

*Bibliothèque numérique*

medic@

**Guébhard, Adrien. - Effets des variations de la pression extérieure sur l'organisme**

**1883.**

***Paris : Imprimerie de Gauthier-Villars***  
**Cote : 90975**

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS.

5

EFFETS  
DES  
VARIATIONS DE LA PRESSION EXTÉRIEURE  
SUR L'ORGANISME.

THÈSE

PRÉSENTÉE

AU CONCOURS POUR L'AGRÉGATION  
(SECTION DES SCIENCES PHYSIQUES)

ET

SOUTENUE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

PAR

ADRIEN GUÉBHARD,

Docteur en Médecine, Licencié ès Sciences physiques et mathématiques,  
Préparateur de Physique à la Faculté de Médecine de Paris.

PARIS,  
IMPRIMERIE DE GAUTHIER-VILLARS,  
Quai des Augustins, 55.

1883



## EFFETS

### JUGES.

MM. GAVARRET, *Président.*  
REGNAULD.  
MONOYER (Lyon).  
ENGEL (Montpellier).  
GARIEL (Académie de Médecine).  
BOURGOIN, *Secrétaire.*  
PUPIN, *Secrétaire-adjoint.*

### COMPÉTITEURS.

#### PHYSIQUE.

MM. BAGNERIS.  
BERGONIÉ.  
DOUMER.  
GUÉBHARD.  
IMBERT.

#### CHIMIE.

MM. BLAREZ.  
LINOSSIER.  
POUCHET.  
VILLE.

EFFETS  
PRINCIPALES PUBLICATIONS DE L'UNIVERSITÉ  
VARIATIONS DE LA PRESSION EXTÉRIEURE  
SUR L'ORGANISME.

**EFFETS**

**VARIATIONS DE LA PRESSION EXTÉRIEURE**

**SUR L'ORGANISME.**

EFFETS  
PRINCIPALES PUBLICATIONS DE L'AUTEUR.  
VARIAITÉS DE LA PRESSION EXTRÉIEURE

Anneaux colorés produits à la surface du mercure (*Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, LXXXIX, 987; *Séances de la Société de Physique*, en 1879, p. 227).

Le spectroscope et ses derniers perfectionnements (*La Nature*, n° 327, 1<sup>er</sup> semestre 1879).

Nouveau procédé phonéidoscopique; communication faite au 8<sup>e</sup> Congrès de l'Association française pour l'avancement des Sciences; t. VIII, 395-402; Montpellier, 1879 (*La Nature*, n° 344, 1<sup>er</sup> semestre 1879).

Osmose de l'alcool à travers la gutta-percha (Association française pour l'avancement des Sciences; VIII, 410-413; Montpellier, 1879).

Sur un point inexplicable des expériences de M. Crookes (*La Nature*, n° 357, 1<sup>er</sup> semestre 1880).

Exposition élémentaire des découvertes de Gauss et de Listing sur les points cardinaux des systèmes dioptriques centrés (*Annales d'oculistique*, LXXXI, 193-315, 1879).

L'enseignement de l'optique géométrique à la Faculté de Médecine (*La Nature*, nos 383, 386, 2<sup>e</sup> semestre 1880).

Sur les tourbillons annulaires dans les liquides et dans les gaz (*La Nature*, n° 427, 2<sup>e</sup> semestre 1881).

Méthode électrochimique pour la figuration des lignes équipotentielles [*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, XC, 984, 1124 (1880); XCI, 403, 582, 792 (1881); XCIV, 437, 851; XCV, 29; XCVI. — *Journal de Physique* (2), I, 205-222; 483-492 (1882); II, 87-89 (1883). — *L'Électricien*, II, 59-67; 273-283, 429-439 (1881-82); IV, 203-210 (1882); V, 14-22 (1883). — *Wiedemann's Annalen der Physik*, XVIII, 366 (1883)].

Puissance et grossissement des appareils dioptriques [*Annales d'oculistique*, LXXXIX, 198-216 (1883); — *Revue scientifique*, XXXI, 804. — *Journal de Physique*, (2), II, 999. — *Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève*, 1881, 1882, 1883].

## EFFETS

DES

# VARIATIONS DE LA PRESSION EXTÉRIEURE SUR L'ORGANISME.

La complexité des effets produits sur l'organisme par les variations de la pression extérieure est et a toujours paru impossible à expliquer par le simple jeu de la pression elle-même, c'est-à-dire de la force mécanique dont le baromètre nous donne l'indication et la mesure.

Décomposer cette force en ses éléments, étudier séparément l'action de chacun de ceux-ci en écartant soigneusement toutes les circonstances étrangères, substituer, en un mot, l'expérimentation scientifique à l'observation pure et les procédés rigoureux de la méthode analytique à l'hypothèse ou puérile ou savante : telle est l'œuvre glorieuse accomplie récemment par M. Paul Bert, et cela d'une manière si complète qu'il semblerait téméraire aujourd'hui d'y vouloir rien ajouter, comme d'y retrancher la moindre chose. Notre tâche se trouve donc singulièrement réduite, et, si c'est à l'éminent physiologiste, évidemment, que nous devons d'avoir vu poser, comme problème de Physique, une question de Physiologie pure, c'est aussi en le prenant pour guide que nous nous efforcerons de ne point trop nous égarer sur ce terrain si éloigné de notre cercle d'études habituelles<sup>(1)</sup>.

Après avoir rappelé succinctement le tableau connu des accidents qui accompagnent soit les diminutions, soit les augmentations natu-

(1) J'ajoute que j'ai dû à l'obligeance amicale de M. G. Masson, — à qui j'en exprime ici mes sincères remerciements, — de pouvoir reproduire dans ce travail les plus importantes figures du beau livre *LA PRESSION BAROMÉTRIQUE, recherches de Physiologie expérimentale*, par M. Paul BERT, gr. in-8°, 1168 p.; 1878.

relles de la pression extérieure, nous serons amené bientôt, malgré la spécialité du titre qui nous est imposé, à substituer à l'étude de la pression extérieure totale celle des pressions partielles dont elle se compose : oxygène, azote, acide carbonique et vapeur d'eau. Ceci nous conduira à toute une série de recherches expérimentales qui non seulement nous permettront de faire un départ sévère entre les particularités diverses qui se trouvaient mêlées dans les anciennes observations, mais encore nous doteront d'une méthode thérapeutique importante, véritable couronnement utilitaire de l'œuvre de science pure à laquelle M. Paul Bert a attaché son nom.

## CHAPITRE I.

### EFFETS GÉNÉRAUX DES GRANDES VARIATIONS NATURELLES DE LA PRESSION EXTÉRIEURE.

#### I. — Raréfaction.

Depuis la découverte du baromètre et du rapport de ses mouvements avec les changements de temps, l'importance de ses moindres variations a été singulièrement exagérée par les tempéraments nerveux habitués à concentrer leur attention constante sur la recherche et l'interprétation des moindres effets éprouvés par leur organisme. Sans nier l'influence des petites oscillations barométriques, nous devons constater que l'observation physiologique a peu de prise sur de petits effets dus à de petites causes, et, lors même que nous pourrons constater la réalité de ces effets, nous verrons qu'il faut les attribuer non pas à la pression elle-même, mais presque toujours à la tension de la vapeur d'eau, facteur important que M. Paul Bert n'a pas cru devoir comprendre dans le cercle de ses recherches et qui mériterait pourtant, au même titre que les autres, qu'on lui appliquât des procédés d'investigation systématiques. A défaut de résultats expérimentaux, nous grouperons dans un même Chapitre tous les renseignements qu'il nous aura été possible de recueillir, et c'est là que nous renvoyons pour tout ce qui a trait aux faibles variations locales de la pression extérieure.

Quant aux variations notables, accompagnées d'effets physiologiques sérieux, elles furent observées d'abord dans les grandes ascensions sur terre ou dans les airs. Il ne peut entrer dans notre pensée de refaire ici l'historique si complet et si intéressant qui sert d'introduction à l'Ouvrage de M. P. Bert : toutes les observations anciennes et modernes y

sont recueillies, analysées, citées; c'est presque toujours le même tableau sous des couleurs plus ou moins pittoresques, et quelques extraits suffiront pour en donner une idée.

Le Père jésuite Acosta, qui voyageait dans l'Amérique du Sud vers la fin du xvi<sup>e</sup> siècle, a fait, des souffrances dues à l'air des lieux élevés, un récit qui reste un modèle du genre; le voici, d'après la traduction française publiée en 1596 par Robert Regnault Cauxois :

En certains endroits des Indes, l'air et le vent qui y court estourdit les hommes, non pas moins, mais davantage qu'en la mer.....

Il y a au Peru une montagne haute qu'ils appellent Pariacaca, et ayant ouï dire et parler du changement qu'elle causoit, l'allois préparé le mieux que ie pouvois selon l'enseignement que donnent par delà ceux qu'ils appellent *vaguanos* ou experts : mais néanmoins toute ma préparation, quand ie vins à monter les escalliers qu'ils appellent, qui est le plus haut de ceste montagne, ie fus subitement atteint et surpris d'un mal si mortel et estrange, que ie fus presque sur le point de me laisser cheoir de la monture en terre, et encor que nous fussions plusieurs de compagnie, chacun hastait le pas sans attendre son compagnon, pour sortir vistement de ce mauvais passage. Me trouvant donc seul avec un Indien, lequel ie priay de m'aider à me tenir sur la monture, ie fus épris de telle douleur de sanglots et de vomissement, que ie pensay ietter et rendre l'âme. D'autant qu'après auoir vomy la viande, les phlegmes et la colère, l'une iaune et l'autre verte, ie vins jusque à jeter le sang, de la violence que ie sentois en l'estomach, ie dis ensin, que si cela eust duré, i'eusse pensé certainement estre arrivé à la mort. Cela ne dura que trois ou quatre heures, iusques à ce que nous fussions descendus bien bas et nous fussions arrivez en une température plus conuenable au naturel, où trois compagnôs, qui estoient quatorze ou quinze, estoient fort fatiguez; quelques uns cheminans demandaient confession pensans réellement mourir, les autres mettoyent pied à terre, et estoient perdus de vomissement, et de force d'aller à la selle, et me fut dict qu'autrefois quelques uns y auoyent perdu la vie de cest accident. Je veis un homme qui se despitoit contre terre, s'écriant de rage et de douleur que luy auoit causé le passage de Pariacaca. Mais ordinairement il ne fait point aucun dommage qui importe, autre que cest ennuy et fascheux desgout qu'il donne pendant qu'il dure. Et ce n'est pas seulement le pas de la montagne Pariacaca, qui a ceste propriété, mais aussi toute ceste chaîne de montagnes qui court plus de cinq cents lieuës de long; et en quelque endroit que l'on la passe, l'on sent ceste estrange intempérature, combien que ce soit en quelques endroits plus qu'ès autres, et plus à ceux qui montent du costé de la mer qu'à ceux qui viennent du costé des plaines; ie l'ay passée mesme outre de Pariacaca par Lucanas et Soras, et en aultre endroit par Colleguas, et en

aultre par Cauanas, finalement par quatre lieux différens en diverses allées et venues et tousiours en cest endroit ay senty l'altération et estourdissement que i'ay dict, encor qu'en nul endroit ce n'a esté tellement que la première fois en Pariacaca, ce qui a esté expérimenté par tous ceux qui y ont passé.

Et non-seulement les hommes sentent ceste altération, mais aussi les bestes, qui quelques fois s'arrestent de sorte qu'il n'y a esperon qui les puisse faire aduancer. De ma part, ie tiens que ce dieu est un des plus hauts endroits de la terre qui soit au monde.....

Il n'y a point de doute, dit-il, que la cause de ceste intempérature et si étrange altération est le vent ou l'air qui y règne, parce que tout le remède et le meilleur qu'ils y trouvent est de se boucher tant qu'on peut le nez, les oreilles et la bouche et de se couvrir d'habits spécialement l'estomac, d'autant que l'air est si subtil et pénétrant qu'il va donner jusqu'aux entrailles.....

Par quoi ie me persuade que l'élément de l'air est en ce lieu-là si subtil et si délicat, qu'il ne se proportionne point à la respiration humaine, laquelle le requiert plus gros et plus tempéré.....

Les passages des montagnes Névades et aultres de l'Europe que i'ay veuës, combien que l'air y soit froid, néantmoins ce froid n'oste pas l'appétit de manger, au contraire il le provoque, ny ne cause point de vomissements en l'estomach.... cil des Indes.... advient au même endroit que le soleil y est chaud, qui me fait croire que le mal qu'on en reçoit vient de la qualité de l'air que l'on y respire.

Quand on songe, ajoute M. Paul Bert, que ces lignes ont été écrites à la fin du xvi<sup>e</sup> siècle, trois cents ans avant Lavoisier et Priestley, par un homme dont l'étude des sciences chimiques et naturelles n'était point la spécialité, on est frappé d'admiration pour la haute sagacité du savant jésuite et la merveilleuse propriété des expressions qu'il emploie. Notons encore que la machine pneumatique n'était point inventée, que Torricelli n'était pas encore au monde, quand Acosta disait que « l'élément de l'air est en ce lieu-là si subtil et si délicat qu'il ne se proportionne point à la respiration humaine ».

Ce mal étrange est le même qui a été senti, décrit sous le nom de *pugna* ou *soroché*, de *mareo* ou *veta*, non seulement par les voyageurs qui tentaient de traverser rapidement les hauts cols des Cordillères ou des Andes, mais encore par le plus grand nombre de ceux qui essayaient, sans entraînement préalable, d'atteindre à ces hauteurs voisines de 4000<sup>m</sup>, où vivent encore de nos jours des populations nombreuses et florissantes. A plus forte raison, les accidents devaient-ils se produire

quand on essayait de s'élever sur les plus hauts sommets, et le voyageur suisse von Tschuddi nous en fournit un tableau complet :

Les premiers symptômes de la veta, dit-il, se montrent ordinairement à une hauteur de 12600 pieds, et consistent en vertiges, bourdonnements d'oreilles et troubles de la vue auxquels se joignent de violents maux de tête et des nausées. Ces accidents frappent les cavaliers, moins, il est vrai, que les piétons. Plus on monte, plus ces phénomènes augmentent, et il s'y ajoute une fatigue des membres inférieurs qui va jusqu'à l'impossibilité de se mouvoir avec une respiration très anxieuse et de violents battements de cœur. Un repos complet fait disparaître pour un instant ces symptômes qui, aux moindres mouvements, reviennent aussitôt avec une intensité nouvelle et sont accompagnés souvent alors de défaillances et de pénibles vomissements. Les vaisseaux capillaires de la conjonctive, des lèvres, du nez, se rompent, et le sang sort par gouttes. Les muqueuses respiratoires et digestives sont le siège de semblables accidents; des diarrhées, des crachats sanguinolents sont le signe de la veta à son plus haut degré d'intensité.

On peut approximativement comparer ce malaise au mal de mer (d'où son nom de *Mareo*); mais chez lui seul surviennent les angoisses respiratoires. Il n'est pas rare de voir ces accidents acquérir une intensité suffisante pour entraîner la mort des voyageurs .....

Je commençais à gravir vigoureusement la montagne quand je ressentis l'influence redoutable de l'air raréfié; j'éprouvais en marchant un malaise inconnu. Il me fallait demeurer tranquille pour pouvoir aspirer l'air : encore y arrivais-je à peine; si j'essayais de marcher, une angoisse indescriptible s'emparait de moi. J'entendais frapper mon cœur contre mes côtes; la respiration était courte et entrecoupée; j'avais sur la poitrine un poids énorme. Mes lèvres étaient bleues, enflées et crevassées; les capillaires de la conjonctive se déchirèrent, et il en sortit quelques gouttes de sang. Les sensations étaient singulièrement émoussées; la vue, l'ouïe, le toucher étaient altérés; devant mes yeux flottait un nuage épais, grisâtre, souvent rougeâtre, et je versais des larmes sanguinolentes. Je me sentais entre la vie et la mort; ma tête tourna, mes sens défaillirent, et je m'étendis tremblant sur le sol. En vérité, quand les richesses les plus précieuses, quand une gloire immortelle m'eussent attendu quelques centaines de pieds plus haut, il m'eût été physiquement et moralement impossible d'étendre seulement la main vers elles.

Je restai quelque temps couché sur le sol dans cet état de demi-évanouissement; puis je me remis un peu, je me hissai péniblement sur mon mulet, et pus avancer.

Par un long séjour dans ces hautes régions, l'organisme s'accoutume à cette action de l'air raréfié. Des Européens vigoureux peuvent même grimper avec légèreté les plus hautes montagnes et s'y mouvoir aussi librement que sur les

côtes. J'ai eu deux fois seulement la veta, mais à un haut degré; une fois sur un plateau élevé, une autre fois sur la montagne d'Antaichachua. La première fois que je traversai la Cordillère, je ne ressentis pas la moindre incommodité, et je pus, descendant de mon cheval fatigué, marcher pendant une longue traite, sans éprouver de symptômes de la veta, si bien que je m'en croyais à l'abri pour toujours.....

Les Indiens montagnards, qui vivent depuis leur enfance dans cet air raréfié, ne souffrent pas de la veta.... Les médecins de Lima ont coutume d'envoyer dans la montagne les personnes épuisées, afin que l'air pur leur rende de la force; mais elles y sont atteintes de la veta à un degré extraordinaire et souvent laissent leur vie dans la Cordillère .....

La pugna paraît agir plus énergiquement sur certains animaux domestiques que sur l'homme lui-même. Cela se voit surtout chez les chats; ces animaux ne peuvent vivre au-dessus de 1300 pieds d'altitude. On a souvent essayé d'en amener dans les villages élevés, mais toujours en vain; car, après quelques jours, ils étaient pris de convulsions épileptiformes terribles auxquelles ils succombaient.... Ces chats malades ne cherchent pas à mordre, ni à fuir.... On les appelle dans le pays *azorochados*, et on leur donne de l'antimoine. Les races délicates de chiens sont attaquées de même, mais moins énergiquement.

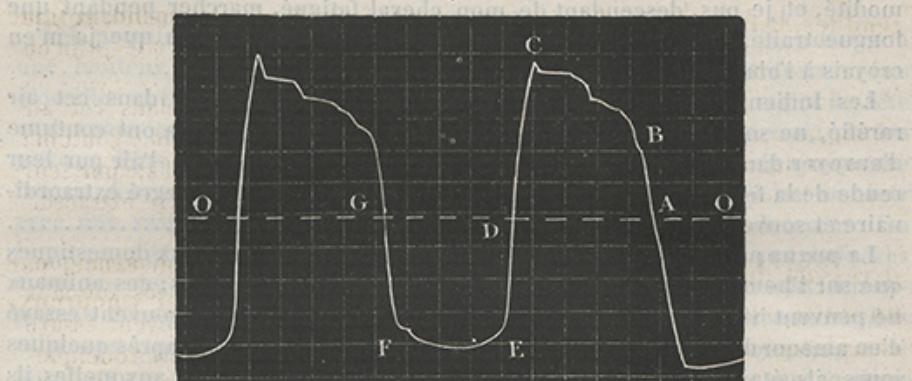
.....  
Les chevaux commencent par marcher plus lentement, s'arrêtent fréquemment, tremblent de tout leur corps et s'abattent. Plus ils montent haut, plus ils tremblent fort et plus ils tombent souvent. Si on ne les desselle pas, si on ne les laisse pas se reposer complètement, ils se couchent sur le sol. Les arrieros saignent en quatre places un animal dans cet état : au bout de la queue, au palais, aux deux oreilles; ils leur coupent souvent les oreilles et la queue jusqu'à moitié et leur fendent les naseaux sur une largeur de plusieurs pouces. Ce dernier moyen me paraît devoir être de quelque utilité, parce que ces animaux peuvent alors aspirer une plus grande quantité d'air. Comme préservatif on leur met de l'ail dans les naseaux. Les mulets et les ânes souffrent moins de la Veta, probablement parce qu'ils savent mieux se reposer. Les chevaux nés dans la sierra sont presque exempts de ces accidents.

On reconnaît à cette description le *mal des montagnes* de nos touristes européens et nous pouvons nous dispenser d'en reproduire les descriptions peu variées, pour noter seulement les observations de deux ascensionnistes qui, poussés par la seule curiosité de la Science, ont su donner à la constatation et à la mesure de phénomènes anciennement observés toute l'exactitude que comportent les procédés rigoureux de l'expérimentation moderne.

M. Lortet, de Lyon, ayant pris avant son départ son tracé respiratoire

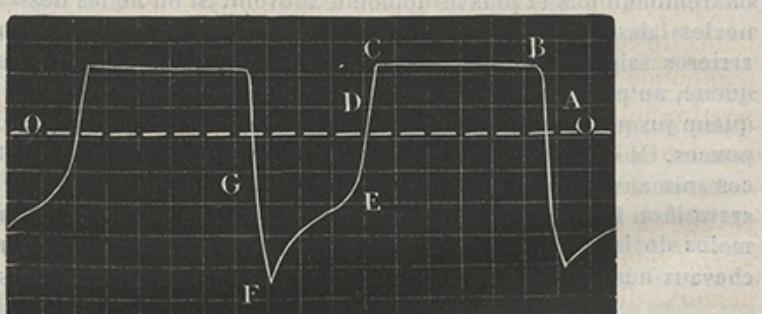
au moyen de l'anapnographe de Bergeon et Kastus, avait trouvé la figure suivante (*fig. 1*) :

Fig. 1.

LORTET. — Tracé respiratoire pris à Lyon (200<sup>m</sup>).

Arrivé au sommet du mont Blanc, il trouvait, après une heure et demie de repos et sans avoir d'ailleurs souffert d'une manière bien grave pendant l'ascension, le tracé suivant (*fig. 2*) :

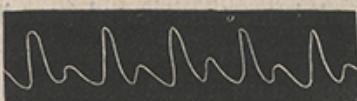
Fig. 2.

LORTET. — Tracé respiratoire pris au sommet du mont Blanc (4810<sup>m</sup>),  
après une heure de repos.

Les aires GFED, DCBA représentant respectivement les inspirations et les expirations, on voit que l'amplitude de la respiration se trouve considérablement diminuée au sommet du mont Blanc, où la quantité d'air inspiré et expiré est beaucoup moindre qu'à Lyon. « Il semble, dit Lortet, que les muscles soient raidis et les côtes serrées dans un étou (fig. 3). »

La circulation, après avoir passé progressivement de 64 pulsations à plus de 160, reste de 90 à 108 pulsations après deux heures de repos complet : les veines des mains, des avant-bras et des tempes sont distendues, la face pâle, légèrement cyanosée, et le pouls misérable, comme

Fig. 3.



Grands-Mulets (3600m) à minuit, une demi-heure avant le départ.

il ressort de ces deux tracés, pris, dans une autre circonstance, par un autre observateur, M. Chauveau, sur un guide sain et vigoureux, complètement indemne du mal des montagnes (fig. 4).

Fig. 4.



Sommet du mont Blanc (4810m).

Quant à la température, un thermomètre placé sous la langue, à l'abri du courant d'air de la respiration effectuée uniquement par le nez, a annoncé une décroissance constante de température, à peu près proportionnelle à l'altitude, pendant la marche, mais disparaissant très rapidement au bout de quelques minutes d'arrêt.

En résumé, les phénomènes signalés dans les différentes relations de voyages à grandes hauteurs peuvent se grouper de la manière suivante :

*Fonction de la locomotion.* — Douleurs plus ou moins fortes dans les genoux, dans les jambes; la marche est fatigante et amène un épuisement rapide des forces . . . . .

*Respiration.* — La respiration est accélérée, gênée, laborieuse; on éprouve une dyspnée extrême au moindre mouvement.

*Circulation.* — La plupart des voyageurs ont noté les palpitations, l'accélération du pouls, les battements des carotides, une sensation de plénitude des vaisseaux, parfois l'imminence de suffocation, des hémorragies diverses : fait digne de remarque, le sang de ces hémorragies paraît extraordinairement noir.

*Innervation.* — Céphalalgie très douloureuse, somnolence parfois irrésistible, hébétude des sens, affaiblissement de la mémoire, prostration morale.

*Digestion.* — Soif, vif désir de boissons froides, sécheresse de la langue, inappétence pour les aliments solides, nausées, éructations.

L'altitude où se produisent tous ces phénomènes est extrêmement variable, non seulement avec les différences de tempérament des voyageurs et les dispositions d'un même observateur, mais surtout avec les conditions locales de latitude et de température de la montagne. Sur les sommets du Popocatepetl, les ouvriers indiens vont chercher du soufre à plus de 500<sup>m</sup> au-dessus de ce dôme du mont Blanc où les voyageurs européens ont tant de peine à soulever le poids de leur propre corps. On peut dire que le mal des montagnes ne se montre jamais au-dessous de 4000<sup>m</sup> dans la Cordillère des Andes, tandis qu'ils sont de règle, à cette même hauteur, dans nos Alpes où, par contre, il est rare de les observer au-dessous de 2000<sup>m</sup>.

Ceci nous montre déjà l'impossibilité de rattacher tous ces phénomènes divers à une cause unique, et nous nous en convaincrons encore davantage en voyant les mêmes maux n'atteindre les aéronautes, toutes conditions égales, qu'à des hauteurs presque doubles. Les accidents sont d'ailleurs presque identiques, comme le montre le récit suivant du physicien français Robertson, qui, parti de Hambourg le 18 juillet 1803, avec un compagnon de voyage, s'éleva au voisinage de 7000<sup>m</sup>.

Pendant les différents essais dont nous nous occupions, nous éprouvions une anxiété, un malaise général; le bourdonnement d'oreilles dont nous souffrions depuis longtemps augmentait d'autant plus que le baromètre dépassait les treize pouces. La douleur que nous éprouvions avait quelque chose de semblable à celle que l'on ressent lorsque l'on plonge la tête dans l'eau. Nos poitrines paraissaient dilatées et manquaient de ressort, mon pouls était précipité; celui de M. Lhoëst l'était moins : il avait, ainsi que moi, les lèvres grosses, les yeux saignants; toutes les veines étaient arrondies et se dessinaient en relief sur mes mains. Le sang se portait tellement à la tête, qu'il me fit remarquer que son chapeau lui paraissait trop étroit. Le froid augmenta d'une manière sensible; le thermomètre descendit alors assez brusquement jusqu'à 2° et vint se fixer à 5°,5 au-dessous de glace, tandis que le baromètre était à 12  $\frac{4}{100}$  pouces. A peine me trouvais-je dans cette atmosphère, que le malaise augmenta : j'étais dans une apathie morale et physique; nous pouvions à peine

nous défendre du sommeil que nous redoutions comme la mort. Me défiant de mes forces, et craignant que mon compagnon de voyage ne succombât au sommeil, j'avais attaché une corde à ma cuisse, ainsi qu'à la sienne; l'extrémité de cette corde passait dans nos mains. C'est dans cet état, peu propre à des expériences délicates, qu'il fallut commencer les observations que je me proposais.

A ce point élevé, l'état où nous nous trouvions était celui de l'indifférence : là, le physicien n'est plus sensible à la gloire et à la passion des découvertes; le danger même qui résulte dans ce voyage de la plus légère négligence ne l'occupe guère; ce n'est qu'à l'aide d'un peu de vin fortifiant qu'il parvient à retrouver des intervalles de lumière et de volonté.

Comme je ne veux rien omettre de ce qui peut jeter quelque jour sur les fonctions de l'économie animale et les opérations de la nature à cette élévation, je dois faire remarquer, lorsque le baromètre était encore à 12 pouces, mon compagnon m'offrit du pain : je fis de vains efforts pour l'avaler, et je ne pus jamais y parvenir. . . . .

. . . . Je dois ajouter que les sécrétions naturelles ont été suspendues chez mon ami et chez moi pendant les cinq heures de voyage, et qu'elles n'ont eu lieu que trois heures après notre retour sur la terre....

*Septième expérience.* — J'avais emporté deux oiseaux : au moment de l'expérience j'en trouvai un mort, sans doute par la raréfaction de l'air; l'autre paraissait assoupi. Après l'avoir placé sur le bord de la gondole, je cherchai à l'effrayer pour lui faire prendre la fuite : il agita ses ailes, mais ne changea pas de place; alors je l'abandonnai à lui-même, et il tomba perpendiculairement avec une extrême vitesse. Il n'y a point de doute que les oiseaux ne pourraient se maintenir à cette élévation . . . . .

On peut évaluer l'élévation de l'aérostat, en tenant compte de toutes les corrections, à 3679 toises ( $7170^{\text{m}}$ ). . . . .

La même année, trois aéronautes italiens s'élèverent si haut que les bougies refusaient de brûler et la voix de se faire entendre. Leurs souffrances furent grandes, mais toujours les mêmes qu'ont éprouvées, depuis, de nombreux observateurs. Un célèbre météorologue anglais, M. Glaisher, qui, à partir de  $5000^{\text{m}}$ , avait été déjà souvent éprouvé, faillit trouver la mort, le 5 septembre 1862, dans une ascension où il semble avoir dépassé la hauteur de  $9000^{\text{m}}$ . Un pigeon lâché à la hauteur de  $8048^{\text{m}}$  tomba comme une pierre et disparut rapidement. Sur trois autres qui avaient été gardés pour la descente, on trouva que l'un était mort dans sa cage et qu'un autre ne valait guère mieux. Mis en liberté, il refusa d'abord de s'envoler, mais prit son vol au bout d'un

quart d'heure pour se diriger à toute vitesse du côté de son pigeonnier, où il ne reparut que le surlendemain.

Terrible enfin fut la catastrophe du *Zénith*, où deux jeunes savants pleins d'avenir, Sivel et Crocé-Spinelli payèrent de leur vie leur enthousiasme imprudent pour l'exploration des régions supérieures : l'unique survivant de cette tragique aventure, notre ami Gaston Tissandier, en a laissé un récit qui est présent à toutes les mémoires; peut-être aurons-nous l'occasion d'y revenir quand nous serons à même d'en discuter les détails. Pour le moment, il est temps de clôre ce récit descriptif en remettant au Chapitre des applications thérapeutiques toutes les observations simplement climatologiques dont les causes et les effets ne sont ni assez tranchés, ni assez indiscutables pour servir de base à notre étude physique.

## II. — Compression.

Les phénomènes naturels dus aux augmentations de pression extérieure présentent, en dehors du laboratoire, un champ d'études beaucoup moins étendu que ceux de la raréfaction.

Si l'on excepte, en effet, la faille peu considérable au fond de laquelle se trouve le lit de la mer Morte, à 400<sup>m</sup> environ au-dessous de la Méditerranée, l'homme ne trouve guère sur la terre l'occasion de passer son existence sous des pressions supérieures à celle du niveau des mers. Même dans les mines les plus profondes, l'accroissement de pression barométrique est trop insignifiant pour qu'on puisse lui attribuer un rôle certain parmi des actions multiples et d'importances diverses. Il faut également mettre de côté, comme une fable antiphysique, la prétendue asphyxie produite par la compression de l'air dans les chutes de grandes hauteurs. Non seulement l'existence de cette compression est très problématique et ne pourrait s'appliquer qu'aux cas de chute le visage en avant, — puisque c'est une *aspiration* tourbillonnaire et non une compression qui se produit en arrière des corps dans des fluides imparfaits, — mais encore, y eût-il compression, un calcul très simple, basé sur la loi élémentaire de la chute des corps, montre que le danger devrait être infiniment plus grand pour les poumons des chauffeurs sur leurs locomotives ou pour tout le monde par

les grands vents. Or, ni les uns ni les autres ne se sont jamais plaints d'asphyxie, et l'histoire authentique de cet individu qui, tombé d'une hauteur de 300<sup>m</sup>, se releva sain et sauf<sup>(1)</sup>, suffit à faire justice de cette invention singulière de la pression agissant en guise de tampon asphyxique, alors que toutes les observations doivent nous y montrer, au contraire, un puissant adjuvant des oxydations.

Dans les explosions, coups de foudre, etc., on a vu se produire quelquefois des accidents attribuables à la pression : la brusquerie du phénomène y joue certainement un grand rôle ; mais, à part cela, ils rentrent dans la catégorie de ceux que nous allons étudier sur nature.

Il existe, en effet, une profession, celle des plongeurs, qui force l'homme à braver au fond des eaux des accroissements de pression comparables et même supérieurs aux diminutions qu'affronte l'aéronaute dans les airs. Soit qu'il s'enfonce à nu, soit que le plongeur s'entoure d'un scaphandre (*fig. 5*) ou qu'il se serve uniquement du régulateur Denayrouze (*fig. 6*), la pression qu'il supporte est toujours au moins égale à celle de la colonne d'eau qui le surmonte, et le schéma ci-dessous (*fig. 7*) montre qu'il en est de même dans le travail des fondations de ponts, sous cloche d'air comprimé. Aussi, chez les uns comme chez les autres, les accidents présentent-ils une identité presque absolue.

M. le Dr J.-A. Tetzis a réuni dernièrement, dans une monographie spéciale<sup>(2)</sup>, les observations qu'il a eu l'occasion de faire, pendant une pratique de plus de trente ans, sur les pêcheurs d'éponges de l'île d'Hydra, c'est-à-dire sur une population de près de huit cents hommes qui, renonçant presque absolument à l'usage de la *pierre immersive* pour la pêche à nu, ou au secours des *tubes à verres* pour la pêche à sec, occupent depuis plusieurs années plus de quarante scaphandres.

Il ne paraît pas avoir remarqué autre chose, dit-il, dans ceux qui plongent sans scaphandre, que des épistaxis fréquentes, des bourdonnements des oreilles qui vont jusqu'à la surdité, et rarement des engourdissements des membres. Les Kalymniens, qui restent plus longtemps sous l'eau et plongent à une plus grande profondeur de 30 brasses, disent qu'ils sentent « les mêmes attaques » à un moindre degré que

(1) *La Nature.*

(2) *Sur la maladie des plongeurs* (extrait du *Galien*, t. VI, n° 31 ; Athènes, 1881).

ceux qui plongent dans la mer avec un scaphandre, c'est-à-dire des douleurs et de l'engourdissement aux membres et de la peine à uriner.  
 « D'abord, dit le conscientieux observateur, je remarque que jamais il n'est rien arrivé à un plongeur dans le fond de la mer, lorsque la ma-

Fig. 5.

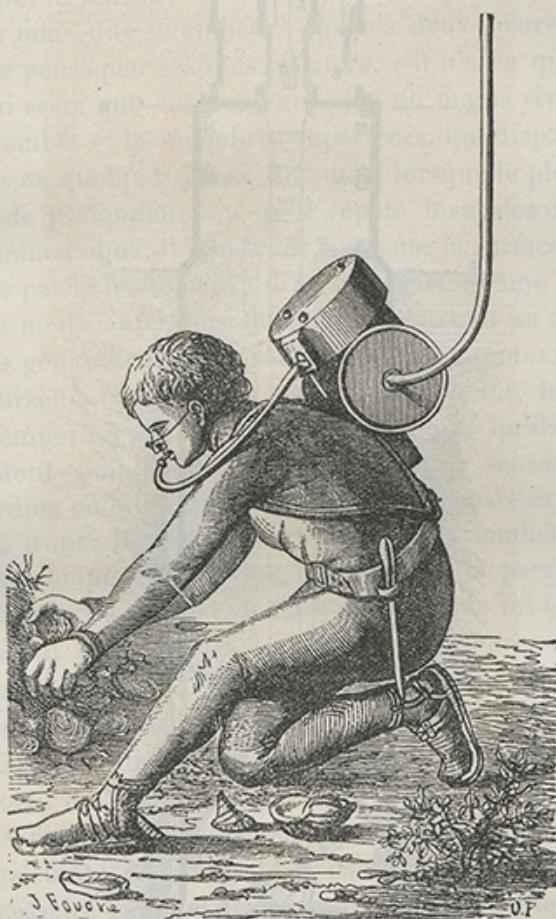


Scaphandrier, costume complet.

chine était bonne et non endommagée... Quand il y a rupture du tube qui porte l'air, le malheureux plongeur court deux dangers : d'abord celui qui vient de l'interruption de l'air par le brisement du tuyau, et puis celui qui vient de l'élévation trop rapide dans la montée; par

conséquent, si le plongeur a le bonheur d'être tiré en haut vivant, respirant l'air qui est dans le dépôt du casque, il trouve la mort en tombant dans les plus grandes maladies des plongeurs, qui viennent de l'élévation (lisez diminution) rapide de la pression... On trouve

Fig. 6.

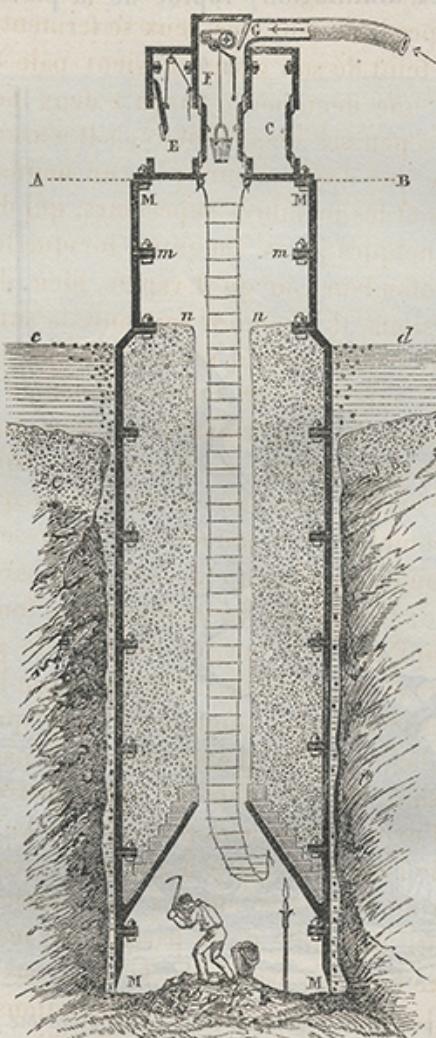


Scaphandrier pourvu du régulateur Denayrouze, ayant ôté son masque.

alors la tête d'un bleu noirâtre et si prodigieusement gonflée qu'il faut quelquefois la couper pour pouvoir enlever la cuirasse et le casque du scaphandre.

