CHAPITRE III

L'ATMOSPHÈRE

L'air atmosphérique exerce une action continuelle sur notre organisme. L'oxygène qu'il renferme est de tous les éléments le plus indispensable à la vie, celui dont le besoin est incessant. Théoriquement l'air est un mélange et non une combinaison d'azote et d'oxygène, ce dernier entrant pour 1/5e environ (21 p. 100). Mais normalement on trouve également dans l'air d'autres gaz ou vapeurs dont les variations sont importantes à connaître : l'acide carbonique, l'ammoniaque, l'acide nitrique l'acide nitreux et la vapeur d'eau. Les autres composés gazeux, que l'on trouve parfois dans l'air, n'y sont qu'à titre accidentel : hydrogène sulfureux, sulfhydrate d'ammoniaque, oxyde de carbone, etc.

§ 1. — Composition de l'air atmosphérique

L'analyse chimique de l'air, faite en dehors des grandes agglomérations et sur les différents points du globe, montre une constance remarquable. Dans les grandes villes et surtout dans les centres industriels, la composition de l'air est nécessairement modifiée, mais dans des proportions très faibles. A. Gauthier a dosé les quantités de carbone contenus dans 100 litres d'air pris à Paris, dans les bois, sur la montagne et en pleine mer ; et obtenus les chiffres suivants :

	Paris (centre).	Bois.	Pyrénées 2.400m.	Pleine mer.
C. p. 100 litres . . .	30mgr,25	3mgr,44	0mgr,66	Traces

Ainsi l'air de Paris contient soit à l'état de carbures d'hydro-

gène, soit à tout autre état, 6 fois plus de carbone que l'air des bois et 21 fois plus que l'air des hautes montagnes.

1° Azote et argon. — L'azote qui constitue les 4/5e (79 p. 100) de l'air atmosphérique joue un rôle essentiellement modérateur ; il est inexact toutefois de dire qu'il pourrait être remplacé par tout autre gaz indifférent. Son utilité ne consiste pas simplement à diluer l'oxygène atmosphérique qui à l'état pur constituerait un véritable milieu dangereux ; mais s'il ne joue pas un rôle actif et immédiat dans la vie des animaux (ce qui est encore douteux), il en est tout autrement pour les plantes qui prennent soit directement, soit principalement par l'intermédiaire des bactéries, une partie de leur azote dans l'atmosphère.

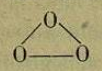
La découverte d'un nouveau corps, constituant, de l'atmosphère : l'*argon*, par Rayleigh et Ramsay (1895), très importante au point de vue scientifique, ne saurait encore préoccuper l'hygiéniste. Ce corps, simple ou complexe, le point n'est pas encore élucidé, d'une densité assez élevée, soluble dans l'eau, n'a pas encore pu être étudié au point de vue de son action physiologique. Peut-être des expériences ultérieures démontreront-elles que son nom d'*argon* (α.εργον, qui n'agit pas) doit être changé.

2° Oxygène. — La teneur de l'air en oxygène est remarquablement constante. Les analyses faites à Paris, à Berlin, sur l'océan, donnent toutes un chiffre constant de 20, 91 ; la troisième décimale seule diffère.

Dans les espaces clos, cette teneur peut s'abaisser, mais dans les appartements, la diminution est toujours excessivement faible : 20,74 dans un théâtre, 20,70 sous un tunnel (Smith). Dans les mines, quand la ventilation n'est pas suffisamment assurée, par suite des combustions lentes et même des combustions vives comme les explosions de poudre, la proportion peut descendre à des chiffres très bas, 17,50 dans les mines de Cornouailles. Dans les mines de cuivre de Huelgoat, les mineurs travaillent quelquefois dans une atmosphère ne renfermant que 15,5 d'oxygène. C'est là un chiffre minimum pour un séjour pro-

longé et quand on descend à une proportion de 10 p. 100, tout séjour est impossible.

3° Ozone. — Sous des influences diverses, mais principalement par suite des effluves électriques atmosphériques, l'oxygène subit une transformation spéciale, une véritable condensation de ses atomes. On peut admettre que l'oxygène ordinaire étant constitué par deux atomes réunis en une molécule (O = O), l'ozone est constitué par deux atomes, chacun des atomes étant lié par deux affinités aux atomes voisins.



Cette conception suffit pour faire entrevoir le peu de stabilité de l'ozone, ses molécules étant faiblement liées entre elles. Et en effet, l'ozone est un oxydant énergique, agissant à froid sur des composés organiques ou non, que l'oxygène ne saurait oxyder. Ces propriétés oxydantes énergiques ont fait attribuer à l'ozone des propriétés physiologiques spéciales. Si ce corps a trouvé des détracteurs, voyant un danger, une action nocive dans cette puissance même d'oxydation, il a trouvé encore plus de défenseurs, qui ont voulu utiliser ses propriétés dans un but thérapeutique.

Une atmosphère riche en ozone constituerait, d'après eux, un milieu extrêmement favorable. Cette question reste encore loin d'être tranchée; jusqu'ici l'utilisation des propriétés de l'ozone a surtout été exploitée avec trop de fracas et de réclame pour que l'on puisse conclure de la plupart des résultats annoncés.

