852–1863, 2021.
- [26] H. M. Mahdy and M. H. El-Sehrawi, “Airborne bacteria in the atmosphere of El-Taif region, Saudi Arabia,” *Water. Air. Soil Pollut.*, vol. 98, pp. 317–324, 1997.
- [27] Y. Li, R. Lu, W. Li, Z. Xie, and Y. Song, “Concentrations and size distributions of viable bioaerosols under various weather conditions in a typical semi-arid city of Northwest China,” *J. Aerosol Sci.*, vol. 106, pp. 83–92, 2017.
- [28] J. Masih *et al.*, “Chemical characterization of sub-micron particles in indoor and outdoor air at two different microenvironments in the western part of India,” *SN Appl. Sci.*, vol. 1, pp. 1–12, 2019.
- [29] R. L. Górny, “Aerozole Biologiczne – Rola Normatywów Higienicznych W Ochronie Środowiska I Zdrowia * Biological Aerosols – a Role of Hygienic Standards in the Protection of Environment and Health *,” *Med. Środowiskowa*, vol. 13, no. 1, pp. 2009–2010, 2010.
- [30] T. Lee, S. A. Grinshpun, D. Martuzevicius, A. Adhikari, C. M. Crawford, and T. Reponen, “Culturability and concentration of indoor and outdoor airborne fungi in six single-family homes,” *Atmos. Environ.*, vol. 40, pp. 2902–2910, 2006.
- [31] S. Faridi *et al.*, “Indoor/outdoor relationships of bioaerosol concentrations in a retirement home and a school dormitory,” *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 22, pp. 8190–8200, 2015.

- [32] N. Canha *et al.*, “Assessment of ventilation and indoor air pollutants in nursery and elementary schools in France,” *Indoor Air*, vol. 26, pp. 350–365, 2016.
- [33] N. Canha, S. M. Almeida, M. do C. Freitas, and H. T. Wolterbeek, “Assessment of bioaerosols in urban and rural primary schools using passive and active sampling methodologies,” *Arch. Environ. Prot.*, vol. 41, pp. 11–22, 2015.
- [34] P. Chaivisita *et al.*, “Airborne bacteria and fungi distribution characteristics in natural ventilation system of a university hospital in Thailand,” *EnvironmentAsia*, vol. 11, pp. 53–66, 2018.
- [35] D. M. Baxter, J. L. Perkins, C. R. McGhee, and J. M. Seltzer, “A regional comparison of mold spore concentrations outdoors and inside ‘clean’ and ‘mold contaminated’ Southern California buildings,” *J. Occup. Environ. Hyg.*, vol. 2, pp. 8–18, 2005.
- [36] E. Bragoszewska and J. S. Pastuszka, “Influence of meteorological factors on the level and characteristics of culturable bacteria in the air in Gliwice, Upper Silesia (Poland),” *Aerobiologia (Bologna)*, vol. 34, pp. 241–255, 2018.
- [37] H. Aydogdu, A. Asan, and M. T. Otkun, “Indoor and outdoor airborne bacteria in child day-care centers in Edirne City (Turkey), seasonal distribution and influence of meteorological factors,” *Environ. Monit. Assess.*, vol. 164, pp. 53–66, 2010.
- [38] E. Hoseinzadeh, P. Taha, A. Sepahvand, and S. Sousa, “Indoor air fungus bioaerosols and comfort index in day care child centers,” *Toxin Rev.*, vol. 36, pp. 125–131, 2017.
- [39] L. Lee, S. Tin, and S. T. Kelley, “Culture-independent analysis of bacterial

- diversity in a child-care facility,” *BMC Microbiol.*, vol. 7, pp. 1–13, 2007.
- [40] A. Faramarz, R. Nabizadeh, M. Alimohammadi, and Kazem. Naddaf, “Bacterial Bioaerosols in the Operating Rooms: a Case Study in Tehran Shariati Hospital,” *J. Air Pollut. Heal.*, vol. 3, pp. 215–218, 2016.
- [41] R. R. Rodelas, A. Chakraborty, E. Perdrix, E. Tison, and V. Riffault, “Real-time assessment of wintertime organic aerosol characteristics and sources at a suburban site in northern France,” *Atmos. Environ.*, vol. 203, pp. 48–61, 2019.
- [42] Y. C. Hsu, P. Y. Kung, T. N. Wu, and Y. H. Shen, “Characterization of indoor-air bioaerosols in Southern Taiwan,” *Aerosol Air Qual. Res.*, vol. 12, pp. 651–661, 2012.
- [43] N. Husna, M. Hussin, L. M. Sann, M. N. Shamsudin, and Z. Hashim, “Characterization of Bacteria and Fungi Bioaerosol in the Indoor Air of Selected Primary Schools in Malaysia,” *Indoor Built Env.*, vol. 20, pp. 607–617, 2014.
- [44] T. Reponen, A. Nevalainen, and T. Raunemaa, “Bioaerosol and particle mass levels and ventilation in finnish homes,” *Environ. Int.*, vol. 15, pp. 203–208, 1989.
- [45] M. Dehghania, A. Sorooshian, S. Nazmara, and M. D. Abbas Norouzian. Baghania, “Concentration and type of bioaerosols before and after conventional disinfection and sterilization procedures inside hospital operating rooms,” *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, vol. 164, pp. 277–282, 2018.
- [46] B. G. Shelton, K. H. Kirkland, W. D. Flanders, and G. K. Morris, “Profiles of airborne fungi in buildings and outdoor environments in the United States,” *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 68, pp. 1743–1753, 2002.

- [47] K. S. Roshan, H. Godini, B. Nikmanesh, H. Bakhshi, and A. Charsizadeh, “Study on the relationship between the concentration and type of fungal bio-aerosols at indoor and outdoor air in the Children’s Medical Center, Tehran, Iran,” *Environ. Monit. Assess.*, vol. 191, 2019.

الجزء الثالث:
الرضا غير العضوي

الفصل الثالث:

أدوات وطرق أخذ عينات الرذاذ غير العضوي

IV-مقدمة

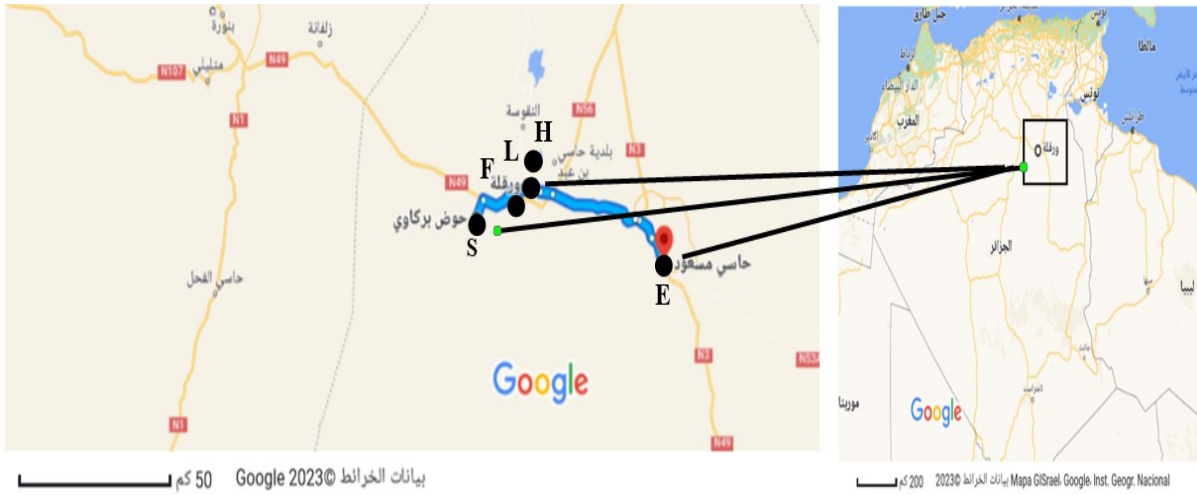
ومع ظهور الثورة الصناعية وازدياد الكثافة السكانية في المدن مع نهاية القرن التاسع عشر، ظهر التلوث في جميع أنحاء أوروبا والولايات المتحدة أنها تعاني من نوع جديد من التلوث: النفايات الناتجة عن الصناعات والمصانع. تعد المعادن الثقيلة مثلاً ككلاسيكياً للملوثات الموجودة في التربة والغبار، ولكن يجب علينا أيضاً أن نعرف أن العديد من العناصر المعدنية ضرورية للحياة، مع التركيز الأمثل: ليس كثيراً ولا قليلاً جداً. النيكل ملوث للنباتات، لكنه ضروري بكميات ضئيلة لبعض الحيوانات. يشارك الكوبالت في فيتامين ب 12، والحديد في الهيموجلوبين ولكن الزيادة يمكن أن تشكل خطورة على القلب، والزنك في نمو الأعضاء الجنسية الذكرية، والنحاس في تكوين خلايا الدم ... [1]

يكون المعدن الثقيل ساماً عندما يكون معدناً كثيفاً أو شبه فلز معروفاً بسميته المحتملة، خاصة في السياقات البيئية. سمية المعادن الثقيلة تعني زيادة التركيز المطلوب أو غير المرغوب فيه والتي توجد بشكل طبيعي على الأرض، وتصبح مركزة نتيجة للأنشطة البشرية، وتدخل في الأنسجة النباتية والحيوانية والبشرية عن طريق الاستنشاق والنظام الغذائي والتعامل اليومي، ويمكن أن ترتبط إلى، والتدخل في عمل المكونات الخلوية الحيوية. كانت المعادن الثقيلة ملوثات بيئية كبيرة. سميتها هي مشكلة ذات أهمية متزايدة لأسباب بيئية وتطورية وغذائية وبيئية [2]. هي مجموعة من الفلزات وأشبه الفلزات ذات كثافة ذرية أكبر من 4 غرام/سم³، أو 5 مرات أو أكثر وأكبر من الماء [3]، بما في ذلك النحاس Cu، المنغنيز Mn، الرصاص Pb، الكاديوم Cd، النيكل Ni، الكوبالت Co، الحديد Fe، الزنك Zn، الكروم Cr، الحديد Fe، الزرنيخ As، الفضة Ag والبلاتين Pt. ومن الناحية البيئية يتم تعريفه على أنه الظروف الإجمالية المحيطة بكائن حي أو مجموعة من الكائنات الحية، وخاصة مجموعة الظروف الفيزيائية الخارجية التي تؤثر وتؤثر على نمو وتطور وبقاء الكائنات الحية [4] وهي تتميز بخصائص معدنية مثل الليونة، والطرق، والموصلية، واستقرار الكاتيون، وخصوصية المركب، وتتميز بكثافة عالية نسبياً ووزن ذري نسبي مرتفع. ذات عدد ذري أكبر من 20 [5]. المعادن الثقيلة مثل Cu، Fe، Mn، Mo، Ni، V، Zn مطلوبة بكميات صغيرة من قبل الكائنات الحية، والكميات الزائدة من هذه العناصر يمكن أن تصبح ضارة للكائنات الحية.

يعد تلوث الهواء أيضاً أحد الأسباب الرئيسية للمشاكل الصحية لدى البشر، خاصة في حالة التعرض لفترات طويلة، ويرتبط بارتفاع معدل الإصابة بالأمراض، خاصة في المناطق الحضرية. أعلنت منظمة الصحة العالمية WHO مؤخراً أنه في كل عام، تحدث حوالي سبعة ملايين حالة وفاة مبكرة في جميع أنحاء العالم بسبب تلوث الهواء. [6]

IV. 1- مواقع أخذ عينات الهواء

يعتمد اختيار موقع أخذ العينات على نوع تلوث الهواء المراد مراقبته. الغرض من الرصد هو التقييم والوقاية. من الخطر الناجم عن تعرض البشر لمستويات متفاوتة من التلوث. وقد تم إجراء تقييم وتحقيقات في منطقة ورقلة، الجزائر. باختيار مواقع من مناطق صناعية وحضرية؛ بناءً على العديد من مصادر انبعاث الملوثات، وتضمنت دراسة الخصائص الكيميائية والحيوية للرذاذ، وذلك بتحديد تركيز الألكانات وPAH...، والمعادن الثقيلة. أما الرذاذ الحيوية تم تقييم تراكيز الفطريات والبكتيريا المحمولة جواً. وتحديد تأثيرات ومصادر الرذاذ في البيئات الداخلية والخارجية لكل من المباني العامة والمسكن الخاصة والمؤسسات الصناعية. الشكل (1-IV) يوضح مواقع وأماكن أخذ عينات الهواء في منطقة ورقلة، الجزائر.