» Heureusement ces accidents sont rares et tous les pêcheurs d'éponges pensent sans en douter qu'aucun plongeur bien portant n'a ja-

Fig. 7.



Fonçage d'une pile de pont par les tubes à air comprimé.

Schéma emprunté à la thèse de M. Foleij.

mais rien eu dans le scaphandre pendant son séjour au fond de la mer, lorsque l'appareil immersif est dans un bon état et que le mal des

plongeurs ne vient jamais dans le fond de la mer, mais après la montée et l'enlèvement du casque... A peine le casque enlevé, le plongeur tousse, comme s'il avait quelque crachat à la gorge, il dit qu'il n'est pas bien, qu'il a des vertiges et demande qu'on lui ôte son costume; en parlant, il perd les sens, ses yeux se ferment, la langue lui sort de la bouche, le teint de son visage devient pâle et il penche la tête malgré lui; mais une demi-heure jusqu'à deux heures après, le malade recouvre peu à peu ses sens, et alors, s'il n'a eu qu'une *petite attaque*, il ne lui reste que des douleurs plus ou moins vives dans les omoplates, les lombes et les membres supérieurs, qui disparaissent en quelques heures ou quelques jours. En outre, lorsque le plongeur descend à une grande profondeur, ou qu'il répète bien des fois dans le même jour ses immersions, il a le *prurit* sur toute la surface du corps, lequel augmente par le frottement; il ressent surtout une grande démangeaison à la moitié inférieure du corps, et surtout au scrotum, où elle devient très gênante. Le plus souvent ces symptômes ne sont que des signes précurseurs : au moment où il revient à lui, le plongeur, s'efforçant de remuer les membres inférieurs, trouve qu'ils sont paralysés, qu'ils restent complètement immobiles, et la sensation est ou entièrement perdue, ou elle reste seulement vers les parties des cuisses qui sont près du tronc; il n'y a pas de douleurs aux lombes; puis survient la rétention complète de l'urine par suite de la paralysie de la vessie; le malade alors a recours au cathétérisme, que lui font souvent ses camarades ayant avec eux des sondes; s'ils sont près d'une ville, ils ont recours au médecin; si le cathétérisme n'est pas fait à propos, la vessie, se remplissant d'urine, dépasse l'hypogastre, et s'il tarde beaucoup à se faire, l'urine commence, par suite de la grande tension de la vessie, à sortir de l'urètre goutte à goutte; souvent, le premier jour, il n'y a pas d'urine dans la vessie. La constipation est au commencement persistante par suite de la parésie du rectum, de sorte qu'elle rend nécessaire l'emploi des purgatifs; mais ensuite la diarrhée lui succède, et le malade ne sent point ses évacuations; le pouls est normal : ce n'est que dans les premiers jours qu'il est dur, fort et plein; le vertige se passe en vingt-quatre heures, mais les malades continuent, dans les premiers jours, à se plaindre « d'un éblouissement »; l'appétit existe au commencement, mais après une anorexie

persistante lui succède ; les autres fonctions du corps se font normalement. D'ordinaire, les malades sentent aussi, dans les premiers jours de leur maladie, des douleurs légères au thorax et aux membres supérieurs et même une parésie de ces membres et des engourdissements, qui se passent vite. Souvent n'arrive que la *parésie* des membres inférieurs et de la vessie, et alors le malade remue les membres inférieurs dans le lit, mais il ne peut point se tenir debout et marcher. On remarque aussi dans la parésie des *anesthésies locales* aux jambes et aux grands doigts des pieds et l'inertie du rectum. »

Ces accidents quelquefois peuvent s'amender et disparaître d'eux-mêmes au bout de quelques mois. Mais souvent ils s'accompagnent de gangrènes graves dans la région du sacrum et des fesses, ou se compliquent de cystites, presque toujours provoquées par des cathétérismes maladroits. Rarement la guérison est complète, et la béquille et la sonde sont l'apanage habituel de ceux que la mort ne vient pas délivrer. Ceux-là même qui ont échappé à toutes les atteintes finissent toujours par devenir pâles et anémiques et à sentir leurs forces diminuer rapidement. Les accidents primitifs peuvent d'ailleurs être plus graves encore et atteindre le thorax et les membres supérieurs. Enfin la mort subite n'est pas rare, avec tous les caractères déjà décrits à propos des décompressions accidentelles. Tous ces désordres s'expliquent d'ailleurs, pour M. Tetzis, par des hémorragies dans les régions lombaires, cervico-dorsales ou supérieures de l'axe cérébro-spinal.

Tous les accidents observés chez les plongeurs se retrouvent presque identiquement chez les ouvriers employés aux travaux de fondations de piles de ponts sous les appareils Triger à air comprimé. Quelques citations extraites de l'historique détaillé de M. Paul Bert suffiront à compléter le tableau.

Et d'abord, disent MM. Pol et Watelle, attachés comme médecins aux travaux de creusement d'un puits aux mines de Douchy (Nord) :

Le danger n'est pas de pénétrer dans un puits comprimé, il n'est pas davantage d'y séjourner plus ou moins longtemps; la décompression seule est à craindre : on ne paye qu'en sortant.

Sur neuf hommes ayant travaillé un jour, sans préparation, sous 2<sup>atm</sup>, 8, huit éprouverent des douleurs musculaires très intenses, qui disparurent dans la nuit, excepté chez un, où elles persistèrent plusieurs jours.

*lorsque l'appareil n'aurait pas été dans un bon état et qu'il n'aurait pas été*

Observation d'un ouvrier à sa première séance ( $4^{\text{atm}}$ , 154); décompression trop rapide :

Quelques minutes après sa sortie du *sas*, il offrait l'aspect d'un cadavre : face livide, froideur glaciale, yeux ternes, pupilles énormément dilatées, respiration anxieuse; en auscultant le cœur, on n'entend qu'un vague frémissement; pouls insensible; intelligence abolie; urines involontaires; vomissements noirs; impuissance musculaire complète.

Bain chaud, couvertures, frictions. Après une demi-heure, le pouls commence à devenir perceptible, la respiration est plus ample, un peu de chaleur réapparaît au tronc; le malade balbutie des mots sans suite. Pendant la nuit, à peine la chaleur est-elle rétablie, que des douleurs atroces éclatent dans les muscles; vives douleurs de tête, cécité et surdité; pouls misérable, à 50. — Amélioration nette le surlendemain; le malade voit confusément, mais conserve une vue faible et des pupilles anormalement dilatées.

Autopsie d'un homme de 40 ans, mort presque immédiatement après sa sortie du tube où il descendait pour la première fois (pression supportée :  $4^{\text{atm}}$ , 154 dépressions en 20 minutes) :

Emphysème sous-cutané généralisé (existait avant que la putréfaction commençât, notent les auteurs); rien aux méninges, au cerveau, au cervelet; congestion des poumons avec teinte noirâtre généralisée (souligné par les auteurs); sang fluide et noir dans le cœur; foie, rate et reins engorgés.

Autre observation, de MM. Babington et Cuthbert, aux fondations du pont de Londonderry, en 1861, où ne fut jamais atteinte la limite de  $3^{\text{atm}}$  :

18 ans, le 3 octobre. Quatre heures sous la pression; tombe sans connaissance pendant qu'on décomprime.... État demi-comateux, répond quand on l'excite et retombe dans l'insensibilité. Les symptômes comateux passèrent en dix-huit heures; il était alors paralysé totalement depuis la quatrième côte. Rétention d'urine, perte de sensation et autres symptômes des maladies de la région médullaire cervicale. — Mourut à l'hôpital 162 jours après; n'a jamais retrouvé la sensibilité ni le mouvement.

Enfin autopsie faite par M. le Dr Gallard à la suite d'une explosion de chambre à air au pont de Chalonnes (Maine-et-Loire) en 1865 :

La mort des deux ouvriers fut presque subite, foudroyante, en quelque sorte, pour l'un d'eux, un peu plus lente pour le second, qui respira encore

quelques instants, mais en ayant déjà perdu connaissance. L'autopsie (faite par M. Gallard dans de mauvaises conditions, après exhumation et autopsie préalable du médecin de Chalonnes) montra de nombreuses plaques d'emphysème interlobaire et vésiculaire sur les poumons des deux victimes. Il y avait, en outre, sous la plèvre et sous le péricarde, de nombreuses ecchymoses ponctuées.... Il me semble me rappeler que le sang ... contenait quelques bulles de gaz.... Les notes de l'autopsie ont été perdues par le médecin d'Angers à qui je les avais dictées.

On voit, d'après ces récits, choisis comme types parmi tous ceux qu'il eût été possible de recueillir sur le point qui nous occupe, la nécessité d'une distinction très nette entre les effets, relativement minimes, dus à la compression elle-même et les accidents, souvent très graves, occasionnés par un retour trop brusque à la pression ordinaire.

Parmi les premiers, le plus constant est celui de douleurs d'oreilles, parfois intolérables, causées par l'inégalité de pression gazeuse à l'intérieur et à l'extérieur de l'oreille moyenne : l'oblitération momentanée de la trompe d'Eustache en est seule cause, et il suffit généralement de quelques mouvements de déglutition, ou plutôt d'une forte expiration, la bouche et le nez fermés, pour rétablir l'équilibre et arrêter le refoulement de la membrane du tympan, qu'on a vu quelquefois aller jusqu'à la rupture. Cette action, évidemment, est purement mécanique, et c'est la même qu'on voit se produire dans toutes les augmentations brusques de pression extérieure (coups de canon, explosions, etc.), et qui se reproduit en sens inverse au moment des décompressions rapides.

Un autre phénomène à rapprocher de celui-ci est la rétraction abdominale ; presque tous les ouvriers, dans la cloche, sont contraints de « serrer la boucle de leur pantalon ». Sans insister sur les conséquences théoriques qu'il serait possible de tirer de ce fait, il suffit de constater que la présence de gaz dans le tube intestinal l'explique d'une manière très naturelle.

Un détail assez curieux par sa constance, mais dont l'étude physique reste à faire, est celui du changement de timbre et de ton de la voix sous pression. On parle du nez, avec effort ; il y a une élévation constante de la limite supérieure du chant ; mais, par contre, à partir de 3<sup>atm</sup>, il devient absolument impossible de siffler.

Quant aux fonctions organiques, il en est deux sur lesquelles l'effet est tout à fait marqué. La respiration se ralentit; mais la capacité respiratoire augmente par abaissement du diaphragme et de la base du poumon.

Le *pouls*, même fébrile, diminue de rapidité; son amplitude baisse et il a tous les caractères de la tension artérielle exagérée. Le sang, même veineux, présente une rutilance inaccoutumée, et cependant la peau et les muqueuses sont pâles, alors même qu'elles étaient le siège d'une congestion ou inflammation caractérisée.

La *sécrétion urinaire* est augmentée, et les études récentes qui ont été faites à ce sujet par M. Haga mettent hors de doute l'augmentation d'élimination de l'urée. Enfin, du côté du *système nerveux*, presque tous les observateurs ont constaté, sous de fortes pressions, une excitation pouvant ressembler à une véritable ivresse.

Les phénomènes de la décompression dépendent de trois facteurs essentiels : le degré de pression atteint (le maximum a été de 5<sup>atm</sup>, 5), la rapidité de décompression (trois ou quatre minutes au maximum pour les tubistes, moins encore pour les plongeurs), la durée du séjour dans l'air comprimé (quelquefois jusqu'à sept ou huit heures). Plus cette dernière a été longue, la pression forte et la décompression rapide, et plus les accidents ont de fréquence et de gravité. Ce sont d'abord des démangeaisons cutanées, des *puces*, qui finissent par occasionner des douleurs extrêmement vives, bien plus communes chez les ouvriers tubistes, après un long travail, que chez les plongeurs à travail de courte durée; puis surviennent des gonflements douloureux des muscles, particulièrement de ceux qui ont le plus travaillé; des douleurs périarticulaires plus ou moins violentes. Enfin, pour peu que la pression ait dépassé 3<sup>atm</sup>, on voit surgir tout un cortège d'accidents graves : troubles sensoriaux, surdité, cécité, troubles de la locomotion et de la sensibilité générale, surtout paralysie des membres inférieurs, de la vessie, du rectum, ou, rarement, des membres thoraciques; avec cela, troubles cérébraux, perte de connaissance; enfin, mort subite.

Chose remarquable, ces accidents ne se manifestent jamais que quelques minutes et quelquefois quelques heures après la sortie des caissons ou des scaphandres. Les troubles, même graves, peuvent dis-

paraître après un temps de repos assez court, mais presque toujours la paraplégie est rebelle, et c'est un triste spectacle, dit-on, de voir, au pays du corail et des éponges, quantité de malheureux trainer une existence misérable, victimes de leur imprudence autant que de la grande entreprise moderne qui, là-bas, ne peut pas, comme ailleurs, enterrer dans l'anonymat de l'internationalité tous ses morts et ses blessés.

Victimes de leur imprudence, ai-je dit : c'est ce que va nous montrer l'étude approfondie des effets et des causes, à laquelle nous allons procéder suivant la méthode expérimentale, c'est-à-dire en prenant l'animal pour objet de nos études, objet physique dont nous supposerons les propriétés bien connues dans leurs rapports ordinaires avec l'état normal des pressions ambiantes.

## CHAPITRE II.

### ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DE LA MORT PAR AUGMENTATION OU DIMINUTION DE LA PRESSION EXTÉRIEURE.

#### I. — Raréfaction.

Prenons trois moineaux aussi semblables que possible; enfermons hermétiquement chacun d'eux sous une cloche contenant le même volume d'air sous la même pression, mais en nous réservant la possibilité de raréfier l'air dans l'une et d'absorber l'acide carbonique par de la potasse dans une autre, au fur et à mesure de sa formation. Le résultat final, sous les trois cloches, sera le même : la mort de l'animal, dans des conditions et avec des symptômes presque uniformes.

Ainsi, partis de conditions initiales identiques, nous arrivons, par trois procédés divers, à un résultat identique; évidemment nous ne pourrons appeler *cause* de ce résultat que celle des circonstances expérimentales qui se trouvera commune à chacun des trois procédés. Or, si nous mettons de côté la variable *temps*, qu'il est assez naturel de négliger en cette affaire, nous voyons d'abord immédiatement que la pression, en tant que pression, ne peut être mise en cause, puisque, d'une part, elle a varié fort inégalement dans la cloche pneumatique et dans la cloche à absorption chimique, tandis que, d'autre part, elle est restée à bien peu près constante dans la cloche où le moineau a pu respirer en exhalant des volumes d'acide carbonique égaux aux volumes d'oxygène absorbés. L'acide carbonique aussi ne peut être accusé, puisque, dans l'une des cloches, nous l'avons soustrait au fur et à mesure. Quel peut donc être le facteur commun, le lien de cause à effet de la mort du petit oiseau en vase clos? Il ne nous reste qu'une ressource : faire l'analyse des gaz contenus sous les cloches; mais, ici en-

core, nous trouvons de grandes divergences, et aucun rapprochement immédiat ne ressort des chiffres obtenus.

Mais, si nous imaginons de calculer la pression propre de chacun de ces gaz dans le mélange, idée bien naturelle, puisque c'est de pression que nous avons à nous occuper, nous arrivons à ce résultat important que, dans chacune des cloches, au moment où la mort est survenue, la pression partielle de l'oxygène était sensiblement la même, très proche de  $0^{\text{atm}}$ , 035, quelles que fussent d'ailleurs les pressions spéciales des autres gaz mélangés. Répétons alors l'expérience dans des conditions diverses; en remplaçant, par exemple, tout ou partie de l'azote par un gaz inerte, tel que l'hydrogène, ou bien en raréfiant sous la cloche une atmosphère où nous aurions d'avance augmenté la pression de l'oxygène, soit par une compression totale, soit par un changement des proportions centésimales, toujours le résultat sera le même, et seule la tension propre de l'oxygène se trouvera constante à la fin de l'expérience, toutes les autres conditions ayant varié d'une manière quelconque.

On pourrait objecter, il est vrai, que s'il était légitime, jusqu'à un certain point, au commencement de l'expérience, d'assimiler tous les moineaux à autant d'objets physiques bien comparables entre eux, comme le seraient des quantités égales de réactif chimique dont il s'agirait de produire le précipité, ou des ressorts également tendus dont on chercherait le déclanchement, rien ne prouve qu'à la fin de l'expérience notre réactif vivant ne soit diversement modifié par la réaction elle-même et n'ait contribué, par quelque altération interne au déclanchement, à la précipitation dont nous n'avons recherché la cause que dans les circonstances extérieures. Nous aurons effectivement à reprendre plus tard ce point de vue; mais, en dehors de toute recherche de causalité, nous ne pouvons pas ne pas être frappés de cette coïncidence remarquable de la mort de l'animal et de l'abaissement à un chiffre constant de la tension partielle de l'oxygène extérieur.

Repreneons donc les expériences et suivons-les en détail : une première série a été faite par M. P. Bert au moyen de l'appareil figuré ci-contre (fig. 8), c'est-à-dire d'une simple table munie de quatre plateaux de machine pneumatique, à fermetures hydrauliques et manomètres indicateurs.

Les résultats en sont consignés dans le Tableau de la page 30.

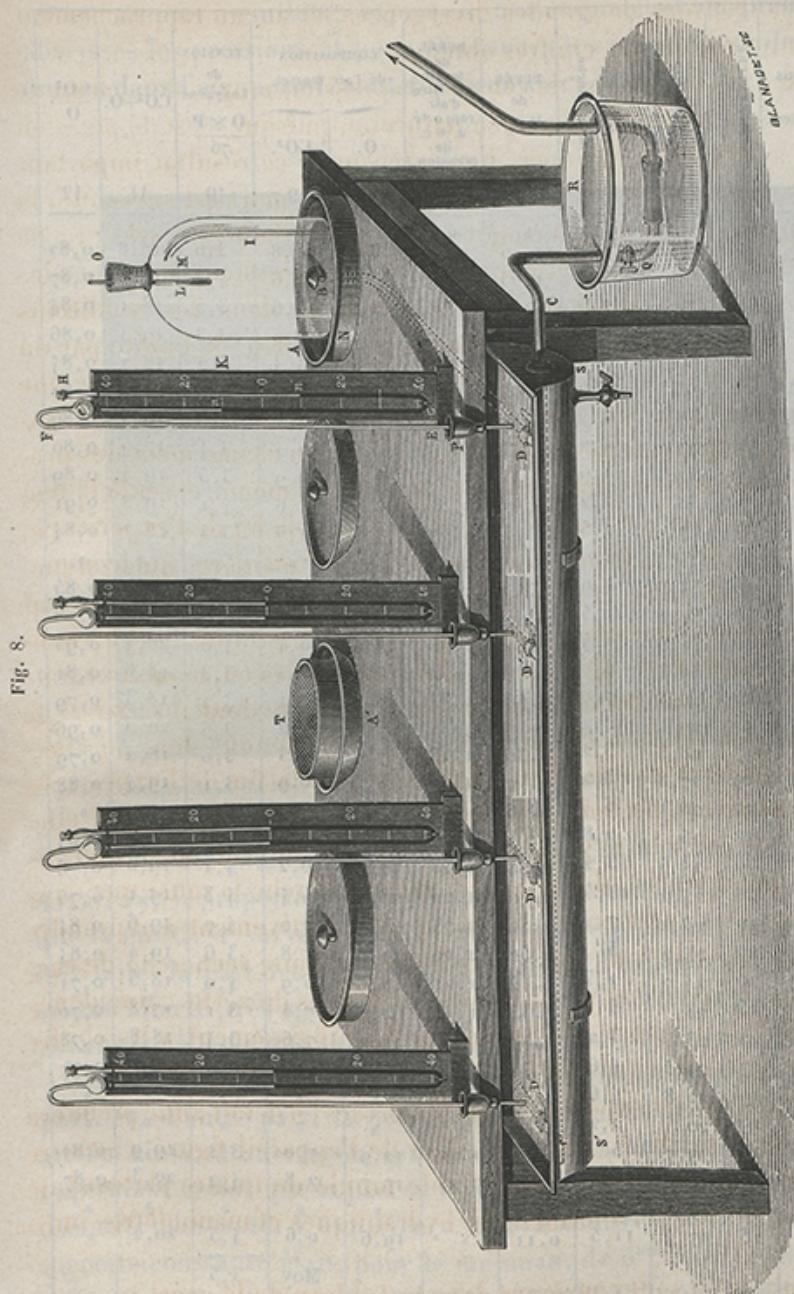


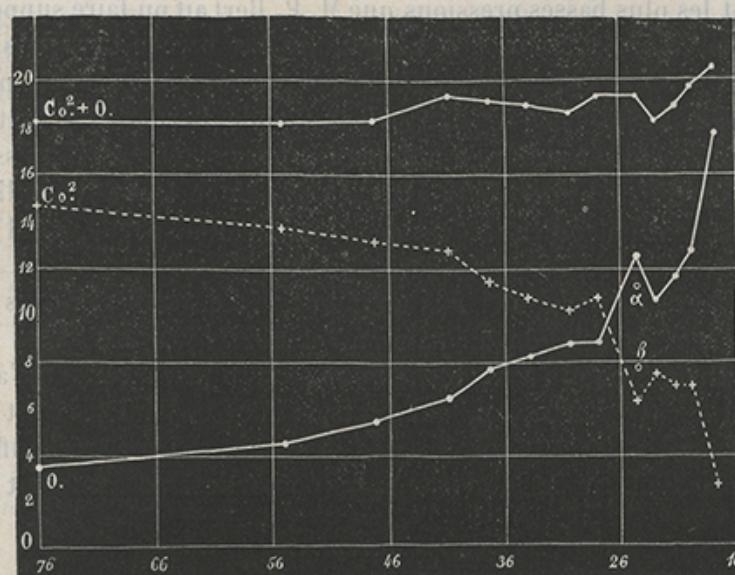
Fig. 8.

Table à quatre plaques de M. Paul Bert pour expériences sur la diminution de pression.  
 A, machine pneumatique avec manchon de zinc N, thermomètre L, prise d'air M, à robinet, noyé dans le manchon plein d'eau O. —  
 B, orifice par lequel la machine aspire l'air, par l'intermédiaire du tube C, des robinets D et Q, plongés dans l'eau. — EFGH,  
 manomètre avec communication noyée en P. — c, petit renflement pour éviter les projections du mercure.  
 S, robinet D. — T, appareil à recueillir les urines.

NOMBRES D'ORDRE.	NOMBRES des expériences.	TEMPÉRATURE extérieure.	PRESSION barométrique.	CAPACITÉ de la cloche.	DURÉE de la vie.	DURÉE de la vie par litre d'air rapporté à 76 c. de pression.	COMPOSITION de l'air mortel.		TENSION de l'oxygène O×P 76	CO <sub>2</sub> +O. CO <sub>2</sub> O	
							O.	CO <sub>2</sub> .			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	I	15°	76 <sup>e</sup>	111	1 h 5 m	1 h 5 m	3,0	14,8	3,0	17,8	0,82
12	II	15	76	1,9	1,55	0,57	4,2	14,6	4,2	18,8	0,87
3	VI	16	75	2,5	3,23	1,20	3,5	14,6	3,5	18,1	0,84
4	III	24	75	1,3	3,45	2,50	3,3	16,0	3,3	19,3	0,86
5	VII	16	55	3,2	4,31	1,57	4,5	14,4	3,2	18,2	0,84
6	XXXV	22	55	2,2	1,40	1. 3	4,6	13,4	3,3	18,0	0,81
7	XXXII	21	48,5	1,5	1,25	1,32	5,2	14,1	3,3	19,3	0,89
8	XXXVI	22	47	3,2	1,53	0,37	5,5	12,4	3,4	17,9	0,80
9	XXXI	21	41,3	1,9	1,45	1,45	6,5	12,9	3,5	19,4	0,89
10	XXXVII	»	38	3,2	1,30	0,56	8,2	11,6	4,1	19,8	0,91
11	XIII	17	37	2,5	1,45	1,27	7,2	11,5	3,5	18,7	0,84
12	VIII	16	36,4	5	3. 0	1,15	»	»	»	»	»
13	XII	16	34,3	4,6	2,34	1,21	8,2	10,8	3,7	19,0	0,85
14	XX	20	30,8	11,5	6,53	1,28	8,3	9,8	3,4	18,1	0,78
15	XXIV	20	30,5	2,5	1,31	1,31	10,0	10,4	4,0	20,4	0,95
16	XXIII	20	30,3	5	»	»	8,3	10,3	3,3	18,6	0,81
17	XXI	20	30,3	7	4,25	1,34	8,2	10,1	3,2	18,3	0,79
18	V	15	29	3,2	»	»	9,3	11,2	3,5	20,5	0,96
19	XIV	17	28,3	3,2	1,30	1,15	7,9	10,3	3,0	18,2	0,79
20	XVIII	19	27,8	3,2	2. 0	1,44	8,5	10,9	3,1	19,4	0,88
21	XXII	20	26,1	5	0. 6	»	»	»	»	»	»
22	XXXIV	22	25	2,8	1. 2	1. 7	11,3	8,1	3,6	19,4	0,84
23	XI	16	24,5	3,2	0,38	0,38	12,8	6,2	4,1	19,0	0,76
24	XXV	20	24,2	11,5	5. 0	1,22	13,7	5,4	4,3	19,1	0,75
25	XXVI	20	24,2	7	2,10	0,58	12,6	7,0	4,0	19,6	0,84
26	XXVII	20	24,2	5	1,50	2,10	11,6	7,8	3,6	19,4	0,84
27	XXVIII	20	24,2	2,5	1. 4	1,21	12,6	5,9	4,0	18,5	0,71
28	IV	15	23	5	1,35	1. 8	10,3	7,5	3,1	17,8	0,70
29	XXXIII	22	23	3,2	»	»	11,2	7,6	3,4	18,8	0,78
30	XV	17	21,5	4,6	1,40	1,17	11,8	7,0	3,3	18,8	0,77
31	XVII	19	20,8	4,6	0. 2	»	»	»	»	»	»
32	X	19	20	2,2	0. 2	»	»	»	»	»	»
33	XVI	19	19,7	5	1,45	1,20	12,9	7,0	3,3	19,9	0,87
34	XXX	21	18	11,5	1. 4	0,23	17,7	2,8	4,2	20,3	0,87
35	XXIX	21	17,5	11,5	1. 3	»	»	»	»	»	»
36	IX	16	17,4	11,5	0,11	»	19,6	0,6	4,5	20,2	»
							Moy.	3,5			

Ces mêmes résultats, exprimés graphiquement en prenant pour abscisses les pressions et pour ordonnées les proportions de gaz contenues dans l'air mortel, sont représentés ci-dessous :

Fig. 9.



Composition de l'air confiné devenu mortel à des pressions inférieures à 1 atm.

De là ressort immédiatement ce fait remarquable et en apparence paradoxal, que la proportion d'oxygène non utilisée est d'autant plus grande que la mort est survenue sous une moindre pression. La courbe une fois faite, la part des accidents inévitables d'expériences faites sur le vivant affecte très sensiblement la forme d'une hyperbole équilatère, asymptote à l'axe des abscisses et à l'axe des pressions nulles.

Les deux coordonnées représentant d'ailleurs la pression  $\alpha$  d'une part, et, d'autre part, la proportion centésimale  $\gamma$  de l'oxygène, on arrive ainsi, d'une façon tout empirique, à la relation  $\alpha\gamma = \text{const.}$ , exprimant ce fait que la part de l'oxygène dans la pression totale est une quantité constante. L'expérience nous a montré que la valeur moyenne de cette constante était, pour le moineau, de 0<sup>atm</sup>, 035, mais avait pour valeurs extrêmes, en centimètres, (0,03, 76)<sup>c</sup> et (0,045, 76)<sup>c</sup>. Or la pres-

sion partielle de l'oxygène dans l'air raréfié est toujours les  $\frac{209}{1000}$  de la pression totale : il en résulte que la valeur extrême que pourra prendre celle-ci pour arriver à la mort de l'animal dans l'air sera représentée par  $\gamma = \frac{30.76}{209}$  ou  $\gamma = \frac{45.76}{209}$ , soit 15°,06 et 10°,9. Ce sont effectivement les plus basses pressions que M. P. Bert ait pu faire supporter à des moineaux, en s'entourant de toutes les précautions possibles pour retarder leur mort, grâce à un double phénomène d'accoutumance et de refroidissement qui, signalé par Claude Bernard, se rattache assez directement au cadre de notre étude pour que nous ne puissions résister au désir de citer deux expériences, où se trouvait implicitement la réponse à cette question, déclarée insoluble par le grand physiologiste : « Quand l'oxygène devient-il insuffisant ? »

« Hier, dit-il, nous avons mis un moineau d'environ 13<sup>gr</sup> sous une cloche d'une capacité de 2<sup>lit</sup> environ, et nous l'y avons laissé trois heures sans retirer ni l'acide carbonique ni la vapeur d'eau qui s'accumulaient dans la cloche. Au bout des trois heures, l'animal était près d'expirer ; mais il vivait encore assez pour que, retiré et réchauffé, il ait pu voler.... L'air de la cloche, sur 100 parties, ne contenait plus que

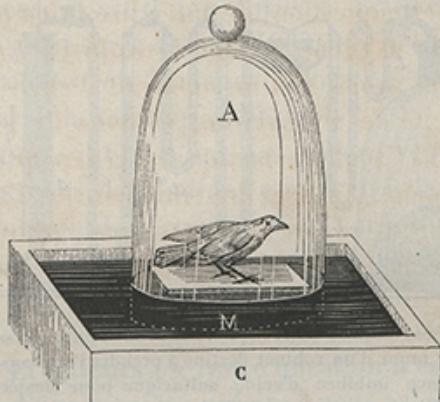
O.....	3,5
CO <sub>2</sub> .....	17,5

Doit-on en conclure qu'un animal de son espèce pourrait vivre dans un milieu ainsi composé ? On se tromperait étrangement. En effet, au bout de la deuxième heure, alors que cet oiseau était encore plein de vie, un second, puis un troisième moineau introduits dans la cloche y succombèrent presque immédiatement. Je vous ai dit, en outre, que cet animal malade, retiré au bout de trois heures, puis réchauffé, était revenu à lui, assez bien pour voler.

» Lorsqu'il eut repris toute sa vigueur, il fut réintroduit dans la même cloche, où il mourut alors à l'instant. Cela tient à ce que, par son premier séjour dans le milieu confiné où il était placé, il s'était graduellement produit chez cet oiseau un état morbide, une dépression de toutes les fonctions, en vertu de laquelle une sorte d'équilibre, de rapport, tendait à s'établir entre lui et son milieu. Dans une infinité de cas, vous verrez de ces exemples de résistance chez des animaux affai-

blis ou malades... C'est ainsi qu'on explique comment un individu peut vivre dans une chambre où périrait un homme bien portant qui y entrerait. Pourquoi? Parce que, comme je vous le disais tout à l'heure, l'organisme tend à s'adapter à son milieu et prend d'autant moins d'oxygène qu'il s'affaiblit davantage... Or... l'individu qui absorbe moins d'oxygène se refroidit; réciproquement, toutes les fois qu'un animal se refroidit, il tend à se rapprocher du fonctionnement des animaux à sang froid, dont la température est, comme nous l'avons indiqué, un obstacle à l'oxygénéation du sang... Chez les grenouilles, on le sait,

Fig. 10.

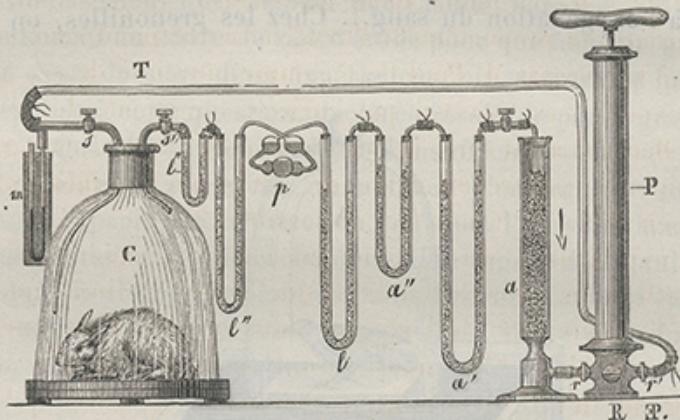


l'irritabilité musculaire dure longtemps après la mort, tandis que chez un oiseau qu'on décapite on ne la retrouve plus au bout d'un temps très court. Eh bien, chez un oiseau tué lentement par la privation d'oxygène, l'irritabilité musculaire persistera plus longtemps...» L'intensité du refroidissement est montrée par l'expérience suivante : « Sous une cloche de 12<sup>lit</sup> (fig. 10)<sup>(1)</sup>, nous avons mis, avant la leçon, un pigeon, dont la température normale, prise en introduisant un thermomètre dans son cloaque, a été trouvée à 41°. Au bout de quatre heures, son malaise était extrême et il n'eût pu y vivre encore que très peu de temps. On l'a retiré alors, et sa température, prise toujours en intro-

(1) Cette figure et la suivante sont empruntées aux *Leçons sur les substances toxiques* de Claude Bernard, 1 vol. in-8°, 488 p.; 1857.

duisant le thermomètre dans le cloaque, n'était plus que de 31°; elle avait, par conséquent, baissé de 10°!... » Voici enfin une expérience qui montre bien que l'accumulation de l'acide carbonique dans l'air n'entre pour rien dans l'arrêt de la vie : « Avec M. Magendie, nous avons cherché cette limite inférieure de la quantité d'oxygène dans un milieu respirable, en écartant les produits de la respiration qui pouvaient avoir sur l'animal une action fâcheuse. Pour cela, sous une

Fig. 11.



C, cloche de 12<sup>lit</sup> exactement fermée, dans laquelle se trouve un lapin soumis à l'influence d'un milieu confiné; s', tube muni d'un robinet destiné à prendre l'air dans la cloche; l, l', l'', tubes remplis de pierre ponce imbibée d'acide sulfurique pour dessécher l'air aspiré par la pompe P; p, tube de Liebig contenant de la potasse; a, a', a'', tubes remplis de chlorure de calcium; r, robinet faisant communiquer la pompe aspirante avec la cloche; r', autre robinet faisant communiquer avec la cloche la pompe parlante pour chasser dans la cloche l'air débarrassé d'acide carbonique et de vapeur d'eau; P, pompe à double effet; T, tube portant à la cloche l'air purifié; m, manomètre indiquant la pression de l'air dans l'appareil; s, robinet sur le trajet du tube qui rapporte l'air purifié dans la cloche.

cloche C (*fig. 10*), on place un lapin dans une atmosphère confinée. Deux tubes communiquaient avec la cloche : l'un s' donnait issue à l'air expiré qu'une pompe à double effet P aspirait pour le renvoyer par l'autre tube s dans le vase où était le lapin, après lui avoir fait traverser des tubes destinés à le purifier et à le débarrasser de son acide carbonique et de son humidité. De la sorte, le lapin respirait toujours le même air, qui était débarrassé, à mesure de leur production, de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau qu'y ajoutait l'expiration. Au moment où l'animal mourait, il était rigoureusement permis de regarder l'oxy-

gène comme insuffisant. Nous avons trouvé que cela arrivait quand, de 21 pour 100, la proportion d'oxygène était descendue en général de 3 à 5 pour 100... »

Claude Bernard ne donne pas la valeur de la pression finale sous la cloche ; mais, si on la calculait approximativement d'après les quantités d'oxygène disparues, on serait étonné de retomber à très peu près sur le chiffre 3,8 donné par M. Paul Bert comme moyenne de quatre expériences faites sur des lapins, asphyxiés en vases clos, sous des pressions de 16<sup>mm</sup> à 76<sup>mm</sup>. Remarquons encore que, dans l'expérience du moineau de Cl. Bernard, la proportion de l'oxygène correspond exactement au chiffre 3,5 trouvé par M. Paul Bert comme moyenne de son grand tableau d'expériences. N'est-il pas curieux, vraiment, de voir à quel point Cl. Bernard avait serré de près la grande loi qu'il était réservé à son disciple de mettre en évidence, alors que lui-même, avec instance, en déclarait la solution impossible ?

« Nos expériences, dit-il, n'ont pas encore répondu à la question par laquelle nous nous demandions quelle était la limite que pouvait atteindre la diminution de l'oxygène dans un milieu destiné à entretenir la respiration. Elles nous auront cependant montré que cette limite ne saurait être déterminée rigoureusement, parce qu'elle varie dans des conditions physiologiques dont il faut toujours, *avant tout*, tenir compte... » Et ailleurs : « Notre question n'est pas résolue et ne peut guère l'être d'une manière précise : nous avons vu qu'elle est liée à une foule de conditions physiologiques qui s'opposent à l'énonciation d'un résultat général... »

C'est pourtant ce résultat général qui ressort avec la dernière évidence des recherches de M. Paul Bert, et cela, peut-être, précisément parce que, au lieu de tenir compte « avant tout » des mille conditions physiologiques du problème, il en a considéré surtout le côté physique en prenant l'animal non pas comme but, mais comme instrument de recherches, introduit sous la cloche au même titre que le manomètre ou la soupape de sûreté.

