

Le travail des équipes de sauvetage dans les milieux à température excessive (1)

Dr. Ing. F. HOLLMANN

[Bulletin Dräger — Juin 1952]

Traduit par L. DENOEL, Professeur émérite de l'Université, à Liège.

SAMENVATTING

Van een thermodynamisch standpunt uit bestudeert de schrijver de warmteontwikkeling in het menselijk lichaam, rekening houdend met de uitgevoerde arbeid en het energetisch rendement ervan. Vervolgens worden de afkoelingsmogelijkheden beschouwd, voornamelijk door de verdamping van het zweet. Uit het onevenwicht tussen deze twee processen ontstaat de hittesteek.

Onder de verschillende factoren waarvan de afkoeling afhangt is de « natte temperatuur » doorslaggevend. Bij wijze van vereenvoudiging wordt alleen deze factor beschouwd bij het geven van richtlijnen aan de reddingsploegen. Onder 30° C bestaat er geen gevaar. Boven 34° C wordt het dringend zich terug te trekken. De « physiologische voorraden » van het lichaam maken het echter mogelijk deze grens gedurende enige tijd te overschrijden.

Het dragen van een zuurstofmasker vermindert het weerstandsvermogen van de gebruiker ten opzichte van de hoge temperaturen niet, doch vermeerdert het zelfs, op voorwaarde dat het toestel uitsluitend gebruikt wordt gedurende de eerste werkingsphase, i.e.z. vooraleer het alkali-patroon begint warm te worden.

AVANT-PROPOS

Cette étude a été présentée au Congrès de Leoben en juin 1952. Un médecin auquel l'auteur avait communiqué le manuscrit lui a fait observer qu'il avait traité l'organisme humain trop exclusivement comme un « corps physique », ce qui est pardonnable puisque l'auteur n'est pas médecin mais ingénieur. Depuis lors, divers essais en galerie dans des conditions climatiques dures ont prouvé le bien fondé de l'observation suivante : Les différences entre individus, et surtout les dispositions variables d'un même individu, ont conduit à étendre considérablement les marges de tolérance, parfois même dans un sens défavorable. Cependant, nous devons essayer de nous appuyer sur un certain schéma pour arriver tout au moins à des règles provisoires. Il est bien entendu que, en tout cas, l'impression subjective des équipiers doit être prise en considération pour juger d'une situation éventuelle et de la limite d'endurance.

Dans la pratique, on n'a pas toujours à disposition les hommes les plus aptes aux travaux dans des températures excessives. Alors, il faut réduire la durée du travail.

Il est essentiel de connaître les dangers des climats excessifs et de savoir comment se sont produits les accidents dus aux coups de chaleur. Le présent mémoire est une contribution à cette étude.

* * *

A maintes reprises, ces dernières années, lors du travail des sauveteurs dans des mines chaudes, des

coups de chaleur ont fait des victimes, aussi bien en Allemagne qu'en Belgique et en Angleterre. Lors des exercices dans des galeries d'expérience surchauffées, on en a observé aussi chez les porteurs d'appareils respiratoires, mais ici une intervention rapide a pu éviter les accidents.

Aussi, les spécialistes se demandent-ils s'il y a des objections de principe à l'emploi des porteurs d'appareils respiratoires dans les endroits très chauds et humides et quelles sont les précautions à prendre lorsqu'il paraît inévitable de travailler par des températures excessives.

Pour résoudre cette question, il faut examiner le coup de chaleur en soi, d'abord abstraction faite de l'appareil respiratoire, et simplement dans ses rapports avec l'équilibre calorifique du porteur. Il faut donc rechercher quelle quantité de chaleur est engendrée dans le corps humain, comment cette chaleur se disperse et quelles sont les conditions physiques nécessaires pour que cette dispersion se produise.

Après cela, on étudiera l'économie calorifique de l'appareil à oxygène et son effet sur le porteur.

Ensuite, on ajoutera des considérations physiologiques sur l'aptitude de différents individus à travailler dans les endroits chauds et humides.

(1) La direction des Annales croit opportun de faire suivre le compte rendu de la Journée d'Etude des Centrales de Sauveteurs de Belgique par le texte du Dr Hollmann relatif au « Travail des équipes de sauvetage dans les milieux à température excessive ».

Ainsi, il sera possible de déterminer les limites au-delà desquelles il est dangereux d'exposer les équipes de sauveteurs et on arrivera à dicter à ceux-ci des mesures de précaution.

I — Production de la chaleur dans le corps humain.

Un corps quelconque s'échauffe lorsqu'il engendre ou reçoit plus de chaleur qu'il ne peut en émettre dans le même laps de temps. Cette loi physique vaut pour le corps humain. L'emmagasinement de la chaleur dans le corps donne lieu à ce qu'on appelle communément le coup de chaleur. Le bien être et l'aptitude de l'homme au travail dépendent essentiellement du fait que la température du corps se maintient entre les limites de 36,4 et 37,4° C. Il ne faut donc ni s'échauffer, ni se refroidir, ce qui revient à dire qu'il doit y avoir équilibre entre la chaleur produite et la chaleur dispersée. En ce qui concerne le réglage de la température lors de l'exposition au froid, ce qui sort de notre sujet, nous renvoyons aux publications spéciales; nous ferons simplement remarquer que les modifications chimiques à l'intérieur du corps ne fatiguent pas moins la circulation que le travail musculaire.

La chaleur de tous les animaux à sang chaud, donc de l'homme, est d'origine chimique et repose essentiellement sur l'oxydation des aliments et des matières de réserve (glycogène et graisse).

Un homme adulte engendre au repos 1,2 calorie par minute et les phénomènes d'oxydation se déroulent très lentement. Plus on produit de travail par unité de temps, plus s'accroissent les réactions exothermiques dans le corps, ce qui se traduit par une plus grande dépense d'oxygène. Cette dépense peut donc servir de mesure de la quantité de chaleur engendrée; on peut, en tenant compte du rythme respiratoire, calculer en calories la quantité de chaleur engendrée par unité de temps.

Cette chaleur ne se transforme qu'en partie en travail musculaire et celui-ci de son côté est mesurable en kgm/min avec une certaine approximation. La comparaison de cette énergie avec la chaleur produite dans le même temps fait voir que des hommes bien entraînés peuvent utiliser 1/3 de la

chaleur et que d'autres, moins bien exercés au même travail, ne restituent sous forme de travail mécanique que 1/5 de l'énergie produite. Le rendement maximum de 1/5, qui est admis couramment, est mis en doute par plusieurs médecins. Dans les expériences faites à l'usine Dräger, nous avons trouvé souvent des rendements de moins de 1/6, ce qui peut tenir à la nature spéciale des exercices. Pour l'exemple suivant, qui concerne les effets de l'entraînement, la grandeur absolue du rendement n'a qu'une importance secondaire. On arrive à des conclusions analogues si l'on adopte respectivement 1/4 au lieu de 1/5 et 1/6 au lieu de 1/5. Ainsi, si l'on désire fournir 562 kgm/min, c'est-à-dire : 1/8 CV ou 1,316 cal/min, il faut que l'exécutant développe 4 à 6,6 cal/min, chiffre rond. Plus on produit de travail, plus grande aussi devient la quantité de chaleur en excès, c'est-à-dire la chaleur non transformable en travail extérieur et qui doit être éliminée. Dans l'exemple cité, cette quantité de chaleur est de 2,7 cal/min pour l'homme exercé et de 5,3 pour l'autre.

