

257

وزارة الجامعات  
Ministère aux Universités  
المدرسة الوطنية للتكنولوجيا  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

# ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT *Genie de l'Environnement*

## PROJET DE FIN D'ETUDES

### SUJET

CONTRIBUTION À L'EVALUATION  
DE LA POLLUTION PARTICULAIRE  
DANS LE GRAND ALGER

Proposé par :

R. KERBACHI

Etudié par :

A. DERNOUNI

A. EL-AÏCHI

Dirigé par :

R. KERBACHI

M. BOUGHEDADUI

PROMOTION

1990-1991

وزارة الجامعات

Ministère aux Universités

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT *Genie de l'Environnement*

## PROJET DE FIN D'ETUDES

### SUJET

CONTRIBUTION À L'EVALUATION  
DE LA POLLUTION PARTICULAIRE  
DANS LE GRAND ALGER

Proposé par :

R. KERBACHI

Etudié par :

A. DERNOUNI

A. EL-AÏCHI

Dirigé par :

R. KERBACHI

M. BOUGHEDADUI

PROMOTION

1990-1991

الملخص: هذه الدراسة تكتمل بتقييم التلوث بواسطة الجسيمات الصلبة في جو الجزائر الكبرى:  
سقوط الجسيمات الجوية، الجسيمات المعلقة في الجو، الرصاص،  
الناتج عن حركة مرور السيارات، الوجود في الغبار المتراكم على الأرصفة،  
الناتج المحصل عليها وضحت الصلة الموجودة بين الأحوال  
الجوية، والمناخ، الملوثة.  
يظهر بعد المقارنة مع بلدان أخرى أن جو الجزائر يحمل  
كثيرا بالجسيمات الصلبة.

Résumé: Cette étude porte sur l'évaluation de la pollution particulaire dans l'atmosphère du grand Alger: les retombées atmosphériques, les particules totales en suspension, et le Plomb issu du trafic routier dans les dépôts de poussières. Les résultats obtenus ont pu être corrélé avec les conditions météorologiques et avec les sources polluantes. Une comparaison avec d'autres pays montre que notre atmosphère est fortement chargée en particules solides.

Abstract: This study is about the assessment of particulate pollution in the atmosphere of great Algiers: The atmospheric fallout, the total suspended particulate, and the lead emanated from cars traffic in deposit dust. The results obtained were correlated with the meteorological conditions and the pollutant sources. A comparison with other countries shows that our atmosphere is heavily charged in solid particulate.

# الإهداء

- إلى من يبيع النقاء والحنان والطيبة، والدتي ووالدي  
وجميع إخوتي.

- إلى الذين يعتزون بالاسلام ويرفون فيه حياتهم  
وسعادتهم ويلتمسون الطريق تحت ظله وعلى صنوع  
تعاليمه.

- إلى كل من أخلص لي العون والمساعدة.

- إلى أصدقائي وأحبابي، وكل من يكن لي الحب والود  
والإخلاص.

- إلى هؤلاء جميعا، أهدي هذه القطرة من محيط  
العلم الزاخر، راجيا من الله عز وجل أن تؤتي  
بالشر المرجو.

درنوني عبد الكريم

## DEDICACE

Je dédie ce modeste travail

- à qui je l'aime du fond du coeur ,à mes très chers parents
- à mes frères ( Abdellah, Ahmed, Mohamed, Hacem, Toufik).
- à mes très chères soeurs Souad et Nabila
- à mes chers cousins et cousines
- à tous mes frères en Dieu
- à tout qui aime le bien pour l'islam et les musulmans.

El-Aichi Abderrahim.

## REMERCIEMENT

Nous tenons à remercier chaleureusement Mr RABAH KERBACHI; professeur au département de l'environnement à l'Ecole Polytechnique d'El Harrach, ainsi que Mr MENOUE BOUGHEDAOU; assistant à l'institut de chimie industrielle à l'Université de Blida.

Nous voudrions leur témoigner notre profonde gratitude pour l'intérêt constant qu'ils ont apporté à ce travail, pour leur encouragement permanent, leur conseil, et surtout leur patience dont ils ont fait preuve à notre égard, qu'ils trouvent ici l'assurance de nos sentiments respectueux.

Qu'il nous soit aussi permis de remercier tous les membres de jury :

- Président : Mr M.NAKIB, Maître assistant à l'ENP
- Examineurs: Mr A.K.NAAMANE, Maître assistant à l'ENP  
M<sup>me</sup> S.BOUCHTAOUI, Maître assistante à l'ENP  
Mr M.BOUSHAKI, Assistant à l'Univ.de Blida
- Rapporteurs : Mr R.KERBACHI, Professeur à l'ENP

Mr M.BOUGHEDAOU, Assistant à l'Univ de Blida  
qui nous <sup>ont</sup> fait l'honneur d'examiner et de juger ce modeste travail.

Nous tenons à remercier tous ceux qui ont participé au bon déroulement de notre travail. Notamment nos familles et nos amis, nous sommes également reconnaissant à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation.

## S O M M A I R E

### INTRODUCTION

#### I - PARTIE THEORIQUE

#### 1 - SOURCES ET NATURE DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE

1.1 - Pollution atmosphérique d'origine naturelle

1.1 - Pollution atmosphérique d'origine artificielle

1.1.1 - Pollution due aux transports

1.1.2 - Pollution par les procédés industriels

#### 2 - PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES DES PARTICULES SOLIDES

2.1 - Formes et dimensions des particules

2.2 - Distribution granulométrique des particules

#### 3 - LES EFFETS DES PARTICULES ATMOSPHERIQUES

3.1 - Effets nocifs sur l'être humain

3.1.1 - Effets toxiques du plomb

3.2 - Effets nocifs sur les animaux

3.3 - Effets nocifs sur la végétation

3.3.1 - Effets de certains polluants spécifiques

3.3.1.1 - Effets du plomb

3.3.1.2 - Effets des poussières de cimenteries

3.4 - Effet de la pollution particulaire sur les matériaux

#### 4 - INFLUENCE DE LA METEOROLOGIE DANS LE TRANSPORT ET LA DIFFUSION DES POLLUANTS

4.1 - Influence du vent

4.2 - Influence de la température

#### 5 - PREVENTION

5.1 - Action à la source

**2 - ETUDE DES POUSSIÈRES EN SUSPENSION**

2.1 - Sites d'échantillonnage

2.2 - Méthodologie d'échantillonnage

2.3 - Résultats des analyses

2.4 - Interprétation

**3 - PLOMB CONTENU DANS LES DÉPÔTS DE POUSSIÈRES**

3.1 - Sites d'échantillonnage

3.2 - Échantillonnage

3.3 - Traitement de l'échantillon

3.4 - Résultats des analyses

3.5 - Interprétation

**CONCLUSION**

**BIBLIOGRAPHIE**

**ANNEXES**

5.2 - Prévention par traitement des rejets

5.2.1 - Les épurateurs mecaniques

5.2.2 - Les épurateurs hydrauliques

5.2.3 - Dépoussiéreurs à couche poreuse -  
Filtre à manches

5.2.4 - Dépoussiéreur électrique ( electro -  
filtre )

5.2.5 - Choix des épurateurs

6 - METHODES DE PRELEVEMENT ET DOSAGE DES POUSSIÉRES

6.1 - Captage des poussières par sédimentation

6.2 - Captage des poussières par inertie

6.3 - Captage des poussières par filtration

6.4 - Analyse des poussières

II - PARTIE EXPERIMENTALLE

1 - EVALUATION DES POUSSIÉRES SEDIMENTABLES

1.1 - Sites d ' échantillonnage

1.2 - Méthodes de prélèvement

1.3 - Traitement et analyse de l'échantillon collecté

1.3.1 - Traitement de l'échantillon

1.3.2 - Expression des résultats

1.3.3 - Analyse par spectroscopie d'absorption  
atomique

1.4 - Interprétation

## INTRODUCTION

De tout temps, la pollution atmosphérique a causé une gêne pour l'Homme, mais c'est seulement après que des accidents localisés aient provoqués des décès et des maladies graves qu'a été reconnue l'importance de l'effet nuisible que peuvent engendrer les polluants. Parmi ces principaux accidents citons la catastrophe de la vallée de Meuse (1930) en Belgique où un mélange d'oxyde de soufre et d'autres gaz irritants dont l'action était aggravée par la présence d'aérosols a entraîné la mort d'une soixantaine de personnes et l'atteinte de quelques milliers de personnes de troubles respiratoires.

Des accidents similaires ont touché la ville de Donora (USA) en 1948 et surtout Londres qui en 1952, 1956, 1957 et en 1962 a vécu des périodes de catastrophes où des aérosols de gaz irritants persistaient sur de longues périodes.

Depuis, beaucoup de progrès ont été établis aussi bien du point de vue prévention que contrôle et surveillance de la pollution atmosphérique. Et si de nos jours dans les pays développés, les problèmes liés à la pollution atmosphérique locale sont de mieux en mieux maîtrisés, il n'en demeure pas moins qu'à grande échelle les phénomènes comme le réchauffement de la planète, la destruction de la couche d'ozone dans les régions polaires et le transport des polluants acides, restent des thèmes qui posent un défi à l'humanité et nécessitent encore de plus en plus vastes explorations.

D'autre part et malgré le développement de la technologie préventive de la pollution atmosphérique, on enregistre périodiquement dans certains grands centres urbains des alertes aux smogs acides et photochimiques (Paris, Londres, Athènes, Mexico etc...).

Ceci nous incite à réfléchir sur l'état de l'atmosphère de notre pays et en particulier dans les grands

centres urbains où l'industrialisation et le trafic routier de plus en plus dense, commencent à menacer la population et l'environnement. Tel est le cas des cimenteries de Meftah, de Rais Hamidou et Chlef ou le complexe d'engrais à Annaba et même la décharge de Oued Smar où les émissions nuisibles deviennent de plus en plus perceptibles.

Ainsi nous essayons dans cette étude d'évaluer une partie des polluants atmosphériques en l'occurrence les particules solides en suspension et les particules sédimentables.

Dans ce contexte nous nous intéresserons aussi particulièrement à la présence du plomb que génère le trafic routier dans certaines zones à grande circulation.

I PARTIE THEORIQUE

## Chapitre 1 :

### SOURCES ET NATURE DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE

L'atmosphère contient une quantité variable de substances étrangères à sa composition normale qui peut être d'origine naturelle ou artificielle.

#### 1.1-Pollution atmosphérique d'origine naturelle

Les polluants d'origine naturelle peuvent avoir diverses sources:

- Poussières dûes à la décomposition du sol.
- Embruns et sels marins.
- Poussières et gaz d'origine volcanique.
- Produits de feux spontanés de forêts.
- Poussières d'origine extraterrèstre.
- Produits d'origine végétale, animale ou microbienne, etc...

##### a-Les poussières du sol:

Elles constituent une source de pollution quand le sol subit une érosion éolienne.

Un autre phénomène, qui contribue à ce type de pollution, c'est le déplacement des poussières à de grandes distances, par des vents appelés tempêtes de poussières.

Dans les périodes extrêmes, la concentration maximale de poussières dans l'atmosphère peut atteindre 10 à 20mg/m<sup>3</sup> [1],[2].

##### b-Embruns marins:

Les brumes et les embruns venant de l'océan apportent dans l'atmosphère continentale des cristaux de sels qui s'agglomèrent en noyaux de condensation formant ainsi un aérosol de sel. Ces sels introduits dans l'atmosphère sont principalement composés de NaCl, mais également de MgCl<sub>2</sub>, de CaCl<sub>2</sub> et de KBr.

Les fortes teneurs en sels sont relevées les jours de forte houle.

Comme les poussières du sol, les embruns marins peuvent être transportés par le vent à des régions intérieures, loins des zones cotières.

Suivant certaines estimations, dans les régions cotières de Bretagne, les pluies déposent au sol 25 à 35g de sel/m<sup>2</sup>/an, 70% de ces dépôts étant constitués par le NaCl [1].

#### c-Les volcans:

Les éruptions volcaniques donnent naissance à des gaz et des poussières dont la composition peut être toxique. En effet les fumées de volcans contiennent des teneurs importantes en poussières, SO<sub>2</sub>, HCl et HF.

#### d-Feux de forêts ou prairies:

La foudre en est souvent la cause, certains de ces feux s'étendent sur quelques centaines d'hectares, créant des nuages de fumées qui parcourent parfois des centaines de kilomètres. Il élèvent localement la teneur en CO et réduisent la visibilité [1].

#### e-Poussières d'origine extra-terrestre:

Il s'agit de petites particules cosmiques provenant des météorites. La terre en capture journallement quelques milliers de tonnes.

La composition chimique de ces particules météoritiques peut être classée en deux groupes:

- Les météorites: Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Ti, Cr;
- Les sidérites :Fe, Co, Ni.

La granulométrie des particules cosmiques dans l'atmosphère varie de 0,05 µm à plusieurs dixièmes de µm.

En comparant à différentes altitudes la concentration des particules d'origine terrestre et celle d'origine

extraterrestre, on a pu avancer qu'à partir de 10 kilomètres d'altitude, l'aérosol d'origine extra-terrestre est prédominant.

A partir de 40 kilomètres d'altitude, la concentration d'aérosol d'origine extra-terrestre atteint  $0,01\text{g/cm}^3$  [1].

#### f-Pollution d'origine végétale:

Il s'agit essentiellement de grains de pollen, des spores et des champignons. Dans les pollens on distingue deux catégories:

- Les pollens anémophiles qui sont transportés par le vent;

- Les pollens entomophiles qui sont transportés par les insectes. Leur taille est très variable, de 5 à  $200\mu\text{m}$ , suivant le végétal d'où ils proviennent.

Les anémophiles sont plus petits que les entomophiles.

La quantité de pollen produite par une plante peut être considérable, par exemple les forêts de pins produisent de 20 à 80 Kg de pollens par hectare par an, un pied mâle de *Rumex Acetosa* peut libérer 400 millions de grains de pollen.

Les pollens peuvent être transportés jusqu'à 100 Km de leur lieu de libération [4]. Ces pollens exercent sur certains individus des allergies diverses.

Jusqu'à une altitude de 1600 m environ, l'atmosphère terrestre peut contenir aussi un nombre important de spores provenant de plantes comme les fougères, les mousses, les champignons, etc. Leur nombre diminue considérablement avec l'altitude et au-dessus des surfaces d'eau et de glace [1].

#### g-Pollution d'origine microbienne:

Elle est causée généralement par les bactéries soulevées de l'eau de mer, par l'air marin avec les gouttes d'eau ou les embruns.

Il y'a aussi les microorganismes présents dans la poussière, qui provoquent des allergies et diverses maladies, comme les acariens, les champignons et les bactéries [5].

Les bactéries étant transportés dans l'atmosphère grâce aux mouvements de l'air et de l'activité humaine, leur nombre atteint des milliers par m<sup>3</sup> [2].

On estime globalement les émissions d'origine naturelle en particules solides à 2096.10<sup>3</sup> kg/an.

leur répartition selon la source est résumé dans le tableau (1,1) [3]:

Sources	pourcentage du total	production (Kg.10 <sup>3</sup> /an)
Aérosol de sel marin	44	908
Nitrate de NO et NO <sub>2</sub>	18	390
Ammonium	11	245
Sulfate	9	182
Terpène	9	182
Erosion du sol	9	182
Volcan		4
Feux de forêt		3

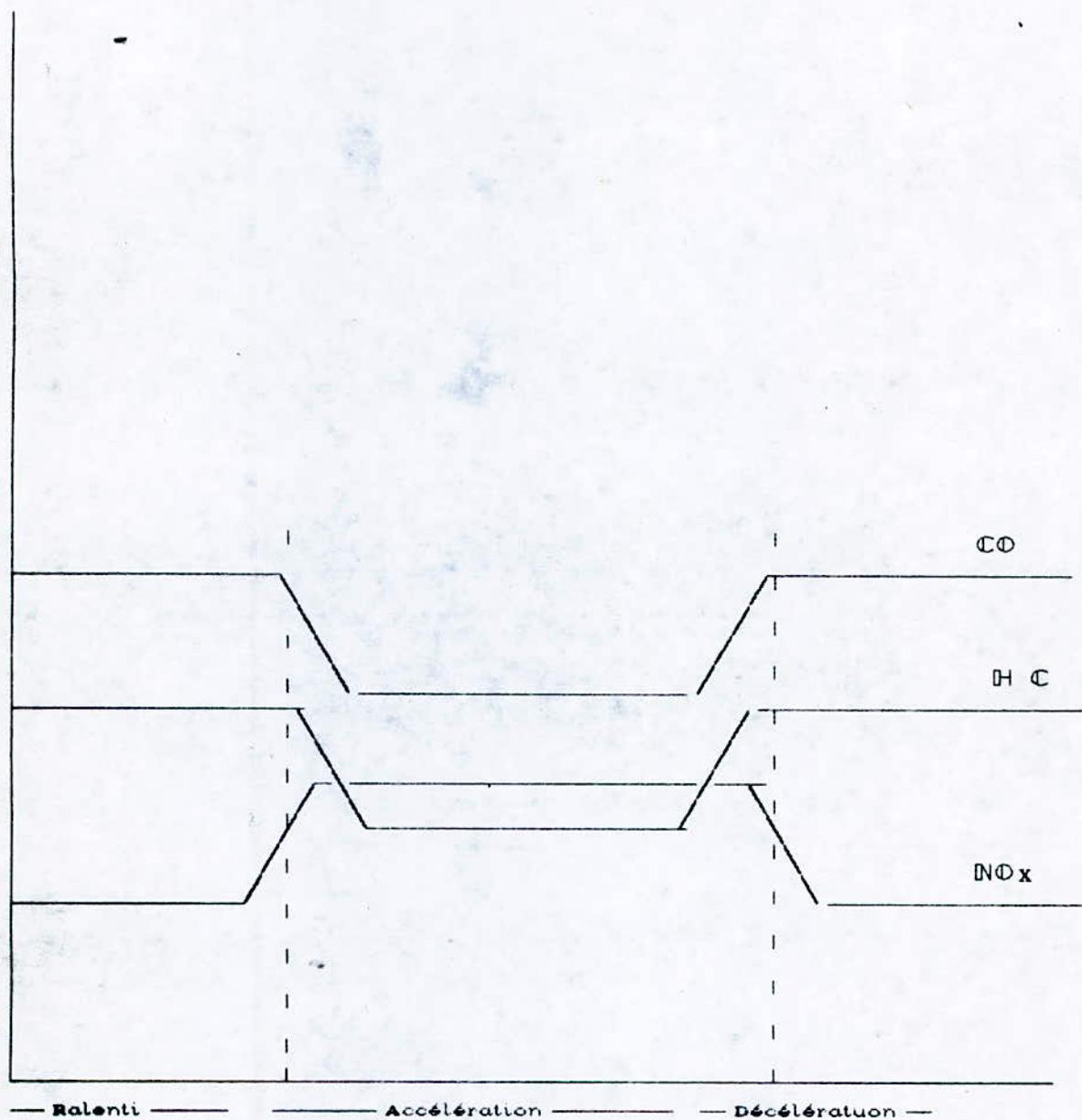


Fig (1,1) - Evolution des teneurs des divers polluants suivant le régime.

## 1.2-Pollution d'origine artificielle:

les émissions artificielles sont liées aux activités de l'Homme. Ces émissions peuvent être en quantités beaucoup plus faibles que celles d'origine naturelle ou aussi importantes. Ainsi les particules d'origine artificielle ne représentent que 11% de l'ensemble de la pollution particulaire, par contre les émissions en  $SO_2$  sont équivalentes à celles d'origine naturelle [6].

Généralement on distingue la pollution due aux transport et la pollution d'origine industrielle.

## 2.1-Pollution due aux transport:

La pollution issue du trafic routier se compose essentiellement des gaz comme:

- Le monoxyde de carbone CO
- Les oxydes d'azote  $NO_x$
- Les hydrocarbures et les hydrocarbures partiellement oxydés, et d'autre part d'une pollution particulaire comprenant:

- Les suies, particules de carbone et imbrulés comme le goudron.

- Les hydrocarbures polynucléaires PNH présents dans le carburant lui même ou synthétisés lors de la combustion .

- Le plomb ajouté au carburant comme anti-détonant.

- D'autres particules issue de l'usure du moteur, des pneus, des plaquettes de freins etc...

### a-La pollution gazeuse :

- L'oxyde de carbone émis par les tyaux d'échappement et le produit d'une combustion incomplète due à un rapport air/essence mal proportionné . La teneur émise est faible lorsque le moteur atteint la température optimale, ce qui correspond au régime de croisière. Elle est beaucoup plus élevée en régime de ralenti ou de décélération qui

correspondent à des températures basses et donc à une mauvaise combustion.

Pour un véhicule normal la concentration de CO des gaz d'échappement varie de 3 à 7% en volume et peut atteindre 10% pour certains véhicules défectueux.

Les oxydes d'azote NOx :

D'une manière générale plus de la moitié des NOx émis dans l'atmosphère provient du trafic routier.

Les gaz d'échappement contiennent environ 0,06% de NOx pour les moteurs à essence et 0,04% pour les moteurs diesel [6].

Comme pour l'oxyde de carbone, les hydrocarbures, l'émission NOx dépend aussi du régime du moteur.

Cependant comme la formation des NOx est favorisée par les hautes températures, c'est pendant l'étape de croisière que les teneurs les plus faibles se rencontrent au ralenti et pendant la décélération.

La fig(1,1) [6] représente graphiquement l'évolution des teneurs des divers polluants.

On estime d'autre part qu'en moyenne et sur un trajet consommant 10 l d'essence l'automobiliste évacue:

2,5 Kg de CO  
0,12 Kg de NO  
et 0,25 kg d'H.C [6].

#### b-Les particules solides:

Elles sont de nature organique ou minérale. Il s'agit essentiellement des suies et des particules de goudron issue de la combustion incomplète du carburant (fumée noire), des hydrocarbures et des particules plombifères.

Les hydrocarbures polynucléaires suivent la même voie que la formation de CO; les plus connus sont le Benzo- $\alpha$ -pyrène, le benzo-anthracène, le perylène, le coronène et le phénanthrène.

Leurs proportions sont très faibles, de l'ordre de  $10^{-2}$  à  $1 \mu\text{m}^3$  de gaz brûlés. Ils présentent cependant de l'importance car ils exercent des effets cancérogènes.

Les émissions du plomb proviennent du plomb tétraéthyle et du plomb tétraméthyle utilisé comme additif anti-détonant dans les essences [7]. Cet additif permet d'obtenir un meilleur rendement par l'élevation du taux de compression des

moteurs. Ainsi il peut contribuer à réduire quantitativement l'émission de certains polluants (CO, imbrulés), mais en contre partie, il est à l'origine d'une pollution par des composés du plomb.

Aux USA et en Grande Bretagne environ 16% de la production globale de plomb est utilisée comme additif dans l'essence, soit respectivement pour les deux pays  $227.10^6$  Kg/an et  $56.10^6$  Kg/an de plomb alkyle émis dans les gaz d'échappement on retrouve environ 75% du plomb de l'essence dans l'atmosphère [5].

On estime que par litre d'essence consommé un véhicule émet 0,2 g de plomb [6].

Comme autres particules solides émises par le transport, on trouve le Fe, Al et le Cr issue de fibres d'amiantes par les plaquettes de freins.

Globalement on estime que la pollution particulaire due au trafic routier s'élève à 0,36g/Km parcourue [6].

## 2.2.-Pollution par les procédés industriels:

L'accroissement de la production dans les usines, la multiplication et le gigantisme des entreprises, les progrès et la complexité croissante des techniques industrielles, font que le monde a atteint un stade où toutes les pollutions constituent une menace pour l'homme et son environnement.

Parmi ces industries, nous citons ceux qui contribuent à la pollution atmosphérique par l'émission particulaire (poussières).

### a- sidérurgie:

Les diverses opérations sidérurgiques ont toujours tendance à provoquer une pollution locale de l'atmosphère.

Les principaux polluants émis sont:

-des poussières de composition chimique variable et de granulométrie diverse (allant de 10 à 100  $\mu$ m suivant les procédés utilisés);

-des fumées rousses d'oxyde de fer.

En général les émissions résultant des diverses opérations

sidérurgiques ont des concentrations variant de 1 à 30g/m<sup>3</sup> de gaz - avant dépoussiérage. Un dépoussiérage réduit ces valeurs à moins de dizaines de mg /m<sup>3</sup> [6].

#### b-L'industrie des métaux non ferreux:

Dans l'industrie des métaux non ferreux tels que le Zn, le Cu et le Pb, les diverses opérations de grillage, de raffinage et de fusion dans les fours, proviennent des émissions de vapeurs métalliques qui se répandent dans l'atmosphère, s'oxydent et se subliment en fines particules qui peuvent sédimenter ou rester en suspension.

#### c-L'industrie chimique:

Elle ne présente que peu de problèmes de poussières. Toute fois lors de la production du H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> à partir du grillage de la pyrite FeS<sub>2</sub>, les gaz sont chargés de poussières de pyrites et d'autres métaux accompagnant ce minerai .

#### d-L'industrie de fabrication de ciment:

Les cimenteries émettent des quantités considérables de poussières qui proviennent des diverses stades de fabrication du ciment, depuis la carrière jusqu'à l'ensachage et l'expédition.

