

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**Université Ibn Khaldoun de Tiaret  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département des Sciences de la Nature et de la Vie**



**Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master académique**

**Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie**

**Filière : Biologie**

**Spécialité : Pathologies des Ecosystèmes**

**Thème :**

**Etude aérodynamique des aérosols PM2.5 par Impacteur  
DEKATI dans la ville de Tiaret.**

**Présenté par :**

**M<sup>elle</sup> SAOUDI KHADIDJA**

**M<sup>me</sup> KADRI MANEL**

**Encadrée par :**

**Président : M. MAATOUG MOHAMED**

**Promotrice : M<sup>elle</sup>. NACEUR KHADIDJA**

**Examineur : M. BERIAH MOHAMED**

**Année universitaire : 2016 - 2017**

## Introduction

La pollution atmosphérique découle des modifications de la composition chimique de l'air, sous l'effet des activités humaines. Elle peut se manifester depuis l'échelle urbaine et locale jusqu'à l'échelle planétaire et les risques liés à ces changements ne sont pas de même nature selon l'échelle spatio-temporelle concernée. Les changements de la composition chimique de l'air à l'échelle planétaire se manifestent notamment par un accroissement des teneurs en gaz à effet de serre tels que le gaz carbonique ou le méthane, et génèrent principalement un risque de modification majeure du climat de la planète. En revanche, les pollutions locales, en milieu industriel ou urbain par exemple, présentent surtout des risques pour la santé humaine du fait des teneurs en polluants tels que les oxydes de soufre, les oxydes d'azote, les particules, qu'on peut alors rencontrer. D'autres formes de pollutions se manifestent également aux échelles intermédiaires, notamment sous forme de pollutions acido-oxydantes, et peuvent affecter les écosystèmes **(Elichegaray, 2006)**.

Diverses disciplines techniques et scientifiques sont concernées par les problèmes de pollution atmosphérique, et le présent dossier se veut une introduction générale à la pollution de l'air **(Elichegaray, 2006)**.

Un aérosol est caractérisé par sa masse, par le nombre de particules par unité de volume, par la distribution en taille, par sa composition chimique, par ses propriétés optiques, ...etc. Ces paramètres dépendent de la nature des sources de pollution et varient fortement suivant la zone d'étude. Notre démarche a consisté à collecter les particules d'aérosol suivant différentes tailles **(Elichegaray, 2006)**.

# SOMMAIRE

Liste des figures

Liste des tableaux

## PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

|   |    |
|---|----|
| Introduction .....  | 1  |
| Chapitre I : Généralités sur la pollution Atmosphérique .....         | 2  |
| 1. Introduction .....   | 3  |
| 2. Pollution atmosphérique.....                                       | 4  |
| 3. Différents types de pollution atmosphérique .....                  | 4  |
| 3.1. Pollution temporaire .....                                       | 4  |
| 3.2. Pollution chronique .....  | 4  |
| 3.3. Pollution saisonnière .....                                      | 5  |
| 3.4. Pollution accidentelle .....                                     | 5  |
| 4. Les principaux polluants de l'atmosphère.....                      | 5  |
| 4.1. NOx (Oxydes d'azote) .....                                       | 5  |
| 4.2. Ozone (O3).....  | 5  |
| 4.3. Dioxyde de soufre (SO2).....                                     | 6  |
| 4.4. Composés Organiques Volatils (COV) .....                         | 6  |
| 4.5. Monoxyde de carbone (CO).....                                    | 6  |
| 4.6. Particules en suspension (PM) .....                              | 7  |
| 5. Dispersion et transformation des polluants dans l'atmosphère ..... | 7  |
| - Conditions de rejet .....   | 8  |
| - Influence météorologique et environnementale.....                   | 8  |
| - Conditions orographiques .....                                      | 9  |
| - Retombées et transformations des polluants.....                     | 9  |
| - Echelles spatiales .....  | 9  |
| Chapitre II : Généralités sur les particules fines PM2.5.....         | 11 |

|   |    |
|---|----|
| 1. Introduction .....   | 12 |
| 2. Définition : particules ou aérosols ? .....  | 12 |
| 3. Origine des particules .....   | 12 |
| 4. Cycle des particules .....   | 13 |
| 4.1. Diamètre aérodynamique moyen.....  | 13 |
| 4.2. Formation, durée de vie et disparition des particules atmosphériques.....  | 13 |
| Chapitre III : Conséquences Eco toxicologiques des PM2.5 .....  | 14 |
| Introduction .....  | 15 |
| Effets des polluants atmosphériques sur la santé .....  | 15 |
| 1.1. Particules .....   | 15 |
| 1.2. Effets des particules .....  | 17 |
| <b>PARTIE EXPERIMENTALE</b>   |    |
| Chapitre IV : Matériel et méthodes .....  | 22 |
| 1. Caractéristiques générales de la zone d'étude .....  | 23 |
| 1.1. Présentation de la zone d'étude .....  | 23 |
| 1.2. Localisation de la zone d'étude .....  | 23 |
| 2. prélèvement par impacteur : .....  | 26 |
| 2.1. Description d'instrument : .....   | 27 |
| 2.2. Instructions d'utilisation : .....   | 28 |
| 3. Les outils expérimentaux de terrain : .....  | 33 |
| 3.1. Analyse gravimétrique Pour déterminer la distribution de grandeurs gravimétrique des particules dans l'atmosphère .....                    | 33 |
| Chapitre V : Résultats et discussion .....  | 35 |
| 1. Evolution de la concentration massique (ug/m <sup>3</sup> ) des PM2.5 en fonction des écoles (site de prélèvement) : .....                   | 36 |
| 2. Evolution de la concentration massique (ug/m <sup>3</sup> ) des PM2.5 en fonction des écoles pour les trois périodes de prélèvements : ..... | 38 |
| 3. Concentration massique en présence et absence des élèves : .....   | 39 |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| Conclusion générale .....         | 41 |
| Références bibliographiques ..... | 44 |

## 1. Introduction :

Depuis toujours, l'environnement conditionne la santé, et réciproquement. Ainsi, la santé publique a constitué une préoccupation dans toutes les sociétés. Actuellement, nous assistons à une prise de conscience des liens entre la santé, la qualité de vie et l'environnement. Parmi les problèmes de santé publique (environnementale), la qualité de l'air reste une préoccupation environnementale majeure de l'Homme contemporain. Depuis une trentaine d'années, du fait de l'évolution et de la diversification des sources, la pollution est devenue de plus en plus complexe, constituant maintenant un véritable « cocktail » dont il est nécessaire de connaître les effets sur l'environnement et la santé.

Le transport routier est devenu la principale source de pollution en milieu urbain, la contribution des véhicules motorisés à la pollution peut dépasser 90 %. Les véhicules à moteur rejettent dans l'atmosphère des quantités importantes de monoxyde de carbone (CO), d'hydrocarbures (C<sub>x</sub>H<sub>x</sub>), d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), de particules fines, de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), de plomb et favorisent la formation de l'ozone (O<sub>3</sub>). Ces polluants sont nuisibles à la santé humaine (**Benaïssa, 2016**).

La qualité de l'air est un enjeu de santé publique et ce chapitre comporte un rappel des causes et des enjeux liés à la qualité de l'air, et une description des phénomènes qui entrent en jeu aux différentes étapes de la chaîne de pollution (émission, dispersion, exposition) aux polluants atmosphériques. Il dresse également un bilan des évolutions constatées ces dernières années pour certains polluants dues au trafic urbain et notamment sur la manière de diminuer cette pollution.

La pollution de l'air ambiant extérieur dépend des sources d'émission locales mais aussi de la diffusion et du transport des polluants, conduisant à une distribution très irrégulière de ceux-ci.

La pollution est d'autant plus difficile à évaluer que les polluants émis directement par les sources et désignés comme « polluants primaires » sont transformés, selon leur stabilité chimique, par des réactions chimiques et photochimiques en d'autres espèces chimiques dites « polluants secondaires ». On doit ainsi prendre en compte la nature et la concentration des polluants primaires émis, leur diffusion, leurs transformations chimiques éventuelles et les retombées au sol parfois très loin des sources. Dans les pays développés, la qualité de l'air extérieur est très surveillée et fait l'objet d'une réglementation contraignante (**Benaïssa, 2016**).

## 2. Pollution atmosphérique

Dans le code de l'environnement français, la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30 décembre 1996, définit la pollution de l'air comme « l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et dans les espaces clos, des substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, à influencer sur les changements climatiques, à détériorer les biens matériels et à provoquer des nuisances excessives » (**laure & hoenner, 2006**).

D'après **Ramade (2007)**, une définition plus pertinente de la pollution, peut s'énoncer de la façon suivante : « constitue une pollution ; toute modification anthropogénique d'un écosystème se traduisant par un changement de concentration des constituants chimiques naturels, ou résultant de l'introduction de substances chimiques artificielles ; toute perturbation du flux de l'énergie, de l'intensité des rayonnements et de la circulation naturelle provoquée par l'introduction d'espèces exotiques invasives ».

Selon le conseil de l'Europe, on parle d'une pollution atmosphérique lorsque la présence d'une substance étrangère ou une variation importance dans la proportion de ses composants est susceptible de provoquer un effet nocif » (**Anonyme, 1997**).

## 3. Différents types de pollution atmosphérique

### 3.1. Pollution temporaire

La pollution temporaire est liée aux travaux de construction de la route (poussières rejets d'huile d'engins...). Cette pollution ne sera pas considérée du fait de son caractère ponctuel et antérieur à la mise en service de la route (**Setra & Mazoue, 1994**).

### 3.2. Pollution chronique

La pollution chronique a un lien direct avec l'utilisation de la route. L'abrasion et la corrosion des matériaux constitutifs des véhicules (pneumatiques, freins, carrosserie), la combustion du carburant, les fuites de divers liquides (huile moteur, antigel), l'usure de la chaussée et la corrosion des glissières de sécurité participent à cette pollution (**Setra & Mazoue, 1994**).

### 3.3. Pollution saisonnière

La pollution saisonnière est liée à la maintenance des infrastructures routières (entretien hivernal, désherbage des bas-côtés). Il est intéressant de considérer la pollution hivernale car les sels peuvent apporter de petites quantités de métaux, augmenter la corrosion des surfaces métalliques (véhicules et glissières). Ils interagissent directement avec les polluants (Setra & Mazoue, 1994).

### 3.4. Pollution accidentelle

La pollution accidentelle est consécutive à un accident de la circulation au cours duquel des matières dangereuses sont déversées avec des conséquences plus ou moins graves selon la quantité et la nature du produit mis en jeu et la sensibilité du milieu récepteur. Du fait du caractère aléatoire et peu probable de ce type de pollution, il est apparu difficile de la prendre en compte ce type de pollution (Setra & Mazoue, 1994).