Si la dissipation de la chaleur, ou si l'on veut le refroidissement du corps, est contrariée par de mauvaises conditions de l'atmosphère ambiante, si par exemple, cette émission est limitée au chiffre assez faible de 3 cal/min, l'homme bien entraîné pourra continuer à travailler, tandis que l'autre « au mauvais rendement » emmagasinerait dans son corps l'excédent de 5,3 - 3 = 2,3 cal/min; il ne tardera pas à ressentir une élévation de sa température — un coup de chaleur.

Ces considérations montrent qu'il est très important de n'employer dans les endroits chauds et humides que des hommes bien entraînés aux travaux pénibles. Ce sont ces mêmes hommes qui, pour un travail imposé, consommeront le moins d'oxygène. Par des exercices avec l'appareil de sauvetage BG 170/400, à poumon automatique, pendant lesquels les conditions de cycle respiratoire et le taux du travail restent constants, on arrive à repérer les gens les plus aptes.

Le tableau I donne une idée de l'ordre de grandeur des quantités d'énergie que doit fournir le mineur au travail. On a admis un rendement de 1/4 pour l'énergie musculaire.

TABLEAU I (d'après Moss) (2)

Nature du travail	Energie engendree cal/min	Energie mécanique kgm/min	Chaleur à disperser cal/min
Métabolisme de base			
Repos. Couché, à jeun	1,20	—	1,20
Travail moyen du poste	5,20	555	3,90
Boisage	5,08	540	3,81
Abatage au pic	5,75	612	4,31
Battage de coins en charbon dur	7,90	841	5,95
Chargement des pierres avec le rable et l'auge.	8,20	871	6,15

TABLEAU II.

Résultats des expériences du Prof. Lehmann (Dortmund, 1951) — (l'auteur a admis un rendement de 15 % aux essais 1 et 2 et de 10 % au n° 3).

Nature du travail	Energie produite cal/min	Energie mécanique kgm/min	Chaleur à dissiper cal/min
Abatage	5 à 7	320 — 448	4.25 — 5.95
Forage au marteau pneumatique	6 à 7	384 — 448	5.10 — 5.95
Pelletage	6 à 8	256 — 342	5.40 — 7.20

Ces chiffres ont été obtenus par des essais pratiques, mais il faut bien remarquer qu'ils ne représentent que des moyennes, comme dans la plupart des mesures physiologiques. Ils peuvent donc présenter de grands écarts individuels dans les deux sens. Cependant, ils sont utiles comme repères de l'ordre de grandeur de la chaleur produite et de la chaleur à disperser par l'homme au travail. Ainsi entendus, ils peuvent servir à apprécier la possibilité du refroidissement du corps.

II. — Dissipation de la chaleur du corps humain.

Le corps émet de la chaleur principalement par rayonnement, par conductibilité, par convection et par évaporation d'eau, d'où il résulte que la dispersion de chaleur est fortement influencée par l'habillement. Tandis qu'un homme nu exposé dans

facteur est importante parce qu'on peut en déduire l'obligation de munir du costume le plus léger possible les porteurs d'appareils occupés dans des atmosphères chaudes et humides. Les préceptes anglais de 1950 recommandent les vestons sans doublure et les culottes au-dessus des genoux.

Le refroidissement du corps par évaporation d'eau n'a qu'un rôle insignifiant pendant le repos dans une atmosphère fraîche, mais il devient décisif lors du travail. Il se produit en partie par toute la surface du corps, même sans sueur perceptible, en partie aussi par les poumons et les canaux respiratoires où l'air aspiré relativement sec se sature d'humidité.

Le Tableau III renseigne les résultats des mesures faites à l'état de repos et au travail, et la proportion dans laquelle intervient l'évaporation.

TABLEAU III

Mode de perte de chaleur à température ordinaire	Repos		Travail dur	
	cal/min	%	cal/min	%
Rayonnement	0.79	66	1.25	10.5
Conductibilité - Convection	0.18	15	1.52	12.8
Evaporation	0.25	19	6.94	58.1
Travail musculaire	—	—	2.22	18.6
	1.20	100	11.95	100

une chambre à température moyenne émet par rayonnement 1.25 cal/min (les autres causes étant exclues), il n'en perd que 0.8 dans le costume habituel, c'est-à-dire 64 %. Winkhaus nous dit que, d'après ses mesures, un homme en costume léger ne perd au total que 60 % de la perte à l'état nu. (3).

L'air est un très mauvais conducteur de la chaleur, et lorsqu'il s'interpose entre la peau et le vêtement ou bien séjourne dans les mailles d'un tissu poreux, il forme une couche isolante qui s'oppose à la déperdition de la chaleur.

Bien que ce soit un fait d'observation journalière que des habits chauds diminuent la déperdition de chaleur et en même temps la capacité de travail, la connaissance de la grandeur de ce

L'évaporation prend encore plus d'importance aux hautes températures parce qu'alors la faible différence de température entre le corps et le milieu ambiant réduit les échanges par rayonnement, conductibilité et convection. L'influence de ces trois causes réunies tombe à 10 % pour une température de 34° C au thermomètre sec, tandis que 90 % sont attribuables à l'évaporation. Quand la température ambiante dépasse celle du corps humain, les trois facteurs en question prennent des valeurs négatives, c'est-à-dire que le corps reçoit de la chaleur de l'extérieur.

L'évaporation d'eau est aussi une fonction de la température de l'air ainsi que de sa faculté d'absorption, c'est-à-dire du degré de saturation en vapeur d'eau. Plus l'air chaud est humide, moins il évapore de sueur par unité de temps; en plus, une

faible vitesse du courant d'air empire encore les conditions.

La température, l'humidité, la vitesse du courant d'air sont les trois facteurs dont dépend la quantité de chaleur dont le corps peut se débarrasser en l'unité de temps (5, 6, 7). Ensemble, ils déterminent la capacité de travail de l'homme et les limites de cette capacité. Leur action combinée détermine l'effet frigorifique qu'on peut mesurer par le catathermomètre (8).