الشكل (1-IV): مواقع أخذ عينات الرذاذ غير العضوي في منطقة ورقلة، الجزائر.

الرموز: H: مستشفى محمد بوضياف ورقلة، L: المنزل، F: محطة الوقود مصطفىوي، E: الشركة الوطنية لحفر الآبار (ENAFOR) حاسي مسعود، S: الشركة الوطنية سوناطراك حوض بركاوي.

تم إجراء هذه الدراسة من خلال جمع 30 عينة في المجموع، عينة للجسيمات المحمولة جواً (PM10) أي الجزء ذو القطر الديناميكي الهوائي (10). الجدول (1-II) يبين إحداثيات مواقع وأماكن أخذ العينات في منطقة ورقلة، الجزائر.

الجدول (1-IV): يوضح إحداثيات مواقع وزمن أخذ عينات الهواء في منطقة ورقلة، الجزائر.

المنطقة	الموقع	المكان	العينة	الفترة
الصناعية	الشركة الوطنية سوناطراك حوض بركاوي خط العرض: 31 ° 34.37'50 خط الطول: 5 ° 32.41'3 شرقاً	- مخبر المراقبة والقياس	S _I	أيام الأسبوع يناير 2020
		- ساحة محطة	S _O	
	الشركة الوطنية لحفر الآبار حاسي مسعود (ENAFOR) خط العرض: 31 ° 4.56'42 شمالاً خط الطول: 6 ° 28.14'3 شرقاً	- محطة معالجة مياه الشرب في قاعدة الحياة	E _I	أيام الأسبوع فبراير 2020
		- ساحة المحطة	E _O	
الحضرية	مستشفى محمد بوضياف ورقلة خط العرض: 31 ° 43.18'57 خط الطول: 5 ° 50.39'19 شرقاً	- قاعة الانتظار بمصلحة الوقاية وعلاج مرضى السرطان	H _I	أيام الأسبوع يناير 2021
		- فناء الخارجي للمستشفى	H _O	
	المنزل خط العرض: 31 ° 10.05'57 خط الطول: 5 ° 21.43'20 شرقاً	- غرفة المعيشة	L _I	أيام الأسبوع يناير 2021
		- فناء المنزل	L _O	
	محطة الوقود مصطفىاوي خط العرض: 31 ° 55.19'56 خط الطول: 5 ° 45.61'19 شرقاً	- محل إكسسوارات السيارات	F _I	أيام الأسبوع فبراير 202
		- محطة التزود بالوقود	F _O	

IV. 2- طرق أخذ العينات الرذاذ Methods OF Aerosols Sampling

أما طرق أخذ عينات الرذاذ الجوي فهي: الطريقة السلبية (Passive Method) والنشطة (Active Method)

IV. 1.2- الطريقة السلبية أو البسيطة Passive Method

تقوم أجهزة وأدوات أخذ عينات الهواء السلبية بقياس مستويات ملوثات الهواء في الهواء المحيط بدقة. فهي غير مكلفة وسهلة الاستخدام ولا تحتاج إلى كهرباء لتشغيلها. ولهذا السبب، فهي مفيدة بشكل خاص في المناطق النائية والبرية وفي تقييمات جودة الهواء الإقليمية. فهي لا تراقب التركيزات العالية من الملوثات في أماكن العمل فحسب، بل تم تكيفها أيضاً للمراقبة على المستوى المنخفض، بما في ذلك تحديد المركبات العضوية المتطايرة (VOCs)...الخ. ويسمح أخذ العينات السلبية بالامتصاص المادي لعينة الغاز أو البخار من خلال عملية النفاذ أو الانتشار [7]

IV. 2.2- الطريقة النشطة Active Method

حيث تستخدم فيها مضخة (pompe) لإلتقاط الجسيمات المتواجدة في الهواء بواسطة عملية الادمصاص (adsorption). وتختلف سرعة التدفق على حسب المركبات المراد دراستها، وتكون مدة التعرض قصيرة (ساعة أو أربع وعشرين ساعة) أثناء أخذ العينات [8]. تعتمد طرق أخذ العينات على تمرير الهواء المحيط من خلال مرشحات مسامية مختارة. وتكون المرشحات المستخدمة بشكل عام، على حسب الملوثات المراد تشخيصها ومن أهمها: مرشحات ألياف الزجاج (Microfiber glass filter) أو ألياف الكوارتز (Quartz fiber filter)، مرشحات البولي كاربون أو من التيفلون...الخ المثبتة على رأس المضخة PM Head [9].

IV. 3- كيفية اختيار جهاز أخذ العينات Choose a Sampling Device

وهناك نوعان من أجهزة أخذ العينات مصنفة وفقاً لتدفق التشغيل الخاص بهم:

IV. 1.3- أخذ العينات بحجم كبير (HVS : High Volume Sampler)

ويعمل جهاز أخذ عينات الهواء بمعدل تدفق يبلغ حوالي 70 متر مكعب في الساعة. مسامية المرشحات أكبر من 3 ميكرومتر. يتم استخدامه للقياسات في موقع ملوث قليلاً أو لأخذ عينات قصيرة. يجب حماية أخذ عينات HVS من المطر وأشعة الشمس المباشرة. [10]

IV 2.3- أخذ العينات بحجم منخفض (LVS : Low Volume Sampler)

ويعمل جهاز أخذ عينات الهواء بتدفق منخفض (من 1 إلى 20 لتر في الدقيقة). مسامية المرشحات منخفضة جداً وحجمها الأدنى. يستخدم هذا النوع من أخذ العينات لقياس الانبعاثات أو في بيئة ملوثة. [13,14]

IV 4- الأجهزة والأدوات

والجدول (2-IV) يظهر أهم الأجهزة والأدوات المستخدمة في بحثنا.

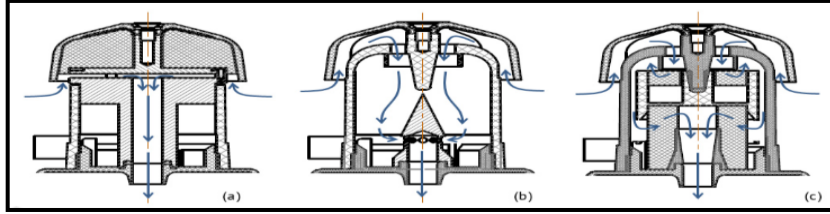
الجدول (2-IV): الأجهزة والأدوات المستخدمة في عملية أخذ العينات ومعالجتها

الرقم	الأجهزة والأدوات	العلامة	البلد المصنع	الشكل
01	مضخة شفط هواء tecora	tecora	فرنسا	
02	رأس أخذ العينات C.A.TH.I.A.	tecora	فرنسا	
03	جهاز قياس الرطوبة ودرجة الحرارة المحمول	Pro'sKit MT- 4616 LTD	التايوان	
04	الميزان التحليلي Analytical balance	AE ADAM	إسبانيا	

	برشلونة، اسبانيا	J.R. Selecta	حمام الموجات فوق الصوتية Ultra-Sonic Bath ULTRASONS H-D	05
	المانيا	Analytik Jena	جهاز مطياف الامتصاص الذري CONTRAA 800 SAA	06
	سويسرا	OHAUS	pH metre ST300	07
	الجزائر	EPE Somiver	بيشر 50ملل (PYREX)	08
	الجزائر	EPE Somiver	ماصة 10 و5ملل pipette	09
	الجزائر	EPE Somiver	أنبوب مدرج 50ملل (PYREX)	10
	فرنسا	Whatman	مرشحات ألياف الزجاجية Glass Microfiber Filters 37ملم	11
	فرنسا	Sartorius	مرشحات ألياف الكوارتز Quartz Microfiber Filter 37ملم	12
	فرنسا	Whatman	مرشح وأتمان رقم 04	13

IV-5. وضعيات رأس أخذ العينات C.A.T.H.I.A.:

ولها ثلاث محددات للجسيمات: قابلة للاستنشاق (inhalable)، صدرية (thoracique)، وحوصلية (alvéolaire). تتوافق الأسهم مع مرور تدفق الهواء. موضحة في الشكل (2-II):



الشكل (2-IV): وضعيات وطرق مرور الهواء في رأس أخذ العينات C.A.T.H.I.A.

قابلة للاستنشاق (a) inhalable، صدرية (b) thoracique وحوصلية (c) alvéolaire.

IV-6. المواد الكيميائية المستخدمة

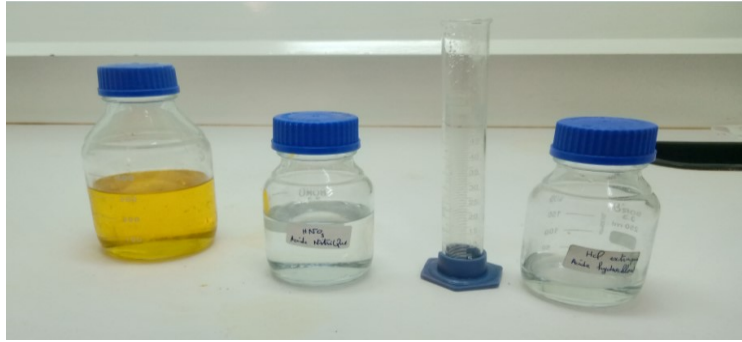
وقد استعملنا عدة مواد كيميائية في عملية اخذ ومعالجة العينات والمبينة في الجدول التالي الذي يوضح كل مادة كيميائية نقاوتها وصيغتها الجزيئية وكثافتها، والكتلة المولية... الخ.

الجدول (3-IV): المواد المستعملة في عملية الأخذ العينات والاستخلاص والتنقية.

الرقم	المادة الكيميائية	الصيغة الجزيئية	الكتلة المولية (غ/المول)	النقاوة (%)	الكثافة كلغ/لتر	الشركة المصنعة	البلد المصنع
05	حمض الهيدروكلوريك	HCl	36.46	37	1.19	Merck	فرنسا
09	حمض النتريك	HNO ₃	63.01	65	1.51	Merck	فرنسا

7. IV- تحضير الماء الملكي Rigale Water

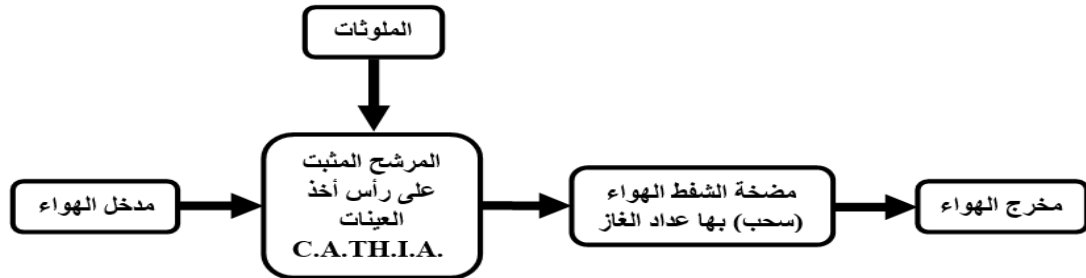
عند تحضير الماء الملكي فيجب خلطة بين حمضين بنسبة حجمية 3 مول من حمض هيدروكلوريك المركز و 1 مول من حمض النتريك المركز. ويكون التحضير تحت شاطئ الهواء لأنه محلول خطير جدا عند استنشاقه.