Il est facile, grâce au développement de l'industrie électrique, de produire de grandes quantités d'ozone.

Réaction et dosage de l'ozone. — En présence de l'ozone, l'iodure de potassium est décomposé et l'iode mis en liberté. Schönbein a utilisé cette propriété pour reconnaître et même doser l'ozone dans l'atmosphère. Un papier imbibé de colle d'amidon ioduré, exposé dans un milieu renfermant de l'ozone, vire au bleu. Si l'on a soin de placer le papier dans une sorte de tube ou de boîte ouverte aux deux bouts et qu'on laisse le papier un temps déterminé, on peut, d'après la nuance obtenue, juger de la

richesse relative en ozone de l'endroit. Ce procédé, on le conçoit, n'a rien de précis.

Les recherches de Christmas (1893) ont montré que les prétendues propriétés bactéricides de l'ozone atmosphérique n'existaient pas. Dans un milieu renfermant 0gr,05 par litre et irrespirable, les cultures n'étaient pas influencées, la viande se putréfiait.

Quant aux relations entre les épidémies et les variations de l'ozone, il n'existe encore aucunes données sérieuses à ce sujet.

4° Acide carbonique. — L'acide carbonique se trouve toujours, quoique en quantité généralement très faible, dans l'air : 0,0004 p. 100 ; on doit donc le considérer comme un de ses constituants normaux.

Les principales sources de production de l'acide carbonique de l'atmosphère sont :

1° Le sol ; Poggendorf a calculé que la quantité d'acide carbonique fourni par le sol représentait plus des 9/10e de la production totale, et il admettait que s'il n'existait pas des causes permanentes de réduction, il suffirait de trois cent quatre-vingts ans pour doubler la proportion actuelle. Cet acide provient presque en totalité des combustions lentes qui se produisent à la surface du sol;

2° La respiration des animaux ;

3° Les processus de combustion artificielle ;

4° Les fermentations :

5° La combustion des carbonates de chaux et leur transformation en chaux vive ;

6° L'abandon de l'acide carbonique tenu en solution dans certaines eaux.

L'acide carbonique étant plus lourd que l'air, D = 1,52, a tendance à séjourner dans les parties basses des endroits où il se forme si les courants d'air ne viennent pas assurer son mélange et sa diffusion avec l'air.

Il est très soluble dans l'eau, puisque 100 volumes d'eau à 0° dissolvent 180 volumes de CO^2, la chaleur le chasse de ces dissolutions et d'autre part si la pression est augmentée, les eaux peuvent en renfermer un volume bien plus considérable, comme

certaines eaux de sources minérales, par exemple. Cette richesse en acide carbonique a une autre conséquence ; grâce à sa présence, ces eaux peuvent garder en suspension de grandes quantités de carbonates de chaux ou de magnésie.

Malgré la production incessante d'acide carbonique, la quantité observée dans l'air ne paraît pas varier avec le temps. Au contraire, l'observation des flores disparues fait supposer qu'aux périodes jurassiques et crétacées, la richesse de l'air en acide carbonique était plus considérable. C'est grâce à l'action réductrice de la chlorophylle, que le chiffre d'acide carbonique et d'oxygène est maintenu dans une limite constante.

Il existe cependant certaines fixations d'oxygène, qui paraissent échapper au cycle de mutation perpétuelle, telles, par exemple, les transformations des oxydes en sesquioxydes. Mais la masse d'air est telle que, même en supposant l'arrêt de la fonction réductrice des plantes, les hommes au nombre de 1 milliard, consommant chacun 1 kilogramme d'oxygène par jour, les animaux et les oxydations en exigeant quatre fois plus ; au bout de cent ans, la diminution de l'oxygène serait de 1/8.000°, variations inappréciables avec la méthode eudiométrique la plus exacte.

Dosage de l'acide carbonique. — Les procédés rigoureux employés pour l'analyse de l'air dans les laboratoires ne peuvent être employés en hygiène. Il est du reste inutile de déterminer avec une grande précision la richesse en acide carbonique et nous ne signalerons ici que les procédés pratiques, permettant une lecture rapide et pouvant par suite être répétés fréquemment.

Procédé de Pettenkofer. — Trois solutions, une barythe hydratée à 7 p. 1.000, une d'acide oxalique à 2,86 p. 1.000, 1 centimètre cube de solution acide correspond à un milligramme d'acide carbonique. Solution de phtaléine qui se colore en rose en milieu alcalin. — Dans un flacon de 5 litres on fait passer à l'aide d'un soufflet un courant d'air, puis on verse une quantité donnée de la solution barytique, colorée avec de la phtaléine, on agite dix minutes, l'acide carbonique est absorbé, et à l'aide d'une pipette graduée on ajoute la solution oxalique, jusqu'à

décoloration. Un calcul permet de déterminer ainsi la quantité de baryte neutralisée par l'acide carbonique de l'air contenu dans le flacon.