Le ciment est fabriqué à partir de la pierre calcaire, mélangée à de la marne ou l'argile. Les matières premières sont broyées puis sont passées dans un four rotatif pour donner le clinker, au quel on additionne du gyps, et on obtient ainsi une poudre grise.

Le produit final est chimiquement distingué par son ciment composé, qui contient du Ca, Si, Al, Fe en diverses proportions et ceci suivant le type de ciment [13].

La fig(1,2) [14] donne les étapes de production du ciment par voie sèche.

Outre le procédé par voie sèche, il y'a le procédé par voie semi-sèche et le procédé par voie humide [14].

Les diverses étapes de production du ciment provoquent

des émissions de poussières, depuis la carrière jusqu'à l'obtention du produit final. Par exemple, sans dépoussiérage, la quantité de poussières évacuée dans les gaz émis du four de cuisson est de l'ordre de 10% de matière première utilisée [6].

A ces procédés industriels, on peut ajouter les poussières issue de l'incinération des résidus, les émissions contenant des métaux lourds toxiques tels que le Pb, le Cr, le Cd, le Hg et le As provenant des câbles, des batteries, des conserves, des peintures, des thermomètres, etc...

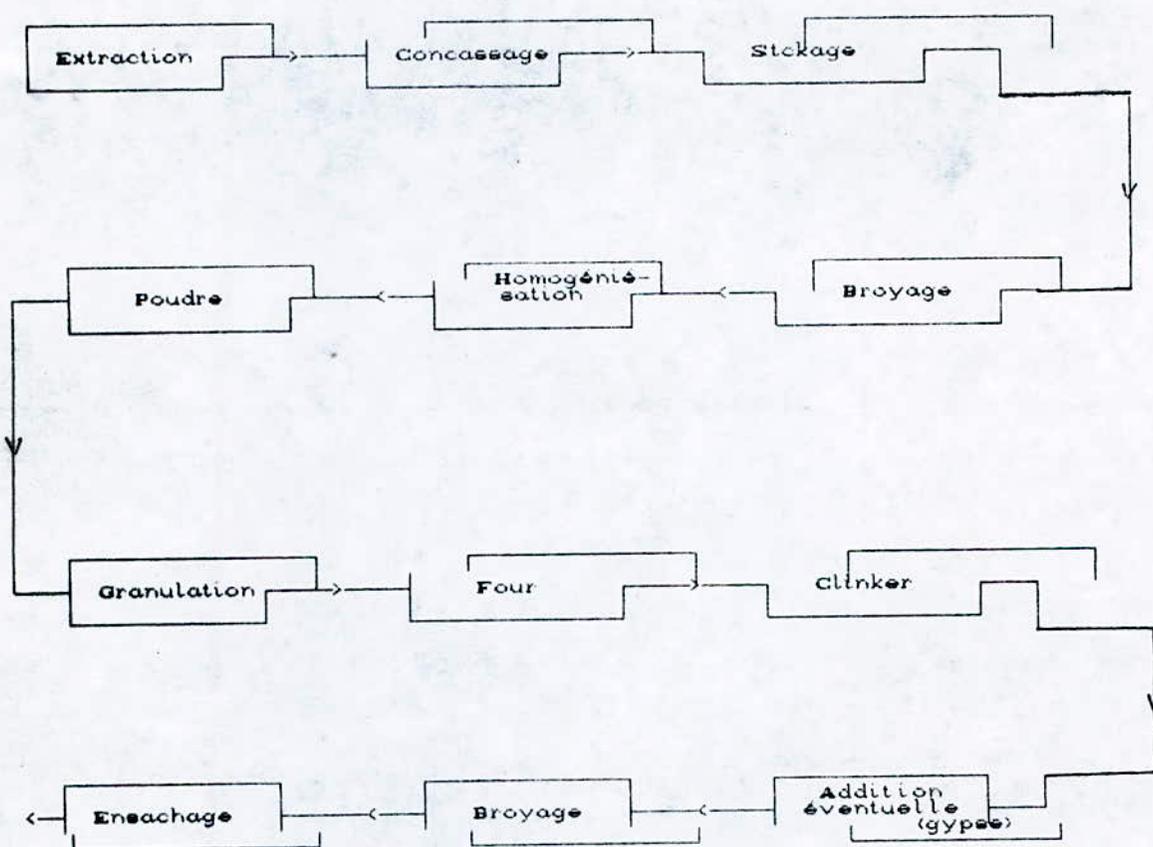


Fig (1,2) - Scéma de la fabrication du ciment par voie sèche

## Chapitre 2 :

### PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES DES PARTICULES SOLIDES

L'étude de la phase particulaire est très complexe compte tenu de son hétérogénéité, de son état physique et granulométrique, de sa composition chimique des effluents et la dynamique d'évolution c'est à dire la conversion gaz-particules.

#### 2.1-Formes et dimensions des particules:

la plus part des particules n'ont pas de forme régulière. Celle-ci dépend de leur nature organique ou inorganique, vivante ou inerte et de leur degré de fragmentation ou d'agglomération. Ainsi, par exemple, l'amiante se présente sous forme de fibre, la galène sous forme de plaquette et les pollens sous forme plus ou moins sphérique.

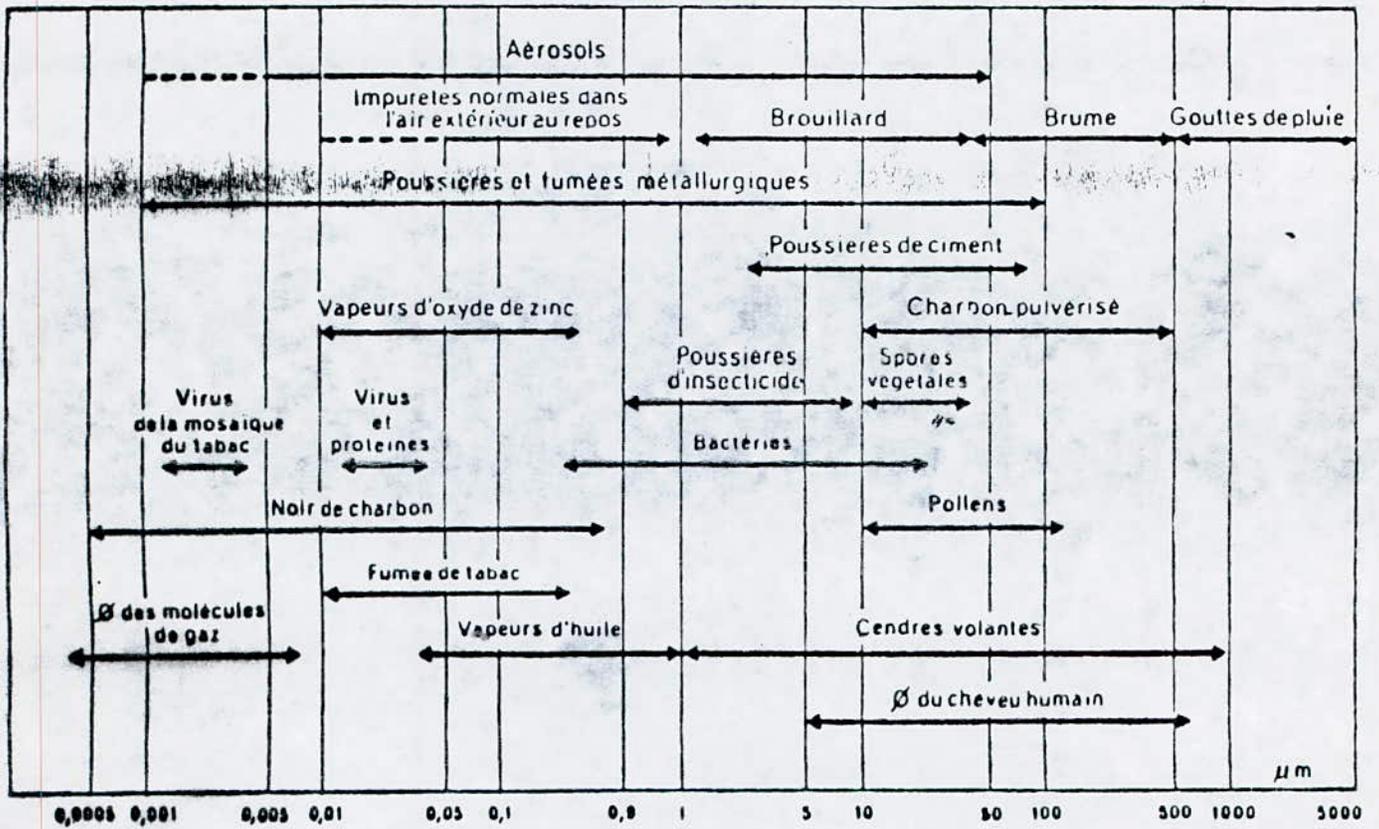
La taille des particules est variable. On distingue suivant les dimensions :

- Les particules grossières :  $d > 50 \mu\text{m}$
  - Les particules moyennes :  $5 \mu\text{m} < d < 50 \mu\text{m}$
  - Les particules fines :  $d < 5 \mu\text{m}$
- où  $d$  est le diamètre de la particule.

Nous représentons sur la fig(2,1)[13] la taille moyenne des particules atmosphériques selon leur nature.

Ces différentes particules peuvent être visibles soit à l'oeil nu ( $d > 5 \mu\text{m}$ ), soit au microscope ( $0,1 \mu\text{m} < d < 50 \mu\text{m}$ ), soit au microscope électronique (entre  $0,01$  et  $1 \mu\text{m}$ ).

Les poussières sub-microniques se retrouvent dans la suspension sous forme de particules élémentaires telles qu'elles apparaissent à l'origine de leur formation; elles subissent en effet un grossissement par agglomération.



Fig(2.1)- Taille moyenne des particules atmosphériques selon leur nature

Cette agglomération est le résultat de l'action des forces suivantes:

a-Attraction moléculaire : entre les particules proches s'exercent des forces de Vander Wals qui assurent leur liaison.

b-Attraction électronique : elle est due aux charges opposées que portent les particules.

En plus de ces forces, le mouvement brownien qui ne s'exerce que sur les plus petites particules, facilite et accélère l'agglomération.

## 2.2-Distribution granulométrique des particules :

un corps granulaire est constitué par un ensemble de particules de diamètres différents. Le diamètre moyen arithmétique de l'ensemble de ces particules est donné par la relation :  $d_m = \sum_{i=0}^{\infty} f_i \cdot d_i$  où  $f_i$  représente la fréquence d'une classe granulométrique, c'est à dire la fraction de particules comprise entre deux dimensions limites. Ainsi on aura :

$$f_i = \frac{\text{nombre de particules de diamètre } d_i}{\text{nombre total des particules}}$$

ou 
$$f_i = \frac{\text{masse des particules de diamètre } d_i}{\text{masse totale des particules}}$$

$d_i$  représente le diamètre de la  $i^{\text{ème}}$  classe.

On définit également le diamètre moyen géométrique  $d_g$  selon :

$$\log(d_g) = \sum_{i=0}^{\infty} f_i (\log(d_i))$$

En pratique l'étude granulométrique se fait soit par évaluation du nombre de particules soit en déterminant la masse des particules de chaque classe. Les deux méthodes ne sont naturellement pas identiques.

Graphiquement la distribution granulométrique peut être représentée soit par des histogrammes simples, soit par des histogrammes cumulatifs ou alors par des courbes de fréquences cumulées.

Nous représentons sur la fig(2,2) [6] les formes d'une telle représentation graphique.

### 2.3- Propriétés et comportement des poussières :

Les poussières forment dans l'air des suspensions instables. Les phénomènes de sédimentation, de diffusion et de turbulence, ainsi que les interactions entre particules et gaz, ont pour effet de modifier constamment la concentration d'une suspension.

Les suspensions solides qui présentent une certaine stabilité dans l'air sont appelées aérosols. Les dimensions des particules d'un aérosol varient du nm au  $\mu\text{m}$ .

Quant aux particules moyennes et grossières, elles se séparent facilement de la suspension sous l'effet de la gravité. Lors de cette sédimentation la vitesse de chute des particules dépend de la composition granulométrique, de leurs masses volumiques et de leurs surfaces spécifiques.

Les particules dont le diamètre  $d$  est supérieur à  $200\mu$  se déposent selon la loi de gravité de Newton. Dans ce cas, la vitesse de chute  $v$  est exprimée par :

$$v = \left[ \frac{8 \cdot g \cdot d (\rho_1 - \rho_2)}{3 \cdot \rho_2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

avec  $g$ : accélération de la pesanteur

$\rho_1$  et  $\rho_2$  sont les masses volumiques de la poussière et du fluide.

Les particules entre 1 et  $100\mu$  sont soumises à la loi de Stokes où la vitesse de chute est exprimée par :

Graphiquement la distribution granulométrique peut être représentée soit par des histogrammes simples, soit par des histogrammes cumulatifs ou alors par des courbes de fréquences cumulées.

Nous représentons sur la fig(2,2) [6] les formes d'une telle représentation graphique.

### 2.3- Propriétés et comportement des poussières :

Les poussières forment dans l'air des suspensions instables. Les phénomènes de sédimentation, de diffusion et de turbulence, ainsi que les interactions entre particules et gaz, ont pour effet de modifier constamment la concentration d'une suspension.

Les suspensions solides qui présentent une certaine stabilité dans l'air sont appelées aérosols. Les dimensions des particules d'un aérosol varient du nm au  $\mu\text{m}$ .

Quant aux particules moyennes et grossières, elles se séparent facilement de la suspension sous l'effet de la gravité. Lors de cette sédimentation la vitesse de chute des particules dépend de la composition granulométrique, de leurs masses volumiques et de leurs surfaces spécifiques.

Les particules dont le diamètre  $d$  est supérieur à  $200\mu$  se déposent selon la loi de gravité de Newton. Dans ce cas, la vitesse de chute  $v$  est exprimée par :

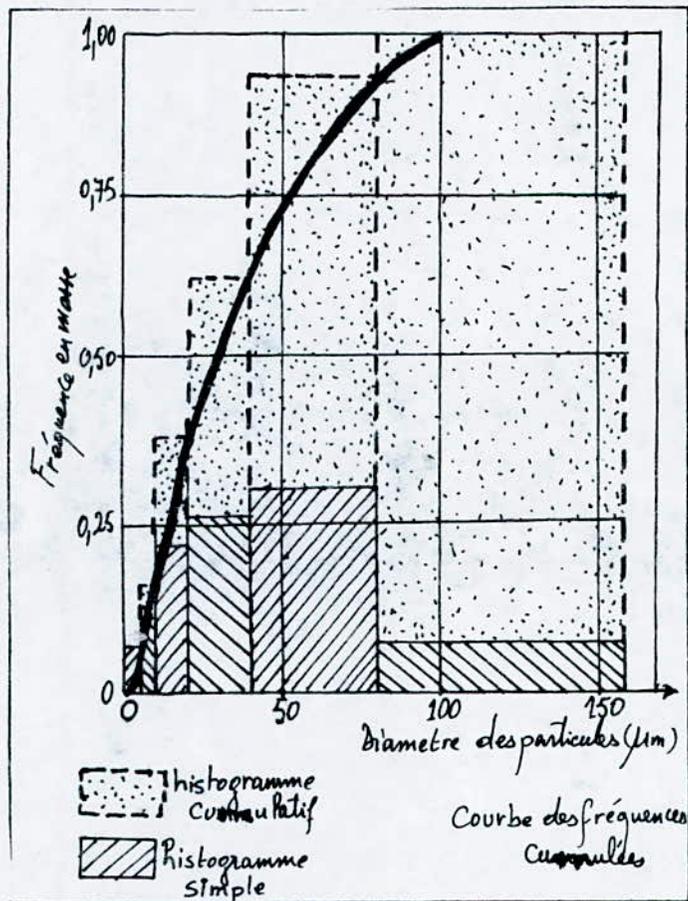
$$v = \left[ \frac{8 \cdot g \cdot d (\rho_1 - \rho_2)}{3 \cdot \rho_2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

avec  $g$ : accélération de la pesanteur

$\rho_1$  et  $\rho_2$  sont les masses volumiques de la poussière, et du fluide.

Les particules entre 1 et  $100\mu$  sont soumises à la loi de Stokes où la vitesse de chute est exprimée par :

En fin signalons l'importante propriété que possèdent les poussières atmosphériques qui consiste en leur grande capacité d'adsorption de divers polluants gazeux. Cette adsorption facilite les réactions chimiques hétérogènes telle que la conversion de  $SO_2$  en  $SO_3$  où les particules métalliques jouent le rôle de catalyseur de conversion.



Fig(2,2)-Histogrammes simple et cumulé.  
 Courbe des fréquences cumulées.

$$v = \frac{d^2 \cdot g \cdot (\rho_1 - \rho_2)}{18 \cdot \eta}$$

avec  $\eta$  : viscosité dynamique du gaz.

Les particules de très petites dimensions sont soumises à un mouvement brownien intense et peuvent diffuser comme les molécules d'un gaz.

En fin signalons l'importante propriété que possèdent les poussières atmosphériques qui consiste en leur grande capacité d'adsorption de divers polluants gazeux. Cette adsorption facilite les réactions chimiques hétérogènes telle que la conversion de  $\text{SO}_2$  en  $\text{SO}_3$  où les particules métalliques jouent le rôle de catalyseur de conversion.

## Chapitre 3 :

### LES EFFETS DES PARTICULES ATMOSPHERIQUES

Les particules atmosphériques exercent des effets néfastes aussi bien sur l'être humain que sur les animaux, la végétation, les matériaux et le milieu ambiant.

#### 3.1 - Effets nocifs sur l'être humain :

Des effets nocifs sont fonctions de la nature, de la concentration et de temps d'action des polluants.

Le plus souvent l'action toxique s'exerce par les voies respiratoires où l'Homme inspire et expire environ 15 à 20 m<sup>3</sup> / jour.

En fonction de leur granulométrie moyenne les particules solides peuvent traverser le nez et les voies aériennes supérieures pour aboutir à travers l'arbre trachéobronchique aux alvéoles, étape finale des voies aériennes. Nous représentons dans la fig (3,1)[12] le devenir des particules atmosphériques dans l'appareil respiratoire en fonction de leur granulométrie.

Les conséquences de la pénétration et de la retenue temporaire ou définitive des particules par l'appareil respiratoire sont l'amointrissement des fonctions mécaniques (modification du rythme respiratoire), hypertrophie de la muqueuse et la sclérose de portions isolées des bronches et alvéoles.

D'autre part, les particules de petites dimensions de part leur pouvoir d'adsorption, aggravent l'action nocive des polluants gazeux. Certains métaux lourds contenus dans les poussières atmosphériques ont des effets spécifiques et attaquent directement divers organes du corps humain. Nous résumons sur la fig (3,2) [15] les sites d'attaque de divers

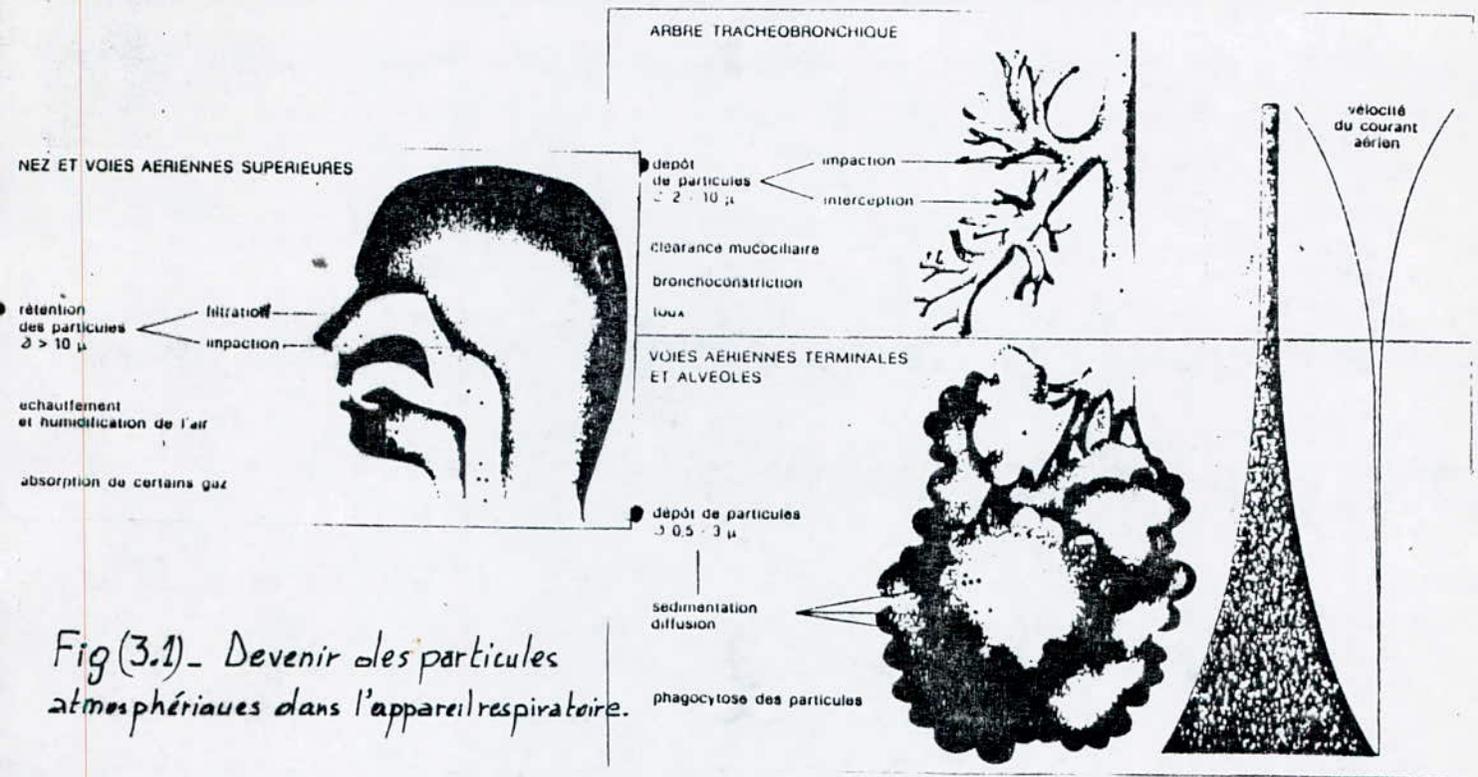


Fig (3.1) - Devenir des particules atmosphériques dans l'appareil respiratoire.

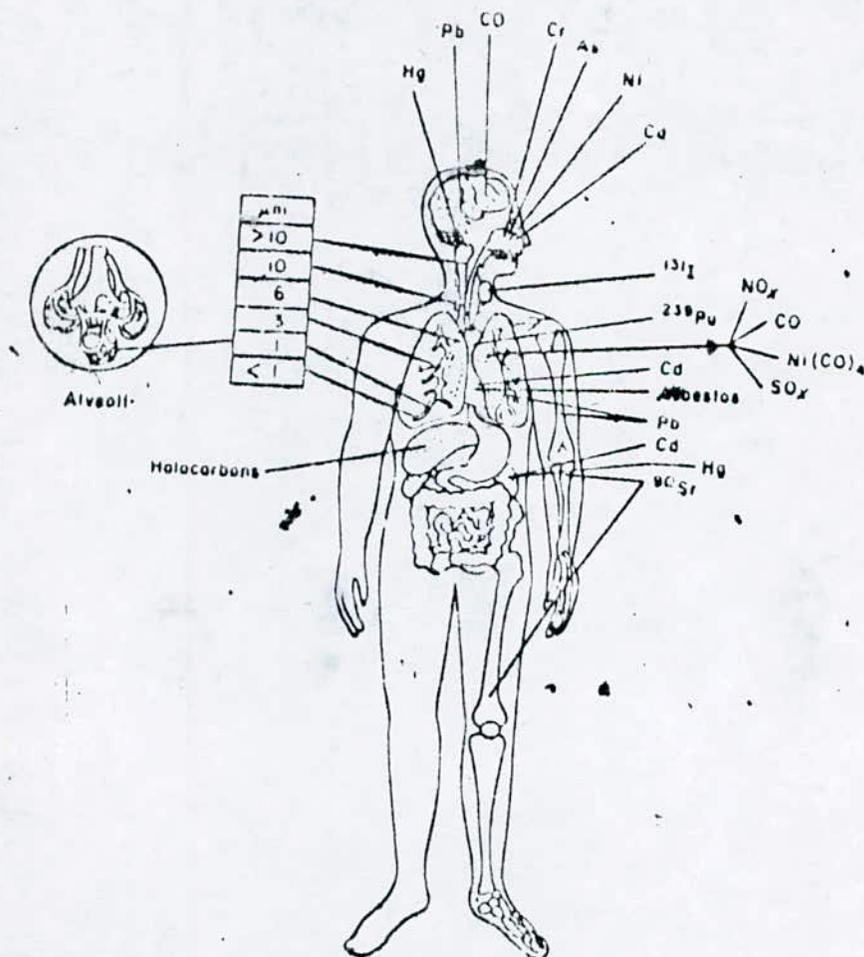


Fig (3.2) - Les sites d'attaque de divers métaux lourds.

métaux lourds sur le corps humain.