Il serait certainement superflu, après les vérifications rétrospectives que nous venons d'emprunter aux Œuvres de Cl. Bernard, de multiplier les citations d'expériences de M. P. Bert; le Tableau suivant suffira pour donner une idée et de leur nombre et de leur concordance :

N <sup>o</sup> des expériences.	ESPÈCE D'ANIMAL.	POIDS.	PRESSION barométrique.	CAPACITÉ de la cloche.	DURÉE de la vie.	DURÉE PAR LITRE D'AIR rapportée à 760 de pression et par kilog. d'animal.	COMPOSITION de l'air mortel.		TENSION de l'oxygène $O \times P$ 76
							O.	CO <sub>2</sub> .	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Oiseaux.</b>									
LII	<i>Strix psilodactyla</i> ....	125 gr	76° c	lit 2,25	h m 1,53	m 6,2	3,3	13,4	3,3
LIII	Id. ....	125	27,5	7	1,10	3,4	13,4	6,4	4,8
LIV	Id. ....	125	22,5	7,5	37	2,1	17,1	3,3	5,0
BV	Id. ....	170	19	11,5	35	2,1	17,6	2,6	4,4
LVI	<i>Falco tinnunculus</i> ....	" 19,5	13,5		18	"	20	0,8	5,1
						Moy.	3,4	Moy.	4,5
<b>Mammifères.</b>									
LIX	Chat d'un mois.....	280	76	3,2	1,20	7,7	4,4	13,4	4,4
LX	Id. ....	380	51	7	1,20	7,1	7,2	11,4	4,9
LXIV	Chat adulte.....	2570	29,5	21,5	25	8,7	10,3	9,6	4
LXII	Chat d'un mois.....	460	21,8	13,5	29	3	15,5	5,1	4,4
LXI	Id. ....	665	16	15,5	65	"	19	1	4
LXIII	Id. ....	485	16	15,5	20	3	"	"	"
						Moy.	5,9	Moy.	4,4
LXV	Chats de trois jours..	125	58	10,5	1,55	33	0,3	17,1	2,2
LXVI	Id. ....	125	25,5	2,5	2,35	24	7,1	13,5	2,4
LXVII	Id. ....	125	20,5	3,2	4,15	37	8,5	12	2,2
LXVIII	Id. ....	125	13,5	5	4,30	32	13	7	2,2
						Moy.	31	Moy.	2,2
LXIX	Chien.....	4 <sup>k</sup> ,3	43	31	"	"	5,4	"	3,0
LXX	Lapin.....	"	76	11,5	2	"	3,7	15,2	3,7
	Id. ....	1 <sup>k</sup> ,9	41	20,7	1,25	16	5,9	13,3	3,2
	Id. ....	1 <sup>k</sup> ,6	29	20,7	"	"	11	9	4,2
	Id. ....	1 <sup>k</sup> ,3	16	31	13	"	19	1,6	4,0
								Moy.	3,8
LXXIV	Cochon d'Inde.....	420 gr	76	3,2	1,20	12	2,3	16,4	2,3
LXXX	Id. ....	470	46,5	5	1,20	14	3,5	16	2,1
LXXIX	Id. ....	620	35	16	2,55	24	4,9	17,2	2,2
LXXX	Id. ....	520	28	13,5	2,20	17	5,4	15,7	2,0
LXXXI	Id. ....	620	19,5	19	2,40	21	8,1	15,6	2,0
LXXVI	Id. ....	580	16	13	1,12	16	14,5	9,8	3,0
LXXVIII	Id. ....	485	13,5	13,5	9	"	19,1	2,3	3,4
LXXVII	Id. ....	490	12	10	15	"	19	3,1	3,0
						Moy.	17,3	Moy.	2,5

Le fait général qui ressort de ces expériences est que les Mammifères peuvent être amenés à des pressions notamment plus basses que les oiseaux et ont la faculté d'épuiser plus que ceux-ci l'air où ils sont confinés. Ils sont en outre plus malléables, pour ainsi dire, c'est-à-dire plus faciles à amener à l'état d'animaux à sang froid, supportant alors (particulièrement les animaux nouveau-nés) des pressions extrêmement faibles et pouvant être réduits à un état d'anesthésie voisin de la mort, mais avec possibilité de survie. Cette facilité de résurrection est extrêmement remarquable chez les grenouilles et empêche de les utiliser à des expériences précises : le fait avait été parfaitement noté par M. Paul Bert et il est assez singulier de le voir revenir aujourd'hui d'outre-Rhin, sous forme de volumineux Mémoires, ne visant à rien moins qu'à saper tout l'édifice en attaquant ce petit coin réservé. Certes, ces phénomènes d'anesthésie des grenouilles, parfaitement décrits par M. Aubert, sont extrêmement curieux; mais encore ne valent-ils que pour des grenouilles, et ce serait les enfler singulièrement que de les vouloir étendre au bœuf.

Laissons donc ces détails et poussons plus loin les conséquences du fait général ressorti jusqu'à présent de nos expériences : si la diminution de tension de l'oxygène est bien la seule cause de la mort dans nos vases clos, nous devrons empêcher ou retarder le résultat toutes les fois que nous trouverons le moyen de maintenir à l'oxygène une tension propre supérieure à la limite mortelle. Pour cela, deux moyens sont praticables : augmenter artificiellement la proportion d'oxygène dans l'air raréfié, ou bien augmenter la pression de l'air appauvri en oxygène.

Le premier procédé expérimental était réalisé de la manière suivante: l'oiseau étant placé sous une des cloches de l'appareil représenté (*fig. 8*), M. P. Bert diminuait la pression de 300 à 400<sup>mm</sup>, ce qui généralement ne paraît pas avoir sur les oiseaux d'effet immédiatement fâcheux. Du reste, on mettait aussitôt le robinet M en communication avec un gazomètre rempli d'oxygène, et la pression normale se rétablissait au moyen de ce gaz. On recommençait à diminuer la pression de ce mélange, déjà plus oxygéné que l'air ordinaire, et l'on remplissait de nouveau avec de l'oxygène. Après trois ou quatre manœuvres analogues, la cloche était remplie d'un mélange suffisamment oxygéné

pour pouvoir faire l'expérience en laissant périr l'oiseau sous la diminution de pression voulue. On retirait ensuite une certaine quantité du mélange et l'on en faisait l'analyse. Le Tableau suivant résume ces expériences :

NUMÉROS des expériences.	PRESSION barométrique.	RICHESSE en oxygène du mélange primitif.	TENSION de cet oxygène à 76 c.	COMPOSITION de l'air mortel.		TENSION de l'oxygène dans l'air mortel. $O \times P$ — 76
				O.	CO <sub>2</sub> .	
1	2	3	4	5	6	7
XLVII	18,0	85,9	20,3	15,4	68,1	3,6
XLVIII	14,0	"	"	23,8	48,0	4,3
XLIX	12,5	88,4	14,5	22,2	66,0	3,6
L	8,0	82,3	8,6	41,8	37,2	4,4
LI	6,6	87,0	7,5	66,7	17,3	5,8

Les chiffres de la colonne 7 montrent une concordance très suffisante avec ceux des Tableaux précédents, malgré les accidents d'une manœuvre compliquée, qui, par exemple, dans la dernière expérience, ont placé dès l'origine l'oiseau sous l'influence d'une très faible tension d'oxygène, c'est-à-dire dans des conditions brusques d'asphyxie, contraires aux ménagements dont Cl. Bernard avait si bien discerné l'importance. Et malgré cela, malgré la brutalité du procédé, on a pu arriver à une dépression presque trois fois plus faible qu'avec l'air ordinaire ! Dans d'autres expériences, au contraire, où la proportion d'oxygène avait été préalablement réduite de moitié environ, il avait été impossible de dépasser la dépression de 280<sup>mm</sup>, correspondant toujours à une tension finale de l'oxygène égale à 3,7.

Ainsi, dans les conditions les plus extrêmes, c'est toujours sur ce même chiffre que nous retombons. Quelques irrégularités, il est vrai, se présentent dans notre dernier mode opératoire, pour les dépressions faibles, et se retrouvent si nous cherchons à compenser par une forte pression une diminution artificielle de l'oxygène ; mais nous en trouverons très prochainement l'explication, en même temps que nous en donnerons le détail, et, de tout ce que nous avons vu jusqu'à cette heure, nous pouvons tirer légitimement, avec M. P. Bert, la conclu-

sion générale que « tous les troubles, les accidents, la mort, qui surviennent par l'effet de la diminution de pression, sont dus tout simplement à l'asphyxie. C'est qu'un animal soumis à une diminution croissante de pression est semblable à un animal qui s'asphyxie en vase clos, dans l'air ordinaire, sous la réserve peu importante, comme nous le verrons plus tard, de l'action de l'acide carbonique produit. Lorsqu'on a amené rapidement un animal en vase clos à une certaine dépression et qu'on le laisse mourir, l'épuisement graduel de l'air où il est confiné agit absolument comme si l'on continuait, dans un air pur, à diminuer autour de lui la pression barométrique. *La pression d'oxygène est tout; la pression barométrique en elle-même ne fait rien ou presque rien.* Quant aux pressions partielles des gaz autres que l'oxygène, la conclusion si catégorique de M. Paul Bert nous dispense de nous en occuper et nous pouvons clore ici l'étude expérimentale de ce qui a trait à la mort par diminution de pression, remettant à un Chapitre spécial la description des phénomènes observables dans la période intermédiaire.

## II. — Compression.

Nous suivrons la même méthode pour les accroissements de pression et ne viserons d'abord qu'à la circonstance ultime, la mort de l'animal. Mais, profitant des enseignements tirés de l'étude précédente, nous ferons en sorte d'éliminer toute cause de mort due à la diminution de tension propre de l'oxygène, et nous ne mettrons en ligne que les résultats où cette action, inverse de celle que nous voulons étudier maintenant, ne vient compliquer en rien les observations, c'est-à-dire qu'il nous faudra choisir soit des mélanges gazeux assez riches en oxygène, soit des pressions assez fortes pour que jamais la tension propre de l'oxygène ne s'approche de  $0^{atm},03$  ou  $0^{atm},04$ .

Cela posé, plaçons trois moineaux à l'intérieur de trois récipients de même capacité (*fig. 12*), mais l'un au milieu d'air ordinaire sous une pression de  $5^{atm}$  ou  $6^{atm}$ , l'autre à la pression ordinaire dans un mélange contenant 91 pour 100 d'oxygène, l'autre enfin, dans ce même mélange, sous une pression de  $0^{atm},5$  seulement, et analysons pour chacun d'eux l'air mortel. Partout nous trouverons

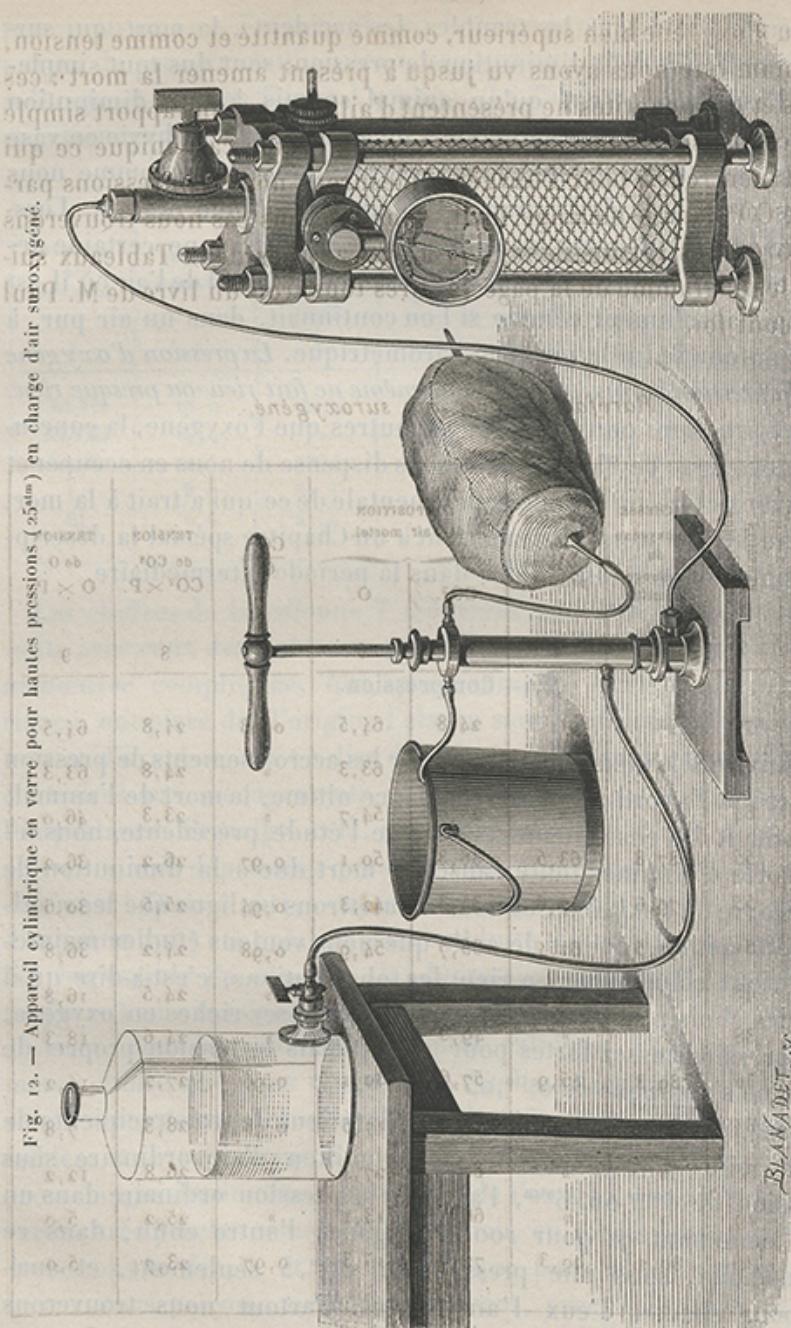


Fig. 12. — Appareil cylindrique en verre pour hautes pressions (2.5 atm) en charge d'air suroxygéné.

Cylindre avec manomètre  
et robinet capillaire.

Pompe à compression.  
Sac à oxygène.  
Courant d'eau froide enveloppant la pompe  
pour éviter l'échauffement de l'air comprimé.

BLAHADETT sc

un résidu d'oxygène bien supérieur, comme quantité et comme tension, au minimum que nous avons vu jusqu'à présent amener la mort : ces pressions et ces quantités ne présentent d'ailleurs aucun rapport simple entre elles. Faisons-nous au contraire pour l'acide carbonique ce qui nous a si bien réussi pour l'oxygène, mesurons-nous les pressions partielles de  $\text{CO}_2$  dans le mélange final, dans les trois cas nous trouverons des nombres très voisins de  $0^{\text{atm}},24$  à  $0^{\text{atm}},27$ . Les deux Tableaux suivants et le diagramme de la page 43, tirés tous trois du livre de M. Paul Bert, en font foi.

*Raréfaction avec air suroxygéné.*

NUMÉROS des expériences.	PRESSION barométrique.	RICHESSE en oxygène du mélange primitif.	TENSION de l'oxygène primitif.	COMPOSITION de l'air mortel.		$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}}$	TENSION de $\text{CO}_2$ . $\text{CO}_2 \times \text{P.}$	TENSION de $\text{O}_2$ . $\text{O}_2 \times \text{P.}$
				CO <sub>2</sub> .	O.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
CVII	76 <sup>c</sup>	91	91	24,8	64,5	0,93	24,8	64,5
CIX	76	»	»	24,8	63,3	»	24,8	63,3
CXVI	64	»	»	27,7	54,7	»	23,3	46,0
CXV	55	87,8	63,5	36,3	50,1	0,97	26,2	36,2
CXI	55	79,6	57,6	35,3	42,3	0,94	25,5	30,6
CXIII	51	91,5	61,4	35,7	54,9	0,98	24,2	36,8
CXVII	43	»	»	42,4	29,8	»	24,5	16,8
CXIV	38	»	»	49,3	36,6	»	24,6	18,3
CXII	36	89,8	45,9	57,6	30,1	0,96	27,2	14,2
CVIII	34	82	36,7	63,3	17,5	0,98	28,3	7,8
CXIX	34	»	»	60	27,4	»	26,8	12,2
CXVIII	29	»	»	66	13,1	»	25,2	5,0
CX	25	89,2	29,3	72,1	15,3	0,97	23,7	5,0

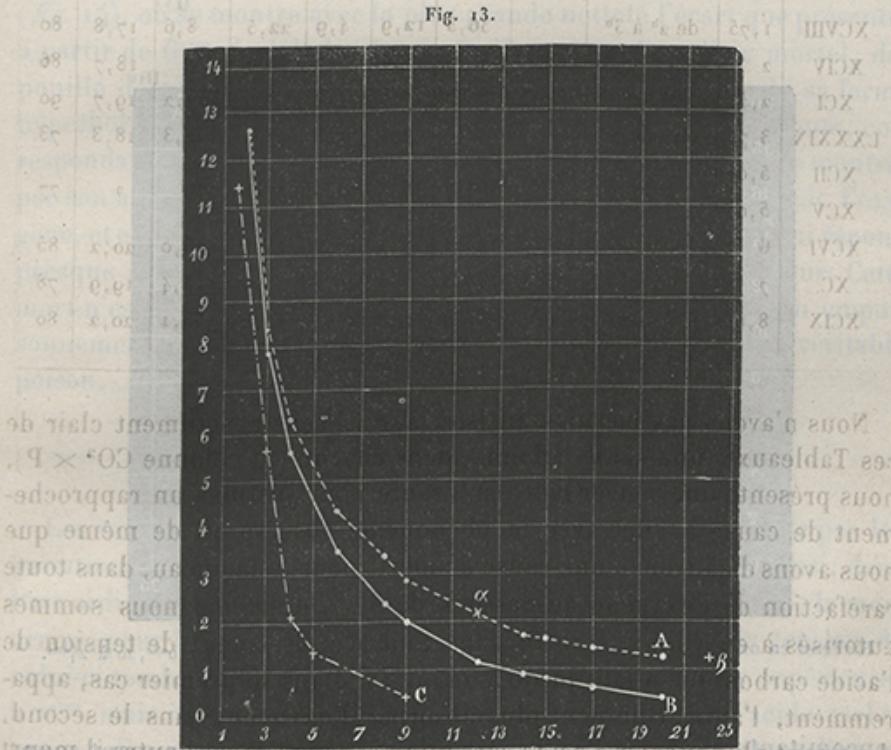
*Compression avec l'air ordinaire.*

EXPÉRIENCES.	PRESSION	DURÉE de la vie.	DURÉE DE LA VIE par litre d'air rapportée à l'air pur.	TENSION de l'oxygène.	COMPOSITION de l'air mortel.			$\text{CO}_2 \times P$	$O_2 \times P$	$\text{CO}_2 + O_2$	$\frac{\text{CO}_2}{O_2}$
					CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	P				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
XCVIII	1,75	de 2 <sup>h</sup> à 3 <sup>h</sup>		36,5	12,9	4,9	22,5	8,6	17,8	80	
XCIV	2	moins de 3 <sup>h</sup>		41,8	13,7	5,0	27,4	10	18,7	86	
XCI	2,5	4 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>	1 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup>	52,2	11,2	8,5	28,0	21,2	19,7	90	
LXXXIX	3,75	plus de 8 <sup>h</sup>		78,3	7,2	11,1	27,0	41,3	18,3	73	
XCVII	5,0	2 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup>	33 <sup>m</sup>	104,5	5,2	13,8	27,5	69	9	77	
XCV	5,0										
XCVI	6			125,4	4,2	16,0	25,2	96,0	20,2	85	
XC	7			146,3	3,7	16,2	25,9	113,4	19,9	78	
XCIX	8,8	3 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup>	20 <sup>m</sup>	183,9	2,8	17,4	24,6	153,1	20,2	80	

Nous n'avons pas besoin d'insister sur le sens absolument clair de ces Tableaux : une seule colonne, dans chacun (la colonne  $\text{CO}_2 \times P$ ), nous présente une concordance suffisante pour justifier un rapprochement de cause à effet avec le phénomène observé et, de même que nous avons déjà trouvé une cause de mort, pour le moineau, dans toute raréfaction de l'oxygène au-dessous de 3, 5, de même nous sommes autorisés à en voir une autre dans tout accroissement de tension de l'acide carbonique allant jusqu'à 24 ou 27. Dans le premier cas, apparemment, l'animal ne peut plus absorber d'oxygène; dans le second, il ne peut plus exhale d'acide carbonique; dans l'un et l'autre il meurt par cessation de la fonction respiratoire : il est *asphyxie*.

Mais, entre ces deux cas si tranchés, nous avons été obligés, par la rigueur même de notre méthode expérimentale, de réservier une sorte de zone neutre où la complexité des effets aurait pu masquer le résultat final. Chose remarquable, cette zone est précisément correspondante aux pressions voisines de 1<sup>atm</sup> à 2<sup>atm</sup>, limite dans laquelle se

maintiennent (nous le verrons bientôt) les applications thérapeutiques de la compression. Mais ici, en général, l'effet de désoxygénation est prépondérant, et cela se conçoit aisément, puisque l'oxygène, pour arriver à la tension mortelle, ne doit passer que de 21 à 4, soit un parcours de 17 environ, tandis que l'acide carbonique, en supposant même qu'il vint toujours remplacer à volume égal l'oxygène absorbé, aurait encore à effectuer en sens inverse un parcours notablement plus grand, de zéro à 26 environ; aussi retrouve-t-on toujours en vase clos,

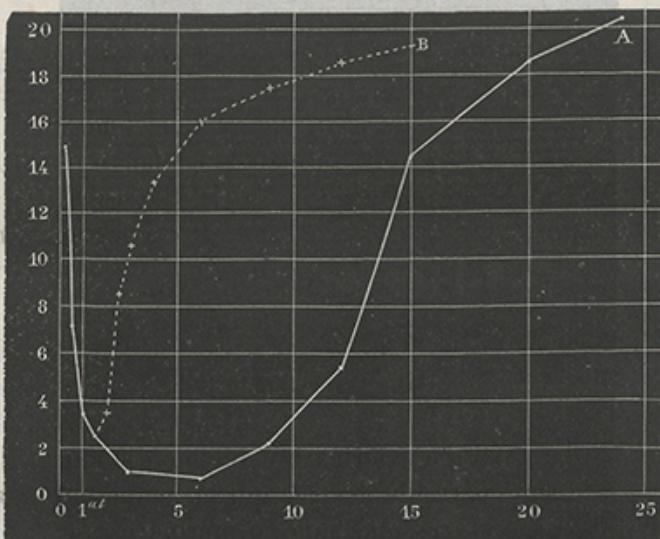


Richesse en CO<sub>2</sub> de l'air confiné devenu mortel sous pression. A, proportions calculées d'après la formule P.CO<sub>2</sub> = 26; B, proportions trouvées expérimentalement dans l'air naturel; C, dans l'air suroxygéné; α, β, dans l'air partiellement désoxygéné.  
sous pression faible, les chiffres d'oxygène assez peu différents de la moyenne mortelle, tandis que les écarts sont considérables pour CO<sub>2</sub>.  
A une autre extrémité de l'échelle, c'est-à-dire sous les fortes pres-

sions, on trouve encore d'autres écarts qui, par la régularité de leur marche, semblent se rattacher à un phénomène régulier et nullement accidentel. Plus on élève la pression et plus la tension de l'acide carbonique dans l'air mortel se trouve inférieure, ainsi que le montre le diagramme de la *fig. 13*, à celle qu'indiquerait la formule hyperbolique donnée par nos précédentes expériences. Mais, s'il faut moins d'acide carbonique pour tuer, c'est donc qu'un facteur nouveau intervient pour contribuer activement à la mort.

Les Tableaux d'expériences montrent bien une chose, l'augmentation

Fig. 14.



Richesse en oxygène de l'air confiné devenu mortel sous des pressions de  $0^{\text{atm}}$ , 20 à  $24^{\text{atm}}$ .  
A, sans acide carbonique; B, avec l'acide carbonique.  
concomitante des tensions finales de l'oxygène. Mais comment soupçonner l'oxygène, cet agent puissant, direct, indispensable de vie? Sans doute, au contraire, arrivera-t-on, en forçant sa dose, à compenser l'action néfaste qui nous échappe. C'est aussi dans cette idée, m'a conté M. P. Bert, que le savant professeur fut amené à augmenter de plus en plus la richesse oxygénée de ses mélanges, et à constater, à l'encontre de toutes les prévisions, que l'action du *gaz de vie* consistait

le plus souvent, sous de fortes pressions, à donner des morts presque instantanées, avec tous les symptômes des empoisonnements généraux.... Il n'y avait plus à en douter; le coupable, aux fortes pressions, devait être l'oxygène; sitôt soupçonné, sitôt convaincu.

Multippliant les expériences de compression à l'air suroxygéné, rapprochant les diagrammes, en créant de nouveaux, M. P. Bert eut bientôt fait la preuve; enfin, malgré la difficulté expérimentale qu'il pouvait y avoir à absorber l'acide carbonique dans le récipient clos où se trouvait enfermé l'animal, M. P. Bert obtint le diagramme ci-dessus (*fig. 14*), où se montre avec la plus grande netteté l'écart que présente, à partir de  $6^{\text{atm}}$ , la loi des tensions d'oxygène dans l'air mortel, dépouillé de son acide carbonique. Jusque-là, la courbe garde sa forme hyperbolique très régulière; mais elle y présente un minimum, correspondant au plus grand épuisement de l'air par l'animal; elle montre, par son ascension rapide de  $10^{\text{atm}}$  à  $15^{\text{atm}}$ , l'action redoutable de l'oxygène, et enfin, à  $24^{\text{atm}}$ , on voit que l'animal meurt dans un air qui répond presque absolument à la composition centésimale de l'air pur. Cette mort n'est donc plus une asphyxie : c'est une intoxication, un empoisonnement. L'oxygène aux tensions supérieures à  $6^{\text{atm}}$  est un véritable poison.

### III. — Résumé.

Les variations de pression extérieure n'amènent la mort que par les variations de pression partielle des gaz qui la composent. Ainsi, dans l'air ordinaire, sous des pressions totales inférieures à  $0^{\text{atm}}, 5$ , la mort arrive, pour le moineau, par défaut d'oxygène, dès que la tension de celui-ci tombe au-dessous de  $0^{\text{atm}}, 035$ ; sous des pressions supérieures à  $2^{\text{atm}}$ , mais inférieures à  $9^{\text{atm}}$ , la mort arrive par excès d'acide carbonique, dès que la tension de ce gaz dépasse  $0^{\text{atm}}, 260$ . Dans l'un et l'autre cas, il y a suspension de la fonction respiratoire. Pour les pressions très élevées, la mort a lieu par excès de tension de l'oxygène, dès que cette tension atteint  $300$  à  $400$ ; il y a alors empoisonnement et mort du globule sursaturé.

Sans insister sur d'autres points de détail dont nous aurons à tirer plus tard d'importants résultats, il est impossible que cette gradation

de phénomènes physiques ne nous suggère pas quelques rapprochements avec la nature intime de l'acte respiratoire. La dualité de cet acte d'échange gazeux, absorption d'oxygène, exhalation d'acide carbonique, pouvait, en vérité, faire prévoir un double mode de suspension de la vie, suivant que l'une ou l'autre des deux fonctions d'absorption ou d'exhalation se trouverait physiquement arrêtée. Théoriquement, le problème se réduit à un schéma très simple; le globule est une éponge qui, par un mécanisme physique ou chimique, — peu nous importe, — appelle et retient les gaz oxygène et acide carbonique, avec une force qui change deux fois de sens à chaque tour circulatoire; cette force, que les chimistes n'ont pas encore su mesurer exactement, mais qu'ils ont bien nommée *tension de dissociation*, doit pouvoir être annulée par une tension égale et de signe contraire; c'est précisément ce que nous faisons lorsque nous opposons à la tension de dégagement de l'acide carbonique contenu dans le globule une pression extérieure de sens contraire, et à la tension d'absorption de l'oxygène une tension négative égale à celle de dégagement; on voit donc que, s'il était possible de débarrasser le problème physiologique de toutes les circonstances qui le compliquent, les chiffres de M. P. Bert donneraient indirectement la solution d'un problème chimique dont l'importance n'a d'égale que la difficulté. En réalité, ces chiffres semblent très éloignés (<sup>1</sup>) de ceux qui ont été avancés, sans grande concordance, jusqu'à ce jour, et si nous avons cherché à donner une forme schématique simplifiée aux résultats de l'expérience, c'est pour leur servir de lien plutôt que d'explication, tout en conservant le bénéfice d'une comparaison qui, lors même qu'elle n'irait pas au fond des choses, nous donnerait encore une image très nette, non seulement des deux phénomènes extrêmes dont nous avons relevé l'opposition, mais encore de toute cette phase intermédiaire où les actions distinctes qui arrêtent, l'une, la sortie de l'acide carbonique, et l'autre, l'entrée de l'oxygène,

(<sup>1</sup>) Il est remarquable, cependant, que, pour l'oxygène du sang artériel, tous les chiffres trouvés par Strasburg, Neubauum, Herter, oscillent entre 3,8 et 5,4, c'est-à-dire dans le voisinage de la valeur que nous avons trouvée pour la tension mortelle de l'oxygène. Les divergences sont beaucoup plus considérables pour l'acide carbonique, lequel, on le sait, s'accumule toujours dans les alvéoles en proportions supérieures à celles de l'atmosphère ambiante.

peuvent prendre une part égale à la perturbation des fonctions physiologiques. Enfin il n'est pas jusqu'à la sursaturation du globule, à la pénétration forcée de l'oxygène libre dans le sérum et dans les tissus qui ne trouve son analogue dans la dilacération, dans l'éclatement d'une fine trame moléculaire imbibée au delà de sa capacité.

Malheureusement tout démontre que les tensions et les proportions du mélange gazeux intra-pulmonaire ne sont nullement les mêmes que celles de l'atmosphère extérieure : comment celles-ci sont-elles reliées à celles-là ? Voilà ce que l'on ignore encore et ce que l'on ignorerá probablement toujours pour les pressions anormales qui nous intéressent ; tandis que nous pouvons considérer comme acquises les valeurs de la force extérieure qui, modifiée, altérée par un mode de transmission compliqué à travers les masses gazeuses de l'appareil respiratoire, va faire équilibre aux forces vraies de dissociation de l'acide carbonique et de l'oxygène dans le sang.

### CHAPITRE III.

#### EFFETS GÉNÉRAUX DES GRANDES VARIATIONS EXPÉRIMENTALES DE LA PRESSION EXTÉRIEURE.

Pour donner à notre étude expérimentale un caractère de précision qui justifiât son identification avec les méthodes rigoureuses de la Physique moderne, nous avons dû, dans tout ce qui précède, porter uniquement notre attention sur le phénomène d'arrêt du mécanisme vital en négligeant volontairement toutes les phases intermédiaires, toutes les perturbations progressives qui amènent cette sorte de déclanchement final. Mais, si cette méthode a eu pour effet de nous fournir des résultats d'une importance et d'une rigueur inattendues, il est certain qu'elle ne permet pas, jusqu'à présent, de rapprochement bien net avec le tableau physiologique des effets observés sur l'homme en dehors du laboratoire. Il est donc nécessaire de procéder à une étude plus détaillée en restituant à l'observation physiologique tous ses droits.

Mais, en cela, nous ne pourrons évidemment procéder que par voie descriptive, car on conçoit qu'il n'est guère facile, à l'intérieur des appareils où sont placés ces animaux, d'appliquer à ceux-ci des instruments explorateurs ou enregistreurs.

L'homme seul pourrait se prêter à de pareilles expériences, à l'intérieur de grandes cloches appropriées; mais les limites de variations doivent alors s'arrêter forcément au moment où la vie ou la santé se trouvent affectées, et les observations de cette catégorie trouveront leur place naturelle dans le Chapitre où nous étudierons les effets et les applications thérapeutiques des variations modérées de la pression.

Il était cependant un point d'un intérêt particulier, soit en vue des

conceptions théoriques ébauchées à la fin du Chapitre précédent, soit plutôt comme argument à invoquer sur certains points litigieux auxquels nous ne tarderons pas à faire allusion : c'était la question de la dissolution des gaz par le sang, dans ses rapports avec la pression extérieure. Ici encore, M. Paul Bert a su triompher de toutes les difficultés matérielles et l'énumération des résultats vaudra bien un paragraphe spécial.

Quant aux accidents généraux observés chez les animaux, nous allons les trouver de tous points semblables à ceux que nous avons décrits dans notre Chapitre I.

#### I. — Raréfaction.

Le premier phénomène observable est une accélération des mouvements respiratoires, d'autant plus grande que l'animal est surpris par une décompression plus rapide ou réagit par des mouvements exagérés contre l'impression pénible qui le frappe. Une accélération concomitante du pouls s'est montrée toutes les fois qu'on a pu la mesurer, et c'est là un phénomène très constant, accompagné accidentellement d'hémorragies nasales ou pulmonaires. Vers un certain degré de décompression, presque tous les animaux, mais surtout les oiseaux, sont pris de malaise manifeste et de vomissements : une apathie absolue s'empare d'eux et les laisse indifférents à toutes les excitations extérieures ; souvent la respiration se ralentit au-dessous du rythme normal ; ils ne peuvent plus se tenir sur leurs pattes, tombent sur le flanc et meurent, tantôt au milieu de convulsions d'autant plus marquées que la décompression a été moins graduée, tantôt comme épuisés si la dépression a été assez lentement conduite pour qu'ils aient eu le temps de se transformer en quelque sorte en animaux à sang froid (*voir* au Chapitre précédent les passages cités de Cl. Bernard).

Le refroidissement est, en effet, un des phénomènes les plus constants et se compte presque toujours par plusieurs degrés, sans qu'on puisse l'imputer à aucune autre cause qu'à la décompression elle-même : s'il était dû à la température ambiante il agirait en sens contraire, et diminuerait considérablement la résistance de l'animal. Si l'on essaye effectivement de suivre la marche des combustions organiques

pendant l'expérience, on trouve d'abord que l'animal consomme de moins en moins d'oxygène et produit de moins en moins d'acide carbonique à mesure que la pression s'abaisse. Si, d'autre part, on mesure sur des chiens, par le procédé de M. Gréhant, la quantité d'urée excrétée, on trouve constamment des diminutions si notables que le fait, en bloc, peut être considéré comme indépendant de toutes les erreurs de chiffres. Enfin du côté du foie, et quoique les phénomènes soient moins nets, il semble qu'après une première période de réaction compensatrice, où des quantités plus grandes de sucre sont versées dans l'organisme, la production tende à disparaître complètement, ainsi que l'avait déjà montré Cl. Bernard dans les asphyxies lentes, dont les phénomènes souvent décrits correspondent de tous points avec ceux que nous venons d'observer. « Quoi qu'il en soit, dit M. P. Bert, il reste avéré qu'aux basses pressions la diminution d'activité des phénomènes chimiques porte non seulement sur ceux desquels résulte la production d'acide carbonique, mais sur ceux qui ont pour conséquence l'excrétion de l'urée. Tout l'ensemble des actes d'oxydation intra-organiques se trouve donc diminué dans une proportion considérable, quand l'air est suffisamment dilaté... Tout prouve d'ailleurs l'identité des effets de la décompression avec ceux de l'asphyxie lente ou, pour mieux dire, de la respiration d'un air pauvre en oxygène. »

## II. — Compression.

Les phénomènes présentés par les animaux dans l'air comprimé, renouvelé sans intervention de l'acide carbonique, n'ont rien de bien manifeste jusqu'aux pressions de 7<sup>atm</sup> et 8<sup>atm</sup>. Cependant la respiration se ralentit d'une manière constante, et, très vraisemblablement aussi, la circulation : on sait d'ailleurs que les animaux placés dans l'air suroxigéné, à la pression normale, présentent le même ralentissement et que même, si la transition est très brusque, il y a suppression momentanée de la respiration.

Cette action spéciale de l'oxygène tend à prédominer de plus en plus à mesure qu'augmente la pression et, lorsqu'on atteint 20<sup>atm</sup>, l'animal pérît par une véritable intoxication, comparable, pour l'énergie et la na-

ture de ses manifestations, à celle des plus violents poisons. Cette action si singulière, si inattendue de l'oxygène à haute pression, est certes un des résultats les plus curieux des recherches de M. P. Bert, qui ne s'est pas borné à le découvrir et à le dégager de tous les phénomènes connexes, mais qui en a donné encore une étude des plus complètes, au point de vue physiologique et descriptif : les accidents, caractérisés par des convulsions tétaniques analogues à celles que donnent la strychnine, l'acide phénique, l'épilepsie, etc., mais susceptibles d'être calmés par le chloroforme, sont dus à une exagération du pouvoir excitomoteur de la moelle épinière et s'accompagnent d'une diminution considérable et constante des oxydations générales et de la température interne. M. P. Bert a fait plus : il a montré que cette propriété toxique de l'oxygène comprimé s'étendait à tout ce qui a vie et tuait la cellule simple comme l'animal composé : il a fait de cette action comme un réactif spécial du caractère vital des phénomènes organiques..... Mais, en vérité, l'étude de cet empoisonnement gazeux nous éloignerait trop de notre cadre et, si déjà nous nous sommes trouvés dans l'obligation de substituer à l'étude des variations de pression extérieure, celle des pressions partielles des principaux gaz constituants, ce n'est point pour faire maintenant une monographie de chacun de ces gaz dont il nous suffit d'avoir établi et résumé à grands traits les principales propriétés.

La même observation s'applique à l'acide carbonique, dont l'action nuisible ne peut jamais être ressentie que dans des vases clos : les phénomènes qui précèdent la mort ressemblent tout à fait, nous l'avons déjà dit, à ceux de l'asphyxie par défaut de tension de l'oxygène, mais avec prédominance des effets de stupeur et d'insensibilisation, au point de pouvoir faire assimiler l'action spéciale de l'acide carbonique à celle d'un véritable poison anesthésique.

Mais cette asphyxie, même dans les expériences de laboratoire, ne se réalise presque jamais par l'effet d'une variation de pression intérieure. Dans les tubes ou les scaphandres, l'acide carbonique est balayé par un courant d'air sans cesse renouvelé, et quant aux asphyxies à pression constante, par occlusion dans des espaces confinés, ce que nous en avons déjà dit suffit pour éclairer d'un jour très net ce point intéressant, mais étranger à notre Thèse.

telle de ces modifications, à celle des plus légères pressions. Cette sé-  
rie III. — Décompression rapide.