L'appareil de Schulz d'Erlangen, que nous avons utilisé dans le laboratoire du professeur Rosenthal, est très simple et très pratique.

Il comprend : 1° un aspirateur composé d'un cylindre de verre gradué, en communication avec sa partie inférieure avec un flacon que l'on peut élever et abaisser à volonté ; 2° un barboteur formé d'une éprouvette fermée par un bouchon à deux trous, dans l'un pénètre un tube plongeant jusqu'au fond, effilé à sa pointe capillaire et communiquant par sa partie supérieure avec l'air ; le tube du second trou est en communication avec l'aspirateur. On remplit l'éprouvette avec 20 centimètres cubes d'une solution de carbonate de soude normale colorée avec la phénalphtaléine, et l'aspirateur étant rempli (en élevant le flacon mobile) il suffit d'abaisser ce dernier pour déterminer un appel d'air par le tube effilé. Quand la décoloration se produit, on note le nombre de centimètres cubes d'air passés, en lisant le niveau de l'eau dans l'aspirateur gradué. Un simple calcul, ou la lecture d'une table construite *ad hoc*, suffit pour connaître la teneur en acide carbonique par mètre cube.

Cet appareil nous paraît supérieur à celui connu sous le nom de procédé minimétrique de Smith et qui repose en somme sur le même principe : la quantité minima d'air pour saturer un milieu barytique donné. Dans un ballon renfermant une solution titrée de baryte, on injecte l'air à l'aide d'une poire en caoutchouc jusqu'à ce que l'on observe un trouble *decided*, le nombre de pressions sur la poire indique la plus ou moins grande richesse en acide carbonique.

L'acide carbonique n'est pas un gaz très dangereux, en ce sens que l'homme peut respirer sans être incommodé dans un milieu renfermant 10 p. 100 d'acide carbonique, mais sous la condition expresse que la tension de l'oxygène, ne soit pas trop basse, c'est-à-dire que l'air renferme encore 14 p. 100 d'oxygène.

5° Oxyde de carbone. — L'atmosphère des villes renferme

nécessairement des traces d'oxyde de carbone. La faible quantité d'oxyde de carbone déversée par les foyers multiples accumulés dans les villes explique seulement la présence de ce gaz. GAUTHIER calcule qu'il est versé par mètre carré du sol de Paris huit litres d'oxyde de carbone en vingt-quatre heures, heureusement ce gaz diffuse rapidement ; NICLOUX a signalé la présence constante de l'oxyde de carbone dans le sang des chiens parisiens.

6° Ammoniaque. — L'ammoniaque de l'air est toujours en très faible proportion, de 1 à 5 milligrammes par mètre cube. A cette dose il est absolument inoffensif. Nous verrons plus loin son danger, quand il s'accumule dans les espaces clos.

7° Acides. — L'acide nitrique existe en petite quantité dans l'air, il se produit sans doute pendant les orages, sous l'action puissante de l'électricité atmosphérique. L'acide nitrique ainsi formé se combine à l'ammoniaque, et les nitrates d'ammoniaque, précipités par les pluies, apportent aux plantes une réserve d'azote.

Dans le voisinage des villes, on trouve souvent de l'acide sulfurique, qui provient presque en totalité de la combustion dans les foyers d'usines de charbon renfermant des composés sulfurés. Quelquefois, l'air est assez acide pour faire virer au rouge le papier de tournesol bleu. A Lille, LADUVEAU a trouvé par un temps calme jusqu'à 2 centimètres cubes d'acide sulfurique par mètre cube d'air.

8° Vapeur d'eau. — La quantité de vapeur d'eau qui existe dans l'air est très variable, elle dépend de deux facteurs principaux : l'un local, géographique pour ainsi dire, la nature de la contrée, l'autre essentiellement variable, la température.

Dans les endroits secs, privés de cours d'eau comme le désert, la quantité de vapeur d'eau est nécessairement très limitée. Au contraire, dans les contrées humides, au-dessus ou près des grandes collections liquides, mers et lacs, la quantité de vapeur d'eau dépend de la température,

Au contact d'une nappe liquide, l'air est nécessairement saturé,

c'est-à-dire qu'il renferme le maximum de vapeur qu'il peut contenir à cette température. Tout abaissement thermométrique déterminera dans ce cas une certaine condensation de vapeur.

Il y a lieu de distinguer l'*humidité absolue*, l'*humidité relative*, la tension de vapeur et le *déficit de saturation*. L'*humidité absolue* est le poids d'eau, exprimé en grammes, contenu à l'état de vapeur dans un mètre cube. L'*humidité relative*, ou *état hygrométrique* H est le rapport entre : le poids d'eau contenu dans un mètre cube d'air à une température déterminée (humidité absolue) p, et le poids d'eau contenu dans un mètre cube d'air à la même température, mais au point de saturation P.

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

Le *déficit de saturation* représente la différence entre le chiffre de saturation et celui de l'humidité absolue.

$$D = P - p.$$

C'est ce déficit de saturation, qui est réellement utile à connaître, car à sa seule détermination on peut juger la quantité d'eau manquante pour obtenir une humidité convenable.

