CHAPITRE II

ATMOSPHÈRE.

De tous les modificateurs dont l'hygiène à étudier l'action, il n'en est pas qui soit en rapports plus intimes, plus continus avec l'organisme que l'atmosphère. La vie est avant tout un conflit incessant entre l'élément anatomique, la cellule, et l'air. Nous faisons passer par nos poumons 540 litres d'air par heure, 7 à 8 mètres cubes par jour et il est difficile de supposer en présence de ces chiffres que toute modification dans sa composition, dans ses propriétés physiques et chimiques n'ait pas un retentissement sur l'économie. Aussi les croyances populaires ont-elles cherché de tous temps dans le plus ou moins de pureté du fluide gazeux qui nous entoure la cause de la plupart des maladies populaires.

I. — Composition chimique de l'air.

L'air présente la composition suivante.

	En volume	en poids p. 100.
Oxygène	20.99	23.01
Azote	78.98	75.99
Acide carbonique	0,03 à 0.04	
Vapeur d'eau	0.96	

Cette composition, sauf pour la vapeur d'eau dont la proportion varie dans de larges limites, se montre à peu près constante, quel que soit le point du globe où le gaz a été recueilli, à la condition qu'il ait été pris à l'air libre et à la pression normale de 0,760. Les variations un peu considérables de la pression atmosphérique, telles que celles déterminées par les différences d'altitudes, les obstacles apportés au renouvellement de l'air des espaces clos peuvent en revanche, ainsi que nous le verrons plus loin, modifier notablement la proportion de ces divers éléments.

A. — **Oxygène**. — L'oxygène est, au point de vue biologique, l'élément actif de l'air. C'est lui qui se fixe sur les globules du sang pour former avec l'hémoglobine une combinaison instable, l'oxyhémoglobine. Celle-ci est réduite dans les capillaires et cède aux éléments anatomiques son oxygène destiné à subvenir aux combustions organiques. La quantité d'oxygène absorbé dans un temps donné dépend de l'activité des échanges interstitiels. Un homme adulte bien portant et au repos consomme en moyenne 822 grammes, ou 575 litres d'oxygène dans les 24 heures. Cette proportion s'élève à 1010 grammes ou 700 litres si l'individu se livre à un travail musculaire. (Voit et Pettenkofer).

A l'air libre et à la pression normale les variations dans la proportion d'oxygène se maintenant dans d'étroites limites et ne dépassant pas 0,81 0/0, l'hygiène n'a pas à en tenir compte. Il n'en est pas de même dans les espaces clos où l'air se renouvelle difficilement. Dans les grottes naturelles, dans les mines la proportion d'oxygène descend parfois à 16 et 15 0/0. Nous avons vu plus haut que l'air du sol est en effet beau-

coup plus pauvre en oxygène que l'air atmosphérique, et c'est cet air qui remplit les cavités souterraines.

Dans les habitations, dans les salles où se réunissent un grand nombre de personnes, où se trouvent des foyers allumés et dont la ventilation est défectueuse, la quantité d'oxygène peut aussi diminuer notablement ; mais comme cette diminution se complique presque toujours d'accumulation d'autres gaz, plus ou moins toxiques, nous aurons à y revenir plus tard.

Quel que soit le rôle important que joue l'oxygène dans les phénomènes intimes de la nutrition, inspiré à l'état pur, il est impropre à entretenir la vie. Les expériences de P. Bert ont démontré qu'à cet état il agit comme un toxique et tue la cellule organique. On a même utilisé cette action pour détruire les micro-organismes, agents de fermentation ou agents pathogènes, et il est souvent employé avec avantage comme antiseptique et désinfectant sous forme d'eau oxygénée.

B. — **Ozone.** — L'ozone est un état allotropique de l'oxygène. Il est obtenu artificiellement par le passage de l'étincelle électrique à travers l'oxygène. Il se produit naturellement dans l'oxydation lente, au contact de l'air, du phosphore, de l'éther, de l'essence de térébenthine et autres huiles essentielles.

Sa présence a été constatée dans l'air ; mais les procédés employés jusqu'ici pour le déceler et le doser sont assez défectueux, et les résultats obtenus au point de vue de ses oscillations ne peuvent être accueillis qu'avec réserve.

Il agit, respiré pur, comme un gaz éminemment irritant et provoque l'inflammation des voies respiratoires. C'est un oxydant énergique qui brûle rapidement

les matières organiques avec lesquelles il se trouve en contact.

