



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
Université Abbès Laghrour - kenchela
FACULTÉ DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
Département sciences de la matière



N° de série :

Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme de Master Académique.

Filière : chimie

Spécialité : chimie analytique et environnement.

**Utilisation des différents modèles (CPF et CWT)
pour identifier les sources géographiques de la
pollution particulaire**

Réalisé par : Ayeb Nariman

Sekkaoui khaoula

Membres de jury :

Dr. Kertiou Nouredine

Dr. Samai Salima

Dirigé par : Terrouche Ahmed

Année Universitaire :2021/2022

Sommaire

Titre :	Page
	N° :
Remerciement.....	1
Dédécès.....	2
Liste de la figure.....	4
Introduction générale.....	5
Chapitre I	
I.1. La pollution atmosphérique particulière	7
I.1.1. Définitions et caractéristiques des particules atmosphériques.....	7
	7
I.2 Classification des particules	
I.2.1. Classification des particules selon leurs tailles.....	7
I.2.2. Classification des particules selon leurs sources.....	8
I.2.2.1. Les particules d'origines naturelles	8
I.2.2.1.1. Transport lointain des poussières désertique	8
I.2.2.1.2. Les aérosols marins	9
I.2.2.1.3. Les aérosols volcaniques	9
I.2.2.1.4. Les aérosols biologiques.....	9
I.2.2.1.5. Les feux de végétation	10
I.2.2.2. Les particules d'origines anthropiques	10
I.2.2.2.1. Les aérosols industriels	10
I.2.2.2.2. Le transport	11
I.2.2.2.3. L'agriculture	11
I.2.2.2.4. Le brûlage de la biomasse	11
I.2.3. Classification des particules selon leurs mécanismes de formation.....	12
I.3. Durée de vie des aérosols et processus d'élimination.....	13

Sommaire

I.4. Les effets des particules sur la santé	14
I.5. Les effets des particules sur le climat	15
I.6.Recommandations et législations des émissions des particules ...	15
I.7. Le model (CPF) (Conditional Probability Function)	16
I.8: Le model (CWT) (Concentration-Weighted Trajectory).....	16
I.9 Les rétro-trajectoires	17
Captier II	
II.1. Résultat Et Discussion	19
II.1.1 Description du site :.....	19
II.2 Evolution des Concentrations de polluants	20
II .3 Application de model CWT	21
II.4 Application de model PSCF	23
Conclusion générale.....	26
Résumé.....	27
Référence bibliographique.....	30

Remerciements

Nous remercions tout d'abord et en premier lieu 'Dieu' le tout puissant.

*Notre remerciement s'adresse tout particulièrement à noter encadreur Monsieur : **Terrouche Ahmed** de nous avoirs prêté main forte, et à qui nous tenons vraiment à exprimer nos sincère gratitude sa disponibilité à noter égard, pour ces conseils, pour ces orientations, pour son aide dans la rédaction du mémoire et l'interprétation des résultats, nous le remercions profondément pour l'honneur qui nous fait de nous confier ce travail, qu'il trouve ici le témoignage de nos profondes grâces.*

Comme nous remercions du fond de nos cœurs tous nos professeurs

Sans oublier le président ainsi que tous les membres de jury.

Nous remercions également tous ceux qui ont participé, de proche ou loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

À ma mère qui à été pour moi la flemme qui ma éclairée mon chemin, c'est elle qui a criée au fonde de moi tout les principes idéaux qui m'ont fait à cette étape décisive, bien sue avec son affection illimitée.

À Mon cher père : la cause des mes succès en signe de reconnaissance pour amour et son affection dont il ma jamais cassé de donner....

À Mes chers frères

À Mes très chères sœurs.

À Tout la famille Ayeb.

À Tout mes amis.

Ayeb Nariman.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Je dis merci à tous mes frères mes amis

Louange à Dieu et prières soient sur le Prophète bien-aimé. Dieu, qui nous a permis d'apprécier cette étape de notre cheminement académique, ayant résulté avec ce mémoire, fruit d'efforts, de patience et de persévérance, que je dédie à :

ma famille (père, mère et sœurs).

Qui leurs soutiens et leurs supplications ont eu un grand impact favorable durant la navigation du navire de recherche jusqu'à ce qu'il amarré sur le rivage des rêves.

À mon cher mari qui s'est tenu à mes côtés et m'a apporté son soutien moral, sacrifiant son temps afin de réaliser ce précieux gain qui est l'espoir de chaque étudiant.

Sans oublier ma belle mère qui a été à mes côtés on me préservant le climat favorable lors de ma dernière et difficile course. Mes remerciements :

À mes professeurs en général et en particulier mon professeur superviseur, le Dr A.Terrrouche, pour ses conseils et orientation.

À tous, je dédie cet humble travail Avec mes chaleureux vœux de santé, de bien-être et de bonheur à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à cette réalisation. Avec mes chaleureux remerciements à tous.

Sekkaoui Khaoula

**LISTE DES
FIGURES**

Liste des figures

Figure :	Page N° :
Figure I.1 : Composition chimique des particules PM_{10} dans l'hémisphère nord.....	8
Figure I.2: Processus de transformation des aérosols dans l'atmosphère, dp : diamètre de la particule.....	13
Figure I.3 : Effet de différents types de particules sur le système respiratoire humain.....	15
Figure II. 1. Emplacements de site de surveillance.....	19
Figure II.2 : Evolution des concentrations de polluants	20
Figure II.3. polarPlot des concentrations de $PM_{2.5}$ basé sur la fonction CPF	21
Figure II.4. polarPlot des concentrations de PM_{10} basé sur la fonction CPF	22
Figure II.5. polarPlot des concentrations de NO_x basé sur la fonction CPF.....	22
Figure II.6. polarPlot des concentrations d'O_3 basé sur la fonction CPF.....	23
Figure II.7 Concentrations maillées et lissées des trajectoires rétrospectives indiquant les sources probables des polluants ((A) pour l'O_3, (B) NO_x, (C) PM_{10} , (D) $PM_{2.5}$) à l'aide de l'approche CWT.....	25

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction générale

Introduction générale :

La pollution atmosphérique peut être définie par la présence de polluants (gazeux ou particules) dans l'atmosphère, pouvant provoquer des effets nocifs sur l'environnement et la santé. Les sources de cette pollution peuvent être soit naturelles (feu de forêt, éruption volcanique, ...), soit anthropiques, c'est-à-dire liées à l'activité humaine. Dans ce dernier cas, la pollution est souvent le résultat direct des progrès industriels de ces derniers siècles, comme par exemple l'émission continue et parfois sans précaution des polluants associés aux processus de combustion (véhicules automobiles, installations industrielles, production d'énergie par combustion...). [1]

Au cours du dixième siècle, le développement des industries chimiques et pétrolières a conduit à une diversification des polluants, tandis que l'explosion démographique entraînait une hausse considérable des besoins énergétiques et donc de la pollution occasionnée par la production de cette énergie. De plus, l'apparition de l'automobile a généré de nouvelles émissions qui allaient devenir, un siècle plus tard, la principale cause de pollution urbaine. [2]

La pollution atmosphérique est actuellement au centre des préoccupations de la recherche météorologique, en raison de son implication à court et long terme sur le climat, la santé humaine et la biosphère. Bien prévoir les épisodes de pollution nécessite des modèles numériques traitant correctement des processus chimiques, mais également des mécanismes dynamiques responsables du transport et de la diffusion des polluants émis à la surface terrestre. [3]

La pollution constitue un danger immédiat pour la santé, mais a également un effet qui s'amplifie au fil des années. Les personnes les plus sensibles, comme les enfants, les personnes âgées, les grands fumeurs, les malades du cœur ou des poumons, sont les plus concernées par la pollution atmosphérique. Pour celles-ci, la pollution peut favoriser des maladies, en aggraver certaines, et parfois même précipiter les décès. [4]

Les particules microscopiques sont omniprésentes dans notre environnement. Elles sont produites aussi bien par les processus naturels que par l'homme et sont appelées aérosols. [5]

Introduction générale

Le terme aérosol se réfère à toutes les particules solides ou liquides en suspension dans l'air. Les aérosols peuvent être classés en deux catégories. Les aérosols primaires sont émis directement dans l'atmosphère à partir de sources naturelles (érosion, re suspension, feux de biomasse) ou anthropiques (transport, industries, chantiers de construction). Les aérosols secondaires résultent de la conversion de gaz atmosphériques en particules. On peut citer le cas des aérosols organiques secondaires résultant de l'oxydation des COV en phase gazeuse, puis de leur condensation et de la transformation des particules primaires par réactions chimiques hétérogènes. [6]

Plusieurs outils ont été développés pour la modélisation et l'analyse des phénomènes de transport atmosphérique. Parmi eux, le modèle HYSPLIT (HYbrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory), initialement développé par NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) et le service météorologique d'Australie, permet de réaliser des calculs de trajectoires de particules ainsi que de dispersion et de dépôt de masses d'air. [7]

En effet, parmi les buts de l'étude de la pollution atmosphérique est d'identifier les sources responsables de la pollution.