La *tension de la vapeur d'eau* est la force élastique de la vapeur d'eau à une température donnée, indiquée en millimètres de mercure.

A 0°, la tension est encore de $4^{mm},6$; pour atteindre $12^{mm},7$ à 15° et 760 millimètres à 100°.

Dosage de la vapeur d'eau. — Pour déterminer l'humidité de l'atmosphère, il existe plusieurs procédés. Le plus exact, mais aussi le plus délicat et le plus long, est le *procédé chimique*. On fait barboter un volume connu d'air dans des récipients remplis de pierre ponce imbibée d'acide sulfurique. En procédant avec lenteur, toute la vapeur d'eau est absorbée et l'augmentation de poids des récipients correspond au poids de la vapeur d'eau et donne ainsi l'humidité absolue.

Les hygromètres qui reposent sur la tension de torsion de substances organiques (cheveu, corde à boyau, plaque de corne),

sous l'influence des variations de l'humidité atmosphérique donnent des résultats peu exacts, mais quelquefois suffisants, ils sont gradués en disposant les appareils dans des milieux, soit complètement desséchés, soit saturés à 15°. Les indications intermédiaires doivent également être déterminées expérimentalement, car elles ne sont nullement proportionnelles aux degrés d'humidité.

Les hygromètres à condensation donnent des indications précises, on emploie de préférence le psychromètre qui consiste en deux thermomètres : l'un sec, l'autre entouré d'une enveloppe de gaz constamment humectée et exposée à l'évaporation. La différence de température des deux thermomètres $(t-t')$ permet d'établir le degré hygrométrique en utilisant la formule simplifiée de JAMAIN.

$$x = F - 0{,}000635\ (t - t')\ H$$

F étant la tension de la vapeur à la température de saturation, H la pression atmosphérique.

Les hygromètres permettent de déterminer le point de rosée, c'est-à-dire de noter la température à laquelle se fait la condensation de la vapeur d'eau atmosphérique et par suite la tension même de cette vapeur à la température de l'atmosphère. Les hygromètres de DANIELL, de REGNAULT sont construits dans ce but. Leur principe est le suivant : on refroidit une boule brillante (renfermant un thermomètre) par évaporation de l'éther jusqu'à ce que la surface se ternisse par la condensation. On note la température de la surface à ce moment.

La connaissance du point de rosée peut servir à pronostiquer le temps. Si on trouve, par exemple, un soir d'été, que la température étant de 12°, le point de rosée se produit à 10°, on peut annoncer de la pluie le lendemain. Pendant les nuits d'été, la température baisse environ de 2 à 3°; il y a donc toute probabilité pour qu'il y ait condensation dans l'atmosphère.

Oscillations de l'humidité. — Les oscillations de l'humidité absolue et de l'humidité relative présentent une marche inverse, toutes deux, mais en sens contraire, subissant les influences des variations thermiques.

L'humidité absolue marche parallèlement avec la température; sur le bord de la mer elle a son maximum vers midi. Dans les terres, elle présente deux maxima, vers 8 heures du matin et du soir. L'humidité relative atteint, au contraire, son minimum vers 3 heures du matin.

La moyenne annuelle en France est légèrement supérieure à la demi-saturation, 72 p. 100 d'humidité relative correspondant à $6^{gr},4$ d'humidité absolue.

Évaporomètres. — Les hygromètres nous donnent des indications sur l'humidité de l'atmosphère, les évaporomètres ou atmomètres ont également leur utilité. Ils nous font connaître la rapidité de l'évaporation en un point donné et en un temps donné. L'évaporomètre de PSESTEL consiste en une cuve plate, sur laquelle est monté un tube de verre gradué, fermé à son extrémité supérieure et portant à son extrémité inférieure un orifice latéral, placé à la hauteur de la surface du liquide dans la cuve. On remplit le tube, on le renverse plein dans la cuve, après l'avoir fixé, on ouvre le pertuis latéral. Lorsque par évaporation le niveau baisse dans la cuve, une petite quantité d'eau s'échappe par le trou latéral et est remplacée par de l'air. Le niveau reste constant dans la cuve et il suffit de lire le volume d'air entré dans le tube.

§ 2. — TEMPÉRATURE DE L'ATMOSPHÈRE

La température de l'atmosphère a nécessairement pour origine la chaleur solaire, mais étant donnée la faible chaleur spécifique de l'air (0,26), les oscillations thermiques se produisent rapidement.

1° Mesures de la température : thermomètres ou thermographes. — Pour prendre la température de l'atmosphère, il est nécessaire de recourir à certaines précautions, si l'on veut écarter certaines causes d'erreurs. Il faut éviter en effet, que le thermomètre ne s'échauffe par suite d'une absorption directe de

calorique, s'il est exposé au soleil, par conductibilité, s'il est en contact avec des corps susceptibles d'emmagasiner eux-mêmes du calorique. Le thermomètre doit être placé dans un endroit à l'abri du soleil et des vents. Un simple toit et un rideau d'arbres verts constituent un excellent poste thermométrique, en ayant soin de placer l'appareil à $1^m,50$ du sol. Pour les mesures rapides, dans un endroit quelconque, il suffit de fixer une corde à un thermomètre et de lui imprimer un rapide mouvement de giration (thermomètre fronde d'Arago).