Certaines de ces actions toxiques résultent des propriétés cumulatives du toxique.

### 3.1.1- Effets toxiques du plomb

le plomb qui nous intéresse de plus près dans ce travail se trouve aussi bien dans la nourriture que dans l'eau et l'air. Une grande partie de ce métal provient des émissions du trafic routier, on estime qu'environ 28% du plomb assimilé par le corps humain provient de l'atmosphère.

La pénétration dans l'organisme se fait aussi bien par les voies respiratoires que par la voie digestive. Une partie du plomb assimilé est transportée par le sang, et l'autre partie est évacuée par l'urine.

Dans les zones non polluées la teneur du sang en plomb est de 100 à 150  $\mu\text{g/l}$ , elle peut être trois à quatre fois plus élevée dans les zones urbaines. Une teneur dans le sang de 1200  $\mu\text{g/l}$  est considérée comme dangereuse [5].

Dans l'urine les teneurs en plomb oscillantes entre 10 et 100  $\mu\text{g/l}$ , sont considérées comme étant normales [3].

Les symptômes d'une contamination par le plomb sont: crampes abdominales, anémie, insomnie, irritabilité, paralysie du nerf moteur et encéphalopathie. Il touche en général les reins, le système centrale et les os.

Les enfants et les embryons sont particulièrement sensibles aux concentrations élevées de plomb, il en résulte souvent un retard mental.

### 3.2 - Effets nocifs sur les animaux :

Chaque intoxication observée dans les années 50 à Londres étant accompagnée en coïncidant avec des intoxications d'animaux . Dans l'ensemble on peut dire que les accidents graves déterminent la mort chez les animaux dans une proportion plus forte que chez l'homme. L'apport du polluant

chez l'animal par voie digestive est beaucoup plus important que chez l'homme, ce qui augmente la quantité de poussières sédimentables que l'animal peut ingérer.

La toxicité des poussières et des métaux résulte d'une part de l'accumulation par le sol et par les plantes et d'autre part par leur capacité d'adsorber certains polluants gazeux qui à eux seuls avaient un effet moindre.

Le plomb, le cadmium et l'argent semblent exercer à concentration élevée un effet nocif sur l'animal en se fixant sur les peaux, les os et d'autres organes, mais il existe peu d'études qui chiffrent numériquement cet effet. La faible évacuation des polluants par l'urine, les excréments et la transpiration rendent de telles études encore plus difficiles.

### 3.3 - Effets nocifs sur la végétation :

La pollution atmosphérique risque de perturber ou de modifier la composition des éléments vitaux de la plante qui sont la lumière, l'atmosphère, l'eau et le sol.

Les végétaux chlorophylliens élaborent par photosynthèse des substances organiques et glucidiques en utilisant l'anhydride carbonique et l'eau comme matériaux et la lumière comme source d'énergie. Les fumées et les poussières déversées dans l'atmosphère peuvent en réduire localement du moins la transparence et diminuer l'insolation.

Ces réductions ralentissent l'aptitude à la photosynthèse des végétaux chlorophylliens et contribuent à provoquer leur étiolement par la réduction des dégagements d'oxygène et diminution de la formation de la chlorophylle.

### 3.3.1- Effets sur la régulation fonctionnelle des végétaux :

La pollution de l'air peut créer des troubles graves dans les mécanismes régulateurs qui régissent la vie de la plante (nutrition, croissance, reproduction...). Les stomates qui permettent les échanges gazeux avec l'atmosphère jouent un rôle essentiel dans le ravitaillement en oxygène des tissus végétaux et dans la transpiration. Les dépôts des particules et des poussières sur les feuilles contribuent à boucher les stomates et provoquent des transpirations anormales pour les feuilles, comme cela est passé pour les végétaux soumis aux poussières qui se dégagent des cheminées de l'usine industrielle d'acide phosphorique et d'engrais (siape) à Sfax -en Tunisie- [9].

### 3.3.2- Effets de certains polluants spécifiques

#### 3.3.2.1- Effet du plomb :

D'une manière générale, les dépôts du plomb et ses composés sur les feuilles provoquent une diminution de l'assimilation du CO<sub>2</sub> et de l'échange gazeux avec l'atmosphère en bouchant les stomates. La teneur du plomb déposé sur les aiguilles d'arbres et sur les feuilles des végétaux en bordure d'autoroute varie en fonction de la hauteur au dessus de la route, latéralement en fonction de la distance à la route, des conditions climatiques et de la densité de circulation des véhicules.

Des enquêtes ont été effectuées en Suisse (1967/68) sur la dispersion le long des routes, du plomb, il a été observé que les dépôts sur les herbages étaient particulièrement élevés (entre 50 et 100ppm de plomb dans la matière sèche) dans les abords immédiats des routes à forte densité de circulation (à 1m de la route), cette pollution est toute fois encore sensible jusqu'à 50m. Pendant les mois d'été (juillet et août) la teneur en plomb arrive jusqu'à 100ppm et plus, entre 50 et 100 m de distance du bord de la chaussée [10].

Les tableaux (3,1) et(3,2) nous donnent les variations des teneurs en plomb en fonction de la distance et du trafic routier [10].

#### 3.3.2.2 - Effet des poussières de cimentries :

Les poussières des ciments, de chaux ou de silice sont dans certains cas nocives pour les végétaux , car elles bouchent les stomates et brûlent la matière végétale , la chaux en s'hydratant , pénètre à l'intérieur des feuilles , dénature le cytoplasme , le noyau cellulaire et les chloroplastes et détruit la chlorophylle.

#### 3.4- Effet de la pollution particulaire sur les matériaux:

La dégradation des immeubles et monuments peut être d'origine naturelle ou d'origine artificielle liée à l'activité humaine . La migration d'ions et la diffusion des microorganismes divers, transportés par les eaux , sont la première origine naturelle, par contre la corrosion , l'agression et la dégradation par les poussières de l'atmosphère sont liés à l'activité humaine .

##### 3.4.1- Dégradation physique des matériaux :

Un des mécanismes les plus destructeurs sous notre climat est le gel. Ses effets sont d'autant plus importants que les pierres sont imbibées d'eaux. Parmi ces phénomènes on a :

- \* Les érosions : Elles sont dûes à l'usure de la pierre par de forts ruissellements

- \* Les dilatations hydriques et thermiques : Elles traduisent le gonflement des pierres sous l'effet d'une forte inhibition en eau ou de variation de température , les dilatations entraînent la fracturation des roches.

**TABLEAU (3,1)**

Teneurs en plomb (ppm dans m.s.) des légumes cultivés  
le long de l'auto route Lausanne—Genève (10 km), côté Nord, (1968)  
(21 000 véhicules/jour)

Distance de la route (m)	Colraves (18.6)		Oignons (18.6)	Épinards (18.6)	Courgettes (27.8)		Côtes de bettes (27.8)	
	pommes	feuilles	entiers	feuilles	épidémie	pulpe	pétioles	limbes
8	4,4	8,7	3,7	11,5	5,6	2,1	9,2	31,2
20	—	—	—	—	10,8	2,6	4,9	18,0
50	2,3	4,4	3,2	7,0	7,2	3,7	4,6	9,3
100	2,2	4,4	2,4	6,0	5,9	2,7	4,1	9,5

Distance de la route (m)	Tomates (27.8.)	Haricots (27.8.)	Poireaux (27.8.)	Céleris (8.10.)		Carottes (8.10.)		Fenouil (8.10.)	
	fruits	gosses	entiers	racines	feuilles	racines	feuilles	pétioles	limbes
8	2,0	3,5	5,9	4,2	40,9	6,0	53,9	4,7	112,1
20	2,1	3,1	4,0	2,6	21,8	2,9	39,5	3,3	44,3
50	1,6	2,1	3,4	2,5	15,6	2,5	25,6	2,4	29,6
100	1,6	1,6	2,5	2,8	12,0	2,6	16,9	3,3	20,5

fenouil, le céleri ou le persil, comme aussi les légumes à larges feuilles (salade, laitues, épinard, côte de bettes). En revanche les légumes-racines, dont la partie comestible se développe entièrement dans terre, ne présentent pas d'accumula-

**TABLEAU (3,2)**

Teneurs en plomb (ppm dans m.s.) des légumes cultivés  
le long de diverses routes à trafic variable

Distance de la route (m)	A.R. Berne—Zurich (20 000 véhicules/jour) Schachen 30.8.1968			R.C. Berne—Neuchâtel (2500 véh./jour) Müntschemier	R.C. Martigny—Sion (10 000 véhicules/jour) Saxon		
	Choux de Bruxelles	Céleris feuilles	Haricots	Salade 25.8.1967	Tomates (10.10.1967) entières	Oignons (16.7.1968) feuilles   bulbes	
5	—	—	—	11,4	1,7	—	—
8	15,0	10,0	5,0	—	—	8,6	2,7
15	—	—	—	—	1,9	8,3	3,3
20	—	—	—	—	—	9,2	4,5
24	—	—	—	5,6	—	6,8	2,3
50	8,0	4,0	3,0	—	1,9	4,8	2,8
125	—	—	—	2,9	—	—	—

### 3.4.2 - Dégradations chimiques :

Elles sont liées à des modifications superficielles des pierres par apports atmosphériques humides ou gazeux ou concentration à partir des pierres elles mêmes des mortiers ou du sol .

### 3.4.3 - Causes des dégradations chimiques :

Parmi les causes de dégradation d'origine humaine , l'automobile est un facteur important, chose qui a poussé parfois les autorités à interdire la circulation près des monuments historiques. Les effets des polluants émis par les véhicules à moteur sur les matériaux calcaires sont de deux ordres :

1) Solubilisation des carbonates par l'émission des gaz acides qui reviennent en surface soit sous forme de dépôts particuliers secs ( sulfates, nitrate, amonium) soit sous forme de dépôts humides( les pluies acides,  $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$ ,  $HCl$ ) ces dépôts modifient le pH du milieu entraînant sa solubilisation , sa corrosion et sa transformation chimique , transformation du plomb et du cuivre en sels de sulfates .

#### 2) Noircissement:

Le noircissement de la paroi superficielle par les particules fumerons et imbrulés est dû à la projection des particules et à la présence d'imbrulés dans les gaz d'échappement . Les effets sur les parois calcaires dépendent de la rugosité des matériaux et également de son degré d'humidité. Les expériences du laboratoire ont montré que sur des pierres lisses l'augmentation moyenne du noircissement était de 23% lorsque les pierres sont sèches , et de 30% sur les matériaux humides. Sur les pierres rugueuses le noircissement est supérieur 30% si les pierres sont sèches, et de 46% si les pierres sont humides, car d'une part la rugosité de la surface des parois facilite l'encrage des particules et leur adhésion et d'autre part la teneur en eau du matériau qui entraîne un collège des poussières et éventuellement une solubilisation ultérieure [8].

### 3.5 - Effets de la pollution particulaire sur le milieu

#### 3.5.1 - Effet sur la visibilité :

Les propriétés optiques de l'atmosphère sont en grande partie conditionnées par la présence d'aérosol c.a.d par l'ensemble des particules solides ou liquides que l'on trouve en suspension dans l'air. Ces propriétés optiques ont des répercussions sur la transparence de l'air et ses caractéristiques de visibilité, ainsi que sur le bilan radiatif du système terre-ocean-atmosphère. Les diminutions de transparence de l'atmosphère peuvent être d'origine naturelle ( les brumes, les brouillards ... ) mais peuvent également constituer l'une des formes les plus perceptibles de pollution atmosphérique . Les conditions de visibilité dans l'atmosphère ont des répercussions importantes sur les activités humaines notamment en matière de transport terrestre et aérien. En ce qui concerne les aérosols, observations et la théorie montrent que la diffusion de la lumière solaire, notamment pour la partie visible du spectre, provient surtout des particules dont la taille est comprise entre 0.1 et 2  $\mu$  [12].

De très nombreuses études ont été menées , en particulier aux Etats Unis, pour établir les liens entre la transparence de l'air et les caractéristiques physico-chimiques en milieu urbain ou naturel. Ces études montrent que les variations de visibilité sont généralement bien corrélées à la masse totale d'aérosols dans l'air, les aérosols étant les principaux responsables des baisses de visibilité dans l'atmosphère, notamment dans les villes où leur part de responsabilité peut dépasser 70 % . les baisses de visibilité dues aux particules affectent principalement les agglomérations du fait de la densité des activités humaines, mais elles peuvent aussi toucher les zones très éloignées des sources de pollution en

raison du transport à longue distance des effluants et des aérosols générés par conversion gaz-particules . Parmi les aérosols, les sulfates sont habituellement les principaux composés qui interviennent dans les baisses de visibilité. les nitrates, les composés organiques et les particules de carbone interviennent aussi dans l'extinction de la lumière ; mais généralement moins fortement. Dans le bassin de Los-Angeles par exemple il a été calculé que les sulfates intervenaient pour 40 % dans les baisses de visibilité par les aérosols, la part des nitrates et d'autres composés étant de l'ordre de 30 % [12].

Naturellement tous les smogs qu'ils soient de nature acide associé à des particules ou de nature chimique contribuent à une très forte réduction de la visibilité.

#### 3.5.2- Effet sur le climat :

L'influence des aérosols sur la climatologie est connue depuis longtemps, et les chroniques relatent de nombreux cas d'obscurcissement et de refroidissement de l'air consécutifs aux émissions de poussières des éruptions volcaniques. L'un des cas les plus spectaculaires est sans doute celui de l'éruption du volcan indonésien Tambora, en 1815, dont les rejets dans l'atmosphère ont été estimés à plus de 200millions de tonnes de poussières. La nuit régna pendant trois jours jusqu'à 500 km du volcan et les répercussions climatiques furent considérables. L'année 1816 resta en Amérique du nord une année sans été et les températures estivales inférieure de 2°C à la moyenne saisonnière en Europe [12].

Les gigantesques quantités de poussières émises par les explosions, les incendies et les activités humaines formeraient, à très haute altitude un écran pratiquement opaque vis-a-vis du rayonnement solaire. Ces particules absorbent peu les courtes longueurs d'onde et diffusent le

rayonnement solaire vers l'espace; c'est ce phénomène qui est à l'origine des baisses de température et de refroidissement de la terre.

Mais les aérosols peuvent aussi accroître l'absorption et la diffusion vers les sols des radiations de grandes longueur d'onde émises par les surfaces (ce qui contribue dans ce cas à un réchauffement de la basse atmosphère).

## Chapitre 4 :

### INFLUENCE DE LA METEOROLOGIE DANS LE TRANSPORT ET LA DIFFUSION DES POLLUANTS

Le phénomène de la pollution de l'air est considéré comme un déversement, continu ou intermittent d'impuretés dégagées par les différentes sources d'émissions de polluants atmosphériques. Après leur évacuation, ces polluants se déplacent et se diluent dans l'atmosphère suivant l'influence des conditions météorologiques. Ces conditions météorologiques s'exercent parfois dans un sens favorable à la dispersion, par dilution des polluants dans un volume de plus en plus grand de l'atmosphère, ou dans un sens défavorable à la dispersion par accumulation des polluants dans des couches atmosphériques plus ou moins élevées en altitude.

Les principaux facteurs météorologiques, dont dépend le transport et la diffusion des polluants sont : le vent et la température [17].

#### 4.1-Influence du vent :

le vent entraîne les polluants émis dans la direction de son déplacement et les répand dans le bassin aérien. Cette dilution dépend de la direction et de la vitesse du vent. Il existe en général des vents dominants qui se produisent souvent dans l'année dans la même direction et imposent ainsi aux panaches de fumées un sens d'écoulement qui se reproduit fréquemment.

La vitesse du vent joue, elle aussi, une grande importance dans la dispersion des polluants. En effet la dilution est d'autant plus faible que la vitesse du vent est réduite.

La vitesse du vent croît avec l'augmentation de la variation de la pression et avec l'altitude.

Les vents de surface sont généralement plus fort le jour et les vents en altitude la nuit [1].

La fig(4,1) [1] illustre le profil des vitesses du vent.

Le calme atmosphérique caractérisé par l'absence de courant d'air ou des vitesses de vents très faibles est défavorable à l'autopurification et on assiste à une stagnation et accumulation des polluants dans l'espace aux voisinages de leurs lieu d'émissions.

Normalement toute implantation industrielle devait être précédée par une étude concernant le tracé de la "rose des vents" qui représente un diagramme à plusieurs directions géométriques (Nord, Nord-Est, Est, etc...) où l'on porte sur chacune d'elles la fréquence à laquelle le vent souffle sur, par exemple, une période d'une année ou plus.

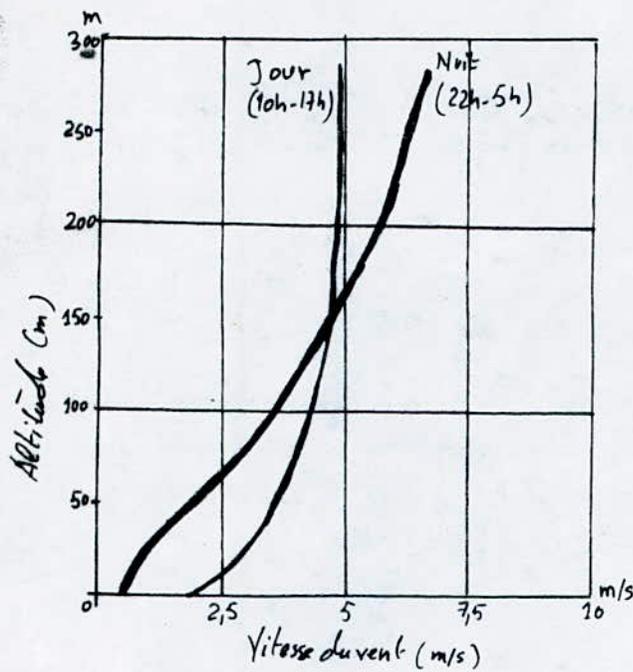
#### 4.2-Influence de la température :

La température de l'atmosphère influe sur le phénomène de convection thermique verticale qui représente l'ascension de l'air d'une couche inférieure de l'atmosphère voisine du sol vers une couche supérieure et ce à la suite de l'échauffement du sol par le soleil.

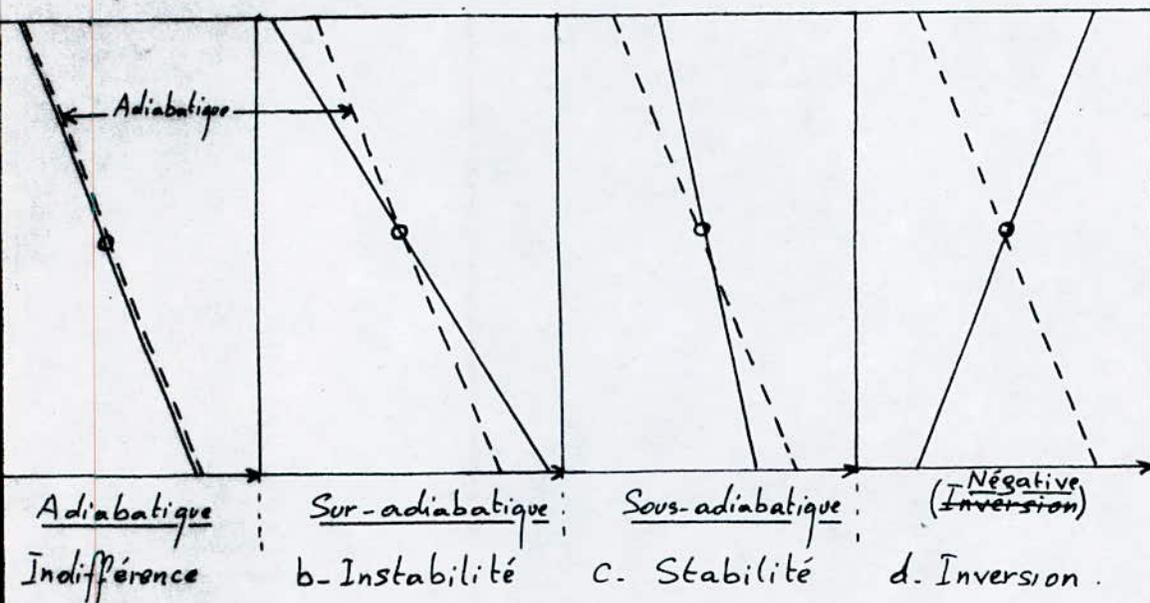
Le taux de refroidissement d'une particule montante dû à la variation de la température en fonction de l'altitude est appelé gradient adiabatique normal, il est environ de  $1^{\circ}\text{C} / 100\text{m}$  (la température décroît d'un degré tout les 100m) Nous représentons en fig(4,2) [11] les différents états de température que peut avoir l'atmosphère par rapport au gradient adiabatique normal.

La convection ascendante qui a lieu en présence du profil adiabatique ou sur-adiabatique (état instable de l'atmosphère) est un phénomène important de l'autopurification car le volume d'air dans lequel se réalise la dilution des polluants augmente.

Fig (4,1) et Fig(4,2)



Fig(4,1) Profil de vitesse moyenne du vent, jour et nuit.  
Oak Ridge, Tennessee.



Fig(4,2) Stabilité, instabilité et Indifférence.

Si le phénomène s'inverse c'est à dire la température au niveau du sol est supérieure à celle en altitude, on est en présence d'inversion thermique qui correspond à un état stable de l'atmosphère. Dans ce cas la convection ascendante est stoppée et il n'y a plus élévation et éloignement des polluants provenant du sol. Ces polluants stagnent dans la couche d'air inférieure jusqu'au niveau de la couche d'inversion dont l'épaisseur peut atteindre quelques centaines de mètres.

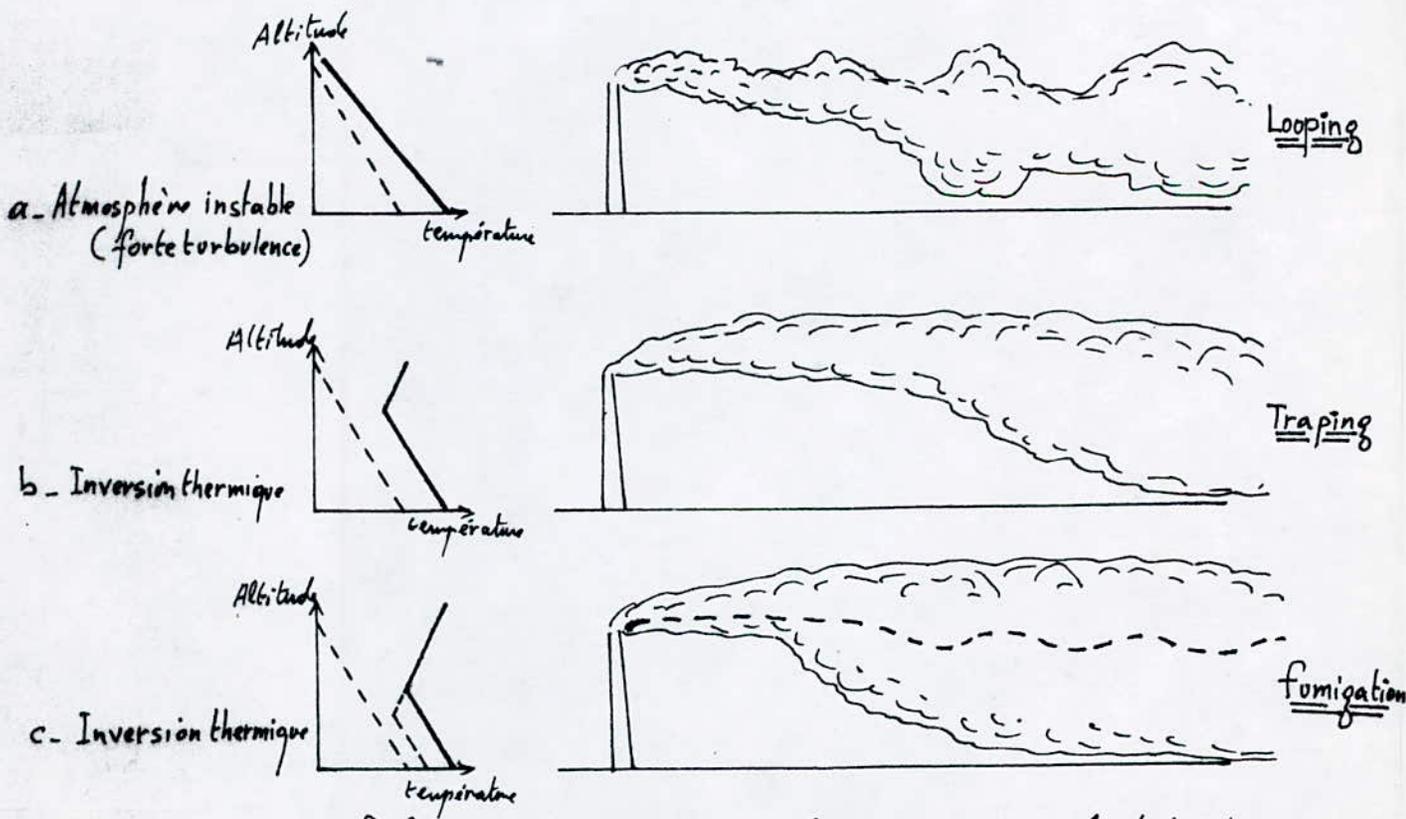
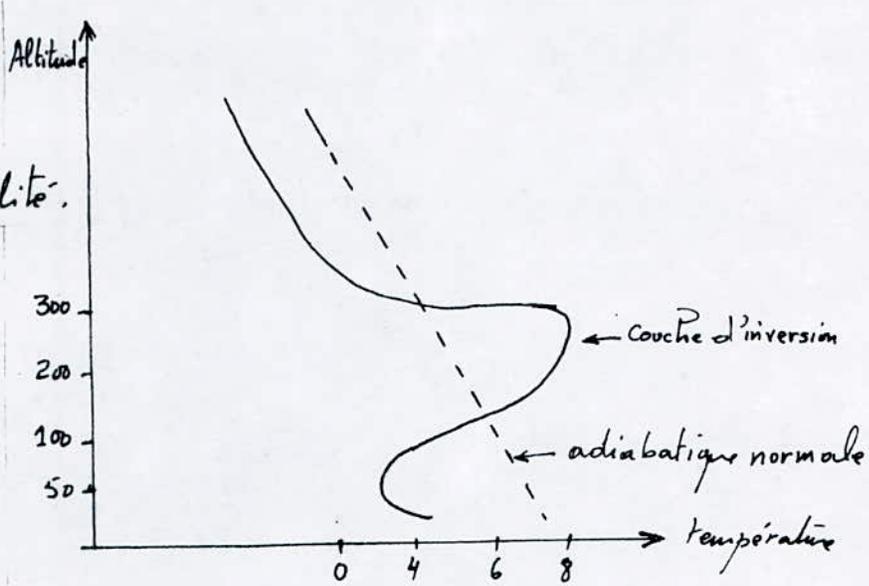
La fig(4,3) [6] représente schématiquement un tel état de stabilité.