Comme unité de cet effet, on prend la quantité de chaleur R en milligrammes-calories (10^{-6} grandes calories) qui est enlevée par cm^2 et par seconde à une surface à la température de 36,5° C. Le diagramme de Giesea montre la relation entre cette quantité et la température, le degré de saturation et la vitesse de l'air (fig. 1).

Sur la partie gauche, on a porté en abscisses les températures au thermomètre sec et en ordonnées les températures au thermomètre mouillé pour différents degrés d'humidité. Pour trouver la température au thermomètre mouillé, on part du degré indiqué au thermomètre sec et on suit l'ordonnée jusqu'à la rencontre avec le trait marqué du degré d'humidité. L'horizontale prolongée vers la gauche donne sur l'axe la température humide cherchée. Par exemple : on a mesuré 32° C au thermomètre sec, degré de saturation : 100 % ou 50 %, température humide respectivement 32 et 24° C.

Sur ce même diagramme gauche, les traits horizontaux interrompus représentent l'effet frigorifique dans l'air en repos ($v = 0$) et la température humide, par exemple : pour $t_h = 32^\circ \text{C}$, $R = 3$, et pour $t_h = 24^\circ \text{C}$, $R = 8.2$.

server que les indications du catathermomètre ne s'appliquent pas exactement à l'homme. Quand le refroidissement se fait uniquement par évaporation de la sueur, il exige un effort cardiaque beaucoup plus grand que s'il y a en même temps rayonnement, conductibilité et convection. Le catathermomètre ne peut évidemment pas rendre compte de ce phénomène; il donne cependant des indications utilisables, principalement dans le domaine des températures élevées qui correspondent pratiquement aux mauvaises conditions climatiques dans lesquelles travaillent les sauveteurs.

La température effective (U.S.A.) et sa variante belge ($0.9 t_h + 0.1 t_a$) n'apportent ici aucune modification d'importance pratique dans l'appréciation du climat.

Jansen (6), se fondant sur ses observations personnelles, déclare à propos des effets frigorifiques et des impressions des hommes : « en dessous de » $R = 5$, les mineurs travaillent toujours nus et leur » peau est humide; au-dessus de 5, ils mettent leur » culotte et le torse est encore humide. Quand $R = 15$ et plus, l'ouvrier porte tout au moins la culotte » et la chemise, et la peau ne devient humide que » pendant le travail ».

Par définition, l'effet frigorifique se rapporte au cm^2 . La surface du corps de l'homme est en moyenne de 16.000 cm^2 . Comme on l'a dit plus haut, il faut décompter de cette surface environ 60 % pour le vêtement. On calcule d'après cela la quantité de chaleur que le corps peut perdre par unité de refroidissement R : $0.60 \times 16.000 (\text{cm}^2) \times 60 (\text{sec}) = 576.000 \text{ mg.cal/min} = 0.516 \text{ cal/min}$.

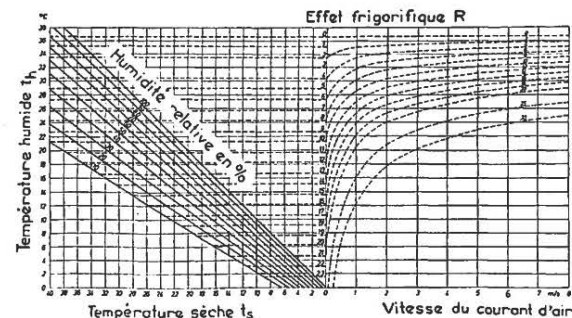


Fig. 1. — Effet frigorifique en fonction de la température, de l'humidité et de la vitesse du courant d'air.

Sur la partie droite du diagramme, les abscisses sont les vitesses du courant en m/sec, et les ordonnées, les effets frigorifiques. Ainsi à $t_h = 32^\circ \text{C}$, $R = 3$ dans l'air en repos, et devient 5.4 pour $v = 1$ et 8 pour $v = 3$.

Plusieurs médecins (en Allemagne, Hollande, Belgique, Sarre, France et Amérique) ont fait ob-

D'un autre côté, si l'on part d'un travail très intensif qui ne peut durer qu'un temps très court, soit 1.100 kgm/min, il faut dissiper 10 cal/min et l'expérience montre qu'il faut pour cela au moins $R = 15$. On a par conséquent une dispersion de chaleur de 0.65 cal/min, et par unité R. Ceci est conforme à l'observation que, pour un effet frigorifi-

que de 2 à 2,5, la seule quantité de chaleur qui puisse être enlevée est celle qui correspond au métabolisme de base (à la conservation de la vie) : 1,2 cal/min, et que tout travail de durée devient alors impossible.

Si l'on rapproche le chiffre de 0,6 cal/min par unité d'effet frigorifique R des quantités de chaleur qui sont libérées par le travail et qui doivent être éliminées, on peut établir un rapport direct entre l'aptitude au travail et l'effet frigorifique de l'air.

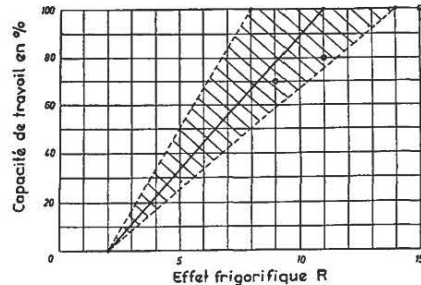


Fig. 2. — Capacité de travail en fonction de l'effet frigorifique du courant d'air.

Le diagramme n° 2 représente cette loi linéaire. En abscisses sont les valeurs de R et en ordonnées l'effet utile du travail en %. Si l'aptitude de l'équipier restait constante, dans les mêmes conditions, nous aurions un rapport bien défini, mais ce n'est pas le cas, et on a dû se contenter de calculer des moyennes.

De la dépense réelle d'oxygène des sauveteurs pendant le poste, on peut déduire des valeurs limites. C'est ainsi qu'une dépense d'oxygène de 70 l/h correspond à une production de chaleur de 5,84 cal/min, et une dépense de 120 l/h à 10 cal/min. Pour un rendement en énergie mécanique de 15 %, ces chiffres correspondent respectivement à 374 et 640 kgm/min. Le reste, soit 5 à 8,5 cal/min représente la chaleur à éliminer. On a porté au diagramme 2 sur l'horizontale correspondant à une capacité de travail de 100 %, les valeurs extrêmes relevées expérimentalement, soit 4,8 cal/min (R = 8) et 8,4 cal/min (R = 14). Un autre point significatif est celui qui correspond à R = 2 et au métabolisme de base de l'homme au repos. Si l'on joint ce point aux deux autres, on délimite un domaine qui devient de plus en plus étroit quand R diminue et qui est celui du travail sans risque de coup de chaleur. Pour nos supputations, nous adoptons la valeur moyenne qui correspond à 6,6 cal/min et à une dépense d'oxygène de 90 l/h, c'est-à-dire à un travail prolongé très dur. Comme cette tension élevée n'est pas exigée constamment, la ligne moyenne comporte donc une certaine réserve.