En météorologie on tend de plus en plus à substituer aux appareils exigeant une lecture incessante, des appareils enregistreurs. Ces appareils, grâce aux perfectionnements qui y ont été apportés, notamment par Richard frères en France, ont contribué grandement aux progrès de la météorologie. Ils donnent des indications continues, permettent de suivre la marche graduelle des variations atmosphériques, peuvent être laissés dans des endroits non habités (observatoire du mont Blanc), ne sont jamais surpris par une perturbation brusque (appareil sismographique pour les tremblements de terre), enfin évitent les inconvénients qui résultent du voisinage de l'observateur au moment de la lecture des appareils ordinaires.

Les lectures journalières et mieux, les graphiques obtenus par les thermographes permettent de reconnaître les oscillations de la température de l'atmosphère.

On obtient ainsi un certain nombre de données :

La *moyenne journalière* calculée en divisant la somme des températures des vingt-quatre heures par ce nombre ; un certain nombre de bulletins donnent comme moyenne journalière, la moité de la somme du maximum et du minimum de la journée. Ce chiffre n'a aucun intérêt.

La *moyenne mensuelle*, d'après la moyenne journalière;

L'*oscillation annuelle*, représentant l'écart entre la moyenne du mois le plus froid et la moyenne du mois le plus chaud ;

L'*oscillation mensuelle*, l'écart entre la moyenne du jour le plus froid et la moyenne du jour le plus chaud du mois;

L'*oscillation diurne*, l'écart entre le maximum et le minimum de chaque jour.

Au point de vue de l'hygiène, les moyens thermiques sont à peu près négligeables : ce sont les écarts de température, soit brusques, soit graduels et périodiques qui exercent le plus d'influence sur les conditions de la vie.

Un certain nombre de causes viennent influencer les oscillations, et il est facile de s'en rendre compte en étudiant les courbes des *lignes isothermes*.

On désigne sous ce nom les lignes formées en réunissant sur les différents points du globe les pays ayant même moyenne annuelle. Il serait impossible de réunir par des lignes semblables les régions de mêmes oscillations diurnes.

2° Influence de la latitude. — En observant les lignes isothermes, on voit qu'elles subissent évidemment l'influence de la latitude, mais sans s'y conformer absolument. L'équateur thermique ne coïncide pas avec l'équateur géographique, bien que ce soit en ce point où les rayons caloriques solaires tombent perpendiculairement. La ligne isotherme de 28°, qui est la ligne équatoriale en question, ne quitte l'hémisphère nord qu'en un point vers la presqu'île de Malacca.

En règle générale, les lignes isothermes aussi bien en Amérique que dans l'ancien monde, ont une tendance, en allant de l'ouest à l'est, à s'incliner vers le sud, après s'être élevée dans leur passage à travers l'océan Atlantique.

On obtient assez exactement la moyenne annuelle de l'année en prenant la température d'une cave profonde ou encore, sauf quelques exceptions, en plongeant un thermomètre dans une source.

La ligne isotherme maximale (l'équateur thermique) est le 28°, la ligne minima, ou plutôt la région minima au moins pour l'hémisphère nord paraît être au nord de la Sibérie par le 70e parallèle (— 15°). Les régions australes sont encore trop peu connues pour que les lignes isothermes puissent y être tracées.

Les lignes isothères (lignes de même température estivale et les lignes isochimènes (lignes de même température hivernale) sont intéressantes également, car elles permettent de se

rendre compte des oscillations thermiques remarquables entre deux points placés sous la même latitude.

3° Influence des mers. — La seule inspection des lignes isothermes suffit pour montrer l'influence des grandes masses d'eau sur la régularisation de la température. La chaleur spécifique de l'eau fait des mers de vastes et puissants régulateurs de la température de l'atmosphère. Les régions maritimes, les îles surtout ont une température presque constante, lignes isothères et isochimènes se confondent presque, l'oscillation annuelle étant des plus faibles, alors que dans l'intérieur des terres cet écart est considérable.

	MAXIMUM	MINIMUM	OSCILLATION
Reikiavick (Islande)	+ 8,1	— 16°	14,1
Monach (îles Hébrides)	+ 12,5	+ 6,1	6,7
Moscou	+ 19,2	— 10,9	30,1
Yakoutsk	+ 14	— 39	53
Paris	+ 14,37	— 2,13	16,5

Mais le voisinage de la mer n'est pas seul en cause, il faut encore signaler l'énorme influence exercée par les courants sous-marins. Les eaux chaudes du golfe du Mexique, apportées par le *Gulf-stream*, déterminent précisément l'élévation des lignes isothermes de l'Europe occidentale, alors que l'abaissement de ces mêmes lignes, et surtout des lignes isochimènes sur la côte occidentale des États-Unis, est causé par les courants glacés qui descendent des icefields groenlandais.