CHAPITRE

I

Chapitre I

I.1. La pollution atmosphérique particulaire :

I.1.1. Définitions et caractéristiques des particules atmosphériques :

Selon l’OMS, les particules atmosphériques peuvent être définies ainsi : « les particules en suspension ou les matières particulaires sont des polluants atmosphériques consistant en un mélange complexe de substances organiques et minérales en suspension dans l’air, sous forme solide et/ou liquide. Ces particules sont de tailles, de compositions et d’origines diverses. Leurs propriétés se définissent en fonction de leur diamètre aérodynamique appelé « taille particulaire ». Le diamètre aérodynamique d’une particule est égal au diamètre d’une sphère de masse volumique 1 g.cm^{-3} et dont la vitesse de chute est égale à celle de la particule considérée, en absence de vent et de turbulences. En d’autres termes, ce diamètre définit le diamètre d’une hypothétique particule d’eau sphérique possédant les mêmes caractéristiques aérodynamiques que la particule concernée. Cette définition générale révèle à quel point ce type de pollution recouvre une diversité importante de composés et donc la difficulté de caractériser précisément cette dernière. En effet, bien que le diamètre aérodynamique soit un paramètre de classification communément admis, celui-ci ne traduit en rien la diversité d’origines, les composés présents ainsi que les propriétés chimiques des particules considérées. En revanche, du point de vue toxicologique, cette définition selon la taille a une signification quand au potentiel de pénétration de ces particules dans l’appareil respiratoire. [8]

I.2 Classification des particules :

I.2.1. Classification des particules selon leurs tailles :

Les particules atmosphériques ou matières particulaires (Particulate Matter, PM) ou encore appelées aérosols, correspondent à des particules solides et/ou liquides en suspension dans l’air. Selon leur diamètre aérodynamique, les particules atmosphériques sont classées en trois catégories :

- Les particules grossières ou $\text{PM}_{2.5-10}$ ayant un diamètre aérodynamique équivalent compris entre 2,5 et 10 μm , et proviennent généralement de la remise en suspension de poussières de sol, des embruns marins, des bioaérosols tels que les pollens et les spores, et du cisailage mécanique de particules plus grosses.
- Les particules fines ($\text{PM}_{2.5}$) ayant un diamètre aérodynamique inférieur à

Chapitre I

2,5 µm, proviennent essentiellement des activités anthropiques et des émissions issues des procédés de combustion,

- Les particules ultrafines PM_{0.1} ayant un diamètre inférieur ou égal à 0,1µm. [9]

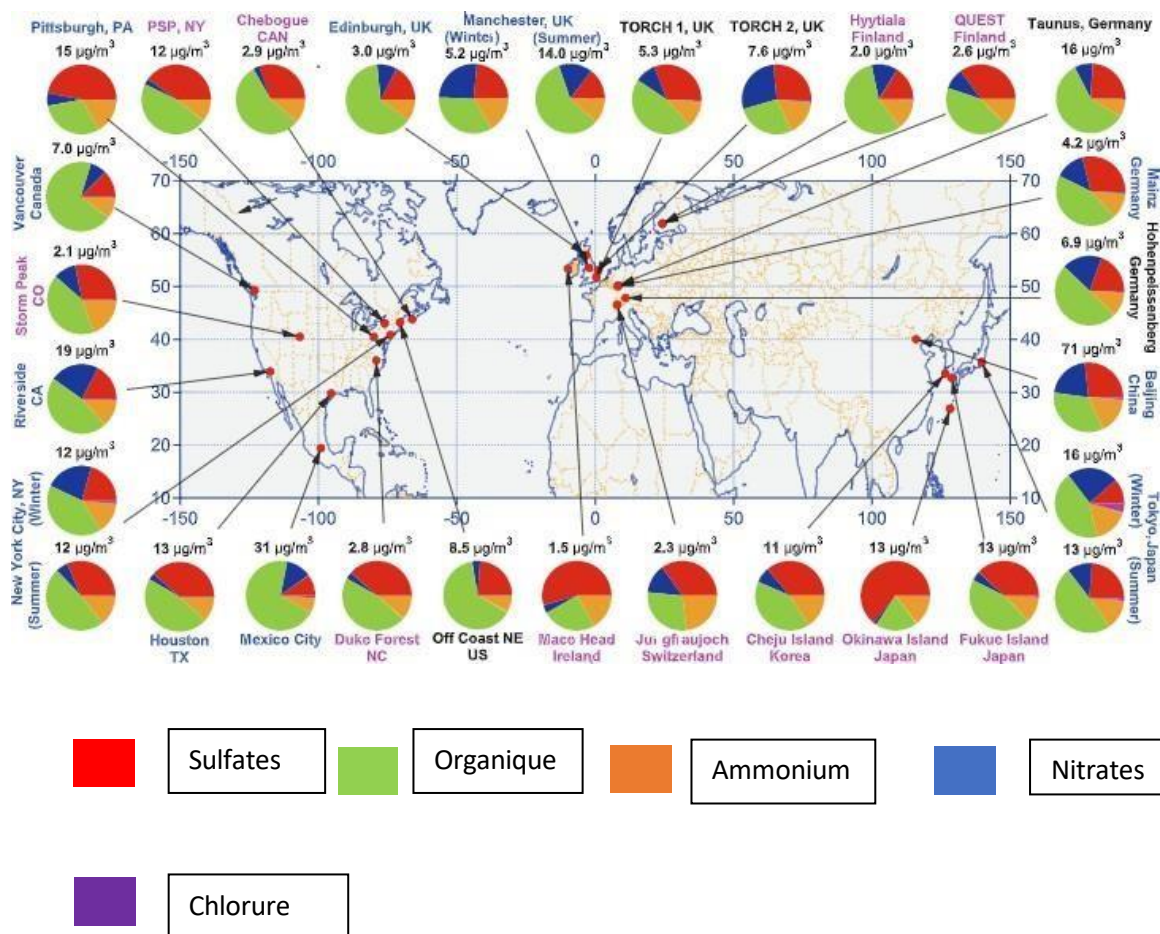


Figure I.1 : Composition chimique des particules PM₁ dans l'hémisphère nord

I.2.2. Classification des particules selon leurs sources :

I.2.2.1. Les particules d'origines naturelles :

I.2.2.1.1. Transport lointain des poussières désertique :

Le Sahara est considéré comme un exemple typique d'une zone de désert chaud où la pluie est extrêmement rare. Dans les environnements avec des niveaux de précipitations extrêmement faibles et des températures moyennes très élevées (> 50 ° C en été), les épisodes massifs de la remise en suspension des poussières sont courants,

Chapitre I

conduisant à des niveaux de PM élevés dans l'air (poussières africaines). Le réchauffement de la surface, pendant la journée, conduit à de fortes turbulences thermiques verticales qui peuvent atteindre, en été, une altitude de 4000 à 5000 mètres. Ces turbulences sont généralement suivies par des périodes de stabilité nocturne. [8]

I.2.2.1.2. Les aérosols marins :

Les particules de sels marins prennent naissance lors de l'éclatement des bulles d'air à la surface de l'eau : suite au mouvement des vagues, des bulles d'air se forment et atteignent la surface d'eau. L'éclatement de ces bulles aboutit à la formation de très petites gouttelettes en suspension dans l'air. Pendant leur transport dans l'atmosphère, ces gouttelettes s'évaporent et forment des solutions saturées en sels. Les éléments les plus caractéristiques dans l'eau de mer sont Cl, Na, les ions sulfates, Mg, Ca et K. A partir de ceux-ci, plusieurs composés sont formés par recristallisation lors de l'évaporation des gouttelettes dans l'atmosphère, avec NaCl comme composé principal, accompagné de KCl, CaSO₄, (NH₄)₂SO₄ et de nombreux autres sels comme les carbonates. [9]

I.2.2.1.3. Les aérosols volcaniques :

Les régions volcaniques donnent naissance pendant la durée des éruptions et des émanations permanentes, à des gaz vapeurs et parfois à des particules solides telles que les poussières et les cendres volantes. En général, les populations évitent d'habiter dans ces zones volcaniques qui sont très bien connues. Ce pendant, on relate de nombreux cas où le phénomène survient d'une manière inattendue de sorte que des villes et des régions entières ont été comprises dans les aires affectées par les éruptions. Les éruptions volcaniques sont à l'origine de la formation de deux types de particules solides, les poussières et les cendres volantes, ainsi que d'émissions gazeuses constituées essentiellement de SO₂, CO₂, H₂O, H₂S, etc., qui peuvent jouer le rôle de gaz précurseurs lors de la conversion gaz-particules. Les particules sont prédominantes lors des éruptions des volcans en activité, et ces derniers même en absence d'éruptions, émettent des quantités importantes de SO₂. [5]

I.2.2.1.4. Les aérosols biologiques :

Les bioaérosols qui sont des particules aéroportées d'origine microbienne, animale ou végétale. Ils sont présents dans l'air sous plusieurs formes physiques. Ils peuvent être individualisés (spores, cellules bactériennes,...), regroupés sous forme

Chapitre I

d'agrégat composé de plusieurs éléments individualisés ou avec d'autres matériels biologiques. Ils peuvent également être issus de produits (mycotoxines, endotoxines,...) ou de fragments d'éléments individualisés ou bien pour finir, se présenter sous forme de particules d'origine biologique associées à des particules non biologiques. [10]

I.2.2.1.5. Les feux de végétation :

Les émissions produites par des incendies naturels ont un effet significatif sur la concentration des particules dans l'atmosphère. Ces feux de forêts surviennent habituellement au cours de l'été, comme c'est le cas en Algérie où le climat est sec.