الشكل (3-IV): طريقة تحضير الماء الملكي

8. IV- برتوكول أخذ عينات الرذاذ غير العضوي (المعادن الثقيلة)

تم إجراء جمع العينات بواسطة جهاز تدفق منخفض. مضخة شفط هواء tecora، بحامل رأس أخذ العينات C.A.TH.I.A. ويمثل الشكل (25-II): رسم البياني لكيفية أخذ العينات الرذاذ.



الشكل (4-IV): رسم بياني يمثل كيفية أخذ العينات.

1.8. IV- اختيار التدفق والفاصل الزمني لتغيير المرشح

وتم اختيار وقت أخذ العينة كل 24 ساعة لتجنب انسداد المرشحات (في حالة شفط كمية كبيرة من الملوثات). أما التدفق فكان 3 لتر/دقيقة لأخذ عينات الرذاذ غير العضوي،

IV 2.8- طريقة تغيير المرشح

عند تغيير المرشحات، نقوم بوضع المرشح في علبة بيتر بواسطة ملقط، ثم يتم ترميز العينة مع تغليفها بورق الألمنيوم، ونقوم بحفظها في الصندوق حفظ العينات لنقلها إلى المخبر، بعدها نقوم بتنظيف الراس بقطعة من ورق الصحي مبلل بالكحول النقي، وذلك أثناء كل تغيير. كذلك نقوم بوزن المرشحات قبل وبعد أخذ العينات.

IV 3.8- كيفية اخذ العينات الرذاذ

تم تنفيذ إجراء أخذ عينات الرذاذ الجوي أي الرذاذ غير العضوي (المعادن في الهواء)، في منطقة ورقلة، وتم سحب عينات الهواء باستخدام مضخة شفط الهواء tecora. وهي بتمرير الهواء عبر مرشحات ألياف الكوارتز (QMF) على التوالي، بقطر 37 ملم. لمدة 24 ساعة. وفي الوقت نفسه، تمت مراقبة عوامل الأرصاد الجوية بما في ذلك درجة الحرارة والرطوبة النسبية باستخدام أداة محمولة Pro'sKit MT-4616 LTD، وكذلك مقارنة مع بيانات التي قدمتها الهيئة الوطنية للأرصاد الجوية أما سرعة الرياح تحصلنا عليها من الهيئة الوطنية للأرصاد الجوية. ثم يتم وضع المرشحات مباشرة في علبة بيتري لنقلها إلى المخبر لمعالجتها.. والشكل (II-26) يظهر حالة الغشاء أو المرشح قبل وبعد أخذ العينات.



الشكل (IV-5): يوضح حالة الغشاء (المرشح) قبل وبعد أخذ العينات.

وقبل المعالجة نقوم بتحديد مقدار تركيز الجسيمات العالقة الكلية (TSP)، ويعبر عن تركيز TSP بـ ميكروغرام غلى متر مكعب ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) [12]. حيث يتم الحصول على مقدار تركيز TSP من خلال العلاقة التالية:

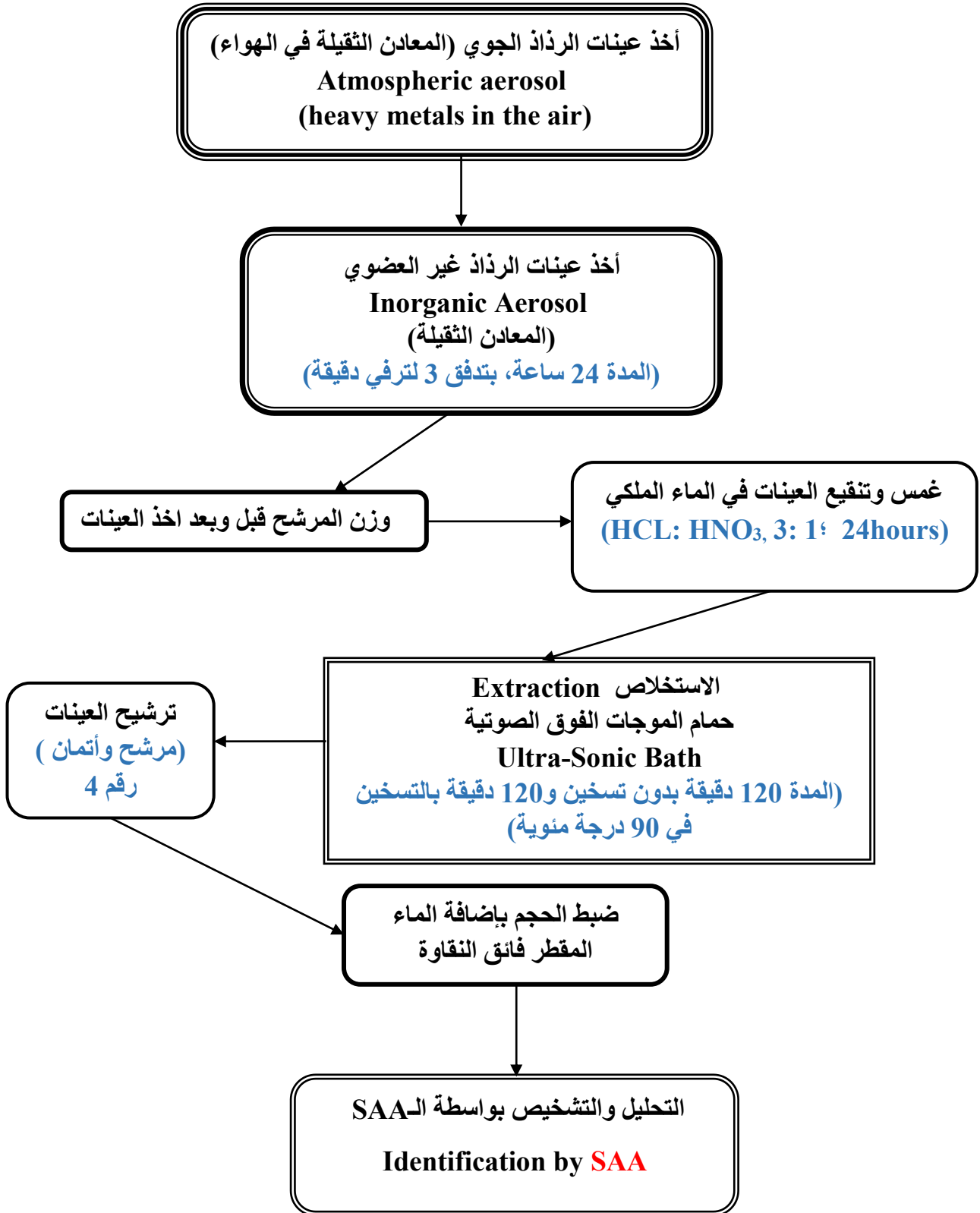
$$\text{TSP} = \frac{\text{كتلة المرشح الملوث} - \text{كتلة المرشح فارغ}}{\text{حجم الهواء المسحوب}} = \text{TSP} \quad \boxed{\text{TSP} = \frac{m - m_0}{V}}$$

m وزن العينة بعد أخذ العينات (ug) و m_0 وزن المرشح فارغ (ug) و V حجم الهواء المسحوب ويعبر عنه بـ ميكروغرام / م³

IV. 9- معالجة المخبرية للعينات

لمعالجة العينة (المعادن الثقيلة)، وباختصار، يتم استخلاص عينات IOA وذلك بإضافة الماء الملكي (Rigale Water) وهو خليط من حمض هيدروكلوريك المركز Hydrochloric Acid وحمض النترريك المركز Nitric Acid . حجم بنسبة 3: 1، HCL : HNO₃، نترك العينات في الماء الملكي مدة 24 ساعة، وبعد عملية التنقيع أو الغمس نستخدم حمام الموجات فوق الصوتية نموذج P ، مقدمة من Selecta Ultrasons، برشلونة، إسبانيا. في عملية الاستخلاص، لمدة 1 ساعة ونكرر العملية مرة ثانية. وتكون مدة الاستخلاص 120 دقيقة بدون تسخين و120 دقيقة بالتسخين على درجة حرارة 90 درجة مئوية. وعند انتهاء من عملية الاستخلاص نقوم بعملية الترشيح باستعمال مرشح وأتمان رقم: 4، بعدها مباشرة يتم قياس الحجم العينات بأنبوب مدرج مع جعل جميع العينات حجم واحد، وذلك بإضافة ماء مقطر فائق النقاوة، وذلك قبل التحليل الآلي بواسطة جهاز SAA نوع ContrAA800 شركة analytikjena، ألمانيا. بمركز البحث العلمي والتقني في التحاليل الفيزيائية والكيميائية (CRAPC)ouargla). فتحصلنا على النتائج مبينة في الفصل الثالث.

10. IV - مخطط عام طرق أخذ العينات والتحليل للرذاذ غير العضوي



الشكل (6-IV): رسم تخطيطي عام لطرق أخذ ومعالجة عينات الرذاذ غير العضوي.

المراجع reference

- [1] C. Ngô and A. Régent, “Déchets et pollution,” *Edt Dunod, Paris. 152p*, 2004.
- [2] M. Gill, “Heavy metal stress in plants: a review,” *Int J Adv Res*, vol. 2, no. 6, pp. 1043–1055, 2014.
- [3] A. Asati, M. Pichhode, and K. Nikhil, “Effect of heavy metals on plants: an overview,” *Int. J. Appl. or Innov. Eng. Manag.*, vol. 5, no. 3, pp. 56–66, 2016.
- [4] A. S. Mildvan, “9 Metals in Enzyme Catalysis,” in *The enzymes*, vol. 2, Elsevier, 1970, pp. 445–536.
- [5] I. Farlex, “Definition: environment, the free dictionary.” New York: Farlex Inc Publishing, 2005.
- [6] F. Pini, G. Piras, D. A. Garcia, and P. Di Girolamo, “Impact of the different vehicle fleets on PM10 pollution: Comparison between the ten most populous Italian metropolitan cities for the year 2018,” *Sci. Total Environ.*, vol. 773, p. 145524, 2021.
- [7] UNEP, *Global Monitoring Plan on Persistent Organic Pollutants Protocol of Air Monitoring Using Passive Sampling of Ambient Air Methodology and Procedure. Chemicals and Health Branch. Economy Division, United Nations Environment rogramme (UNEP)*, no. June. 2017, p. 15.
- [8] T. Sandle, “Active Air-Sampling - The Selection Process Made Easy,” *Pharm. Manuf. Packag. Sourcer*, no. July 2005, pp. 30–33, 2005.
- [9] M. Kuske and J. Nicolas, “Les pollutions dans l’air intérieur des bâtiments-Diagnostic-Incidences sur la santé.” 2000.
- [10] L. ALLEMAN, “ATMOSPHERIQUES (VERSION 2021),” 2021.

- [11] P. Coddeville, A. Pascaud, S. Sauvage, M. Nicolas, E. Mathias, and A. Probst, “Évolution des émissions, de la qualité de l’air et des dépôts atmosphériques dans les espaces ruraux, notamment forestiers. Changes in atmospheric emissions, air quality and deposition in rural areas, especially in forests.,” *Pollut. Atmosphérique*, no. 229–230, 2016.
- [12] Y. Kerchich, “Etude de la pollution de l’air par les particules fines (les PM-10) et les métaux lourds qui leurs sont associés à Alger.” Alger, Ecole Nationale Polytechnique, 2003.