Le problème suivant consiste à déterminer l'effet refroidissant de l'air.

Au sujet de la possibilité de déterminer expérimentalement l'effet frigorifique de l'air, Jansen nous dit : « Avec une expérience suffisante des procédés de mesure, on peut, suivant la nature de la peau » de l'expérimentateur, estimer le pouvoir frigorifique à 1 ou 2 unités près. Si la peau est très humide sans qu'il y ait travail énergétique, R ne dépasse certainement pas 5 unités; entre 6 et 8, la peau est humide, au-dessus de 10, on peut la qualifier de moite, et au-delà de 15 n'apparaissent plus que quelques gouttelettes de sueur qui ne deviennent plus nombreuses que par le travail ».

Des observations subjectives de ce genre sont sans doute utiles pour permettre au sauveteur de se rendre compte de la nature d'une atmosphère chaude et humide, mais elles sont insuffisantes pour estimer éventuellement les limites dangereuses.

Etant donné les difficultés que présente la simple mesure de la température, du degré d'humidité et de la vitesse de l'air — facteurs qui donnent par le calcul ou par des abaques l'effet frigorifique — il faut chercher des méthodes plus simples qui permettent au sauveteur de juger sainement de son aptitude au travail et éventuellement de se retirer à temps.

Si l'on écarte la vitesse du courant d'air, bien qu'elle ait une influence énorme (Exemple : dans le local d'exercice règne une température de 40° C, avec 55 % d'humidité. La température humide est de 32° C et l'effet frigorifique dans l'air au repos est de 3; cela signifie qu'on transpire en étant assis et en caleçon de bain, par contre, s'il y a un courant d'air de 3 m/sec, l'effet frigorifique est de 8, c'est-à-dire qu'on met la chemise et la culotte et qu'on peut travailler) il ne reste à mesurer que la température et le degré d'humidité. Ces deux facteurs sont faciles à mesurer avec un thermomètre mouillé, sur lequel toutefois on puisse lire, non pas séparément la température sèche et le degré d'humidité, mais leur combinaison exprimée en degrés de température humide.

De nombreuses recherches en Allemagne et ailleurs ont démontré que la grandeur physique appelée « température humide » est effectivement le critère de l'échauffement du corps dans l'air au repos. Par exemple, dans un local où la température sèche est de 20° C et le degré d'humidité 60 %, la température humide est de 16° C et l'on se trouve à l'aise. Tout aussi agréable est une température de 28° C s'il n'y a que 20 % d'humidité, ou bien 18° C avec 80 % d'humidité parce que ces cas correspondent aussi à 16° C de température humide. Les gens les plus habitués à apprécier la température et l'humidité ne ressentent aucune différence dans leurs impressions, bien que l'écart de température soit de 10° C.

L'instrument nécessaire pour la mesure de la température humide est le psychromètre à aspiration qui rend inutile le thermomètre sec.

Par la mesure de la température humide, on a fait le premier pas, mais il nous manque encore la mesure de la vitesse de l'air. On pourrait se servir d'anémomètres, mais c'est très incommode pour les porteurs de masques. En attendant qu'on

ait trouvé un instrument approprié, on doit essayer de tirer des conclusions en se basant uniquement sur la température humide. Il est évident qu'on n'obtiendra jamais des résultats exacts; cela ressort de la figure n° 1 et du tableau IV.

C'est ainsi que l'effet frigorifique passe du simple au double quand la vitesse de l'air varie entre 0 et 2 m/sec.

TABLEAU IV.

Température humide	Vitesse de l'air en m/sec						
	0,1	0,5	1	2	3	4	5
	Effet frigorifique R						
26° C	7,8	10,8	12,6	15,6	17,2	19,4	20,8
28° C	6,5	8,7	10,2	12,7	14,2	15,7	16,8
30° C	4,9	6,7	7,8	9,7	10,9	12,0	12,9
32° C	3,4	4,6	5,4	6,7	7,6	8,3	8,9

Malgré son insuffisance, la température humide doit nous conduire à des règles pratiques. Lors des opérations de sauvetage qui exigent l'emploi d'appareils respiratoires, on doit compter avec les conditions les plus sévères et notamment avec une vitesse de l'air égale à zéro. On peut tout au plus escompter 1 m/sec, vitesse relative due au déplacement de l'homme. A cette vitesse correspond un effet frigorifique bien défini en fonction de la température humide (fig. n° 1). On peut donc tracer un graphique de l'effet utile de l'homme en fonction de l'effet frigorifique ou directement en fonction des températures humides (fig. 3). (Les chiffres entre crochets correspondent à l'hypothèse $v = 0,50$ m/sec).

Vers 34 à 35° C, il devient impossible de faire un travail d'une certaine durée. Cette constatation est très importante. Cette limite serait atteinte par exemple par une température sèche de 40° C et un

degré d'humidité de 70 % ($t_h = 35°$ C). Nous en arrivons donc à devoir prendre des précautions spéciales et le chef d'équipe doit savoir ce qu'il doit ordonner lorsque la température t_h à l'endroit du travail vient à prendre une valeur aussi élevée.

En dessous de $t_h = 28°$ C, il n'y a certainement aucun danger. Une vitesse de l'air de 1 m/sec donne un effet frigorifique de 10, ce qui suffit pour

enlever 6 cal/min, c'est-à-dire plus qu'il n'en faut pour un travail équivalent à celui du boisage ou de l'abatage en charbon tendre. Même s'il fallait par à coups développer un travail plus énergique, il reste la ressource de laisser refroidir le corps par une pause.

Haldane (9) considère comme supportable une atmosphère à $t_h = 29,5°$ C avec une vitesse de 0,70 m/sec. (R = 7). Brunt (10) indique comme limite du travail pénible 28,5° C avec une vitesse de 1 m/sec (R = 10). Le diagramme (fig. 3) montre que, pour une température humide de 28° et une vitesse de 1 m, la chute de rendement est de 10 % quand la chaleur à éliminer atteint 6,6 cal/min, mais que l'aptitude reste entière s'il n'y a que 6 cal. Dans ces conditions, la consigne pourrait être « pas de danger ».

Par 30° C, et 1 m/sec, le diagramme nous montre que l'effet utile de l'homme n'est plus que de

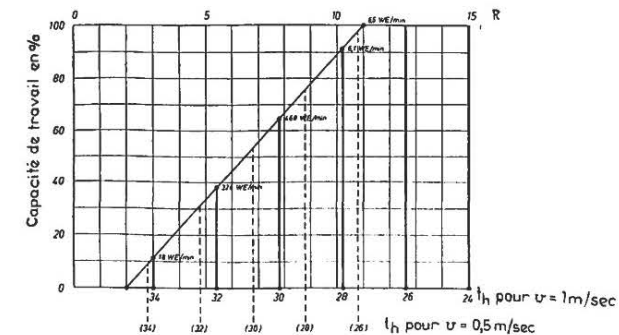


Fig. 3. — Capacité de travail en fonction de la température humide de l'air. — Quantité de chaleur entraînée par le courant d'air (proportionnelle à R) : AVE, min = cal/min.