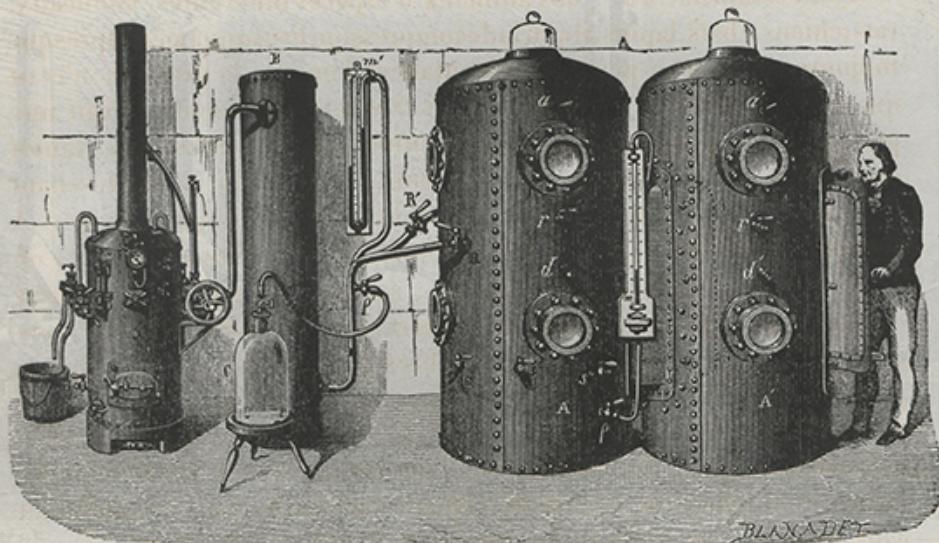
Par contre, si nous nous reportons aux observations faites à propos de l'homme dans l'air comprimé, nous devons nous apercevoir qu'un point de comparaison nous manque au sujet des décompressions trop rapides : ici encore les recherches expérimentales de M. P. Bert vont répondre à notre *desideratum*.  
 Ayant comprimé à 8<sup>atm</sup> des animaux d'espèces différentes, moineaux, rats, chiens, chats, lapins, il a vu la décompression brusque amener presque toujours une mort à peu près instantanée. Lorsque la pression n'était que de 7<sup>atm</sup> à 8<sup>atm</sup>, la mort était moins fréquente, mais on trouvait une paralysie des membres postérieurs, tantôt légère et transitoire, tantôt durable et persistante pendant plusieurs jours, tantôt enfin devenant ascendante et entraînant la mort dans le laps de quelques heures. A l'autopsie, on trouvait presque toujours un ramollissement plus ou moins étendu de la moelle épinière, constamment plus caractérisé dans la région lombaire ; quand la mort avait été subite, on ne manquait guère de trouver aussi des gaz libres dans tout le système veineux, dans l'estomac, dans le tissu cellulaire sous-cutané. Dans un cas d'explosion, survenu à la pression de 9<sup>atm</sup>, il y avait des gaz pour ainsi dire partout : dans le ventre, dans l'épiploon, dans la chambre antérieure de l'œil, dans le liquide céphalo-rachidien, dans la moelle et sous la peau, au point de transformer l'animal (un chien) en une masse boudinée presque cylindrique ; d'ailleurs pas de trace d'hémorragie ni au cerveau, ni à la moelle, ni au poumon.

Ce dégagement gazeux, seul phénomène constant dans toutes les observations, est bien certainement la cause efficiente de la mort : mais comment agit-il ? d'où peut-il provenir ? Voilà ce que nous ne pourrons savoir qu'après avoir fixé non seulement la nature et la composition de ce gaz, mais aussi la nature et la composition des gaz dissous dans le sang un instant avant la décompression.

IV. — Analyse des gaz du sang.

Sans insister sur les méthodes bien connues d'analyse des gaz du sang, il n'est pas inutile de faire remarquer que de véritables difficultés expérimentales se présentaient pour opérer les prises de sang nécessaires sur un animal enfermé dans un récipient sous des pressions

Fig. 15.



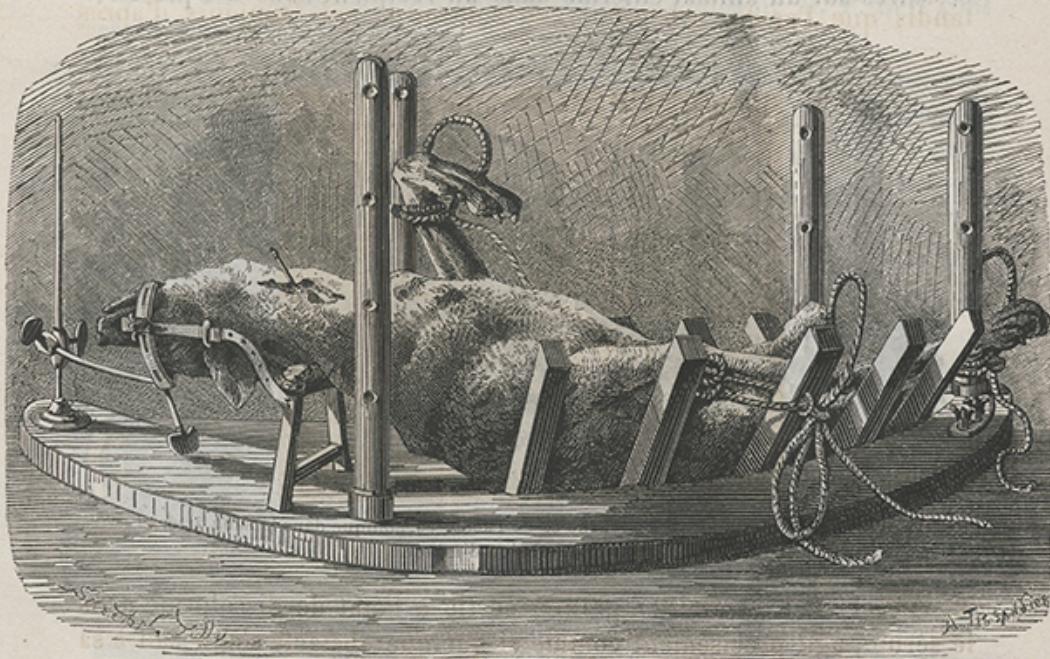
Grand appareil pour l'étude des faibles pressions.

A, A', cylindres en tôle boulonnée, avec hublots en verre; B, cylindre où l'on peut faire d'avance le vide à  $0^m,05$ , afin d'obtenir une rapide diminution dans les grands cylindres; C, grande cloche de verre où peut être fait, par l'intermédiaire du cylindre B, un vide instantané; R, R', robinets qui communiquent chacun avec l'un des cylindres A et A' que sépare une porte intérieure, marquée en pointillé; p, robinet de communication avec C; r, r', d, d', s, s', s'', ouvertures et robinets pour prendre l'air des cylindres, extraire le sang, etc.; a, a', thermomètres; m, m', manomètres.

différentes de la pression extérieure : cette pression, en effet; selon qu'elle s'ajoute ou se retranche aux  $0^m,15$  à  $0^m,18$  de mercure qui mesurent la tension ordinaire du sang dans la carotide du chien mis en expérience, risque de produire une aspiration d'air dans l'artère, assez

rapide et assez importante pour tuer l'animal. Grâce au perfectionnement de son outillage, M. Paul Bert a pu faire face à tous ces inconvénients : la *fig. 15*, où la machine à vapeur devrait être remplacée par un moteur à gaz du système Lenoir, représente les deux chambres à air raréfié où la dépression pouvait être poussée jusqu'à 0<sup>m</sup>, 17. La *fig. 16* représente le mode d'attache du chien, placé de façon que son

Fig. 16.



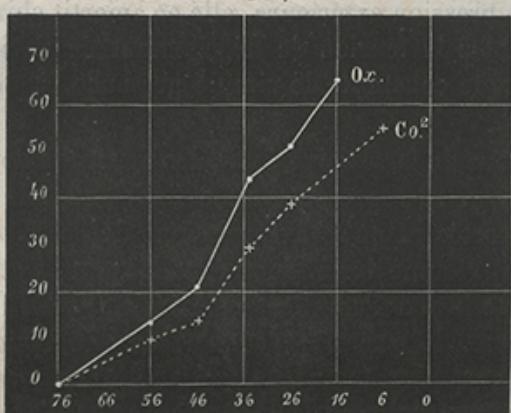
Chien préparé pour être placé dans les cylindres de la *fig. 15* et servir à l'extraction du sang sous pression diminuée.

artère carotide communique d'une manière permanente avec l'un des robinets de la cloche. Des prises dosées s'effectuaient au moyen d'une seringue spéciale, et, sans prétendre à une rigueur impossible à atteindre et sans ajouter, d'après la mode allemande, de longues files de décimales à des nombres dont l'erreur peut porter sur les unités, M. Paul Bert a mis hors de doute ce fait que toujours, sous pression diminuée, l'oxygène et l'acide carbonique sont diminués de proportion dans le sang artériel, sinon d'après la loi de Dalton,

du moins d'après une loi très approchée, ainsi qu'en montre le diagramme suivant (fig. 17), où la décroissance d'après la loi de Dalton serait figurée par la bissectrice des axes.

Résultat curieux, c'est l'oxygène (lequel, d'après les belles recherches de M. Fernet, n'existerait guère dans le sang qu'à l'état de combinaison avec l'hémoglobine), c'est l'oxygène, dis-je, qui se rapproche le plus du mode de dégagement des simples dissolutions gazeuses, tandis que l'acide carbonique, au contraire, qui (toujours d'après

Fig. 17:



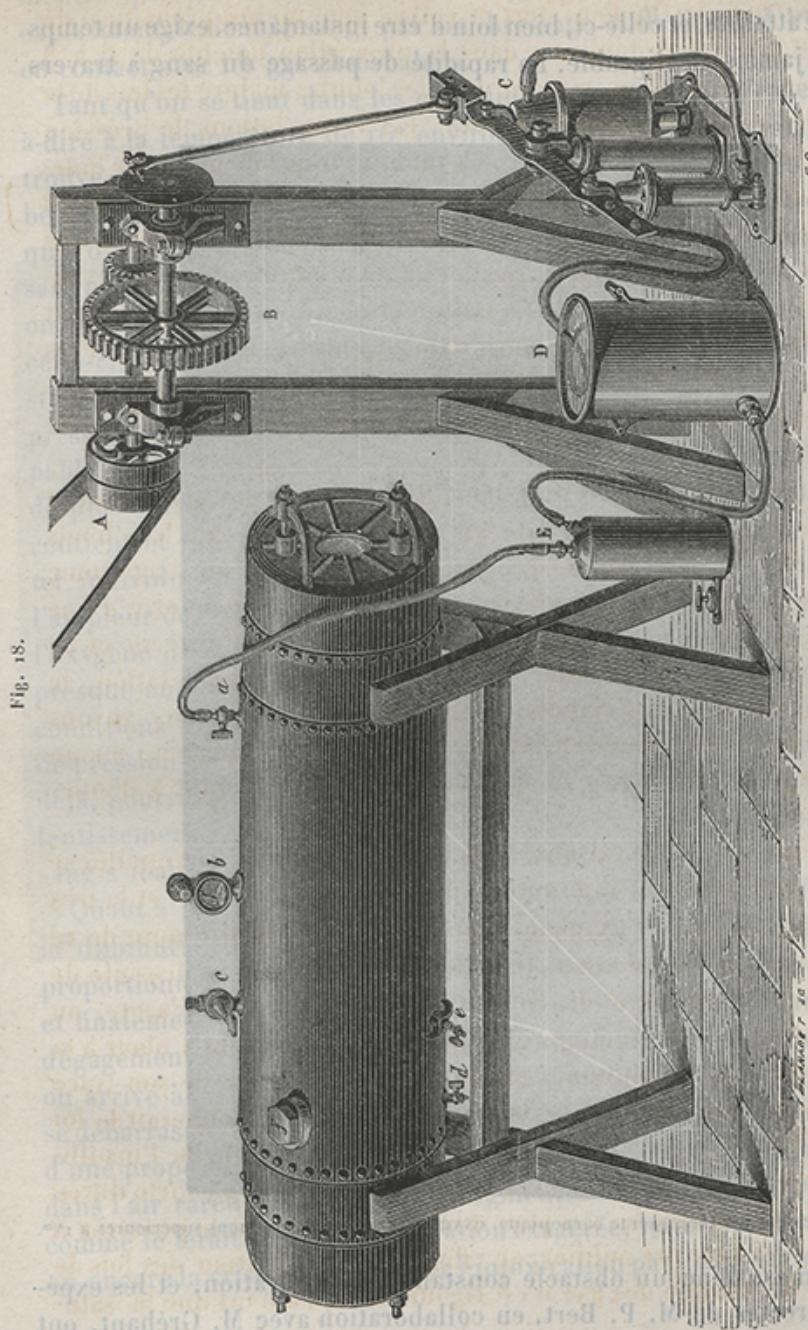
Diminution centésimale de l'oxygène et de l'acide carbonique dans le sang artériel quand la pression diminue.

M. Fernet) se trouverait en grande partie à l'état de dissolution dans le sérum, agit précisément comme si quelque obstacle s'opposait à sa libre sortie d'après la loi de Dalton : sans tirer de là aucune conclusion contraire aux recherches si conscientieuses de M. Fernet, il suffit de remarquer que les expériences de M. Paul Bert, exécutées sur le vivant, c'est-à-dire à la température même du corps, ont porté sur de bien plus grandes variations de pression que celles de M. Fernet, effectuées *in vitro*, à des températures beaucoup plus basses. Il est permis d'ailleurs d'ajouter aux diverses considérations présentées par M. Paul Bert à ce sujet la suivante, qui ne nous paraît pas sans importance : le contact du sang, dans le poumon, n'a pas lieu directement avec l'atmosphère raréfiée, mais avec une atmosphère intra-pulmonaire de composition toute différente, où l'acide carbonique, d'après les pro-

pres recherches de M. Paul Bert et celles non moins probantes de M. Gréhant, se trouve toujours dans la proportion notable de 6 à 8 pour 100; cette proportion, retenue dans les lobules malgré les lois de la diffusion des gaz libres, est-elle modifiée par les variations de pression extérieure? ou plutôt ne tient-elle pas à quelque propriété physique indépendante de l'élasticité des gaz, comme, par exemple, au plus grand poids spécifique de l'acide carbonique? En tout cas, ce qu'il y a de très probable, c'est que cette charge résiduelle ne diminue point rigoureusement elle-même suivant la loi de Dalton et que, tout en transmettant élastiquement la pression extérieure, elle en amortit chimiquement les effets en opposant à la tension de dégagement de l'acide carbonique une tension presque constante de simple présence, à défalquer de la tension générale.

Pour opérer sous de fortes pressions, des appareils nouveaux étaient nécessaires : la *fig. 18* représente un cylindre en tôle où les chiens pouvaient être portés jusqu'à des pressions de  $10^{\text{atm}}$ . Le diagramme suivant (*fig. 19*) résume les observations moyennes et montre d'une manière frappante le peu d'amplitude des variations de l'oxygène et de l'acide carbonique, le premier dans le sens de l'augmentation, le second en sens contraire, tandis qu'au bas de la figure nous voyons apparaître un facteur nouveau, facteur dont nous n'avons tenu aucun compte jusqu'à cette heure et auquel nous aurons bientôt à donner aussi un rôle, l'azote.

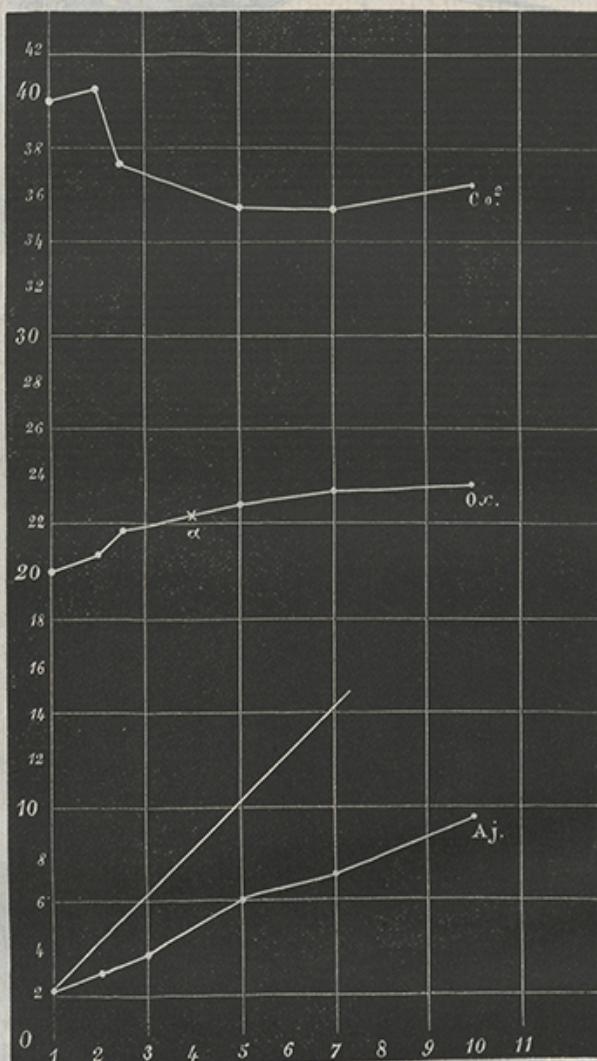
Quelles que soient les raisons, sans doute complexes, auxquelles se rattachent la singulière diminution de l'acide carbonique et la très lente augmentation de l'oxygène, il nous suffit de prendre note de ce résultat que, sous des pressions très élevées, la proportion dissoute de ces deux gaz ne subit que de très faibles modifications. L'azote, au contraire, dont le rôle chimique est nul, tend évidemment à obéir à la loi physique de la dissolution : mais la rapide ascension de son tracé s'écarte encore beaucoup de la droite bissectrice que donnerait la loi de Dalton et nous acquérons ainsi une preuve indubitable de l'insuffisance du brassement de l'air dans le poumon et de la trop courte durée du contact du sang avec les gaz pour que ceux-ci puissent le pénétrer à saturation. Il ne faut pas oublier, en effet, que l'application des lois de Dalton à la dissolution des gaz n'est rigoureuse qu'autant que la satu-



A, courroie de transmission de la machine à vapeur; B, système d'engrenages; C, pompe Denayrouze à compression; D, serpentin pour refroidir l'air comprimé; E, récipient pour recevoir l'eau condensée en D; a, robinet par lequel arrive l'air comprimé; b, manomètre; gros robinet pour décompression brusque; d, robinet pour receuillir l'eau, l'urine, contenues dans l'appareil; f, ouverture de fortes dimensions pour manipulations diverses.

ration est atteinte, et celle-ci, bien loin d'être instantanée, exige un temps qui n'est jamais négligeable. La rapidité de passage du sang à travers

Fig. 19.



Variations des gaz du sang (acide carbonique, oxygène, azote) aux pressions supérieures à 1<sup>atm</sup>.

le poumon est donc un obstacle constant à sa saturation, et les expériences directes de M. P. Bert, en collaboration avec M. Gréhant, ont

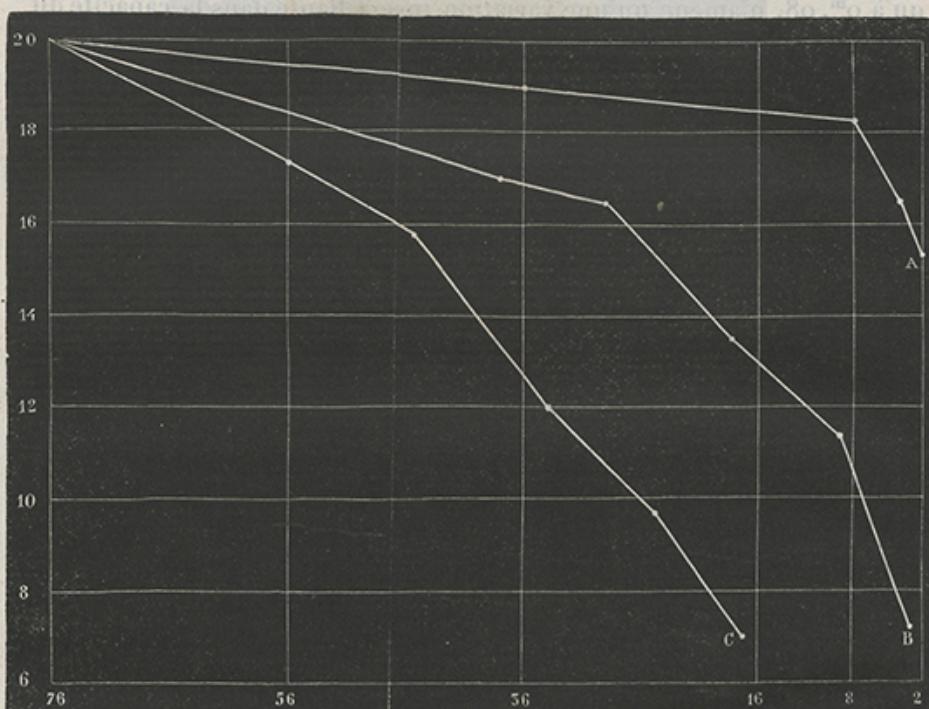
montré que les chiffres variaient singulièrement dès qu'on mettait expérimentalement le sang, par un brassage suffisamment prolongé, en contact avec les gaz absorbables.

Tant qu'on se tient dans les conditions où opérait M. Fernet, c'est-à-dire à la température de 16° environ (courbe A du diagramme), on trouve effectivement que la diminution de pression, même poussée beaucoup plus loin que ne l'avait fait ce physicien, c'est-à-dire jusqu'à 0<sup>m</sup>, 08, n'amène qu'une variation insignifiante dans la capacité du sang pour l'oxygène. Mais, aussitôt qu'on élève la température (courbe B), on se rapproche de la courbe obtenue pour les animaux vivants, quoique celle-ci soit toujours moins élevée. De là résulte un fait déjà bien constaté sous la pression normale, c'est que jamais, quelle que soit la pression extérieure, le sang ne contient tout l'oxygène qu'il serait capable d'absorber par un contact suffisamment prolongé avec l'air. Rien de plus variable, d'ailleurs, dit M. P. Bert, que cet écart entre ce que contient et ce que peut contenir d'oxygène le sang artériel. Il y a tel individu chez qui une certaine augmentation dans la rapidité et l'ampleur des mouvements respiratoires pourra augmenter notablement l'oxygène du sang, et tel autre, au contraire, qui ne pourrait y trouver presque aucun avantage. Ces deux êtres ne seront donc pas dans des conditions identiques, au point de vue, par exemple, de la diminution de pression. Inversement, il est des individus qui, étant plus saturés déjà, pourront beaucoup mieux que d'autres supporter un certain ralentissement respiratoire, sans voir la proportion d'oxygène de leur sang s'abaisser à un chiffre trop bas.... »

Quant à l'acide carbonique, on le voit toujours, sous l'influence de la diminution de pression, disparaître du sang, d'abord moins vite, proportionnellement, que l'oxygène, mais bientôt beaucoup plus vite et finalement presque tout seul. Si l'on étudie les particularités de ce dégagement, comparativement dans le sang veineux et le sang artériel, on arrive à se convaincre que, à la pression normale, le sang veineux se débarrasse constamment de tout l'acide simplement dissous, et même d'une proportion d'un tiers environ de l'acide combiné ; la respiration dans l'air raréfié a pour effet d'augmenter cette dernière proportion, comme le ferait aussi une respiration exagérée, naturelle ou artificielle, ou encore la crise convulsive de l'intoxication par l'oxygène comprimé.

L'influence de la compression, étudiée au moyen de l'appareil représenté par la fig. 21, a conduit à un résultat tout à fait remarquable au point de vue de l'oxygène : la dissolution, en effet, à partir de 1<sup>atm</sup> et quelle que soit la température, s'effectue à peu près rigoureusement suivant la loi de Dalton, ainsi que le montre, dans le diagramme ci-dessous, une courbe qui passe par les points 20, 19, 18, 17, 16, 15, 14, 13, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6.

Fig. 20. Courbe d'absorption d'oxygène dans le sang humain.



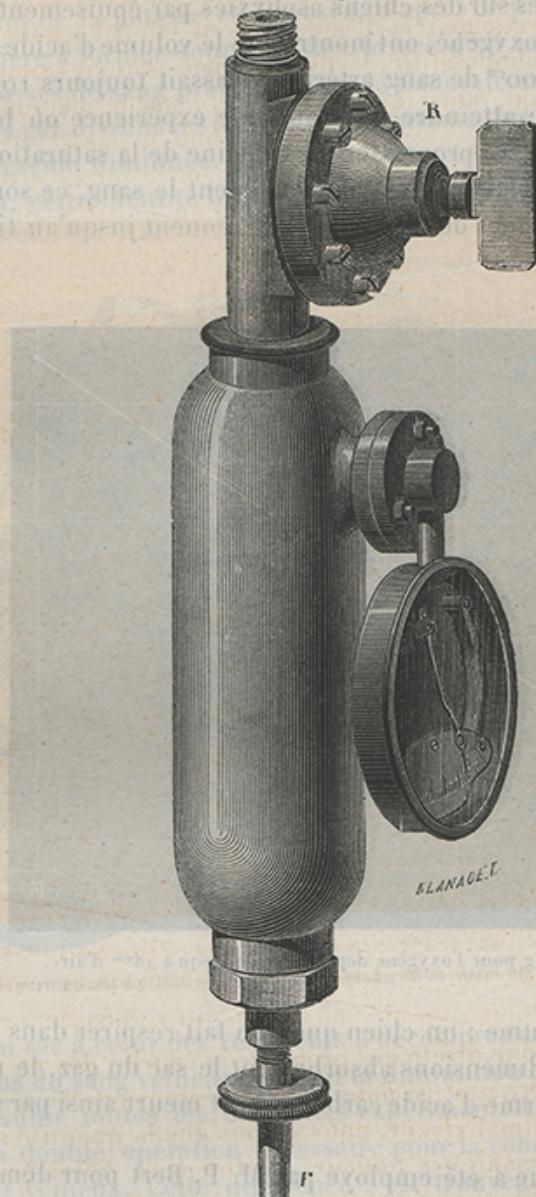
Capacité d'absorption du sang pour l'oxygène aux pressions inférieures à 0<sup>m,76</sup>.  
A, à la température du laboratoire ; B, température du corps ; C, animaux vivants.

dessous (fig. 22), la ligne droite qui prolonge la courbe des pressions inférieures. Mais, d'autre part, si nous nous reportons encore à ce qui a été constaté chez l'animal vivant, nous voyons que la quantité d'oxygène contenue dans le sang est toujours notablement inférieure à sa capacité de saturation *in vitro*.

L'absorption directe de l'acide carbonique par le sang n'a pas été

mesurée directement par M. P. Bert, en collaboration avec M. Grehant, qui

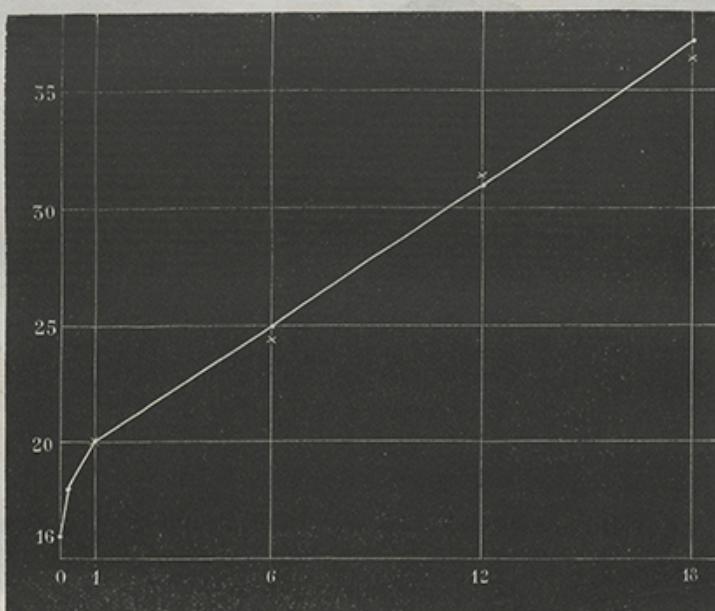
Fig. 21.  
Appareil pour saturer d'air le sang à de hautes pressions.



Appareil pour saturer d'air le sang à de hautes pressions.

étudiée d'une manière aussi complète par M. P. Bert; mais de nombreuses analyses, faites sur des chiens asphyxiés par épuisement d'une quantité limitée d'air oxygéné, ont montré que le volume d'acide carbonique contenu dans 100<sup>cc</sup> de sang artériel dépassait toujours 100 pour 100, et pouvait même atteindre 116 dans une expérience où le sang veineux en contenait 120, proportion très voisine de la saturation sous la pression ordinaire. Mais ce n'est pas seulement le sang, ce sont tous les tissus qui s'imprègnent de ce gaz et le retiennent jusqu'au tiers ou

Fig. 22.

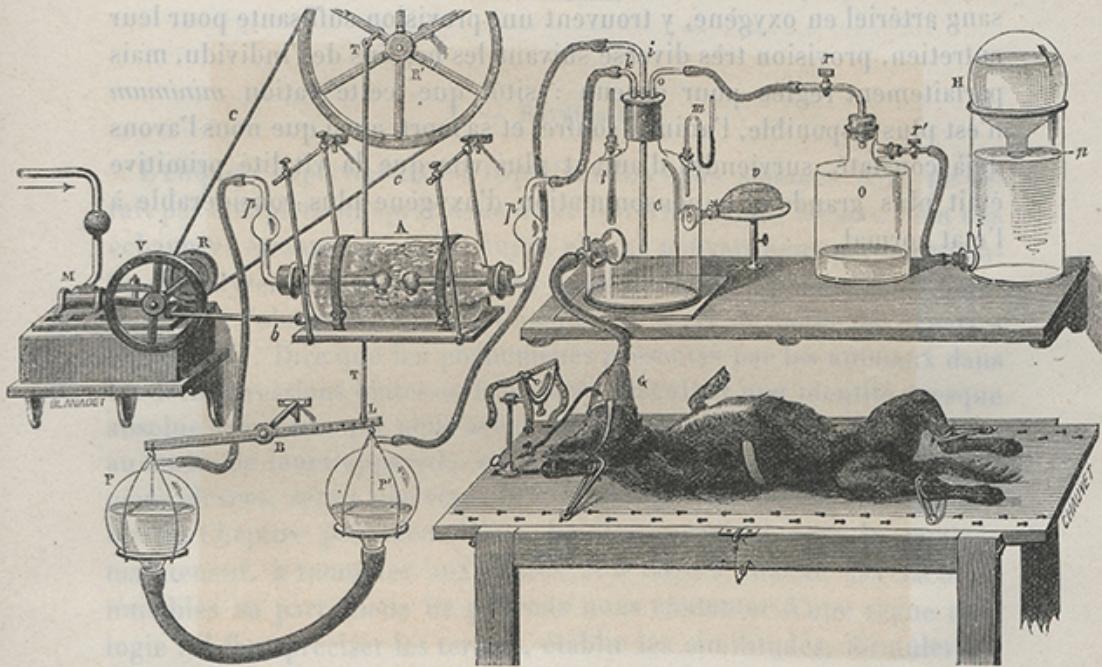
Capacité du sang pour l'oxygène depuis le vide jusqu'à 18<sup>atm</sup> d'air.

à la moitié de leur volume : un chien que l'on fait respirer dans un sac d'oxygène de petites dimensions absorbe tout le sac du gaz, le retient dans ses tissus sous forme d'acide carbonique et meurt ainsi par simple privation d'air.

Un procédé analogue a été employé par M. P. Bert pour démontrer expérimentalement l'identité du mécanisme de l'asphyxie ordinaire en vase clos avec la mort par diminution de la pression extérieure. Entre

le sac et la muselière du chien étaient interposés deux flacons laveurs contenant de la potasse et disposés, d'après le procédé de M. Müller, de manière à former soupape; des prises d'air pratiquées dans le sac et des prises de sang pratiquées sur la fémorale ont permis de montrer dans les gaz dissous les mêmes modifications que lors de la respiration sous pression diminuée.

Enfin, cette identité bien établie, il était permis de substituer l'em-



Appareil permettant l'étude chimique de la respiration dans un air de composition constante.

ploi du sac à celui des récipients à décompression pour étudier les variations du sang veineux pendant la diminution de pression extérieure, sans subir toutes les difficultés expérimentales que présente en vase clos la double opération nécessaire pour la comparaison du sang artériel et veineux. Cette différence s'est trouvée presque toujours constante jusqu'à une limite de  $0^{\text{atm}}$ , 5 environ, correspondant au point où le sang artériel ne contient plus que juste la quantité d'oxygène qui,

à l'état ordinaire, était consommée par les tissus et ne se retrouvait pas dans le sang veineux.

Jusque-là, la diminution de l'oxygène est arithmétiquement la même dans les deux sanguins et les tracés restent parallèles ; mais alors ils se rapprochent, et nous savons déjà qu'à un moment donné les quantités dissoutes se trouvent presque égales de part et d'autre. Notons, en passant, que c'est au moment même du rapprochement des deux courbes que commencent à se manifester chez l'animal les symptômes asphyxiq[ue]s ; jusque-là les tissus, quelle que soit la charge absolue du sang artériel en oxygène, y trouvent une provision suffisante pour leur entretien, provision très diverse suivant les besoins de l'individu, mais parfaitement réglée pour chacun : sitôt que cette ration *minimum* n'est plus disponible, l'animal souffre, et sa mort, ainsi que nous l'avons déjà constaté, surviendra d'autant plus vite que la vitalité primitive était plus grande et la consommation d'oxygène plus considérable à l'état normal.

## CHAPITRE IV.

### COMPARAISON DES FAITS D'EXPÉRIENCE AVEC LES FAITS D'OBSERVATION.

#### I. — Raréfaction.

L'enquête expérimentale à laquelle nous nous sommes livré ne serait pas complète si, après nous avoir ouvert, chemin faisant, bien des échappées étrangères à notre sujet, elle ne pouvait nous permettre enfin d'analyser et d'expliquer dans leurs détails les phénomènes naturels, dont l'observation, chez l'homme, a servi de point de départ à notre étude. Dire que les phénomènes présentés par les animaux dans les décompressions lentes ou brusques présentent une identité presque absolue avec ceux que nous avons notés chez les tubistes et plongeurs au sortir de leurs appareils, ou chez les ascensionnistes dans les régions élevées, serait une répétition bien superflue après l'étude détaillée du Chapitre précédent. Mais, habitués, comme nous le sommes maintenant, à remonter aux causes et à faire à chacun des facteurs nuisibles sa part, nous ne pouvons nous contenter d'une vague analogie : il faut préciser les termes, établir les similitudes, formuler les dissemblances.

Tant qu'il ne s'agit que de l'aéronaute, le problème est simple : à part le froid des hautes régions, aucune autre raison que la diminution de pression ne peut être invoquée pour expliquer le *mal des ballons* : or (de nombreuses observations en font foi) le froid, à lui seul, ne suffit jamais à produire le mal des ballons avec son cortège de symptômes si nets, et, comme dit M. Paul Bert, « on ne s'est jamais plaint du mal des montagnes dans les régions polaires, où les moindres collines sont couvertes de neige ». Une observation très curieuse de M. F.

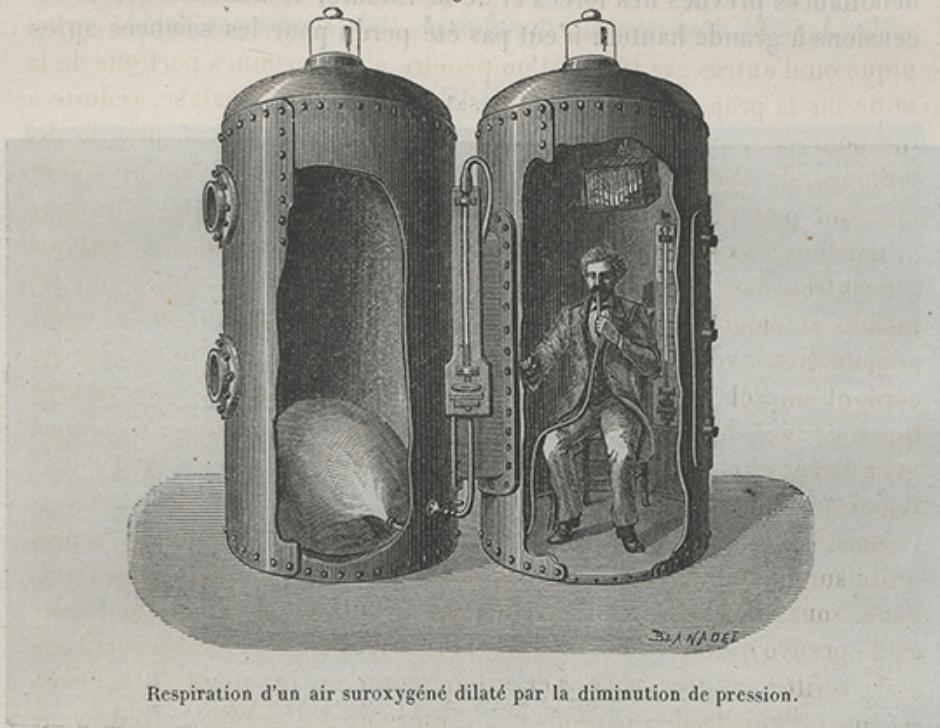
Leblanc, faite aux mines d'Huelgoat, en Bretagne, vient d'ailleurs nous donner un exemple naturel de malaises produits sans diminution de la pression absolue et sans refroidissement, par la simple disparition de la quantité normale d'oxygène de l'air. Les pyrites, qui existent en abondance dans les filons exploités de ces mines, s'emparent en effet de l'oxygène, et l'air se trouve ainsi appauvri, sans être, comme cela arrive dans les lieux confinés, vicié en même temps par l'acide carbonique ou d'autres gaz. Or, si l'on pénètre dans certaines portions de la mine où la proportion d'oxygène s'est trouvée, à l'analyse, réduite à 9,8 pour 100, on se sent, au bout d'une ou deux minutes, pris de défaillance, de vertige, de nausées et il n'y a pas de doute qu'un séjour tant soit peu prolongé n'amènera quelque accident mortel. Or cette proportion d'oxygène correspond précisément à la tension de ce gaz que rencontrent les aéronautes à 6000<sup>m</sup>. Les symptômes produits sont les mêmes et aucune autre cause commune que la raréfaction de l'oxygène ne peut être invoquée : il faut donc éliminer le froid, et, tout en lui accordant un rôle secondaire d'adjutant, nous retombons, sans restriction aucune, dans le cas des raréfactions expérimentales où, comme nous l'avons bien établi, la raréfaction de l'oxygène est, *seule*, cause de tous les accidents.