الفصل الرابع:

النتائج والمناقشة الرذاذ غير العضوي

V مقدمة

المعادن الثقيلة (HMs) هي مجموعة من المعادن وأشباه الفلزات ذات كثافة ذرية أعلى من 4000 كغم/م³ [1]. وهي سامة بتركيزات منخفضة، وغير قابلة للتحلل، وثابتة في البيئة، وتتراكم بيولوجيا في أنسجة الكائنات الحية. ومن ثم، فهي تشكل تهديداً خطيراً على صحة الإنسان والبيئة. [2, 3]

تعتبر المعادن من ملوثات دقيقة غير العضوية موجودة بشكل طبيعي في التربة، تنشأ من الصخور الأم التي تشكلت منها، وعادةً ما تكون في شكل متنقل ولكن بتركيزات منخفضة [4]. والتي يكون تركيزها أقل من 0.1%، ولهذا تسمى أحياناً بالمعادن النزرية أو العناصر النزرية. [5]

وتشمل المعادن الثقيلة النحاس والزنك والرصاص والزرنيق والنيكل والكوبالت والكروم...، وهي مكونات نادرة شائعة في القشرة الأرضية. وقد زادت تركيزاتها في البيئة المحيطة بشكل كبير منذ الثورة الصناعية [6]. قبل الثورة الصناعية، كان توازن المعادن في الدورة الطبيعية متوازناً إلى حد ما. وفي أعقاب الكوارث الطبيعية مثل الانفجارات البركانية والفيضانات والأعاصير. كما أنتجت الصناعات تلوثاً فيزيائياً وكيميائياً وبيولوجياً كبيراً. يؤدي هذا إلى تغيير التوازن الإقليمي وأحياناً العالمي في العقود الأخيرة، وهذه التغييرات كبيرة لدرجة أن النظام البيئي لم يعد قادراً على تحمل تراكم هذه الملوثات [7]. إن معرفة نوع المعدن ومعدل تركيزها وانتشارها على الأرض قد اكتسبت اهتماماً أيضاً بمصادر الانبعاث التي تؤدي إلى ظهورها في البيئات الداخلية والخارجية [8]. تشمل المصادر الطبيعية في الغلاف الجوي حرائق الغابات، والكائنات الحية الدقيقة، والحشرات. من ناحية أخرى، فإن مصادر البشرية وهي الاحتراق غير الكامل للوقود الأحفوري، وحرق الكتلة الحيوية. حركة وسائط النقل. [6, 7]

تعتبر المرافق الصناعية ومصانع حرق النفايات وحرق الوقود الأحفوري من المصادر الرئيسية لانبعاثات المعادن الثقيلة البشرية المنشأ. الهواء في المناطق الصناعية والحضرية أكثر تلوثاً بالمعادن الثقيلة من الهواء في المناطق الريفية [11]. وتعد حركة مرور السيارات، خاصة بالقرب من الطرق، أكبر مصدر للانبعاثات.

بعد تحليل العينات التي تم جمعها في فترات الدراسة، حصلنا على النتائج التي سنفسرها في هذا الفصل لتقييم مستوى تلوث الهواء بالرذاذ الجوي غير العضوي (المعادن الثقيلة في الهواء) بمنطقة ورقلة الجزائر.

1. V- تفسير ومناقشة نتائج الرذاذ غير العضوي (Inorganic aerosols)

1. V- النتائج :

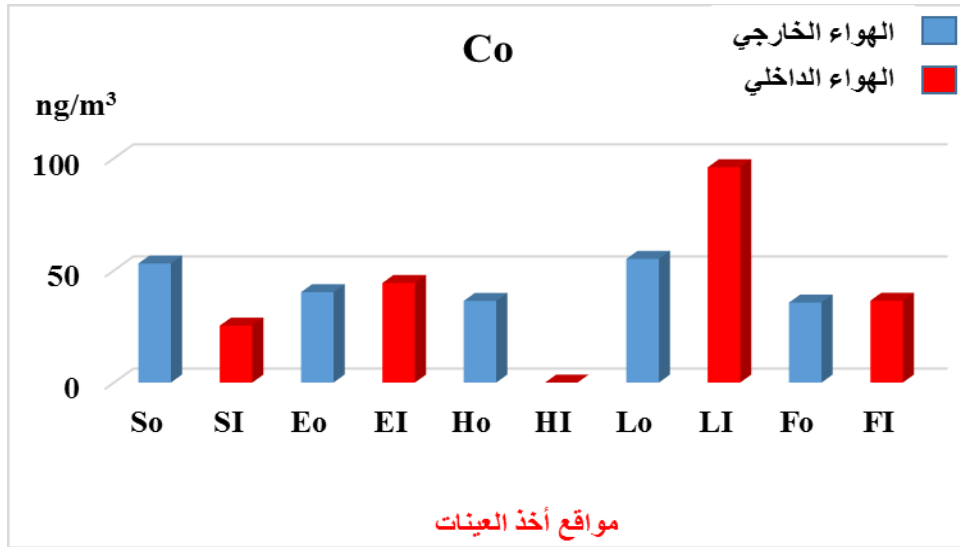
وأظهرت النتائج المتحصل عليها للجسيمات الدقيقة العالقة والمعادن الثقيلة في الهواء الداخلي والخارجي لبيئات صناعية وحضرية في منطقة ورقلة خلال فصل الشتاء لعامي 2020 و2021 إختلافا في التراكيز وذلك حسب الموقع، وقد تم عرض النتائج في الجدول (1-V).

الجدول (1-V): تركيز المعادن الثقيلة والجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء الداخلي والخارجي لمناطق صناعية وحضرية في منطقة ورقلة الجزائر.

المعادن (ng/m ³)									الموقع
سرعة الرياح V(m/s)	TSP µg/m ³	Fe	As	Hg	Cr	Pb	Cd	Co	
6	120.4	<0.02014	3.1	50	5.5	15.1	1.4	25.4	SI
7	185	<0.02014	<0.0342	81.55	19.63	463	13	53.1	SO
2	102	<0.02014	<0.0342	4.6	1.31	67.33	1.8	44.04	EI
1.4	167	<0.02014	<0.0342	70.66	19.31	140.6	60.1	40.3	EO
3.4	148.2	<0.02014	<0.0342	4.94	8.75	12.96	37	<0.00478	HI
1.5	65	<0.02014	1.7	42.16	7.1	24.2	98.9	36.4	HO
2	83.3	<0.02014	<0.0342	3.96	6.4	84.69	4.2	96	LI
1.5	111	<0.02014	<0.0342	18.05	3.81	28.2	69.1	55.18	LO
2.1	120.4	<0.02014	6.9	6.23	1.6	38.89	1.3	36.5	FI
1.7	139	<0.02014	<0.0342	80.10	21.55	688	14.78	35.70	FO

2. V- تفسير النتائج

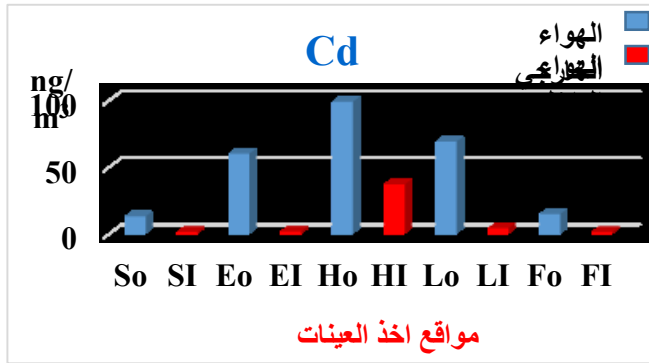
1.2. V- معدن كوبالت (Co)



الشكل (1-V): يوضح مستويات الكوبالت Co في الهواء الداخلي والخارجي

ومن الجدول (1-V) والشكل (1-V) تراوح تركيز Co في الهواء الداخلي والخارجي لمناطق الدراسة من 25.4 إلى 96 نانوغرام على المتر مكعب. وكانت اعلى التركيز لكوبالت في الهواء الداخلي LI والخارجي LO للمنزل بـ 96 و55.18 نانوغرام على المتر مكعب، أما اقل التراكيز في كل من الهواء الداخلي لمخبر المراقبة والقياس بالشركة الوطنية سوناطراك SI بـ 25.4 نانوغرام على المتر مكعب وفي الهواء الخارجي بمحل متجر بيع الإكسسوار السيارات بمحطة الوقود مصطفاوي بـ 35.7 نانوغرام على المتر مكعب. ولكن لم يتم كشف الكوبالت في الهواء الداخلي للمستشفى حيث كانت تحت حد الكشف. أما بقية مواقع أخذ عينات الهواء كانت التراكيز بنسب متفاوتة فقدرت في الهواء الداخلي لكل من EI و FI بـ 44.04 و36.5 نانوغرام على المتر مكعب. وفي الهواء الخارجي Ho و Eo بـ 36.4 و40.3 نانوغرام على المتر مكعب. والتي لم تتجاوز الحد الموصى به حسب NIOSH، وACGIH بـ 0.05 و0.1 ملغرام على المتر مكعب على التوالي في الهواء الداخلي والخارجي في جميع المواقع. ومنه تعتبر هذه المناطق أمنة وغير ملوثة.

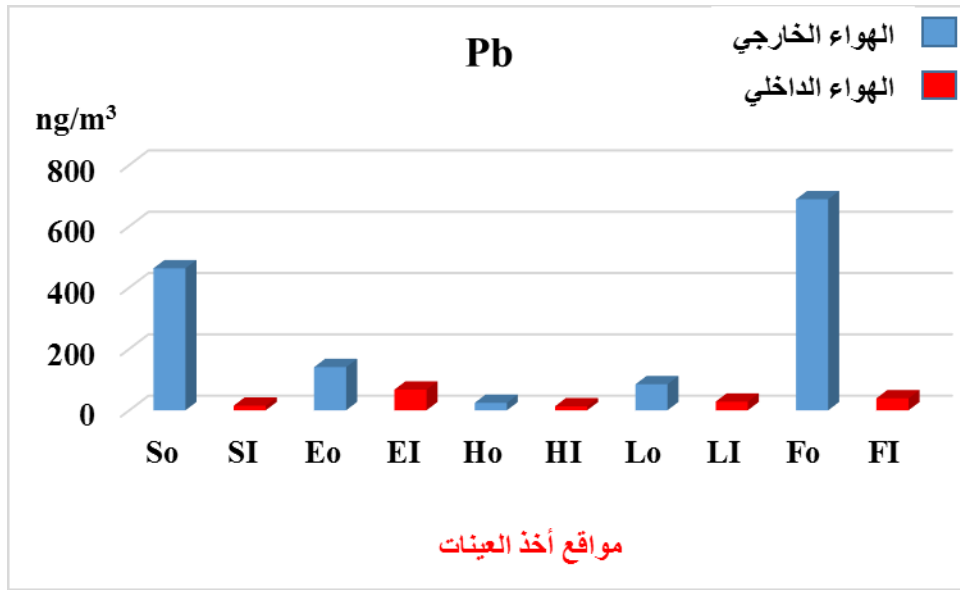
2.2. V - معدن كاديوم (Cd)



الشكل (2-V): يوضح مستويات الكاديوم Cd في الهواء الداخلي والخارجي

ومن النتائج المتحصل عليها في الجدول (1-V) والشكل (2-V) فتراوحت تراكيز Cd في الهواء الداخلي من 1.2 إلى 37 نانوغرام في المتر مكعب، أما في الهواء الطلق أو الخارجي من 13 إلى 98.9 نانوغرام في المتر مكعب. وتجاوزت تركيز Cd القيمة الإرشادية والمحدد حسب المنظمة العالمية للصحة والتوجيه الأوروبي 5 نانوغرام في المتر مكعب في كل من الهواء الخارجي الفناء الخارجي بالشركة الوطنية سوناطراك (SO)، والفناء الخارجي للمحطة بالشركة الوطنية لحفر الآبار (EO)، والفناء الخارجي للمستشفى (HO)، وفناء المنزل (LO)، ومحطة التزود بالوقود (FO)، وهي مناطق ملوثة. وكانت أقل تركيز لـ Cd في الهواء الداخلي لجميع المواقع اخذ العينات ماعدا قاعة الانتظار بمصلحة الوقاية والعلاج مرضى السرطان في المستشفى (HI) التي تجاوز التركيز الحد المسموح به وتعتبر ملوثة وغير آمنة. ويعود ارتفاع الكاديوم في الهواء الداخلي إلى عملية التهوية والصيانة للمستشفى، حيث يدخل عنصر الكاديوم في تركيبة العديد من المنتجات المصنعة كالدهن (الأصباغ)، مواد البناء والسيراميك ومنه يعتبر مصدره الإنسان، أيضا يوجد في التربة بشكل طبيعي.