65 %, l'effet frigorifique de 7,8 unités et la chaleur enlevée : 4,7 cal/min. La chaleur développée par un travail dur ne pourrait plus être complètement éliminée et l'on approche du danger de coup de chaleur, mais on peut l'éviter en réduisant la quantité de travail, par exemple en procédant plus lentement.

Citons encore Haldane qui fixe la limite admissible pour un poste complet à $t_h = 20,5^\circ \text{C}$ et $v = 0,7 \text{ m/sec}$ et Bidlot à $t_e = 31^\circ \text{C}$, étant entendu que $t_e = 0,9 t_h + 0,1 t_s$ sans intervention du courant d'air.

D'après les expériences de Lehmann (12), l'atmosphère lors des incendies souterrains est presque toujours complètement saturée et on peut poser $t_e = t_h$.

La température humide de 30°C peut encore certainement être considérée comme relativement peu dangereuse eu égard à la faible durée des prestations d'une équipe de sauvetage. Cependant ici, il convient de se mettre en garde et la consigne devrait comporter : « Attention ! Lentement ! Prenez du repos ! »

Par une température humide de 32°C et $V = 1 \text{ m/s}$, l'effet utile se réduit tout au plus à 40 %, le pouvoir frigorifique à 5,4 et l'élimination de chaleur à 3,24 cal/min. Si l'on veut éviter le coup de chaleur, il faut réduire le travail à 20 %, c'est-à-dire à 360 kgm/min. Cela équivaut à monter à l'échelle sur une hauteur de 5 m/min. Brunt (10) déclare que si $t_h = 32^\circ \text{C}$, on ne peut effectuer qu'un travail léger. D'après Caplan (13) dans les mines de l'Inde, on aurait observé des températures de $32,2^\circ \text{C}$ (pas d'indication du courant d'air) : on a dans ces conditions l'impression d'étouffer et le travail utile tombe très bas.

Une équipe de sauvetage ne peut donc plus guère fournir de travail et la durée de la prestation doit être très réduite pour que la chaleur emmagasinée ne dépasse pas les réserves physiologiques. Ici la consigne doit être : « Danger ! Avancez lentement ! Durée du travail : 1 heure au plus ».

Pour $t_h = 35^\circ \text{C}$, l'effet utile est à peu près 25 %, et à 34°C il est pratiquement nul. Un séjour prolongé dans de telles conditions peut devenir dangereux, le travail ne peut être que très court et accompli dans des conditions à spécifier. La consigne est alors : « Retraite ! Lentement ! ».

Pour juger des effets de la température humide sur le travail utile de l'homme, nous avons fait appel aux études et aux expériences qui ont eu pour objet de déterminer les limites du travail possible pendant toute la durée d'un poste dans la mine. C'est dans cette hypothèse qu'a été tracé le diagramme n° 3 qui correspond à la tâche moyenne d'un poste de 8 heures. Les réactions de défense physiologique sont ici mobilisées, mais les réserves ne sont pas sensiblement entamées. Dans les travaux de sauvetage, par contre, il est souvent nécessaire (et le cas est maintes fois réalisé) de faire appel aux réserves physiologiques dont il sera question dans un chapitre suivant; il s'agit alors de prestations relativement courtes alternant avec des périodes de repos.

En tenant compte de ces réserves, lesquelles permettent un court séjour dans de mauvaises conditions climatiques, il paraît opportun de coordonner toutes les considérations précédentes dans une consigne basée sur les degrés de température, et qui pourrait être rédigée comme suit :

Température humide :

- I. Moins de 30°C Pas de danger
- II. 30 à 32°C Attention! Lentement! Repos!
- III. 32 à 34°C Danger! Marchez lentement. Durée du travail : 1 heure au plus.
- IV. plus de 34°C Retraite! Lentement!

Cette gradation devrait être observée tout spécialement lors des reconnaissances dans lesquelles on ne connaît pas d'avance les conditions climatiques des chantiers à parcourir. En outre, le chef d'équipe doit être bien averti de ce que les sauveteurs ne pourront être aptes à travailler dans les températures excessives que s'ils n'y ont pas déjà séjourné trop longtemps.

Il résulte de nombreuses applications pratiques que la gradation proposée n'impose pas des efforts exagérés aux porteurs d'appareils. A titre d'exemple, citons un exercice accompli le 19 juin 1930 dans la galerie d'exercice du charbonnage de Gelsenkirchen A. G. La température à l'étage inférieur était de 42°C , à l'étage supérieur de 47°C . Le degré d'humidité était compris entre 63 et 64 %, ce qui s'exprime en température humide par 35°C et 30°C . Avec un courant d'air de 1 m/sec , le pouvoir frigorifique était de 2 unités avec $t_h = 35^\circ$, tandis que dans la galerie de l'étage supérieur, le corps de l'homme ne pouvait éliminer aucune chaleur. Cependant, les symptômes du coup de chaleur ne sont apparus qu'au bout de 90 minutes chez les opérateurs équipés d'appareils BG 170/400.

Lehmann rapporte des exercices de deux heures dans une galerie de la Sarre où la température humide était de 35° ($t_h = 40^\circ$). On a constaté des vomissements. Lehmann fait ressortir expressément que « dans ces longs exercices, l'air aspiré s'échauffait par contact avec la cartouche d'alcali et que cette cause doit être prise en considération ».

Les consignes proposées ci-dessus laissent donc une certaine marge de sécurité, d'autant plus que dans les circonstances difficiles on n'emploiera que des sauveteurs soigneusement triés.

La station principale de sauvetage d'Essen a déjà, à la suite de nombreux faits d'expérience, réduit la durée des prestations, même à des températures plus basses. D'après une circulaire de 1943, la durée doit être réduite à une heure, sans égard au résultat bon ou mauvais, quand la température mesurée est de 35°C et le degré d'humidité 80 %, ce qui correspond à une température humide de 32°C . Par après, cette durée limite d'une heure a été étendue jusqu'à 35°C et 65 % d'humidité, c'est-à-dire à une température humide de $29,5^\circ \text{C}$.