## 4. Les principaux polluants de l'atmosphère

### 4.1. NOx (Oxydes d'azote)

Les émissions d'oxydes d'azote (monoxyde d'azote plus dioxyde d'azote) apparaissent dans toutes les combustions, à haute température, de combustibles fossiles (charbon, fuel, pétrole...). Le monoxyde d'azote (NO) n'est pas toxique pour l'homme aux concentrations auxquelles on le rencontre dans l'environnement mais le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) est un gaz irritant pour les bronches. Le secteur du trafic routier est responsable de plus de la moitié des émissions de NOx (les moteurs diesel en rejettent deux fois plus que les moteurs à essence catalysés) et le chauffage de 20%. Le dioxyde d'azote provient quant à lui de l'oxydation du monoxyde d'azote rejeté dans l'atmosphère par l'ozone. Mais une partie du dioxyde d'azote est également émise telle quelle dans l'atmosphère (Airparif, 2010)

### 4.2. Ozone (O<sub>3</sub>)

A très haute altitude, dans la haute atmosphère, l'ozone protège les organismes vivants en absorbant une partie des rayons UV. Mais à basse altitude, là où nous vivons et respirons, c'est un polluant qui irrite les yeux et l'appareil respiratoire, et qui a des effets sur la

végétation. Ce polluant n'est pas directement émis dans l'atmosphère mais se forme par réaction chimique à partir d'autres polluants, en particulier les oxydes d'azote et des hydrocarbures, sous l'action des rayons UV du soleil (**Airparif, 2010**)

#### **4.3. Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)**

Les émissions de dioxyde de soufre dépendent de la teneur en soufre des combustibles (gazole, fuel, charbon...). Ce gaz irrite les muqueuses de la peau et des voies respiratoires supérieures. A plus de 50% il est rejeté dans l'atmosphère par les activités industrielles, dont celles liées à la production d'énergie comme les centrales thermiques. Mais il est également émis par le chauffage résidentiel, commercial ou des entreprises (**Airparif, 2010**).

#### **4.4. Composés Organiques Volatils (COV)**

Les composés organiques volatils sont libérés lors de l'évaporation des carburants, par exemple lors du remplissage des réservoirs, ou par les gaz d'échappement. Ils provoquent des irritations et une diminution de la capacité respiratoire, et certains composés sont considérés comme cancérigènes comme le benzo(a)pyrène.

Plusieurs familles de polluants font partie des COV :

**Les BTEX** (Benzène, Toluène, Ethyl Benzène, et Ortho Xylène), autrement appelés HAM (Hydrocarbures aromatiques monocycliques)

Les COV sont émis par le trafic automobile, par les processus industriels, par le secteur résidentiel, par l'usage domestique de solvants, mais également par la végétation (**Airparif, 2010**).

#### **4.5. Monoxyde de carbone (CO)**

Les émissions de monoxyde de carbone sont liées à des combustions incomplètes (gaz, charbon, fioul ou bois), elles proviennent majoritairement des gaz d'échappement des véhicules. A fortes teneurs, le monoxyde de carbone peut provoquer des intoxications (**Airparif, 2010**).

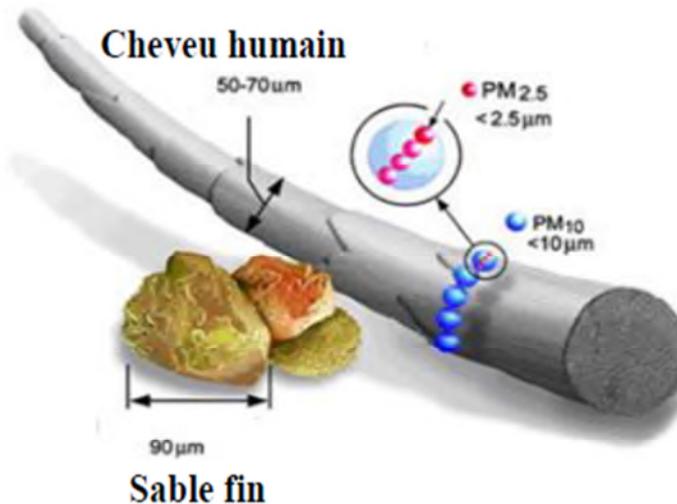
#### 4.6. Particules en suspension (PM)

Les microparticules, de la taille du micromètre ( $\mu\text{m}$ , un million de fois plus petit qu'un mètre) ne sont pas visibles à l'œil nu. Selon (Airparif, 2010), On distingue :

- **Les particules PM<sub>10</sub>**, de taille inférieure à 10  $\mu\text{m}$  (6 à 8 fois plus petites que l'épaisseur d'un cheveu ou de la taille d'une cellule) et qui pénètrent dans l'appareil respiratoire.
- **Les particules fines ou PM<sub>2,5</sub>**, inférieures ou égales à 2,5  $\mu\text{m}$  (comme les bactéries) et qui peuvent se loger dans les ramifications les plus profondes des voies respiratoires (alvéoles).

Ces particules ont des effets sur la santé, principalement au niveau cardiovasculaire et respiratoire, Elles ont trois origines :

- ▶ Le trafic routier
- ▶ Les remises en suspension des particules qui s'étaient déposées au sol sous l'action du vent ou par les véhicules le long des rues
- ▶ La transformation chimique de gaz. Par exemple, dans certaines conditions, le dioxyde d'azote pourra se transformer en particules de nitrates et le dioxyde de soufre en sulfates (Airparif, 2010).



**Figure 1:** schéma simplifié d'une taille de particule PM<sub>2.5</sub> et PM<sub>10</sub> (Benaissa, 2016)

#### 5. Dispersion et transformation des polluants dans l'atmosphère

Les processus qui régissent la pollution atmosphérique s'échelonnent en plusieurs étapes. Le processus commence par l'émission des polluants, rapidement suivi de leur dispersion puis de la phase de transformation chimique.

La dispersion et le transport des polluants atmosphériques dépendent de plusieurs paramètres: les conditions de rejet, les conditions météorologiques et les conditions orographiques. Ces différents facteurs sont utilisés dans la modélisation de la pollution atmosphérique (**Mayer & S, 2008**). Ce sont des outils indispensables pour évaluer l'impact d'une source de pollution dans l'environnement, concevoir les réseaux d'échantillonnage, aider à la décision, faire des études de risque et de simuler une pollution accidentelle (**Benaïssa, 2016**).

### **A- Conditions de rejet**

Les conditions de rejet dépendent des propriétés physico-chimiques du polluant (pression de vapeur, stabilité chimique, points d'ébullition, de fusion, solubilité dans l'eau), du mode d'émission, des caractéristiques de la source, du déplacement du nuage, des échanges thermiques (**Benaïssa, 2016**).

-Nature du polluant (gaz lourds, gaz légers et gaz neutres).

Modes d'émission de la source : les sources des polluants sont caractérisées par leur surface, leur altitude par rapport au sol, leur durée (sources intermédiaires ou continues), leur emplacement (fixes ou mobiles).

- Déplacement du nuage, échanges thermiques.

- Différentes phases de dispersion (**Benaïssa, 2016**).

### **B- Influence météorologique et environnementale**

La dispersion des polluants généralement émis à moins de 100 m au-dessus du sol dépend des conditions météorologiques. Leur évacuation peut se faire horizontalement par le vent et verticalement grâce à la turbulence atmosphérique (**Gomez & Pujadas, 2011**). En saison estivale, la concentration d'O<sub>3</sub> tend à être élevée en raison de l'ensoleillement, avec des pics survenant en milieu de journée. En saison hivernale la pollution acido-particulaire est majorée par l'humidité et une pression atmosphérique élevée. De plus les conditions atmosphériques qui majorent la nocivité des polluants peuvent amplifier la réponse inflammatoire liée aux allergènes et aux virus, créant un risque de cumul de facteurs de risque d'exacerbation de l'asthme.

Selon des études faites, le vent et l'humidité relative sont les deux paramètres météorologiques qui influencent le plus la dispersion des polluants. La température agit sur la chimie des polluants: le froid diminue la volatilité de certains gaz alors que la chaleur estivale favorise la formation photochimique de l'ozone.

La turbulence atmosphérique traduit par des mouvements à petite échelle dus à la variation de la vitesse du vent dans le temps et l'espace autour d'une valeur moyenne et de sa direction (**Ma &**

**R, 2007**). La vitesse du vent augmente avec le gradient de pression et avec l'altitude, les différents obstacles ralentissant sa vitesse près de la surface du sol. Par leur grande vitesse, les vents forts provoquent une grande dilution des polluants et, par conséquent, des concentrations très faibles (**Mayer & S, 2008**).

La vitesse du vent varie entre le jour et la nuit. Le jour, la convection thermique ramène au sol l'air qui se déplace en altitude et les vents de surface sont renforcés. La nuit la convection thermique est plus faible et les vents d'altitude sont renforcés. Par leur direction, les vents interviennent dans les variations des concentrations des polluants (**Benaissa, 2016**).

### **C- Conditions orographiques**

La topographie locale d'un site influence aussi la circulation des masses d'air due à une action dynamique et thermique. Par vent faible, l'influence du relief local est prépondérante et des brises apparaissent au gré des contrastes thermiques (**Benaissa, 2016**).

### **D- Retombées et transformations des polluants**

Au cours de leur transport, de nombreux polluants participent à des réactions chimiques et photochimiques et sont souvent transformés en produits plus toxiques qui retombent sur le sol sous forme de dépôts:

- secs en absence de précipitations : Ce sont des retombées dues en partie à la gravité et aux interactions chimiques au niveau du sol comme l'adsorption sur la surface des plantes. Ils se manifestent à une distance proche des sources (10 km).
- humides : correspondent aux retombées des polluants incorporés au sein des précipitations (pluie, neige, brouillard). Ils peuvent être ressentis à de grandes distances et dans des zones non polluées.

Les dépôts de composés acidifiants ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}/\text{NO}_2$  et  $\text{NO}_2$ ) se font pour une bonne part sous forme de dépôts secs gazeux par adsorption sur la surface externe des plantes (**Benaissa, 2016**).

### **E- Echelles spatiales**

Du fait de leur dispersion par les vents et des processus physicochimiques auxquels les polluants sont soumis, la pollution atmosphérique n'a pas de frontières et revêt de nombreux aspects depuis les problèmes au voisinage d'installations polluantes, jusqu'à l'échelle dite « globale » et planétaire concernée par la hausse des concentrations de gaz à effet de serre. Trois types d'échelles sont couramment distingués: Pollution à l'échelle locale, pollution à l'échelle régionale et pollution à l'échelle globale.

Il n'existe pas vraiment de délimitation nette entre ces échelles. Par conséquent, cette classification reste relative mais utile pour la reconnaissance des priorités, pour le choix des méthodes, pour la modélisation et l'appréciation des résultats (degré de résolution). Ainsi, un cas de pollution de quartier ne s'étudie pas avec la même optique qu'un cas de pollution dans une vallée (**Benaissa, 2016**).

## 1. Introduction

Les aérosols sont des particules solides ou liquides en suspension dans l'air. La génération d'aérosols peut être de nature primaire (introduite directement dans l'atmosphère sous forme de particules par des processus mécaniques ou thermiques) ou secondaire (formée dans l'atmosphère par des processus de transformation/réaction des gaz en particules) (**Waston, 1998**). Parmi les aérosols secondaire d'origine anthropique, on peut citer ceux provenant de l'oxydation (chimiques ou photochimiques) des dérivés gazeux de l'azote et du soufre tels que  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{SO}_2$  transformés en nitrates, ammoniums et sulfates particulaires et ceux, issus de la conversion de composés organiques volatils (COV).