Les feux de forêt ont un effet prononcé sur la qualité de l'air local et régional. Les émissions correspondantes comprennent des polluants primaires (PM, CO, NO_x, O₃) et des aérosols organiques secondaires, se formant dans l'atmosphère, lorsque des composants gazeux tels que les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) et les NO_x, sont libérés par les incendies et ont subi un processus photochimique. [8]

I.2.2.2. Les particules d'origines anthropiques :

I.2.2.2.1. Les aérosols industriels :

Parmi les sources anthropiques on distingue principalement les rejets industriels (fumées, poussières,...), les trafics routier et aérien, l'incinération des ordures, les activités des chantiers de construction ou le chauffage domestique. [11]

Les industries lourdes, que sont la pétrochimie, la sidérurgie et la cimenterie, émettent de grandes quantités de SO₂, CO, CO₂, NO, NO₂, de Composés Organiques Volatils (COV), ainsi que de poussières, qui, elles, forment la matière particulaire en suspension (Ps). Les productions en tonnage ainsi que les émissions polluantes mesurées par la Direction Régionale de l'Industrie.

Dix stations du réseau régional de surveillance de la qualité de l'air, ATMO Nord Pas-de-Calais, mesurent automatiquement et en continu sur une base quart horaire, les concentrations en SO₂, CO, NO, NO₂, O₃, PM₁₀ et PM_{2,5}. Neuf stations sont dans la zone d'étude et une est située à l'ouest près de Gravelines. [12]

I.2.2.2.2. Le transport :

Selon l'office National des Statistiques (ONS), le parc automobile national algérien, comptait en 2014 environ 5 425 558 véhicules dont 2 677 746 unités (49,35%) avaient plus de 20 ans. Le transport figure parmi les sources les plus importantes d'émission d'aérosols anthropiques primaires dans les régions densément peuplées. Sa contribution représente environ 15-50% de la masse totale d'aérosols fins émis dans les zones urbaines. Les émissions des véhicules présentent un intérêt particulier, car les particules émises ont essentiellement une taille comprise entre 20 et 120 nm et contiennent des composants potentiellement toxiques, tels que les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et les éléments métalliques. [8]

I.2.2.2.3. L'agriculture :

Comme tous les secteurs d'activité, le secteur agricole est responsable de l'émission de nombreux polluants et précurseurs de polluants, notamment particulaires. L'agriculture se distingue par de très fortes émissions d'ammoniac, le recensement officiel des émissions indique que plus de 97 % (CITEPA, 2015) des émissions anthropiques de ce composé sont dues à l'agriculture (élevage et épandages d'engrais azotés) en France. L'ammoniac combiné à l'acide nitrique est à la source de la formation de particules secondaires dans l'atmosphère, contribuant ainsi à la charge totale en particules. D'autres émissions, notamment de particules terrigènes, sont imputables à l'agriculture, lesquelles est de taille généralement supérieure à 2,5 µm. 13

I.2.2.2.4. Le brûlage de la biomasse :

La combustion de la biomasse sur de grands espaces dans le monde se manifeste par les feux de forêts et de savanes. La différence entre les aérosols naturels et anthropiques produits dans ces conditions est difficile à établir dans la mesure où certains incendies proviennent de catastrophes naturelles alors que d'autres sont causés soit volontairement, soit involontairement par l'Homme. La composition de la fumée provenant des feux de forêts varie énormément et est constituée de particules primaires sous forme de cendres et de suies auxquelles s'ajoutent des gaz. Ces gaz ainsi obtenus peuvent conduire à la formation de particules secondaires par conversion gaz-particules. La quantité des particules produites et leur composition dépendent des caractéristiques des bois et végétaux brûlés. [5]

I.2.3. Classification des particules selon leurs mécanismes de formation :

Les polluants primaires, sont ceux qui sont émis directement dans l'air, ces émissions sont catégorisées en deux types :

- Biogénique : liées à l'activité naturelle telle que l'activité photosynthétique, sels de Mer, activité volcaniques, feux de forêts.
- Anthropique : liées à l'activité humaine tels que les processus industriels,

Transport, production de l'énergie etc.

Nous pouvons citer comme exemple de polluants primaires l'oxyde de soufre (SO_2) qui est émis par l'opération de combustion de charbon. [14]

Les particules secondaires sont d'origines anthropiques et naturelles ; elles sont générées dans l'atmosphère par des réactions mettant en jeu les polluants gazeux. En effet, les Particules secondaires résultent de la transformation des NO_x (oxydes d'azote), Émis par la circulation automobile et certains procédés industriels, en nitrates mais aussi de la transformation du SO_2 issu de combustibles contenant du soufre en sulfates. Plus généralement, il existe trois mécanismes de formation des Particules secondaires :

- L'accumulation : c'est la transformation dans l'atmosphère des gaz en particules.
- La nucléation : Ce phénomène se produit après l'accumulation. Il consiste en une croissance des particules secondaires (qui après la nucléation vont de 1 à 10 nm) en taille par coagulation ou condensation.
- La formation mécanique : plus spécifique des particules secondaires d'origine Naturelle car il s'agit de l'érosion éolienne, des météorites et des embruns contenant des particules de sels provenant du bris des vagues. [15]

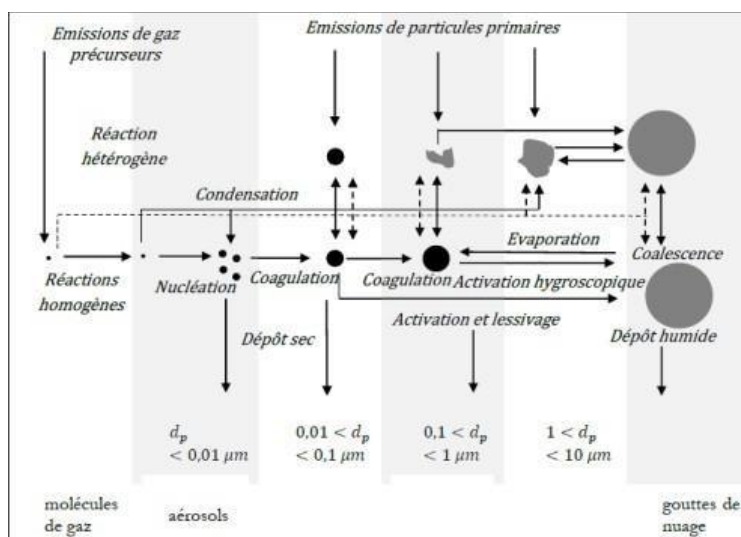


Figure I.2: Processus de transformation des aérosols dans l'atmosphère, Dingenen d_p : diamètre de la particule.

I.3. Durée de vie des aérosols et processus d'élimination :

Le taux des aérosols dans l'atmosphère diminue selon deux mécanismes : le dépôt à la surface (dépôt sec) et l'incorporation des particules dans les gouttelettes des nuages au cours de la formation des précipitations (dépôt humide). La durée de vie des aérosols atmosphériques dépend du diamètre, de la composition chimique et des propriétés thermodynamiques des particules. Si les traces de gaz atmosphériques ont des durées de vie allant de moins d'une seconde à un siècle ou plus, les temps de séjour des particules dans la troposphère ne varient que de quelques jours à quelques semaines.