Le profil des températures en fonction de l'altitude conditionne en général la forme des panaches issue des cheminées. Nous représentons sur la fig(4,4) [19] quelques formes de diffusions des panaches en fonction des conditions de stabilité.

Outre les facteurs météorologiques, qui influencent le transport et la diffusion des polluant atmosphériques, il y'a d'autres facteurs qui sont soit en relation directe avec la source d'impureté(conditions initiales d'émission, hauteur de la cheminée, etc...), soit en rapport avec la topographie du site traversé par le panache de polluants, ou encore par l'influence des obstacles urbains (batiments) [2],[16].

Outre les facteurs météorologiques, qui influencent le transport et la diffusion des polluant atmosphériques, il y'a d'autres facteurs qui sont soit en relation directe avec la source d'impureté (conditions initiales d'émission, hauteur de la cheminée, etc...), soit en rapport avec la topographie du site traversé par le panache de polluants, ou encore par l'influence des obstacles urbains (batiments) [2],[16].

Fig(4,3) Etat de stabilité.



Fig(4,4). Différents types de diffusion selon les conditions de stabilité. source (13).

## Chapitre 5 :

### PREVENTION DE LA POLLUTION PARTICULAIRE.

La prévention de la pollution par les poussières est de nos jours largement appliquée sur toutes les émissions comportant des particules solides en suspension.

La réduction ou limitation des poussières émises se fait au moyen de dépoussiéreurs par application sur les particules de diverses forces (force de gravité, force d'inertie, force centrifuge, force électrique, etc...).

Toute fois et chaque fois que cela est possible, cette prévention devait avoir lieu déjà à la source avant la formation des particules gênantes.

#### 5.1-Action à la source :

Prévenir la formation des polluants à la source est l'attitude la plus rationnelle à adopter, que ce soit lors de la conception des procédés industriels, du choix des combustibles, de la construction des appareils et surtout de la réalisation et du réglage des installations.

Cette attitude conduit presque toujours à une réduction de consommation de matériaux, de combustible ou de carburant donc à une économie; c'est souvent une augmentation d'investissement compensée par de moindres frais d'exploitation et une réduction de dépenses indirectes dues aux nuisances des polluants émis.

Parmi les techniques de prévention à la source, citons l'amélioration de la carburation par installation de dispositifs entre le carburateur et la pipe d'admission pour homogénéiser le mélange carburé et régler convenablement sa richesse, afin de réduire les émissions de fumées.

Un autre exemple d'amélioration de la carburation et réduction des émissions particulaires, c'est l'utilisation de l'essence qui contient des teneurs en plomb réduites, ce qui diminue la teneur en particules plombifères.

En France, on a fixé une valeur maximale de 0,15g/l de plomb dans les essences qui sera respectée, dès le premier janvier 1991 (au lieu de 0,4g/l depuis le premier janvier 1981). [7].

Une bonne dispersion des polluants émis permet d'éviter les teneurs trop fortes dans l'environnement. Cette dispersion peut être assurée, par l'accroissement de la vitesse ou de la température de sortie de l'effluent, par la construction des cheminées plus hautes ainsi que par un choix judicieux du lieu d'implantation des sources [1].

## 5.2 Prévention par traitement des rejets :

le choix des moyens à mettre en oeuvre dépend entre autres de la granulométrie et des dimensions des particules, de leur densité de leurs teneurs dans les gaz, ainsi que du taux d'élimination désiré et de l'encombrement que peuvent engendrer les installations de dépoussiérage.

Les installations de traitement de rejet les plus répandus sont les épurateurs mécaniques et hydrauliques, les filtres, et les électro-filtres.

### 5.2.1- Les épurateurs mécaniques :

Parmi les épurateurs mécaniques on distingue les chambres de sédimentations, les épurateurs à chicanes et les cyclones.

a- Les chambres de sédimentation : ce sont des dépoussiéreurs à gravité qui représentent des chambres dans lesquelles la vitesse horizontale du courant de gaz poussiéreux est suffisamment réduite pour que les particules en suspension aient le temps de tomber sur les surfaces des dépôts. Cette séparation par gravité est limitée au captage des particules plus grosses que  $50\mu\text{m}$ . ce genre de dépoussiéreurs exige en outre un encombrement excessif.

Nous représentons sur la fig(5,1) [15] un modèle de chambre de sédimentation .

#### b- Les épurateurs à chicanes :

Ce sont des chambres dans lesquelles le courant de gaz poussiéreux est soumis à des changements de directions multiples . les particules suivant des trajectoires moins incurvées que les lignes de flux gazeux se dirigent vers les surfaces de dépôt sèches ou humides, le long desquelles elles descendent par gravité vers les collecteurs d'évacuation.

Les épurateurs à chicanes sont plus performant que les chambres de sédimentation. La fig(5,2) [15] représente un modèle d'épurateur à chicanes.

#### c- Les dépoussiéreurs à force centrifuge (cyclones) :

Ce sont des cylindres ou des cônes munis d'une entrée tangentielle et d'une turbulence axiale de sortie.

Les particules soumises à la force centrifuge sont séparées du gaz, et descendent le long de la paroi vers le collecteur d'évacuation . La séparation se fait donc par centrifugation, le mouvement hélicoïdal descendant que suivent les particules et le mouvement ascendant du gaz épuré sont schématisés sur la fig(5,3) [15] , qui représente un cyclone tangentiel. Ces cyclones peuvent atteindre des diamètres de 5m et présentent une bonne efficacité sur les particules de dimensions allant de 10 à 50 $\mu$  [15].

#### 5.2.2- Epurateurs hydrauliques :

Ces appareils utilisent un liquide, généralement l'eau soit pure soit additionnée d'un mouillant pour transférer les particules en suspension dans le gaz au liquide laveur. Les poussières sont recueillies sous forme de boues [1].

Parmi ces types de dépoussiéreurs à lavage on distingue :

a- Les laveurs barboteurs : ce sont des chambres dans lesquelles on fait le gaz poussiéreux dans un liquide de lavage important. La séparation se fait grâce à l'impact des particules avec les gouttelettes d'eau. La fig(5,4) [6] présente le schéma d'un tel dispositif.

En France, on a fixé une valeur maximale de 0,15g/l de plomb dans les essences qui sera respectée, dès le premier janvier 1991 (au lieu de 0,4g/l depuis le premier janvier 1981). [7].

Une bonne dispersion des polluants émis permet d'éviter les teneurs trop fortes dans l'environnement. Cette dispersion peut être assurée, par l'accroissement de la vitesse ou de la température de sortie de l'effluent, par la construction des cheminées plus hautes ainsi que par un choix judicieux du lieu d'implantation des sources [1].

## 5.2 Prévention par traitement des rejets :

le choix des moyens à mettre en oeuvre dépend entre autres de la granulométrie et des dimensions des particules, de leur densité de leurs teneurs dans les gaz, ainsi que du taux d'élimination désiré et de l'encombrement que peuvent engendrer les installations de dépoussiérage.

Les installations de traitement de rejet les plus répandus sont les épurateurs mécaniques et hydrauliques, les filtres, et les électro-filtres.

### 5.2.1- Les épurateurs mécaniques :

Parmi les épurateurs mécaniques on distingue les chambres de sédimentations, les épurateurs à chicanes et les cyclones.

a- Les chambres de sédimentation : ce sont des dépoussiéreurs à gravité qui représentent des chambres dans lesquelles la vitesse horizontale du courant de gaz poussiéreux est suffisamment réduite pour que les particules en suspension aient le temps de tomber sur les surfaces des dépôts. Cette séparation par gravité est limitée au captage des particules plus grosses que  $50\mu\text{m}$ . ce genre de dépoussiéreurs exige en outre un encombrement excessif.

Nous représentons sur la fig(5,1) [15] un modèle de chambre de sédimentation .

#### b- Les épurateurs à chicanes :

Ce sont des chambres dans lesquelles le courant de gaz poussiéreux est soumis à des changements de directions multiples . les particules suivant des trajectoires moins incurvées que les lignes de flux gazeux se dirigent vers les surfaces de dépôt sèches ou humides, le long desquelles elles descendent par gravité vers les collecteurs d'évacuation.

Les épurateurs à chicanes sont plus performant que les chambres de sédimentation. La fig(5,2) [15] représente un modèle d'épurateur à chicanes.

#### c- Les dépoussiéreurs à force centrifuge (cyclones) :

Ce sont des cylindres ou des cônes munis d'une entrée tangentielle et d'une turbulence axiale de sortie.

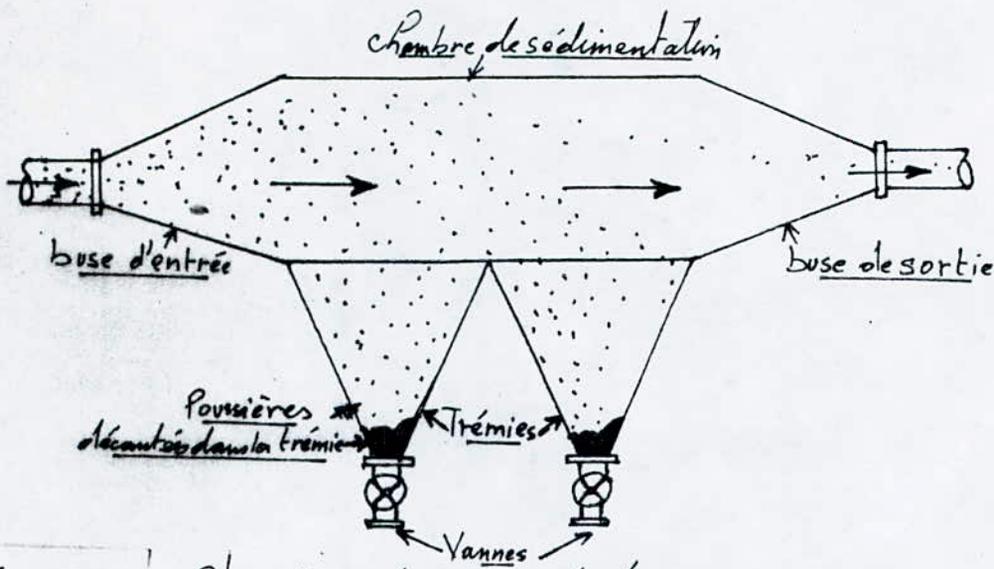
Les particules soumises à la force centrifuge sont séparées du gaz, et descendent le long de la paroi vers le collecteur d'évacuation . La séparation se fait donc par centrifugation, le mouvement hélicoïdal descendant que suivent les particules et le mouvement ascendant du gaz épuré sont schématisés sur la fig(5,3) [15] , qui représente un cyclone tangentiel. Ces cyclones peuvent atteindre des diamètre de 5m et présentent une bonne efficacité sur les particules de dimensions allant de 10 à 50 $\mu$  [15].

#### 5.2.2- Epurateurs hydrauliques :

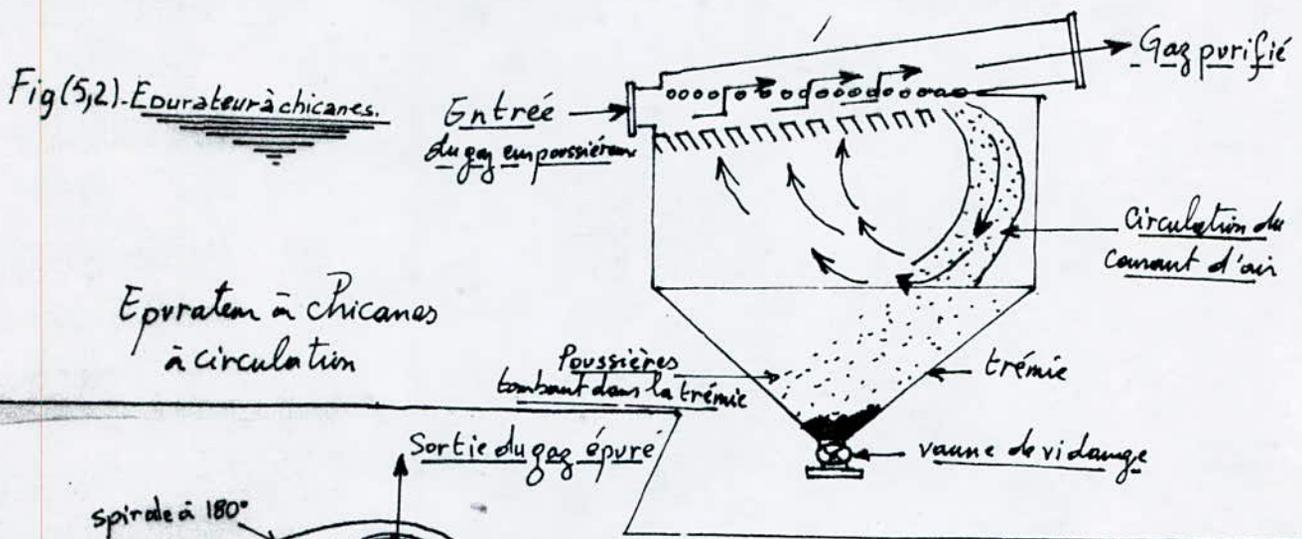
Ces appareils utilisent un liquide, généralement l'eau soit pure soit additionnée d'un mouillant pour transférer les particules en suspension dans le gaz au liquide laveur. Les poussières sont recueillies sous forme de boues [1].

Parmi ces types de dépoussiéreurs à lavage on distingue :

a- Les laveurs barboteurs : ce sont des chambres dans lesquelles on fait le gaz poussiéreux dans un liquide de lavage important. La séparation se fait grâce à l'impact des particules avec les gouttelettes d'eau. La fig(5,4) [6] présente le schéma d'un tel dispositif.

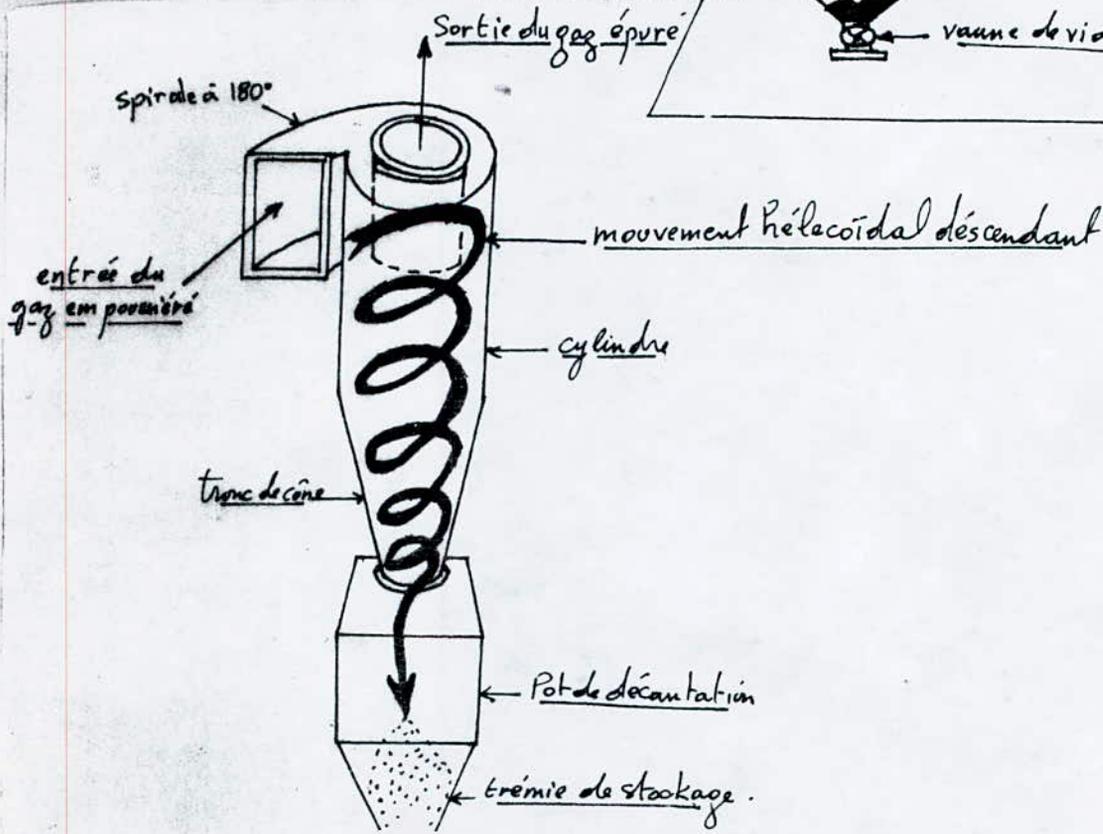


Fig(5,1) - Chambre de sédimentation par gravité.



Fig(5,2) - Epurateur à chicanes.

Epurateur à chicanes à circulation



Fig(5,3) - Cyclone spirale à Purte à l'air

b- Les laveurs à pulvérisation : ce sont des chambres qui sont traversées par le gaz poussiéreux à faible vitesse et dans lesquelles on pulvérise de l'eau (fig(5,5)) [6].

Dans ces dispositifs l'eau n'intervient pas directement en tant qu'élément capteur, mais contribue seulement à agglomérer, à alourdir ou à grossir les poussières qui sont ensuite captées plus facilement.

Les laveurs hydrauliques sont efficaces sur les particules de 1 à 10 $\mu$ . Pour de plus petites particules on utilise les laveurs à venturi (fig(5,6) [15]), qui sont des laveurs travaillant à grande vitesse de gaz et grande vitesse de pulvérisation d'eau.

Les applications préférentielles des laveurs concernent :

- La captation des poussières qui doivent être recyclées directement dans le circuit de fabrication sous forme d'une suspension ou d'une solution dans le liquide de lavage.

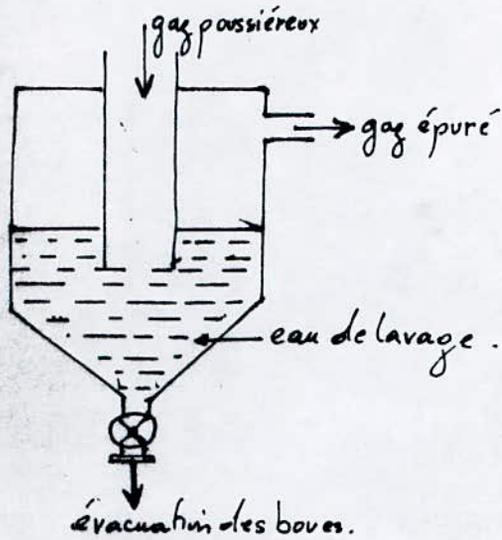
-Le traitement d'une suspension visant en même temps le dépoussiérage et l'élimination des polluants gazeux. Il sont souvent choisis pour leur faible encombrement.

### 5.2.3- Dépoussiéreurs à couche poreuse -filtre à manches- :

Dans ce type de dépoussiéreurs, le courant gazeux traverse une couche poreuse plus ou moins épaisse, qui retient par adhérence les particules. Un dispositif de décolmatage adopté à la nature de la couche peut assurer le fonctionnement continu de l'appareil.

La couche poreuse est constituée de filtres en vrac, de papier filtrant ou de filtre sous forme de fente ou de tissu.

La fig(5,7) [15] représente un tel filtre à manches et sa phase de décolmatage.



Fig(5,4). Laveur barboteur.

Fig(5,4) -

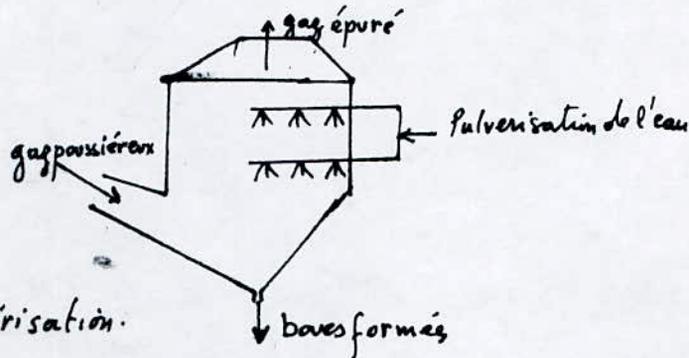


Fig-(5,5). Laveur à pulvérisation.

28

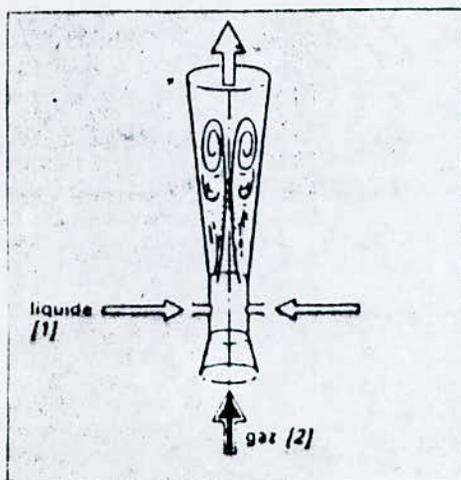


Fig (5.6) - Laveur à venturi.

149

#### 5.2.4- Dépoussiéreur électrique (électro-filtre) :

L'électro-filtre est inventé en 1910 par FREDERIC GARDNER COTTEL; le principe est basé sur la séparation de la matière particulaire d'un courant gazeux, tout d'abord en chargeant la poussière à un potentiel négatif d'environ 50 KV , la précipitant sur les électrodes collectrices au potentiel de terre, puis en faisant tomber dans une trémie la matière constituée par la poussière agglomérée

Le temps de séjour dans l'électro-filtre est de quelques secondes et la vitesse du gaz est d'environ 1m/s . Il présente une excellente efficacité sur la séparation des particules de diamètre 0,1 à  $\mu$  . Il est souvent utilisé comme épurateur dans les cimenteries.

Il y'a différents types de dépoussiéreurs électriques, on distingue :

- L'appareil électrique à tubes fig (5,8) [1].
- L'appareil électrique à plaques fig (5,9) [1].

#### 5.2.5- Choix des dépoussiéreurs :

Comme il a été présenté au début du chapitre, le choix des dépoussiéreurs dépend de plusieurs paramètres, lesquels vont favoriser l'utilisation de l'un des procédés de dépoussiérage pour cela il est nécessaire d'examiner les trois critères suivants pour opter à un type de dépoussiérage donné :

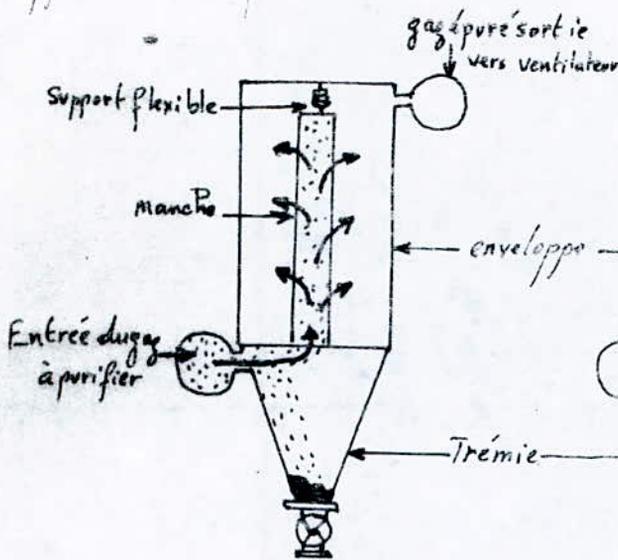
a- **Fluide porteur** : composition chimique, viscosité, température, débit, concentration en poussières du gaz porteur.

b- **Poussières** : classification des poussières en fonction de leur grosseur (tableau(5,1))[1].

c- **Comparaison des différents types de dépoussiéreurs** :

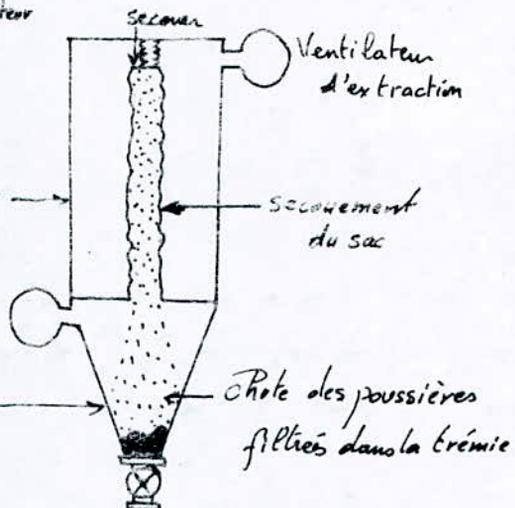
Il est possible de juger les performances relatives des différentes classes de séparation aussi en comparant le prix. Le tableau (5,2)[1] montre des rendements de dépoussiéreurs, établis après des recherches en laboratoires et en usines pour des particules de 5,2 et  $\mu$  et de densité 2,7g/cm<sup>3</sup> .