Les tentatives faites de divers côtés pour établir une relation entre ses oscillations dans l'atmosphère et la marche des épidémies n'ont pas donné jusqu'à présent des résultats bien positifs.

C. — **Azote.** — L'azote représente l'élément passif de l'air. La quantité que nous en absorbons chaque jour prouve qu'il n'est nullement toxique, mais il est inerte et est tout à fait impropre à entretenir la respiration et la vie. Il a cependant un rôle utile à jouer puisque nous avons vu plus haut que l'oxygène respiré seul agit comme un poison. Les variations qu'il éprouve, peu considérables d'ailleurs, n'ont aucune importance hygiénique.

D. — **Acide carbonique.** — L'acide carbonique est un élément à peu près constant de l'atmosphère, mais normalement et à l'air libre, il s'y trouve en très faibles quantités, 3 à 4 p. 10.000.

Les sources de l'acide carbonique de l'atmosphère sont de divers ordres.

1° Il y a d'abord le dégagement d'acide carbonique qui a lieu dans les régions volcaniques et qui provient des entrailles de la terre. Tout le monde connaît les curieux phénomènes observés dans la grotte du chien de Pouzzoles.

2° Bien autrement important est l'acide carbonique produit par la respiration des animaux et l'exhalation nocturne des végétaux.

3° Une source abondante d'acide carbonique est aussi les processus de fermentation qui s'opèrent dans les couches superficielles du sol.

4° Enfin l'acide carbonique est un des principaux gaz qui se dégagent des foyers en combution.

L'acide carbonique incessamment versé dans l'atmosphère par ces diverses sources finirait par s'y accumuler si les feuilles des végétaux ne se chargeaient, sous l'influence de la lumière solaire, de le détruire au fur et à mesure de sa production, et en s'assimilant le carbone, de restituer l'oxygène consommé par la vie animale.

1° *Variations de l'acide carbonique de l'air.* — A l'air libre, les variations d'acide carbonique sont très minimes et ne peuvent avoir d'effet sensible sur l'organisme. La proportion de CO^2 irait, d'après Fodor, en croissant de l'hiver à l'automne et ses oscillations quotidiennes ne dépasseraient pas 0, 2 a 0, 6 p. 10.000. Le maximum s'observerait pendant la nuit.

L'atmosphère des villes, contrairement à ce que l'on pouvait supposer, ne diffère guère au point de vue de la proportion de ce gaz, de celle des campagnes, 0,04 0/0, au lieu de 0,03. Grâce aux courants atmosphériques, la diffusion dans la masse gazeuse se fait en effet très rapidement. Il n'en est pas de même dans les espaces clos, habitations, salles de réunion, où l'acide carbonique produit par la respiration d'un certain nombre d'individus peut s'élever à des proportions beaucoup plus considérables. Pettenkofer a trouvé jusqu'à 0,7 0/0 dans certaines habitations, Œrtel de 0,8 à 0,94 0/0 dans une brasserie à Munich. Braud a constaté dans une salle de bal, à Paris, 0,29 0/0, dans une petite chambre à coucher, 0,46, et dans un amphithéâtre de cours après la leçon, 0,8.

La proportion que l'on trouve dans certaines mines

est encore plus considérable, puisqu'elle peut atteindre, d'après les observations d'Angus Smith jusqu'à 2,73 0/0.

2° *Effets physiologiques de l'acide carbonique.* — La question de la toxicité de l'acide carbonique, a jusqu'à ces derniers temps divisé les physiologistes. Les expériences de Demarquay qui faisait respirer impunément pendant plusieurs minutes un mélange d'oxygène et d'acide carbonique semblaient avoir définitivement établi que ce gaz était seulement impropre à entretenir la vie. Mais les recherches plus récentes de P. Bert ont prouvé que l'acide carbonique avait une action manifeste sur le système nerveux. En ralentissant et en entravant plus tard les échanges organiques par suite de son accumulation dans le sang, il diminue et finit par supprimer l'excitabilité nerveuse. Il se produit d'abord de l'anesthésie, de la parésie, et la mort arrive par inhibition du centre respiratoire sans agitation ni convulsions.