Les particules formées par nucléation (< 20 nm) ont une durée de vie très courte (quelques heures), en raison de leur rapide conversion en particules plus grandes ($0,01$ - $0,1 \mu m$). La durée de vie des particules (> 50 nm) est inversement proportionnelle à la taille de celles-ci, donc elle diminue lorsque le diamètre augmente (quelques heures pour les $PM > 20 \mu m$ à 2-4 jours pour les particules de $2-3 \mu m$ de diamètre), alors que les particules d'une taille comprise entre $0,1$ et $1 \mu m$ présentent une durée de vie, de séjour dans l'atmosphère, maximale (quelques semaines), et il se trouve que ces dernières peuvent être transportées à plus de $4\ 000$ km. Ceci est attribuable à leur migration à haute altitude, car le transport est favorisé par une vitesse de vent plus élevée et un plus faible processus de dépôt humide. [8]

I.4. Les effets des particules sur la santé :

Si l'homme est affecté psychologiquement par les effets de la pollution atmosphérique sur son environnement, son organisme est également directement sensible à cette pollution, sachant déjà qu'un adulte inhale en moyenne 11 m³ d'air par jour.

Les polluants présents dans l'air affectent la santé à court et à long terme. À court terme, ils agissent souvent comme des facteurs déclenchant ou aggravants pour des personnes fragiles. En provoquant une irritation des poumons et une diminution de la fonction respiratoire, la pollution à court terme touche surtout des personnes à risques comme les enfants, les personnes âgées, les asthmatiques, ...

Les effets à long terme de la pollution sont beaucoup plus difficiles à évaluer. Il semblerait que les particules aggravent le risque de cancer des poumons. Le monoxyde de carbone provoque des maladies psychiques et aggrave les maladies cardio-vasculaires. La pollution atmosphérique aurait également tendance à diminuer l'espérance de vie. L'impact de la pollution sur la santé dépend donc de la nature des polluants, du type de personnes impliquées mais également de la dose reçue par l'organisme. Les facteurs agissant sur cette dose sont la concentration en polluant, la durée d'exposition et l'activité physique.

Les effets de la pollution sur la santé représentent un coût important pour la société. Les consultations médicales pour asthme augmentent de 30 % lors des pics de pollution. En France, on évalue à 8000 le nombre de décès prématurés causés par la pollution atmosphérique. À Lyon, la part de la mortalité cardio-vasculaire attribuable à la pollution par le dioxyde de soufre a été estimée à 6,6 % au cours de la période 1985-90, contre 2,2 % en région parisienne. [2]

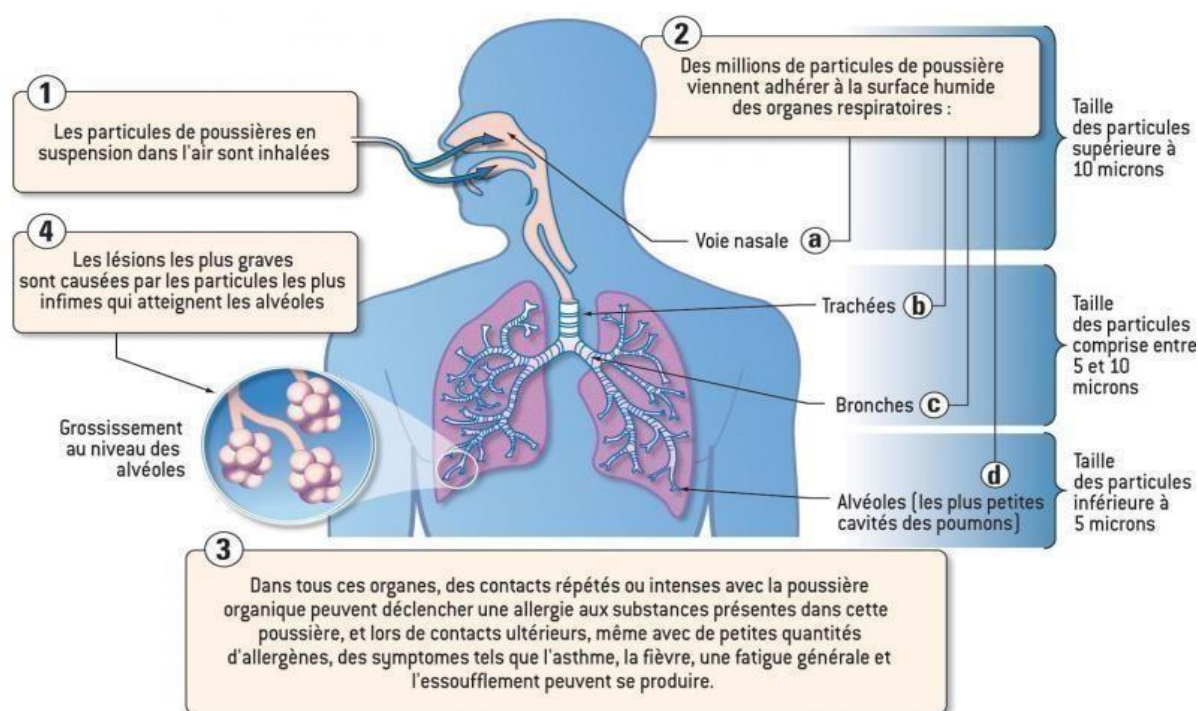


Figure I.3 : Effet de différents types de particules sur le système respiratoire humain

I.5. Les effets des particules sur le climat :

Les aérosols jouent un rôle important sur le climat car ils participent au bilan radiatif de la terre ; ils ont des effets directs en agissant directement avec le rayonnement solaire, et des effets indirects en modifiant les propriétés des nuages. En effet, les particules atmosphériques diffusent, et éventuellement absorbent la lumière du soleil. Il y a donc une perte de lumière avant qu'elles n'atteignent le sol, directement liée à la taille des particules. Elles influent également sur la nébulosité et la pluviométrie en participant à la formation des nuages ainsi qu'à leur durée de vie : Les très fines particules servent de noyaux de condensation, c'est-à-dire que la vapeur d'eau présente dans l'air va se condenser à leur contact et former des gouttelettes dans les nuages, pouvant donner des précipitations si leur taille augmente suffisamment. Enfin, les aérosols influent sur le climat par leur implication dans les épisodes de la pollution photochimique. [16]

I.6. Recommandations et législations des émissions des particules :

En Algérie, l'article 3 du décret exécutif n° 06-138 du 5 avril 2006, régleme les émissions des gaz, fumées, vapeurs, particules liquides ou solides, dans l'atmosphère ; ainsi, les valeurs limites de ces rejets dans l'atmosphère sont fixées. L'article 7 stipule qu'en cas de défaillance susceptible de conduire à un dépassement des valeurs limites

Chapitre I

des rejets atmosphériques, l'exploitant doit prendre les dispositions nécessaires pour réduire la pollution émise, en réduisant ou, arrêtant si besoin, les activités concernées.

Contrairement aux normes algériennes traitant des particules fines sans leur donner une définition, les normes européennes portent sur les particules PM₁₀ et PM_{2,5}. La politique européenne concernant les PM₁₀ (1999/30/CE) prévoit d'imposer des limites plus strictes sur les villes et les gouvernements locaux et à partir du 1er Janvier 2010, les seuils de PM₁₀ furent changés de la sorte :

- La moyenne journalière ne dépasse pas 50 µg/m³, sur plus de sept jours par an
- La moyenne annuelle ne dépasse pas 20 µg/m³. [8]

I.7. Le model (CPF) (Conditional Probability Function) :

La fonction de probabilité conditionnelle (CPF) calcule la probabilité qu'une source soit située dans un secteur de direction du vent particulier, $\Delta\theta$ où :

$$CPF = \frac{m\Delta\theta}{n\Delta\theta}$$

Où $n \Delta\theta$ est le nombre de fois où le vent est passé par le secteur de direction $\Delta\theta$, et $m\Delta\theta$ est le nombre de fois où la contribution de la source a atteint un pic alors que le vent passait par le secteur $\Delta\theta$. Pour utiliser la CPF avec les données du Super site de Pittsburgh, les données de contribution de la source moyennées sur 24 heures ont été appliquées à toutes les moyennes de direction du vent sur 15 minutes mesurées sur le site pour chaque date. Toutes les périodes de vitesse de vent inférieure à 1 m/s ont été supprimées de l'ensemble des données. L'intervalle $\Delta\theta$ angulaire a été fixé à 10°. Pour calculer $m\Delta\theta$, les 25% les plus élevés des concentrations de contribution à la source ont été comptés. Le CPF est utile pour déterminer la direction d'une source à partir d'un site récepteur ; cependant, il ne peut pas déterminer l'emplacement réel de la source. Pour estimer l'emplacement des sources, on utilise la fonction de contribution à la source potentielle (CPF). [17]

I.8. Le model (CWT) (Concentration-Weighted Trajectory)