Les particules résultent essentiellement d'émissions naturelles (érosion des sols, embruns, volcanisme, feux de forêts...) ou anthropiques (activités humaines industrielles ou agricoles, transport, chauffage, construction...) l'ensemble des particules en suspension présente une large gamme de tailles pouvant varier de quelques nanomètres à quelques dizaines de micromètres (**Renoux & Bouland, 1998**).

## 2. Définition : particules ou aérosols ?

Défini par **Schmauss** en 1920, le terme aérosol désigne toutes particules solides et/ou liquide en suspension dans un milieu gazeux et présentant une vitesse de chute négligeable. Dans l'air et dans des conditions normales, ceci correspond à des particules de dimension inférieure à  $100 \mu\text{m}$ , les plus fines faisant quelques fractions de nanomètres (**Floche, 2004**). On désignera comme aérosols primaires, les composés émis directement dans l'atmosphère, exemple  $\text{SO}_2$  (émis par les sources de combustion) et comme aérosols secondaires les composés ayant subi pendant leur transit dans l'atmosphère des réactions chimiques (par exemple, l'ozone aérosol secondaire est issu de réactions photochimiques à partir de l'azote aérosol primaire) (**Floche, 2004**).

## 3. Origine des particules

L'origine des aérosols peut être soit naturelle ou anthropique. Les sources naturelles sont les océans, les volcans, les feux de forêts, les particules terrigènes arrachées à la croûte terrestre par l'érosion éolienne, la végétation. Les sources anthropiques sont variées : transports, industries, incinération d'ordures ménagères, usines électriques, chauffage domestique, etc...(Floche, 2004).

#### 4. Cycle des particules

L'origine et le devenir des particules sont conditionnés par leur taille. C'est pourquoi outre le classement effectué en fonction de leur origine naturelle ou anthropique, un autre classement est réalisé en fonction de leur granulométrie. Se pose alors le problème de la définition de la taille des particules (**Floche, 2004**).

##### 4.1. Diamètre aérodynamique moyen

Le problème de la définition de la taille des particules à partir de leur diamètre suppose qu'elles soient toutes de forme sphérique or ce n'est pas systématiquement le cas. Par conséquent, il faut définir un diamètre équivalent applicable à tous types de particules quelle que soit leur forme. Le diamètre le plus souvent utilisé est le diamètre aérodynamique moyen. Il correspond à celui d'une sphère ayant la même vitesse de chute que la particule et une masse spécifique égale à  $1\text{g.cm}^{-3}$  (**Renoux & Bouland, 1998**).

Dans le cas d'une particule quelconque, le diamètre aérodynamique moyen est donné par la formule suivante (**Fermandjan, 1982**) :

$$d_a = \sqrt{(\rho/\chi) * d_{50}}$$

$\rho$ , masse spécifique de l'aérosol (en  $\text{g.cm}^{-3}$ );

$\chi$ , facteur de forme dynamique. Il représente le rapport des forces aérodynamiques s'exerçant sur la particule sur celles s'exerçant sur une sphère de même volume et de même vitesse limite de sédimentation (sans dimension) ;

$d_{50}$ , diamètre médian en masse de la distribution granulométrique des aérosols (en m).

D'un point de vue réglementaire, les particules d'un diamètre aérodynamique moyen inférieur à  $10\ \mu\text{m}$  seront appelées PM10, celles ayant un diamètre aérodynamique moyen inférieur à  $2.5\ \mu\text{m}$  PM2.5 et celles ayant un diamètre aérodynamique moyen inférieur à  $1\ \mu\text{m}$  PM1. Cela s'applique pour une efficacité de collecte de 50 % (**Howard, 1999**) (**FLOCHE, 2004**).

##### 4.2. Formation, durée de vie et disparition des particules atmosphériques

K. T. Whitby (**Withby, 1973**) considère que les aérosols atmosphériques sont composés de :

- **noyaux d'Aikten**,  $0,001 < d < 0,08\ \mu\text{m}$  ;
- **noyaux de condensation**,  $0,08 < d < 2\ \mu\text{m}$  ;
- **particules géantes**,  $d > 2\ \mu\text{m}$ . (**FLOCHE, 2004**).

**Introduction :**

Loin de représenter un problème ancien, la pollution de l'air par les poussières reste un sujet d'actualité de par la complexité des phénomènes mis en jeu et de par son impact sur la santé humaine et les écosystèmes.

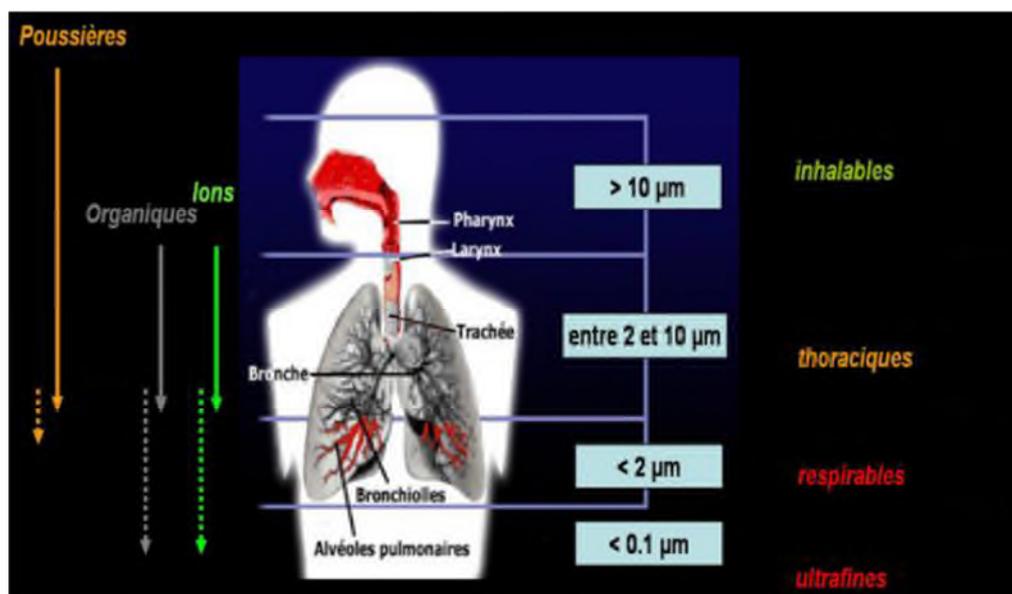
En particulier les poussières fines de diamètre inférieur à 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) et surtout celles de diamètre inférieur à 2,5  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2,5}$ ) présentent un impact sanitaire reconnu. Plusieurs travaux récents tendent à démontrer une association positive entre les taux de  $\text{PM}_{10}$  et la mortalité immédiate, en particulier cardiovasculaire et respiratoire (**Zmirou et al, 1996**).

En effet, les  $\text{PM}_{2.5}$  sont capable de se déposer profondément dans l'appareil respiratoire. Par ailleurs, ces particules véhiculent des traces de métaux et des polluants organiques persistants (POP) reconnus comme particulièrement toxiques (**Chaucherie & mangelot, 2004**).

**Effets des polluants atmosphériques sur la santé :****1.1. Particules :**

Les effets des particules sur la santé dépendent:

- de leur composition chimique: elles peuvent avoir des propriétés mutagènes et cancérogènes, comme les PM diesel qui ont une conformation complexe, car constituées à la fois de particules de carbone et des composés organiques (quinones, composés hétérocycliques, aldéhydes, hydrocarbures aromatiques polycycliques comme le benzo-A-pyrène), des sulfates, et en faible quantité, des métaux, accompagnés d'un mélange de gaz et vapeurs qui incluent  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  et autres composants de bas poids moléculaire.
- de leur granulométrie: les  $\text{PM}_{10}$  sont retenues par les voies aériennes supérieures. Les  $\text{PM}_{2.5}$  et  $\text{PM}_1$  peuvent pénétrer profondément dans les poumons (figure 1), et sont donc potentiellement les plus toxiques (**Benaissa, 2016**).



**Figure 1:** schéma de diffusion des aérosols PM vers les différents compartiments d'appareil respiratoire (Benaissa, 2016).

Il existe un lien étroit et quantitatif entre l'exposition à des concentrations élevées en particules (PM10 et PM2.5) et un accroissement des taux de mortalité et de morbidité, à court terme aussi bien qu'à plus long terme. Même à faible concentration, la pollution aux petites particules a une incidence sanitaire; en effet, on n'a identifié aucun seuil au-dessous duquel elle n'affecte en rien la santé. L'exposition à court terme à la pollution particulaire conduit aux effets sanitaires suivants:

- décès par causes respiratoires et cardiovasculaires, y compris les accidents vasculaires cérébraux;
- augmentation de la mortalité chez les nourrissons et les jeunes enfants;
- augmentation du nombre de crises cardiaques, en particulier chez les personnes âgées et chez les personnes souffrant de maladies cardiaques;
- inflammation du tissu pulmonaire chez les jeunes adultes en bonne santé;
- augmentation des hospitalisations pour maladies cardiovasculaires, y compris les accidents vasculaires cérébraux et l'insuffisance cardiaque congestive;
- augmentation des visites aux urgences pour les patients souffrant d'affections respiratoires aiguës;
- augmentation des hospitalisations pour asthme chez les enfants;
- augmentation de la gravité des crises d'asthme chez les enfants;

À long terme la pollution particulaire conduit aux effets suivants:

- augmentation des hospitalisations pour crises d'asthme chez les enfants vivant près de routes à circulation des véhicules lourds;
- croissance ralentie de la fonction pulmonaire chez les enfants et les adolescents;
- lésion au niveau des petites voies respiratoires des poumons;
- augmentation du risque de mortalité par cancer du poumon;
- augmentation du risque de décès par maladie cardio-vasculaire;
- augmentation du risque de faible poids à la naissance et la mortalité infantile (**Benaissa, 2016**).

## 1.2. Effets des particules :

### 1.2.1. Effets sur la santé :

Les grosses particules (diamètre  $> 10\mu\text{m}$ ), principalement d'origine naturelle, n'ont qu'un faible impact sur la santé : elles se déposent très rapidement sur le sol ou elles sont arrêtées au niveau du nez ou avalées. L'évaluation de leurs émissions et de leur concentration paraît moins utile pour la protection de la santé (**Mira, 2007**).

Les particules fines (PM10) et très fines (PM2,5) pénètrent, quant à elles, plus ou moins profondément dans le système respiratoire selon leur taille. Les particules de la fraction  $< 2,5 \mu\text{m}$  peuvent pénétrer plus profondément et les plus petites peuvent être acheminées jusque dans les alvéoles pulmonaires, où il y a passage de substances toxiques voire dangereuses vers la circulation sanguine. Les fractions thoracique ( $< \text{PM}_{2,5}$ ) et alvéolaire ( $< \text{PM}_1$ ) des particules sont responsables de l'irritation des voies respiratoires, de l'altération de la fonction respiratoire surtout chez l'enfant et les personnes âgées, de l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des crises d'asthmes chez des sujets asthmatiques, de problèmes cardio-vasculaires, d'une augmentation de décès prématurés, d'une diminution de l'espérance de vie. Le danger pour la santé dépend également de la nature chimique et de l'éventuelle association à d'autres polluants (métaux lourds, HPAs). En raison de leur caractère potentiellement mutagène et/ou cancérigène, les suies, HPA et particules contenant du carbone dans la fraction des fines particules présentent certainement un plus grand risque que les particules d'argile et de sable qui appartiennent à la classe 2,5 à  $10 \mu\text{m}$  (**katrien, 2009**).