Les Yankees, pour éviter à New-York la rudesse de ses hivers, ne proposent pas moins de détourner le grand courant groenlandais ?

Les masses d'eau jouent encore un grand rôle en contribuant à maintenir l'humidité de l'atmosphère. La vapeur d'eau de l'air constitue elle-même un régulateur de l'atmosphère, elle absorbe du calorique pour se vaporiser ou même simplement élever sa température, elle en restitue en se refroidissant et en se condensant. Ce sont dans les pays secs (Sahara) que les refroidissements des nuits acquièrent leur plus grande intensité.

4° Influence de l'altitude. — L'échauffement de l'air ayant lieu beaucoup plus par contact et rayonnement du sol que par absorption directe des calories, la température s'abaisse avec l'altitude. Rendu admet que cette chute est de 1° par 220 mètres en hiver, 140 mètres en été. On conçoit que trop de facteurs entrent en jeu pour que cette règle soit générale. Néanmoins on peut, surtout pour les ascensions en ballon, calculer d'après ces indications. La flore des hautes altitudes correspond à la flore des contrées froides.

L'observation de la limite des neiges perpétuelles permet de montrer les influences de l'orientation, de la latitude, des régions, des vents régnants :

	LIMITE DES NEIGES PERPÉTUELLES
Alpes	2.708 mètres.
Pyrénées	2.750 —
Himalaya	4.500 —
Andes de l'équateur	4.800 —

§ 3. — Pression atmosphérique

Pression atmosphérique et pression barométrique sont des termes synonymes, le baromètre étant l'instrument qui permet de calculer à chaque moment la pression exercée en un point de la surface du globe par la colonne d'air qui l'entoure.

Au niveau de la mer, dans les conditions normales, le baromètre est à une hauteur de 760 millimètres, ce chiffre diminue de un centimètre environ à mesure que l'on s'élève de 105 mètres.

Une colonne de mercure de 760 millimètres exerce sur un centimètre carré de surface une pression de 1.033 grammes ; aussi dans la pratique négligeant ces 33 grammes, on évalue indifféremment les pressions en kilogrammes ou en atmosphères : on dit qu'une machine marche à 10 kilogrammes ou à 10 atmosphères.

Nous devons étudier ici l'influence exercée sur l'organisme

par les variations positives ou négatives de la pression atmosphérique.

1° Augmentation de pression. — On augmente la pression atmosphérique, en comprimant l'air — c'est le cas des caissons pneumatiques où les ouvriers travaillent aux piles de pont par exemple, et où pour contre-balancer le poids de l'eau *plus* la pression atmosphérique, il faut développer une pression de 4 ou 5 atmosphères ; c'est aussi le cas des scaphandres employés pour fouiller les navires coulés et les gisements d'éponge ou de corail. P. Bert a montré que sous de très fortes pressions, 15 et 16 atmosphères, les animaux présentent des accidents convulsifs entraînant la mort, et que dans ce cas c'est l'oxygène comprimé qui est l'agent toxique, puisque dans l'oxygène pur ces mêmes convulsions éclatent au-dessous de 4 atmosphères. Mais l'accident le plus redouté, pour les ouvriers, est la décompression trop rapide. La mort peut arriver subitement, parce que le sang, qui sous l'influence d'une pression plus forte avait dissous une proportion double, triple, décuple d'O et de CO^2, et surtout d'azote, restitue lors de la décompression ces gaz accumulés à l'atmosphère : ils se dégagent du sang, et, ne pouvant instantanément traverser les tissus, ils forment des bulles dans ce liquide, et des embolies dans tout le système circulatoire d'où la mort rapide ; les choses se passent comme si l'on avait brusquement poussé une forte injection d'air dans les artères et les veines. Dans certains cas, où la mort n'était pas survenue immédiatement, on a noté des troubles graves et permanents du système nerveux : paraplégie, hémiplégie, troubles cérébraux. J. Lépine a montré expérimentalement qu'il se formait des hémorragies médullaires ou cérébrales dues à la rupture des vaisseaux sous l'action de la distension des gaz.

Pour éviter ces accidents, bien connus des scaphandriers et de tous les ouvriers qui travaillent dans l'air comprimé, il faut opérer la décompression de façon lente et graduelle ; les gaz se dégagent lentement du sang, lors du passage de celui-ci par le poumon, et les choses reviennent peu à peu à l'état normal. Ces ouvriers ont même une expression très pittoresque pour indiquer les dangers de la compression de l'air : « On ne paye qu'en sortant. » Mais c'est parce qu'on sort trop vite que l'on paye ; en sortant lentement, c'est-à-dire en passant graduellement de la pression forte à la pression normale, on ne paye rien. On peut donc dire que les véritables dangers de l'augmentation de pression, dans les mesures où l'homme y est soumis, est tout entier dans la décompression.

Les ouvriers appelés à travailler dans les caissons d'air comprimé doivent subir une visite médicale sévère ; toute affection pulmonaire ou cardiaque devant faire éliminer l'ouvrier.