Appareil électrique à tubes.



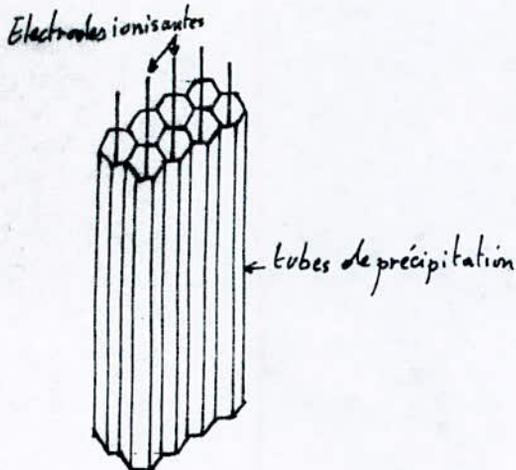
a. Phase de filtration

Appareil électrique à plaques.

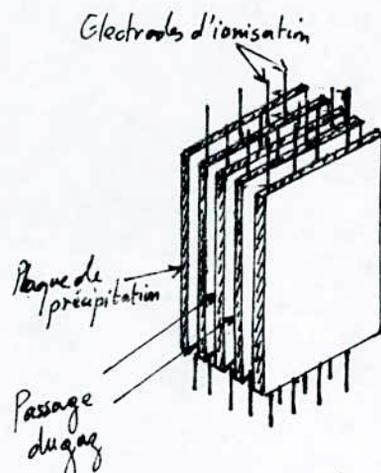


b. Phase de nettoyage.

Filtres à manches. source (13).



Appareil électrique à tubes.



Appareil électrique à plaques.

Dépoussiéreurs	Efficacité en %, particules de 5 $\mu$	Efficacité en % particules de 2 $\mu$	Efficacité en % particules de 1 $\mu$
Cyclone moyenne efficacité.....	27	14	8
Cyclone Haute efficacité.....	73	46	27
Cyclone cellulaire à faible perte de charge..	42	21	13
Cyclone tubulaire.....	89	77	40
Cyclone Humide.....	87	60	42
Dépoussiéreur électrique.....	92	85	70
Dépoussiéreur électrique Humide.....	98	97	92
Filtre à manche.....	99,9	99,9	99
Tou à pulvérisation.....	94	87	55
Scrubber à impact Humide.....	97	92	80
Dépoussiéreur à pulvérisation.....	93	95	40
Désintégrateur.....	98	75	91
venturi humide.....	99,6	99	97

TABLEAU (5,2) — Types d'appareils adaptés aux types de particules.

		dimension en $\mu$ m						
		0,01	0,1	1	10	100	1000 (1 $\mu$ m)	10.000 (10 $\mu$ m)
Types de particules	smog							
	nuages et brouillards brumes							
	fumée de résine							
	engrais pierreux chaux							
	fumée de fuel oils							
	ventres volantes							
	fumée de tabac							
	poussières de charbon							
	poussières et fumée métallurgiques							
	fumée NH <sub>3</sub> , Cl							
	poussières de ciment							
	brouillards concentrateurs H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>							
	les sels de métaux							
	noir de carbone							
	charbon pulvérisé							
pigments de peinture minéraux pour l'attelage								
fumées d'oxyde de zinc								
poussières d'insolubles								
latex colloïdale								
talc broyé								
fumées industrie chimique								
pollens								
poussières atmosphériques								
poussières nuisibles pour les poumons								
virus								
bactéries								
Types d'appareils de séparation	chambres de sédimentation							
	séparateurs centrifuges							
	scrubbers à liquides							
	filtres en tissus							
	filtres à air ordinaires							
	filtres à air haute efficacité							
	impacteur							
	précipitateurs thermiques							
séparateurs mécaniques								
précipitateurs électrostatiques								

## Chapitre 6 :

### METHODES DE PRELEVEMENT ET DE DOSAGE DES POUSSIÈRES.

L'hétérogénéité des poussières (dimension, densité, et composition) rend particulièrement difficile un échantillonnage bien représentatif. S'il est effectué par un appareil laissé à demeure dans un site notamment pour les poussières sédimentables, les résultats sont influencés par des facteurs extérieurs (vent, pluie, choix de l'emplacement...), par la nature et la forme de l'appareil.

En générale le captage des poussières se fait soit par sédimentation soit par inertie soit par filtration.

#### 6.1 - Captage des poussières par sédimentation :

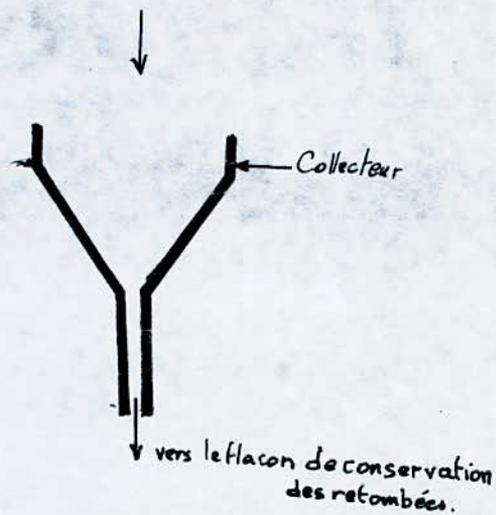
Cette méthode permet de recueillir les retombées, c'est à dire les matières sédimentables recueillies par gravité, par unité de surface et pour une durée déterminée . La méthode s'applique en générale seulement aux poussières de granulométrie supérieure à  $10 \mu\text{m}$  [3]. Parmi les appareils utilisés pour le captage des poussières sédimentables on a :

##### a) La gauge d'Owen :

Elle est normalisée en Grande Bretagne par le British Standard. La figure (6,1) [1], montre le modèle utilisé par le laboratoire de Roubaix, modèle récemment utilisé par l'AFNOR (NF X43006, juillet 1967). L'entonnoire en matière plastique inattaquable est placé sur un flacon de 10L également en matière plastique.

L'ensemble étant soutenu par un bati métallique , le bati porte a sa partie supérieur une grille verticale dépassant l'entonnoire destiné à isoler les bords de ce dernier des oiseaux. La gauge est laissée en place pendant 1 mois, elle

Il s'agit du "compteur de rayonnement bêta" et de "l'activation au neutron" dans la première méthode les éléments en absorbant un rayonnement bêta d'une source irradiante deviennent radioactifs et émettent des électrons. Dans la technique de l'activation au neutron un élément bombardé par des neutrons, il peut les capter et devenir radioactif, émetteur de radiation. L'énergie de cette radiation et sa demi-période est fonction de l'élément irradié et de sa concentration.[3]



Fig(6.1) - GAUGE D'OWEN

recueille les poussières sédimentables et les précipitations.

Au USA on utilisé notamment les pôtis cylindriques en verre de 152 mm d'ouverture et de 2 à 3 m de hauteur, garni d'eau pure auquel on ajoute des fongicides ou l'antigel, la durée d'exposition est 12 mois.

#### b-Plaques adhésives de Diem :

Des plaques minces en Aluminium ( 84\*39\*0,07mm soit 33 cm<sup>2</sup> de surface utilisée ) sont recouvertes d'un film fin de vaseline ( environ 50mg ) et placées dans leurs supports, qui sont fixés souvent à 1.50 m du sol .Après une ou deux semaines d'exposition , Les plaques sont pesées et éventuellement examinées aux microscopes, l'AFNOR (NF X43007) à homologuer l'emploi de ces plaques en juillet 1967. La quantité de vaseline ajoutée est de 1g .Les plaques sont passées à l'étuve pour éliminer les fractions volatiles du film, puis elles sont exposées et finalement lavées en xylène qui dissout la vaseline et entraîne les particules captées . Le liquide provenant du lavage est centrifugé , le culot obtenu est lavé pour éliminer la vaseline entraînée, et le résidu, après centrifugation, est séché et pesé.

Les poussières captées ainsi par sédimentation peuvent faire l'objet au laboratoire de certains analyses telles que:

- pH de l'échantillon
- La conductimétrie de l'échantillon
- Les matières insolubles par filtration
- Calcination et pesée des cendres pour déterminer les matières volatiles.

#### 6.2 - Captage des poussières par inertie :

Dans cette méthode qui utilise des impacteurs et des cyclones, le le captage se fait par changement de direction d'un flux de poussières. Les particules grosses et denses ne suivent pas le courant dévié et peuvent être collectées, ce genre de captage est très efficace pour les particules

supérieur à  $2\mu\text{m}$ .

Dans l'impacteur à cascade d'Anderson ou le processus de déviation est répété, on arrive même à avoir une séparation granulométrique [3].

### 6.3 - captage des poussières par filtration :

C'est la méthode la plus utilisée pour le prélèvement des poussières en suspension.

L'air aspiré à un débit fixe traverse des filtres qui retiennent les particules solides . Dans l'environnement cette filtration est utilisée pour le captage des poussières inférieures à  $5\mu\text{m}$ . Les filtres peuvent être en papier, en fibres cellulosiques, en général ces filtres arrêtent jusqu'à 99,9 % de particules supérieures à  $8\mu\text{m}$ .

D'autres filtres capables de capter les poussières inhalables inférieures à  $0,8\mu\text{m}$  existent aussi. Pour des débits de prélèvement assez faibles, on arrive à déterminer la teneur en  $\mu\text{g}$  de poussières /  $\text{m}^3$  d'air, une analyse chimique est pratiquement possible. Pour des prélèvements en volume (de l'ordre  $2\text{ m}^3/\text{h}$ ) on utilise un appareil appelé "high volume sampler" [3], qui permet d'avoir des quantités de poussières suffisantes pour le dosage quantitatif des différents éléments.

### 5.4 - Analyse des poussières :

Après collecte, les particules solides peuvent être analysées qualitativement et quantitativement par les méthodes instrumentales connues et de nos jours assez répandues telle la photométrie de flamme pour les alcalins et les alcalino-terreux et l'absorption atomique et la polarographie dans toute leurs variantes pour tous les autres métaux. Il existe des méthodes récentes où l'analyse peut se faire directement sur les filtres ayant servi à la collecte. Il s'agit du "compteur de rayonnement bêta" et de

"l'activation au neutron" dans la première méthode, les éléments en absorbant un rayonnement bêta d'une source irradiante deviennent radioactifs et émettent des électrons. Dans la technique de l'activation au neutron un élément bombardé par des neutrons, il peut les capter et devenir radioactif, émetteur de radiation. L'énergie de cette radiation et sa demi-période est fonction de l'élément irradié et de sa concentration [3].

II PARTIE EXPERIMENTALE

## Chapitre 1 :

### EVALUATION DES POUSSIÈRES SEDIMENTABLES :

#### 1.1 Sites d'échantillonnage :

Avant de procéder aux prélèvements nous avons, après reconnaissance des lieux, déterminer d'abord les sites géographiques qui répondaient aux besoins de l'étude et qui nous permettaient de déterminer les retombées de poussières aussi bien auprès d'implantations industrielles qu'en milieu urbain plus ou moins fortement pollué.

Les sites d'échantillonnage que nous avons retenus sont :

- site1 : ENP - El-Harrach ( Cinq-maisons ).
- site2 : Raïs-Hamidou à l'ouest d'Alger sur le littoral.
- site3 : Station de pilotage au port d'Alger.
- site4 : Meftah au sud-est d'Alger à environ 25 km.
- site5 : Aéroport de d'ar-El-Beïda.

Ces sites sont caractérisés soit par l'implantation d'industries polluantes tels que les cimenteries ( site 1 et 2 ), soit par des agglomérations plus ou moins proches de zones

industrielle ( site 3 et 5 ) avec diverses activités auxquelles s'ajoute un trafic routier intense. Le site 4 auprès de l'ENP représente une banlieue urbaine sur la côte.

Sur la fig(1) nous représentons d'une manière schématique ces sites où nous avons installé les collecteurs de poussières sédimentables. Sur la figure (2) et (3) nous représentons les positions exactes des points de prélèvement et leur environnement immédiat. Ces figures indiquent en outre les points de prélèvement des poussières en suspension que nous étudierons au deuxième chapitre.

## 1.2-Méthode de prélèvement :

Pour le prélèvement des poussières sédimentables, nous avons adopté la méthode des collecteurs de précipitation décrite par la norme AFNOR (NF X43-0906 Mars 1974 ) [18].

### 1.1.2- Principe :

Les poussières sédimentables, sont recueillies et conservées dans un récipient d'une capacité suffisante pour les y maintenir pendant une période spécifiée.

### 1.2.2- Appareillage :

Le collecteur de précipitation est un récipient cylindrique à fond plat, de 200 mm de diamètre intérieur et de 400 mm de hauteur. Le bord supérieur est chanfreiné à 45° vers

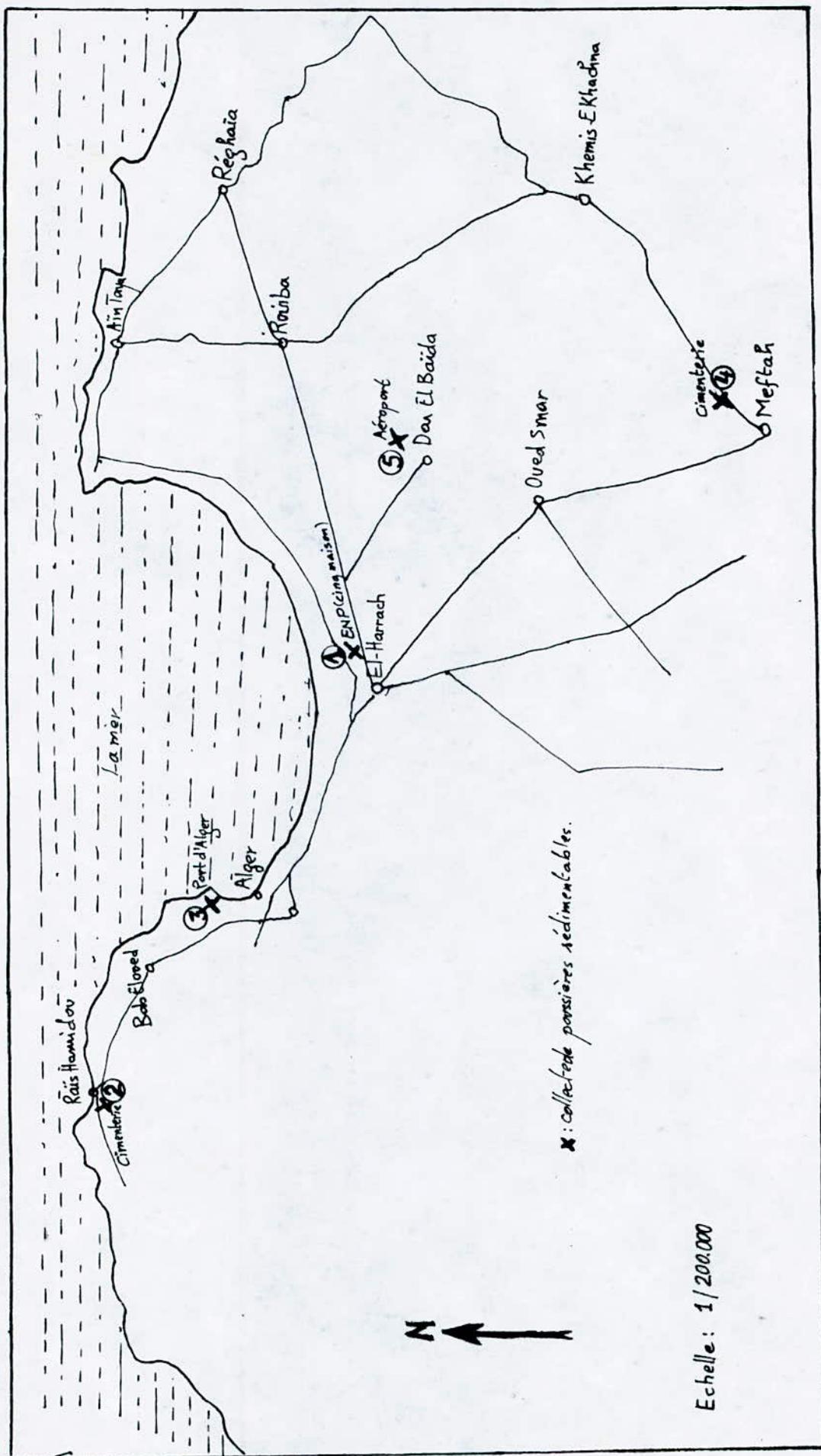


Fig 1 - Schéma globale des lieux d'implantation des collecteurs de porosités

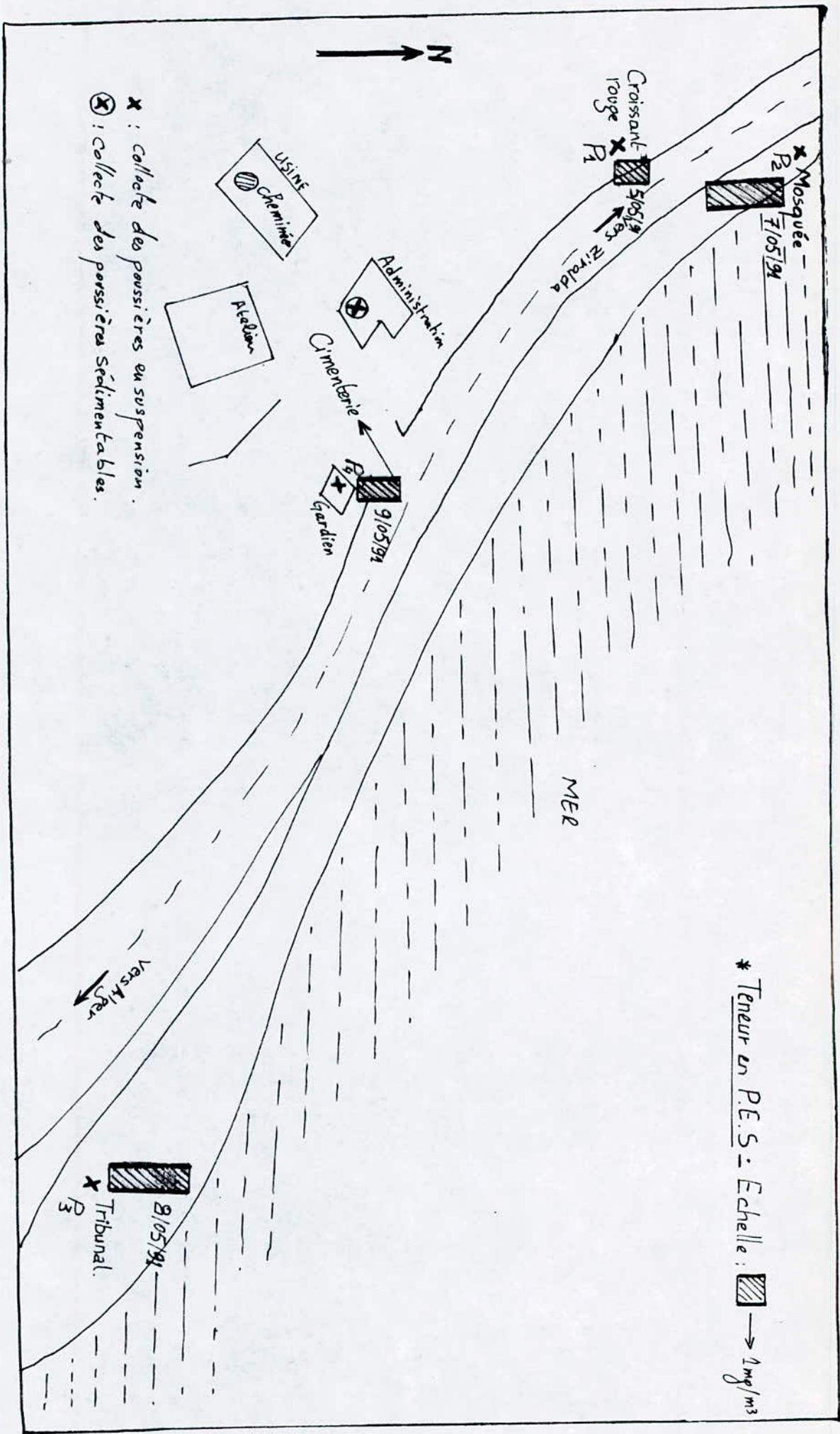


Fig 2. - Points de prélèvement au niveau du Site 2. Rats Hamidou

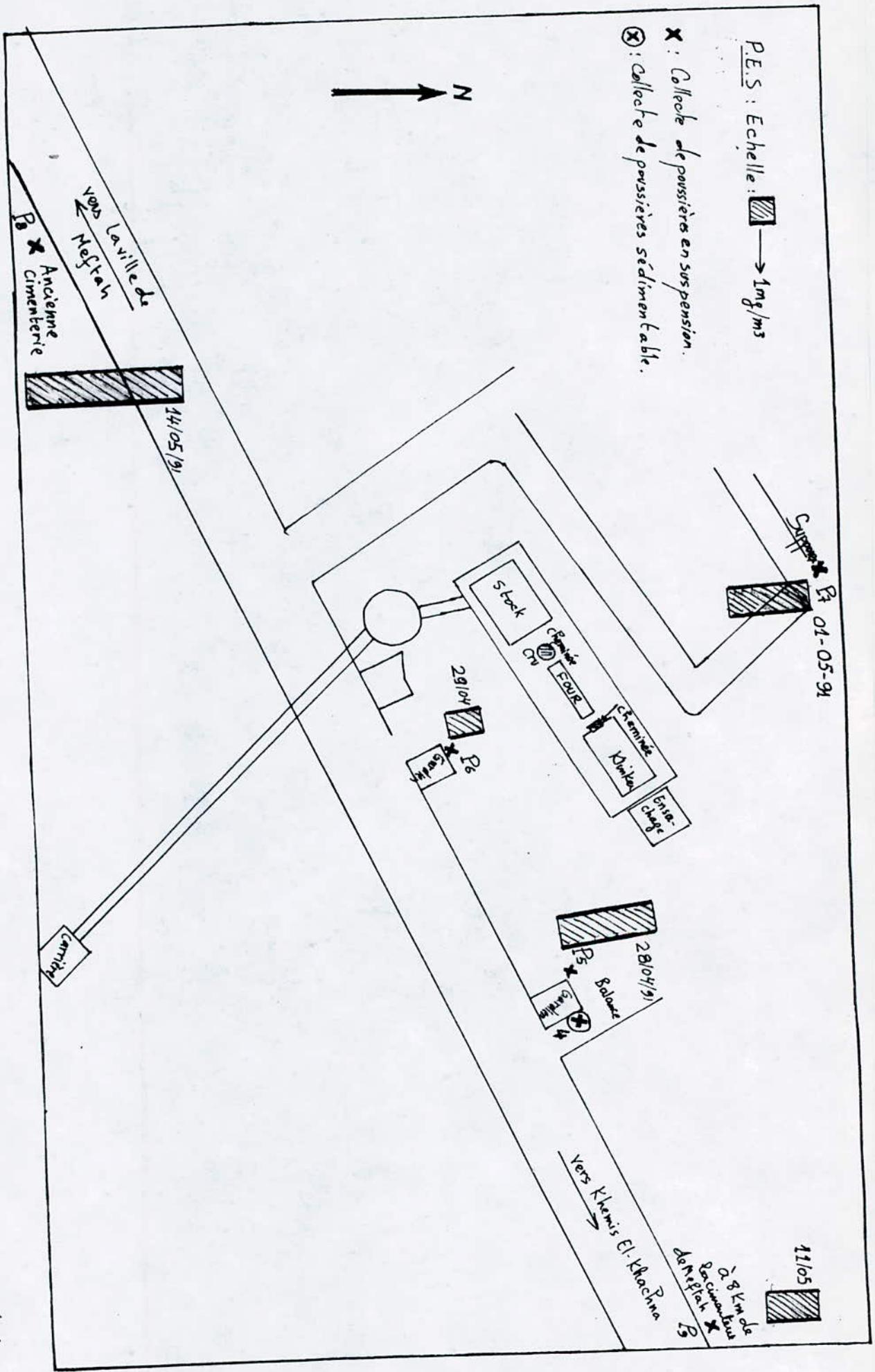


Fig 3 - Points de prélèvement des poussières en suspension, et des poussières sédimentables du site 4 - Meftah.

l'extérieur.