Le CWT (Concentration-Weighted Trajectory) a été mis en œuvre afin de localiser les principales sources d'ozone, dégradant la qualité de l'air à Bou Ismail (Tipaza). Le CWT est en fonction des concentrations d'O₃ qui ont été signalées toutes les heures et du temps de séjour d'une trajectoire arrivant au site dans chaque cellule de la grille. Il s'agit d'une approche rigoureuse, car pour

Chapitre I

chaque concentration, une retro-trajectoire doit être générée (Cheng et al. 2013), ce qui représente jusqu'à 4428 rétro-trajectoires pour 185 jours. Dans cette procédure (équation 1), chaque cellule de la grille obtient une concentration pondérée obtenue en faisant la moyenne des concentrations des échantillons qui ont des retro-trajectoires associées ayant traversé cette cellule comme suit.

$$\ln(\bar{C}_{ij}) = \frac{1}{\sum_{k=1}^N \tau_{ijk}} \sum_{k=1}^N \ln(C_k) \tau_{ijk} \quad \text{Eq 3}$$

Où i et j sont les indices de la grille, k l'indice du rétro-trajectoire, N le nombre total de rétro-trajectoires utilisées dans l'analyse, C_k la concentration de polluant mesurée à l'arrivée de la rétro-trajectoire k , et τ_{ijk} le temps de séjour de la retro-trajectoire k dans la cellule de la grille (i, j) . Une valeur élevée de C_{ij} signifie que les masses d'air passant au-dessus de la cellule (i, j) entraîneraient, en moyenne, des concentrations élevées au site récepteur.

1.9. Les rétro-trajectoires :

Les trajectoires des masses d'air sont définies comme les chemins des infiniment petites particules d'air qui se déplacent à travers le temps et l'espace. [8]

Les modèles de trajectoires sont des modèles numériques qui permettent d'estimer le chemin d'une parcelle d'air et d'identifier son origine en suivant cette parcelle dans l'espace et dans le temps, en partant d'un point donné (récepteur). Ces modèles prennent en entrée des champs météorologiques afin de calculer les rétro-trajectoires. Ils sont robustes pour étudier le transport des polluants atmosphériques à courte, moyenne et longue distance. Depuis leur apparition jusqu'à aujourd'hui, ces modèles sont considérablement utilisés par la communauté scientifique et largement cités dans la littérature. Parmi les modèles les plus utilisés, on trouve les modèles HYSPLIT et FLEXTRA. En raison des erreurs issues des champs du vent en entrée du modèle, l'incertitude des trajectoires augmente avec le temps le long du chemin. D'autres incertitudes découlent de l'interpolation des données météorologiques, des hypothèses concernant le transport vertical, ainsi que les erreurs liées à l'absence du transport sous-maille comme la turbulence et la convection. Cependant, l'utilisation d'un grand nombre de rétro-trajectoires suivant une approche statistique représente mieux le processus du transport atmosphérique. [19]

CHAPITRE

II

Chapitre II

1. .1. Résultat Et Discussion :

II.1.1 Description du site :

La figure II.1 présente une carte de la ville de Bou-Ismaïl montrant l'emplacement du site de surveillance et ses environs. Le site de surveillance est situé dans le *Centre de Recherche Scientifique et Technique en Analyses Physico – Chimiques (CRAPC)*. La commune de Bou Ismaïl est située au nord-est de la wilaya de Tipaza au bord du Méditerranée ($36^{\circ} 38' 33''$ Nord, $2^{\circ} 41' 24''$ Est), à environ 35 km à l'ouest d'Alger, elle compte 40984 habitants sur une superficie de 58 km² (ONS 2008).

Le climat à Bou Ismaïl est un climat méditerranéen, les étés sont chauds et secs avec des températures douces en en hiver. La température moyenne annuelle à Bou Ismaïl est de 22° degrés, et 370 mm de pluie tombe en une année. Il fait sec pendant 222 jours par an en moyenne avec un taux d'humidité estimé à 67% et un indice UV 5.

Bou Ismaïl est traversée par la RN 11 qui longe la côte en direction de l'ouest, ainsi que par l'autoroute Alger-Cherchell qui suit la même direction. Enfin la RN 69A qui longe le côté sud et le côté ouest.



Figure II. 1. Emplacements de site de surveillance

Chapitre II

Historiquement, Bou Ismaïl vivait de la pêche, de l'agriculture et un peu du tourisme estival. Depuis une dizaine d'années, plusieurs grands groupes industriels se sont installés au niveau de la zone industrielle de Bou Ismaïl, à savoir le géant papetier Tonic, le fabricant de céramiques Hippocampe et le laboratoire pharmaceutique Novapharm.

La campagne de mesure s'est déroulée du 16 décembre 2015 au 31 janvier 2016. Les concentrations ambiantes de NO_x , O_3 ainsi les particules PM_{10} et $\text{PM}_{2.5}$ mesurées en continu toutes les heures en utilisant une méthode de chimiluminescence (Airpointer, sample flow rate = 1L/min). Les valeurs horaires des paramètres météorologiques, y compris la vitesse et la direction du vent sont également enregistrées.

II.2 Evolution des Concentrations de polluants :

La figure II.2 illustre l'évolution des concentrations des polluants gazeux : NO_x , O_3 ainsi l'évolution des particules fine dans l'air ambiante à Bou-Ismaïl.

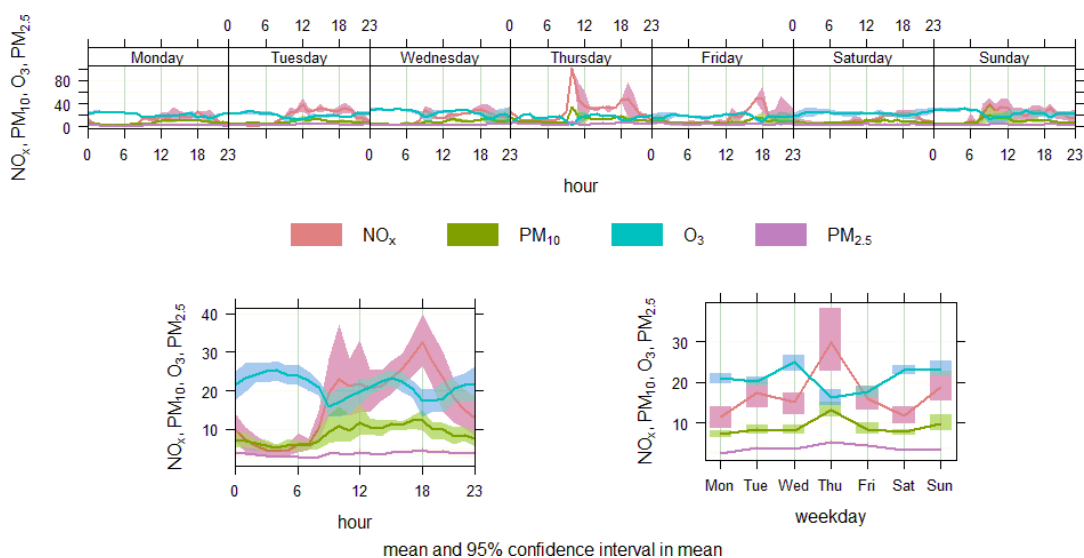


Figure II.2 : Evolution des concentrations de polluants

La concentration moyenne des PM_{10} et $\text{PM}_{2.5}$ observées durant la campagne de mesures (du 01 au 31 janvier 2016) est de $8.72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $3.62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ successivement. Cette concentration est largement en dessous de la moyenne annuelle recommandée par l'OMS qui est fixée à $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM_{10} et de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les $\text{PM}_{2.5}$.

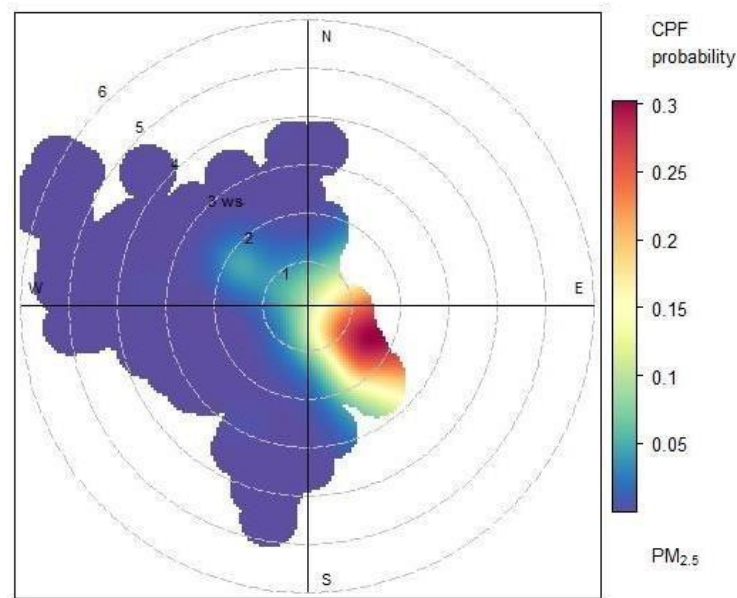
Chapitre II

Un examen de la figure III.1 permet de constater que les pics de PM_{10} ainsi les $PM_{2.5}$ sont atteints pendant les jours du travail (Jeudi) et pendant les heures où le trafic routier est le plus fréquent (entre 8 :00 h et 18 :00 h).