Avec des sujets déjà entraînés, on peut régler la mise en pression à 10 minutes pour 1 atmosphère et demie, à vingt minutes pour 3 atmosphères et à 40 minutes pour 5 atmosphères, dernière limite compatible avec la santé. Pour la sortie, la décompression ne doit pas dépasser une atmosphère par dix minutes. La durée du travail n'est pas limitée, quand la pression ne dépasse pas 2 atmosphères, elle doit par contre être réduite à moins de deux heures, en y comprenant les temps préparatoires pour des pressions voisines de 5 atmosphères.

Les effets de variations considérables de pression sur l'organisme ont pu être étudiés dans des conditions exceptionnelles, en observant les êtres marins ramenés des grandes profondeurs de l'océan. Tels d'entre eux vivent à 8 kilomètres de profondeur, à 800 atmosphères de pression ! les gaz de leurs tissus et de leur sang sont naturellement soumis à cette pression. Lorsqu'ils s'élèvent vers la surface, ils sont victimes des accidents de la décompression dont le premier, chez les poissons pourvus de vessie natatoire, est la distension de cette vessie par les gaz qu'elle renferme, et qui, à pression moindre, occupent un volume supérieur ; la vessie se dilate, les paralyse et les entraîne à la surface, comme le ferait un ballon, et elle éclate souvent. Du reste, il se fait en même temps un dégagement violent des gaz des tissus, qui dilatent ces derniers, et les tissus sont encore lésés d'une autre manière ; comme l'a montré Regnard dans ses belles expériences, où il a étudié l'influence de pressions atteignant jusqu'à 1.000 atmosphères ; les tissus soumis aux pressions élevées, chez les animaux aquatiques s'hydratent, et renferment une proportion

considérable d'eau en quelque sorte condensée. Lors de la décompression, naturelle ou artificielle, cette eau est éliminée mécaniquement, et cette élimination ne va point sans léser les tissus.

2° Diminution de pression. — Dans les montagnes, la pression diminue à mesure que l'altitude s'élève. A 1.100, 2.000 mètres, pas d'accidents, la respiration est simplement accélérée, mais moins ample. A 3.000 mètres, et à 4.000 surtout, il y a chez beaucoup de personnes et d'animaux des signes de faiblesse évidents; la température baisse, et la respiration s'accélère encore. L'oxygène devient rare, ou plutôt sa tension est faible. Pourtant il y a des populations qui vivent normalement et habituellement à des altitudes variant entre 3 et 4.000 mètres (hauts plateaux du Pérou, etc.). Cette accoutumance peut s'expliquer par une adaptation nouvelle du sang, une augmentation des globules rouges. En effet, Paul Bert a vu que le sang des herbivores des hauts plateaux renferme plus d'oxygène (21 p. 100) que celui des mêmes animaux vivant dans la plaine (12-15 p. 100). Muntz a vu que le sang de lapins de choux lâchés pendant un an sur le pic du Midi devient plus riche en hémoglobine que celui des lapins vivant à des altitudes moindres; Regnard enfin, soumettant un cobaye un mois durant à l'influence de la décompression, en le faisant vivre dans une cloche où la pression était inférieure à la pression atmosphérique (pression égale à peu près à celle qui règne à l'altitude de 3.000 mètres) a constaté que le sang de ce cobaye absorbe 21 centimètres cubes d'oxygène, au lieu que celui de cobaye vivant en liberté à côté du précédent, mais à la pression normale, n'en absorbe que de 14 à 17 centimètres. Ce fait explique encore l'influence bienfaisante des *altitudes* : sous l'influence du séjour dans la montagne, l'hémoglobine augmente, et l'état général de l'organisme s'améliore.

L'adaptation dont il s'agit ne peut toutefois s'opérer instantanément, et quand l'homme gravit une montagne élevée, il se produit chez lui, à partir de 3 ou 4.000 mètres, des accidents qui n'ont pas lieu chez les individus adaptés. Ces accidents consistent en le *mal des montagnes :* fatigue excessive, accélération

du cœur et de la respiration, éblouissements, vertiges, hémorragies par les muqueuses, etc. Durant les ascensions aéronautiques ils ne se présentent qu'à des altitudes plus élevées (6000 mètres). La fatigue de l'ascension à pied en hâte évidemment l'apparition. Ils sont dus à la diminution de pression de l'oxygène, à la diminution d'oxygène dans le sang, à l'*anoxyhémie* et non à un dégagement de gaz et des embolies gazeuses, comme cela a lieu lors du passage brusque d'une pression forte à la pression normale. Cette *anoxyhémie,* qui est naturellement plus prononcée et se présente plus vite lors de l'ascension à pied, laquelle demande des efforts musculaires exigeant une forte consommation d'O, cette anoxyhémie est uniquement le résultat de la faiblesse de pression de l'oxygène. Dans l'air normal, déprimé à 20 centimètres (au lieu de 76), l'oiseau meurt vite ; mais il vivra à une pression moindre (13 centimètres), si l'atmosphère ambiante est de l'oxygène pur. C'est à Paul Bert que nous devons la connaissance de ces faits; il a étudié sur lui-même l'effet bienfaisant des inhalations d'oxygène durant la dépression, et il était à tel point animé de l'exactitude de ses résultats qu'il avait remis des sacs d'oxygène à Croce-Spinelli, Sivel et Gaston Tissandier avant leur ascension mémorable du 15 avril 1875. Mais les deux premiers y perdirent la vie, n'ayant pas eu le temps d'atteindre ces sacs dont ils connaissaient pourtant l'utilité, l'ayant expérimentée dans une précédente ascension à 7.800 mètres. Tissandier survécut, s'étant évanoui, ayant par conséquent ses échanges respiratoires au minimum : chez lui les besoins se proportionnèrent aux ressources, en quelque sorte, tandis que chez ses compagnons la mort survint, les ressources n'ayant pu être proportionnées aux besoins. On remarquera une fois de plus combien la composition et la pression peuvent être substituées l'une à l'autre : une grande quantité d'un gaz à faible pression peut produire le même effet qu'une petite quantité de ce gaz, sous pression forte.