Mais, s'il en est ainsi, nous devons pouvoir non seulement reproduire sur l'homme, mais encore guérir, au moyen d'inhalations d'oxygène, sous une cloche à air raréfié, tout le cortège pathologique : telle est l'épreuve que M. P. Bert, fort de la conviction que donne la certitude de la vérité conquise, n'a pas craint de tenter sur lui-même et de pousser jusqu'à ses dernières limites, à l'intérieur des grands cylindres représentés dans la *fig. 22*.

Dans toutes ces expériences, répétées sans soupçon du malheur qui les attendait par Sivel et Crocé-Spinelli, les symptômes du *mal des ballons* se manifestèrent très nettement à partir d'une dépression de 420<sup>mm</sup>, correspondant à très peu près à la hauteur du mont Blanc, et, toujours atténués momentanément par les inhalations d'oxygène, allèrent en s'aggravant à mesure que la pression baissait. Sans insister sur le fait purement mécanique des douleurs d'oreilles, des dégagements de gaz intestinaux et de l'impossibilité absolue de siffler, ni sur l'influence instantanée des inhalations de l'oxygène sur le pouls singuliè-

rement accéléré (*fig. 23*) et sur la congestion vultueuse de la face, le phénomène dominant fut la dépression singulière du système nerveux, le trouble de la vue, l'alourdissement de l'esprit, l'oubli de soi-même qui devait plus tard coûter la vie à deux des expérimentateurs. Les

Fig. 22.

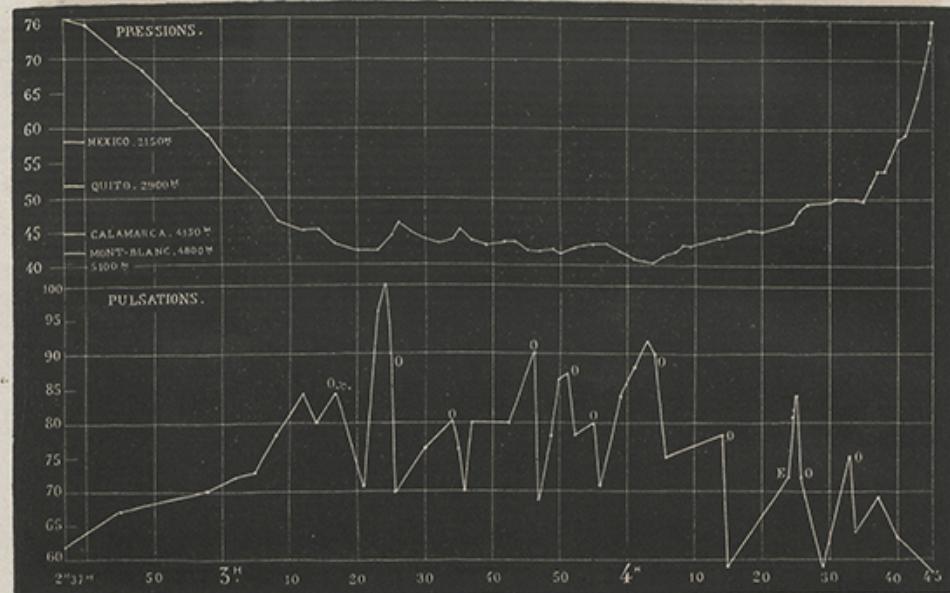


Respiration d'un air suroxygéné dilaté par la diminution de pression.

pressions furent cependant abaissées sans accident grave, jusqu'à 304<sup>mm</sup> de mercure, correspondant à une hauteur de 7300<sup>m</sup> dans les airs. M. P. Bert put même, dans une expérience où il avait d'abord commencé par laisser apparaître les accidents d'une manière caractérisée (vers 430<sup>mm</sup>), en se soumettant à l'inhalation continue de l'oxygène (*fig. 23 et 24*), arriver sans souffrir aucun des inconvénients ordinaires de la décompression, ni l'état nauséieux, ni la congestion de la tête, ni l'affaiblissement musculaire, la dépression énorme de 248<sup>mm</sup>, qui rendait fort malade un moineau et un rat enfermés dans la cloche, et qui correspondait à une hauteur de plus de 8800<sup>m</sup>, voisine de celle où

avaient failli périr les aéronautes anglais, Coxwell et Glaisher. Bien certainement, si ces aéronautes avaient été munis d'une provision d'oxygène réparateur, si, comme l'ont fait, pour leur malheur, Crocé-Spinelli et Sivel, ils n'avaient pas négligé les précautions élémentaires pour s'assurer l'usage continu de cette provision et se prémunir contre les défaillances prévues des forces et de la volonté, le bénéfice de ces ascensions à grande hauteur n'eût pas été perdu pour les sciences après

Fig. 23.



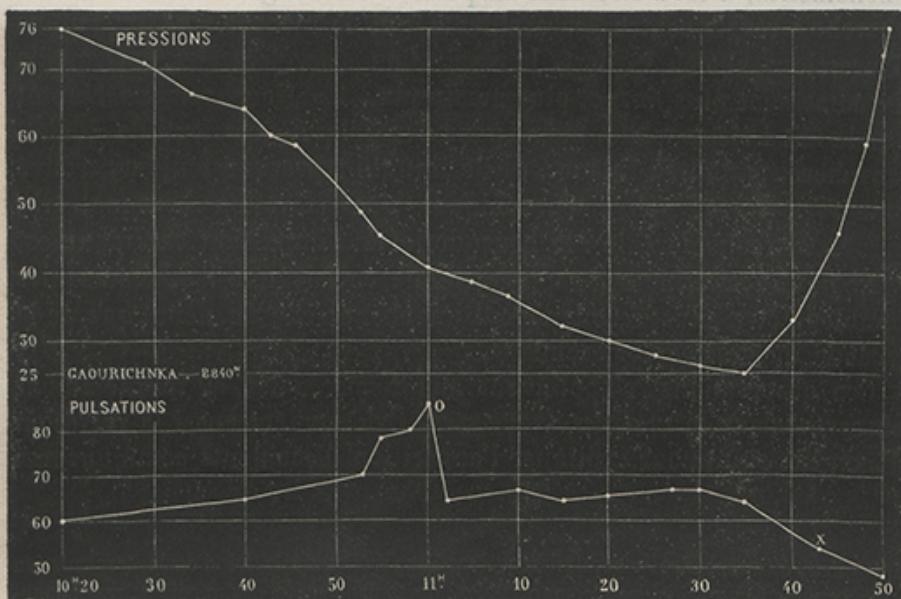
Modifications brusques du nombre des pulsations, par des respirations intermittentes d'air suroxygéné. Le tracé supérieur indique la marche de la dépression, le tracé inférieur le nombre des pulsations. Les inspirations d'oxygène sont marquées O.

avoir amené le sacrifice inutile de deux existences pleines de promesses et de volonté.

En un mot, nous pouvons considérer comme résolu aussi complètement que possible, c'est-à-dire en vue de son remède aussi bien que de ses causes, le problème important de la symptomatologie du *mal des ballons*. Et cependant il est un fait d'observation très constante et de nature essentiellement physique, la tuméfaction des vaisseaux su-

perficiels et les hémorragies consécutives, un fait, disons-nous, qui nous semble avoir été mis de côté un peu trop complètement par M. P. Bert dans son abatage général de théories fausses et d'explications incomplètes. Évidemment on ne peut songer à invoquer la théorie de la *ventouse générale*, dont MM. Giraud-Teulon et Gavarret ont fait si bonne justice. Du moment que la raréfaction s'exerce sur tout le corps, « les vaisseaux sont également pressés dans toute l'économie ».

Fig. 24.



Une rupture de vaisseaux ne peut cependant s'expliquer par une simple modification chimique du sang privé de sa charge d'oxygène : il faut, pour rendre compte d'un effet mécanique, une cause mécanique, une force active, et, puisque nous ne pouvons la chercher dans la diminution de pression extérieure (<sup>1</sup>), nous sommes bien contraints de l'attribuer à une augmentation de tension intérieure ou d'énergie des contractions cardiaques. Cette augmentation de tension semble être effectivement un phénomène constant, au moins au début des phénomènes, c'est-à-dire dans la période où l'organisme tout entier cherche à réagir contre les accidents qui le menace : « Aux faibles dépressions, dit M. P. Bert, la respiration s'accélère, les battements du cœur sont plus *forts* et plus nombreux.... » Nous verrons bientôt que le fait a été constaté, même pour de faibles dépressions de  $\frac{3}{8}$  d'atmosphère, par M. H. Knauer, de Berlin, qui a presque toujours trouvé dans ses tracés sphygmographiques une élévation brusque, très aiguë, très considérable : la brusquerie de l'impulsion cardiaque est également à considérer, rapprochée de ce fait que les hémorragies semblent être plus fréquemment un phénomène du début que de la période dépressive des accidents.

Ces observations s'appliquent aux hémorragies si fréquemment observées dans le *mal des montagnes*. Évidemment aussi la privation d'oxygène suffit pour expliquer l'apparition d'accidents communs aux

(<sup>1</sup>) Peut-être cependant y aurait-il lieu, dans l'application de la loi d'égale transmission des pressions par les liquides incompressibles, de tenir compte des modifications importantes que peut apporter à cette loi purement hydrostatique le double fait de la circulation dynamique d'une partie des fluides humains dans des canaux à parois élastiques et de la contention] des autres dans des espaces à parois inégalement résistantes où leurs mouvements sont plus ou moins gênés. Ceci pourrait prendre quelque importance dans les cas de changements brusques de pression et expliquer, par exemple, pourquoi, dans des décompressions subites, M. P. Bert a observé le fait, déjà constaté par d'anciens observateurs, de la réduction du poumon à un véritable état fœtal, en l'absence de toute congestion sanguine. Évidemment, si la muqueuse pulmonaire s'est resserrée au point de former une masse qui enfonce sous l'eau, tout en restant capable de reprendre son volume par l'insufflation, c'est qu'elle a été soumise momentanément sur ses deux faces à des pressions très inégales, ayant pour résultat une véritable succion interne. En un mot, la décomposition s'est transmise beaucoup plus rapidement sur la face interne, par l'étroit orifice du larynx, que sur la face externe à travers les masses osseuses et musculaires, qui ont joué un rôle analogue à celui du caoutchouc amortisseur dans la balance de Marey.

ascensionnistes sur terre ou dans les airs ; mais, non moins évidemment, il faut rechercher une cause spéciale pour justifier l'intensité beaucoup plus grande et l'apparition beaucoup plus prompte de ces accidents chez l'*alpiniste* que chez l'aéronaute. Un exemple simple peut faire ressortir cette différence : il existe au Pérou des chemins de fer qui, pour la traversée des Andes, s'élèvent à des hauteurs tout à fait extraordinaires : celui du Callao à Oroya traverse un tunnel à l'altitude de 4756<sup>m</sup>, presque égale à celle de la cime du mont Blanc. Les ouvriers arrivés de la plaine pour creuser ce tunnel, les animaux eux-mêmes souffrissent très cruellement du mal des montagnes et l'achèvement du travail fut extrêmement laborieux ; le voyageur, pourtant, aujourd'hui, traverse ce même point sans éprouver autre chose que quelques malaises légers. Quelle différence y a-t-il entre les deux ? L'un, force motrice vivante, était appelé pour rendre un travail ; l'autre, tranquillement assis dans un wagon, se laisse enlever par la locomotive qui, elle, il est vrai, n'arrive pas sans peine à puiser dans l'air l'oxygène nécessaire à ses combustions. Le voyageur péruvien est dans la même condition que l'aéronaute, tandis que l'ascensionniste des Alpes est un véritable travailleur, occupé à éléver son propre poids à un certain nombre de kilomètres au-dessus du niveau de la mer. Le travail produit, voilà la seule différence véritable, ainsi que le faisait ressortir avec autorité, dans son cours professé à l'École de Médecine en 1866, notre maître M. le professeur Gavarret.

« Un homme, disait-il, emporté par la force aseensionnelle du ballon, n'effectue aucun travail, ne fait aucune dépense de force mécanique. Dans ces circonstances, la *totalité* de la chaleur produite par la combustion des matériaux organiques de son sang est employée à maintenir sa température propre, et l'activité de sa respiration est uniquement réglée par la température du milieu ambiant.... L'homme, au contraire, qui monte *à pied* sur une haute montagne, accomplit une quantité de travail mécanique qui varie avec le poids de son corps, la hauteur d'ascension, la nature et la disposition du terrain sur lequel il marche. A la force mécanique qu'il dépense ainsi correspond une consommation d'une quantité déterminée des matériaux organiques de son sang, dont la combustion ne produit aucun effet thermique. Indépendamment de la quantité de chaleur nécessaire au maintien

de sa température propre, les combustions respiratoires doivent donc fournir l'*équivalent calorifique* de la force mécanique dépensée pendant l'ascension. Pour bien saisir les conséquences de cet accroissement forcé de l'activité respiratoire, fixons notre attention sur un exemple déterminé.

» Un homme adulte, bien constitué, du poids de 75<sup>kg</sup>, s'est élevé, à pied, à 2000<sup>m</sup> de hauteur sur les flancs d'une montagne. Il a effectué ainsi un travail utile de 150 000<sup>kgm</sup>, représentant 355 unités de chaleur dont l'effet thermique est nul, transformées tout entières en force mécanique et fournies par les combustions respiratoires. Les  $\frac{8}{10}$  de cette chaleur *transformée* provenant de la combustion du carbone, la création de la force mécanique correspondant au travail utile accompli pendant l'ascension, a nécessité la production de 65<sup>lit</sup> d'acide carbonique en sus de 22<sup>lit</sup> de ce gaz que l'homme forme, par heure, dans ses capillaires généraux pour maintenir sa température propre....

» Encore, dans tout ce qui précède, avons-nous supposé que toute la force mécanique dépensée pendant l'ascension était représentée par le travail utile accompli, c'est-à-dire par le produit du poids du corps du voyageur par la hauteur d'ascension. Il n'en est certainement pas ainsi. Sur ces pentes escarpées où le sol se dérobe à chaque instant sous ses pas, sur ces vastes champs de glace où son pied est mal assuré, sur ces plages couvertes d'épaisses couches de neige qui cèdent sous son poids, l'homme, pour s'élever sur le flanc des montagnes, dépense une quantité de force mécanique qui dépasse de beaucoup le travail utile effectué ; par conséquent, il consomme les matériaux organiques de son sang et produit de l'acide carbonique dans des proportions très supérieures à celles que nous avons déduites des calculs précédents.... »

Comme conséquence de ces prémisses absolument indiscutables, M. Gavarret concluait à une véritable intoxication par l'acide carbonique, à laquelle il n'hésitait pas à attribuer « la majeure partie des troubles fonctionnels caractéristiques du mal des montagnes ». La forme rigoureusement scientifique et l'ampleur magistrale de cette théorie substituée à des explications où la fantaisie le disputait à l'étroitesse de vues ; la vraisemblance physiologique du rôle attribué à l'acide carbonique, ce gaz sur lequel s'était de tout temps concentrée presque

exclusivement l'attention des physiologistes dans l'étude des accidents respiratoires ; enfin les recherches, même postérieures, de Claude Bernard, Brown-Séquard, etc., sur l'action de ce poison gazeux, — tout justifiait bien l'autorité universellement reconnue à la théorie de M. Gavarret, lorsque M. P. Bert, par un de ces excès assez naturels chez quiconque a dû, pour s'emparer du terrain expérimental, procéder à un déblayage préliminaire, a voulu, à la suite de ses recherches importantes sur le rôle de l'oxygène, rapporter exclusivement à ce gaz la cause du mal des montagnes et dénier absolument tout rôle quelconque à l'acide carbonique. Certes il était de logique pure que M. P. Bert, après ses mémorables expériences sur les désoxygénations et suroxygénations de l'air raréfié, attribuât à l'*anoxyhémie* une grande, ou même « la majeure part » des accidents observés ; mais où il semble véritablement s'être départi de la rigueur ordinaire de sa méthode scientifique, c'est en assimilant la production d'acide carbonique de l'homme en plein *travail* d'ascension à celle d'animaux confinés et privés de leurs mouvements.

Que l'analyse du sang et même du muscle des chiens enfermés ait montré une diminution plutôt qu'une augmentation des déchets respiratoires, quoi d'étonnant à cela ? La bête n'a à faire face qu'à ses dépenses ordinaires, et si, comme le fait remarquer ailleurs M. Paul Bert, la consommation habituelle de l'oxygène est bien au-dessus des exigences réelles de la vie, l'animal peut, tout en essayant de réagir, supporter sans souffrance exagérée et en restant toujours au-dessus de ses besoins, cette sorte de diète respiratoire. Survienne une agitation violente, et infailliblement on verra s'avancer l'instant d'apparition des accidents. Mais, dit M. P. Bert, la diminution d'acide carbonique subsiste dans le sang de cet animal qui s'est agité en essayant de rompre ses liens. D'abord l'observation ne s'applique plus qu'au sang, et aucune expérience directe ne prouve que, dans les muscles qui viennent d'agir, il n'y ait pas un engorgement réel d'acide carbonique ou autres produits de combustion ; et puis, est-il véritablement licite, après les expériences classiques de M. Béclard, de comparer l'agitation sur place, les mouvements *à vide* d'un animal retenu par ses entraves, avec le travail considérable d'un homme élevant son poids de 1<sup>km</sup> en quelques heures ?

Beaucoup d'ascensionnistes n'éprouvent le mal des montagnes qu'au moment précis où, mettant pied à terre, ils commencent à développer un travail plus effectif que celui qui consistait à se maintenir sur la monture. Dans la ville de Chuquisaca (2847<sup>m</sup>), au Pérou, M. Castelnau a remarqué que des chevaux qui ne ressentaient rien en plaine étaient atteints, souvent très gravement, aux moindres inégalités des rues. Il y a donc un facteur *travail* que M. P. Bert n'a jamais introduit réellement dans ses expériences, et qui, s'il n'est pas capable de produire à lui seul le mal des montagnes, en hâte certainement les manifestations et en donne le signal. Dire simplement que l'état d'activité élève le taux de la ration minimum d'oxygène exigible et accélère le point de convergence des deux courbes parallèles auxquelles nous faisions allusion à la fin du Chapitre précédent (p. 63), c'est ou bien ne rien dire, ou bien admettre qu'avant d'arriver à ce point les deux courbes avaient subi elles-mêmes, en totalité, une élévation correspondant à une exagération anormale des combustions; car, enfin, le fait même du travail est patent, incontestable, et il faut bien que la force dépensée ait trouvé sa source, par voie d'équivalence, quelque part, dans l'organisme lui-même.

Est-ce, comme le voulait M. Lortet, par une consommation directe de la chaleur du corps, transformée en mouvement? L'abaissement de température noté par M. Lortet n'a pas été retrouvé par d'autres observateurs et tout porte à y voir plutôt un effet que la cause du mal; d'ailleurs, multiplié par la chaleur spécifique du corps, il donne une somme peu comparable à la dépense des forces: celle-ci ne peut réellement provenir *que* des combustions internes, et, si les éléments absorbés n'ont pas pu fournir tout le combustible et l'air extérieur tout le comburant, il *saut*, il est absolument nécessaire que les réactions intimes des tissus aient fourni le supplément nécessaire pour parfaire la somme *minimum* calculée par M. Gavarret. Ces combustions, seule source possible du travail effectué, ne peuvent pas ne pas s'être produites, et il faut bien que l'on retrouve quelque part leurs résidus solides, liquides ou gazeux: l'acide carbonique y entre certainement pour une forte proportion et, alors, de deux choses l'une: ou bien il y aura, dans le sang et dans l'air expiré, l'augmentation que M. P. Bert n'a pas pu constater sur ses animaux attachés, mais que M. Jourdanet a vu se produire sur

des chevaux en liberté (<sup>1</sup>); ou bien cet acide, libre ou à l'état de combinaison, s'accumule dans les muscles, particulièrement dans ceux qui ont le plus travaillé (<sup>2</sup>). Dans la première hypothèse, un encombrement véritable se produira dans le poumon dont les vésicules, moins complètement distendues, quoique avec plus de fréquence, se chargeraient d'autant plus d'acide carbonique résiduel que la différence de poids spécifique entre ce gaz et l'air extérieur se trouve augmentée; dans la seconde hypothèse, nous voyons le sang, malgré ou peut-être à cause de l'accélération de sa course, impuissant à balayer les déchets musculaires au fur à mesure de leur production, ni plus ni moins que les flacons laveurs de M. P. Bert, qui, dans les expériences citées page 62, laissaient toujours échapper une partie de l'acide carbonique. Selon toute probabilité, les deux alternatives n'en font qu'une et il y a tout lieu de penser que les systèmes respiratoire et circulatoire sont également encombrés de gaz à l'état de tension : tension qui peut acquérir une valeur considérable dans les capillaires, au siège même des combustions, et contribuer soit à l'accélération de la circulation veineuse, comme l'avance M. Jourdanet, soit à la production des hémorragies, comme le démontre M. Gavarret.

Mais, objecte encore M. P. Bert, c'est là une théorie pure et simple de la fatigue, et l'on devrait en éprouver les effets tout aussi bien en montant de zéro à 2000<sup>m</sup> que de 2000<sup>m</sup> à 4000<sup>m</sup>. Assurément, c'est une

(<sup>1</sup>) « J'ai vu, dit-il, courir des chevaux à Mexico, à la suite de paris. Ils ne peuvent guère dépasser 350<sup>m</sup> sans s'exposer à des dangers sérieux. L'acide carbonique, produit en quantité exceptionnelle par ce travail exagéré de la course, arrive aux poumons et s'y dégage avec un tel volume que les conduits se déchirent ou se dilatent outre mesure, et l'animal reste à jamais emphysématœux. Cet accident a un nom dans le pays : on dit que ces chevaux sont *asolcados*. » (*Influence de la pression de l'air*, t. I, p. 277.)

(<sup>2</sup>) Les gonflements musculaires, qu'on remarque assez fréquemment chez les ouvriers tubistes après leur sortie des cloches, se produisent toujours sur les muscles qui ont le plus travaillé. C'est ainsi, rapporte M. Bucquoy, que l'un d'eux vit un jour l'un de ses pectoraux se gonfler « au point de ressembler au sein bien conformé d'une femme ». La nature gazeuse de ces tuméfactions est bien démontrée par ce fait qu'elles cèdent rapidement à l'application de ventouses scarifiées; qui, du reste, ont de la peine à y prendre.

A un autre point de vue, M. Jourdanet s'empare de la question de fatigue des muscles de la cuisse, pour expliquer les douleurs spéciales des ascensionnistes et nier, ainsi que M. P. Bert, la théorie, devenue classique (*voir* Thèse J. Girin, 1877), des frères Weber sur l'intervention de la pression de l'air dans le jeu de l'articulation coxo-fémorale.

théorisé de la fatigue, et rien ne prouve qu'en ajoutant à la somme de fatigue produite par l'ascension de zéro à 2000<sup>m</sup> une autre somme de fatigue équivalente à l'action de toutes les circonstances accessoires qui interviennent de 2000<sup>m</sup> à 4000<sup>m</sup>, rien ne prouve qu'on ne put obtenir des malaises tout aussi caractérisés que ceux du mal des montagnes. Le professeur Dufour, qui a fait de ces phénomènes une étude extrêmement consciente, dit bien en avoir éprouvé tous les symptômes en remontant les échelles d'un puits de mine à Freiberg, et, une autre fois, du lac de Lucerne au mont Pilate, à moins de 1800<sup>m</sup> ! Est-il bien certain qu'il n'en arriverait pas de même à qui tenterait de monter, à la file, ou même avec repos dans un ascenseur, autant de fois six étages qu'il en faudrait pour représenter une ascension au mont Blanc ?

Gardons-nous donc de l'exclusivisme de M. P. Bert et, de même que nous avons vu, dans les expériences d'asphyxie à l'air confiné, toute une zone intermédiaire, de 1<sup>atm</sup> à 2<sup>atm</sup>, où l'oxygène et l'acide carbonique, c'est-à-dire l'absorption et l'exhalation, contribuent également au dénouement mortel, de même évitons de séparer les deux facteurs de l'acte respiratoire dans un phénomène vital où, par la force des choses, ils présentent une importance commune. M. Gavarret a nettement démontré l'un des termes de la question, à une époque où rien ne pouvait faire soupçonner l'autre, et M. P. Bert, en découvrant ce dernier, a établi des faits trop considérables et trop nets pour qu'il y ait avantage à les étendre au delà des limites strictes de la constatation expérimentale.

Pour nous résumer en un mot, nous dirons que le mal des montagnes est une *fatigue à forme anoxymique* et nous ne nous étonnerons plus qu'un instant de halte, qui laisse subsister entière la cause anoxymique, arrête tous les symptômes dus à l'accumulation nocive des déchets respiratoires.

## II. — Compression et décompression.

Les animaux, avons-nous vu, me semblent nullement se ressentir de leur séjour dans un courant d'air condensé, tant que la tension partielle de l'oxygène n'approche pas de la valeur assez élevée de 3<sup>atm</sup> ou 4<sup>atm</sup>, correspondant nécessairement à une pression totale à peu près quin-

tuple dans l'air (<sup>1</sup>). Or, la plus haute pression qui ait jamais été réalisée dans les travaux sous cloches d'air comprimé n'a pas atteint 5<sup>atm</sup>, et quant aux plongeurs, je ne connais pas d'exemple qu'ils se soient hasardés à des profondeurs de 50<sup>m</sup>. C'est dire qu'en dehors des accidents mécaniques de compression des gaz dans l'oreille moyenne et dans la cavité abdominale, sur lesquels il nous semble inutile d'insister, rien de grave ne pourra être attribué à un séjour momentané de l'homme sans compression. Mais, si ce séjour se prolonge et se répète, il n'est pas étonnant de voir se développer à la longue les effets d'un empoisonnement chronique rappelant dans sa marche les propriétés toxiques de l'oxygène comprimé; telle est en effet l'anémie des ouvriers tubistes, anémie due à une véritable paralysie des globules, frappés dans leur vitalité et non dans leur nombre; sous l'influence de l'oxygène comprimé, les oxydations, qui d'abord s'étaient accrues, vont bientôt diminuant, comme si le globule constamment surchargé perdait à ce jeu l'élasticité chimique qui en fait le grand régulateur de tous les échanges organiques. Du globule, cette sorte d'indifférence vitale envahit bientôt l'être tout entier, et l'homme, affaibli, hébété, se transforme en machine inerte, émoussée, sans volonté, victime marquée de l'industrie qui l'exploite.

Mais, en réalité, ces souffrances obscures ne sont point de celles qui fixent l'attention : les accidents graves et trop fréquents de la décompression, par le retentissement qu'ils peuvent avoir, par les responsabilités qu'ils engagent, sont bien autrement remarqués. L'étude qu'en a faite M. P. Bert sur les animaux ne peut laisser aucun doute sur leur cause : ils sont dus au dégagement trop rapide des gaz du sang, et l'analyse que nous avons faite de ces gaz nous permet même de préciser et d'affirmer que l'azote, librement dissous dans le sérum

(<sup>1</sup>) On sait d'ailleurs que les animaux aquatiques supportent au fond des mers des pressions véritablement énormes en valeur absolue : sans parler du fameux *Bathybius*, les sondages du *Travailleur* ont fait connaître dernièrement (*Comptes rendus*, 11 décembre 1882) un poisson extraordinaire, l'*Eurypharynx pelicanoides*, dont l'immense appendice pharyngien serait fort gênant à manœuvrer, même dans l'air. D'un autre côté, M. Cailletet a pu placer dans ses appareils des anguilles de la montée sous des pressions de 40<sup>atm</sup> sans qu'elles parussent en souffrir. Il est donc certain que l'action mécanique de la pression ne se mesure pas à sa valeur absolue, mais seulement à ses variations.

sans aucune attache chimique, est certainement le principal facteur de désordres, lorsque subitement sa tension passe de 3<sup>atm</sup> ou 4<sup>atm</sup> à une seule. Engagé dans les tissus, il y donne naissance soit à de petites bulles microscopiques produisant la sensation si commune des *puces*, soit à de véritables emphysèmes qui, selon leur siège, infiltrent et tuméfient les masses musculaires, envahissent le système circulatoire ou blessent irrémédiablement la fine trame du système nerveux central. D'où vient que les environs du renflement lombaire de la moelle constituent, aussi bien chez les animaux attachés dans la gouttière d'expériences (<sup>1</sup>) que chez les ouvriers courbés sur leur ouvrage, un lieu d'élection si commun ? Faut-il faire intervenir ici la distension des gaz intestinaux, distension toujours très sensible malgré la présence de deux orifices toujours prêts à s'ouvrir pour rétablir l'équilibre ? Cela semble probable, mais n'est nullement démontré, et il ne faudrait en aucun cas attribuer à cette cause l'importance exclusive qu'on a voulu lui donner parfois par analogie avec ce qui se passe chez les poissons. Notre tube digestif, ouvert aux deux bouts, n'est pas comparable à une vessie natatoire qui n'a avec l'extérieur que peu ou pas de communication : encore l'explosion totale de celle-ci n'est-elle pas de règle absolue, et il n'est pas rare, me disait dernièrement M. Ch. Richet, de voir des poissons qui, ramenés sans accident des grandes profondeurs, arrivent en quelques jours, grâce au mécanisme étudié par M. A. Moreau, à résorber suffisamment de gaz pour nager dorénavant sans gène dans un bocal.

Quoi qu'il en soit, c'est bien certainement dans le système circulatoire que se produisent les dégagements les plus abondants, et, si la mort n'est pas produite par une lésion nerveuse, les bulles viendront se réunir dans le poumon où, divisées en chapelets capillaires, elles opposeront un obstacle presque invincible à la poussée circulatoire. Acide carbonique et oxygène, s'il s'en trouve (et il s'en trouve nécessairement par le seul fait de la présence des bulles d'azote, formant de petites atmosphères intérieures), disparaîtront tous deux ; mais l'azote, en présence de celui de l'atmosphère, dont la tension ne lui

---

(<sup>1</sup>) Voir une intéressante communication faite à la Société de Biologie, le 9 juillet 1881, par MM. Regnard et Blanchard.

est inférieure que d'un cinquième, mettra un temps énorme à se dégager<sup>(1)</sup>. Si le cœur a continué à battre, les gaz s'y accumuleront de plus en plus, et l'on entendra, même à distance, ainsi qu'a bien voulu me le faire constater à son laboratoire M. Gréhant, le bruit de gargouillement produit par ce brassage plein de menaces auquel l'animal ne peut s'échapper que par miracle. A l'autopsie on trouve ces gaz en quantité considérable dans le cœur droit, et leur analyse confirme pleinement les prévisions de la théorie.

Évidemment, les accidents seront d'autant plus à craindre qu'une compression plus prolongée aura davantage imbibé les tissus de gaz azote, qu'une décomposition trop rapide met en liberté. Recomprimer, si l'accident s'est produit, ralentir la décompression si on veut l'éviter, telle est donc la règle absolue à suivre, et cela avec d'autant plus de rigueur que la compression aura été plus prolongée ; malheureusement le froid très intense qui accompagne cette opération menace d'un autre danger les ouvriers qu'aucun conseil de prudence ne saurait astreindre aux mesures de précautions dictées par le bon sens. Sur le conseil de M. P. Bert, une grande compagnie du Nord, en adaptant à ces cloches des *réchauffoirs* pour la décompression lente, est arrivée à enrayer le chiffre vraiment effrayant des accidents mortels. Mais est-il sûr qu'on trouve toujours et partout qu'une économie de vies humaines vaille une dépense d'appareils et de charbon ? Souhaitons que la balance des *profits et pertes* penche constamment dans ce sens et peut-être alors verrons-nous consacrer par la pratique le résultat désintéressé des recherches de laboratoire<sup>(2)</sup>.

(<sup>1</sup>) L'inhalation d'un gaz étranger, hydrogène ou oxygène, favoriserait certainement le dégagement et pourrait servir de palliatif en cas d'accident.

(<sup>2</sup>) M. P. Bert a également étudié les cas où la décompression brusque se produirait en sautant de la pression ordinaire à une autre beaucoup plus faible, 7° par exemple. Les accidents sont analogues et dus probablement à la même cause, quoique la loi de dissolution de l'azote dans le sérum à ces pressions inférieures ne soit pas parfaitement établie et qu'il soit, d'autre part, assez difficile de mettre en évidence la présence des gaz libres, puisqu'on les fait redissoudre en ramenant l'animal à la pression extérieure pour les nécessités de l'autopsie.

## CHAPITRE V.

### DES FAIBLES VARIATIONS DE PRESSION EXTÉRIEURE.

#### APPLICATIONS THÉRAPEUTIQUES.

Dès le commencement de cette étude, nous avons mis de côté, comme impossibles à faire rentrer dans un cadre scientifique, les petites variations naturelles de la pression extérieure, telles que les enregistrent sur place les observatoires de Météorologie. Il est certain que ces variations ne sont pas sans influence sur la vie organique, et sans aller, comme Schlaffgotz<sup>(1)</sup>, jusqu'à relever les mouvements du baromètre produits par l'ouverture ou la fermeture d'une porte, ou, comme Pigolt ou Engelfield<sup>(2)</sup>, l'effet du son des cloches sur le mercure, on conçoit que M. Græger, de Mulhouse, ait cherché, dès 1855<sup>(3)</sup>, à établir une coïncidence entre certaines observations végétales et les changements de pression qui, d'une manière régulière, sous les tropiques, et souvent avec beaucoup de puissance sous tous les climats, modifient la richesse oxygénée ou calorifique du milieu ambiant. M. Spinzig<sup>(4)</sup>, en 1877, a été plus loin en tentant d'opposer une théorie barométrique à la théorie infectieuse de la propagation du choléra. M. W. Blasius<sup>(5)</sup> attribue également aux courants aériens, beaucoup plus qu'à la nature du sous-sol, les conditions hygiéniques de certaines stations américaines.

<sup>(1)</sup> POGGENDORFF, *Annalen der Physik*, t. C, p. 650.

<sup>(2)</sup> Voir à ce sujet C. MONSIGNY, *Bull. de Bruxelles* (2), t. VI, p. 159-171 (1859).

<sup>(3)</sup> *Jahresbericht der schlesigen Gesellschaft für 1855*, p. 75.

<sup>(4)</sup> *Saint-Louis Monit.*, 1877, p. 1-52.

<sup>(5)</sup> *Proc. Amer. Soc.*, t. XIV, p. 667-74 (1875).

M. Mermod (<sup>1</sup>) a publié une étude complète sur l'influence physiologique des dépressions atmosphériques. Nous-mêmes aurions voulu pouvoir profiter des riches documents accumulés par les statisticiens modernes pour établir, par exemple, un rapprochement entre les courbes barométriques annuelles et les courbes sanitaires ou les tableaux d'infection microbienne récemment publiés dans la savante thèse de M. le Dr Miquel (<sup>2</sup>); mais le temps nous a fait défaut, et il est d'ailleurs plus que probable que, si quelques rapports existent réellement, ils doivent être englobés dans une foule de circonstances extérieures qui empêchent de les isoler nettement et de les mettre au jour.

Sans doute il y aurait lieu de faire pour l'atmosphère ce que nous avons fait pour nos vases clos, c'est-à-dire de rechercher la part d'action de chacune des composantes dans ses variations individuelles, variations très importantes, on le sait, pour la vapeur d'eau, mais nulles pour l'azote et l'oxygène, et très minimes pour l'acide carbonique, quoique parfaitement réelles et régulières, ainsi que l'ont montré tout récemment encore les observations de MM. Müntz et Aubin (<sup>3</sup>), confirmatives de celles, plus anciennes, de M. Lœwy. Mais cette étude reste tout entière à faire, et il ne nous serait même pas possible, au point de vue spécial qui nous occupe, de donner une forme précise aux nombreuses observations faites sur l'impureté de l'air dans les lieux semi-clos où se confine souvent l'activité humaine. Ici intervient, en effet, un facteur important qui défie tous les calculs : celui des exhalaisons miasmatiques qui, s'échappant continuellement du corps des animaux, infectent l'air et peuvent à la longue amener des accidents graves. Andral et Gavarret, dans leurs expériences mémorables, ont vu mourir des animaux dans une atmosphère non renouvelée, quoiqu'on eût le soin d'absorber l'acide carbonique au fur et à mesure de sa production et de restituer l'oxygène aussitôt qu'il était consommé. Comment apprécier les *tensions* de ces principes qui échappent même à la balance? Tout

(<sup>1</sup>) *Bull. Soc. vaud des Sc. nat.*, t. XV, p. 15-104.

(<sup>2</sup>) Voir cependant une curieuse observation dans le grand Ouvrage de M. JOURDANET, t. II, p. 38, ainsi que les pages consacrées dans le même Livre (224-227) à l'action des mouvements barométriques sur la santé.

(<sup>3</sup>) *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 18 juin 1883.

porte à croire, dit M. Maurice Perrin (<sup>1</sup>), que les principes toxiques dégagés sous forme de vapeurs dans l'acte respiratoire possèdent une très faible tension et atteignent très vite la saturation. Les recherches de Pettenkofer, de Munich, ont bien jeté quelque jour sur leur nature probable et démontré qu'ils étaient formés en grande partie de gaz hydrogène et de gaz des marais ; mais, sur la question des pressions, il faut nous borner à signaler ici un *desideratum* qui, de longtemps sans doute, ne pourra recevoir une solution, tandis que des études très suivies, au contraire, ont été faites, depuis une cinquantaine d'années, sur les utilisations possibles des variations modérées de la pression extérieure.