- **Organes affectés par les polluants :**

Les effets de la pollution atmosphérique sur la santé sont dus le plus souvent au contact des polluants avec la peau et les muqueuses, membranes qui tapissent les différents organes. Ces dernières ont une sensibilité et un pouvoir d'absorption plus élevé que la peau (**Benaissa, 2016**).

- **Système respiratoire :**

De nombreuses études montrent que tous les types de pollution de l'air, aux fortes concentrations, peuvent affecter les voies respiratoires. Néanmoins, des effets similaires sont également observés avec exposition à long terme à de basses concentrations de polluants. Les symptômes tels que l'irritation du nez et de la gorge, suivie par la broncho constriction et dyspnée, surtout chez les personnes asthmatiques, sont généralement rencontrés après une exposition à une augmentation des niveaux de dioxyde de soufre, des oxydes d'azote, et certains métaux lourds tels que l'arsenic, le nickel ou le vanadium. En outre les particules qui pénètrent l'épithélium alvéolaire et l'ozone initient une inflammation des poumons. Chez les patients atteints de lésions pulmonaires ou de maladies pulmonaires, le polluant-initiateur de l'inflammation va aggraver leur état.

De plus les polluants atmosphériques tels que les oxydes d'azote augmentent la sensibilité aux infections respiratoires. Enfin l'exposition chronique à l'ozone et certains métaux lourds réduit la fonction pulmonaire, tandis que plus tard, ils sont même également responsables de l'asthme, de l'emphysème et du cancer du poumon (**Benaissa, 2016**).

- **Système cardiovasculaire :**

Le monoxyde de carbone se lie à l'hémoglobine pour modifier sa conformation et réduit sa capacité à transférer l'oxygène. Cette disponibilité réduite en oxygène peut affecter la fonction de différents organes (de consommation particulièrement élevée d'oxygène d'organismes tels que le cerveau et le cœur), ce qui entraîne des troubles de concentration, réflexes lents et la confusion. En dehors de l'inflammation du poumon, des changements inflammatoires systémiques sont induits par la matière particulaire, ce qui affecte également la coagulation du sang. La pollution de l'air qui induit une irritation des poumons et des changements dans la coagulation du sang, peuvent obstruer les navires (cardiaque) du sang, menant à l'angine de poitrine ou même à l'infarctus du myocarde. La plus part des études

s'intéressant à l'impact des polluants sur le système cardiovasculaire ont concerné les particules (**Benaissa, 2016**).

### **1.2.2. Effets sur le climat :**

Outre les risques pour la santé, les poussières ont un impact non négligeable sur le climat [IPCC, 2001]. Elles ont un effet direct sur le bilan radiatif de la terre : certaines particules comme les particules de carbone absorbent le rayonnement solaire entraînant un réchauffement local de l'air alors que d'autres particules réfléchissent la lumière impliquant un refroidissement. Ces particules peuvent agir également de manière indirecte sur le climat : la formation des gouttelettes d'eau contenues dans les nuages a besoin d'un noyau de condensation que constituent les particules. Sans particules, il n'y aurait pas de nuages. Une augmentation de la quantité de particules dans l'air ambiant aurait donc pour conséquence l'augmentation du nombre de gouttelettes d'eau dans l'atmosphère et donc de la nébulosité entraînant un refroidissement au niveau du sol. De plus, la présence de particules dans l'atmosphère augmente la quantité du rayonnement solaire diffus au détriment du rayonnement solaire direct, ce qui influence la photosynthèse. Il est difficile actuellement de dire quel est l'effet global des particules sur le climat du fait des effets antagonistes de ces particules (**Wang, 2009**).

L'analyse des données météorologiques provenant de 3250 stations météo a permis de constater que la visibilité de type « ciel clair » au-dessus des continents a globalement diminué entre 1973 et 2007. L'Europe s'avère être le seul continent où les niveaux d'aérosols ont globalement diminué (**Wang, 2009**).

### **1.2.3. Effet sur l'environnement :**

En milieu urbain, les dépositions de particules dégradent le patrimoine immobilier, dont le patrimoine architectural historique, en causant altération et dégâts esthétiques qui entraînent des frais de nettoyage et d'entretiens considérables. Il est cependant difficile de chiffrer les dégâts dus aux particules étant donné que celles-ci sont généralement associées à des nuisances par d'autres polluants : SO<sub>2</sub>, pluie acide (**Mira, 2007**).

Les particules fines peuvent être absorbées par les plantes ou se déposer sur le sol. Leur degré de toxicité dépend de leur composition chimique et de leur éventuelle association à d'autres polluants (métaux lourds, HPA, ...). Ces particules peuvent par conséquent porter atteinte à la biosphère, directement ou via la chaîne alimentaire qui est liée aux organismes pollué (**catherine,2009**).

## 1. Caractéristiques générales de la zone d'étude :

### 1.1. Présentation de la zone d'étude

La wilaya de Tiaret qui s'étend sur 2.005.005 ha est à vocation agro sylve-pastoral ; elle est localisée au nord centre ouest territoire national et plus précisément dans la région des hauts plateaux ouest distante de 300km au sud-ouest de la capitale, elle apparait comme étant un centre de liaison entre plusieurs wilaya et constitue un relais entre les régions du nord et celles du sud (Urbatiat, 2013).

### 1.2. Localisation de la zone d'étude

Ce présent travail a été réalisé dans la ville de Tiaret, son territoire s'étend sur une superficie totale de 12272 Ha. Elle est située au pied des dernières contre forts de l'Atlas Tellien dans une région à vaste domaine Tabulaire s'étendant au pied de l'Ouarsenis ou prédominant des formes planes emboîtées entre 900 et 1100 m d'altitude et à l'orée des vastes plaines des hauts plateaux, elle est limitée par les communes de piémonts et de contact avec la région Sud sub-steppe (Mellakou et Bouchekif) (Urbatiat, 2013).

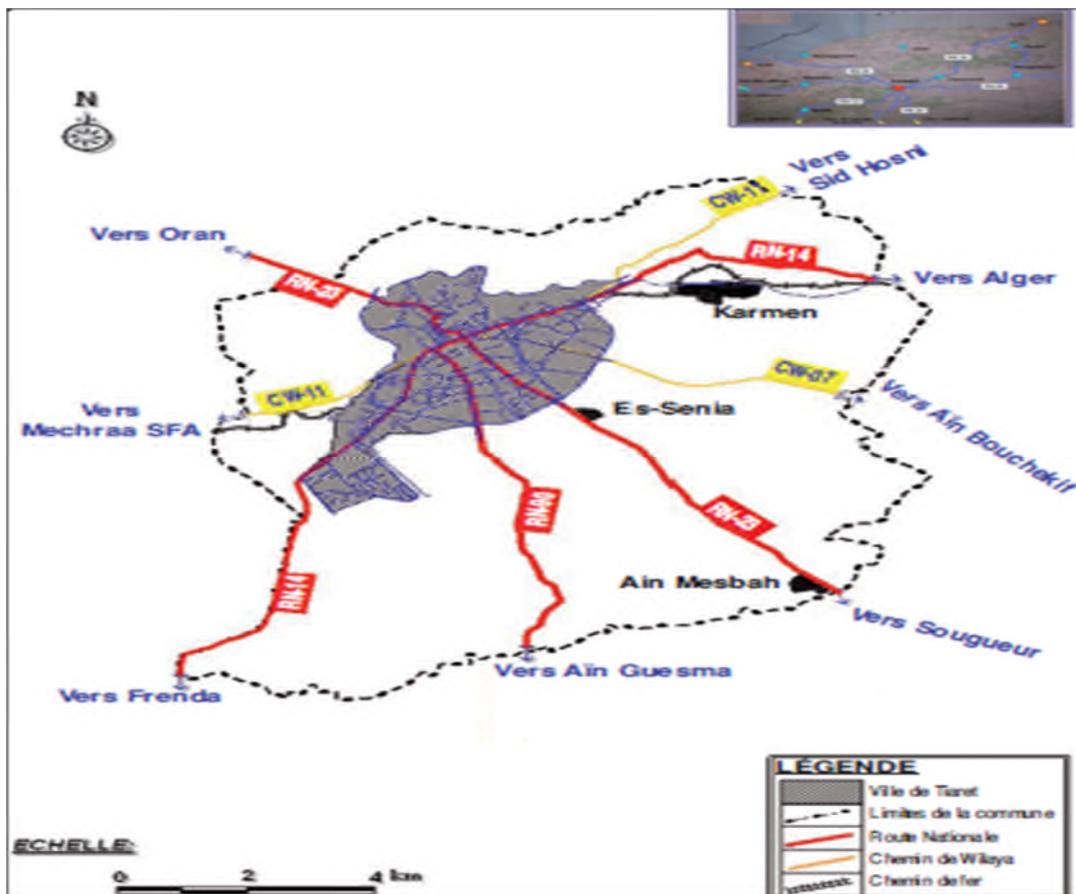
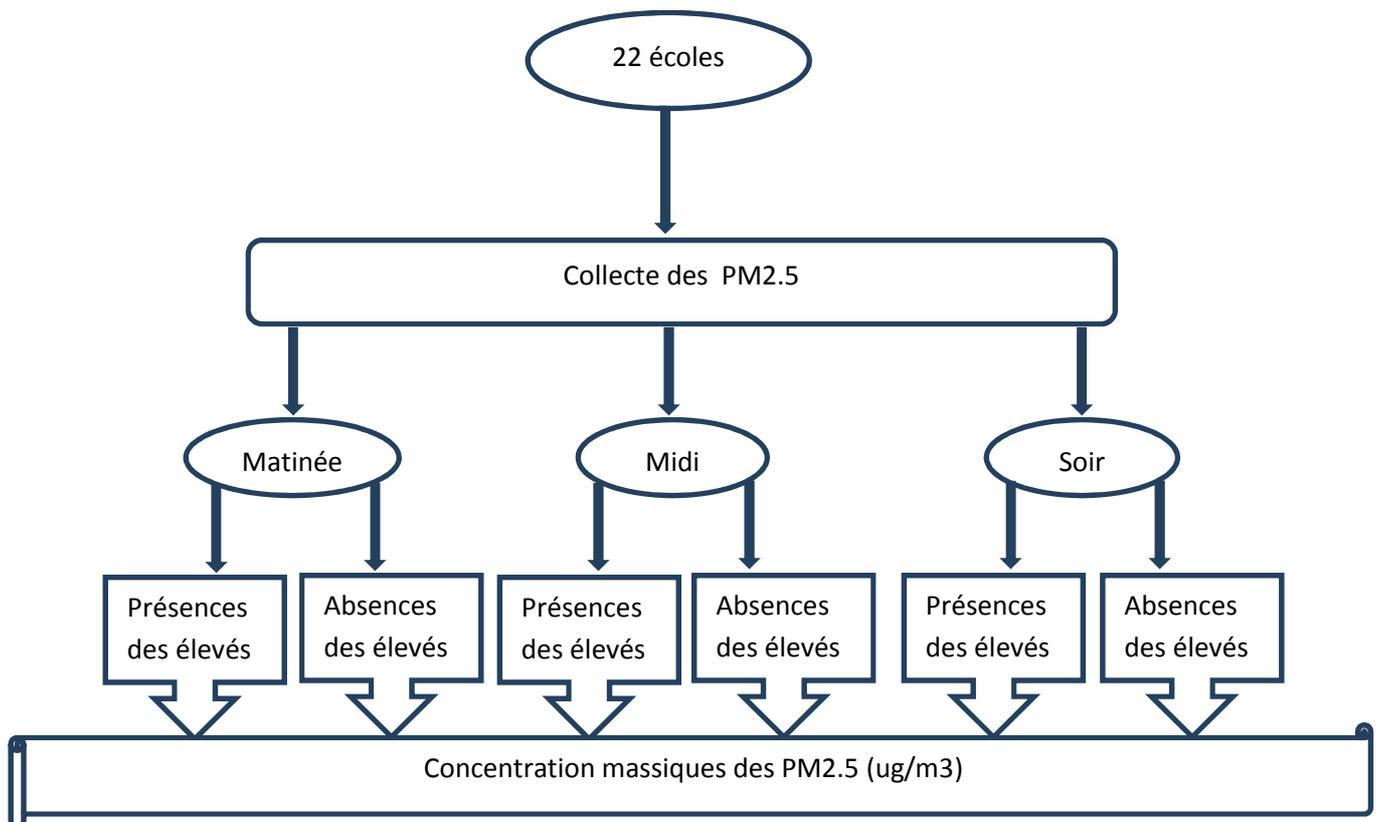