Les concentrations minimales sont associées aux week-ends où le trafic routier est faible.

La variation temporelle des teneurs en O_3 est bien relativement corrélée avec celle des NO_x . La teneur moyenne d' O_3 est de 21.14 ppb. L' O_3 provient essentiellement des réactions chimiques de gaze précurseur comme les NO_x .

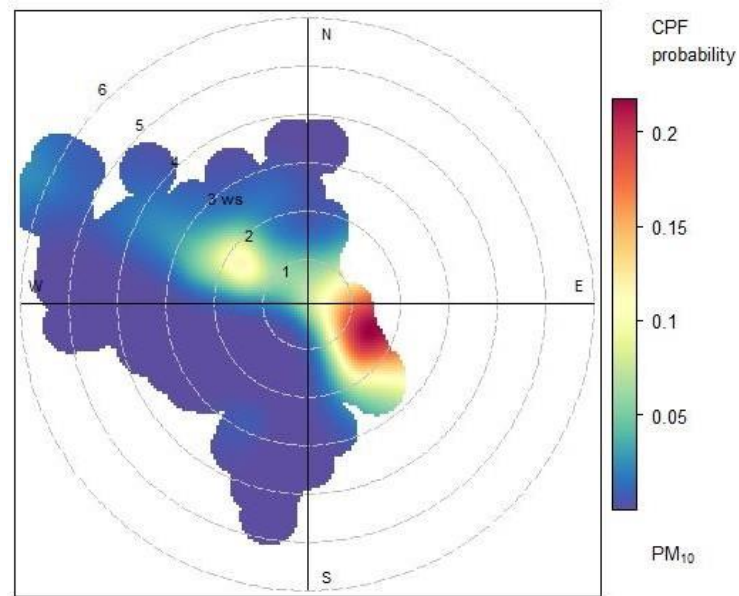
II .3 Application de model CPF :



CPF at the 90th percentile (=6.3)

Figure II.3. polarPlot des concentrations de $PM_{2.5}$ basé sur la fonction CPF

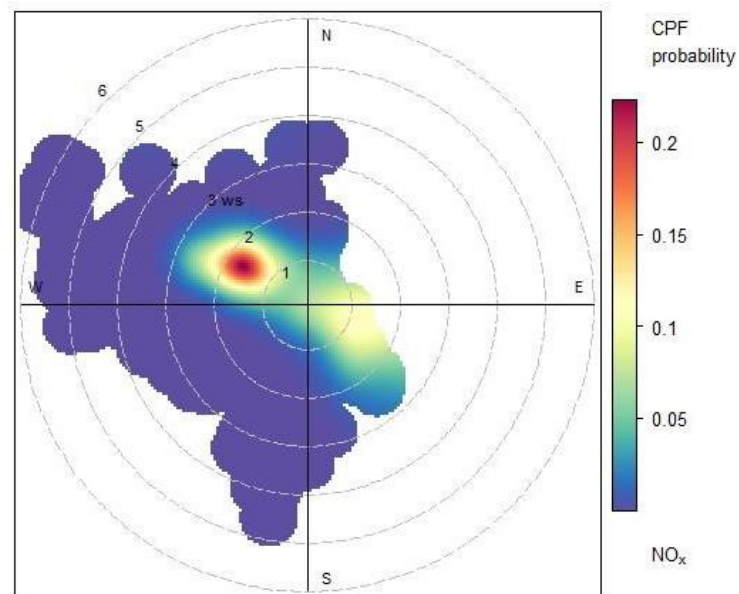
La figure montre que lorsque le vent souffle du sud-est avec une vitesse entre 1-2 m/s la concentration de $PM_{2.5}$ dépasse 6.3ppb dans 30% des cas.



CPF at the 90th percentile (=15)

Figure II.4. polarPlot des concentrations de PM₁₀ basé sur la fonction CPF

La figure montre que lorsque le vent souffle de sud-est avec une vitesse entre 1-2 m/s la concentration de PM₁₀ est supérieur à 15 ppb dans 20% des cas



CPF at the 90th percentile (=35)

Figure II.5. polarPlot des concentrations de NO_x basé sur la fonction CPF

La figure montre que lorsque le vent souffle du nord-ouest avec une vitesse entre 1-2 m/s il y'a une possibilité de 23% que la concentration de NO_x est toujours est supérieur à 35 ppb

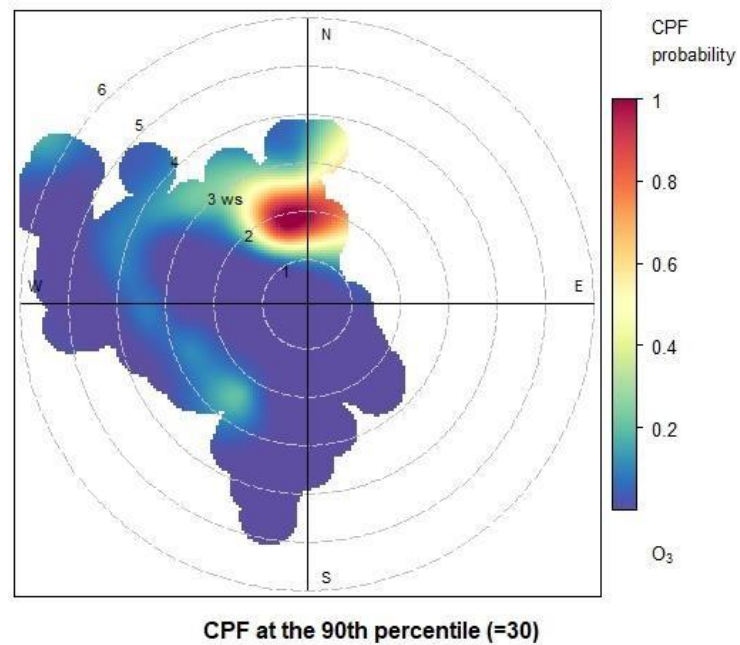
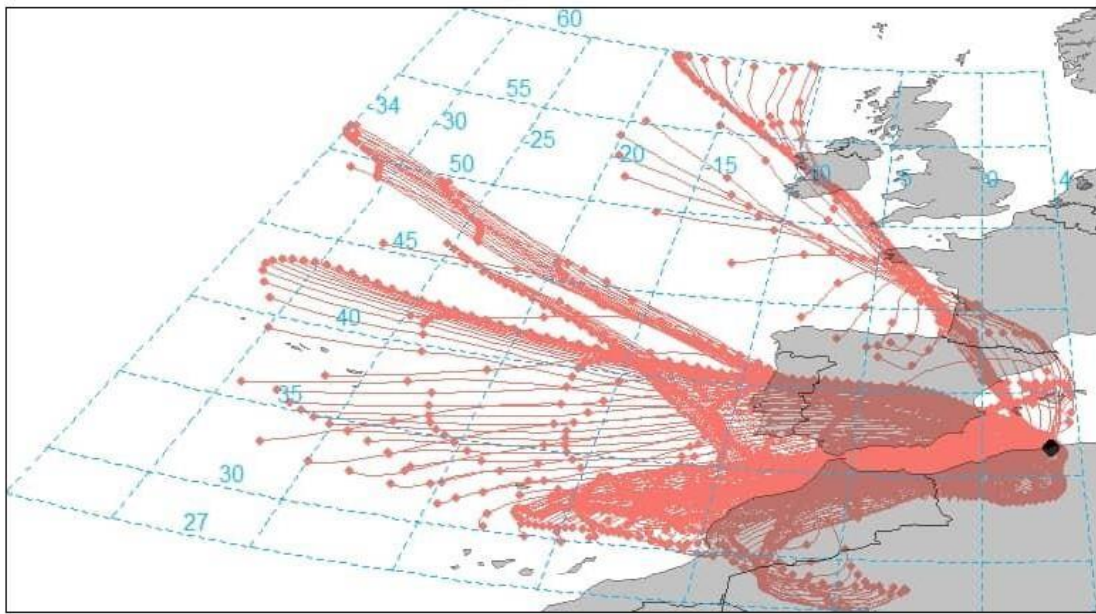