Ajoutons ici les prescriptions anglaises de 1930. Les équipes de sauveteurs doivent se retirer et ren-

trer dans l'air frais quand la température humide est de $85^\circ \text{F} = 29,5^\circ \text{C}$, et faire rapport. Ce n'est que dans le cas où il paraît y avoir possibilité de sauver une existence humaine que le sauveteur pourra agir à sa discrétion. Quand on sera bien renseigné sur les circonstances, on formera une seconde équipe de sauvetage avec la consigne suivante : si la température humide atteint 90°F (32°C), la retraite est obligatoire jusqu'à la base en air frais; en outre, la durée de la prestation ne peut dépasser une heure. C'est uniquement moyennant une permission spéciale que des travaux de sauvetage peuvent s'exécuter par une température de 90°F , et ce, pendant une durée réduite à apprécier suivant les circonstances.

Les considérations théoriques aussi bien que les observations faites en pratique paraissent justifier le maintien de la classification proposée ci-dessus pour les degrés de danger.

Pour les cas exceptionnels, on ne peut édicter de règles obligatoires. Comme on le dit dans les préceptes anglais, c'est en fonction des circonstances du moment que la durée du travail doit être appréciée, et on ne peut se fier qu'à l'expérience. Lehmann (12) rapporte que des expériences par $t_h = 34$ à 40°C ($t_h = 34$ à 42°C) ont duré 45 à 60 minutes et que dans un endroit particulièrement chaud $t_h = 48^\circ$ ($t_h = 54^\circ$) on a pu marcher pendant 20 minutes.

Dans le district d'Aix-la-Chapelle, en 1930, lors d'un incendie souterrain, on a pu faire des relais de 20 minutes, par une température sèche de 72° (pas d'indication sur l'humidité).

Il paraît indiqué de ne pas dépasser 45 minutes quand $t_h = 34^\circ \text{C}$, et la chaleur rayonnante, que ne renseigne pas le thermomètre mouillé enfermé, doit servir d'indice au chef d'équipe pour limiter la durée du travail. Aux plus hautes températures, c'est l'impression ressentie par les sauveteurs qui doit les décider.

III. — Réserves physiologiques du corps humain.

Dans toutes les prestations en milieu climatique défavorable, les réserves physiologiques du corps humain jouent un rôle décisif.

Le corps de l'homme possède la faculté, quand il est soumis à des tensions extraordinaires, d'organiser des mesures de défense appropriées. Cela est vrai quand l'élimination de la chaleur devient difficile, et c'est d'abord par la transpiration et l'évaporation de l'eau que se manifeste clairement la réaction. En outre, la circulation du sang s'accélère et par là élimine une plus grande quantité de chaleur, puisque c'est par la circulation que la chaleur est transportée en tous les points de la surface du corps. Quand la peau est trempée de sueur, sa conductibilité thermique devient un multiple de celle de la peau sèche.

Quand tous ces moyens de défense ne suffisent plus dans une atmosphère incapable d'éliminer assez de chaleur, le corps s'échauffe au-delà de la normale : une augmentation de température de 2°C ne présente encore aucun danger immédiat.

Il en résulte deux nouveaux effets :

- 1) la différence de température entre le corps et l'atmosphère augmente, et par suite, la quantité de chaleur cédée par unité de temps.
- 2) l'emmagasinement de la chaleur dans le corps représente une dissipation différée de chaleur.

La chute de température entre le corps et le milieu environnant, qui est déterminante pour l'évacuation de la chaleur, se calcule en principe à partir d'une température normale du corps de 37°C . Si cette température monte à 39° et que celle de l'atmosphère est de 34°C , on se trouve dans les mêmes conditions que par une température normale de 37°C et une température extérieure de 32°C , c'est-à-dire qu'on élimine 3,24 cal/min. Ainsi, la haute température du corps a pour effet de reculer d'un rang le domaine dangereux parce que l'élimination de la chaleur est accrue d'une valeur correspondante.

L'emmagasinement de la chaleur dans le corps, qui élève la température, constitue une « fixation de chaleur » très importante. Pour élever de 2 degrés la température d'un corps du poids de 70 kg, il faut 140 cal environ. Supposons par exemple que la chaleur en excès soit de 5,5 cal/min et que l'on en perde seulement 3, il faudrait 56 minutes pour que la température du corps s'élève jusqu'à 39°C , et cela sans tenir compte de ce que la température plus élevée du corps favorise aussi certaines causes de déperdition.

Pour terminer, signalons l'impression de faiblesse que l'on ressent à l'approche du coup de chaleur et qui compte également dans les réserves physiologiques. Cette sensation incite à une diminution du travail fourni et par conséquent de la quantité de chaleur en excès. Cette sensation ne doit pas être méprisée dans les milieux chauds et humides; elle est au contraire à considérer comme un avertissement de l'urgence de la retraite.

L'ordre de grandeur des réserves physiologiques est très difficile à exprimer en nombres, et il varie énormément suivant les individus. Tout ce qu'on peut affirmer, c'est que ces réserves sont considérables et qu'elles seules permettent un court séjour dans des endroits où sans cela la température serait absolument intolérable.

IV. — Aptitude individuelle au séjour dans les endroits chauds et humides.

En parlant de la production de chaleur par le travail, nous avons déjà constaté que des gens bien exercés s'échauffent beaucoup moins en faisant un travail donné que ceux qui n'y sont pas habitués. Nous en avons conclu qu'il ne faut exposer dans des endroits de l'espèce que des ouvriers bien entraînés aux travaux pénibles. De ce point de vue, il serait faux de faire appel pour le sauvetage à des porions plutôt qu'à des ouvriers robustes. Les porions doivent être chefs d'équipes, mais pas ouvriers manuels.

Il y a de très grandes différences individuelles dans la faculté de déperdition de la chaleur. Il ne s'agit pas seulement de différences fonctionnelles

qui se manifestent par exemple par les quantités de sueur émises au cours d'un poste, mais d'une disposition acquise et d'une adaptation à l'atmosphère ambiante. Moss (2) dit à ce propos « un ouvrier » étranger à la mine aurait probablement à craindre » un coup de chaleur, s'il voulait immédiatement » entreprendre un travail dans un chantier très » chaud, tandis que des ouvriers habitués travaillent » d'une façon suivie et sans danger pour leur santé » dans des mines profondes et très chaudes ».

On choisira donc, pour composer les équipes de sauvetage, des hommes qui ont montré qu'ils supportent le climat et qu'ils s'y sont adaptés par leur travail quotidien.

Le corps s'oppose au coup de chaleur en retirant du sang aux organes les moins importants et en le faisant circuler à grande vitesse pour le répartir sur toute la surface. Par là, le travail du cœur est accru et le surmenage peut provoquer la syncope qui est cause des accidents mortels. Pour cette raison, un cœur très sain et apte à supporter une fatigue supplémentaire par la déperdition de chaleur est une condition nécessaire à laquelle est subordonné le travail dans les endroits dangereux.

Il arrive cependant souvent que les hommes soient ignorants ou n'aient pas conscience des déficiences de leur cœur. Il s'agit le plus souvent de défauts qui peuvent être décelés lors de l'examen clinique par des bruits accompagnant les battements du cœur ou de lésions des muscles cardiaques que l'on découvre principalement par voie cardiographique. Par principe, la moindre lésion ou fatigue du cœur doit être considérée comme prohibitive.