### I. — Raréfaction.

*a.* Il faut citer pour mémoire les applications locales de la raréfaction de l'air dans l'appareil connu sous le nom de *ventouse*. La tendance de tous les tissus à remplir le vide formé par un procédé quelconque dans des cloches hermétiquement appliquées est la meilleure preuve de l'égalité de transmission des pressions intérieures par ces tissus semi-fluides qui se trouvent non pas aspirés, mais véritablement poussés dans la ventouse par une *vis a tergo* qui n'est autre que la pression extérieure. La congestion des vaisseaux sanguins suit exactement les lois de l'Hydraulique, et la seule limite à la turgescence des tissus et à l'accumulation du sang est dans la force élastique des parois vasculaires et dans la résistance des téguments qui les protègent (<sup>2</sup>). Aussi la moindre rupture de ces téguments suffit-elle pour donner issue à des jets d'hémorragie, d'autant plus puissants que la raréfaction aura été poussée plus loin ; tel est le mécanisme de la ventouse scarifiée, dont nous n'avons pas besoin de rappeler l'usage en petite chirurgie.

En augmentant la surface d'action de la ventouse et la transformant en un récipient de laiton capable d'enfermer un membre (*fig. 25 et 26*) ou même le corps presque tout entier, Junod a su en tirer des effets thérapeutiques très intenses : nous avons eu l'occasion, à diverses re-

(<sup>1</sup>) Art. ASPHYXIE du *Dict. encyclop. des Sc. méd.*, t. VI, p. 581 (1867).

(<sup>2</sup>) C'est par un mécanisme analogue, imité d'ailleurs dans l'appareil connu sous le nom de *tire-lait*, que s'opère la succion du lait par les nouveau-nés.

prises, de constater par des observations personnelles l'action énergique de ces dérivations puissantes (<sup>1</sup>), et il est certainement regrettable que ce moyen très simple d'intervention purement physique n'ait pas pris dans la pratique médicale le rang qu'il mériterait d'y occuper.

Un appareil analogue à ceux de Junod sert à démontrer nettement que le mode d'action de la ventouse est dû non pas à une force active de succion, ou à la pression négative de l'air dans l'appareil, mais uniquement à une impulsion passive du sang, poussé des

Fig. 25.

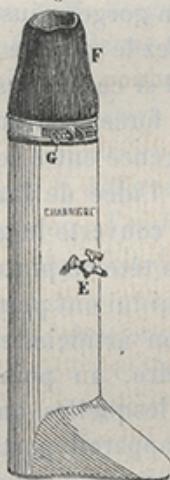


Fig. 26.



Ventouses Junod pour la jambe et l'avant-bras.

E, robinet où s'adapte un tube en caoutchouc à parois épaisses communiquant avec une petite pompe à main; F, manchon de caoutchouc pour obtenir le joint hermétique; G, vis de serrage.

points où la pression est la plus forte vers ceux où la pression est diminuée. La *différence* des pressions est seule en jeu, quelles que soient les valeurs absolues, et si l'on comprime l'air dans un grand appareil de Junod où le corps tout entier, à l'exception d'un seul membre, se trouve inclus, on observe une intumescence de ce membre tout à fait semblable à celle qu'aurait produite la raréfaction de l'air dans un

(<sup>1</sup>) Junod, en remplissant d'eau tiède, avant et après l'application, la cavité d'une de ses ventouses, jambières ou *méroscéliques*, a constaté qu'une seule application déplaçait d'une manière aussi prolongée qu'on le voulait une masse sanguine de 1<sup>lit.</sup>,700.

manchon qui n'aurait entouré que lui, à l'exclusion de tout le reste du corps.

C'est précisément par un mécanisme de ce genre que se produisent, d'après M. Marey (<sup>1</sup>), les hémorragies pulmonaires ou auriculaires des plongeurs à nu. La glotte, fermée pour empêcher l'introduction de l'eau dans les voies respiratoires, enferme dans le poumon de l'air à la pression atmosphérique et, quand une pression de 3<sup>atm</sup> ou 4<sup>atm</sup> viendra s'exercer sur toute la surface du corps, elle s'équilibrera partout, sauf dans le poumon, protégé par la cage thoracique : le poumon recevra donc le sang des autres parties et s'en gorgera jusqu'à ce que la tension de ses vaisseaux ait réduit assez le volume de l'air pour qu'il possède la pression de 3<sup>atm</sup> ou 4<sup>atm</sup>; et si cette pression de l'air intrapulmonaire n'est pas atteinte, c'est la force élastique des vaisseaux du poumon qui devra supporter la différence entre ces pressions.

Hauke, de Vienne, s'emparant de l'idée de Junod et se bornant à transformer en une sorte de baignoire couverte le grand fauteuil creux où Junod enfermait son patient avec la tête ou plutôt le visage seul dehors, a créé des types de ventouses qui lui ont permis de faire des expériences intéressantes de respiration artificielle sur des cadavres, mais qui ne paraissent guère répondre, au point de vue pratique, aux nombreuses applications pour lesquelles on les a vantés. Par contre, on doit à Hauke le type d'un appareil portatif, véritable gazomètre à cloche élevable à volonté, qui, moyennant un embout appliqué sur le visage, peut agir à volonté sur le poumon, soit par compression, soit par raréfaction de l'air. On a, dans ce dernier cas, une véritable ventouse pulmonaire, et l'on peut d'ailleurs employer comme tels presque tous les appareils *pneumothérapeutiques* (spirophore de Woillez) dont l'usage semble s'être beaucoup plus répandu en Allemagne qu'en France. Nous ne saurions entrer dans la description de tous ces appareils, et ne pouvons que renvoyer à la bibliographie, aux noms de Hauke, Stork, Bunsen, Högyes, Finkler, Fränkel, Berkart, Dobell, Waldenburg, Schnitzler, Tobold, Biedert, Treutler, Lange, Geigel, Mayer, Cube, Weil, etc.

---

(<sup>1</sup>) *La Circulation du sang à l'état physiologique et dans les maladies*, p. 745. Paris, gr. in-8°; 1881.

On conçoit d'ailleurs que l'action de ces appareils soit tout opposée sur les deux temps de la respiration, et qu'on ne les emploie presque jamais que pour agir sur l'un ou l'autre. Appliqués à l'inspiration, ils fonctionnent comme obstacle et forcent la cage thoracique à développer un surcroit de force musculaire égal à la différence, nécessairement très faible, de pression qui agit sur ses deux faces; le retentissement sur le système circulatoire est assez insignifiant, et même, en répétant l'expérience d'après le procédé de Müller, c'est-à-dire dans des conditions extrêmes, en faisant une forte inspiration, la bouche et le nez fermés, c'est à peine si M. Riegel, Knoll et Schreiber sont parvenus à constater nettement sur leurs tracés sphygmographiques une légère diminution de tension du pouls artériel, tandis que Waldenburg, par une autre méthode, était arrivé à des résultats différents.

Sur l'expiration, au contraire, la raréfaction agit comme un adjuvant, du moment que la différence de pression ne se transmet qu'à la face interne du poumon: l'expiration sera donc beaucoup plus complète, et on l'a vue quelquefois dépasser de près de 2<sup>lit</sup>, c'est-à-dire d'une quantité supérieure à celle que l'on assigne ordinairement à l'air résiduel, le volume des expirations ordinaires. Il est indubitable qu'il y a là un moyen d'action très énergique et tout à fait unique sur la fonction respiratoire, et spécialement sur l'expiration insuffisante des emphysémateux. Le coefficient de ventilation du poumon se trouve ainsi considérablement augmenté, les échanges gazeux facilités et la circulation elle-même très sensiblement modifiée. Quant à savoir dans quel sens, il semble bien établi par les observations qui ont été faites par von Basch avec le pléthysmographe, par Schreibér et Sommerbrodt avec le sphygmographe de Marey, par Einbrodt, Drosdoff, Botscheschkaroff, Lambert et Zuntz sur les animaux, enfin, tout récemment, par M. Grunmach, par une méthode indirecte d'observation de la vitesse de propagation de l'ondée sanguine, — il semble bien établi, disions-nous, malgré l'opinion de Waldenburg, que l'effet consiste en une augmentation de la tension sanguine, explicable par la diminution de pression supportée par le cœur et les vaisseaux intrathoraciques.

*b.* Quant aux diminutions générales de la pression extérieure sur tout

l'organisme, plutôt que de les demander à des appareils compliqués<sup>(1)</sup>, on a cherché naturellement à utiliser les conditions d'altitude que peuvent offrir les pays de montagnes. C'est dire que nous allons retomber dans les conditions d'observation discutables et mal définies, du ressort de la Thérapeutique plus que de la Physiologie et surtout de la Physique, mais auxquelles le titre de ce travail nous interdit cependant de ne pas accorder une mention.

» En établissant une corrélation entre le degré de fréquence ou de rareté de certaines affections et l'élévation des points où on les observe, on a attribué, dit M. Leroy de Méricourt<sup>(2)</sup> à des stations déterminées une valeur thérapeutique préservatrice ou curative. N'a-t-on pas entrepris prématurément ce travail synthétique? En voulant procéder, pour une science aussi complexe que la Pathologie, comme on l'a fait pour la Botanique, n'a-t-on pas avancé souvent des assertions hasardées, systématiques à la place des faits? »

A plus forte raison serait-il étrangement « systématique » de vouloir rapporter à la pression seule des phénomènes qui dépendent évidemment d'une multitude de circonstances connexes. Ne voit-on pas, à 4000<sup>m</sup>, sous une même pression, nos sommets alpestres couverts de neiges perpétuelles et les vallées des Andes ou de l'Himalaya peuplées de villes florissantes? Aussi bien n'y a-t-il guère, en Europe, de station d'altitude atteignant 2000<sup>m</sup>, tandis qu'en Amérique on envoie des malades à des altitudes doubles. Le Dr Lombard, de Genève, a tenté, dans un Ouvrage considérable, d'établir une classification entre ces altitudes au point de vue de leurs influences sur les divers états pathologiques. Cette classification et les observations qui en sont la base prétendent fort à la discussion et continuent à être l'objet de polémiques actives; ce n'est pas ici, dirons-nous avec M. Paul Bert, le lieu d'en parler : elles sont, du reste, d'ordre étroitement médical.

(1) Il faut citer cependant un court travail de M. H. Knauer (Thèse, Berlin, 1878), qui a étudié pendant deux mois consécutifs les tracés sphygmographiques du pouls pendant des séances quotidiennes de deux heures dans les cloches de l'hôpital israélite, sous des pressions de  $\frac{2}{3}$  d'atmosphère ou 325<sup>mm</sup> de mercure. Les pulsations, comparées à celles qu'on obtient sous des pressions de 2<sup>atm</sup>, présentent une élévation brusque, aiguë, très considérable, avec un dicotisme très accentué, ce qui établit une différence très nette avec le pouls « presque filiforme » observé par M. Lortet, au haut du mont Blanc.

(2) *Dictionnaire encyclopédique des Sciences médicales*, t. III, p. 404 (1865).

Des observations plus importantes ont été faites sur ces populations nombreuses qui, fixées depuis un grand nombre de générations sur les hauts plateaux de l'Amérique, ont dû soit accumuler, exagérer, intégrer pour ainsi dire par atavisme, les effets spéciaux dus à la rareté de l'air, soit au contraire, par un effet séculaire de sélection vitale s'exerçant par descendance, réagir contre cette condition fâcheuse et s'adapter naturellement à leur habitat élevé.

Cette dernière conclusion s'était imposée pour ainsi dire *a priori* et semblait devoir régner toujours sans conteste, étant donnée la vigne bien connue et presque proverbiale des peuples montagnards; on avait admis tout naturellement que, lorsque la densité de l'air diminuait d'une manière très notable, l'accélération de la respiration d'une part, l'augmentation de l'amplitude des inspirations de l'autre, venaient compenser la diminution de la proportion d'oxygène pour un même volume d'air respiré. On croyait que, sur les hauts plateaux rendus habitables par leur douce température, en raison de leur latitude tropicale, l'homme s'habituerait impunément à respirer plus vite et plus largement; on avait avancé même, avec de nombreux faits à l'appui, que, chez l'habitant des régions élevées, la capacité du thorax était plus grande que chez l'homme de la plaine. Mais M. le Dr Jourdanet, s'autorisant d'une longue pratique sur le plateau de l'Anahuac et se basant sur une application particulière des théories chimiques, est venu soutenir des opinions entièrement opposées.

D'après lui, tous ces habitants des hauts plateaux américains, que nous voyons se livrer en paix aux travaux les plus pénibles de l'agriculture, de la chasse, des exploitations minières, et ne pas reculer au besoin devant les tristes extrémités de la guerre, tous ces rudes montagnards, dont nous envions la robuste santé, ne seraient ni plus ni moins que des anémiques, au même titre que nos citadins des plaines, et cela, non par excès de dépense ou par un vice constitutionnel imputable à l'organisme ou à l'hérédité, mais par insuffisance d'oxygénéation, par impossibilité de puiser dans l'air ambiant l'aliment nécessaire à des combustions vitales, plutôt exagérées qu'amoindries. « L'homme des hauteurs, dit-il<sup>(1)</sup>, victime d'une respiration incom-

---

(<sup>1</sup>) *Influence de la pression de l'air*, t. II, p. 307.

plète, se présente à l'observation avec les signes d'un affaiblissement marqué. » Et cette conclusion, il l'appuie sur de longues années d'observations médicales, sur des rapprochements poursuivis avec une ingéniosité remarquable, sur des théories enfin dont le moindre mérite est certainement d'avoir donné naissance aux importantes recherches expérimentales de M. Paul Bert. Il ne saurait nous appartenir d'entrer ici dans une discussion toute spéciale que n'ont pas encore tranchée des faits très probants. Si les expériences de M. Paul Bert ont nettement prouvé la moindre dissolution de l'oxygène dans le sang sous des pressions décroissantes, si, par conséquent, il ne nous est pas permis de douter que l'homme des plaines arrivant à de grandes hauteurs ne doive se trouver dans des conditions réelles d'*anoxyhémie*, quand il ne réussit pas à suppléer par la rapidité et le volume des inspirations à leur peu de richesse, faut-il croire qu'aucune compensation de ce genre ne se soit établie, au bout de plusieurs siècles, chez les Espagnols conquérants, et ne leur ait donné les qualités respiratoires qui semblent être l'apanage réel des Indiens aborigènes? On est encore dans l'incertitude sur le point qui semblerait le plus facile à fixer, celui de l'amplitude des mouvements et de la cavité thoracique. D'Orbigny croyait avoir remarqué une augmentation; M. Coindet, qui a fait des observations nombreuses, la nie. A plus forte raison semble-t-il nécessaire de garder provisoirement la plus grande réserve sur un point d'observation purement clinique, dont l'importance est bien secondaire auprès des résultats positifs qui nous ont été conquis par la méthode expérimentale. Lorsque les expériences demandées par M. Paul Bert dans ses *Instructions aux voyageurs en haute montagne*<sup>(1)</sup> auront été suffisamment répétées, quand on aura analysé comparativement la capacité d'absorption pour l'oxygène des habitants actuels du Mexique et des indigènes indiens, quand on aura prouvé que leur sang n'a pas acquis, comme celui du Lama, par exemple, la faculté d'absorber, toutes conditions égales, beaucoup plus d'oxygène que celui des habitants de la plaine, quand, enfin, rien ne permettra plus d'admettre en eux quelque immunité naturelle, du genre de celle qui semble si incompréhensible chez les animaux de haut vol, et qui s'explique si bien

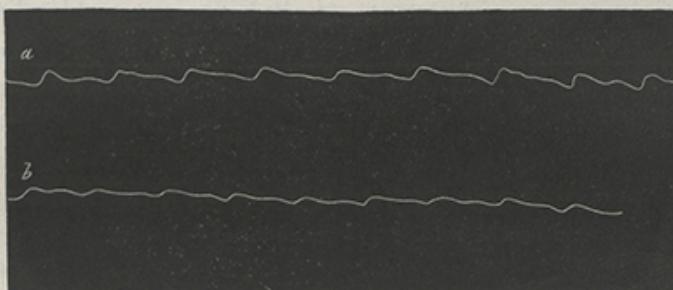
---

(1) *Société d'Anthropologie*, 1878.

chez les oiseaux plongeurs, peut-être alors pourra-t-on considérer comme démontré le fait du non-acclimatation de la race conquérante sur ce sol où elle semble pourtant prospérer.

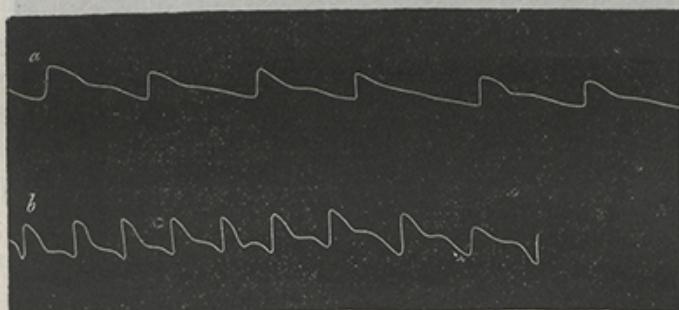
Quant à l'excrétion d'acide carbonique dans l'air raréfié, les expériences de Legallois faites sur les animaux confirment celles de Jourdanet et Coindet faites sur les hauteurs et constatent une diminution

Fig. 27.



Pouls au col du Riffel (2780<sup>m</sup>) pendant le mal des montagnes, le 4 juillet.

Fig. 28.



Pouls à la Sattel-Tolle (4380<sup>m</sup>), le 7 juillet : a, en arrivant; b, après une demi-heure de repos relatif.

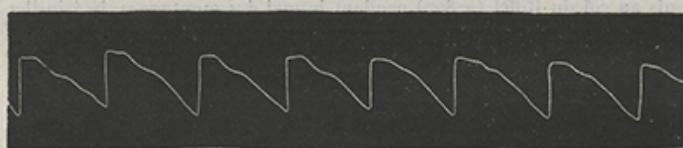
notable. L'accélération du pouls a été constatée par tous les auteurs, ainsi que sa plus grande plénitude [sauf dans l'observation de Lortet, où le mal des montagnes entraînait certainement en cause, ainsi que le montrent les tracés des fig. 27 à 30, pris par M. Forel dans une ascension effectuée en deux parties]. C'est grâce à ces modifications du pouls que peut s'établir pendant quelque temps une réaction compen-

satrice contre la diminution de pression de l'oxygène, réaction que l'on observe seule et que l'on utilise dans les appareils thérapeutiques. Enfin, Von Vivenot a constaté que, si la tension circulatoire du sang diminuait en valeur absolue, l'abaissement était moindre que celui de la pression extérieure, de façon qu'il subsiste, en définitive, une différence dans le sens de celle que nous avons invoquée pour expliquer le mécanisme des hémorragies. Quant aux effets purement mécaniques

Fig. 29.

Pouls au Riffel (2569<sup>m</sup>); repos au retour (7 juillet).

Fig. 30.

Pouls à Morges (380<sup>m</sup>), le 10 juillet, au repos absolu.

de la distension des gaz de l'intestin ou de l'oreille interne, ils sont à la fois trop secondaires et trop simples à comprendre pour qu'il y ait lieu d'insister.

## II. — Compression.

On conçoit que les effets de la compression soient, dans leur ensemble, diamétralement opposés à ceux de la raréfaction. On peut d'ailleurs les appliquer aussi de deux façons, soit partiellement sur un organe isolé, comme le poumon, soit généralement, en faisant subir au corps tout entier les effets de l'augmentation de pression. L'un et l'autre mode s'emploient avec les mêmes formes d'appareils que pour la raréfaction, mais d'une manière beaucoup plus usuelle : en Allemagne, l'usage des petits appareils pneumothérapeutiques est extrême-

ment répandu ; en France, on a surtout étudié l'aérothérapie générale sous cloches d'air comprimé.

Ici le surcroit de pression atteint rarement  $\frac{2}{5}$  à  $\frac{3}{7}$  d'atmosphère et l'on ne retrouve que d'une manière très atténuée les effets observés dans les grandes pressions industrielles ; la condensation de la vapeur d'eau et le dégagement de chaleur observés constamment comme phénomènes initiaux n'ont qu'une importance secondaire et les effets utiles sont attribuables en partie à l'action mécanique, en partie à l'action chimique exercée sur la fonction respiratoire. Au point de vue mécanique, tout se passe comme si la transmission de la pression, bien loin de se faire instantanément de l'intérieur aux parties profondes, exigeait un temps non pas négligeable, mais tout à fait comparable à la durée des expériences : la dilatation du poumon, constatée par tous les observateurs, peut être attribuée, il est vrai, à la diminution de volume de l'intestin chargé de gaz, et Panum a donné de ce fait une démonstration physique en enfermant, dans un bocal rempli d'eau hermétiquement clos par des parois dont une partie au moins est élastique, deux vessies : l'une complètement fermée et à demi remplie d'air pour figurer l'intestin, l'autre vide et communiquant avec l'extérieur à travers les parois par un tube ouvert. L'appareil étant posé dans la cloche à compression, on constatait toujours une diminution de volume de la première vessie, avec augmentation corrélative de l'autre. Mais la décoloration très marquée des téguments superficiels, l'arrêt instantané de certaines sécrétions muqueuses normales ou pathologiques, l'abaissement notable du pouls radial peuvent-ils être réellement attribués à la seule action chimique de l'oxygène ? Il semble vraiment difficile de faire entrer les deux premiers cas, tout au moins, dans la théorie toxicologique de M. P. Bert qui, après avoir démontré très justement que la pression seule ne suffisait pas pour expliquer les accidents de la compression, nous semble être tombé dans un excès contraire, en lui déniant ici toute importance au nom du dogme de l'instantanéité de transmission dans les liquides (<sup>1</sup>) : notre corps n'est pas

---

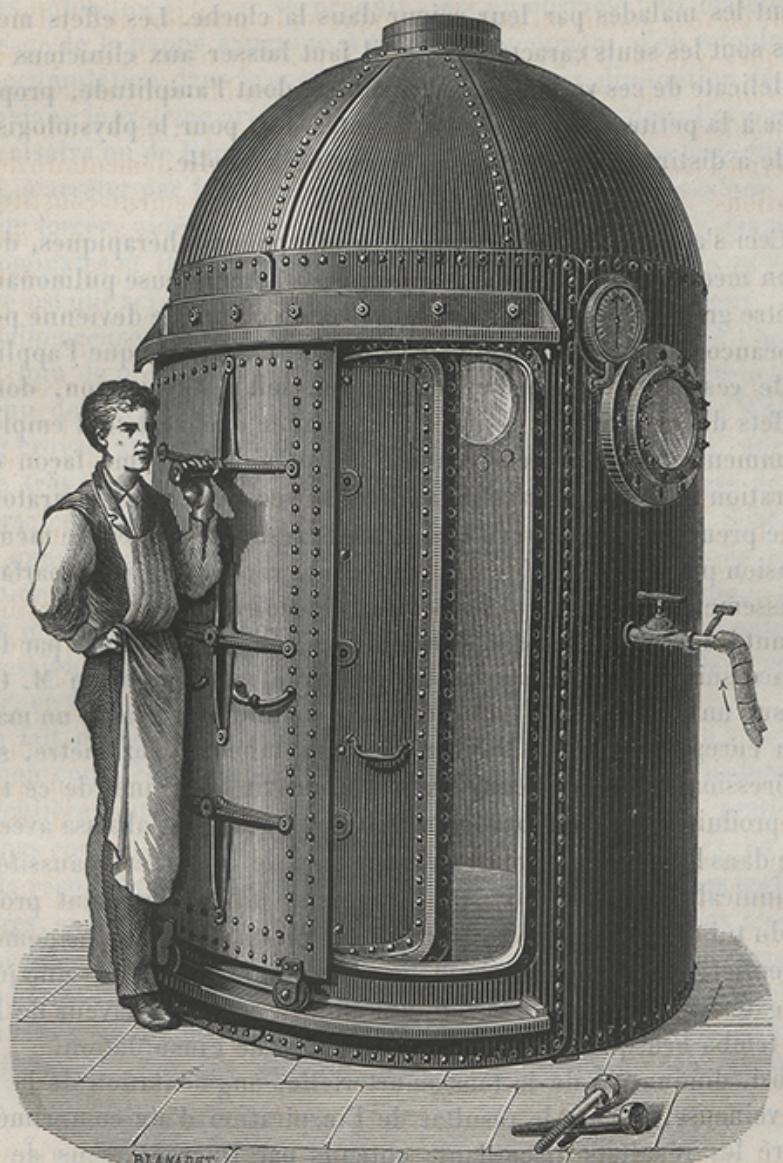
(<sup>1</sup>) M. von Liebig qui nie aussi la possibilité d'un refoulement actif de la périphérie au centre, attribue la décoloration superficielle à l'élargissement de la nappe circulatoire à la surface du poumon, d'après des expériences de Quincke et Pfeifer.

un vase rigide, les liquides qu'il contient ne sont ni homogènes ni libres de leurs mouvements, l'existence enfin d'un centre cardiaque de pressions élevées établit un état dynamique où la première loi de l'Hydrostatique, celle de l'horizontalité des surfaces de niveau, est ouvertement violée. Une très grande réserve nous semble donc nécessaire sur ce problème, qu'on risque de dénaturer en essayant de le ramener à des termes trop simples. N'oublions pas que l'étude élémentaire des distributions de pression dans les liquides en mouvement constitue un des calculs les plus compliqués de l'Analyse mathématique, et n'abusions pas, dans la réalité, de l'hypothèse de « l'instantanéité » d'un phénomène quelconque, mot dépourvu de tout sens physique et capable de mener logiquement aux conséquences les plus absurdes.

Quelles que soient d'ailleurs les causes, les faits observés sont suffisamment concordants pour mériter d'être notés : la capacité pulmonaire, avons-nous vu, est accrue ; mais les mouvements respiratoires, en même temps qu'ils deviennent plus profonds et plus faciles, se ralentissent ; le pouls ne diminue pas seulement d'amplitude, mais aussi de fréquence, et M. Paul Bert a constaté, contrairement aux résultats obtenus par Panum et Lange sur les animaux, l'augmentation de la pression sanguine, qu'il ne peut faire autrement que d'attribuer lui-même à l'action mécanique des pressions et non à l'action chimique. MM. Jacobson et Lazarus ont plus tard confirmé ces résultats, déjà entrevus par von Vivenot. M. J.-C.-F. Pravaz a donné, dans sa Thèse de doctorat ès sciences, une série de tracés respiratoires et sphygmographiques confirmant tous ces résultats, vérifiés en grande partie par M. Paul Bert sur lui-même à l'intérieur de l'appareil de M. Jourdanet (*fig. 31*).

Quant à l'étude des phénomènes chimiques, elle a donné des résultats extrêmement contradictoires, et l'on conçoit qu'il n'en puisse être autrement, étant donnée l'espèce de compensation qui s'établit entre le rythme respiratoire et l'augmentation de tension de l'oxygène. Les observations relatives à l'acide carbonique, à l'oxygène et même à la température du corps ne présentent aucune concordance, et l'on en peut conclure à des effets peu accentués. L'augmentation de l'urée semblait pourtant avoir été mise hors de doute par les expériences concordantes de MM. P. Bert et J.-C.-F. Pravaz, Hadra, etc., lorsque, dans ces derniers temps, M. Fränkel est venu apporter des chiffres

Fig. 31.



Appareil de M. Jourdanet pour l'emploi thérapeutique de l'air comprimé ou dilaté.

contraires. En résumé, rien de bien net, du côté chimique, si ce n'est peut-être le bénéfice ultérieur de l'appétit, toujours considérable, que gagnent les malades par leur séjour dans la cloche. Les effets mécaniques sont les seuls caractérisés, et il faut laisser aux cliniciens l'étude délicate de ces variations mal définies, dont l'amplitude, proportionnée à la petitesse des causes agissantes, est, pour le physiologiste, difficile à distinguer des limites d'erreur personnelle.

*c.* Ceci s'applique *a fortiori* aux appareils pneumothérapeutiques, dont l'action mécanique, directement appliquée à la muqueuse pulmonaire, peut être graduée à volonté, sans que l'action chimique devienne pour cela beaucoup plus importante. Il va de soi, d'ailleurs, que l'application de ces appareils soit à l'inspiration, soit à l'expiration, donne des effets diamétralement opposés : le premier mode est seul employé couramment et agit sur le poumon à peu près de la même façon que l'expiration dans un air raréfié; au lieu du second temps respiratoire, c'est le premier qui se trouve facilité, et le résultat final est le même : distension plus considérable des vésicules, ventilation plus parfaite, accroissement durable de la capacité respiratoire.

Quant à l'intensité des effets secondaires, on en peut juger par l'expérience suivante, qu'a bien voulu répéter à mon intention M. Gréhan sur un chien, dont l'artère carotide communiquait avec un manomètre enregistreur et la trachée avec un tube de gazomètre, sous une pression de 0<sup>m</sup>,90 d'eau; dès qu'on ouvrit le robinet de ce tube pour produire l'insufflation du poumon, la pression s'abaissa avec rapidité dans l'artère, pour remonter avec tant de brusquerie, aussitôt la communication supprimée, que le mercure fut violemment projeté hors du tube. Le manomètre simple étant remplacé par un manomètre différentiel, dont la seconde branche communiquait avec la veine jugulaire externe, l'excès de pression, qui était de 0<sup>m</sup>,15 en faveur de l'artère, tomba brusquement à 0<sup>m</sup>,02 au moment de l'insufflation.

Ainsi, diminution de la tension artérielle, augmentation de la tension veineuse, tel est le résultat de l'inspiration d'air comprimé et, malgré les résultats discordants obtenus par Ducrocq, sous de très fortes pressions, les expériences de Drosdoff et Botschetschkaroff ont montré qu'il en était de même avec les plus faibles excès de pres-

sion ( $\frac{1}{2+2}$ ). Il est probable que, la distension des vésicules pulmonaires ne pouvant pas aller sans un resserrement des capillaires compris dans leurs interstices ('), il se produit ainsi un obstacle tout matériel au passage de la nappe sanguine à travers le poumon, d'où refoulement et accumulation dans le système veineux, vide et diminution de pression dans le système artériel. L'effet est le même que dans l'expérience de Valsalva ou de Eduard Weber, qui consiste, après une forte inspiration, à arrêter par la fermeture de la bouche et des narines une expiration forcée, aidée au besoin d'une compression manuelle des parois abdominales et thoraciques. Malgré l'assertion de Zuntz, ce qu'on observe est une action toute mécanique et non un réflexe nerveux.

Malheureusement, les tracés sphygmographiques pris sur l'homme sont loin de présenter la même netteté : seuls, Riegel et Franck ont obtenu des résultats caractérisés de dépression, tandis que Waldenburg croyait avoir constaté le contraire ; enfin Sommerbrodt, sur une série très remarquable de fracés, a cru remarquer deux effets de sens inverse correspondant aux deux temps de la respiration, et Schreiber veut que l'on distingue trois phases différentes pendant la durée des inhalations. Mais, en dernier lieu, M. Grunmach, par la méthode indirecte que nous avons déjà signalée, retrouve les résultats simples de dépression, que les expériences sur les animaux doivent faire considérer, en fin de compte, comme les plus probables.

Ce fait d'une dépression circulatoire pouvant aller jusqu'à la suspension complète des mouvements du cœur mérite une considération particulière toutes les fois que l'insufflation pulmonaire est pratiquée non pas comme but, mais comme moyen d'expérimentation : on voit que la respiration artificielle, si communément employée dans les laboratoires, exige certaines précautions particulières pour ne pas amener des accidents ou des perturbations imprévues dans les expériences : à plus forte raison faudra-t-il une grande prudence dans les applications faites sur l'homme, et l'insufflation directe sera remplacée avantageusement, chez les enfants morts-nés, par l'une des méthodes

(<sup>1</sup>) On peut voir, en effet, par une ouverture ménagée dans les côtes, le poumon pâlir et devenir presque blanc.

mécaniques énumérées dans un Mémoire récent de M. F.-H. Champneys<sup>(1)</sup>.

Parmi les procédés physiques qui agissent par augmentation de pression sur des portions limitées du corps, il faudrait citer peut-être encore l'ingénieux appareil de M. Marey<sup>(2)</sup> pour annuler les pulsations artérielles d'un bout de doigt, la pompe et le siphon stomacal des professeurs Küssmaul<sup>(3)</sup> et Oser<sup>(4)</sup>, les insufflations d'air dans l'oreille moyenne et le tube intestinal<sup>(5)</sup>, les lavements et les bains d'acide carbonique, les douches d'oxygène..... J'en passe certainement, et des meilleurs. Mais, en vérité, si la nature de ce travail nous a imposé d'incessantes digressions sur le terrain de la Physiologie, nous risquerions de nous perdre complètement sur celui de la Thérapeutique, et nous nous bornerons, pour être complet, à dire quelques mots encore des remarquables applications qu'a fournies à M. Paul Bert son étude des tensions individuelles des gaz mélangés.

L'action anesthésique du protoxyde d'azote, si précieuse à la petite chirurgie, se trouvait jusqu'alors extrêmement limitée par l'impossibilité d'en administrer des doses suffisantes sans amener l'asphyxie. La difficulté a été heureusement tournée par M. Paul Bert, en employant, sous la pression de  $\frac{1}{3}$  d'atmosphère, un mélange de  $\frac{3}{4}$  de protoxyde d'azote et de  $\frac{1}{4}$  d'oxygène ; la tension du gaz reste la même, et l'asphyxie est évitée. Dans ces conditions, M. Paul Bert est parvenu à maintenir pendant près d'une heure un chien dans un état d'insensibilité complète, qui se dissipait en quelques secondes lorsqu'on revenait à l'air pur. Pendant tout ce temps, la circulation et la respiration conservaient leurs rythmes réguliers et le système nerveux sympathique échappait tout entier à l'action anesthésique qui dominait le système cérébro-spinal.

Des propriétés si remarquables ne pouvaient rester inappliquées et des opérations effectuées sur l'homme avec le plus grand succès par

(1) *Medico-chirurgical Transactions*, t. XLIV, p. 41-102.

(2) *Travaux de laboratoire*, t. II, p. 313.

(3) *Deutsches Archiv für klinische Medicin*, 1869.

(4) *Wiener Klinik*, n° 7, 1877.

(5) J.-B. Gil, Thèse.

MM. Péan et Labbé ont consacré définitivement le nouveau mode d'emploi du précieux anesthésique. Depuis, M. L. de Saint-Martin a cherché à en faciliter la vulgarisation en obviant à la nécessité d'emploi de la cloche à compression, où le chirurgien doit prendre place avec le malade. Il semblait naturel de recourir, pour cela, à l'un des nombreux modèles pneumothérapeutiques dont l'usage est si répandu en Allemagne : M. de Saint-Martin a employé un appareil gazométrique à lui, en ajoutant au mélange de M. Paul Bert une certaine dose de chloroforme qui complique le procédé sans en changer les résultats.

M. Paul Bert ne s'est pas arrêté à ce cas particulier : une étude générale de tous les anesthésiques gazeux, chloroforme, éther, amylène, bromure d'éthyle, chlorure de méthyle, agissant sur des chiens, des souris, des moineaux, lui a montré que l'action ne tenait point à la quantité respirée, mais uniquement à la tension ou proportion dans l'air inspiré. Étudiant alors l'intervalle qui s'étend de la dose anesthésique à la dose mortelle, il a trouvé pour celle-ci, dans tous les cas, chose curieuse, précisément le double de la dose anesthésique, sauf pour le protoxyde d'azote, pour lequel cette *zone maniable* est beaucoup plus étendue. Quand on emploie une dose comprise dans la zone maniable, l'anesthésie subsiste, sans crainte d'accident mortel, quelle que soit la durée de l'expérience.

Il y a donc là une méthode d'application offrant pour la pratique d'immenses avantages et pouvant obvier avec certitude aux dangers dus à l'irrégularité, on peut même dire à la grossièreté des procédés d'emploi du chloroforme ; mais on ne peut éviter, malheureusement, les inconvénients inhérents à l'action même des vapeurs chlorocarboniques ou hydrocarboniques.

Le procédé ne vaut donc pas celui du protoxyde d'azote sous pression ; mais, d'autre part, il n'exige qu'un outillage beaucoup moins compliqué. Cette supériorité ressort encore des expériences faites tout récemment par M. Paul Bert avec le gazomètre de M. de Saint-Martin (<sup>1</sup>), sur la respiration continue d'un mélange d'air et de vapeur de chloroforme par le chien : quelle que soit la proportion, la mort arrive toujours au bout d'un temps plus ou moins long ; la zone maniable commence vers 10 pour 100, et, si l'on commence par 12 pour 100

---

(<sup>1</sup>) *Comptes rendus*, 25 juin 1883.

pour continuer, aussitôt l'animal endormi, par 8 pour 100, l'action peut se continuer pendant plusieurs heures sans inconvenient. Reste à savoir dans quelle limite se modifiaient ces chiffres pour l'homme.

Quoi qu'il en soit, après avoir étudié séparément le rôle des éléments de l'atmosphère (<sup>2</sup>) et spécialisé, parfois jusqu'à l'excès, la part d'action de chacun d'eux dans des phénomènes que l'absence de toute méthode scientifique avait obscurcis et compliqués à l'envi, M. Paul Bert, en étudiant de même l'action des anesthésiques gazeux, est arrivé à doter la Thérapeutique d'une méthode dont la précision physique est appelée à mettre fin à l'empirisme, encore souverain maître en cette matière. Un jour, sans doute, viendra où tous les gaz délétères auront été soumis au même mode d'investigation ; mais, auparavant, nous aurions voulu le voir appliqué à cet autre facteur important de la *pression extérieure*, la vapeur d'eau. On sait à quel point sont sensibles aux moindres variations hygrométriques toutes les productions épidémiques de l'organisme, et nul doute que l'étude de la mort par privation d'eau ne puisse révéler, chez les oiseaux par exemple, qui y sont très sensibles, des particularités aussi intéressantes que la mort par privation d'oxygène.