Toutefois l'acide carbonique est en somme peu toxique, et en mélange avec l'air, il peut, à la condition que l'oxygène reste à son taux normal, être supporté à assez hautes doses. Pettenkofer a pu rester pendant près d'une heure dans une atmosphère contenant 1 p. 100, de CO^2, et Forster pendant quelques minutes dans une atmosphère en contenant 4 p. 100, sans être sérieusement indisposés ni l'un ni l'autre. C'est que dans les terribles accidents provoqués par ce qu'on appelle l'air confiné, il y a, comme nous le verrons plus loin, d'autres facteurs dont le rôle paraît prédominant.

3° *Acide carbonique, mesure de la souillure de l'air.* — Ce n'est pas seulement par ses effets directs sur l'organisme, que l'acide carbonique intéresse l'hygiène.

La proportion qui existe dans l'air à un moment donné peut dans la plupart des cas donner la mesure de la souillure de l'air. Sans doute un air pauvre en CO^2 peut à la rigueur être dangereux, s'il tient en suspension des germes infectieux ; mais la réciproque n'est pas vraie, et lorsque la proportion de CO^2 s'élève à un certain taux, l'air est certainement mauvais. Nous verrons au chapitre de l'habitation, les limites dans lesquelles doit se maintenir l'acide carbonique dans les lieux clos habités.

Mais, même dans l'atmosphère libre, l'évaluation de la proportion d'acide carbonique aurait un certain intérêt, si les observations faites à Buda-Pesth, par Fodor sur les relations entre la fièvre typhoïde et les fièvres intermittentes d'une part et la quantité de CO^2 se confirment dans d'autres localités.

Nous examinerons dans le paragraphe traitant de l'analyse de l'air les procédés employés pour doser l'acide carbonique.

E. — **Vapeur d'eau. — Hygrométrie.** — La quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air est en moyenne de 0,96 ; soit 1 0/0. Mais ce n'est là qu'une moyenne qui a, au point de vue pratique, d'autant moins de valeur, que l'eau est celui des éléments normaux de l'air dont les oscillations sont les plus considérables.

On nomme *humidité absolue de l'air* le poids d'eau contenue dans un mètre cube de cet air, poids exprimé d'habitude en grammes. Lorsque l'air contient toute la quantité d'eau qu'il peut admettre, il est dit saturé. Cette quantité croît avec la température, mais est constante pour un même degré, et les physiciens ont établi des tables donnant le poids de l'eau contenue dans un

mètre cube d'air saturé pour chaque degré centigrade.

Si lorsque l'air qui est à l'état de saturation à un degré donné s'échauffe, il cesse d'être saturé et peut recevoir une nouvelle quantité de vapeur d'eau. Si au contraire il se refroidit, sa capacité pour l'eau diminuant, une partie de la vapeur d'eau qu'il contient se condense. C'est ainsi que s'explique la formation des nuages, des brouillards, de la rosée.

L'*humidité relative* ou état hygrométrique est le rapport qui existe entre le poids de l'eau que contient l'air à une température donnée et celle qu'il contiendrait à la même température s'il était saturé.

On peut l'exprimer par la formule :

$$H = \frac{p \times 100}{P}$$

p étant le poids de la vapeur d'eau fourni par l'observation directe et P, le poids de la vapeur d'eau contenue dans l'air saturé, poids donné par les tables.

Un autre élément dont il est bon aussi de tenir compte, en raison des applications pratiques qu'il peut fournir est ce qu'on nomme le déficit de la saturation, c'est-à-dire la quantité d'eau qui manque à l'air pour être saturé.

C'est lui en effet, comme le fait observer Deuck (de Hambourg), qui donne les meilleures indications sur l'action desséchante des atmosphères confinées et sur la quantité d'eau qu'il faut ajouter pour obtenir un degré d'humidité convenable dans les habitations. La notation seule de l'humidité relative est à ce point de vue tout à fait insuffisante, car à un même degré hygrométrique correspondent des quantités de vapeur d'eau tout à fait différentes, suivant la température.

1° *Oscillations journalières et annuelles de l'humidité de l'air.* — L'humidité de l'atmosphère, étant en rapports étroits avec la température, éprouve des oscillations quotidiennes assez régulières. Le degré hygrométrique, c'est-à-dire l'humidité relative, forme une courbe qui atteint son maximum dans la matinée vers 6 heures du matin, qui s'abaisse jusque vers le milieu de la journée, arrive à son minimum à 2 heures de l'après-midi et remonte ensuite jusque vers 2 heures du matin. De 2 heures à 6 heures elle est à peu près stationnaire. Elle marche donc en sens inverse de la température, tandis que l'humidité absolue marche parallèlement avec elle puisque la capacité de l'air pour la vapeur d'eau croit avec la chaleur.