Figure 1 : localisation de la zone d'étude

Cette étude consiste à prélever 126 échantillons, récoltés par l'impacteur, dans 22 écoles situées dans la ville de Tiaret. Cet instrument comporte 3 étages qui permettent de séparer les aérosols en fonction de leur taille en 3 fractions de  $0.1\mu\text{m}$ ,  $2.5\mu\text{m}$  et  $10\mu\text{m}$ .

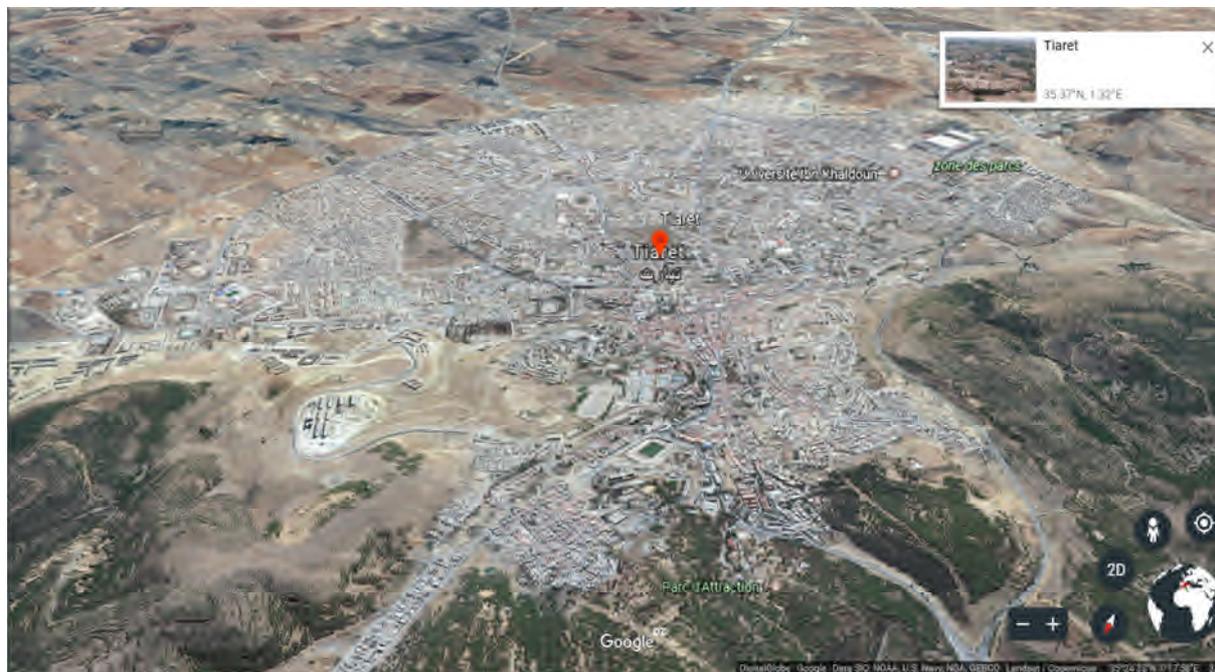
L'objectif de ce travail est la détermination des propriétés aérodynamiques des PM 2.5 dans les 22 écoles primaires, durant l'année 2016-2017 dans la ville de Tiaret.

La figure 4 illustre les différentes phases de prélèvement des PM2.5 :



**Figure 2** : protocole expérimentale résumant les étapes de prélèvement

Etude des aérosols atmosphériques dans les différents domaines des établissements d'enseignement de l'éducation primaire Tiaret.



**Figure 3** : localisation cartographique des écoles de la région de Tiaret

Les écoles ont été choisies en fonction du premier critère, le classement des sites industriels, le trafic et la densité de la population et la banlieue, pour comprendre l'impact de la qualité de l'air extérieur.

En fin de compte, 22 sites ont été sélectionnés comme des écoles élémentaires sont dans la région de Tiaret à proximité d'un trafic routier dense.

| Numéro | Ecoles                 | Date de prélèvement |
|--------|------------------------|---------------------|
| 1      | Halouze Abdelkader     | 14 / 11 / 2016      |
| 2      | Gwasem Abdelkader      | 21 / 11 / 2016      |
| 3      | Chawaye Abdelkader     | 22 / 11 / 2016      |
| 4      | Elraaide Abdelilahe    | 24 / 11 / 2016      |
| 5      | Djamale Eldine Afghani | 11 / 12 / 2016      |

|    |                       |                |
|----|-----------------------|----------------|
| 6  | Mazhoude Ahmed        | 13 / 12 / 2016 |
| 7  | Gasmi Abdelkader      | 14 / 12 / 2016 |
| 8  | Hadou                 | 15 / 12 / 2016 |
| 9  | Ibn hezayele Ahmed    | 08 / 01 / 2017 |
| 10 | Ibn Badis             | 14 / 02 / 2017 |
| 11 | Naimi Fatma           | 15 / 02 / 2017 |
| 12 | Kwadriya              | 16 / 02 / 2017 |
| 13 | Ait Amer Mezian       | 22 / 02 / 2017 |
| 14 | Sassi Abdelkader      | 23 / 02 / 2017 |
| 15 | Ibn Ktayab Abdelkader | 27 / 02 / 2017 |
| 16 | Elfateh               | 28 / 02 / 2017 |
| 17 | Zian El Charif        | 01 / 03 / 2017 |
| 18 | Ait Oumrane           | 02 / 03 / 2017 |
| 19 | Maaechi Djilali       | 05 / 03 / 2017 |
| 20 | Kaouche Djilali       | 07 / 03 / 2017 |
| 21 | Pasteur               | 08 / 03 / 2017 |
| 22 | Hakoume               | 2017 / 03 / 09 |

**Tableau 1** : sites et dates de prélèvement

Les principales caractéristiques affichées, le type de revêtement de sol intérieur et extérieur, et le nombre d'étudiants dans le département.

## 2. prélèvement par impacteur :

Les méthodes fondées sur les propriétés aérodynamiques des particules ont été développées principalement pour collecter les particules en vue d'une analyse physico-chimique intérieur ou pour une classification on dimension.

Les dispositifs les plus largement étudiés et utilisés sont les impacteurs dans le principe est fondé sur les propriétés d'inertie des aérosols (**Tran, 2011**).

### 1.1. Description d'instrument :

Le compacteur de Dekati® PM10 classe les particules dans l'atmosphère dans deux, trois ou quatre fractions de taille selon l'installation de système. La première étape PM10 enlève des particules plus en grande partie que 10 microns outre du jet de particules. L'étape PM2.5 suivante rassemble des particules plus petites que 10 microns et plus en grande partie que 2.5 microns. En installation à quatre étages PM1 l'étape rassemble des particules plus petites que 2.5 microns et plus en grande partie que 1 micron. L'étape de filtre après l'étape PM1 rassemble toutes les particules plus petites que 1 micron. Les étapes PM2.5 et/ou PM1 peuvent également être enlevées au loin du compacteur dans ce cas le compacteur peut être utilisé pour les mesures PM10 + PM1 ou PM10 + PM2.5. L'opération de compacteur de Dekati® PM10 est basée sur la classification à inertie, et l'analyse gravimétrique des particules d'aérosol. Le compacteur de Dekati® PM10 classe des particules selon leur diamètre aérodynamique. La description détaillée d'instrument est montrée dans les pages suivantes (**Dekati, 2012**).

| IMPACTEUR DEKATI                               |                         |
|--|-------------------------|
| Spectre couvert                                | PM10, PM2, 5 et PM1     |
| Détermination de la taille des particules      | Sélection inertielle    |
| Diamètre obtenu                                | Diamètre aérodynamique  |
| Détermination de la concentration Particulaire | Par pesée gravimétrique |
| Mesures de particules de morphologie complexe  | Possible                |
| Compatibilité avec les particules volatils     | Ok                      |
| Résolution                                     | 4 classes               |

|                   |                  |
|-------------------|------------------|
| Sensibilité       | Faible           |
| Problèmes majeurs | Méthode manuelle |

**Tableau 2** : récapitulatif de méthodes de mesures de la granulométrie des aérosols  
(X.chaucherie & Leces, 2007)



**Figure 4** : PM10 impacteur assemblé



**Figure 5** : PM10 impacteur démontré

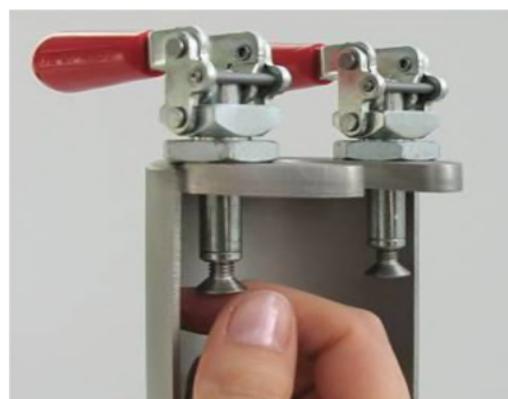
## 1.2. Instructions d'utilisation :

Les instructions de configuration et de mesure d'impact Dekati® PM10 sont présentées dans ce chapitre (Dekati, 2012).