A défaut de données complètes, nous eussions voulu réunir quelque ensemble de faits capables de marquer, tout au moins, les grands traits de la question : nous n'avons pu recueillir que des observations banales et incohérentes, indignes de figurer dans un cadre scientifique. Faut-il en accuser la hâte de nos recherches ou le manque réel de documents sur un point spécial qui ne semble pas avoir été élevé jamais au-dessus du niveau de l'observation clinique ? Il ne nous appartient pas de répondre et nous ne pouvons que déplorer une lacune que nous aurions voulu, le premier peut-être, essayer de combler, afin de remplir aussi complètement que possible un programme auquel nous aurions pu mettre comme épigraphe le mot à peine changé de M. Paul Bert : *La pression extérieure n'est rien, les pressions partielles sont tout.*

---

(<sup>1</sup>) D'après une Communication faite le 15 mai 1882 à l'Académie des Sciences par M. de Chazelles, il semblerait que Lavoisier ait eu l'idée d'étudier sur les animaux l'action respiratoire de divers mélanges gazeux ; mais ses expériences, s'il en a fait, sont restées absolument ignorées, et l'appareil qu'il employait n'a été connu que par un dessin retrouvé par hasard au milieu de notes inédites.

## BIBLIOGRAPHIE.

Nous ne saurions avoir la prétention, dans le court espace de temps qui nous était dévolu pour l'achèvement de ce travail, d'avoir consulté même une faible partie des nombreux Ouvrages et Mémoires dont nous avons réuni les titres ci-dessous. En groupant toutes ces indications bibliographiques, en les complétant et les collationnant autant que possible sur les Recueils originaux, nous n'avons pas eu d'autre but que d'épargner à d'autres, moins pressés, un travail préliminaire qu'il eût été heureux pour nous de trouver tout préparé; nous nous sommes généralement abstenu, d'ailleurs, de reproduire les nombreuses indications contenues dans l'Ouvrage de M. Paul Bert, relativement à la partie historique et descriptive de ce travail; il n'est pas supposable que personne entreprenne jamais pareille recherche sans avoir sous la main un Ouvrage qui restera toujours un modèle pour l'application des méthodes physiques à la Physiologie expérimentale.

1802.

**Anonyme.** Project for relieving disorders of the human constitution by diminishing the pressure of the atmosphere upon it. (*Med. report.*, p. 472-474; New-York.)

1808.

**Brizé-Fradin.** La Chimie pneumatique appliquée aux travaux sous l'eau. In-4°; Paris.

1813.

**Courtois.** Des effets de la pesanteur de l'air sur l'homme considéré dans son état de santé. Paris, in-4°.

1819.

**Gondret.** Mémoire concernant les effets de la pression atmosphérique sur le corps humain et de l'application des ventouses dans les différents ordres de maladie. Paris, in-4°.

1820.

**Hamel.** Lettre au professeur Pictet sur la cloche de plongeurs. (*Bibl. univ. des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Genève*, t. XIII.)

1822.

**H. Cloquet.** Notes sur les effets physiologiques de la raréfaction de l'air à de grandes hauteurs. (*Bull. de la Soc. philomatique*, p. 120-122.)

1826.

**Colladon.** Relation d'une descente en mer dans la cloche à plongeurs. Paris, in-8°.

1834.

**Cunningham.** Effects of mountain elevation upon the human body. (*Gaz. med.*, t. XIV, p. 207, 520; Londres.)

1833.

**Th. Junod.** Recherches sur les effets physiologiques et thérapeutiques de la compression de l'air, tant sur le corps que sur les membres isolés. (*Arch. de Méd.*, t. II, 9<sup>e</sup> série, p. 157-172. — **Id.** De la condensation et de la raréfaction de l'air considérées sous leurs rapports thérapeutiques. (*Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. I, p. 60.)

1836.

**W.-R. Clanny.** Compression and rarefaction of the air on the human body. (*Lancet*, p. 359-363; Londres.) — **C. Vœlkers.** Der Luftdruck als wirklicher Hinderniss bei Gelenkneinrenkungen. (*Zeitschrift für die gesammte Medicin.*)

1838.

**Junod.** Appareils destinés à augmenter ou à diminuer, selon le cas, la pression atmosphérique sur une partie plus ou moins grande de la surface du corps humain. (*Comptes rendus*, t. VI, p. 654.) — **Id.** Mémoire sur de nouveaux perfectionnements apportés à la construction d'un grand appareil dit *cloche pneumatique*, destiné pour toutes les parties du corps. (*Comptes rendus*, t. VII, p. 973.) — **Tabarié (Émile).** Recherches physiologiques. (*Comptes rendus*, t. VI, p. 477.) — **Id.** Mémoire sur un système de bains d'air généraux et locaux, applicables à l'hygiène et à la thérapeutique, et fondé sur les modifications que l'on peut faire subir à la pression de l'atmosphère. (*Comptes rendus*, t. VI, p. 896.) — **Pravaz (Ch.-G.).** Mémoire sur l'emploi du bain d'air comprimé dans le traitement des affections tuberculeuses, des hémorragies capillaires et surdités catarrhales. (*Comptes rendus*, t. VII, p. 283.)

1839.

**H. Eschenbeck.** Die künstliche Luft-Verdünnung als Heil- oder Hülfsmittel in mancherlei inneren und äusseren Krankheiten, p. 471-476. (*Hannov. Ann. f. d. ges. Heilk.*)

1840.

**Em. Tabarié.** Sur l'action thérapeutique de l'air comprimé. (*Comptes rendus*, t. XI, p. 26.) — **Ch. Pravaz.** Observations relatives aux effets thérapeutiques des bains d'air comprimé. (*Comptes rendus*, t. XI, p. 910.)

1841.

**Maurel.** Influence météorologique des montagnes et forêts. In-8°, Paris. — **Triger.** Mémoire sur un appareil à air comprimé pour le percement des puits de mine. (*Comptes rendus*, t. XIII, p. 884-896.)

1842.

**Junod.** Nouvelles observations sur l'emploi des appareils hémospasiques et les bains d'air comprimé. (*Gaz. méd. de Paris*, 2<sup>e</sup> série, p. 373-376.) — **Krauss.** On the pressure of condensed air as a surgical remedy. (*Lancet*, London, t. II, p. 765.)

1843.

**Ch. Pravaz.** Mémoire sur l'emploi de la compression, au moyen de l'air comprimé, dans les hydrarthroses, etc. Lyon, in-4°. — **Detmoldt (W.).** The physiological effect of the highly condensed air on the human body, 183-189. New-York, J. M.

1844.

**Caffe.** Sur les causes des quelques phénomènes physiologiques éprouvés dans les ascensions de montagnes. In-12, Paris.

1845.

**Anonyme.** Influence de l'air comprimé sur la santé. (*Ann. d'Hygiène*, Paris, t. XXX, p. 463.) — **Castel.** Sur les causes des phénomènes physiologiques que l'on trouve quand on s'élève à une certaine hauteur dans les montagnes. (*Comptes rendus*, t. XX, p. 1501.)

1848.

**Dubreuil.** Bains d'air comprimé. Marseille, in-4°.

1849.

**P. Hervier.** Sur la carbonométrie pulmonaire dans l'air comprimé (*Annuaire de Chimie*, p. 598). — **Warden.** On the diving-bells as a medical expedient in the treatment of deafness. (*Med. Times*, London, t. XIX, p. 438.)

1850.

**Ch.-G. Pravaz.** Note sur la pression atmosphérique dans ses rapports avec le mécanisme de la respiration, le phénomène de l'hématose et la circulation capillaire. (*Bull. de l'Ac. de Méd.*, t. XV, p. 520). — **Id.** Essai sur l'emploi médical de l'air comprimé. Paris, in-4°. — **Triger.** Sur un nouvel emploi de l'air comprimé. (*Comptes rendus*, t. XXI.)

1851.

**Anonyme.** Sur l'emploi des bains d'air comprimé dans les cas de déformation du thorax et de la colonne vertébrale, consécutifs à un épanchement pleurétique ancien et résorbé. (*Bull. gén. de Théráp.*, p. 488-495.)

1853.

**Th. Poyser.** On the treatment of chronic and other diseases by baths of compressed air. (*Association med. Journal*, 9 septembre.) — **Dom Bettini.** (*Gaz. méd. ital. Stat. Sard.*)

— **P. Devay.** Du bain d'air comprimé dans les affections graves des organes respiratoires, et particulièrement de la phthisie pulmonaire (*Gaz. hebdomadaire de Médecine et de Chirurgie*, t. I, n° 11, p. 152-155). — **Speer.** On the nature and causes of the physiological phenomena comprised in the term *Mountain sickness*. (*Ass. med. Journal*, p. 49-80, London.) — **Payerne.** — Influence de l'air comprimé sur l'homme, sous quelques points de vue inétudiés. (*Mém. de la Soc. des Sc. méd. Cherbourg*, p. 145-151). — **Pierre Foissac.** De la météorologie dans ses rapports avec la science de l'homme et principalement avec la Médecine et l'Hygiène publique. 2 vol. in-8°, Paris.

1834.

**B. Pol et T.-J.-J. Watelle.** Mémoire sur les effets de la compression de l'air appliquée au creusement des puits à houille. (*Ann. d'Hyg. publ. et de Méd. lég.*, 2<sup>e</sup> série, t. I, part. 2, p. 241 et 279.) — **A. Guérard.** Note sur les effets physiologiques et pathologiques de l'air comprimé. (*Annual. d'Hyg. publ. et de Méd. lég.*, 2<sup>e</sup> série, t. I, part. 2, p. 279.)

1835.

**E. Bertin.** Étude clinique de l'emploi et des effets du bain d'air comprimé dans le traitement des maladies de poitrine, notamment dans le catarrhe chronique, l'asthme et la phthisie pulmonaire selon les procédés médico-pneumatiques ou d'atmosphérie. (Paris et Montpellier, in-8°.) — **Littleton.** Effects of submarine descent. (*Ass. Med. Journ. London*, 1, 327.)

1836.

**J. Milliet.** De l'air comprimé comme agent thérapeutique. (Lyon.) — **Id.** De l'air comprimé au point de vue physiologique. (*Gaz. méd. de Lyon*, n° 9-10, p. 172-196.)

1837.

**A. Simpson.** Compressed air as a therapeutic agent in treatment of consumption asthma, chronic bronchitis and other diseases, with a preface of William Maclead. (Edinburg, in-8°.) — **Giraud-Teulon.** Mémoire sur la pression atmosphérique dans ses rapports avec l'organisme vivant. (*Compt. rend. de l'Ac. Sc.*, XLIV, p. 235.) — **Schutz.** Briefliche Mittheilungen aus Nizza. (*Deutsche Klinik*, 28 févr.) — **Lamey-Fleury.** Sur les effets de l'air comprimé. (*Rev. des Deux-Mondes*, 1<sup>er</sup> nov.) — **Giraud-Teulon.** Mémoire sur la pression atmosphérique dans ses rapports avec l'organisme vivant. (*Comptes rend. de l'Ac. Sc.*, t. XLIV.)

1838.

**D. Bottini.** Dell' aria compressa come agente terapeutico. (*Gaz. med. ital. Stat. Sard.*, n° 28; *Gaz. méd. de Paris*, p. 781.) — **E. Haughton.** On the use of the compressed air-bath. (*Dublin Hospital Gaz.*, n° 4, p. 56.)

1839.

**J.-C.-T. Pravaz fils.** Des effets physiologiques et des applications thérapeutiques de l'air comprimé. Observations faites au pont de Szegedin. (*Ann. des Ponts et Chauss.*, t. XVII.)

1860

**François.** Des effets de l'air comprimé sur les ouvriers travaillant dans les caissons servant de base aux piles du pont du grand Rhin. (*Ann. d'Hyg. publ. et de Méd.*

*lég., 2<sup>e</sup> s., t. XIV, p. 289-319.) — E. Bertin.* Etude sur l'emphysème vésiculaire des poumons, sur l'asthme et sur leur guérison par le bain d'air comprimé. (Paris et Montpellier.) *R. v. Vivenot jun.* Ueber den Einfluss des veränderten Luftdruckes auf den menschlichen Organismus. (*Virchow's Arch.*, Bd XIV, p. 5-6.) — *Villemin.* Remarques sur l'emploi de l'air comprimé dans les travaux d'art (*Gaz. méd. de Strasb.*, p. 179.) — *Gindrod.* The compresed air-bath as therapeutical agent in various affections of the respiratory organs and other deseases. London, in-8°.

1861.

*Lippert.* Ueber Paris nach Nizza, medicinische Reiseskizze. (*Deutsche Klinik*, n° 41.) — *E. Bucquoy.* Action de l'air comprimé sur l'économie animale. (Strasbourg.) — *D. Jourdanet.* Les altitudes de l'Amérique tropicale comparées au niveau des mers, au point de vue de la constitution médicale. In-8°.

1862.

*R. v. Vivenot.* Ueber die therapeutische Anwendung der verdichteten Luft und Errichtung eines Luft-Compressions Apparates in Wien. (*Wochenblatt der Zeitschr. der K. K. Gesellsch. der Aerzte in Wien*, n° 28, 29, 30.) — *P. Glaisher.* (*British medical Journal*, t. II, p. 625.) — *O.-Th. Sandahl.* Om verkningarna af förtädat luft pae den menskliga organismen; i fy- siologiskt och terapeutiskt hänseende. (*Med. Arkiv. utgivet af Läkare vid Karolinska Institutet in Stockholm*.) — *D. Jourdanet.* De l'anémie des altitudes et de l'anémie en général, dans ses rapports avec la pression de l'atmosphère; 1862, in-8°. — *Id.* L'air raréfié dans ses rapports avec l'homme sain et avec l'homme malade. In-8°, 80 pages; Paris. — *Ch. Guibert.* De la phthisie pulmonaire dans ses rapports avec l'altitude et avec les races du Pérou et en Bolivie. Du soroche ou mal des montagnes. Paris, in-4°.

1863.

*J.-C.-T. Pravaz fils.* De l'emploi et du mode d'action de l'air comprimé dans le traitement des disformités du thorax. (Lyon.) — *P. Trier.* Om bode i fotaetet Luft. Ugeskrift för Laeger. (Kjöbenhavn.) — *E. Foley.* Du travail dans l'air comprimé, étude médicale, hygiénique et biologique faite au pont d'Argenteuil. (Paris.) — *Tutschek.* Die comprimirte Luft als Heilmittel nach den über diese Curmethode in Nizza gemachten Studien u. Beobach- tungen. (*Bayer. ärztl. Intelligenzbl.*, n° 18 u. 19.) — *Babington et Cuthbert.* Paralysis caused by working under compressed air in sinking the fondations of Londonderry New- bridge. (*The Dublin quart. Jour. of Med.*, t. XXXVI, p. 312-318.) — *D<sup>r</sup> Hermel.* Des accidents produits par l'usage des caissons dans les travaux sous-terrains et sous-marins. (*Art médical*, t. XVI, p. 428-452; t. XVII, p. 27-28, 105-124, 194-213.) — *D<sup>r</sup> Limousin.* Action de l'air comprimé; apoplexie de la moelle épinière. (*Union méd. de la Gironde*, t. VIII, p. 269-270.) — *R. v. Vivenot.* Ueber die Aufstellung eines pneumatischen Appa- rates in Wien. (*Allgem. Wiener med. Zeitung*, n° 5 u. 6.) — *G. Lange.* *Wiener medici- nische Wochenschrift*, n° 34-35.) — *B. Bleyborough.* Facts and observations respecting the air-princip vapor-bath in gout, rheumatisme and other diseases. In-12, London. — *Caffe.* Du travail dans l'air comprimé; étude médicale, hygiénique et biologique faite au pont de Kehl et au pont d'Argenteuil. (*Union méd.*, 2<sup>e</sup> série, p. 548-585.) — *D. Jourdanet.* Aérothérapie. Paris, in-8°.

1864.

*E. Levinstein.* Beobachtungen über die Einwirkung der verdichteten Luft bei Krank- heiten der Respirations-u. Circulationsorgane. (*Berlin. Klin. Wochenschr.*, t. XVI, p. 163.)

— **Freud.** Der pneumatische Apparat. Wirkung u. Anwendung der comprimirten Luft in verschiedenen Krankheiten. Wien, 1864. — **G. Fischer.** Errichtung eines Luft-compressions Apparates zu Hannover. (*Cor. bl. f. d. Aerzte*, Oldenburg.) — **S. Lange.** Ueber comprimirte Luft, ihre physiologischen Wirkungen u. ihre therapeutische Bedeutung. (Göttingen.) — **D<sup>r</sup> Josephson.** Die therapeutische Anwendung der comprimirten Luft ausserhalb der Glocke. (*Deutsche Klinik*, n° 44-45.) — **Coindet.** De l'acclimatement sur les altitudes du Mexique. (*Gaz. hebdo*, décembre 1863-janvier 1864.) — **D<sup>r</sup> de Pietra-Santa.** Essai de climatologie théorique et pratique. In-8°; Paris. — **A. Magnus.** Beobachtungen über das Verhalten der Gehörorgans in compressirten Luft. (*Arch. f. Ohrenh. Wärzb.*, t. I, p. 269-283.) — **Fort (J.-A.).** The exhausting air treatment of chronic diseases. (*Cincin. Lancet and Obs.*, p. 736-738.) — **Gréhant.** Recherches physiologiques sur la respiration de l'homme. 1 vol.; Paris.

1863.

**E. Bertin.** De l'emploi du bain d'air comprimé dans le traitement de la surdité. (*Montpellier mél.*, t. XIV, p. 289-318; t. XV, p. 29-49.) — **R. von Vivenot.** Ueber den Einfluss des verstärkten u. verminderten Luftdruckes auf dem Mechanismus u. Chimismus der Respiration. (*Medic. Jahrbücher der K. K. Gesellschaft der Aerzte zu Wien*, mai, Heft III.) — **Id.** Ueber die Zunahme der lungen Capacität bei therapeutischer Anwendung der verdichten Luft. (*Virch. Arch.*, Bd. XXXIII, Heft 1.) — **Id.** Ueber die Veränderungen im arteriellen Stromgebiete unter dem Einfluss des verstärkten Luftdruckes. (*Virch. Arch.*, Bd. XXXIV, Heft 4.) — **O. Sandahl.** Nyare undersökningar och saktagelser rörande, de fysiologiska och terapeutiska verknungan af bad i förtated Luft. (*Hygiea*, t. XXVII, p. 337-385; Stockholm.) — **Id.** Berättelse om den mediko-pneumatiska anstaltens verksamhet i Stockholm under aren 1863 och 1864. Stockholm. — **E. Levinstein.** Grundzüge zur praktischen Otriatrie mit Berücksichtigung der neuesten therapeutischen Technik u. der Anwendung des pneumatischen Cabinets. (Berlin.) — **Smoler.** Die Anwendung der comprimirten Luft in Krankheiten des Gehörorgans. (*Oesterreich. Zeitschr. für prakt. Heilkunde*, n° 49; t. XI, p. 407, 561, 649, 717.) — **O. Storch.** Jakttagelser over virkningen af comprimiret Luft ved behanlingen of Brysthlidelser, meddelte fra Rasmussens medico-pneumastika Anstalt. (Separat-Abdruck aus *Hospitals-Tidende*; Kjøbenhavn.) — **G. Lange.** Der pneumatische Apparat. Mittheilungen über die physiologischen Wirkungen u. therapeutische Bedeutung der comprimirten Luft. (Wiesbaden.) — **A. Magnus.** Das menschliche Gehörorgan in comprimirter Luft. (*Schrift. d. phys. ökonom. Gesellsch. z. Königsb.*, t. II, p. 1-16.)

1866.

**R. v. Vivenot.** Ueber die Veränderungen der Körperwärme unter dem Einflusse des verstärkten Luftdruckes. (*Med. Jahrbücher der K. K. Gesellschaft der Aerzte zu Wien*, Heft 2, S. 113.) — **G. Lange.** Zur Therapie der chronischen Tuberculose. (*Deutsche Klinik*, n° 30.) — **G.-L. Elsasser.** Zur Theorie der Nebenerscheinungen in comprimirter Luft. (Stuttgart.) — **E. Bertin.** Analyse bibliographique de trois brochures sur l'air comprimé. (Montpellier.) — **P.-L. Panum.** Fysiologiske Undersögelser over den i de pneumatiske Helsbredsanstalter avendte komprimerede Lufts Virkninger paa Organismen. *Saerskiit Aftryk af Bibl. for Zaeg.* 5, Bd. XII. Kjøbenhavn.) — **Herm. and Robert v. Schlaginweit.** Results of a scientific Mission to India and High-Asia, etc. (London, Trübner; Leipzig, Brockhaus.) — **D.-A. Kryscka.** Der atmosphärische Druck, ein Beitrag zur Heilquellenlehre. (*Wochenblatt der Zeitschr. der K. K. Gesellschaft der Aerzte in Wien*, n° 34, 35 u. 36.)

— **Weber.** Einige Bemerkungen über die Anwendung u. Wirkung der comprimirten Luft. (*Memorabilien, Monatsblätter für prakt. u. wissensch. Mittheilungen rationneler Aerzte*, XI Jahrg., 6. Liefer., 14 Juli.) — **A. Brünnicke** Beretning om A. Rasmussens medico-pneumatische Anstalt i. (Kjöbenhavn, sept. *Abdr. aus Biblioteck för Laeger.*) — **W. Brodowski.** O wpływie Zyeszezonego powietrza na organizm ludzki ni stanie Zdrowia i Choroby. (*Gaz. lek.*, Warzawa, 257-277.) — **P.-W. Mayer.** Die Luft als Mittel an Diagnose und als Heilmittel. (Marburg, in-8°.) — **A. Dumas.** Étude de quelques variations que l'altitude fait subir à l'air ambiant et de l'influence de ces variations sur l'homme. (Paris, in-4°.) — **D<sup>r</sup> Henri Foubert**, État de la Météorologie médicale en France dans ses rapports avec la Médecine. (Paris, in-8°.) — **Demarquay.** Pneumatologie médicale. (Paris, Baillière, un vol. in-8°.) — **J. Gavarret.** De l'atmosphère, cours professé à la Faculté de Médecine. (*Revue des Cours scientifiques*, 20 janv.)

1867.

**R. v. Vivenot.** Ueber Luftdruckuren. (*Ztschr. des « Cursalon » Wien*, n° 6 u. 7.) — **O.-M. Sandahl.** Des bains d'air comprimé. Court aperçu de leurs effets physiologiques et thérapeutiques, précédé d'une description de l'établissement médico-pneumatique de Stockholm. (Stockholm.) — **H. Weber.** On the influence of the alpine climates on pulmonary consumption. (London.) — **G. v. Liebig.** Der pneumatische Apparat zu Reichenhall u. andere Fortschritte des genannten Curories. (*Bayer. ärztl. Intelligenzbl.*, n° 16.) — **Freud.** Erfahrungen über die Anwendung der comprimirten Luft. (*Wien. med. Presse*, 11-12, 18-25.) — **L.-D. Fleming.** The air-cure or atmospheric Therapeutic. (Rochester, in-16.) — **F. Gmelin.** Ueber comprimirte Luft. (*Med. Cor.-Bl. d. Wurtemberg. Aerzte*. Stuttg., t. XXXVII, 267, 276, 284, 290, 299, 307, 314.) — **Lee (C.-A.).** On the physiological and remedial effects of increased pressure of the atmosphere. (*Buffalo Mag.*, S. J., 1866-7, 199-211.) — **J. Gavarret.** Articles *Atmosphère, Pression atmosphérique*. (*Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales*, 1<sup>re</sup> Partie, t. VII, p. 151-159.)

1868.

**Vincent Brodowski.** Gazeta lekarska, n° 17, 18 et 45. — **R. v. Vivenot.** Beiträge zur pneumatischen Respirationstherapie. (*Sep.-Abdr. d. Allg. Wien med. Ztg.*; Wien.) — **R. v. Vivenot junior.** Zur Kenntniß der physiologischen Wirkungen und der therapeutischen Anwendung der verdichteten Luft. (Erlangen, Ferd. Enke.) — **Panum.** Ueber die physiologischen Wirkungen der comprimirten Luft. (*Pflügers's Arch. der Phys.*, t. I, p. 2-3.) — **G. v. Liebig.** Der pneumatische Apparat zu Reichenhall während 1867, *Pflüg. Arch.*, t. I. — **Runge.** Zur Theorie der Wirkung der comprimirten Luft (des künstlich erhöhten Luftdruckes) auf dem Organismus. (*Wiener Allg. med. Zeit.*, p. 12-13.) — **E. Levingstein.** Zur Kasuistik der Anwendung der verdichteten Luft bei Lungenkranken. (*Kisch. Balneol Ztg.*, t. II.) — **Pundschu.** Ueber den pneumatischen Apparat als Curmittel für Brustkranke, beobachtet zu Reichenhall. (*Wiener med. Presse*, p. 48, 49.) — **R. v. Vivenot junior.** Beiträge zur pneumatischen Respirationstheorie. (*Allg. Wiener med. Ztg.* Wien, p. 4-16.) — **Barella.** Du travail dans l'air comprimé. (*Bull. Acc. roy. de Belg.* Bruxelles, p. 593-647.) — **A. Tousseaux.** De l'Aérothérapie. (Paris, in-4.) — **J.-B. Sanderson.** The salt and compressed air cures of Reichenhall. (*Practitioner*. London, t. I, 217-225.) — **R. v. Vivenot.** De l'influence de la compression et de la raréfaction de l'air sur les actes mécaniques et chimiques de la respiration. (*Gaz. méd. de Paris*, t. XXIII, p. 330, 342, 389, 420.) — **O. du Mesnil.** Scaphandre Cabirol, etc. (*Ann. d'Hyg.* Paris, 2<sup>e</sup> série, t. XXIX, p. 212-225, 1 pl.)

14

1869.

**G. v. Liebig.** Ueber die Wirkung der Gebirgsluft auf den Organismus. (*Bayer. ärztl. Intelligenzbl.*, n° 16.) — **Id.** Ueber das Asthma unter erhöhtem Luftdruck. (*Zeitschr. für Biologie*, t. I, p. 1.) — **G. v. Müller.** Ueber die vitale Lungencapacität. (*Zeitschr. für rationnelle Med.*, t. XXXIII.) — **L. Coindet.** Le Mexique, considéré au point de vue médico-chirurgical. (Paris.) — **Lortet.** Recherches physiologiques sur le mal des montagnes. (*Lyon médical*) — **H. Weber.** On the treatment of phthisis by prolonged residence in elevated regions. (London.) — **De Pietra-Santa.** *Union médicale*, 1863, et *Annales d'Hygiène* de 1869. — **G. v. Liebig.** Untersuchungen über Ventilation u. Erwärmung der pneumatischen Kammer vom ärztlichen Standpunkt, angestellt am pneumatischen Apparat der Gebrüder Mack, in Reichenhall. Mit 1 Holzschnitt u. 1 Tafel. (München, R. Oldenbourg.) — **Mayer.** Bericht über eine Versuchs-Sitzung in comprimirten Luft. (*S. Peters. med. Zeitschr.*, p. 364-369.) — **Gent.** De l'emploi thérapeutique de l'air comprimé dans l'emphysème. (*Bull. de l'Ac. de Méd.*, t. XXXIV, p. 119, 15 déc.). — **Fleming.** De l'influence de la pression atmosphérique sur la santé et les maladies de l'homme et des animaux. (Traduit par M. Ringuet. 89 p. in-8.

1870

**G. v. Liebig.** Asthma bei Lungenemphysem, Besserung durch erhöhten Luftdruck. (*Bayer. ärztl. Intelligenzbl.*, 26.) — **J. Lange.** Ueber das substantive Lungenemphysem u. dessen Behandlung mit comprimirter Luft. (Dresden) — **G. Lange.** Ueber Behandlung der chronischen Lungenschwindsucht. (*Memorabilien*, XV, 1, 2.) — **A. v. Vivenot jun.** Therapeutische Verwerthung des künstlich veränderten Luftdruckes. (*Wiener med. Presse*, XI, 2.) — **Brehmer.** Die Behandlung der Lungenschwindsucht vermittelst der comprimirten Luft u. des Höhenklimas. (*Wiener med. Presse*, XI, 13-27.) — **Freud.** Ueber Tussis convulsiva u. ihre Behandlung mit dem pneumatischen Apparat. (*Oesterr. Zeitschr. für prakt. Heilkunde*, XVI, 25, 26.) — **L. Bauer.** Pathological effects upon the brain and spinal cord of men exposed to the action of a largely increased atmospheric pressure (*The Saint-Louis medical and surg. Journal*, vol. VII (n° 5, III, n° 3, p. 235, may.) — **Hogden (J.-T.)** Effects of compressed air upon the human body, a criticism of Dr E.-A. Clarke article. (*Med. Arch. Saint-Louis*, vol. I, p. 219, 226.) — **A. Verga.** La pneumoterapia e il signor Eug. Bertin (*Mem. R. Ist. Lomb. Milano*, 2° s., p. 408-430). — **Vilanova.** Observaciones hechas en Suecia y Escandinavia a banos de aire comprimido (*Siglo med. Madrid*, XVII, 174, 221.) — **Von Vivenot.** Historischer Rückblick auf die Entwicklung der Aerotherapie. (*Allg. Wien. Med. Ztg.*, XV, 40-42.) — **Ign. Hauke.** Ein Apparat für künstliche Respiration und dessen Anwendung zu Heilzwecken. (*Oesterr. Zeitschr. f. prakt. Heilkunde*, XVI, 19, 20, Wien, p. 295.) — **Id.** Zur Behandlung des Lungenemphysems mittelst künstlicher Beförderung der Respiration. (*Verhandlung der Gesellschaft der Aerzte in Wien; Oesterr. Zeitschrift f. praktische Heilkunde*, XVI, 33-34.)

1871.

**Marc.** Beiträge zur Kenntniss der physiologischen und therapeutischen Wirkungen der Bäder in comprimirten Luft. (*Berliner klin. Wochenschr.*, VIII, 21.) — **P. Bert.** Recherches expérimentales sur l'influence que les changements dans la pression barométrique

exercent sur les phénomènes de la vie. (*Compt. rend.*, t. LXXIII, p. 213, 503; t. LXXV, p. 491, 543; t. LXXVI, p. 1493; t. LXXVIII, p. 111.) — **G. v. Liebig.** Ueber den Einfluss der Veränderungen des Luftdruckes auf den menschlichen Körper. (*Archiv für klin. Med.*, VIII, 5 und 6, 446-466.) — **A. Buchanan.** On the influence of atmospheric pressure upon the circulation. (*Report of the forty first Meeting of the British Association for the advancement of the science*, held at Edinburgh in aug. 1871. London, John Murray, 8.) — **A. Jaminet.** Physical effect of compressed air and the causes of pathological symptoms produced on man by increased atmospheric pressure. Saint-Louis, in-8°. — **Eads.** The effects of compressed air in the human body. (*The med. Times and Gaz.*, vol. II, p. 291-292.)

## 1872.

**Michaelis.** Vortrag über die Wirkungen des erhöhten und vermindernden Luftdruckes auf den menschlichen Körper. (*Sitzungsberichte der naturwissenschaftlichen Gesellschaft « Isis » in Dresden*, 1872, Heft I.) — **Freund.** Mittheilungen aus der pneumatischen Heilstalt in Sophienbad in Wien. (*Wiener med. Wochenschr.*, 17, 18, 40.) — **G. v. Liebig.** Die Wirkung des erhöhten Luftdruckes der pneumatischen Kammer auf den Menschen. (*Deutsche Klinik* n° 21, 22.) — **Id.** Ueber die Blutcirculation in den Lungen und ihre Beziehungen zum Luftdruck. (*Deutscher Archiv für klinische Medicin*, X.) — **Waldenburg.** Die locale Behandlung der Krankheiten der Respirationsorgane. (Berlin.) — **H. Masius.** Luftreisen von P. Glaisher, Flammarion, Fonvielle und G. Tissandier. (Leipsig.) — **Al. Gay.** Des dangers du travail dans l'air comprimé et des moyens de les prévenir. (In-4, Montpellier.) — **Horace Dobell.** On a residual air-princip for Emphysema (*Brit. med. Journ.*, 10 febr. 1872.) — **Ign. Hauke.** Supplément au Mémoire de 1870. (Wien, *Osterr. Zeitschr. f. prakt. Heilkunde*, t. XVIII, p. 37.) — **Mader.** Mittheilungen des ärztl. Vereins in Wien. (*Oesterr. Zeitschr. f. prakt. Heilkunde*, XVIII, 37, 38.) — **J. Bradley.** On the application of the rarefaction apparatus in the cure of inflammation. (*The Clinic*, t. II, 6 feb. 1872.) — **Simonoff u. A.** Verhandlungen des Petersburger medic. Vereines. (*Petersb. med. Zeitschr.* N. F., III, 3.)

## 1873.

**Ign. Hauke.** Ueber Verbesserungen eines Apparates für künstliche Respiration. (*Mittheilungen des ärztlischen Vereines in Wien*, II, 8, S. 90, 1873; *Wiener med. Wochenschr.*, XXII, 17; *Wiener med. Presse*, XIV, 19, S. 246.) — **L. Rohden.** Lungenemphysem und der Hauke'sche Respirationsapparat. (*Wiener med. Wochenschs.*, XXIII, 17, 18.) — **L. Waldenburg.** Ein transportabler pneumatischer Apparat zur mechanischen Behandlung der Respirationskrankheiten. (*Berl. klin. Wochenschr.*, X, 39, 40). — **Id.** Ueber die mechanische Wirkung des transportablen pneumatischen Apparates auf Herz- u. Blutcirculation. (*Id.*, t. X, p. 46, 47.) — **D. Fontaine.** L'emploi du bain d'air comprimé dans le traitement des affections pulmonaires. (Assoc. fr. pour l'av. des Sc., in-8°, 15 p.) — **A. Goschen.** Die pneumatische Kammer in Reichenhall. (*Deutsche Klinik*, 1.) — **Simonoff.** Ueber die Wirkungen der verdichteten Luft auf die Respirationsorgane. (*Petersburger med. Zeitschr.*, Neue Folge, III, 3; S. 269.) — **Canuet.** Guérison de l'asthme par l'air comprimé. (*Gaz. médic.*, t. XVI, p. 216). — **D' Lombart.** Les Climats de montagnes considérés au point de vue médical. (Paris, in-12.) — **Mermad.** Étude de l'influence de l'altitude sur la fréquence des battements de cœur. (*Bull. de la Soc. vaud. des Sc. nat.*, t. XIII, p. 391-399.) — **O.-H. Smith.** The effects of high atmosphere pressure including the caisson disease. (Brooklyn, in-

8°.) — **P. Bert.** Communications sur les effets de l'air comprimé, les accidents qu'il occasionne, leur cause et les moyens d'y remédier. (*Bull. Soc. méd. de l'Yonne. Auxerre*, p. 48-55.) — **P. Flanchet.** Des effets physiologiques et des applications thérapeutiques du bain d'air comprimé. (Paris, in-4°.) — **J. Rengade.** La Médecine pneumatique. Ses applications au traitement des maladies des voies respiratoires. (Paris, in-12.) — **W.-A. Royce.** Disinfection of vessels and hospitals by use of compressed air; method of abating yellow fever. (New-York, in-8°.) — **Brünnicke.** On pneumatometri og permastik Behandlung. (*Tigesk f. Zaeger Kjobenh.*, III, 385-395.) — **Ettridge (J.-H.).** Compressed air. (Chicago, M. J., XXX, 166-171.) — **Koenig.** Untersuchungen über Cont's Studien über die Mechanik des Hüftegebeines und deren Einfluss auf Physiologie und Pathologie (*Deutsche Zeitschrift f. Chirur.*, t. III, n° 3 et 4, 10 nov.)