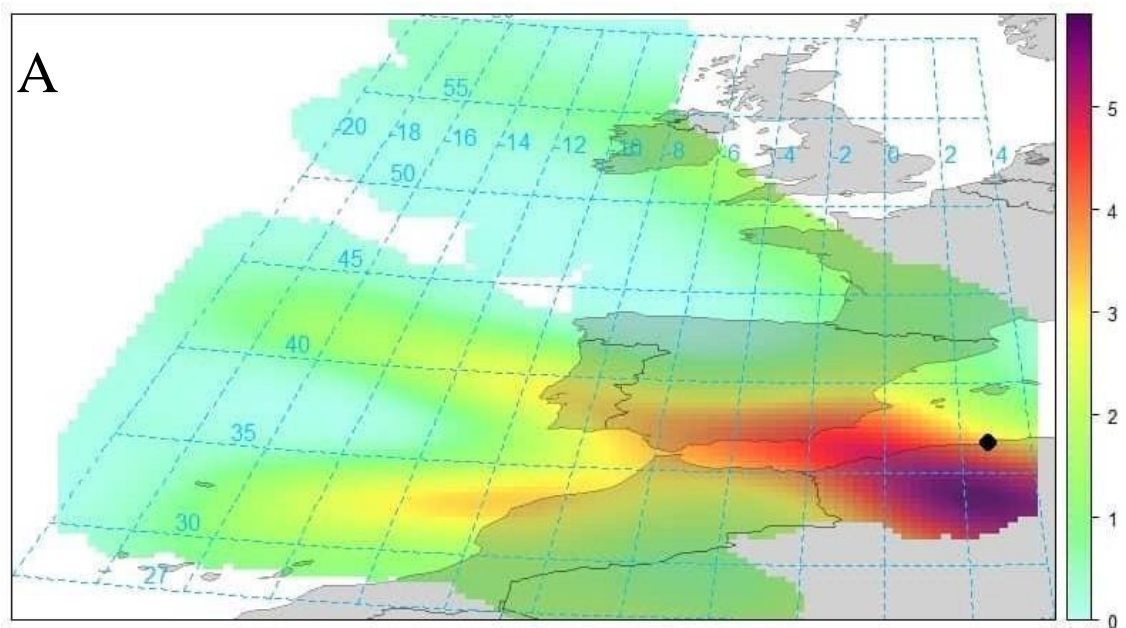
Figure II.6. polarPlot des concentrations d'O₃ basé sur la fonction CPF

La figure II.6. Montre que pour la plupart des directions et vitesses du vent, la probabilité que les concentrations d'ozone soient supérieures à 30 ppb (90^{ème} percentile) est nulle. Les zones où la probabilité est clairement plus élevée c'est au Nord, ou la circulation routière est dense, avec des vitesses de vent entre 1 et 3 m/s.

II.4 Application de model CWT :



Les retro-trajectoire ont été généralement calculées à l'aide d'un modèle de retro-trajectoire HYSPLIT-4 (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory). Ce modèle est largement appliqué dans de nombreuses études sur le transport a longue distance évaluant son influence sur les concentrations ambiantes élevées de polluants. 720 retro-trajectoire de trois jours arrivés à 500m AGL a Bou Ismail ont été calculer ils couvrent une vaste surface (les méditerranéen Europe et le grande Sahara) donc ils sont suffisamment longs pour identifier les potentielles source de pollution.



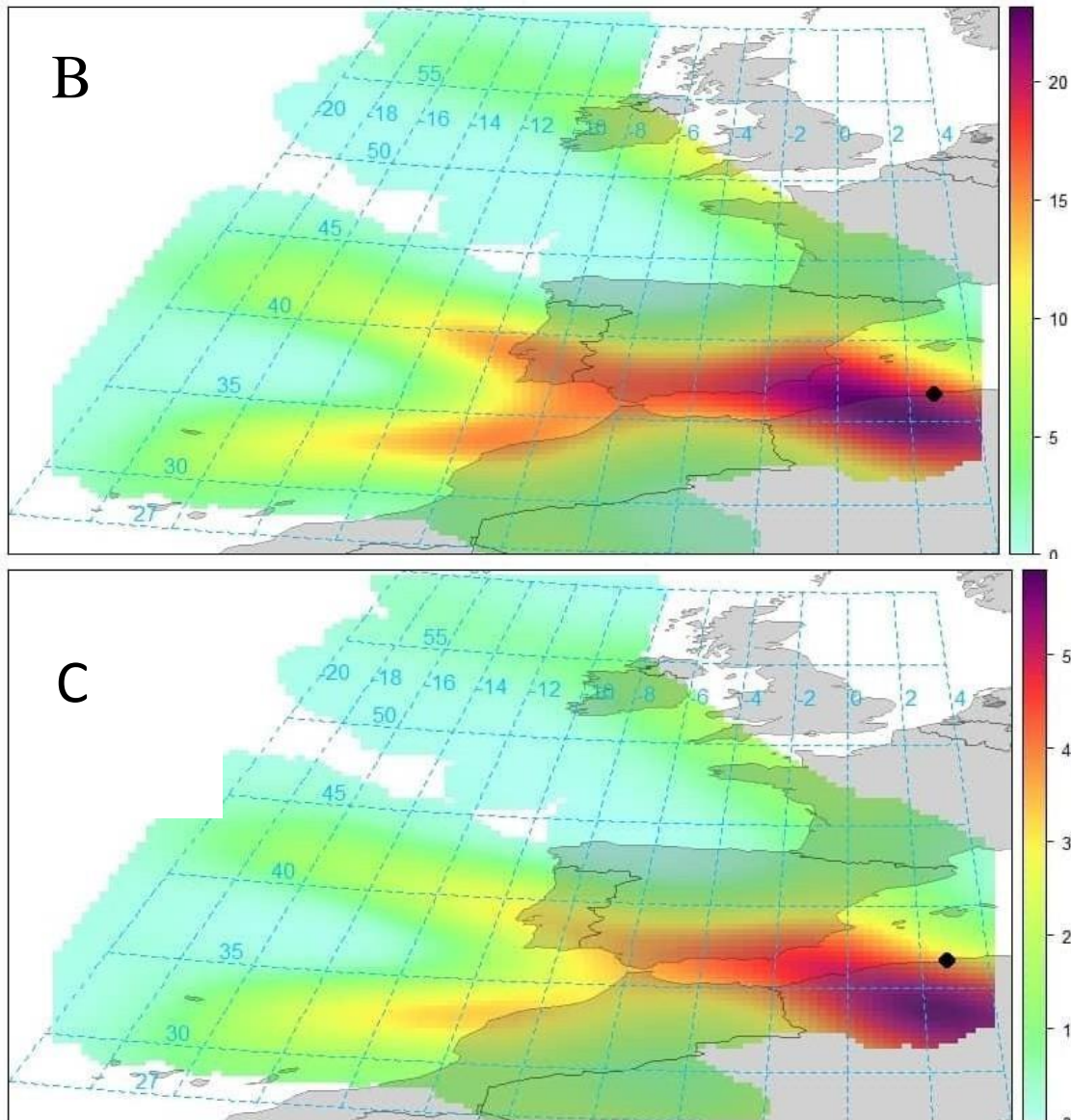


Figure II.7 Concentrations maillées et lissées des trajectoires rétropectives indiquant les sources probables des polluants ((A) pour l'O₃, (B) NO_x, (C) PM₁₀, (D) PM_{2.5}) à l'aide de l'approche CWT

D'après l'analyse du modèle CWT, les principales sources d'ozone, influençant la qualité d'air à Bou Ismaïl (Tipaza), sont principalement localisées dans l'ouest du continent européen (Figure II.7), ce résultat est confirmé par d'autres études comme qui montre que la pollution européenne augmente régulièrement et de manière significative la pollution atmosphérique au-dessus de la norme sanitaire européenne en Afrique du Nord, en particulier lorsque les vents dominants favorisent le transport depuis L'Europe vers ces régions. Estime aussi que la pollution européenne provoque 50 à 150 violations supplémentaires des normes sanitaires européennes en Afrique du Nord par année.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Conclusion

Conclusion

La pollution atmosphérique est reconnue dans plusieurs études comme étant un important facteur de risque pour la santé et l'environnement.

Plusieurs études ont prouvé que lors de leurs émissions dans l'atmosphère, les PM peuvent véhiculer des nombreuses substances toxiques comme les éléments traces métalliques. Leur toxicité est également liée à leur taille qui favorise leur pénétration dans le système respiratoire. Une relation claire a également été observée entre l'exposition aux PM, la survenance des divers effets sanitaires

Notre travail a consisté en une étude les source des $PM_{2.5}$ et PM_{10} et O_3 et NO_x en utilisant différents model (CPF et PSCF) pour déterminer les potentiel sources de pollution.