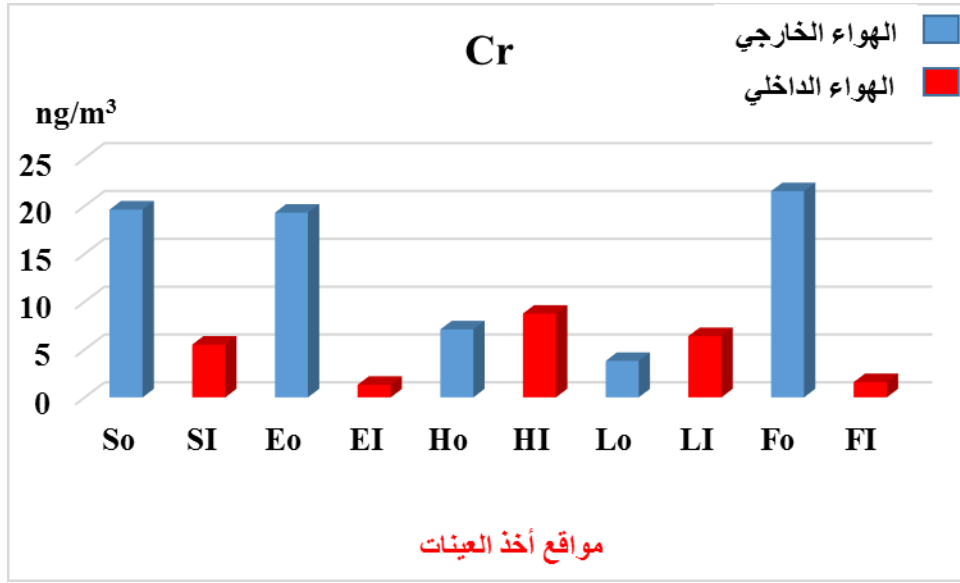
3.2. V- معدن الرصاص Pb



الشكل (3-V): يوضح مستويات الرصاص Pb في الهواء الداخلي والخارجي

وقدرت تراكيز الرصاص في المواقع المختارة لأخذ العينات في الهواء الداخلي بين 12.96 و84.69 نانوغرام في المتر مكعب. أما في الهواء الطلق (الخارجي) من 24.2 و688 نانوغرام في المتر مكعب المبينة في الجدول (1-V) والشكل (3-V). وكانت أعلى تركيز في الهواء الطلق لمحطة التزود بالوقود (FO) بـ 688 نانوغرام في المتر مكعب، وهي أعلى من القيمة الإرشادية لمنظمة الصحة العالمية والمقدرة بـ 500 نانوغرام في المتر مكعب، وهي منطقة ملوثة. وغير ملوثة حسب الحد المسموح به من طرف التوجيه الأوروبي بـ 900 نانوغرام في المتر مكعب. وتعتبر تراكيز الرصاص في مواقع أخذ العينات الأخرى أقل من القيمة الإرشادية لمنظمة الصحة العالمية (OMS) والتوجيه الأوروبي (DE). أما أقل التراكيز فكانت في الهواء الداخلي والخارجي للمستشفى (HO). ولكن وجدنا أعلى تركيز الرصاص في الهواء الداخلي للمنزل بغرفة المعيشة (LI) مقارنة بالهواء الخارجي للمنزل فكان التركيز منخفض، وتعتبر جميعها غير ملوثة. وتعود التراكيز المرتفعة إلى استعمال الوقود الحاوي على الرصاص، والازدحام حركة المرور في تلك المناطق مما يفسر إلى وجوده أو مصدره هو العامل البشري.

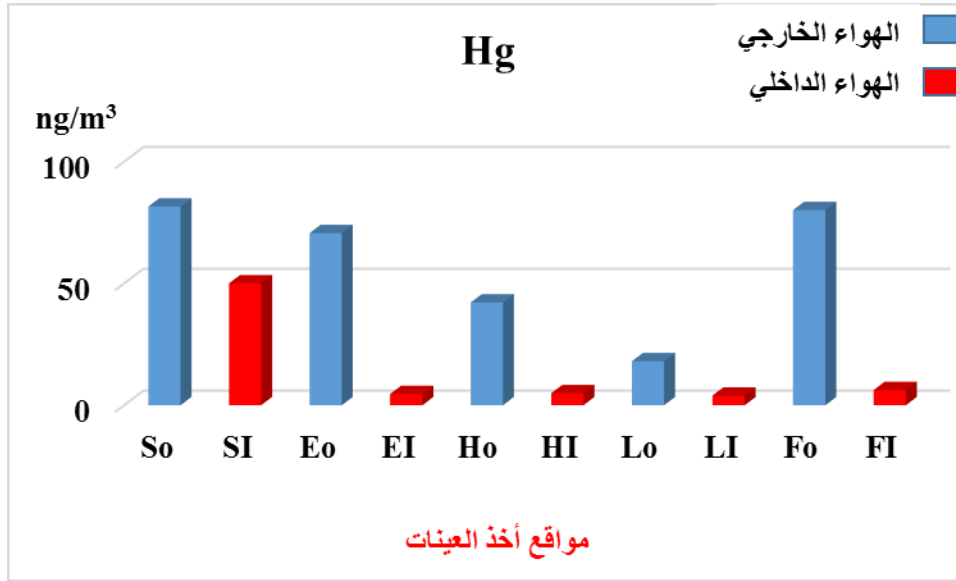
4.2. V - معدن الكروم Cr



الشكل (4-V): يوضح مستويات الكروم Cr في الهواء الداخلي والخارجي

ومن الجدول (1-V) والشكل (4-V) نلاحظ ان تركيز الكروم في الهواء الداخلي تروح بين 1.31 و 8.75 نانوغرام في المتر مكعب، أما في الهواء الطلق فتراوحت بين 3.81 و 21.55 نانوغرام في المتر مكعب. وكان اعلى تركيز للكروم في الهواء الداخلي بـ 8.75 نانوغرام في المتر مكعب في المستشفى (HI) واقلها في بالشركة الوطنية لحفر الآبار (EI) بـ 1.31 نانوغرام في المتر مكعب. أما اعلى تركيز للكروم في الهواء الخارجي كان بمحطة التزود بالوقود (FO) بـ 21.55 نانوغرام في المتر مكعب، واقل تركيز كان في الفناء الخارجي للمنزل (LO) بـ 3.81 نانوغرام في المتر مكعب. وتعتبر أمانة وغير ملوثة في جميع المواقع حسب المنظمة العالمية للصحة (OMS) والتوجيه الأوروبي (DE) لم تتجاوز القيمة الإرشادية أو الحد.

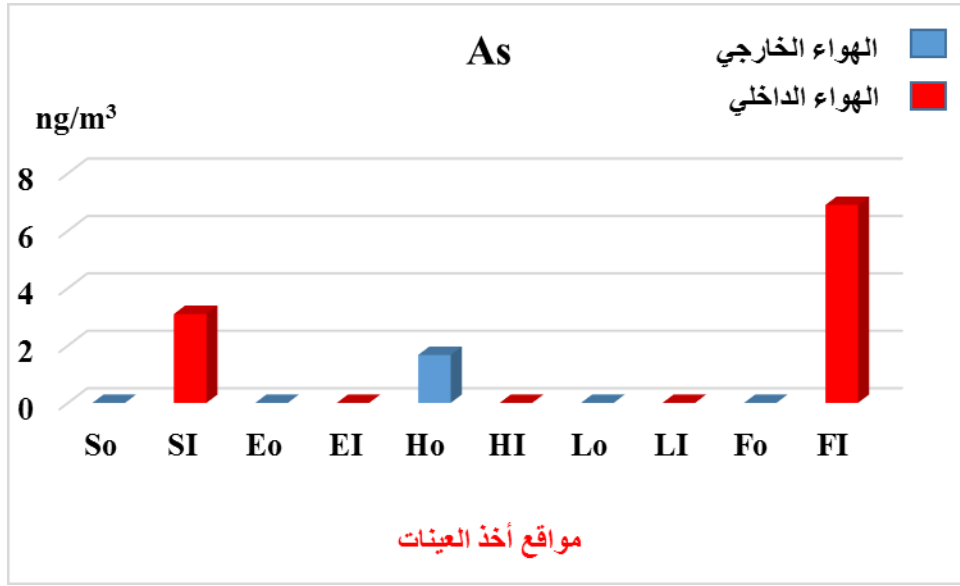
5.2. V - معدن الزئبق Hg



الشكل (5-V): يوضح مستويات الزئبق Hg في الهواء الداخلي والخارجي

ومن النتائج المتحصل عليها في الجدول (1-V) والشكل (5-V) حيث تراوحت تراكيز الزئبق في مواقع أخذ عينات الهواء من 4.6 و 81.55 نانوغرام في المتر مكعب. وكانت اعلى التركيز للزئبق بـ 81.55 نانوغرام في المتر مكعب في الهواء الطلق بالشركة الوطنية سوناطراك (SO)، وبـ 50 نانوغرام في المتر مكعب في الهواء الداخلي لمخبر المراقبة والقياس بالشركة الوطنية سوناطراك (SI)، ويعتبر الهواء ملوثاً، والتي تعدت القيمة الإرشادية لتوجيه الأوروبي (DE) والمحددة تركيز الزئبق أن لا يتجاوز 50 نانوغرام في المتر مكعب. وكانت اقل التركيز للزئبق فكل من غرفة المعيشة في المنزل (LI) بـ 3.96 نانوغرام في المتر مكعب، والفناء الخارجي للمنزل (LO) بـ 18.05 نانوغرام في المتر مكعب. وهي غير ملوثة.