Il en est de même pour les oscillations annuelles. L'humidité relative à son maximum en hiver, de novembre à janvier, et son minimum, de mai à juillet.

L'humidité varie, nous n'avons pas besoin de le dire, suivant les climats dont elle est un des facteurs importants. Aussi aurons-nous occasion d'y revenir. Nous nous bornerons à ajouter que les hygiénistes s'accordent à regarder comme la condition la plus favorable à la santé une demi saturation correspondant à 72° d'humidité relative, ou à 6 gr. 4 d'humidité absolue à 15°.

2° *Effets physiologiques de l'humidité de l'air sur l'organisme.* — Les oscillations de l'humidité de l'air ont une influence manifeste sur l'organisme, en particulier sur les fonctions de la peau et des organes respiratoires par lesquels s'élimine une partie de l'eau absorbée par l'économie. Mais cette étude ne peut être séparée de celle de la température à laquelle elle est intimement liée.

3° *Hygromètre. — Psychromètre.* — Le degré d'humidité relative de l'air est déterminé au moyen de l'hygromètre à cheveu de Saussure décrit dans tous les traités de physique.

La demi saturation correspond, non à la division 50, mais à la division 72. En prenant en même temps la température, il est facile d'avoir au moyen des tables l'*humidité absolue.*

On obtient des indications plus exactes avec le psychromètre qui consiste en deux thermomètres, l'un sec, l'autre mouillé, placés côte à côte, et dont l'on prend simultanément la température. La différence de température de ces deux thermomètres donnera au moyen de tables que l'on trouve dans tous les traités de météréologie, le degré hygrométrique correspondant.

F. — Eléments accidentels de l'atmosphère. — *Ammoniaque. — Acide nitrique.* — C'est à peine si l'on peut donner l'épithète d'accidentels à ces deux corps, car leur présence est à peu près constante dans l'atmosphère. Mais ils s'y trouvent en quantités si infinitésimales, le premier de 1 à 5 milligrammes, le second de 0,3 à7 milligrammes pour 100 mètres cubes d'air qu'ils ne peuvent avoir aucune influence sur l'organisme. On les trouve aussi, mais en proportions plus considérables (de 2 à 6 milligrammes environ par litre d'eau) dans l'eau de pluie d'orage.

Ces deux éléments de l'air, qni ont un rôle important en agriculture comme sources d'azote, n'intéressent l'hygiène qu'en ce qu'ils peuvent fournir quelques indications sur l'activité de fermentations organiques du sol.

G. — Altérations de l'air par divers gaz. — Dans l'atmosphère libre on ne rencontre guère que les éléments que nous venons d'énumérer.

Ce n'est que dans des circonstances exceptionnelles, toujours locales ou temporaires (régions volcaniques, sources thermales, marais, voisinage d'amas de substances organiques en putréfaction, voisinage d'établissements industriels) que l'on constate la présence d'autres gaz, et ils s'y trouvent en général à un état assez grand de dilution, pour ne présenter d'autres inconvénients que l'incommodité qui peut résulter de leur odeur.

Il en est tout différemment dans les atmosphères confinées où ils peuvent déterminer des accidents aigus ou chroniques plus ou moins graves que nous aurons à étudier plus tard, à propos de l'hygiène des habitations et de l'hygiène professionnelle.

A. — **Analyse chimique de l'air.** — Il ne saurait être question pour l'hygiéniste de faire l'analyse quantitative des divers éléments qui entrent dans la composition de l'air. Cette analyse est du ressort de la chimie et ne présenterait guère d'ailleurs d'intérêt pour lui. Mais nous avons vu que l'acide carbonique pouvait donner la mesure de la souillure de l'air, qu'il en était en quelque sorte le thermomètre. Il importe donc de pouvoir déterminer à un moment donné par un procédé simple, rapide, et à la portée des médecins non familiarisés avec les recherches rigoureuses de laboratoire la proportion de CO^2 contenu dans l'air. Les procédés les plus employés sont celui de Pettenkofer modifié par Hesse, celui d'Angus Smith reposant l'un et l'autre sur la transformation de l'eau de baryte en carbonate de baryte sous l'influence de l'acide carbonique de l'air.