Le matériau du collecteur est suffisamment résistant (en tôle d'acier) et bien protégé contre la rouille par une peinture métallique. Le collecteur est placé sur un support de diamètre inférieur à 240 mm. Le haut du support est assez rigide pour ne pas fléchir et pour maintenir la surface de prélèvement exactement horizontale.

Un perchoir de 400 mm de diamètre est fixé de à 100 mm de la surface de prélèvement.

Nous représentons en fig(4) le collecteur de précipitation que nous avons réalisé.

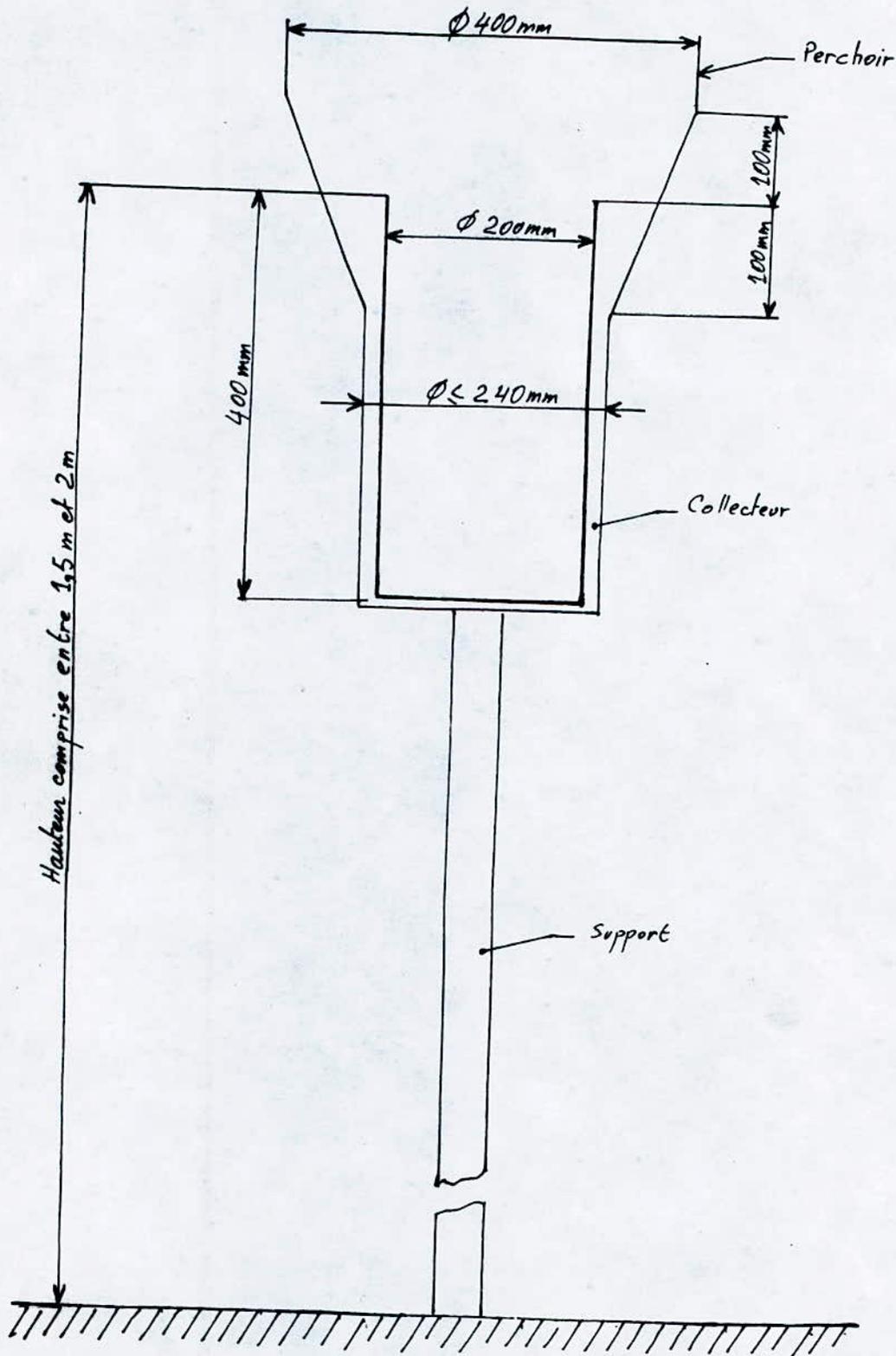
### 1.2.3-Mode opératoire:

#### a-Exposition du collecteur :

Le collecteur est placé sur un toit horizontal et plat d'immeuble, de hauteur et de taille moyenne pour la ville. L'objet le plus proche ne doit pas être à moins de 3 m du collecteur, celui-ci est placé aussi près que possible du centre du toit. L'ouverture du collecteur est située à 1,50m au-dessus de la surface. De l'eau est placée dans le collecteur, en quantité suffisante ( 5l ), afin qu'il ne s'assèche ni ne déborde.

La durée d'exposition du collecteur est de 30 jours + ou - 2 jours.

Fig 4. Collecteur de précipitations



### 1.3- Traitement et analyse de l'échantillon collecté :

Au bout de chaque mois l'échantillon est prélevé au moyen d'un entonnoire, après avoir bien laver le collecteur à l'eau distillée afin d'enlever toutes les particules déposées.

Ensuite l'échantillon est ramené au laboratoire dans une bouteille en polyéthylène pour l'analyse.

#### 1.3.1- Traitement de l'échantillon :

Après mesure du PH, de la conductivité, de la température, la solution brute (l'échantillon est filtrée sur micro-filtre en fibres de verre.

Le dépôt de matières insolubles est séché à 105 °C (dans l'étuve) puis pesé dans la balance analytique au dixième de mg près.

Afin de déterminer la quantité de matières volatiles sèches (M.V.S), le dépôt de matières insolubles est mis au four à 550 °C pendant 2h. après la nouvelle pesé on en déduit la teneur en MVS.

En fin, pour déterminer la masse des matière soluble dans l'eau contenue dans le filtrat, on concentre ce dernier par évaporation dans l'étuve à 105 °C puis on pèse le résidu obtenu.

### 1.3.2- Expression des résultats :

Les résultats gravimétriques sont rapportés à un temps de référence égal à 30 jours et les teneurs en poussières sédimentables seront exprimées en  $g/m^2$ /mois.

Dans les tableaux 1,2,3,4 et 5 nous représentons les valeurs obtenues pour chaque site. Les fig(6a) et (6b), donnent la représentation graphique de ces résultats.

### 1.3.3- Analyse par spectroscopie d'absorption atomique

(S.A.A) :

Le dépôt de matières insolubles et le résidu des matières solubles dans l'eau sont traités séparément afin de pouvoir les analyser par la suite, par spectroscopie d'absorption atomique (S.A.A), et identifier ainsi les principaux éléments qui constituent les différents échantillons des poussières sédimentables recueillies.

#### a- Traitement des matières insolubles :

On procède par une attaque à l'HCl (2N) pendant un temps nécessaire à une solubilisation totale, cette attaque se fait simplement dans un bécher couvert d'un verre de montre, pour éviter les projections, puis on filtre la solution et on fait une centrifugation pour éliminer toutes les matières non solubles dans l'HCl, comme les restes des filtre et la silice. Ensuite, la solution obtenue est concentrée par

Tableau 1: Evolution des différents paramètres  
 Site 1 - Cinq-maisons: (PH, Conductivité, teneur en matières insolubles  
 et M.V.S)

Date de prélèvement	pH de la solution	Conductivité (Ms/cm)	Teneur des retombées atmosphériques (g/m <sup>2</sup> .mois)	M.V.S (g/m <sup>2</sup> .mois)
26-02-91	8,1	940	5,4299	0,1146
26-03-91	8	1130	36,7006	11,5063
27-04-91	8,4	135	233,8184	75,5350
26-05-91	7,9	1800	308,3917	216,4522
26-06-91			20,3503	

Tableau 2: Evolution des différents paramètres

Site 2 - Rats Hamidou (pH, Conductivité, teneur en matières insolubles, M.V.S)

Date de prélèvement	pH de la solution	Conductivité ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	Teneur des retombées atmosphériques ( $\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{mois}$ )	M.V.S ( $\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{mois}$ )
16-03-91	8,25	1060	79,8726	7,5191
15-04-91	8,2	440	61,3853	31,2165
16-05-91	8,1	1860	18,9681	2,5923
16-06-91			79,4904	

Tableau 3: Evolution des différents paramètres  
 Site 3 - Port d'Alger : (PH, Conductivité, teneur en matière insoluble, MVS)

Date de prélèvement	pH de la solution	Conductivité (Ms/cm)	Teneur des retombées atmosphériques (g/m <sup>2</sup> .mois)	M.V.S (g/m <sup>2</sup> .mois)
23-03-91	8,1	1900	14,8917	7,3343
23-04-91	7,7	149	12,8025	3,2866
23-05-91	7,05	4400	40,2643	4,0639
25-06-31			7,3885	

Tableau 4: Evolution des différents paramètres

Site 4 - Meftah : (pH, Conductivité, matières insolubles, M.V.S)

Date de prélèvement	pH de la solution	Conductivité ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	Teneur des retombées atmosphériques ( $\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{mois}$ )	M.V.S ( $\text{g m}^2 \cdot \text{mois}$ )
25-03-91	8	1780	323,6911	36,2101
24-04-91	9,75	850	166,0891	—
25-05-91	8,4	440	314,8407	92,2038
25-06-91				

Tableau 5: Evolution des différents paramètres  
 Site 5 - Dar-El-Baida. (pH, Conductivité, teneur en matières insolubles, M.V.S)

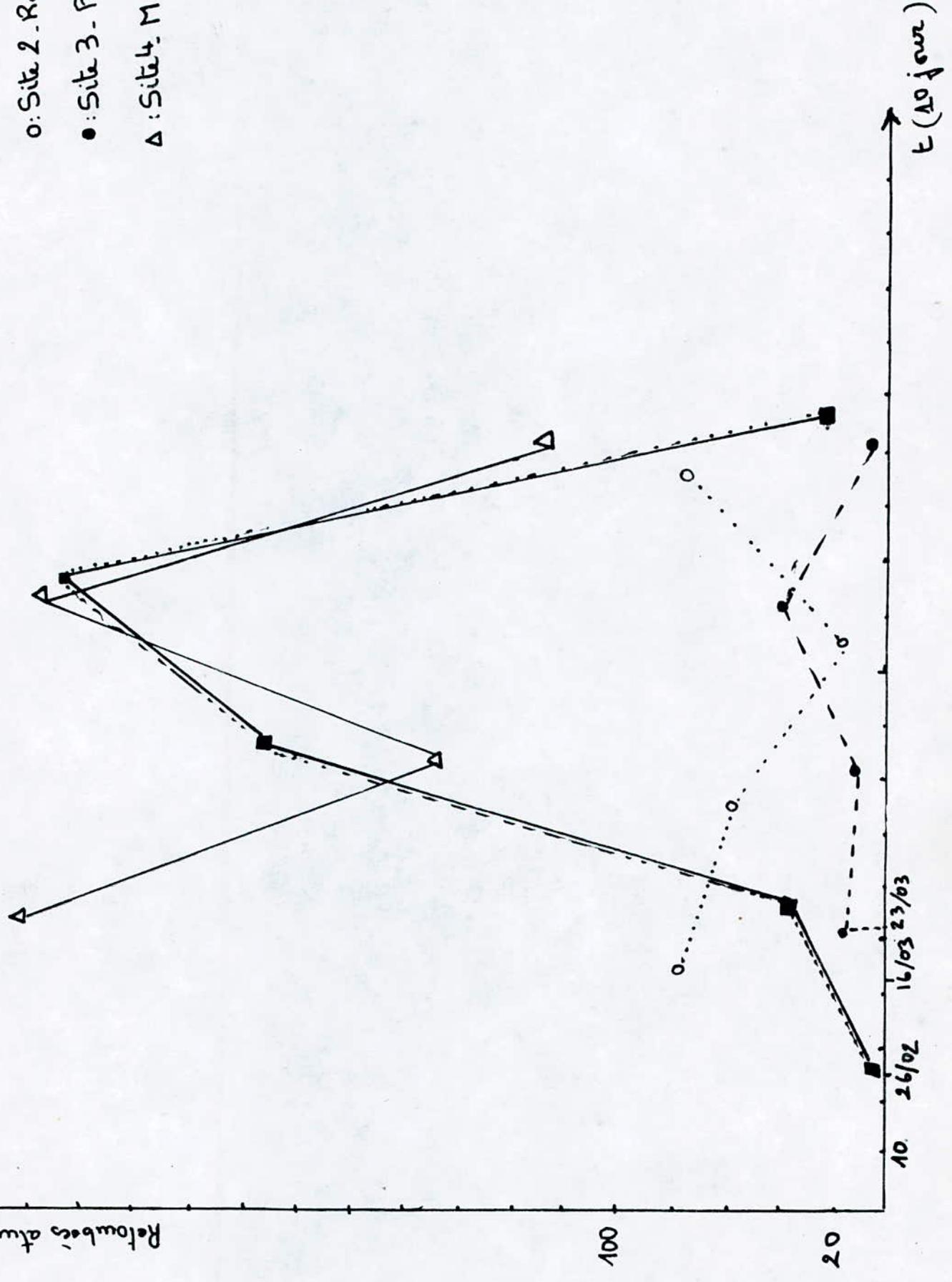
Date de prélèvement	pH de la solution	Conductivité (Ns/cm)	Teneur des retombées atmosphériques (g/m <sup>2</sup> .mois)	M.V.S (g/m <sup>2</sup> .mois)
30-04-91	6,3	136	0,4905	0,4905
31-04-91	7,7	860	1,5891	0,3917

178 (0.00) EVOLUTION DES RELATIVES CARACTÉRISTIQUES

- Site 1 - Geni chimique
- Site 2 - Raïs Hamidou
- Site 3 - Port d'Alger
- Site 4 - Mef tah

2

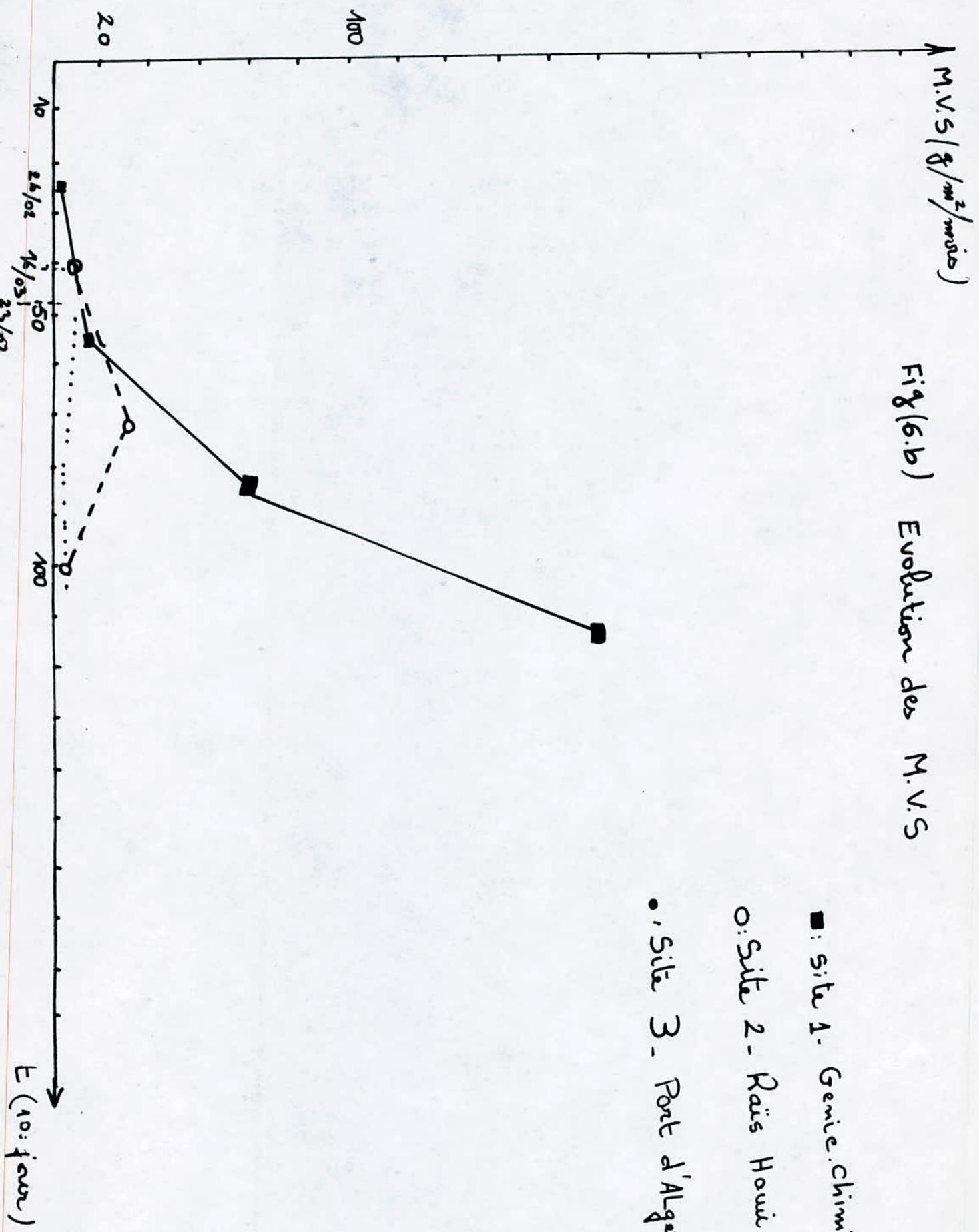
Retourbes atmosphériques



M.V.S (g/m<sup>2</sup>/mois)

Fig(6.b) Evolution des M.V.S

- : Site 1 - Genie Chimique
- : Site 2 - Raïs Howider
- : Site 3 - Port d'Alger



évaporation sur plaque chauffante.

Le résidu obtenu est mis en solution dans un volume bien déterminé (100ml) d' $\text{HNO}_3$  (1%). L'échantillon ainsi préparé est prêt à l'analyse par S.A.A.

#### b-Traitement des matières solubles :

Le résidu de matières solubles dans l'eau est mis en solution dans 100 ml de  $\text{HNO}_3$  à 1% et est soumis à l'analyse par S.A.A.

#### c-Préparation des solutions étalons :

Les solutions étalons seront préparées comme suit :

- Ba: Dissoudre 1,4380g de carbonate de baryum dans 20ml d' $\text{HCl}$  1M. Diluer jusqu'à 1l avec de l'eau distillée. La solution contient 1mg/l de Ba. Longueur d'onde d'excitation: 553,6nm.

-Ca: Dissoudre 2,4973g de  $\text{CaCO}_3$  dans 25 ml d' $\text{HCl}$  1M. Diluer à 1 ml avec l'eau distillée. La solution contient 1mg / l de Ca. Ou bien dissoudre 2,7693 g de  $\text{CaCl}_2$  dans 100 ml d'eau distillée. à 1 l. La solution contient 1mg/l de Ca.

La longueur d'onde d'excitation est de 422,7.

-Cu: Dissoudre 1g de cuivre métallique dans 50 ml d' $\text{HNO}_3$  5M. Diluer à 1 l avec l'eau distillée.

La solution contient 1mg / l de Cu.

La longueur d'onde d'excitation S.A.A est 324,8.

-Fe: Dissoudre 1g de fer métallique dans 20ml d' $\text{HCl}$  5M et 5ml d' $\text{HNO}_3$  pur. Diluer à 1 l avec de l'eau distillée. La solution

contient 1 mg /l Fe.

-Ni:Dissoudre 1g de nickel dans 50 ml d' $\text{HNO}_3$  5M. Diluer à l'eau distillée.Ou bien : Dissoudre 4,9530g de  $[\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$  dans 100 ml d'eau distillée. Diluer à 1 l avec l'eau distillée. La longueur d'onde d'excitation est 232,0nm.

-Pb:Dissoudre 1g de plomb métallique dans 50 ml d' $\text{HCl}$  2M.Diluer à 1 l.

Ou bien dissoudre 1,5980g de nitrate de plomb  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  dans 100ml d'eau distillée. La solution contient 1mg /l de Pb.

La longueur d'onde d'excitation est 217 nm.

-Li:Dissoudre 9,218g de  $\text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  dans 100ml d'eau distillée. Diluer à 1 l.

ou bien/ Dissoudre 5,3240g de  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  dans 25ml d' $\text{HCl}$  2M. Diluer à 1 l.

La longueur d'onde d'excitation est 670,8 nm.

-Mg:Dissoudre 1g de magnésium métallique dans 50 ml d' $\text{HCl}$  5M;Diluer à 1 l.La solution contient 1mg /l.

-K:Dissoudre 1,9070g de  $\text{KCl}$  dans l'eau.Diluer à 1 l. La solution contient 1mg /l de K.

-Na:Dissoudre 2,5420g de  $\text{Na Cl}$  dans l'eau. Diluer à 1 l.La solution contient 1mg /l de Na.

longueur d'onde d'excitation est 589 nm.

les résultats des analyses que nous avons pu faire sont présentés sur les tableaux 6,7,8,9, et 10.

Tableau 6: Teneurs en quelques éléments, qui ont été analysés, dans chaque site.

Teneur en $\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{mois}$	Site 1 Cinq-maisons	Site 2 Rais Hamidou	Site 3 Port-d'Alger	Site 4 Melftah
Pb	31,84	0	0,063	0,09
Fe	2,59	3,18	2755,48	114,64
Cu	3,18	7,96	7,64	9,23
Mn	63,69	0	0	101,91
Ni	0,63	0	0	3,18
Ba	22,35	3009,55	110,42	4737,26

Tableau 7: Evolution de la composition chimique (mg/m<sup>3</sup>.mois).  
 Site 1. Cinq-maisons:

Date	Ca	K	Mg	Na
du 25-01 au 25-02	135,4	36,9	165,6	108,3
du 26-02 au 26-03	116,2	57,3	89,2	41,4
du 26-03 au 26-04	151,3	119,4	100,3	98,9
du 26-04 au 26-05	136,9	85,9	85,9	57,3

Tableau 8 : Evolution de la composition chimique (mg/m<sup>2</sup>, mois)

Site 2 : Rais Hamidou:

Date	Ca	K	Mg	Na
du 16-02 au 16-03	—	—	—	—
du 16-03 au 15-04	128,9	74,8	101,9	149,7
du 15-04 au 16-05	160,8	116,2	112,3	305,7

Tableau 9: Evolution de la composition chimique (mg/m<sup>2</sup>.mois).

Site 3. Port d'Alger:

Date	Ca	K	Mg	Na
du 23-02 au 23-03	58,9	86,9	92,4	95,5
du 23-03 au 23-04	101,9	97,1	195,9	152,9
du 23-04 au 23-05	127,4	111,5	70,1	67,6

Tableau 10 : Evolution de la composition chimique. (mg/m<sup>2</sup>.mois)  
 Site 4 - Meftah:

Date	Ca	K	Mg	Na
du 25-02 au 25-03	114,6	105,3	135,3	76,4
du 25-03 au 25-04	148,1	98,7	79,6	122,6
du 25-04 au 25-05	121,0	116,2	87,6	203,8

#### 1.4- Interprétation :

- Les prélèvements à côté des sources émettrices (cas des cimenteries de Meftah et Raïs- Hamidou) donnent des teneurs en matières sédimentables très variables en fonction du mois du prélèvement. Ces teneurs dépendent en général de la direction du panache qui est donné par l'orientation des vents dominants, de la vitesse moyenne du vent qui favorise la sédimentation sur place ou qui éloigne les particules du site du collecteur et enfin de la pluviométrie qui par lessivage ou lavage (rain wash ) accentue la sédimentation et on abouti à des teneurs élevés en dépôts.

Ainsi par exemple à Raïs-hamidou au mois de Mars, les pluies abondantes et la direction du vent dominant Nord-Ouest orientent le panache vers le collecteur et on enregistre une teneur en dépôt très élevée, par contre en mois de Mai, la faible pluviométrie et la vitesse plus ou moins élevée du vent diffuse les poussières émises par la cheminée loin de l'emplacement du collecteur et on enregistre alors une teneur beaucoup plus faible qu'au mois de Mars.

Les mêmes observations peuvent être faites pour la zone de Meftah où au mois de Février la pluviométrie abondante favorise la sédimentation, par contre au mois de Juin l'absence de pluie et le vent dominant Nord-Est qui éloigne l'axe du panache de l'emplacement de collecteur font que le

poids mesuré est relativement faible.