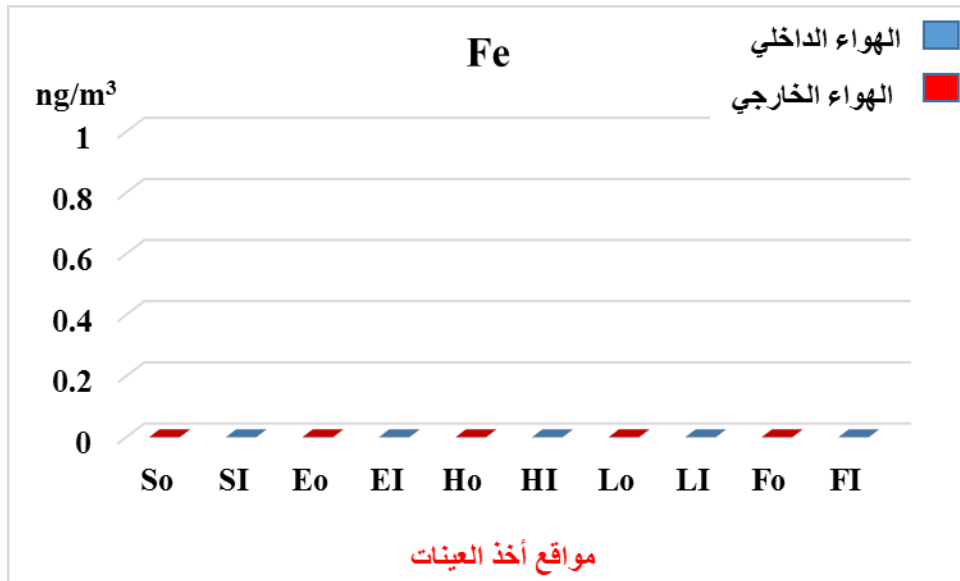
6.2. V - معدن الزرنيخ As



الشكل (6-V): يوضح مستويات الزرنيخ As في الهواء الداخلي والخارجي

واظهرت النتائج في الجدول (1-V) والشكل (6-V) ان لم يتم الكشف او تحديد الزرنيخ في الهواء الداخلي في جميع مواقع أخذ عينات الهواء إلا في موقعين هما لمخبر المراقبة والقياس بالشركة الوطنية سوناطراك (SI) ومتجر بيع الإكسسوار السيارات بمحطة الوقود (FI). وكان أعلى تركيز للزرنيخ من القيمة الإرشادية لمنظمة التوجيه الأوروبي ومقدر بـ 6 نانوغرام في المتر مكعب وهي منطقة ملوثة وغير آمنة، وقدرت بـ 3.1 نانوغرام في المتر مكعب في الهواء الداخلي لمتجر بيع الإكسسوار السيارات بمحطة الوقود (FI) منطقة آمنة. وتم الكشف عن الزرنيخ في الهواء بالفناء الخارجي للمستشفى بـ 1.7 نانوغرام في المتر مكعب يعتبر هواء غير ملوث لم يتجاوز القيمة الحدية لمنظمة التوجيه الأوروبي.

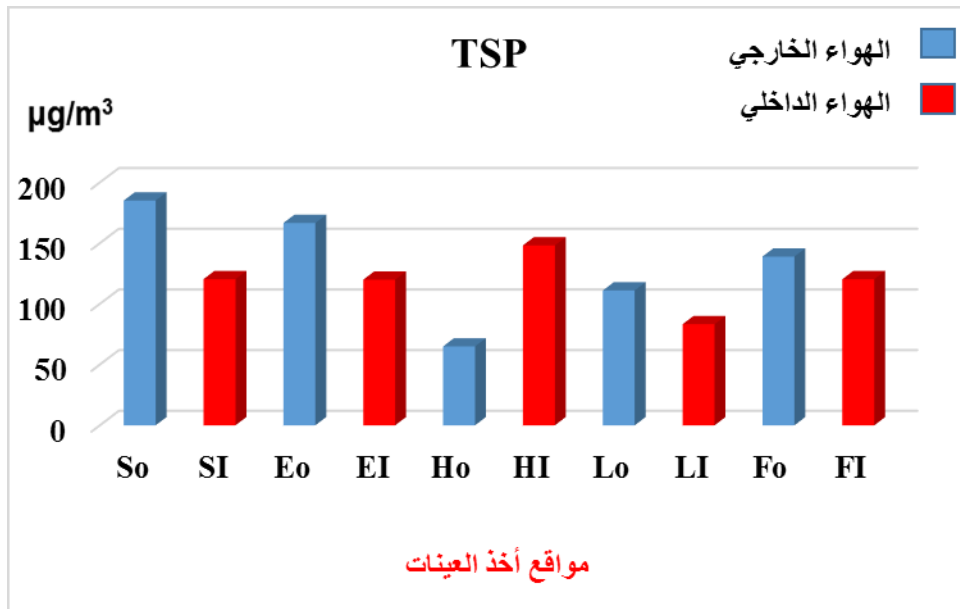
7.2. V - معدن الحديد Fe



الشكل (7-V): يوضح مستويات الحديد Fe في الهواء الداخلي والخارجي

أظهرت النتائج المتحصل عليه في الجدول (1-V) والشكل (7-V) لم يتم الكشف عن الحديد في جميع مواقع الدراسة، وكانت تحت قيمة الكشف والمقدرة بـ 0.02014 mg/L. مما تعتبر هذه المناطق آمنة.

8.2. V - الجسيمات الدقيقة العالقة

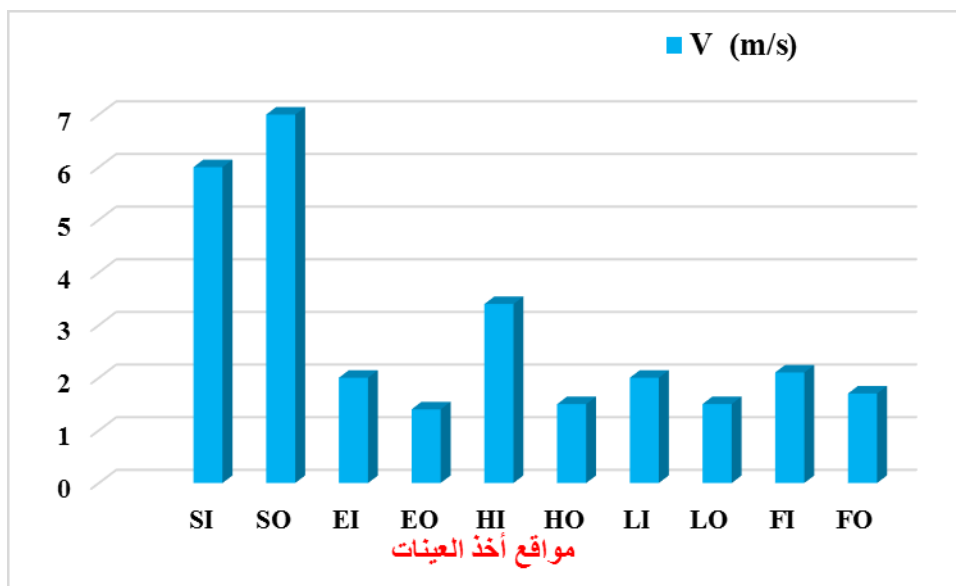


الشكل (8-V): يوضح مستويات الجسيمات الدقيقة العالقة TSP في الهواء الداخلي والخارجي

ومن النتائج المتحصل عليها في الجدول (1-V) والشكل (7-V) فإن تركيز الجسيمات الدقيقة العالقة PM₁₀ في الهواء الداخلي تراوحت بين 83.3 و148.2 ميكروغرام في المتر مكعب، وتراوحت

في الهواء الخارجي (الطلق) بين 65 و185 ميكروغرام في المتر مكعب. وكانت اقل التركيز في الهواء الخارجي والداخلي في كل من الفناء الخارجي للمستشفى والهواء الداخلي لغرفة المعيشة بالمنزل بـ 65 و83.3 ميكروغرام في المتر مكعب على التوالي. أما اعلى تركيز للجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء الخارجي بـ 185 ميكروغرام في المتر مكعب في الساحة الخارجية بالشركة الوطنية سوناطراك، وفي الهواء الداخلي للمستشفى بـ 148.2 ميكروغرام في المتر مكعب.

9.2. V- تأثير الرياح على تركيز المعادن والجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء لمواقع حضرية وصناعية بمنطقة ورقلة:



الشكل (9-V): يمثل تأثير الرياح على تركيز المعادن الثقيلة في الهواء

يلاحظ أن هناك علاقة بين تركيز المعادن الثقيلة والرياح وحتى اتجاهها، يحدث تلعب هذه الأخيرة دورا مهما في حركة المعادن، كما تساهم في عملية النقل المعادن من مكان إلى آخر. وذلك حسب موقع ووقت اخذ عينات الهواء، حيث يلاحظ أن موقع شركة سوناطراك يعتبر مفتوح مقارنة بالمواقع الأخرى التي تكثر بها المباني والحواجز وعوائق مما يؤدي إلى انخفاض في سرعة الرياح مما يساهم في زيادة بعض تراكيز المعادن في الهواء.

III. 3- مناقشة النتائج

إن وجود المعادن الثقيلة في الهواء وأنماط توزيعها في مواقع الدراسة يشير إلى أن بعض المعادن المنبعثة قد تم نقلها عبر الرياح على شكل هباء جوي إلى هذا الموقع من المدينة. وتشجع الرياح في هذه المنطقة على نقل المعادن.

بالإضافة إلى ذلك، لوحظ توزيع غير متجانس للمعادن الثقيلة في جميع مواقع الدراسة. اعلى تراكيز في الهواء الطلق من الهواء الداخلي، يظهر تركيز معدن الرصاص محمول جواً درجة كبيرة من الاختلاف بين العينات، وكذلك بين مواقع. فنجد إلى ارتفاع مستوياته في بعض المواقع وخاصة محطة الوقود والتي فاقت القيمة الحدية حسب اللوائح الدولية والوطنية ويعود ذلك إلى حركة السيارات والوقود المستعمل الذي يحتوي على الرصاص، وتلعب حركة المرور دورا كبيرا في انبعاث الرصاص في الهواء والتي تنبعث من عوادم السيارات، ويعود من الاحتراق غير كامل للوقود نظرا لقدم الحاضرة الوطنية للسيارات وسائط النقل. وعدم الكشف عن الحديد يعود إلى افتقار تربة مواقع الدراسة للحديد في المنطقة الصحراوية. لان القشرة الأرضية تعتبر مصدر بعض المعادن ولا توجد مصانع للتعدين وتدوير النفايات في هذه المناطق. كما تدخل المعادن الثقيلة في تركيبة بعض المواد المستعملة في حياتنا اليومية كالتغليف والمواد التجميل والمواد البناء والدهانات في عدة استعمالات كمعدن الكروم وجد بتركيز لم يتعدى القيمة الحدية، ويعود وجوده في الهواء نظرا استعمالاته أو يدخل في تركيبة المنتجات الصناعية المستعملة اليومية من طرف الإنسان مثل المركبات الصناعية والمواد التسميع والتغليف... الخ. ويعتبر وجود الزرنيخ في الجسيمات المحمولة جوا خطرا على الإنسان والبيئة. ويعود ذلك إلى المواد المستعملة في عملية التهيئة والطلاء في عملية الترميم في هواء المستشفى، كذلك يدخل في تركيب بعض المواد المستعملة في شركة سوناطراك، والغبار المحمل وحركة الوسائل النقل والأعمال الجارية في شركة سوناطراك من حفر الترميم والتهيئة، وأيضا مصنع معالجة الغاز والبتترول.

دراسات سابقة

الجدول (2-V): يوضح مقارنة النتائج بدراسات سابقة لتركيز المعادن الثقيلة في الهواء لمناطق حضرية وصناعية.