Bien que le procédé d'Angus Smith, dit procédé minimétrique ne soit pas à proprement parler une méthode de précision, il est d'un emploi si commode et si simple que tous les médecins appelés à s'occuper un peu d'hy-

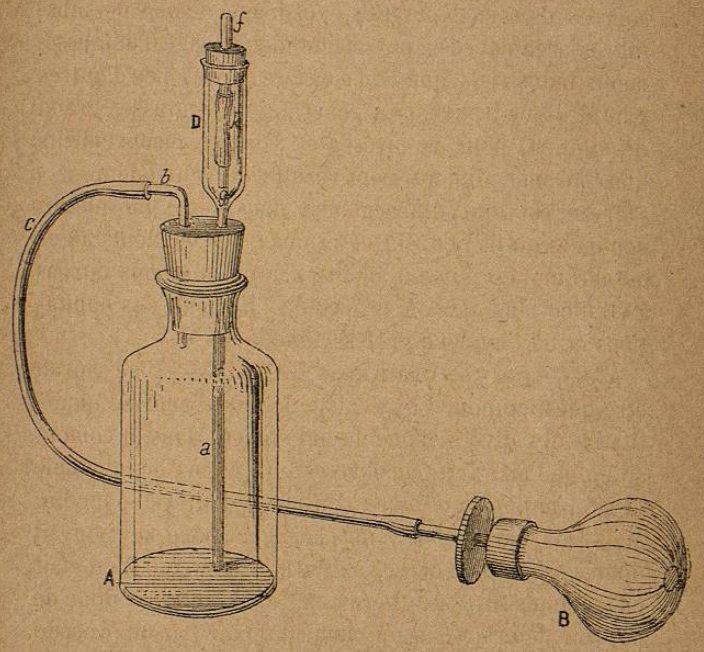

Fig. 1. — Appareil minimétrique d'Angus Smith pour le dosage de CO^2 de l'air.

giène publique doivent le connaître et être à même de s'en servir au besoin.

L'appareil se compose d'un flacon A de 50 centil. dans lequel on verse 7 centil. d'eau de baryte (6 gr. p. 1.000).

Ce flacon reçoit un bouchon de caoutchouc traversé par deux tubes, l'un *a* plongeant dans l'eau de baryte, par lequel pénètre l'air à analyser, l'autre *b* dont l'extrémité inférieure dépasse seulement un peu le bouchon reçoit à son extrémité supérieure recourbée le tube de caoutchouc *c* d'une poire Richardson B. Sur ce tube de caoutchouc est pratiquée près de son extrémité une fente longitudinale.

En pressant la poire, l'air s'échappe par la fente sans pénétrer dans le flacon, mais lorsque en vertu de son élasticité, cette poire reprend sa capacité primitive, il se produit une aspiration qui a pour résultat de fermer la fente du tube et de déterminer par suite un appel de l'air extérieur qui vient barboter dans l'eau de baryte.

Ce mouvement alternatif aspirant et foulant est répété jusqu'à ce que le trouble provoqué dans la liqueur d'épreuve par CO^2 de l'air qui entre dans le flacon atteigne un certain degré, jusqu'à ce que, par exemple, on ne puisse plus voir, au travers, une croix noire tracée sur un papier placé sur la face opposée du flacon.

Ce trouble se produira évidemment d'autant plus rapidement que l'air contiendra une plus forte proportion de CO^2, et en ayant soin de compter le nombre des mouvements, *des coups de pompe*, on pourra déterminer approximativement cette proportion.

Angus Smith, après de nombreux essais comparatifs, est arrivé aux résultats suivants :

4	mouvements	correspondent à	2.20	p. 1.000
5	»	»	1.76	»
6	»	»	1.48	»
7	»	»	1.26	»
8	»	»	1.10	»

9	mouvements	correspondent à	0.98	p. 1000.
10	»	»	0.88	»
11	»	»	0.80	»
12	»	»	0.74	»
13	»	»	0.68	»
14	»	»	0.63	»
15	»	»	0.58	»
16	»	»	0.54	»
17	»	»	0.51	»

Tout récemment Wolpert a fabriqué un petit appareil qui rendrait ces recherches encore bien plus faciles, puisqu'il indiquerait de lui-même, sans aucune manipulation, la proportion de l'acide carbonique. Il est basé sur la propriété qu'ont les solutions alcalines colorées en rouge par la phénolphtaléine de se décolorer sous l'influence de ce gaz.