## 1874.

**L. Waldenburg.** Einige Bemerkungen z. transportablen pneumatischen Apparat. (*Berlin. klin. Wochenschr.*, t. XI, 4<sup>e</sup> série, p. 44.) — **J. Cube.** Ein pneumatischer Doppel Apparat zur mechan. Behandlung der Respirationskrankh. (*Id.*, t. XI, 4<sup>e</sup> série, p. 41.) — **Id.** Der pneumatische doppel Apparat und das combin. Verfahren bei der mechan. Behandlung der Krankheiten der Respirationsorgane. (*Wien. medie. Wochenschr.*, t. XXIV, p. 28-29.) — **K. Stork.** Ueber einen neuen Athmungs Apparat. (*Wiener med. Wochenschr.*, t. XXIV, p. 5, 20, 24, 39, 40). — **B. Frankel.** Demonstration eines pneumatischen Apparates (*Berlin. klin. Wochenschr.*, t. XI, 14<sup>e</sup> série, p. 169). — **Id.** Ein einfacher pneumatischer Apparat (*Centralbl. für die med. Wissenschaft.*, p. 44). — **John Schnitzler.** Beschreibung seines Apparates (*Wiener med. Presse*, t. XV, p. 14-15). — **Id.** Ueber die Therapeutische Anwendung verdichteter und verdünnter Luft (*Wiener med. Presse*, t. XV, p. 10 u. f. *Mittheilungen des ärztlichen Vereins in Wien*, t. III, p. 5). — **And. Högyes.** Kurze Mittheilung über das Bunsen'sche Wassertrommelgebläse, als künstlicher Athmungsapparat zur Ausgleichung der Athmungsinsufficienzen. (*Centralbl. f. d. med. Wissenschaft.*, t. XII, p. 11). — **L. Geyer.** Ueber substantives Lungenemphysem (*Inaug. Dissert. Iena*, 8, 20 S., mit 1 Abbildung eines Doppel-Apparates). — **J. Sommerbrodt.** Zur Behandlung des Bronchialkatarrhes mit comprimirter Luft. (*Berl. klin. Wochenschr.*, t. XI, p. 20-25.) — **Id.** Beiträge zur Würdigung des Waldenburg'schen pneumatischen Apparates. (*Ibid.*, p. 31.) — **Ph. Biedert.** Billiger pneumatischer Apparat mit gleichmässiger Wirkung und unbegrenzter Wirkungs dauer. (*Berl. klin. Wochenschr.*, t. XI, p. 29.) — **Treutler.** Vereinfachter pneumatischer Apparat. (*Wien. med. Wochenschr.*, t. XXIV, p. 33.) — **Dührssen.** Zur mechanischen Wirkung des transportablen pneumatischen Apparates. (*Deut. Klinik*, p. 16.) — **Haenisch.** Zur Wirksamkeit der pneumatischen Behandlungsmethode. (*Deut. Arch. Klin. Med.*, t. XIV, 5 u. 3, p. 445.) — **Sannes.** Behandling van somminge Longaandveningen met gecomprimeerde of verdunde Lucht door middel van Waldenburg's pneumatische Apparat. (Rotterdam.) — **J.-A. Fontaine.** Nouveaux appareils pneumatiques pour administrer le bain d'air comprimé. (*Commun. à la Sect. de Méd. de l'Assoc. franç. pour l'av. des Sc. Congrès de Bordeaux*, 4 pl., 16 p.) — **Gr. Subig.** Der Gasaustausch in den Lungen unter dem erhöhten Luftdrucke der pneumatischen Kammer. (*Bayer. ärztl. Intelligenzblatt*) — **G. Lange.** Der pneumatische Cabinet und der transportable pneumatische Apparat. (*Allgem. med. Centralzeitung*, t. XLIII, p. 28, 29, 30.) — **Dufour.** Sur le mal des montagnes. (*Bull. de la Soc. méd. de la Suisse romande*, p. 72-79.) — **A. Verga.** La Medicina pneumatica. (*Mem. r. Ist. lomb. Milano*, t. VII, 2<sup>e</sup> série, p. 408-410.) — **Labadie et Lagrave.** Aéro-

thérapie. Nouvel appareil pneumatique transportable pour le traitement des maladies des voies respiratoires. (*Gaz. hebd. de Méd.*, 2<sup>e</sup> série, t. XI, p. 97-113.) — **D<sup>r</sup> S. Ch. Pauly.** Climats et endémies. Esquisse de Climatologie comparée. In-8°. — **Crocé-Spinelli et Sivel.** Voyage de l'*Etoile polaire* (*L'Aéronaute*, numéro de mai.) — **Alph. Forel.** Expérience sur la température du corps humain dans l'acte de l'ascension sur les montagnes. (*Soc. méd. de la Suisse romande*, 2<sup>e</sup> série.) — **Armand.** Traité de Climatologie générale du globe; gr. in-8°.

1873.

**G.-L. Lewis.** The effects of compressed air upon the human system, as evinced in the singing the bridges piers during the construction of the Atchison bridge our the Missouri river. (*Kansas Med. Soc. Topeka*, 1875, t. XI, p. 10-21.) — **P. Bert.** Communication relative à la composition de l'air confiné dans lequel meurent les animaux quand cet air est comprimé à plusieurs atmosphères. (*Comp. rend. Soc. Biol.*, p. 66.) — **V. Junod.** Traité théorique et pratique de l'hémospasie. (In-8°, Paris.) — **A. Rose.** Treatment of diseases of respiration and circulation by pneumatic method. (*Med. Rec. New-York*, X, 577-583.) — **Anonyme.** Les accidents physiologiques des ascensions à grande hauteur. (*Rép. franç.*, n° du 4 mai 1875.) — **G. Stoll.** Ueber Höhenkurorte als Heilanstanften für Brustkranke. (In-8°, Halle.) — **Lepine.** De la respiration d'air comprimé ou d'air raréfié dans certaines maladies du poumon et du cœur. (*Gazette médicale de Paris*, 4<sup>e</sup> série, IV, 497, 509, 533.) — **Knauth.** Berichte über die pneumatische Therapie und die transportablen pneumatischen Apparate. (*Schmidt's med. Jahrbücher*, Band 165, 167, 168.) — **L. Waldenburg.** Die pneumatische Behandlung der Respirations und Circulationskrankheiten in Anschluss an die Pneumatometrie, Spirometrie und Brustumessung. (Mit. 30 Holzchnitten; Berlin, Hirschwald.) — **Schivardi.** La medicazione pneumatica e gli apparecchi per la stessa del dottore Waldenburg. (12 p. in-8°, Milano.) — **Drosdoff.** Ueber die Wirkung der Einathmung von verdichteter und verdünnter Luft. (*Centralbl. für die med. Wissenschaft*, t. XIII, p. 45-46.) — **H. Dobell.** On winter cough, catarrh, bronchitis, emphysem, asthma. (London, S. 169 u. f.) — **Ph. Biedert.** Nachträge zu dem pneumatischen Rotationsapparat. (*Berlin. klin. Wochenschr.*, t. XII, p. 50-51.) — **Sieffermann.** Observations sur le traitement pneumatique. Climatologie et Aérothérapie. (*Gazette médicale de Strasbourg*, 1<sup>er</sup> septembre et 1<sup>er</sup> octobre.) — **Haenisch.** Deutsche Klinik, 13. — **A. Adler.** Die pneumatische Behandlung der Lungen und Herzkrankheiten. (*Pester med. chir. Presse*, t. XII, p. 46-47.) — **Ducrocq.** Recherches expérimentales sur l'action physiologique de la respiration d'air comprimé. (Paris, Ad. Delahaye; 53, 15 pl.) — **Tobold.** Zur Lungengymnastik. (*Deutsche Klinik*, t. II.) — **B. Fränkel.** Ein billiger pneumatischer Apparat. (*Berlin. Klin. Wochenschr.*, t. XII, p. 19.) — **J. Schnitzler.** Die pneumatische Behandlung der Lungen und Herzkrankheiten. (*Wiener. Klinik*, 1 Jahrg., 6 Heft, Juni; Wien, Urban und Schwarzenberg, 31 S.) — **Weil.** Ueber eine Modification des Waldenburg'schen transportablen Apparates. (*Allgemeine med. Centralzeitung*, t. XLIV, p. 19.) — **K. Stork.** Mittheilungen über asthmo-bronchiale und die mechanische Lungenbehandlung, nebst einem Anhang über den Hustenreiz. (*Med. chirurg. Rundschau*, 2, u. a. a. O. Stuttgart, F. Enke, 8, 102 S.) — **V. Cube.** Berlin. Klinick Wochenschr., t. XII, p. 12.) — **Demanski.** Zur localen Therapie der Krankheiten der Athmungsorgane. (*Berlin. Klin. Wochenschr.*, t. XII, p. 1.) — **Drosdoff und Botschetschkaroff.** Die physiologische Wirkung der im Waldenburg'schen Apparate comprimirten Luft auf den arteriellen Blutdruck der Thiere. (*Vorläufige Mittheilung. Centralbl. für die Med. Wissenschaft*, t. XXII, p. 5.) — **D. Jourdanet.** Influence de la pression de l'air sur

la vie de l'homme. Climats d'altitude et climats de montagne. (Paris, 2 vol. gr. in-8°.) — **J. Kircher.** Der pneumatische Apparat in Merau. (*Vierteljahrsschrift für Klimatologie von Reiner und Siegmund*, Bd. I.) — **G. v. Liebig.** Die Anwendung das erhöhten Luftdruckes der pneumatischen Kammern als Heilmittel. (*Wiener med. Wochenschr.*, n° 23 u. 24.) — **Id.** Ueber die Sauerstoffaufnahme in den Lungen bei gewöhnlichen und erhöhten Luftdruck. (*Pflüger's Archive*, Bd. X, II. 10 u. 11.) — **Simonoff.** Ueber die Wirkung der verdichteten Luft auf dem allgemeinen Einnährungszustand des Körpers. (*Peters. med. Zeitschr.*, N. F. V. 3, S. 258.) — **J.-G.-T. Pravaz.** Recherches expérimentales sur les effets physiologiques de l'augmentation de la pression atmosphérique. (Paris, Masson, in-8°, 66 p.) — **C. Forlarini.** Brevissimi cenni sull'aeroterapia et sullo stabilimento medico-pneumatico di Milano. (*Gaz. Lomb.*, t. XXXV, p. 47, 49, 50, 51.) — **Josephson.** Ueber Professor Waldeburg's Vergleichung des pneumatischen Cabinets mit dem transportablen pneumatischen Apparat. (Hamburg, C. F. Notte, 8°, 26 S.) — **Ed. Chabert.** Contribution à l'étude des influences du milieu dans les phénomènes de la vie. Des accidents qu'on observe dans les hautes ascensions aérostatisques et des effets de l'altitude sur les habitants des montagnes. (In-8°, 50 p.) — **W. de Fonvielle.** Note sur une ascension aérostatische. (*Comptes rendus*, 1<sup>er</sup> semestre, p. 1072-1074.) — **G. Tissandier.** Ascension à grande hauteur du ballon *le Zénith*. (*Comptes rendus*, 1<sup>er</sup> semestre, p. 1060 à 1064.) — **Thorpe.** On the temperature of the human body during the mountain climbing. (*Nature*, t. XII, p. 165.) — **Guichard.** Observations sur le séjour dans l'air comprimé et dans différents gaz délétères asphyxiants ou explosibles. (*Journal d'Anat. et Phys. de Robin*, t. I, p. 452-476.) — **W. Blasius.** Some remarks on the connection of meteorology with health. (*Proc. Amer. Sy.*, t. XIV, p. 667-674.) — **Toselli.** Cloche marine. (*La Nature*, n° 119, 3<sup>e</sup> année, p. 237.) — **J.-G. Poggendorff.** Angebliche Ersteigung des Chimborazo. (*Pogg. Ann.*, C., 479-480.)

## 1876.

**Ph. Biedert.** Beiträge zur pneumatischen Methode. (*Deutsche Arch. f. klin. Med.*, 1876, XVII, S. 164.) — **Id.** Die pneumatische Methoden und der transportable pneumatische Apparat. (*Volkmann's Sammlung Klinischer Vorträge*, n° 104.) — **J. Schnitzler.** Ein neuer continuirlich wirkender Respirationsapparat. (*Wiener med. Presse*) — **Knauthe.** Handbuch der pneumatischen Therapie. (Leipzig, O. Wigand.) — **Sommerbrodt.** Ein neuer Sphygmograph und neue Beobachtungen an den Pulscurven der Radialarterien. (Breslau, 1876.) — **Id.** Die Einwirkung der Inspiration von verdichteter Luft auf Herz und Gefäße. (*Deut. Arch. f. klin. Med.*, Bd. XVIII.) — **G. Lange.** Die transportable pneumatische Apparate und der pneumatische Cabinet. (*Deut. med. Wochenschr.* 12, 13.) — **Id.** Die transportablen pneumatischen Apparate. (*Ibid.*, 24.) — **Riegel und Franck.** Ueber den Einfluss der verdichten und verdünnten Luft auf den Puls. (*Deut. Arch. für klin. Med.* Bd. XVII.) — **Pircher.** Die Ausathmung aus dem pneumatischen Cabinet in freie atmosphärische oder verdünnte Luft in die Behandlung des Lungenemphysems. (*Wiener med. Presse*, p. 35, 36.) — **J.-G. Cohen.** On the therapeutic uses of compressed and rarefied air. (*Tr. Coll. Physic.*, p. 105-111. Philadelph.) — **E. Heiberg.** Sygdomsformet hos Arbjerne ved Partbroanlægget over Limfjorden. (*Ugesk. f. Læger Kjøbenhavn*, 377-386.) — **P. Bert.** Influence de l'air comprimé sur les fermentations. (*Ann. de Chimie et de Phys.*, p. 145, 158.) — **Royazlof.** O rodukhе Kak vrachevnom sredstvam. (Moscou, in-8.) — **A. Bordier.** Emploi méd. de l'air comprimé. (*Journal de Thérapeutique*, 1876 : 903, 948; 1877 : 24, 62, 100, 132.) — **J. Budde.** Om anvendelsen af det transportable pneumatiske apparat ved betranlige af diabete mellitites

kompriceret met lungeemfysem og leverhy peræmie. (*Nyesk. f. Laeger Kjøbenhavn*, 353, 363.) — **Cassagny.** Nouvelle méthode de compression méthodique réalisée par l'intermédiaire de l'air et de l'eau. (*Lyon méd.*, p. 602, 607). — **Geigel und A. Mayer.** — Vorläufige Mittheilung über einen continuirlich wirkenden transportablen pneumatischen Apparat mit neuem mechanischen Princip. (*Deut. med. Wochenschr.*, p. 22.) — **Id.** Der Schöpfdradventilator. Ein continuirlich wirkender transportabler pneumatischer Apparat. (*Deutsch. Arch. f. klin. Med.*, Bd. t. XVII). — **A. Blumberg.** On the use of compressed and rarefied air. (*Philadelphia, med. and surg. reporter*, sept., t. XXXV, p. 241). — **Clar.** Mittheilungen über Gleichenberg. (Grätz.) — **V. Basch.** Die volumetrische Bestimmung des Brustdruckes am Menschen. Wien. — **Casorati.** Sulla cura pneumatica nelle malattie pulmonari e cardiache. (*Lo sperimentale*, p. 6, 8.) — **Sieffermann.** Aérothérapie et pneumatothérapie. (Strasbourg, typ. Schultz et C°.) — **Langenhangen.** Observation d'un cas de tuberculose enrayé par la méthode et l'appareil aérothérapeutique du Dr Waldenburg. (*Revue d'Hydrologie méd.*, p. 6; *Pevue méd. de l'Est*, Nancy, t. VI, p. 137-140). — **Giuliani.** Apparecchio respiratorio a semplice ed a doppio effetto ed a livello costante. (Napoli.) — **Closset.** Vortrag über pneumatische Therapie. (*Correspondenzblatt der ärztlichen Vereine des Rheinlande, Westphalen u. Lothringen*, av. n° 17). — **M. Shuppert.** Pneumatometry, its introduction into medical practice important to medical examiner of life-insurance companies; the portable pneumatic-apparatus in the treatment of diseases of the respiratory and circulating organs. (*Nouv. Orl. med. and sc. Journ.*, t. III, p. 486-504). — **P. Spullmann.** De l'aérothérapie. (*Rev. méd. de l'Est*. Nancy, p. 169, 204, 276, 278, 304, 364.) — **L. Besser.** Wörter zur Davoser Frage. (*Deutsche Arch. f. Klinik*. Leipzig, t. XVIII, p. 384-391.) — **Hauke.** Pnevmatischeskaya vanna. (*Moscow, med. Gaz.*, t. XIX, p. 278-281.) — **Paul Bert.** Conférence sur l'influence de la pression atmosphérique sur les êtres vivants. (Paris, 24 pages in-8.)

1877

**Grand (Augustin).** Considérations physiologiques et thérapeutiques sur l'air condensé. (Thèse in-4°, 48, p.; Paris.) — **A. Bordier.** De l'influence de la pression atmosphérique sur l'organisme aux temps préhistoriques et de son rôle transformiste. (*Bull. Soc. d'Anthrop. de Paris*, 109-114.) — **A. Torreil.** Considérations sur les effets physiologiques de l'emploi méd. de l'air comprimé. Montpellier, in-4°. — **Anonymous.** The treatment of disease with compressed and rarefied air. (*Méd. Times and Gaz.* Londres, t. LI, 240.) — **J. Pravaz.** Influence de l'air comprimé sur la production de l'urée. — **G. Forlarini.** Dell' azione meccanica del bagno d'aria compresso. (*Gaz. med. ital. lomb.*, 7° s., 121.) — **Kiss.** Miképen hat gyogyitotag a sürritet levago tüdőbantalmaknál? (*Gyogyaszat Budapest*, t. XVII, p. 705-707.) — **A. Küss.** Variations de la pression artérielle sous l'influence des procédés employés en pneumothérapie. (*Gaz. heb. de méd.* Paris, 2° sér., t. XIV, p. 291-294.) — **Rosenfeld.** Ueber Pneumatothérapie. (*Wurtemb. med. Correspondenzbl.*, 33). — **Brugelmann.** Inhalationstherapie. (2° Aufl.) — **Coen.** Respirationsapparat bei Stottwerden (Wien). — **Lorenz.** Zur Aerotherapie mittelst transportable pneumatische Apparate. (*Münchener Aerztl. Int.-Bl.* 38.) — **Kowalewsky.** Ueber die Einwirkungen der künstlichen Athmung auf den Druck im Aortensystem. (*Arch. f. Anat. u. Physiol.*, t. IV u. V, p. 416.) — **Fenoglio.** Intorno all'influenza dell' aria rarefatta o compressa ottenuta dall' apparecchio di Waldenburg nelle malattie del cuore. (Torino.) — **Id.** Zur pneumatischen Therapie der Herzkrankheiten. (*Centralbl. für die med. Wissenschaft*, p. 46.) — **Mosso.** Sull' azione fisiologica dell' aria compressa. (Torino, *Archivio per le science mediche*, anno 2°, fasc. 1°, 147-176, 2 pl.) —

**Berkart.** On asthma, its pathology and treatment. (London.) — **W. Krug.** Ueber den Einfluss des Höhenklimas und der Hochgebirgswandungen. (*Zeitsch. d. d. o. A.* V. VIII, p. 273-90.) — **J. Girin.** Sur le rôle de la pression atmosphérique dans le mécanisme de l'articulation coxo-fémorale. (Paris, in-8, 135 p.) — **Geigel und A. Mayer.** Das Schöpfdradgebläse, angewendet auf Pneumatotherapie. Monographie. (Leipzig, Verlag von Vogel\*) — **V. Basch.** Ueber den Einfluss der Athmung von comprimirter und verdünnter Luft auf den Blutdruck des Menschen. (*Wiener med. Jahrbücher.*) — **B. Küss.** Du traitement mécanique des affections de la poitrine et du cœur. (*Gaz. hebdom.*, 48 ff.) — **Szohner.** Ueber die Entstehung der Lungenenschwindsucht und deren Behandlung mit der pneumatischen Methode. (*Pester chirurg. Presse*, 3, 4.) — **Fontaine (J.-A.).** Effets physiologiques et applications thérapeutiques de l'air comprimé; Paris, in-4°. — **Lambert.** Étude clinique et expérimentale sur l'action de l'air comprimé et rarefié dans les maladies des poumons et du cœur. (Paris, Baillière, in-4°.) — **Bernheim.** Leçons de clinique médicale. (Paris, Baillière.) — **Thaon.** Traitement pneumatique de la phthisie. (*Progrès méd.*, 35.) — **Massei.** Caso di asma guarito col trattamento pneumatico. (Napoli, 1877.) — **Davis.** The respiration of compressed and rarefied air in pulmonary diseases. (*Chicago Med. Journal and Examiner*, oct.) — **Stembô.** Beiträge zur physiologischen Wirkung der comprimirten Luft. (*Inaug. Dissertation*, Berlin.) — **Schyr-munski.** Ueber den Einfluss der verdünnten Luft auf den menschlichen Organismus. (*Inaug. Dissert.*, Berlin.) — **G. Lange.** Mittheilungen über die Wirkung der transportablen pneumatischen Apparate. (*Deutsche med. Wochenschr.*, 37.) — **P. Hoppe-Seyler.** *Physiologische Chemie*, t. I, S. 13, und t. III.) — **N. Jacobson und Lazarus.** Ueber den Einfluss des Aufenthaltes in comprimirter Luft auf den Blutdruck. (*Centralbl. für die med. Wissenschaft.*, n° 51.) — **G. Lange.** Therapeutische Betrachtungen über die Wirkung der transportablen pneumatischen Apparate und des pneumatischen Cabinets. (*Deutsche med. Wochenschr.*, 51, 52.) — **Solomka.** Die Behandlung der Krankheiten der Atemorgane mit comprimirter Luft. (*Petersburg. med. Wochenschr.*, 26.) — **Castiglioni.** Sopra un suo nuovo apparecchio pneumaterapico graduatore. (*Atti. Acc. med. di Roma*, fasc. 2; 20-32.)

## 1878.

**H. Knauer.** Ueber den Einfluss des Aufenthaltes in verdünnter Luft auf die Form der Pulskurve. (*Inaug. Dissert.*, Berlin, 32 pages in-16.) — **P. Bert.** De l'action de l'oxygène sur les éléments anatomiques (*Comptes rendus*, 25 février.) — Sur la possibilité d'obtenir, à l'aide du peroxyde d'azote, une insensibilité de longue durée. (*Comptes rendus*, 11 novembre.) — **W. Marcket.** Essai d'expériences respiratoires à différentes hauteurs. (*Arch. des Sciences physiques et naturelles*, t. LXXII, p. 246. Juin, *Jahrb.*, t. CLXXXII, p. 240.) — **Et. Heiberg.** Autopsie d'un malade mort en sortant de l'air comprimé. Traavaux du pont sur le Lunford. (*Gaz. méd. de Paris*, p. 540.) — **Mullier.** De la pneumothérapie. (*Arch. méd. belge*, Bruxelles, 3<sup>e</sup> série, t. XIV, p. 169-205.) — **Neukomm.** Das pneumatische Cabinet und der transportable pneumatische Apparat. (*Cor. bl. f. Schweiz. Aerzte*, t. VIII, p. 225, 265, 269.) — **W. Porter.** Condensed and rarefied air. (*Saint-Louis M. et M. D.*, t. XXXV, p. 209-217.) — **Schnitzler.** La pneumothérapie dans les maladies du poumon et du cœur. (*Cong. period. intern. de Scien. med. Compte rendu de Genève*, p. 192-205.) — **Geigel.** Anwendung des pneumatischen Apparates von Fränkel bei der Wiederbelebung eines durch Ertrinken scheintodt gewordenen Kindes. (*Berliner klin. Wochenschr.*, 6.) — **Szohner.** As pneumaticus gyogynod hatasképenégeräl. (*Gyogyaszat-Budapest*, t. XVIII, p. 89-109.) — **H. de Cok.** Heeft de pneumatische methode een toekens by de

Behandlung van zieke schepelingen. (*Arch. Utrecht*, t. I, p. 1-22.) — **E. Edlund.** Om Professor Waldenburg transportable pneumatiska Apparates. (*Hygiæa*, Stockholm, XLI, p. 295-298.) — **C. Forlarini.** Dell'uso degli apparati pneumatici trasportabili negli ammalati affetti da febre. (*Arch. p. l. Sc. med.*, Torino, p. 480-482.) — **Bordier.** De l'influence des variations de la pression atmosphérique sur l'évolution organique, in-8°, 16 pages.) — **J.-P. Favre.** De l'influence du travail souterrain sur la santé des mineurs. 32 pages in-8°, Paris. — **J. Lehmann.** Beretning fra den medico-pneumatik Anstalt. (*Hospital-Tidende*, t. VI, p. 15.) — **Burresi.** Sulla cura della pleurisia. (*Lo sperimentalista*, t. XII.) — **Szohner.** Ueber die Wirk-samkeit der pneumatischen Heilmethode. (*Pester. med. chirurg. Presse*, 7.) — **Schreiber.** Ueber den Einfluss der Athmung auf den Blutdruck in physiologischer und pathologischer Beziehung. (*Arch. f. experim. Pathologie*, bd. XI.) — **Zuntz.** Beiträge zur Kenntniss der Einwirkungen der Athmung auf den Kreislauf. (Bonn, 1878. *Sep.-Abdr. aus Pflüger's Arch.*, Bd. XVII.) — **G. Lange.** Mittheilung über die Wirkung der transportablen pneumatischen Apparate. (*Schweiz. Correspond.*, Bd. VIII, p. 4.) — **Guttmann.** Ein Fall von hochgradigem Asthma bronchialis behandelt nach der Methode von Schnitzler. (*Wiener med. Presse*, t. XIX, p. 24.) — **Waldenburg.** La medicina pneumatica e gli apparecchi della stessa; con note di Plinio Schivardi, Milano. — **H. Schnyder.** Der transportable pneumatische Apparat und die Lungengymnastik mittelst Stockturnen. (*Schweizer Corr.*, Bd. VIII, p. 22.) — **J.-B. Gil.** Recherches expérimentales sur l'insufflation de l'air dans l'appareil gastro-intestinal, 46 p. in-4°, Paris. — **Simonoff.** Physiologische und therapeutische Indicationen der verdichteten Luft. (*Jahrb. f. Balneoth. Wien.*, t. VIII, p. 1151-4.) — **P. Fabre.** De l'anémie et spécialement de l'anémie des mineurs. (*Communic. à la réun. des Soc. sav.*, Paris, in-8°.) — **G. Du Pré.** Du traitement des gastrites chroniques par le cathétérisme d'estomac, suivi d'injections et de lavages. (*Journal de Médecine de Bruxelles*, 1878.)

1879.

**G. v. Liebig.** Die pneumatischen Kammern von Reichenhall, ihre Erfolge bei asmatischen Katarrhen und Lungeneiterung. (*Deutsche med. Wochenschr.*, 24, 25.) — **W. Marcket.** Inquiries on respiration at different altitudes of the Insula of Teneriffa. (*Proceed. of the Royal Soc. of London*, XXVIII, p. 498.) — **E. Leyden.** Ueber die durch plötzliche Verminde-rung des Barometerdrucks entstehende Rückenmarkaffection. (*Archiv. f. Psychiatrie und Nervenkrankheiten*, IX, 2, S. 316.) — **P. Schultz.** Zur Kenntniss der nach Einwirkung plötzlich erniedrigten Luftdrucks eintretenden Rückenmarkaffection. (*Virch. Arch.*, LXXIX, S. 124.) — **G. v. Liebig.** Ein Apparat zur Erklärung des Luftdruckes auf die Athmung. (*Arch. f. Anat. u. Physiol.*, 3 u. 4, S. 284.) — **S. Hadra.** Einwirkung der comprimierten Luft auf den Harnstoffgehalt beim Menschen. (*Zeitschr. für Klin. Med.*, I, 1, S. 109.) — **Julius Wiesner.** Versuche über den Ausgleich des Gasdruckes in den Geweben der Pflanzen. (*Sitzb. d. Wiener Ak.*, 17 avril.) — **A. New.** A form of pneumatic apparatus of continuous action and great portability. (*Med. Rew. New-York*, XVI, 190-192.) — **Bamberger.** Ueber Aërotherapie. (*Wiener med. Presse*, XX, 49, 50, 51.) — **Mordhorst.** Ueber den Blutdruck im Aortensystem und die Vertheilung des Blutes im Lungen-Kreislaufe während der In- u. Exspiration. (*Arch. für Anatomie u. Physiologie*, 1879.) — **Löwitt.** Ueber den Einfluss der Respiration auf den Puls des Menschen. (*Arch. f. exper. Pathologie*. Bd. X.) — **Kelemen.** Beitrag zur Lehre der Pneumatherapie über die diuretische Ne-benwirkung der comprimierten Luft bei Behandlung des eiterigen pleuritischen Exsudats. (*Pester med.-chir. Presse*, XV, 173.) — **Cron.** Beitrag zur pneumatischen Therapie. (*Berl.*

15

*klin. Wochenschr.*, 39 ff.) — **Raffaele Amati.** L'apparecchio del Waldenburg quale mezzo terapeutico. (Bologna, 1879.) — **A. Mermod.** Influence physiologique de la dépression atmosphérique. (*Bull. Soc. vaud. des Sc. nat.*, XV, 65-104.) — **Forlarini.** Gli espirazioni nell' aria compressa cogli apparati pneumatici trasportabili. (*Archivio per le Scienze mediche*, vol. III. Torino.) — **Mosso.** Die Diagnostik des Pulses in Bezug auf die localen Veränderungen desselben. (Leipzig, 1879, Veit.) — **J.-C. Holm.** Ueber pneumatische Behandlung. (*Norsk. Mag.*, 3 R. IX, 3 S., 230.) — **P. Burresi.** Di alcune cure aeroterapiche. (*Lo Sperimentale*, XLIII, p. 500, maggio.) — **M. Girard.** Des conditions hygiéniques de houillères. (*La Nature*, n° 292, 7<sup>e</sup> ann., 2<sup>e</sup> sem., p. 79.) — **P. Bert.** Anesthésie par le protoxyde d'azote mélangé d'oxygène et employé sous pression. (*Comptes rendus*, 21 juillet.)

## 1880.

**L. Waldenburg.** Die pneumatische Behandlung der Respiration-u. Circulation-Krankheiten, etc. 2<sup>e</sup> Auflage mit einem Beitrag über das Höhenklima. (Mit Holzschnitten. Berlin, Hirschwald.) — **Id.** Die Messung des Pulses und des Blutdruckes am Menschen. (Berlin, A. Hirschwald, p. 141-147.) — **W. Brügelmann.** Die Inhalationstherapie. (Köln u. Leipzig.) — **Sophie Ciccolini.** Die Tief-Einathnung, ihre Anwendungsmethode zur Forderung der Gesangskunst, sowie zur Heilung verschiedener Krankheiten, insbesondere der Schwind-sucht. (Dresden, 1880; Pierson.) — **P. Niemeyer.** Aertztliche Sprechstunden. (II Bd. Jena. H. Cortenoblo.) — **Knoll.** Ueber den Einfluss modifizirter Athembewegungen auf den Puls des Menschen. (Mit mehreren Holzschnitten und 2 Lithograph. Prag., Beilagen, Tempsky.) — **S. Hadra.** Die Einwirkung der comprimierten Luft auf den Harnstoffgehalt beim Menschen. (*Zeitschr. f. Klin. med.*, t. I, p. 109-131). — **G. v. Liebig.** Das Pnoometer. (*Deutsch. med. Wochenschr.*, t. VI, p. 22.) — **A. Frankel.** Ueber den Einfluss der verdichteten und verdünnten Luft auf den Stoffwechsel. (*Zeitschr. für klin. Med.*, t. II, p. 1, H.) — **W. Brügelmann.** Die Inhalationstherapie bei den Kraukheiten der Brust, des Halses und der Nase. (Berlin, in-8, 192 p.) — **Lampadarios.** Malheurs qui arrivent aux pêcheurs d'éponges. ὁ Αστραγάνιος, fasc. VI et VII.) — **S. Hadra.** Die Einwirkung der comprimierten Luft auf den Harnstoffgehalt beim Menschen. (*Zeitschr. f. klin. Med.*, t. I, p. 109-131.) — **P. Bert.** Sur la zone variable des agents anesthésiques et sur un nouveau procédé de chloroformisation. (*Comptes rendus*, 14 nov.)

## 1881.

**Rossbach.** Lehrbuch der physikalischen Heilmethoden. (Berlin. *Hirschwald*, 1881). — **Speck.** Die pneumatische Heilmethode oder die Anwendung verdichteteter und verdünnter Luft bei Lungenkrankheiten. (Dillenburg.) — **Alex. Payot.** Du mal des montagnes considéré au point de vue de ses effets, de sa cause et de son traitement. (Paris, in-4<sup>e</sup>, p. 162). — **P. W. Beneke.** Zur climatischen Behandlung der Lungenschwindsucht. (In-8<sup>e</sup>, p. 27; Marburg.) — **Blanchard et Regnard.** Sur les accidents de la décompression chez les animaux. (*Soc. de Biologie*, 9 juillet.)

## 1882.

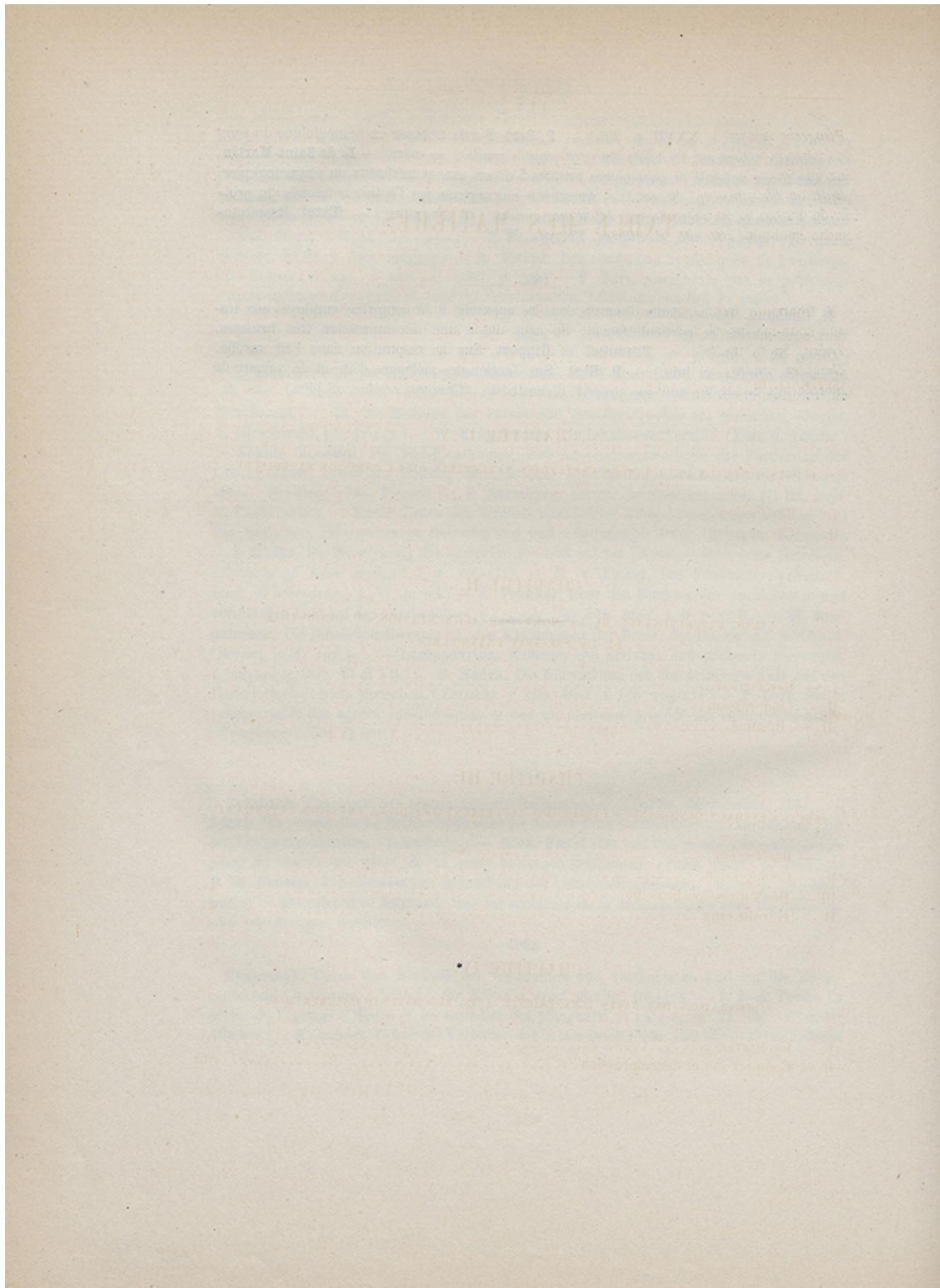
**Grunmach.** Ueber den Einfluss der verdünnten und verdichteten Luft auf die Respiration und Circulation. (*Zeitschr. für Klinik u. Med.*, Berlin, 469-475.) — **D<sup>r</sup> J.-A. Tetzis.** La pêche de l'éponge à Hydra et les maladies des plongeurs. ὁ Γαληνός, n° 31, etc., 1<sup>er</sup> août; Athènes.) — **H. Aubert.** Ueber das Verhalten der in sauerstoff reiner Luft paralysirten Frösche

(*Pflüger's Archiv*, t. XXVII, p. 566.) — **P. Bert.** Sur la richesse en hémoglobine du sang des animaux vivant sur les hauts lieux. (*Comptes rendus*, 20 mars.) — **L. de Saint-Martin.** Sur une forme spéciale de gazomètres propres à divers usages médicaux ou physiologiques. (*Bull. de Thérapeutiq.*, 30 oct.) — Anesthésie chirurgicale par l'action combinée du protoxyde d'azote et du chloroforme. (*Comptes rendus*, 18 décembre.) — **Œrtel.** Respiratoire Therapie. (*Handb. d. allgem. Therap.*, IV.)

1883.

**N. Chabaud.** Des accidents observés dans les appareils à air comprimé employés aux travaux sous-marins et particulièrement de ceux dus à une décompression très brusque. (*Thèse*, 50 p. in-4°.) — **Fraenkel et Gippert.** Sur la respiration dans l'air raréfié. (*Comptes rendus*, 11 juin.) — **P. Bert.** Sur l'action des mélanges d'air et de vapeur de chloroforme, et sur un nouveau procédé d'anesthésie. (*Comptes rendus*, 25 juin.)

---



## TABLE DES MATIÈRES.

INTRODUCTION .....	5
--------------------	---

### CHAPITRE I.

#### EFFETS GÉNÉRAUX DES GRANDES VARIATIONS NATURELLES DE LA PRESSION EXTÉRIEURE.

I. — Raréfaction .....	7
II. — Compression .....	16

### CHAPITRE II.

#### ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DE LA MORT PAR AUGMENTATION OU DIMINUTION DE LA PRESSION EXTÉRIEURE.

I. — Raréfaction .....	27
II. — Compression .....	39
III. — Résumé .....	45

### CHAPITRE III.

#### EFFETS GÉNÉRAUX DES GRANDES VARIATIONS EXPÉRIMENTALES DE LA PRESSION EXTÉRIEURE.

I. — Raréfaction .....	49
II. — Compression .....	50
III. — Décompression brusque .....	52
IV. — Gaz du sang .....	53

### CHAPITRE IV.

#### COMPARAISON DES FAITS D'EXPÉRIENCE AVEC LES FAITS D'OBSERVATION.

I. — Raréfaction .....	65
II. — Compression et décompression .....	76

## CHAPITRE V.

## EFFETS DES PETITES VARIATIONS DE LA PRESSION EXTÉRIEURE:

## APPLICATIONS THÉRAPEUTIQUES.

I. — Raréfaction . . . . .	a. Ventouses.....	82
	b. Altitudes .....	85
II. — Compression. . . . .	a. Aérothérapie.....	90
	b. Pneumothérapie.....	93
BIBLIOGRAPHIE.....		99

BIBLIOGRAPHIE..... 99