المرجع	البلد	المدينة	المنطقة	المعدن (ng/m ³)						الرقم		
				Cd	Fe	As	Hg	Pb	Cr		Co	
	الجزائر	ورقلة	حضرية	99		6.9	80.1	688			01	
			صناعية	60			81	463				
[12]	السعودية	الرياض	حضرية						130			
[13]			حضرية			300						02
			المكرمة									
[14]			حضرية	177				878			03	
[15]	الهند		صناعية	7.3				392	1152		04	
[16]	التايوان		حضرية	4.3				283	33.5		05	
[17]	التايوان		صناعية					5.4	41.275		06	
			تايتشونغ									

ومن دراسات سابقة في الجدول (2-V) نجد أن التباين في تركيزات HMs يعود إلى الاختلافات في مصادر الانبعاثات بين المدن المختلفة في جميع أنحاء العالم. واثبت هذا أن كثافة حركة مرور والعديد من المصادر الثابتة لتلوث الهواء مثل مصافي النفط ومحطات توليد الطاقة والصناعات التحويلية وصناعات الأسمت، وبدرجة أقل، حرق النفايات الصلبة هي سبب انبعاث وجود المعادن الثقيلة في الهواء. [18]

يعتبر غبار الطريق المسؤول عن التلوث وهو الخزان الرئيسي ومصدر هذا المعدن في البيئة الحضرية. على الرغم من حظر استخدام الرصاص في البنزين، إلا أن المحتوى المقبول من الرصاص في البنزين يظل عند 13 ملغم/لتر في سنة [19]. وهذا يعني أن الاستهلاك الكبير للبنزين، خاصة في المدن ذات الكثافة المرورية العالية يمكن أن يساهم في تلوث الغلاف الجوي بالرصاص. ومن المصادر المحتملة الأخرى للرصاص في الغلاف الجوي هي أوزان العجلات [20]. يمكن أن يكون انتقال من مسافات بعيدة المدى من مدن أو بلدان المجاورة ذات المستوى العالي من تلوث الغلاف الجوي. [21]

وتتوافق مع نتائج دراسة في ايران، والتي تشير إلى أن تركيز هذه المعادن يختلف بشكل كبير بين مواقع أخذ العينات المختلفة، كما يشير إلى التوزيع غير المتجانس لهذه العناصر في جزيئات الغبار المتساقطة في منطقة الدراسة [22]، وكذلك مع الدراسة التي أجريت في ايران، والتي ذكرت أن مصدر الكروم في جزيئات الغبار هو من القشرة الأرضية ومصدر المعادن الأخرى. المعادن من صنع الإنسان [23]. أظهرت نتائج أخرى أن النحاس والكروم مصدرهما القشرة الأرضية وأن الكروم له مصادر ومركبات صناعية، وأظهرت دراسة أخرى أن المعادن Cd و An و Pb نشأت من مصادر من صنع الإنسان وأن Al نشأ من قشرة الأرض [24]. وجد أن أصل الكروم كان من الأنشطة التي من صنع الإنسان وأن أصل المعادن الأخرى كان من قشرة الأرض [25]. أثبت إن التناقضات بين نتائج الدراسة إلى أن الاختلاف في الصناعات الموجودة بالمنطقة، وأيضاً، ربما الاختلاف في نوعية التربة في مناطق الدراسة تؤثر على تركيز المعادن. [26]

كما أظهرت دراسة بمقاطعة أنهوي، الهند، أن الغالبية العظمى من القرويين يستخدمون الوقود الصلب للطهي والتدفئة. وجد أن احتراق الوقود الصلب تتبعث منه دخان، والسخام وغيرها من المواد الناعمة والخشنة حيث سيتم تعليق الجزيئات واستقرارها في أجزاء مختلفة في الهواء داخل الغرف. مما يحمل مجموعة متنوعة من الملوثات مثل المعادن الثقيلة والمواد العضوية، كما أن السخام المنبعث أثناء الطهي سيحمل أيضاً معادن ثقيلة. [27]

علاوة على ذلك، ووجدت دراسات أن بعض البلدان النامية تميل إلى امتلاك عدد متزايد من المصانع الصناعية المنتهية أو المهترئة التي تضر البيئة للأسف، وخاصة في المدن حيث تتسبب الانبعاثات الصناعية وانبعاثات المركبات، فضلاً عن الأنشطة المنزلية، في تلوث الهواء بشكل خطير. يعد الهواء أيضاً مصدرًا مهمًا للتعرض للزرنيخ في المناطق ذات النشاط الصناعي [28]. كما تحتوي المواد الحافظة المستخدمة على الزرنيخ، ويستخدم في تطبيقات صناعية مختلفة [29]، وأشارت دراسات أخرى احتمالات وجود الزرنيخ ف بعض المواد الكيميائية التي تستخدم في صناعة السجائر. [30]. وأثبتت دراسة في الهند وميانمار وإندونيسيا وكمبوديا أن الأنشطة الزراعية وإزالة الغابات، وحرق الكتلة الحيوية إلى رفع تركيز الزرنيخ في الهواء. [31]

ومن نتائج تحليل الهواء في موقع صناعي حضري في جنوب غرب إسبانيا تم أبلغ عن زيادة في تركيزات As في الغلاف الجوي خلال عام 2002 مقارنة بعام 2001 [32]. وجد تركيزات مرتفعة من المعادن الثقيلة، مثل الكاديوم والرصاص والخام والزنك، في المواقع الحضرية في الضواحي قوانغتشو في عام 2005 مقارنة بعام 2003 [33]. كما تم أبلغ عن تركيزات أعلى بحوالي 4-33 مرة من الكروم

والنحاس والزنك في جويو، وهو موقع لإعادة تدوير النفايات الإلكترونية في جنوب شرق الصين [15]، مقارنة بالدول الآسيوية الأخرى. وقد تم تحديد تركيزات أعلى بكثير من الزئبق في المواقع الحضرية وضواحي بكين في الصين مقارنة بأوروبا وأمريكا الشمالية [34]. ونظراً للتوسع الحضري السريع والزيادة في المركبات والصناعات، فإن تركيزات المعادن الثقيلة التي هي من صنع الإنسان بحتة، مثل الكاديوم والكروم والزنك والزرنيق، تتزايد في الهواء المحيط [35]. ومن ناحية أخرى، أدى التطبيق الصارم لاستخدام البنزين الخالي من الرصاص إلى خفض تركيز الرصاص بشكل ملحوظ.

وأثبتت دراسة انه عندما يتم حرق المحاصيل التي تحتوي على الزرنيخ، فإنها تطلق مركباً غازياً يحتوي على الزرنيخ وبعض الرذاذ الجوي الذي يتم نقله عبر الرياح ويرفع تركيز الزرنيخ في الغلاف الجوي. و يظل الشكل المعدني للزرنيخ مستقرًا في الهواء الجاف، بينما يتغير سطحه في الهواء الرطب [2].

تأثير الظروف الجوية على تركيزات المعادن الثقيلة تؤثر الظروف الجوية، مثل سرعة الرياح واتجاه الرياح ودرجة الحرارة والرطوبة، أيضًا على تركيزات الجسيمات التي تحتوي على معادن ثقيلة. وتشجع الرياح على انتقال المعادن الثقيلة من مكان إلى آخر. كما أظهرت دراسة في مدينة فرانكفورت الألمانية أن الرياح الجنوبية الغربية السائدة في هذه المنطقة على نقل المعادن من مدينة فرانكفورت إلى الموقع الريفي الذي يقع إلى الشمال الشرقي من المدينة. كما أثبتت عدد من الدراسات، يمكن نقل المعادن المرتبطة بالرذاذ الجوي لمسافات طويلة، حتى أكثر من آلاف الكيلومترات، قبل أن تعود إلى الأرض [24-26]. على سبيل المثال، متوسط وقت بقاء الجسيمات الدقيقة في الغلاف الجوي (2-0.1 ميكرومتر) هو 3-7 أيام [36].

وأظهرت دراسة أن اتجاه الرياح يلعب دورًا رئيسيًا في تركيزات المعادن الثقيلة الموجودة في الجسيمات [39]. كما تم تحديد أعلى تركيز من الكاديوم في اتجاه الرياح الشمالية الغربية بأكثر من 20 مرة منه في اتجاهات الرياح الأخرى في منطقة شانسوي بالصين [40]. أيضا تم تكشف على تركيزات PM10 والمعادن الثقيلة في الهواء المحيط بالمدينة الصناعية في كوريا الجنوبية خلال الأيام الضبابية كانت أعلى بكثير مما كانت عليه في الأيام الصافية [41]. يمكن تفسير التركيزات الأعلى للمواد الجسيمية والمعادن الثقيلة في الهواء المحيط خلال الأيام الضبابية مقارنة بالأيام الصافية من خلال الاختلافات بين ظروف الأرصاد الجوية، مثل الرطوبة النسبية ومؤشرات التهوية المحيطة خلال الأيام الضبابية والأيام الصافية [42] الاتجاهات أيضا عوامل مهمة في تركيزات المعادن الثقيلة في الهواء المحيط. تؤدي سرعة الرياح المنخفضة إلى زيادة محتوى المعدن بسبب انخفاض قدرة التخفيف. يُظهر اتجاه الرياح نحو نقطة

المصدر إلى نقطة أخذ العينات تركيزات أعلى، بينما تنخفض بعيداً عن نقطة أخذ العينات. يقلل هطول الأمطار من محتوى المعادن الثقيلة المحيطة بسبب غسل الجسيمات في الهواء المحيط. إلى جانب ظروف الأرصاد الجوية. [35]

III. 4- الخاتمة

حددت الدراسة التي أجريت لتقدير تركيز المعادن الثقيلة المختلفة في الهواء لمناطق حضرية وصناعية في مدينة ورقلة الجزائر. وجد أن الهواء يحتوي مستويات عالية، وعلى تركيزات منخفضة من المعادن الثقيلة. وهذا حسب المنطقة والمكان الجغرافي. وكان تركيز المعادن ضمن الحدود المسموح بها في الأماكن التي تندرج تحت الفئة الصناعية والحضرية. بشكل قاطع، أظهرت تحليلات على وجود ستة معادن ثقيلة Hg، As، Co، Pb، Ni وCr قابلة للاكتشاف الحديد Fe تحت مستويات قابلة للاكتشاف. على الرغم من أن النتائج المتعلقة بمعدل محتويات المعادن الثقيلة لا تبعث على القلق في هذه المنطقة، إلا أنه يجب إجراء مسح منتظم على فترات مناسبة لمراقبة جودة هواء المدينة للسيطرة على التلوث الناتج عن الصناعات والقطاعات الأخرى. علاوة على ذلك، يمكن اتخاذ إجراءات من خلال تثقيف الصناعيين للتكيف مع أساليب الحد من التلوث وكذلك لرفع مستوى الوعي بين عامة الناس لدعم ومتابعة استراتيجيات مكافحة التلوث.

المراجع reference

- [1] K. H. Vardhan, P. S. Kumar, and R. C. Panda, "A review on heavy metal pollution, toxicity and remedial measures: Current trends and future perspectives," *J. Mol. Liq.*, vol. 290, p. 111197, 2019.
- [2] C.-S. Jia, R. Zeng, X.-L. Peng, L.-H. Zhang, and Y.-L. Zhao, "Entropy of gaseous phosphorus dimer," *Chem. Eng. Sci.*, vol. 190, pp. 1–4, 2018.
- [3] M. Abdulaziz and S. Musayev, "Multicomponent biosorption of heavy metals from aqueous solutions: A review," *Polish J. Environ. Stud.*, vol. 26, no. 4, pp. 1433–1441, 2017.
- [4] F. Z. Benhachem and D. Harrache, "Chemical Speciation and Potential Mobility of Heavy Metals in Forest Soil Near Road Traffic in Hafir, Algeria," *J. Heal. Pollut.*, vol. 11, no. 30, p. 210614, 2021.
- [5] A. Sellal, "Etude de la pollution de Oued K'sob (région de Bordj Bou Arreridj) et de l'effet phyto-accumulateur de *Phragmites australis* (roseau)," 2018.
- [6] S. I. Al-Hassen, A. W. A. Sultan, A. A. Ateek, H. T. Al-Saad, S. Mahdi, and A. A. Alhello, "Spatial analysis on the concentrations of air pollutants in Basra province (southern Iraq)," *Open J. Air Pollut.*, vol. 4, no. 03, p. 139, 2015.
- [7] B. E. Malayeri, "Décontamination des sols contenant des métaux lourds à l'aide de plantes et de microorganismes," *These Dr. Univ. Nancy I, Fr.*, 1995.
- [8] H. Wang *et al.*, "Mixed chloride aerosols and their atmospheric implications: A review," *Aerosol Air Qual. Res.*, vol. 17, no. 4, pp. 878–887, 2017.