Mosso s'élève contre la théorie de l'anoxyhémie de Paul Bert. Pour le physiologiste italien, c'est moins le défaut d'oxygène dans le sang que le manque d'acide carbonique qui produit les troubles observés, aussi appelle-t-il le mal des montagnes

l'Acapnie (ακαπνος, sans fumée) ; sans fumée étant pris comme synonyme d'acide carbonique.

§ 4. — Climats

1° Division des climats. — Le climat est l'ensemble des conditions physiques propres à chaque localité, envisagées dans leurs rapports avec les êtres organisés vivants (Bouchardat et Proust).

En ne tenant compte que du facteur le plus important, on peut définir encore les climats un ensemble de lignes isothermes. Bien que cette définition soit trop exclusive, puisqu'elle ne fait pas entrer en considération les conditions météorologiques autres que la chaleur, elle est en réalité suffisamment juste et correspond aux classifications adoptées par presque tous les hygiénistes.

CLASSIFICATION DE ROCHARD

Zone torride.	De l'équateur thermique	28	à la ligne isotherme			— 25
Climats chauds.	De la ligne isotherme	+ 25	—		—	+ 15
Climats tempérés.	— —	+ 15	—		—	+ 5
Climats froids.	— —	+ 5	—		—	— 5
Climats polaires.	— —	— 5	—		—	— 15

Si l'on veut ajouter à ces divisions deux subdivisions, en comprenant dans chacune d'elles des climats continentaux, ou à grandes oscillations et des climats maritimes ou à faibles oscillations thermiques, la classification répondra véritablement aux besoins des études. En effet, l'état hygrométrique de l'atmosphère, le facteur le plus important après la température, est intimement lié aux variations de cette dernière.

a. *Climats torrides* (+ 28, + 25). — La zone torride par le fait de sa disposition géographique (zone équatoriale) est caractérisée, en outre de sa température très élevée, par l'uniformité des phénomènes astronomiques et météorologiques, égalité des nuits et des jours, partage de l'année en deux saisons de six mois. Saison des pluies ou hivernage. Saison sèche ou d'été. A

quelques exceptions, la zone torride est essentiellement humide, la tension de la vapeur d'eau atteint un chiffre élevé et par suite la résistance à la chaleur est d'autant plus difficile. Ces climats sont presque tous insalubres.

b. *Climats chauds* (+ 25, + 15). — Midi de l'Europe, nord de l'Afrique, Asie centrale, partie sud de l'Amérique du Nord, et dans l'hémisphère austral, région du Cap, Australie habitée et partie sud de l'Amérique du Sud. Les modifications astronomiques et météorologiques sont moins régulières. Les saisons se dessinent déjà. Dans les régions humides, la chaleur y est encore très pénible, et la maladie redoutable, mais quand le climat est sec, le sol assaini, ces régions sont susceptibles de recevoir les races européennes.

c. *Climats tempérés* (+ 15, + 5). — L'Europe presque tout entière, sauf les régions sud et nord, l'Asie centrale, les Etats-Unis.

Les différences astronomiques et météorologiques, atteignent leur maximum : les quatre saisons sont à peu près égales.

C'est la région la plus favorable à la race humaine, celle où elle atteint son maximum d'intensité et non seulement comme population, mais aussi d'activité physique et intellectuelle.

Les maladies qui s'y rencontrent sont souvent provoquées par la densité même de la population.

d. *Climats froids* (+ 5, — 5). — Suède, Norvège ; Empire russe, partie nord ; Dominion. — L'hiver domine. Les inégalités des jours et des nuits s'accentuent. Malgré la rigueur de la saison, les difficultés matérielles de la vie, les climats froids sont sains.

e. *Climats polaires* (— 5, — 15). — Laponie, Sibérie nord-Groenland et territoires de la Baie d'Hudson. — Soleil de minuit. Deux saisons caractérisées surtout par la prédomination ou l'absence de lumière. A peine habités par quelques indigènes.

2° Influence des variations thermiques. — L'homme est un animal à température constante (homéotherme), c'est-à-dire que, quelle que soit la température extérieure, il maintient sa