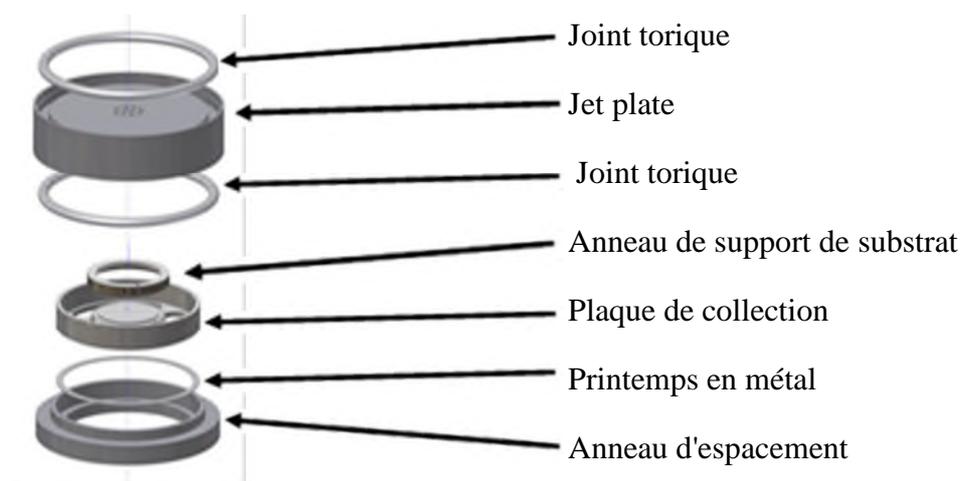
### 2.2.1. Démontage et assemblage de l'élément de frappe :

#### ✓ Démontage :

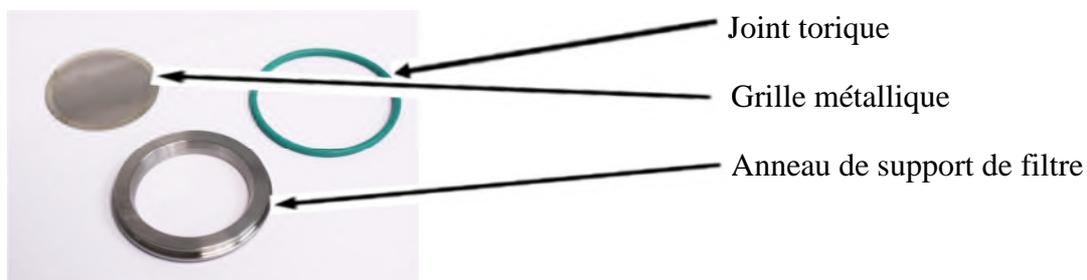
1. Placez l'ensemble de l'impacteur verticalement sur un support de niveau.
2. Relâchez les deux pinces de compression de l'élément de frappe verticalement en soulevant les deux poignées sur le dessus de l'assemblage. Une certaine force doit être appliquée, de sorte que l'assemblage doit être maintenu à sa place. Au bout d'un moment, les deux pinces peuvent devenir raides, et il est préférable d'appliquer de l'huile de lubrifiant pour les rendre plus faciles à manipuler. Les vis peuvent également être serrées au cas où les pinces seraient lâches (Dekati, 2012).



3. Pour démonter l'impacteur, commencez par enlever l'étage le plus élevé, qui est relié au tube d'entrée de l'élément de frappe. C'est aussi la plaque à jet de la première étape. Retirez le reste des étapes et des entretoises et vérifiez que chaque étage d'impact contient les éléments suivants:



L'assemblage du stade du filtre doit contenir les éléments suivants:



✓ **Assemblage :**

Avant d'assembler ensemble l'élément de frappe, placez les substrats de collecte sur les plaques de frappe.

La phase de filtrage est utilisée pour collecter toutes les particules plus petites que la coupure de l'étage d'impact. Presque n'importe quel type de filtre 47 mm couramment utilisé, selon le type de pompe utilisée.

Commencez à assembler l'élément de frappe en assemblant l'étape de filtrage:

1. Placez d'abord la grille métallique sur la partie inférieure du cadre de l'impacteur.
2. Ensuite, insérez le filtre sur la grille métallique.
3. Vérifiez que le joint torique est placé autour de la bague de support du filtre.
4. Ensuite, placez le fil de support du filtre sur le dessus du filtre. Appuyez sur la bague d'appui afin qu'elle soit bien à sa place. Ne pas tourner la bague de support, car cela pourrait endommager le filtre (Dekati, 2012).



L'assemblage se fait dans l'ordre inverse pour le démontage. Vérifiez que chaque étage de frappe comporte les pièces suivantes: plaque de jet, bague d'espacement, ressort en métal et plaque de collecte. Vérifiez que chacune des plaques à jet a un joint torique des deux côtés de la plaque et insérez le ressort métallique sur le dessus de la bague d'espacement.

1. Placez la bague d'espacement avec le ressort sur le dessus du filtre. Placez la plaque de collecte du stade PM1 ;



2. Ensuite, placez la plaque à réaction PM2.5, l'anneau d'écartement,
3. Placez la dernière étape qui est la partie supérieure de l'élément de frappe et enfoncez toutes les pièces à l'intérieur du cadre de l'élément de frappe. Serrez les boulons rouges.



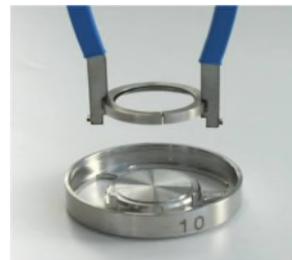
Avant d'assembler, n'oubliez pas de mettre les supports de collecte sur les plaques de collecte des frappeurs. Il est recommandé que les substrats de collecte sur les plaques d'impaction soient graissés pour éviter le rebond des particules (**Dekati, 2012**).

### 2.3. Insertion de substrats de collecte :

Pour faciliter l'insertion et le retrait du substrat, un simple outil de positionnement du substrat est inclus dans l'envoi des frappeurs.

1. Peser les supports avant de les insérer.

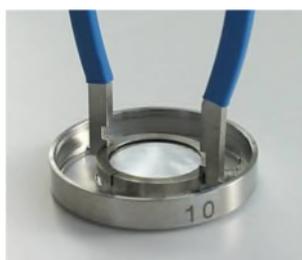
2. Démonter l'élément de frappe et séparer les étapes
3. Retirez les anneaux de support du substrat des plaques d'impact. Vous pouvez utiliser l'outil de positionnement du substrat pour cela.



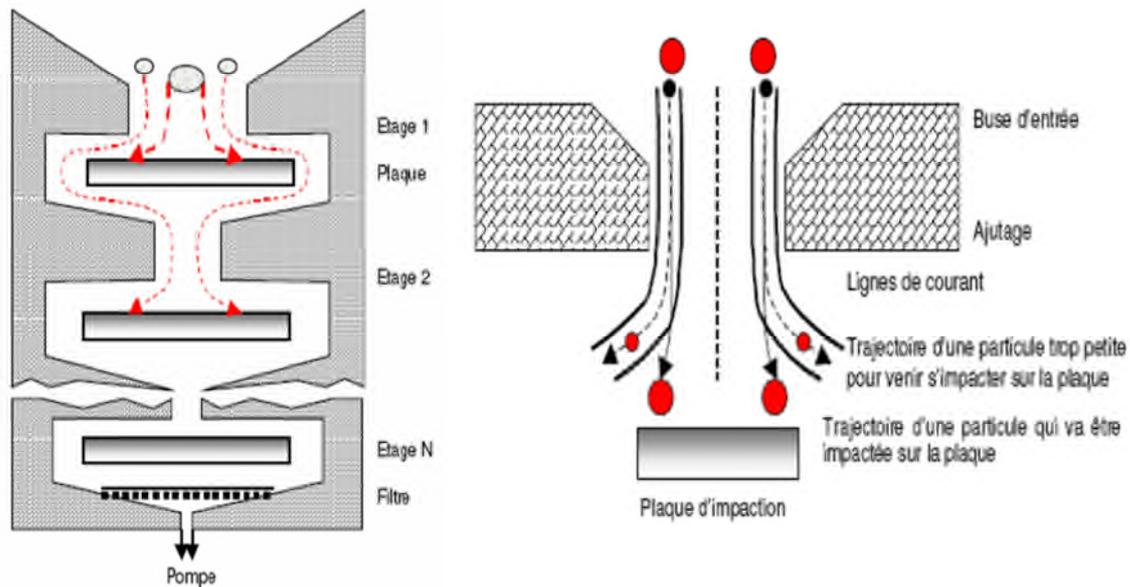
4. Placez le substrat de collecte soigneusement sur la plaque de collecte d'impact.



5. Placez la bague porte-substrat à sa place. Prenez la bague de support du substrat dans la pointe de l'outil de positionnement du substrat et enfoncez-la jusqu'à ce qu'elle cliquât à sa place. Vérifiez que le substrat de la collecte est en douceur à sa place.



6. Pour retirer le substrat de récupération après la mesure, utilisez de nouveau l'outil de positionnement du substrat ([www.dekati.com](http://www.dekati.com), 2012).



**Figure 6** : schéma de principe de l'impacteur (Renoux & Boulaud, 1998) (X.chaucherie & Leces, 2007).

Les aérosols sont aspirés ou traversés dans la buse (F). Les particules ayant une taille supérieure au diamètre de coupure vont entrer en collision avec la plaque ; les autres, de diamètre plus petit et de vitesse plus élevée, vont continuer leur trajectoire jusqu'aux étages suivants (Wilson & al, 2002) (Tran, 2011).

### 3. Les outils expérimentaux de terrain :

L'objectif de cette partie est de présenter les instruments déployés sur le terrain au cours des différentes campagnes de mesure, ainsi que leurs applications et leurs limites (Favez, 2008).

#### 3.1. Analyse gravimétrique Pour déterminer la distribution de grandeurs gravimétriques des particules dans l'atmosphère :

1. Graisser les substrats de collection.
2. Peser les substrats et le filtre absolu sur une microbalance (la sensibilité recommandée 10 microgrammes ou améliorer).
3. Placer les substrats sur les plats d'impaction.

4. Assembler le manuel 2012 de compacteur de Dekati Ltd. Dekati® PM10 de compacteur 13
5. Rassembler l'échantillon.
6. Couper la pompe
7. Démonter le compacteur. Enlever les substrats de collection ; faire attention à ne pas les toucher avec vos mains nues pour éviter la contamination d'échantillon. Utiliser les brucelles pour la manipulation de substrat.
8. Peser les substrats de collection et le filtre absolu.
9. Calculer la masse rassemblée sur les substrats.
10. Calculer les fractions de masse et prélever la concentration de masse (mg/cm<sup>3</sup>) (**Favez, 2008**).

### 3.2. Faire une mesure :

Pour configurer l'instrument:

1. Assembler l'élément de frappe; Utiliser des substrats de collecte.
2. Connectez la pompe à l'impacteur. Si la commande de débit n'est pas intégrée dans la pompe, la mesure et le contrôle du débit doivent être connectés entre la pompe et l'élément de frappe. Lorsque vous utilisez les pompes PMP-350 et PMP-400 fournies par Dekati Ltd, consultez le manuel de la pompe pour le contrôle du débit.
3. Ouvrez l'entrée de l'impacteur Dekati® et connectez-la au point de prélèvement souhaité.
4. Ajustez le débit adéquat. N'oubliez pas d'utiliser un filtre absolu à l'entrée de l'impacteur pendant le réglage afin que les particules susceptibles d'entrer dans l'impacteur à cette phase ne perturbent pas la mesure.
5. Enregistrez le débit total et le débit pour les calculs (**Dekati, 2012**).