L'instrument se compose d'une simple cordelette de lin incessamment imbibée par la solution alcaline qui s'écoule goutte à goutte d'un réservoir situé au-dessus. La décoloration de cette cordelette aura lieu sur une étendue proportionnée à la richesse de l'atmosphère en CO^2, et par une série d'essais on peut parvenir à déterminer avec une approximation suffisante la longueur correspondante à telle et telle proportion et à graduer ainsi l'appareil. Si l'instrument imaginé par l'hygiéniste allemand donne en effet des indications suffisamment exactes, il pourra rendre de grands services, quand il s'agit de se rendre rapidement et fréquemment compte des degrés de souillure de l'air d'une pièce habitée (chambrées de casernes, salles d'hôpital, de réunion, théâtre).

II. — Poussières de l'air.

L'atmosphère contient toujours en suspension une certaine quantité de poussières, 6 à 8 milligrammes

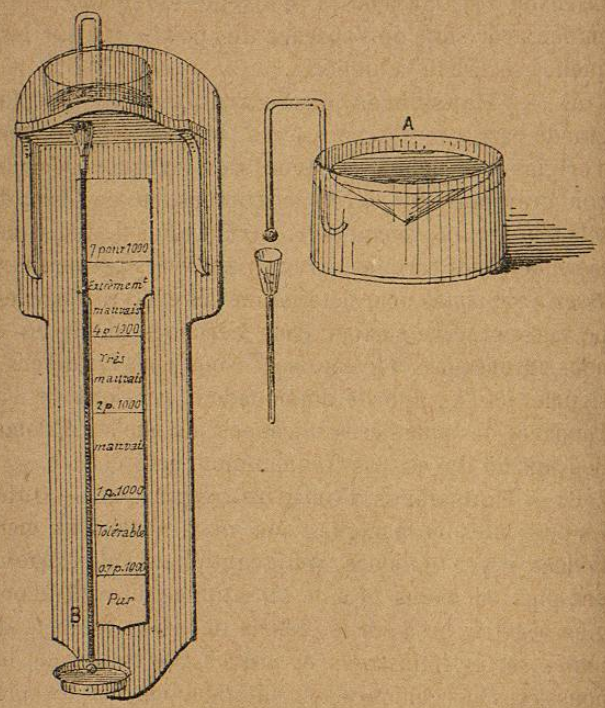

Fig. 2. — Appareil de WOLPERT pour le dosage de CO^2 de l'air

environ par mètre cube. Une élégante expérience de Tyndall rend pour ainsi dire visible et palpable le phénomène. Il place sur le trajet d'un rayon lumineux

pénétrant dans une chambre obscure par une ouverture pratiquée dans le volet, une caisse rectangulaire close, à parois munies de glaces, enduites de glycérine. Si l'on maintient cette caisse à l'abri de tout ébranlement, les poussières ne tardent pas à se déposer sur la glycérine. Le rayon disparaît alors à ce niveau, est comme coupé en deux par suite de l'absence des poussières sur lesquelles se réflète la lumière.

A. — **Poussières inorganiques.** — La plus grande partie de ces poussières (les 2/3 environ), sont d'origine inorganique. Ce sont des particules de charbon provenant des foyers en combustion, de silice, de sels terreux, provenant de la surface du sol, de fer météorique. Dans certains cas ces poussières peuvent être assez abondantes pour déterminer des effets pathogènes. Le fait s'observe surtout dans certaines industries et nous aurons alors à les étudier. Nous nous bornerons à signaler ici l'insalubrité du macadam, par suite de l'abondance des poussières siliceuses auxquelles il donne lieu, quand il n'est pas fréquemment arrosé.

B. — **Poussières d'origine organique.** — Outre les particules inorganiques que nous venons de mentionner, il y a toujours, voltigeant dans l'atmosphère, une plus ou moins grande quantité de filaments d'origine végétale ou animale, débris de tissus, déchets de toutes sortes, industriels et autres. De même que les poussières inorganiques, leur introduction dans les voies respiratoires peut déterminer à la longue certains troubles morbides, certaines affections professionnelles chez les personnes qui vivent habituellement au milieu de ces poussières.

L'atmosphère, celle des campagnes en particulier,