Les concentrations de particules fines (PM_{10} et $PM_{2.5}$) sont dans les normes internationales.

Le trafic (combustion de carburants) est la source majeure de pollution par les particules fine ainsi de la gaze précurseur pour la formation d' O_3 .

Le transport à longue distance à partir de l'Europe de l'ouest contribue de manière significative à l'augmentation des niveaux de pollution à Bou Ismaïl.

RÉSUMÉ

Résumé

Résumé :

La pollution atmosphérique peut être définie par la présence de polluants (gazeux ou particules) dans l'atmosphère, Les principaux polluants atmosphériques se classent dans deux grandes familles bien distinctes : les polluants primaires (PM_{10} et $PM_{2.5}$, NO_x) et les polluants secondaires comme l' O_3 .

L'objectif de ce travail est trouvé les sources potentielles de la pollution, Les sources de la pollution sont nombreuses et variées. Elles peuvent être naturelles (marines, terrigènes, biogéniques ou issues de combustions naturelles) ou anthropiques. Les poussières du sol, les embruns marins, les suies, les pollens ou encore les spores sont des aérosols dits primaires, car émis directement dans l'atmosphère.

Pour identifier les sources potentielles et leur origine géographique, des différents modèles sont appliqués. Les résultats ont permis d'identifier le trafic routier et le transport lointain à partir de l'Europe comme des sources majeures.

Mots clés : PM_{10} et $PM_{2.5}$; NO_x ; O_3 , La pollution atmosphérique, rétro-trajectoires, CWT, CPF.

Résumé

Abstract:

Atmospheric pollution can be defined by the presence of pollutants (gaseous or particles) in the atmosphere. The main atmospheric pollutants fall into two large distinct families: primary pollutants (PM₁₀ and PM_{2.5}, NO_x) and secondary pollutants like O₃.

The objective of this work is to find the potential sources of pollution. The sources of pollution are many and varied. They can be natural (marine, terrigenous, biogenic or from natural combustion) or anthropogenic. Soil dust, sea spray, soot, pollen or even spores are so-called primary aerosols because they are emitted directly into the atmosphere.

To identify potential sources and their geographical origin, different models are applied. The results identified road traffic and distant transport from Europe as major sources.

Key words: PM₁₀ and PM_{2,5}; NO_x; O₃, Air pollution, back trajectories, CWT, CPF.

ملخص:

يمكن تعريف تلوث الغلاف الجوي من خلال وجود ملوثات (غازية أو جزيئات) في الغلاف الجوي. تنقسم ملوثات الغلاف الجوي الرئيسية إلى فئتين كبيرتين متميزتين: الملوثات الأولية (PM10 و PM2.5 ، أكاسيد النيتروجين) والملوثات الثانوية مثل O3.

الهدف من هذا العمل هو إيجاد المصادر المحتملة للتلوث، حيث أن مصادر التلوث عديدة ومتنوعة. يمكن أن تكون طبيعية (بحرية أو أرضية أو حيوية أو من الاحتراق الطبيعي) أو بشرية المنشأ. يُطلق على غبار التربة أو رذاذ البحر أو السخام أو حبوب القاح أو حتى الجراثيم الهباء الجوي الأولي أنها تنبعث مباشرة في الغلاف الجوي.

لتحديد المصادر المحتملة وأصلها الجغرافي، يتم تطبيق نماذج مختلفة. حددت النتائج حركة المرور على الطرق والنقل البعيد من أوروبا كمصادر رئيسية.

الكلمات الرئيسية: PM10 و PM2.5 ؛ أكاسيد النيتروجين ؛ O3 ، تلوث الهواء ، المسارات الخلفية ، CWT ، CPF.

RÉFÉRENCE
BIBLIOGRAPHIQUE

Référence

Référence :

1. Zaher AL BARAKEH ; Suivi de pollution atmosphérique par système multi-capteurs – méthode mixte de classification et de détermination d'un indice de pollution. ; l'École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Étienne ; 17 décembre 2012 ;p8
2. Lionel SOULHAC ; Modélisation de la dispersion atmosphérique à l'intérieur de la canopée urbaine ; L'ECOLE CENTRALE DE LYON ; 3 Mars 2000 ;p17
3. Vincent PUYGRENIER ; Etude de la couche limite atmosphérique côtière durant ESCOMPTE 2001. Evaluation et amélioration des performances d'un radar UHF ; UNIVERSITE TOULOUSE III - PAUL SABATIER ; 13 décembre 2005 ;p1
4. M elle Rebouh Samia ; IMPACT DE LA POLLUTION DE L'AIR PROVOQUEE PAR LA CIMENTERIE TAHAR DJOUAD SUR LA SANTE PUBLIQUE ET LE CADRE BATI -CAS DE HAMMA BOUZIANE ; UNIVERSITE MENTOURI DE CONSTANTINE ;p23
5. Mireille BORGIE ; Etude des particules fines et ultrafines en suspension dans l'air au Liban : caractérisation physicochimique et évaluation des effets toxicologiques sur des cellules pulmonaires humaines BEAS-2B ; L'UNIVERSITÉ LIBANAISE ; Le 15 avril 2014 ;p10 p16. 17
6. ADAM de VILLIERS Raphaël ; Analyse des propriétés optiques des aérosols observés en Arctique pendant la campagne de printemps de l'API/POLARCAT ; UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE - PARIS VI ; 29 Mars 2011 ;p3
7. Guillaume PEPY ; Etude du formaldéhyde en zone côtière Antarctique ; DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE ; 23 novembre 2011p11
8. TERROUCHE Ahmed ; Caractérisation de la pollution de l'air par les particules et les éléments métalliques dans la ville de Constantine ; UNIVERSITE DES FRERES MENTOURI- CONSTANTINE 1 ; 24 novembre 2016 ;p8 p8 p 46
9. Ghidaa BADRAN ; Pollution atmosphérique particulaire : caractérisation physico-chimique et comparaison des effets toxiques des fractions extractible et non-extractible des PM2.5 ; L'Université du Littoral Côte d'Opale, L'Université de Lille ; 30 Septembre 2019 ;p 36 p 36.
10. Audrey Forthomme ; Caractérisation du comportement des aérosols microbiens dans les réseaux de ventilation d'espaces occupés ; L'UNIVERSITÉ Nantes Angers le mans ;31 Jan 2013 ; p 43.

Référence

11. Emmanuel KOUADIO ; Étude de la remise en suspension de polluants en milieu urbain ; L'UNIVERSITE DE NANTES ; le 08 Avril 2021 ; p16.
12. Juliette RIMETZ – PLANCHON ; Les aérosols de pollution en zone urbaine et industrielle sous influence marine. Physico-chimie des particules ; L'Université des Sciences et Technologies de Lille ; 28 May 2008 ; p21.
13. Bessagnet B., Meleux F., Favez O., Menut L., Beauchamp M., Colette A., Couvidat F. et Rouïl L. ; Le rôle de l'agriculture sur les concentrations en particules dans l'atmosphère et l'apport de la modélisation ;
14. Sabri GHAZI ; Approche Multi-agents pour la simulation de la pollution de l'air ; ANNABAUNIVERSITE BADJI MOKHTAR –ANNABA ; Année 2017 ; p 35.
15. Stéphane Goulaouic ; Effets des particules fines atmosphériques sur la sécrétion des cytokines pro-inflammatoires par les cellules THP-1 et mesures de marqueurs du stress oxydant ; L'UNIVERSITE PAUL VERLAINE DE METZ ; 7 juillet 2009 ; p17.
16. BELARBI NADIA ; Etude de la pollution atmosphérique par les particules et les métaux lourds (Cr, Zn, Cd.....) au niveau de la ville d'Alger ; UNIVERSITE ABOU-BEKR BELKAID – TLEMCEN ; 29/07/2019 ; p8.
17. Natalie J. Pekney, Cliff I. Davidson, Liming Zhou & Philip K. Hopke; Application of PSCF and CPF to PMF-Modelled Sources of PM2.5 in Pittsburgh; 01 Feb 2007; volume 40; page 953.
18. Chengming Li, Zhaoxin Dai *, Xiaoli Liu and Pengda Wu; Transport Pathways and Potential Source Region Contributions of PM2.5 in Weifang: Seasonal Variations; 20 April 2020; volume 10; page 5.
19. David Nizar JAIDAN ; Etude des processus d'import et d'export de la pollution gazeuse et particulaire au-dessus du Bassin Méditerranéen dans le cadre du projet ChArMEx ; l'Université Toulouse 3 Paul Sabatier (UT3 Paul Sabatier) ; e 05/02/2018 ; p 50.
20. GERMAIN Gaston ; la pollution atmosphérique ; Vice-Président ONA ; 22 février 2006 ; p11.