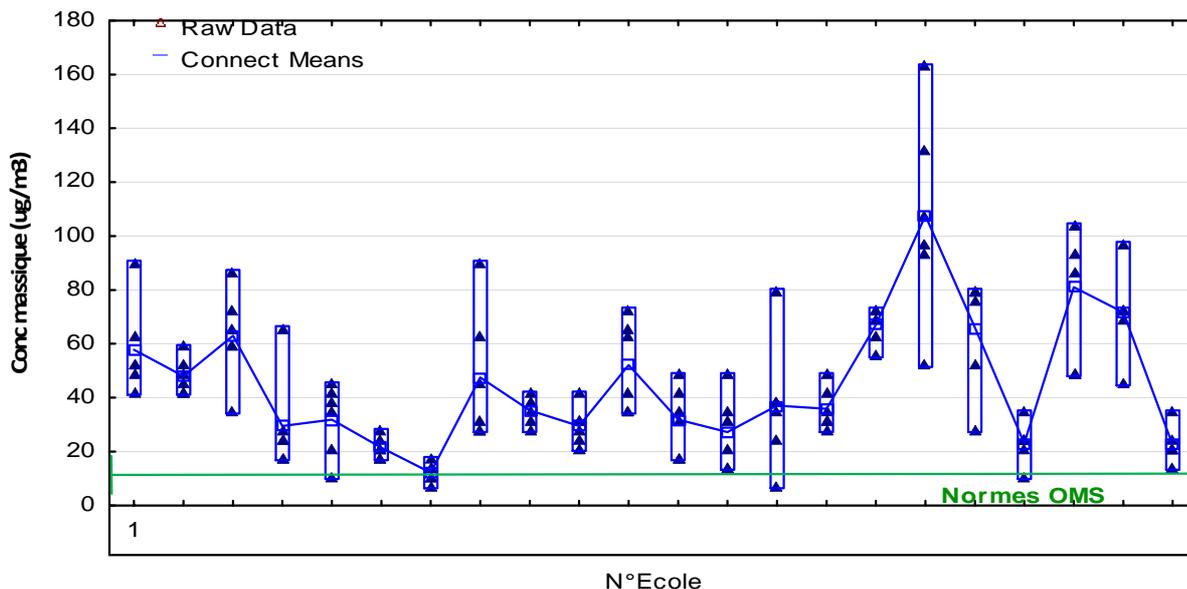
### 1. Evolution de la concentration massique (ug/m<sup>3</sup>) des PM<sub>2.5</sub> en fonction des écoles (site de prélèvement) :

La qualité de l'air intérieur de ces écoles est susceptible d'être influencée par les émissions urbaines ou liées au trafic automobile.

Les écoles possèdent généralement trois ou quatre fenêtres dans les salles; et le nombre d'élèves dans les classes varie de 20 à 30 pour un rythme scolaire identique quelle que soit l'école.

Le processus de préparation, y compris le montage, le changement des filtres et la récupération des données enregistrées sont effectués avant le début des cours et après la sortie des élèves. La durée de prélèvement en présence des élèves est de 30min et celle en absence des élèves est de 30min.

Sur 132 échantillons (6 échantillons pour chaque école), nous avons calculé la concentration massique des PM<sub>2.5</sub> classées selon leurs diamètres aérodynamiques.



**Figure 1 :** évolution de la concentration massique (ug/m<sup>3</sup>) des PM<sub>2.5</sub> en fonction des écoles (site de prélèvement)

Selon la figure 9, nous remarquons que toutes les concentrations dépassent les Normes fixées par l'OMS. Il faut noter que les concentrations les plus élevées sont enregistrées dans les deux écoles N° 17 (Ziane El Cherif) et N°20 (Kaouche Djillali), soient respectivement

110ug/m<sup>3</sup> et 80 ug/m<sup>3</sup>. En effet, les concentrations élevées des PM<sub>2.5</sub>, dans ces deux écoles, trouvent son explication comme suit :

**Ecole كعوش جيلالي:**

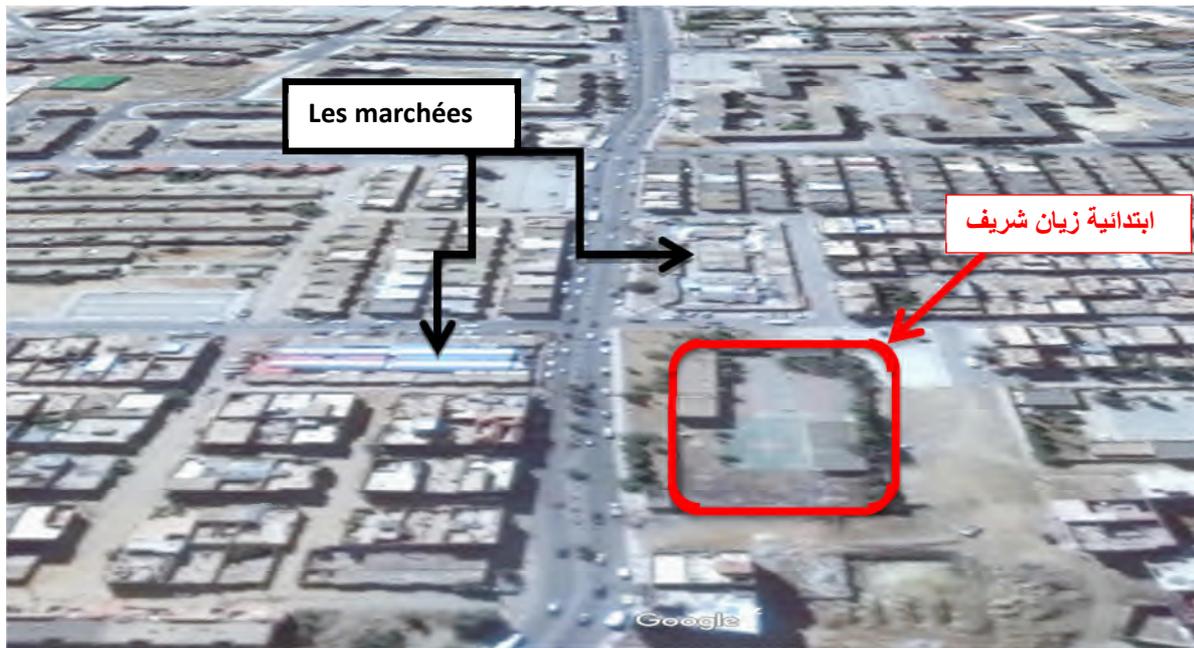
Il s'agit d'une école de deux étages située à proximité de source d'émission de polluants atmosphériques et d'une zone de trafic routier dense et de travaux publics (les chantiers...) (**figure10**).



**Figure 2 :** localisation d'un site de prélèvement (école 20) (Google Earth 2017).

❖ **Ecole زيان شريف:**

Cette école se trouve dans un quartier périurbain de centre-ville, ou l'influence du trafic routier à proximité de source d'émission de polluant atmosphérique et en face de deux marchés de la ville (**figure 11**).



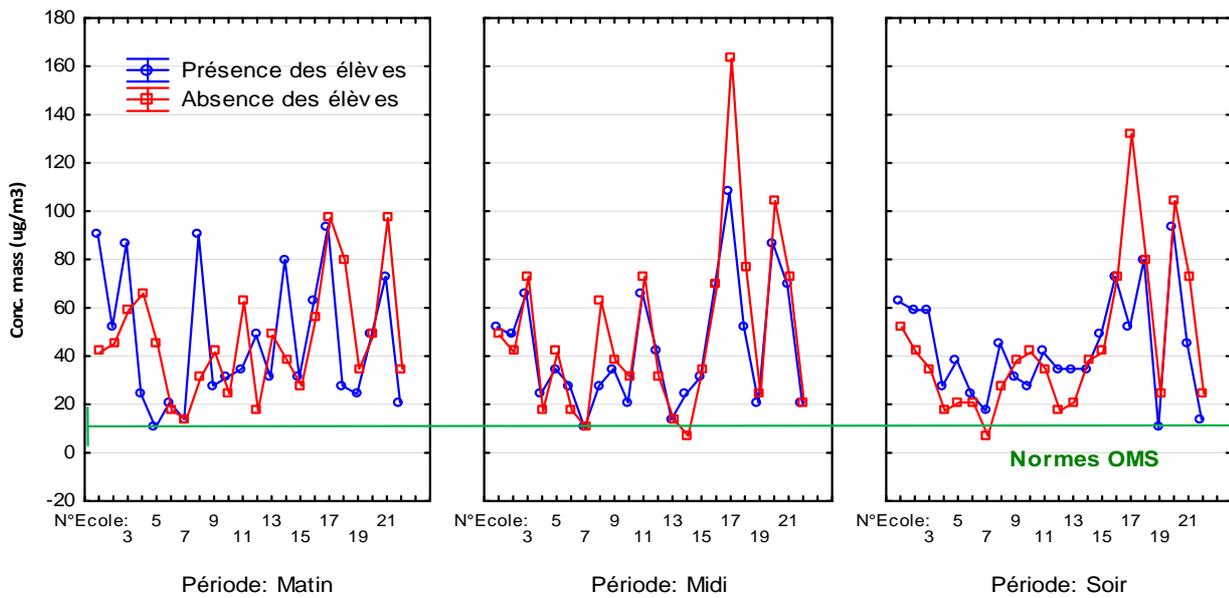
**Figure 3** : localisation d'un site de prélèvement (école 17) (Google Earth 2017).

## **2. Evolution de la concentration massique ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) des $\text{PM}_{2.5}$ en fonction des écoles pour les trois périodes de prélèvements :**

Le prélèvement des  $\text{PM}_{2.5}$  a été effectué en présence / absence des élèves, durant 3 périodes de prélèvement (matin, midi, soir) pour l'ensemble des écoles choisies.

En effet, pour la période en présence des élevés (figure 12), la concentration massique dans la matinée est supérieur à celle de l'après-midi et le soir dans la plus part des écoles, et En absence d'élèves la concentration globale est faible dans la matinée au contraire, dans l'après-midi et le soir.

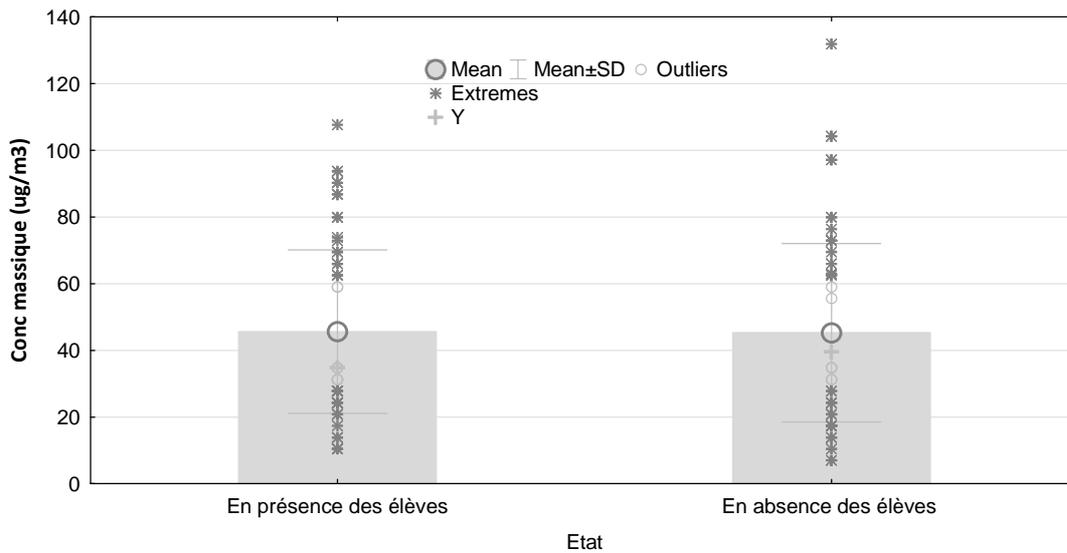
Nous notons que la majorité ou la totalité des écoles ont dépassé la valeur de la gestion de  $\text{PM}_{2.5}$  ( $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) fixé par (OMS) dans toutes les périodes (matin, midi et soir)



**Figure 4 :** évolution de la concentration massique (ug/m3) des PM2.5 en fonction des écoles pour les trois périodes de prélèvement

**3. Concentration massique en présence et absence des élèves :**

Les données des concentrations massiques, calculées à partir de l’impacteur, ont fait l’objet également d’une comparaison des particules collectées en absence et en présence des élèves.