Etant donné que de légères déficiences cardiaques, inoffensives dans la vie ordinaire, mais gênantes et dangereuses dans le cas de surmenage, affectent principalement les hommes de plus de quarante ans, il faut choisir des hommes jeunes pour composer les équipes de sauvetage. Il est à remarquer qu'en fait, les victimes des coups de chaleur ont été souvent des hommes très expérimentés et par là même assez âgés, et cette constatation renforce singulièrement le caractère obligatoire de l'interdiction.

V. — Régime thermique de l'appareil à oxygène.

Les considérations précédentes se rapportent d'une façon générale à la production de la chaleur dans le corps et à sa déperdition. Il nous reste à voir si les conclusions sont encore valables pour le porteur d'un appareil de sauvetage, et pour cela, il est nécessaire d'examiner les réactions réciproques de l'homme et de son appareil. Si l'on considère que le port de l'appareil, notamment dans les ascensions, constitue un travail supplémentaire, et qu'il en est de même de la respiration à travers des conduits résistants, on peut se demander si l'appareil à oxygène ne contribue pas à augmenter la quantité de chaleur engendrée plutôt que l'aider à la déperdition.

Tout praticien sait que dans un appareil régénératoire à cartouche d'alcali, il y a lieu de distinguer deux phases bien distinctes :

1) la phase initiale qui va d'ordinaire jusqu'à la moitié de la durée de l'utilisation et pendant laquelle l'appareil est froid;

2) la phase suivante, jusqu'à la fin de l'utilisation, et pendant laquelle l'appareil est chaud.

Quelles sont les raisons de cet échauffement de l'appareil ? Est-ce une capacité d'accumulation de chaleur propre à l'appareil ou y a-t-il encore d'autres facteurs opérants ? La réponse à cette question peut être donnée par des considérations théoriques et par des essais pratiques.

On peut prendre comme point de départ la température de l'air à l'endroit (base d'air frais) où l'on endosse l'appareil. C'est la température sèche qu'il faut prendre puisque la boîte de l'appareil ne donne lieu à aucune évaporation. Supposons par exemple que cette température initiale de l'air et de l'appareil soit de 28° C, la chaleur spécifique moyenne, 0,2 cal/kg (Al : 0,217), le poids total 17 kg. Pour que l'appareil s'échauffe de 10° C, il faut lui fournir $0,2 \times 17 \times 10 = 34$ cal.

Cette quantité de chaleur est très appréciable et elle serait très utile si elle pouvait être utilisée exclusivement à rafraîchir l'air expiré. La chaleur spécifique de l'air est très faible : $C_p = 0,238$ cal/kg-degré, soit 0,366 cal par m³ et degré C. Il en résulte donc que pour une différence de température de 10° C, l'air respiré absorberait tout au plus 3,66 cal/m³. Cette quantité est environ 1/20 de la quantité de chaleur engendrée par les réactions dans la cartouche d'alcali. En outre, il faut remarquer que l'entropie de la chaleur engendrée chimiquement est très petite en comparaison de celle de l'air, de sorte que la chaleur spécifique de l'air n'a qu'une importance négligeable en comparaison de la chaleur dégagée chimiquement. La capacité thermique de l'appareil ne contribue donc guère à rafraîchir l'air, mais plutôt à absorber la chaleur dégagée par la cartouche.

En théorie, l'appareil à oxygène avec régénération de l'air expiré est donc une source de chaleur. Quand l'air expiré, humide et chargé d'acide carbonique, traverse la cartouche, il y a dégagement de chaleur par la condensation d'eau et par les phénomènes chimiques. Admettons que, par son passage dans la cartouche, l'air expiré soit desséché jusqu'à un teneur de 10 g/m³, chiffre contrôlé par analyses, et qu'il renferme 5 % de CO₂, la chaleur dégagée par m³ se calcule comme suit :

condensation de la vapeur d'eau :	20,8 cal
chaleur de dissolution (alcali + eau) :	20,1
chaleur de réaction (alcali + CO ₂) :	28,2

total : 69,1

ou, en chiffres ronds : 70 cal/m³.

Le courant respiratoire étant évalué à 20 l/min, la chaleur dégagée est donc $0,020 \times 70 = 1,4$ cal/min; elle est suffisante théoriquement pour porter les 20 litres d'air à la température de 25° C.

Pratiquement, cette chaleur se perd dans la cartouche elle-même, par transmission à l'enveloppe d'air frais, dans la proportion de 50 %, de sorte

que la température réelle de l'air au sortir de la cartouche est comprise entre 80° et 100° C. L'air se refroidit ensuite par contact avec les parois des raccords du sac respiratoire, de la boîte à soupapes et du tuyau d'aspiration jusqu'à la température sèche du milieu. Dans la phase froide de fonctionnement, l'air reste donc relativement sec avec une teneur absolue en eau de 10 g/m³.

Dans les poumons et dans les vaisseaux respiratoires, l'air aspiré se sature complètement d'eau. La chaleur de condensation qui représente dans le régénératoire 20,8 cal/m³ se trouve ici empruntée au corps sous forme de chaleur de vaporisation. Cette quantité de chaleur, si elle était uniquement employée à refroidir l'air, abaisserait sa température de 66° C. Pratiquement cet effet frigorifique se répartit entre l'air respiré, l'air emmagasiné dans les poumons et entre les parois de tous les organes de la respiration.

Le pouvoir réfrigérant de l'air sec donne la sensation que l'appareil est frais pendant la première phase. Il se monte à 0,416 cal/min pour un débit d'air de 20 l/min. En absorbant 4 à 5 % de l'oxygène contenu dans ces 20 litres, la combustion dégage 4 à 5 cal/min. L'effet utile du refroidissement par l'air sec est donc environ 8,5 à 10 %.

Si l'on compare l'effet frigorifique de l'air aspiré sec à celui du milieu ambiant, on a vu plus haut qu'une unité d'effet frigorifique correspond à une déperdition de 0,60 cal/min. Pour atteindre ce chiffre, le débit de l'air en circulation dans l'appareil devrait être de 31,5 l/min. Cette comparaison fait ressortir le rôle très important de la déshydratation de l'air. Par exemple, pour $t_h = 34°$ C, l'effet frigorifique de l'atmosphère environnante est de 3 unités, et si on y ajoute une unité apportée par l'air aspiré, il sera accru de 33 %.

C'est une constatation très importante que l'appareil respiratoire soit dans la première phase, non pas une source de chaleur, mais plutôt une aide, secondaire il est vrai, à sa dissipation. Nous pouvons donc en conclure que tout ce qui a été exposé précédemment au sujet de l'aptitude et des limites de l'effet utile de l'homme aux hautes températures, s'applique encore sans réserve au porteur d'appareil respiratoire pendant toute la première phase de l'utilisation.