D'autre part nous constatons que globalement les retombées au niveau de Meftah sont plus élevés que Raïs-Hamidou ceci s'explique par l'ampleur de la production à Meftah et par son site topographique. L'étude des prélèvements des poussières sédimentables en milieu urbain montre, que pour le port d'Alger, les teneurs sont relativement faibles par rapport aux autres zones étudiées, ceci est dû à l'absence dans cette zone d'activité industrielle importante.

En ce qui concerne la zone de Cinq-maisons à El-Harrach les teneurs observées sont très faibles au mois de Février et Mars et augmentent considérablement au mois de Mai pour accuser ensuite une forte chute au mois de Juin. Normalement dans cette zone où les activités industrielles sont très réduites et les seules particules solides existant sont soit les embruns marins soit les poussières entraînés par les vents sur une longue distance. Au mois de Février et Mars les vents dominants (Sud-Ouest) réduisent l'influence des embruns marins qui n'arrivent pas jusqu'au collecteur. En fin de printemps au mois de mai nous avons constaté au cours de la période d'échantillonnage l'accumulation dans l'atmosphère de particules solides liées au vent de sable qui a soufflé du sud et ce sur une période de 2 à 3 jours. La pluie qui s'en suivi provoqua une forte chute de poussières ( constatation faite déjà à l'oeil nu sur les vitre, les vehicules...).

- Au niveau de dar-El-Beïda les teneurs mesurées en matières sédimentables restent très faibles. Les vents dominants en cette période d'échantillonnage ( Avril-Mai ) Nord-Est ou nord-ouest font que le panache de la cimenterie de Meftah se dirige dans le sens opposé à Dar-El-Beïda. mais il faut signaler d'autre part que la décharge de Oued-Smar qui s'y trouve à proximité influe certainement sur les teneurs mesurés.

## Chapitre 2 :

### ETUDE DES POUSSIÈRES EN SUSPENSION :

A l'inverse des grandes particules qui sédimentent, les particules de faible diamètre restent en suspension et ne sont accessibles à l'analyse que par des systèmes de filtration appropriés. La connaissance de leur teneur est importante car vu leurs faibles dimensions elles traversent la trachée supérieure et arrivent jusqu'aux voies respiratoires profondes.

La connaissance des teneurs de l'atmosphère en particules solides est donc un indice important dans l'appréciation de l'ampleur de la pollution atmosphérique aux niveaux des sites étudiés.

#### 2.1- Sites d'échantillonnage :

Comme pour les particules sédimentables, les sites choisis concernent d'une part les zones où sont implantées les cimenteries de Meftah et de Raïs-Hamidou et d'autre part certains milieux urbains de l'Algérie où l'on enregistre un intense trafic routier qui engendre certainement des teneurs élevées en particules de plomb. Un site, particulièrement

sensible, se situant au niveau de la décharge de Oued-Smar fut aussi intégré dans cette étude.

Les points de prélèvements que nous représentons en fig(1) et (2) sont numérotés comme suit :

- P<sub>1</sub> : croissant rouge à 200m de la cimenterie de Rais-Hamidou.
- P<sub>2</sub> : Mosquée de Rais-Hamidou à 600m de la cimenterie.
- P<sub>3</sub> : Tribunal à 400 m de la cimenterie ( Rais-Hamidou).
- P<sub>4</sub> : Entrée de la cimenterie ( Rais-Hamidou).
- P<sub>5</sub> : Entrée coté balance à 200m de la cheminée (Meftah).
- P<sub>6</sub> : Entrée principale à 100m de la cheminée (Meftah)
- P<sub>7</sub> : Usine du supporex à 400 m de la cimenterie (Meftah).
- P<sub>8</sub> : Ancienne cimenterie (Meftah).
- P<sub>9</sub> : Khemis-El-Khachna à 10 Km de la cimenterie de ( Meftah).

## 2.2- Méthodologie d'échantillonnage :

la méthode de prélèvement est décrite par la norme AFNOR ( X43-021 Décembre 1984 ) [18] qui décrit un appareillage de prélèvement sur filtre des particules en suspension dans l'air ambiant, en vue de la surveillance de son empoussièrement et de sa concentration en diverses substances organiques ou minérales telles que les métaux lourds dont le plomb.

### 2.2.1- Appareillage :

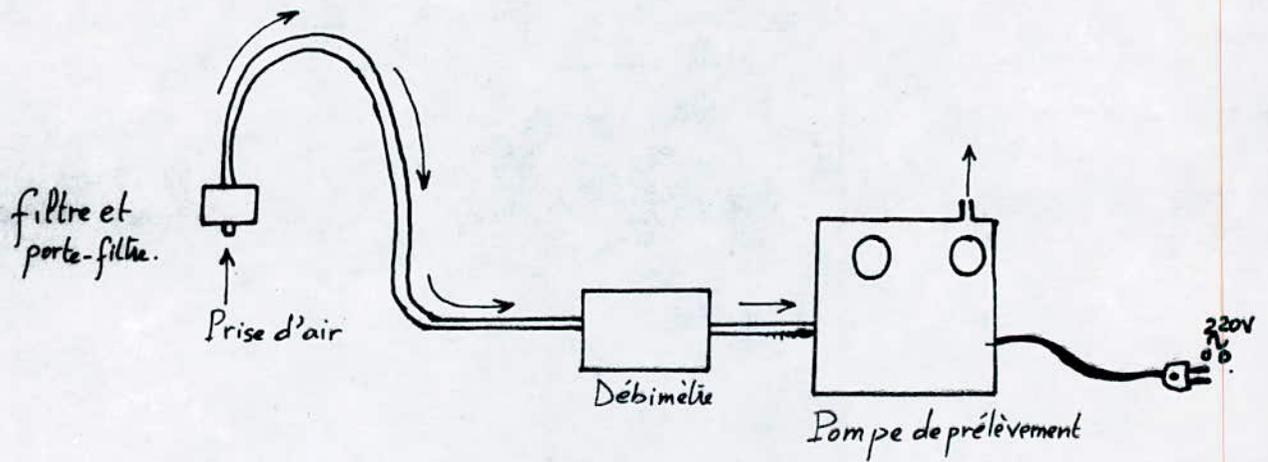
le dispositif de prélèvement est décrit dans la fig(5)(18), il comprend les éléments suivants :

- un filtre;
- un porte-filtre;
- un débitmètre;
- une pompe aspirante- refoulante;

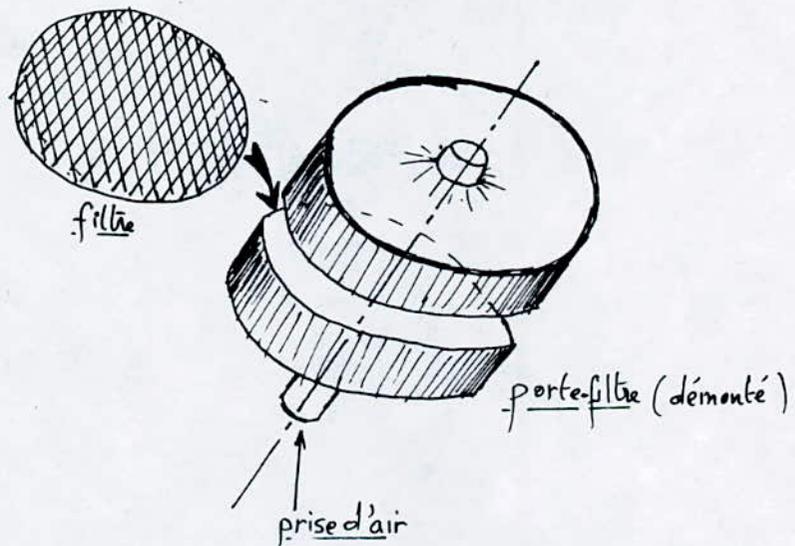
Le débitmètre d'aspiration est fixé suivant la durée d'échantillonnage, de telle façon que le volume aspiré soit suffisant pour obtenir une quantité de poussières mesurable. Par exemple, dans le premier prélèvement, qui s'est effectué au bord de la route de Cinq maisons à un débit de 4 l/ mn, il a fallu pomper 6h pour recueillir une masse de particules égale à 0,0013g.

Dans cette opération de prélèvements aux voisinage des cimenteries, le débit de la pompe a été fixé au maximum c'est à dire 15 l/ mn, sur une durée d'échantillonnage de 6h .

Les filtres utilisés sont en fibres de verre. Dans le cas des cimenteries nous avons utilisé des filtres de 45 mm de diamètre et de 0,8  $\mu$ m de pore moyen, montés sur un porte-filtre loin de tout obstacle et à une hauteur suffisamment élevée ( environ 2m ) au-dessus de la surface horizontale la plus proche.



a. Schéma du montage.



b. Prise d'air.

Fig 5 - Dispositif de prélèvement des poussières en suspension

Le porte-filtre est traversé par un trou, qui joue le rôle de prise d'air. Dans le sens d'écoulement d'air, le porte-filtre est lié à une tyauterie élastique qui doit être dirigé verticalement vers le bas, pour éviter l'aspiration des poussières sédimentables. Aussi il faut éviter la prise d'échantillons à proximité d'une source de pollution locale telle qu'une cheminée de faible hauteur ou encore un tyau d'échappement.

A la fin de la période de prélèvement, on arrête l'aspiration et on démonte le porte-filtre pour retirer le filtre qu'on place dans une boîte de petri en prenant soin de ne rien perdre des particules recueillies .

A noter que tous les prélèvements que nous avons effectués ont eu lieu pendant le jour en général au cours de la matinée.

### **2.3- Résultat des analyses :**

Au laboratoire, le filtre est d'abord séché dans l'étuve pendant quelques minutes à 105°C, puis pesé sur balance analytique au dixième de mg près

les résultats de l'analyse gravimétriques des échantillons prélevés auprès des cimenteries de Raïs-Hamidou et Meftah sont représentés dans le tableau 11 .

Tableau 11: Teneurs des P.E.S dans différents points au voisinage des cimenteries.

Sites *		Date de prélèvement	Teneur des particules en suspension (mg/m <sup>3</sup> )
Rais - Hamidou	P <sub>1</sub> (Croissant rouge)	05 - 05 - 91	1,24
	P <sub>2</sub> (mosquée)	07 - 05 - 91	3,03
	P <sub>3</sub> (tribunal)	08 - 05 - 91	3,16
	P <sub>4</sub> (entrée de la cimenterie)	09 - 05 - 91	1,61
Meftah	P <sub>5</sub> (entrée côté balance)	28 - 04 - 91	3,70
	P <sub>6</sub> (entrée principale)	29 - 04 - 91	1,48
	P <sub>7</sub> (supporex)	01 - 05 - 91	3,19
	P <sub>8</sub> (ancienne cimenterie)	14 - 05 - 91	6,11
	P <sub>9</sub> (vers Khemis-El-Khachna)	11 - 05 - 91	2,02

En fig(2) et (3) nous schématisons pour chaque site les teneurs des poussières en suspension par des histogrammes simples.

Les résultats des campagnes de prélèvement effectuées au niveau de l'ENP (R.N 5), à l'entrée de Bab-El-Oued et à Oued-Smar ( côté zone industrielle ) sont résumés dans les tableaux 7, 8, 9 de la fig(7) ( dans l'annexe ).

La représentation graphique de l'évolution des teneurs en fonction des jours est donnée en fig(8).

#### 2.4- interprétations :

##### a)- Résultats de Raïs-Hamidou :

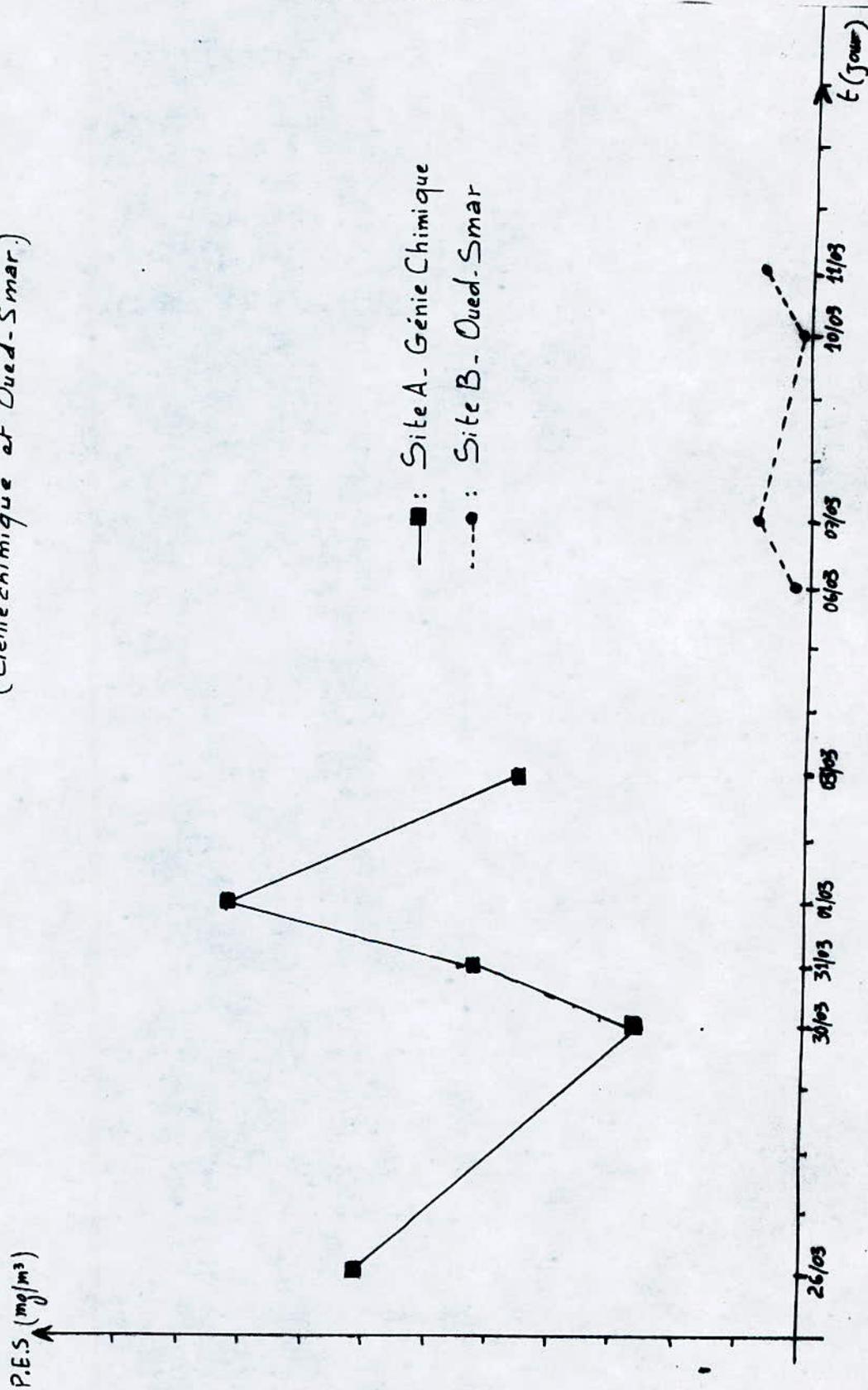
les prélèvements au voisinage de la cimenterie de Raïs-Hamidou ( principale source d'émission de poussières ) donne des concentrations en P.E.S\* variables en fonction de la situation de chaque point de prélèvement.

Ainsi au niveau du tribunal ( P3) la teneur en P.E.S est plus importante , ce ci est dû à l'action des vents dominants ( Nord-Est ) [ voir rose des vents en annexe ] qui entraînent les polluants issue de la cimenterie, du trafic routier et des embruns marins .Une teneur moins forte,obtenue à l'entrée de la cimenterie ( P4 ) est due au phénomène de

---

(\*) :Poussières en suspension.

Fig(8)- Evolution desteneurs en P.E.S pour le Site A et B.  
 (Géniechimique et Oued-Smar)



dispersion du panache, suivant la direction Nord-Ouest; qui est favorisé par une légère augmentation de la vitesse du vent .

On note aussi une pollution au niveau de  $P_1$  (croissant rouge ) et de la mosquée (  $P_2$  ), due à l'influence des vents du Nord qui entraînent surtout les embruns marins.

b)- Résultat de Meftah :

L'évolution des teneurs en P.E.S en fonction de la situation par rapport à la source d'émission est influencée par les conditions météorologique ( direction et vitesse du vent journalières ).

Ainsi, par exemple pour le point de prélèvement  $P_5$  ( la balance ) la teneur en P.E.S est favorisée par les vent dominants de direction Nord-Est . Le point de prélèvement  $P_6$  ( Khemis -El-Khachna ) donne des teneurs moins élevé par rapport à celui du point  $P_5$ , car la vitesse des vents dominants ( Nord-Ouest ) le jour de l'échantillonnage est faible, elle est environ 1.6 m/s ce qui favorise la stagnation des polluants au alentours de la source d'emission.

Le prélèvement au niveau du point  $P_6$  (ancienne cimenterie) est effectué dans une journée où les vents dominants avaient une direction Nort-Est c'est-à-dire vers le point de

prelevement, ce qui explique la teneur élevée en P.E.S.

c)- Résultats de Bab-El-Oued et Oued-Smar :

Au bord des routes à trafic routier intense il y a remise en suspension des poussières sédimentées engendée par le souffle des véhicules circulant à grande vitesse. Ce tourbillant local ajoutée aux embruns marins font que ces concentrations sont plus élevées que les teneurs relevées à Oued-Smar où l'échantillonnage a eu lieu dans la cour d'une société n'emettant aucune poussière. Il semblerai donc que globalement ce sont les teneurs mesurées à Oued-Smar qui sont les plus représentatives de la pollution particulaires dans les grandes villes.

En comparant les teneur en P.E.S avec celles enregistrées dans certaines villes des pays industrialisés comme Zurich (Suisse) et Toronto (Canada) ( voir annexe 1), nous avons conclu que la la pollution par les poussières est, chez nous, est plus importante. Le tableau 22 (voir annexe 1) représente les concentrations moyennes en P.E.S pour chaque point de prélèvement.

### Chapitre 3 :

#### PLOMB CONTENU DANS LES DEPOTS DE POUSSIERES

Dans ce chapitre nous nous intéressons à la mise en évidence de la présence des particules de plomb dans les poussières déposées au bord des routes et sur les trottoirs bordant les voies de circulation. En effet le plomb émis par l'échappement des véhicules sédimente en partie le long de la route et se mélange aux autres particules sédimentables de l'atmosphère. Les teneurs de ces poussières en plomb devraient être fonction de l'intensité du trafic routier et de la distance séparant le bord de la route et le point de prélèvement.

#### 3.1- Site d'échantillonnage :

Pour cette étude nous avons choisis des sites urbains où règne un trafic routier plus ou moins intense.

Ces sites que nous représentons en figure(15), (16), (17) sont:

S<sub>1</sub> : RN5 -Cinq maisons ( El-Harrach ).

S<sub>2</sub> : Bézier.

S<sub>3</sub> : Boulevard Ziroute Youcef.

S<sub>4</sub> : Place des Martyres.

Fig. 15. S1: RNS - Cinq-maisons..

211 105

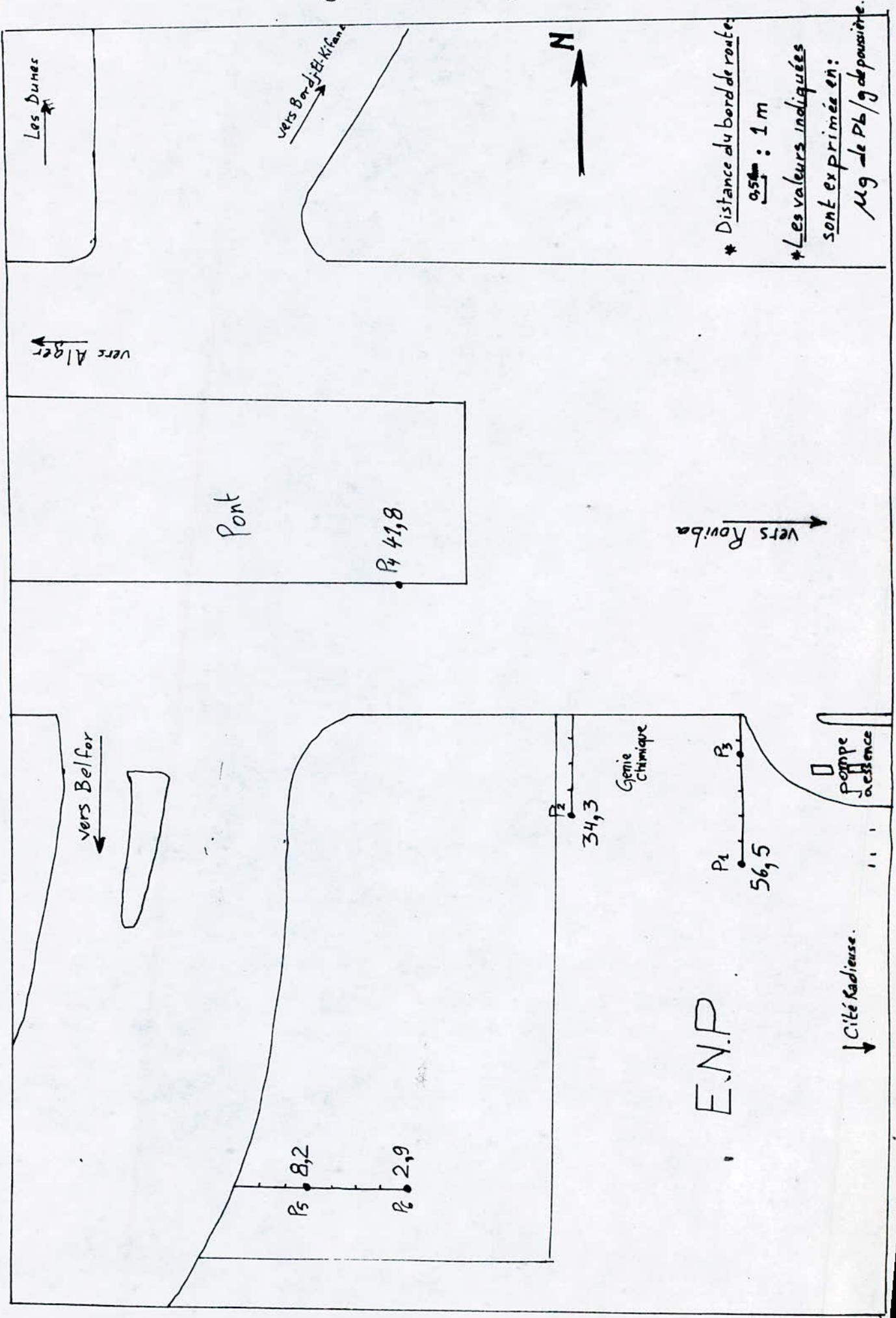


Fig 16 - 52 et 53 (Bezier et Bd Zirout Youcef)