- [9] G. Valotto, G. Rampazzo, F. Gonella, G. Formenton, S. Ficotto, and G. Giraldo, "Source apportionment of PAHs and n-alkanes bound to PM1 collected near the Venice highway," *J. Environ. Sci.*, vol. 54, pp. 77–89, 2017.
- [10] B. Ambade, T. K. Sankar, A. Kumar, and S. S. Sethi, "Characterization of PAHs and n-alkanes in atmospheric aerosol of Jamshedpur City, India," *J. Hazardous, Toxic, Radioact. Waste*, vol. 24, no. 2, p. 4020003, 2020.
- [11] I. Meyer, J. Heinrich, and U. Lippold, "Factors affecting lead and cadmium levels in house dust in industrial areas of eastern Germany," *Sci. Total Environ.*, vol. 234, no. 1–3, pp. 25–36, 1999.
- [12] B. Alharbi, M. M. Shareef, and T. Husain, "Study of chemical characteristics of particulate matter concentrations in Riyadh, Saudi Arabia," *Atmos. Pollut. Res.*, vol. 6, no. 1, pp. 88–98, 2015.
- [13] T. M. A. Habeebullah, "Chemical composition of particulate matters in Makkah-focusing on cations, anions and heavy metals," *Aerosol Air Qual. Res.*, vol. 16, no. 2, pp. 336–347, 2016.
- [14] C. C. Lim *et al.*, "Temporal variations of fine and coarse particulate matter sources in Jeddah, Saudi Arabia," *J. Air Waste Manage. Assoc.*, vol. 68, no. 2, pp. 123–138, 2018.
- [15] W. J. Deng, P. K. K. Louie, W. K. Liu, X. H. Bi, J. M. Fu, and M. H. Wong, "Atmospheric levels and cytotoxicity of PAHs and heavy metals in TSP and PM2.5 at an electronic waste recycling site in southeast China," *Atmos. Environ.*, vol. 40, no. 36, pp. 6945–6955, 2006.
- [16] G.-C. Fang *et al.*, "Characterization of particulate, metallic elements of TSP, PM2.5 and PM2.5-10 aerosols at a farm sampling site in Taiwan, Taichung," *Sci. Total Environ.*, vol. 308, no. 1–3, pp. 157–166, 2003.

- [17] G.-C. Fang, Y.-S. Wu, S.-H. Huang, and J.-Y. Rau, "Review of atmospheric metallic elements in Asia during 2000–2004," *Atmos. Environ.*, vol. 39, no. 17, pp. 3003–3013, 2005.
- [18] M. Abdulaziz, A. Alshehri, I. Chandra, and Y. Hatim, "Pollution level and health risk assessment of heavy metals in ambient air and surface dust from Saudi Arabia : a systematic review and meta - analysis," *Air Qual. Atmos. Heal.*, pp. 799–810, 2022.
- [19] M. Khodeir *et al.*, "Source apportionment and elemental composition of PM2. 5 and PM10 in Jeddah City, Saudi Arabia," *Atmos. Pollut. Res.*, vol. 3, no. 3, pp. 331–340, 2012.
- [20] D. M. Deocampo, J. Reed, and A. P. Kalenuik, "Road dust lead (Pb) in two neighborhoods of urban Atlanta,(GA, USA)," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 9, no. 6, pp. 2020–2030, 2012.
- [21] H. M. Aburas, M. A. Zytoon, and M. I. Abdulsalam, "Atmospheric lead in PM2. 5 after leaded gasoline phase-out in Jeddah city, Saudi Arabia," *CLEAN–Soil, Air, Water*, vol. 39, no. 8, pp. 711–719, 2011.
- [22] N. Sistani, M. Moeinaddini, N. Khorasani, A. H. Hamidian, M. S. Ali-Taleshi, and R. A. Yancheshmeh, "Heavy metal pollution in soils nearby Kerman steel industry: metal richness and degree of contamination assessment.," *Iran. J. Heal. Environ.*, vol. 10, no. 1, 2017.
- [23] et al Goodarzi G, Asgharipour Dashtbozorg N, Naimabadi A, Ghorbanpoor R, Hedari M, Hashemzadeh B, "Analysis of chemical properties of precipitating particles in Ahvaz, Iran.," *J. North Khorasan Univ. Med. Sci.*, vol. 9, no. 4, pp. 56–65, 2018.
- [24] N. Mohd Tahir, S. C. Poh, S. Suratman, M. M. Ariffin, N. A. M. Shazali, and K. Yunus, "Determination of trace metals in airborne particulate

- matter of Kuala Terengganu, Malaysia,” *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, vol. 83, pp. 199–203, 2009.
- [25] A. Zarasvandi, E. J. M. Carranza, F. Moore, and F. Rastmanesh, “Spatio-temporal occurrences and mineralogical–geochemical characteristics of airborne dusts in Khuzestan Province (southwestern Iran),” *J. geochemical Explor.*, vol. 111, no. 3, pp. 138–151, 2011.
- [26] A. Javid, A. Nasiri, H. Mahdizadeh, S. M. Momtaz, M. Azizian, and N. Javid, “Determination and risk assessment of heavy metals in air dust fall particles,” no. December, 2021.
- [27] Y. Li *et al.*, “Characteristics of PM 2 . 5 emitted from different cooking activities in China,” *Atmos. Res.*, vol. 166, pp. 83–91, 2015.
- [28] K. Gharaybeh, “Environmental pollution - concept, forms and how to reduce the severity of it,” *J. Environ. Stud.*, vol. 3, no. 1, pp. 121–133, 2010.
- [29] S. H. Frisbie and E. J. Mitchell, “Arsenic in drinking water: An analysis of global drinking water regulations and recommendations for updates to protect public health,” *PLoS One*, vol. 17, no. 4, p. e0263505, 2022.
- [30] M. Paz-Sabillón, L. Torres-Sánchez, M. Piña-Pozas, L. M. Del Razo, and B. Quintanilla-Vega, “Prenatal Exposure to Potentially Toxic Metals and Their Effects on Genetic Material in Offspring: a Systematic Review,” *Biol. Trace Elem. Res.*, vol. 201, no. 5, pp. 2125–2150, 2023.
- [31] G. R. Van Der Werf *et al.*, “Global fire emissions estimates during 1997–2016,” *Earth Syst. Sci. Data*, vol. 9, no. 2, pp. 697–720, 2017.
- [32] D. Sánchez-Rodas *et al.*, “Arsenic speciation of atmospheric particulate matter (PM10) in an industrialised urban site in southwestern Spain,” *Chemosphere*, vol. 66, no. 8, pp. 1485–1493, 2007.

- [33] C. S. L. Lee, X.-D. Li, G. Zhang, J. Li, A.-J. Ding, and T. Wang, "Heavy metals and Pb isotopic composition of aerosols in urban and suburban areas of Hong Kong and Guangzhou, South China—evidence of the long-range transport of air contaminants," *Atmos. Environ.*, vol. 41, no. 2, pp. 432–447, 2007.
- [34] Z. Wang, X. Zhang, Z. Chen, and Y. Zhang, "Mercury concentrations in size-fractionated airborne particles at urban and suburban sites in Beijing, China," *Atmos. Environ.*, vol. 40, no. 12, pp. 2194–2201, 2006.
- [35] L. N. Suvarapu and S. Baek, "Determination of heavy metals in the ambient atmosphere : A review," 2016.
- [36] K. Pleßow and H. Heinrichs, "Anthropogene Spurenelemente in Aerosolen industrie-und verkehrsferner Gebiete," *Umweltgeochem. Wasser, Boden und Luft Geogener Hintergrund und Anthropog. Einflüsse*, pp. 205–223, 2001.
- [37] J. Mueller, "The banality of" ethnic war",” *Int. Secur.*, vol. 25, no. 1, pp. 42–70, 2000.
- [38] C. Barbante *et al.*, "Greenland snow evidence of large scale atmospheric contamination for platinum, palladium, and rhodium," *Environ. Sci. Technol.*, vol. 35, no. 5, pp. 835–839, 2001.
- [39] W. Hailin *et al.*, "Long-term monitoring and source apportionment of PM_{2.5}/PM₁₀ in Beijing, China," *J. Environ. Sci.*, vol. 20, no. 11, pp. 1323–1327, 2008.
- [40] J.-H. Tan *et al.*, "Source of atmospheric heavy metals in winter in Foshan, China," *Sci. Total Environ.*, vol. 493, pp. 262–270, 2014.
- [41] B.-K. Lee and G.-H. Park, "Characteristics of heavy metals in airborne particulate matter on misty and clear days," *J. Hazard. Mater.*, vol. 184,

no. 1–3, pp. 406–416, 2010.

- [42] B. Pekey *et al.*, “Indoor/outdoor concentrations and elemental composition of PM₁₀/PM_{2.5} in urban/industrial areas of Kocaeli City, Turkey,” *Indoor Air*, vol. 20, no. 2, pp. 112–125, 2010.

خاتمة عامة

خاتمة عامة

ويعد هذا العمل استمرارا للبحث الذي بدأه مجموعة من الباحثين في رصد وتقييم التلوث في منطقة الجنوب الشرقي وفي الجزائر عموما. ركزت دراستنا على التلوث في منطقة ورقلة من خلال تحديد محتويات الهواء من المعادن الثقيلة والملوثات الرذاذ البيولوجي في الهواء في هذه المنطقة.

وأظهر تلوث الهواء بالمعادن الثقيلة والرذاذ البيولوجي في هذا البحث أن العينات الهواء حيث تختلف التراكيز حسب الموقع الجغرافي والمنطقة (حضرية كانت أو صناعية). وكانت منطقة أمانة (غير ملوثة) إلى منخفضة التلوث في المواقع الدراسة. في حين كانت بين منخفضة التلوث إلى متوسطة التلوث في المواقع الحضرية، باستثناء بعض الأماكن التي كانت بين متوسطي التلوث أو تلوث كبير ببعض المعادن، أما الرذاذ البكتيري فتجاوز الحد في موقعين المستشفى العمومي محمد بوضياف بمدينة ورقلة وفي الشركة الوطنية لحفر الآبار بمدينة حاسي مسعود. لذا فإن أهم استنتاجات هذه الدراسة هي أن مساهمة الأنشطة البشرية هي المسؤولة أو السبب الرئيسي في تأثير على تركيز العناصر المعدنية في منطقة الدراسة.

الترتيب العام لمتوسط تركيزات المعادن الثقيلة التي تم اختبارها:

$Pb > Co > Hg > Cd > Cr > As > Fe$ لكن مقارنة تراكيز المعادن الثقيلة بقيمها الحدية لا تعطي فكرة واضحة عن تأثير الإنسان في انبعاثها، بقدر ما تعطي الفكرة تحديد عوامل التلوث.

ماذا يمكننا أن نفعل: للحد من التلوث بشكل عام؟

هذه بعض الطرق السهلة التي يمكن للأشخاص العاديين القيام بها.

- زراعة الأشجار والعشب والشجيرات في المناطق الجرداء. حيث يمتص الغطاء النباتي المعادن ويحافظ على تماسك التربة، مما يقلل من التصحر.
- استحداث مسطحات مائية.
- التخلص بشكل صحيح من المواد الكيميائية المنزلية والمبيدات الحشرية بشكل عقلائي.
- استخدام الأسمدة والمبيدات الحشرية باعتدال في المروج والحدائق.
- إعادة تدوير البلاستيك والزجاج والورق.
- التوجه إلى استعمال الطاقة النظيفة أو البديلة عن الوقود الأحفوري.

الآفاق المستقبلية

وللأسف، نقص الإمكانيات والتجهيزات اللازمة، إضافة إلى تبعات وباء كوفيد-19، للخروج بنتائج بالغة الأهمية، خاصة في مجال المعادن الثقيلة والبكتيريا والفطريات المحمولة جوا ولمعرفة مصادرها. ومع ذلك، فإن الاستمرار في هذا البحث هو أحد الآفاق المستقبلية.

وينبغي لهذه النتائج أن تدفع دولتنا إلى تكثيف الجهود في مكافحة تلوث الهواء، وتحسين وتوفير الوسائل معالجة التلوث في الهواء.