**Figure 5 :** comparaison entre l’état de la concentration massique (ug/m3) des PM2.5 en présence et en absence des élèves.

Nous notons que la masse des PM<sub>2.5</sub> est presque la même, soit 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , dans toutes les écoles, cela signifie qu'il n'y a pas une différence dans la répartition des particules dans l'air dans la présence et l'absence d'élèves (**figure 13**).

L'objectif de ce travail est d'étudier l'état actuel de la pollution atmosphérique par les aérosols PM<sub>2.5</sub>, dans quelques écoles primaires la ville de Tiaret. Le protocole expérimentale consiste à choisir 22 écoles et faire des prélèvements des PM<sub>2.5</sub> à l'aide d'un impacteur de type DEKATI.

Les résultats obtenus montrent les valeurs enregistrées des PM<sub>2.5</sub> dépassent largement les valeurs définies par l'OMS (10 ug/m<sup>3</sup>). Elle peut atteindre 110 ug/m<sup>3</sup> dans le cas de l'école Ziani Cherif.

Le prélèvement des PM<sub>2.5</sub> a été effectué également en présence et en absence des élèves, durant 3 périodes de prélèvement (matin, midi, soir) pour l'ensemble des écoles choisies. Les concentrations massiques enregistrées en présence des élèves dépassent celles enregistrées en absence des élèves. Cependant, elles sont élevées dans la matinée comparativement aux valeurs de l'après-midi et le soir, dans la plus part des écoles.

Les particules de la fraction < 2,5 µm peuvent pénétrer plus profondément et les plus petites peuvent être acheminées jusque dans les alvéoles pulmonaires, où il y a passage de substances toxiques voire dangereuses vers la circulation sanguine (**Ibge-bim, 2008**). Outre les risques pour la santé, les poussières ont un impact non négligeable sur le climat [IPCC, 2001]. Elles ont un effet direct sur le bilan radiatif de la terre. Ces particules peuvent agir également de manière indirecte sur le climat (**Wang, 2009**).

Les particules fines peuvent être absorbées par les plantes ou se déposer sur le sol. Leur degré de toxicité dépend de leur composition chimique et de leur éventuelle association à d'autres polluants. Ces particules peuvent par conséquent porter atteinte à la biosphère, directement ou via la chaîne alimentaire qui est liée aux organismes pollués (**Mira, 2007**).

La problématique des particules est complexe à cause de la variabilité de leur composition physico-chimique, le manque d'emprise sur la formation de particules secondaires dans l'atmosphère, ainsi que sur la durée de vie et le transport de ces dernières. Les particules constituent dès lors un important problème transfrontalier au même titre que l'acidification, l'eutrophisation et l'ozone troposphérique. Il est clair qu'il faudra unir les efforts à tous les niveaux de pouvoir, de l'échelle locale à l'échelle continentale.

Dans cette problématique internationale, la réduction des émissions contribuera également à la diminution de l'apport de PM extérieurs dans le monde.

Les plantations des arbres urbains ornementaux dans la ville de Tiaret, notamment dans les établissements éducatifs, peuvent réduire la vitesse du vent et capturer énormément des quantités importantes de poussières et des particules fines, à l'aide de ses feuilles. Ces techniques, de filtration naturelle de l'air, sont devenues actuellement les meilleures solutions pour lutter contre la pollution particulaire.

## Références bibliographiques

### Bibliographie

1. Airparif. (2010). les différents polluants et leur évolution. Association de surveillance de la qualité de l'air. Biosurveillance de la pollution atmosphérique par les mousses.
2. Anonyme. (1997). centre SPIN.,1997.Ecole des mines de Saint-Etienne, France. Biosurveillance de la pollution atmosphérique par les mousses.
3. Benaissa. (2016). mesure et caractérisation de la pollution atmosphérique dans la ville de Bijaya et évaluation de ses impacts sanitaires.
4. Catherine, B. (2009). LES PARTICULES FINES (PM10, PM2,5, PM1 ET PM0,1) PAGE 51 SUR 51 - JUILLET 2009. Observatoire des données de l'environnement, laboratoire pour la recherche en environnement, dep. Plan air, climat et énergie.
5. Chaucherie, x., & mangenot, c. (2004). *détermination de la granulométrie des aérosols dans les émissions diffuses d'ateliers sidérurgiques:PM10, PM2.5, PM1 et PM0.1.*
6. Choél, m. (2005). *analyse quantitative des particules atmosphérique par microscopie électronique a balayage couplée a la spectrométrie d'émission X.*
7. Elichegaray, c. (10 juil 2006). pollution atmosphérique ARTICLE / REF : G 1500 V2.
8. Favez, o. (2008). caractérisation physico-chimique de la pollution particulaire dans des mégapoles contrastées. Manuscrit de thèse de doctorat de l'Université PARIS.DIDEROT (Paris 7) le 8 février 2008.
9. Fermandjan. (1982). Etude de la modélisation du comportement des aérosols solides dans une enceinte. Rapport CEA R5151, CEA, Paris.
10. Floche, m. L. (2004). *caractérisation physico-chimique et tracement des émissions particulaire métallique d'une usine d'incinération d'ordures ménagères dans l'air.*
11. Gomez, & Pujadas. (2011). *influence of seasonal factors on the atmospheric particle number concentration and size distribution in Madrid.*
12. Howard, M. e. (1999). Particulate matter. Properties and effects upon health. Bios scientific, 186 pp.
13. Katrien, D. (2009). *les particules fines(PM10, PM2.5, PM1 et PM0.1).*
14. Laure, & hoenner. (1996). *biosurveillance de la pollution atmosphérique par les mousses.*

15. Ma, a., & r, b. (2007). *the use of mind fields in a land use regression model to predict air pollution concent for health exposure studies atmospheric environment.*
16. Maatoug, m., & hammou, m. A. (2010). *Cartographie de la pollution atmosphérique.*
17. Mayer, & s, f. (2008). *aditerministic air quality forecasting system for torino urban,area,Italy.*
18. Mira (2007). Achtergronddocument Verspreiding van zwevend stof, 8 december 2007 ([http://www.milieurapport.be/Upload/Main/MiraData/MIRA-T/02\\_THEMAS/02\\_05/AG\\_ZWEVEND\\_STOF.PDF](http://www.milieurapport.be/Upload/Main/MiraData/MIRA-T/02_THEMAS/02_05/AG_ZWEVEND_STOF.PDF)). les particules fines.
19. Mj, T., & LA, D. (2010). *Short-term Association between Ambient Air pollutants and pédiatric asthma Emergency Département visites Am J respir.crit care med.*
20. P, k., & p, f. (2008). *effet of wind direction and speed on the dispersion of nucleation and accumulation mode particles in an urbain street canyon.*
21. Renoux, & Bouland. (1998). *Les aérosols Physique et Métrologie.* Lavoisier, Paris, 301pp.
22. Setra, & Mazoue. (1994). *biosurveillance de la pollution atmosphérique par les mousses.*
23. Tran, d. T. (2011). *identification des sources et modelisation du comportement dynamique des particules dans l'air interieur des ecoles.* ver.3.00, U. M. (2012). *PM10 Impactor.*
24. Wang. (2009). Effects of chlorides on emissions of toxic compounds in waste incineration : study on partitioning characteristics of heavy metal. *9Chemosphère*, 38(8): 1833-1849.
25. Waston, C. e. (1998). Overview of receptor model principles. *JAPCA*, 34: 619-623.
26. Wilson, & al. (2002). *Les aérosols Physique et Métrologie.* Lavoisier, Paris, 301pp.
27. Withby, (1973). On the multimodal nature of atmospheric size distribution, IIIth International Conference on Nucleation, Leningrad, URSS.
28. Dekati, (2012). *DEKATI Excellence Measurements.*
29. X.chaucherie, & leces. (2007). *determination de la granulometrie des aerosols dans les emissions canalisees:PM10, PM2.5, PM1 et PM0.1.*

## Résumé :

Cette étude consiste à caractériser les propriétés aérodynamiques des aérosols PM 2.5 dans les établissements éducatifs de la ville de Tiaret par l'impacteur DEKATI.

22 écoles primaires ont été choisies aléatoirement, et dans chaque école, le prélèvement des particules des PM2.5 a été effectué par l'impacteur en fonction du temps (matin, midi et soir) et en fonction de présence/ absence des élèves.

Les résultats obtenus montrent que les valeurs enregistrées des concentrations massiques des PM2.5 dépassent largement les valeurs définies par l'OMS (10 ug/m<sup>3</sup>). Elle peut atteindre jusqu'à 80 ug/m<sup>3</sup> dans certains cas.

Les concentrations massiques enregistrées en présence des élèves dépassent celles enregistrées en absence des élèves. Cependant, elles sont élevées dans la matinée comparativement aux valeurs de l'après-midi et le soir, dans la plus part des écoles.

**Mots-clés :** Propriétés aérodynamique ; aérosol PM2.5 ; Impacteur DEKATI ; OMS ; Ecoles primaires, Ville de Tiaret.

## الملخص :

هذه الدراسة هي لوصف الخصائص الديناميكية الهوائية هباء PM2.5 في المؤسسات التعليمية من مدينة تيارت من قبل المسبار Dekati.

حيث تم اختيارهم بشكل عشوائي 22 مدرسة ابتدائية، وفي كل مدرسة تم التقاط مجموعة من الجزيئات PM2.5 بالمسبار في الوقت (الصباح، الظهر والمساء) اعتماد على حضور / غياب التلاميذ.

وأظهرت النتائج التي تم الحصول عليها القيم المسجلة لتركيزات كتلة PM2.5 حيث تجاوزت كثيرا من القيم التي حددتها منظمة الصحة العالمية (10 ميكروغرام / M3). يمكن أن تصل إلى 80 ميكروغرام / M3 في بعض الحالات .

تركيزات الكتلة المسجلة في وجود عالية تفوق تلك المسجلة في غياب التلاميذ ، ومع ذلك فهي أعلى في الصباح مقارنة مع قيمها في الظهر والمساء في معظم المدارس .

**الكلمات المفتاحية:** الخصائص الديناميكية الهوائية ؛ هباء ؛ المسبار DEKATI ؛ منظمة الصحة العالمية ؛ تيارت.