106 07

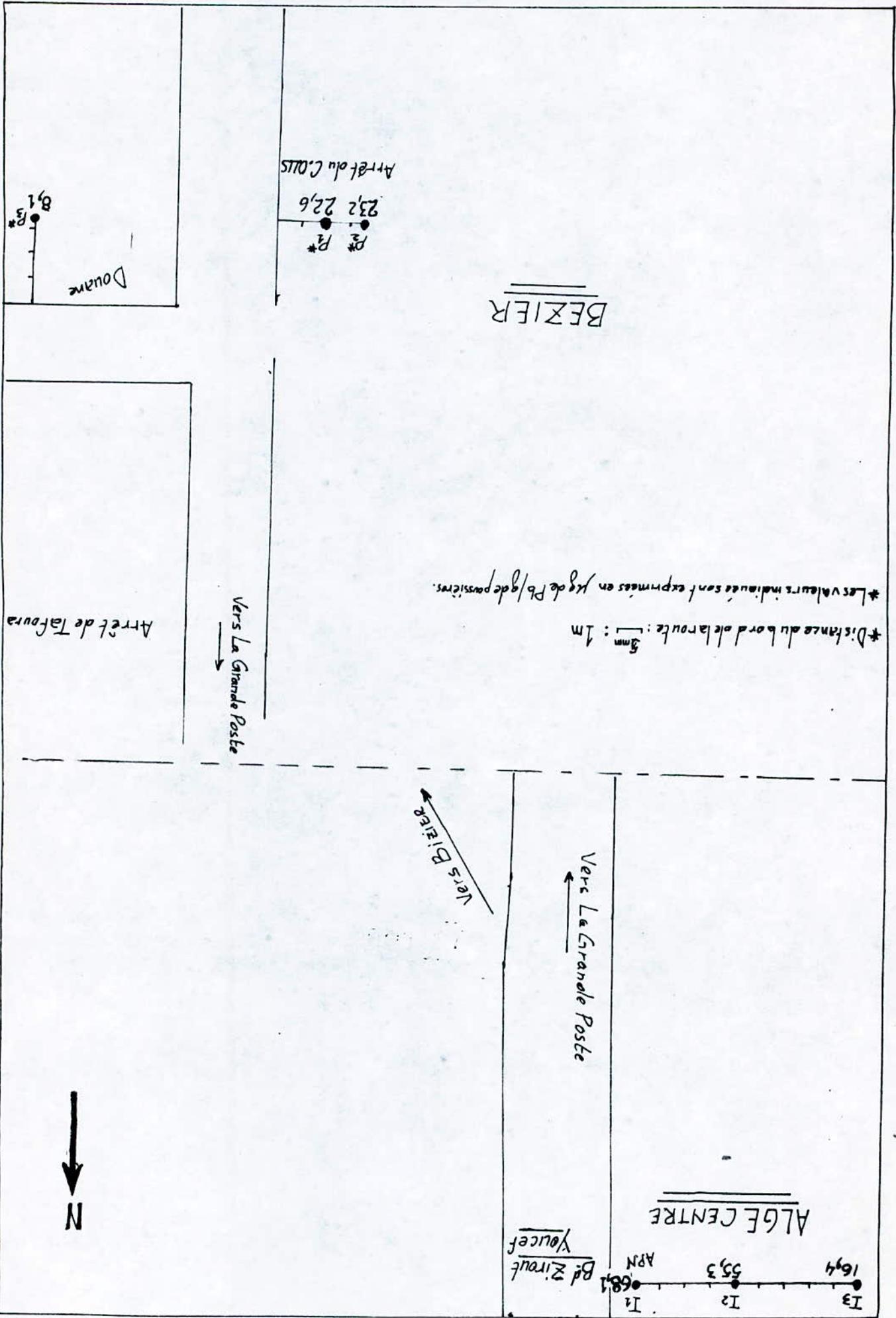
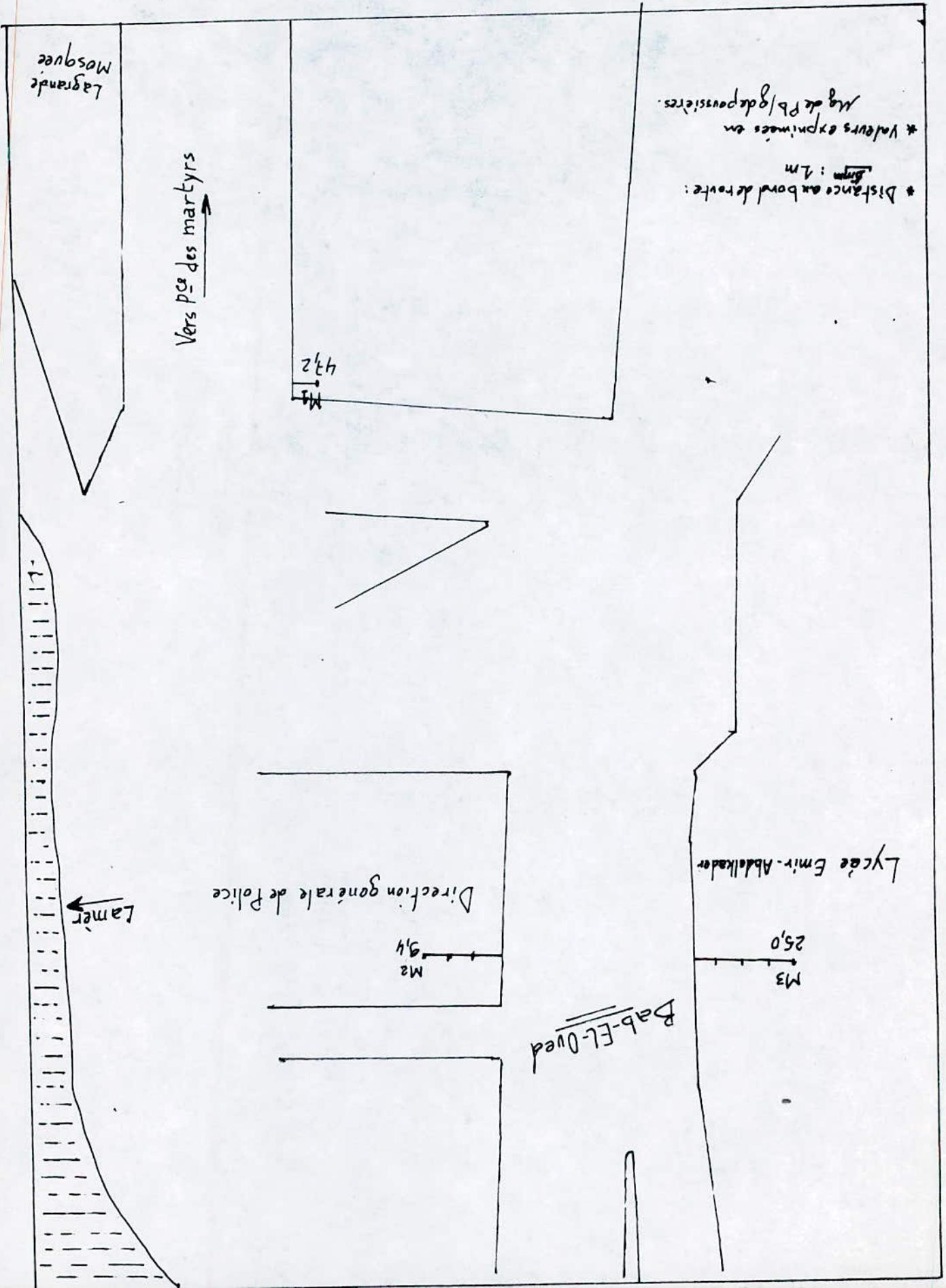


Fig 17. 54 et 55 (Pcs des Martyrs et Bab-El-Oued)



### 3.4- Résultats des analyses :

Les résultats d'analyse sont présentés dans les tableaux 15, 16, 17 ils sont exprimés en  $\mu\text{g/g}$  (ou en ppm).

### 3.4- Interprétation :

L'analyse des échantillons des poussières prélevées au niveau des différents axes des routes considérées montrent qu'en générale la teneur en plomb issue des échappements des véhicules diminue en s'éloignant du bord de la route, sauf dans quelques cas spécifiques comme celui de l'axe de Béziers où la teneur a augmenté en s'éloignant du bord de la route, ceci est dû à la remise en suspension des particules déposées par le passage des voitures à des vitesses élevées. Aussi dans l'axe de Cinq-Maisons (RN 5), on remarque une forte teneur en plomb à 6m du bord de la route près du carrefour qui est souvent en encombrement.

Un autre cas spécifique est celui de l'échantillon prélevé sous le pont au point zéro, de ce même carrefour, où on remarque une diminution de teneur en plomb car les retombées particulières des véhicules qui passe sur le pont ne subissent pas une chute vertical

Sites	Nom du site	Distance du bord de la route (m)	Kg de Pb/g de poussières
P <sub>1</sub>	L'aradiouse (près de la pompe à essence)	6	56,5
P <sub>2</sub>	Dernière Génie chimique (ENP)	4	34,3
P <sub>3</sub>	L'aradiouse	1,5	71,5
P <sub>4</sub>	Carrefour (sous le pont)	0	41,8
P <sub>5</sub>	Route de Belfor (venant du carrefour)	3	8,2
P <sub>6</sub>	Route de Belfor (venant du carrefour)	7	2,9

Tableau 15 - Teneurs Pb dans les échantillons du S1.  
(R.N 5 - Cinq-maisons-)

- Evolution de teneur en Pb des poussières des rues en fonction de la  
distance au bord de la route.

Tableau 16a-S2: Bézier

Point de prélèvement de l'échantillon	Nom du point de prélèvement	distance du bord de la route (m)	Mg de Pb/g de poussières
P <sub>1</sub> *	Arrêt du C.O.U.S	2	22,6
P <sub>2</sub> *	Arrêt du C.O.U.S	3,5	23,2
P <sub>3</sub> *	La Douane	3,5	8,1

Tableau 16b-S3: Boulevard Zirout Youcef.

Point de prélèvement de l'échantillon	Nom du point de prélèvement	distance du bord de route (m)	Mg de Pb/g de poussières
I <sub>1</sub>	Près de L'A.P.N	1	68,1
I <sub>2</sub>	Près de L'A.P.N	5	55,3
I <sub>3</sub>	Près de L'A.P.N	10	16,4

Tableau 17 - Teneur en Pb des échantillons de Bab-El-Oued.

point de prélèvement de l'échantillon	Nom du point de prélèvement	Distance du bord de la route	$\mu\text{g de Pb / g de poussière}$
M <sub>1</sub>	Route qui mène vers la P <sup>ce</sup> des Martyrs	1	47,2
M <sub>2</sub>	Direction générale de la Police	3	9,4
M <sub>3</sub>	Lycée Emir-Abdelkader	4	25,0

## CONCLUSION GENERALE

Dans le cadre de cette étude de la pollution atmosphérique par les poussières, les retombées atmosphériques ont été évaluées en Cinq sites. Les valeurs trouvées au niveau des deux cimenteries sont très élevées, ce qui explique le mécontentement des habitants des régions de Meftah et de Raïs Hamidou.

L'absence de maintenance des dépoussiéreurs installés engendre des émissions des poussières élevées.

Au niveau des autres sites et malgré l'absence de sources émettrices de nature industrielle, on constate des teneurs relativement élevées comparées à d'autres villes comme Zurich et Toronto. les diverses activités ( construction, transport, manutention portuaire, trafic routier, ...) ainsi que parfois les conditions climatiques ( vent du sud ) en sont les principales causes.

Les poussières totales en suspension enregistrées dans le voisinage immédiat des deux cimenteries présentent des teneurs variables. Elles diminuent en général en fonction de la distance de la source ou sont faibles lorsque les sites ne se trouvent pas sur l'axe du panache.

En dernier point, la présence de teneurs élevées en plomb dans les dépôts des poussières au bord des chaussées a été mise en évidence.

Ainsi par cette étude, il a été montré qu'il existe une importante pollution particulaire qui associée à d'autres polluants tels que  $\text{SO}_2$ , NOX, ... peut engendrer des effets nuisibles sur l'environnement d'une manière générale et plus particulièrement la santé publique.

Aussi il convient de penser dès maintenant à prendre certaines mesures préventives afin de réduire cette pollution.

#### BIBLIOGRAPHIE

- [1] - DETRIE, La pollution atmosphérique, Ed.DUNOD, PARIS, 1969
- [2] - BARNEA U., Pollution et protection de l'atmosphère  
Ed.EYROLLES, PARIS, 1974
- [3] - LORTON C., Les pollens dans l'atmosphère , Pollution  
Atmosphérique , N°112, 1986
- [4] - NERO A., Les contrôles de la pollution dans les  
logements , Pour la science, N°129 , 1986
- [5] - BULTER J.D., Air Pollution Chemistry , Academic press,  
**NEW YORK, 1979**
- [6]-KERBACHI R.,Cours de pollution atmosphérique, ENP, Alger,  
1991
- [7] - ALARY R., Influence de la baisse de la teneur en plomb des  
carburants, Pollution Atmosphérique, N°128, 1990
- [8] - TARGET A., Altération des monuments pierreux , Pollution  
Atmosphérique, N°129, 1991
- [9] - FERJANI A., Action des polluants atmosphériques sur la  
végétation de la région de Sfax (Tunisie) ,Pollution  
Atmosphérique, N°127, 1990
- [10] - QUINCHE J.P., Les dépôts de plomb provenantdes gaz

- [11] - STERN A, Air Pollution , volume I, Academic press, New York 1976
- [12] - PETIT F., Connaissance des particules atmosphériques en milieu urbain, Pollution Atmosphérique, N°125, 1990
- [13] - PARKER , Industrial air pollution, Hand book
  
- [14] - PAPADAKIS M., Industrie de la chaux, du ciment, DUNOD Paris , 1970
- [15] - ROSS , La pollution atmosphérique et l'industrie
  
- [16] - STERN A., Air Pollution , volume III , 3<sup>ème</sup> édition, Academic press, Orlando , 1976
- [17] - CHOVIN P., Physico-chimie et physiopathologie des polluants atmosphériques, Ed. Masson , Paris , 1973
- [18] - AFNOR Corrosion et Pollution Atmosphérique, Ed. AFNOR, Paris , 1985
- [19] - STERN A., Fundamental of air pollution, Academic press , New york, 1984

[20] - E P F L , Bilan de la pollution atmosphérique en Suisse en  
1988 , Lausanne , 1989

[21] - Environnement Canada, Pollution atmosphérique au Canada,  
1990

[22] - PAREKH P.P.,

Atmospheric Environment,

1987

**ANNEXE\_1\_**

Tableau Fa :

Site A. G.chimique	
Date de prélèvement	Particules en suspension (mg/m <sup>3</sup> )
26-03-91	3,53
30-03-91	1,34
31-03-91	2,72
01-04-91	4,65
03-04-91	2,28

Tableau Fb :

Site B. Oued-Smar	
Date de prélèvement	Particules en suspensions (mg/m <sup>3</sup> )
06-04-91	0,08
07-04-91	0,44
10-04-91	0,06
11-04-91	0,42

Tableau Fc :

Site C. Bab-El-Oued	
Date de prélèvement	Particules en suspensions (mg/m <sup>3</sup> )
21-04-91	0,22
22-04-91	0,40

F<sub>10</sub>(7) - Teneur en P.E.S

Tab. 18 : concentration moyenne

mensuelle en retombées atmosphériques

Site	$C_m$ (g/m <sup>2</sup> /mois)
Cinq maison (ENP- Dep. de G. chimique)	120,9
Rais - Hamidou	59,92
Port d'Alger (5 <sup>e</sup> de pilotage)	18,83
Meflah	332,83
Dar - El- Beida	1,03

Tab. 19 : concentration moyenne mensuelle en R.A

dans quelques villes du monde

Ville	$C_m$ (g/m <sup>2</sup> /mois)
Zurich (Suisse)	1,83
Toronto (Canada)	4,3
Alger (Algerie)	106,7

R.A = Retombées atmosphériques

Tab. 20: Composition chimique moyenne des R.A dans Les différents sites

Site	C (mg / m <sup>2</sup> / mois)						
	Pb	Fe	Cu	Mn	Ni	Ba	Ca
Cinq maisons	31,84	2,59	3,18	63,69	0,63	22,35	10
Rais - Hamidou	0	3,18	7,96	0	0	3009,55	1
Port d'Alger	0,063	2755,48	7,64	0	0	110,42	5
Meftah	0,09	114,64	9,23	101,91	3,18	4737,26	1

Tab. 21 : Teneurs moyennes en quelques é de certaines villes

Ville	Composition chimique (mg/l)			
	Ca	K	Mg	Na
Izmir (Turquie)	9	11,947	4840	9873
Zurich (Suisse)	-	-	-	-
Alger	25,94	97,41	28,49	30,46

Tab. 22: Concentration moyenne des P.E.S .

Site	Concentration des P.E.S ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
END - Dep. de G. chimique	2903,78
Bab - El - Oued	311,10
Rais - Hamidou	1852,44
Oued - Smar	999,0
Meftah	3300

Tab. 23: Concentration moyenne de P.E.S  
dans quelques villes du monde .

Ville	Concentration des P.E.S ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Zurich (Suisse)	38
Toronto (Canada)	39
Alger (Algerie)	1735,60

Tab. 24: Composition chimique des P.E.S dans les différents sites.

C (Mg/m <sup>3</sup> ) Site	Ca	K	Mg	Na
ENP- Dep. de G. chimique	990, 21	1011, 22	1075, 90	625, 59
Jued - Smar	1429, 09	1053, 6	809, 87	1595, 82

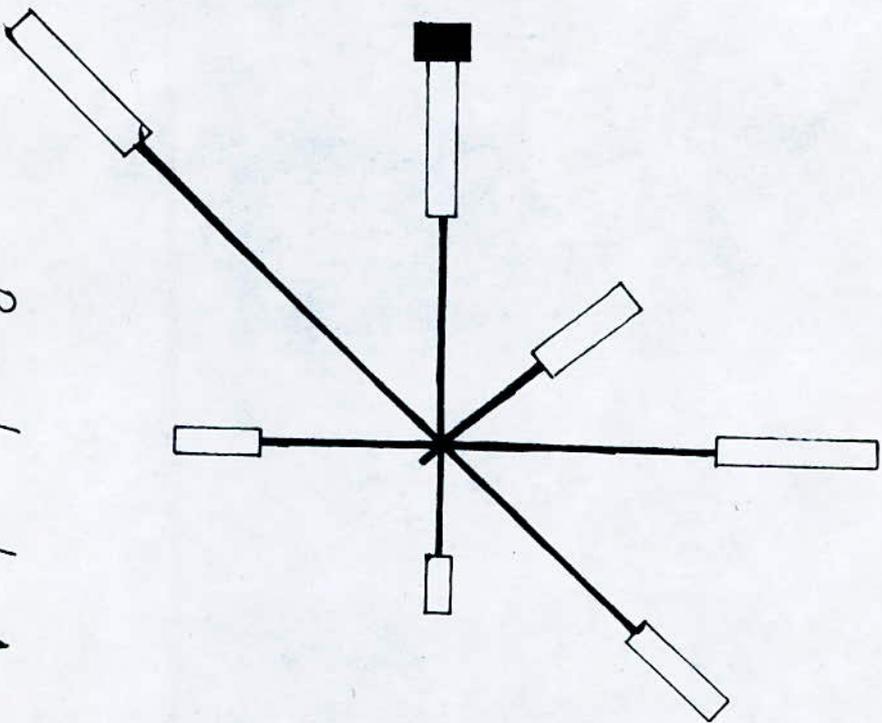
Tab. 25: Comparaison avec les données de quelques villes dans le monde.

C (Mg/m <sup>3</sup> ) Ville	Ca	K	Mg	Na
(1991) Alger (Algerie)	1209, 65	1032, 41	942, 88	1110, 70
(1985) Karachi (Pakistan)	19	-	3, 3	8, 7
Bombay (India)	2, 26	1, 29	-	-
Kiel - Bight (R.F.A)	435	300	-	1404

P.E.S : poussières en suspension.

ANNEXE - 2 -

Station Dar El-Baida.



Rose des vents Annuelle.

Classe des vitesses:

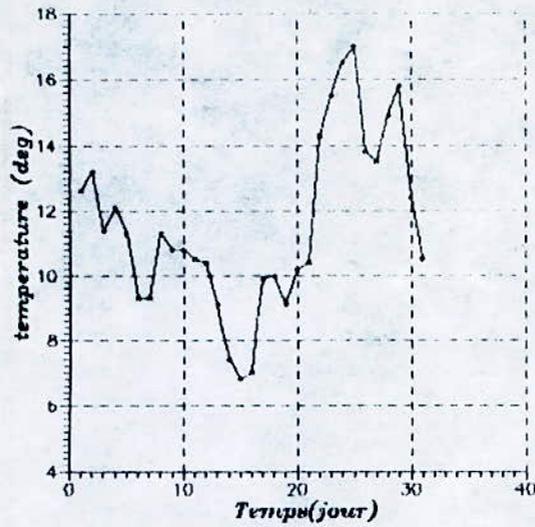
— 1 à 5 m/s

◻ 6 à 10 m/s

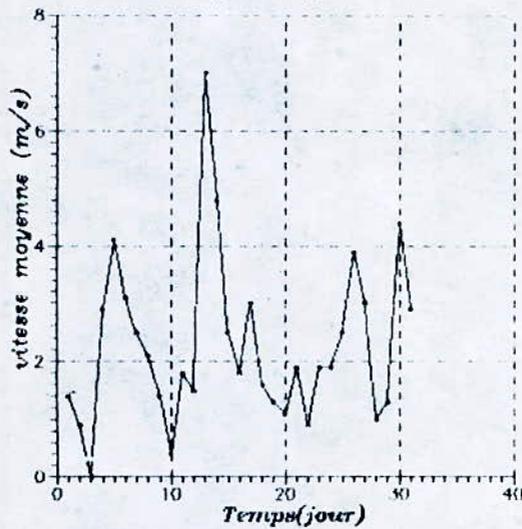
■ 11 à 15 m/s

Echelle: — 3cm — 6%

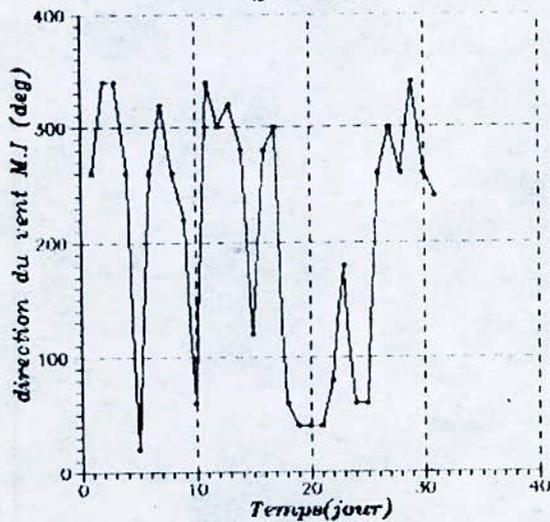
L'evolution de la temperature moyenne  
journaliere avec le temps  
(janvier)

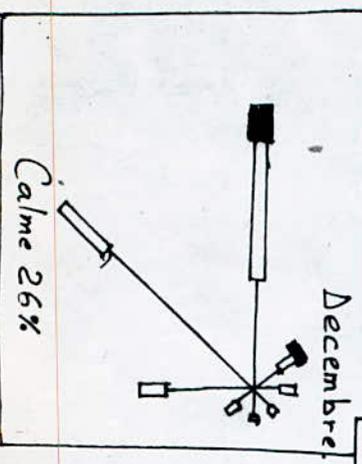
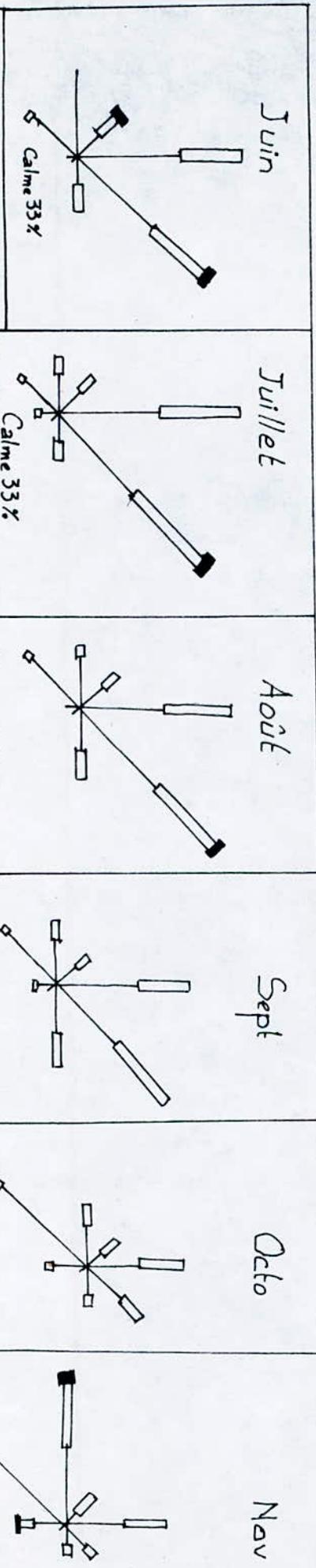
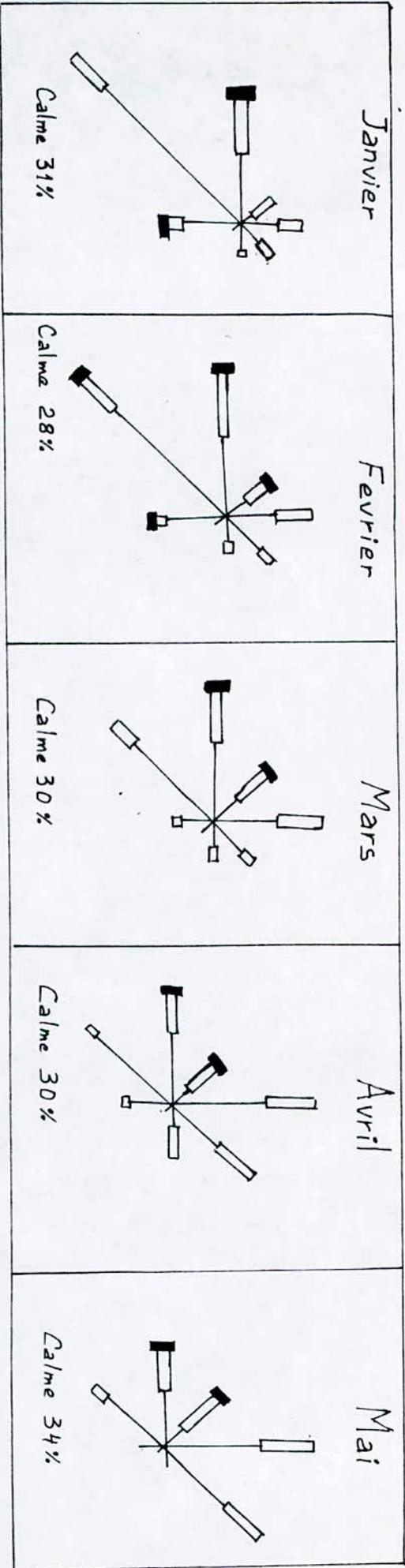


L'evolution de la vitesse moyenne  
journaliere avec le temps  
(janvier)



L'evolution de direction  
du vent avec le temps  
(janvier)





Classe des vitesses:

1 à 5 m/s

6 à 10 m/s

11 à 15 m/s

Echelle:

1cm, 6%

Rose des vents pour chaque mois.