Dans la deuxième phase, l'air aspiré finit par atteindre des températures de 40 à 42° C tout en étant saturé d'eau. Cet air n'a plus d'effet frigorifique; au contraire, il fournit au corps de la chaleur, tout spécialement par la condensation de la vapeur d'eau. Un exemple numérique le fera mieux comprendre. A 42° C, l'air saturé renferme 56,5 g d'eau par m³. Dans le corps, cet air est ramené à la température de 37° C et alors il ne peut plus contenir que 43,9 g d'eau. Il y a donc une condensation de 12,6 g d'eau, ce qui correspond à un dégagement de chaleur de 7,3 cal/m³ d'air. A raison d'un débit de 20 l/min, le corps recevrait donc 0,146 cal/min.

La différence totale entre la chaleur que l'appareil absorbe dans la première phase et celle qu'il émet dans la seconde phase est donc 0,55 cal/min.

et c'est un fait d'expérience que cette différence est très nettement perceptible.

La conclusion de ceci, quant au travail dans les endroits dangereux, c'est que la durée des prestations doit être limitée à celle de la première phase c'est-à-dire à celle de l'action desséchante de la cartouche d'alcali.

La durée de la première phase est d'environ 1 h à 1 h 1/2 pour un travail moyen (monter des escaliers à raison de 120 m/heure) et pour une dépense d'oxygène de 50 à 60 l/h. Un travail plus intensif réduit fortement la durée de la première phase, et c'est un motif de plus pour recommander une marche et un travail modérés dans les endroits chauds et humides.

Pour vérifier expérimentalement ces conclusions théoriques, des essais ont été organisés par Ruhe et Nawrocki dans la galerie d'exercices de Hamborn. Les températures humides étaient de 30° à l'étage inférieur et de 38° à l'étage supérieur avec une teneur en humidité de 70 à 80 %. Les sauveteurs étaient équipés d'appareils BG 170/400. Un des hommes de l'équipe avait son appareil débranché et respirait directement dans l'atmosphère. Après une heure, cet homme était complètement épuisé, sa température sous l'aisselle avait monté de 2,2°. Après 1 1/2 h, le premier des sauveteurs normalement équipés a dû cesser l'exercice, sa température avait monté de 1,8° C. Les trois autres ont pu s'acquitter de la tâche complète de 2 1/2 h sans défaillance, bien que chez eux aussi la température ait monté considérablement.

Cette expérience semble prouver le bien fondé des considérations précédentes, c'est-à-dire que l'appareil à oxygène dans sa première phase contribue à la déperdition de la chaleur du porteur. Il est donc légitime de généraliser les conclusions relatives aux limites d'endurance et de les appliquer même aux porteurs d'appareils avec régénération par des hydroxydes alcalins.

En cherchant à condenser toutes les réflexions et recherches qui peuvent expliquer le problème complexe du coup de chaleur, nous arrivons à des « Principes » à appliquer pour éviter les accidents.

Principes à observer lors des prestations des équipes de sauvetage dans les endroits très chauds et très humides.

1. Employer exclusivement des hommes en bonne santé et, autant que possible, ayant moins de 40 ans.
2. L'état de santé des sauveteurs doit être examiné par tous les moyens d'investigation disponibles; l'état du cœur doit être spécialement vérifié à fond (cardiographie).
3. Préférer les hommes qui sont habitués à des travaux exigeant un effort physique important.
4. Préférer les sauveteurs acclimatés, c'est-à-dire ayant l'habitude des travaux aux hautes températures humides.
5. Les sauveteurs porteront un costume léger (chemise de laine et culotte sans caleçon).

6. Le sauveteur ne doit pas être occupé deux fois de suite sans interruption. Un repos de 2 heures est nécessaire entre deux postes, à moins que des signes de fatigue manifeste ne conduisent à augmenter cet intervalle.
7. Éviter les repas copieux et les libations inutiles avant la prestation.
8. Avant chaque poste, renouveler la cartouche d'alcali même si la précédente n'est pas usée complètement.
9. Vérifier la contenance de la bouteille d'oxygène : en cas de nécessité on a tendance à manœuvrer souvent la soupape de secours à main.
10. Emporter des thermomètres mouillés ou un psychromètre pour vérifier les conditions climatiques.
11. En cas de température croissante, se régler d'après la consigne suivante :
I. — En dessous de $t_h = 30^\circ \text{C}$ — Pas de danger.
II. — De 30 à 32°C — Attention ! Lentement ! Pauses !
III. — De 32 à 34°C — Danger ! Marcher lentement. Ne pas dépasser une heure.
IV. — Plus de 34°C — Retraite ! Lentement !
12. Dans les cas exceptionnels où t_h dépasse 34°C , réduire la durée des prestations en s'inspirant des circonstances. Bien spécifier la tâche à accomplir. Ne dépasser sous aucun prétexte la limite imposée.
13. S'il n'y a pas de danger d'explosion, dégager la poitrine, retrousser les manches, balancer les bras en marchant. Pendant les poses, se coucher, ne pas s'asseoir, relever les jambes du pantalon.
14. Les sauveteurs doivent informer le chef d'équipe de tout symptôme de coup de chaleur, tel que : nausée, sensation de faiblesse, fatigue, dégoût, excitation, maux de tête, douleurs dans les membres, troubles de l'ouïe ou de la vue, vertige.
15. Le chef d'équipe surveille son groupe soigneusement; il demande souvent si tout va bien.
16. A l'apparition des indices de coup de chaleur : cesser le travail, manœuvrer plusieurs fois la soupape de secours lors de l'aspiration, ordonner la retraite et la marche lente. Lors de la retraite, activer légèrement la soupape de secours pendant l'aspiration.
17. S'il n'y a pas de courant d'air, pas de repos dans la position assise. Un léger déplacement du corps est plus propice à la déperdition de la chaleur que le repos.
18. A la base de départ en air frais, et là où l'équipe de secours rencontre un courant d'air, disposer des couvertures dans lesquelles les hommes puissent s'envelopper pour éviter les refroidissements.
19. A la base de départ en air frais, tenir des boissons chaudes à la disposition des hommes qui reviennent.
20. Lors des exercices d'entraînement, il est recommandable d'exposer les hommes de temps en temps à des atmosphères chaudes, humides et peu agitées pour leur faire connaître les conditions auxquelles ils peuvent être exposés dans la réalité des opérations. Cependant, il ne faut jamais outrepasser les indications de l'article 11.

BIBLIOGRAPHIE

1. Rein, Physiologie des Menschen, 10. Auflage (1949), S. 167.
2. Moss, Coll. Guard. 1923, S. 1359 und 1424, und Winkhaus, Glückauf 1924, N° 8, S. 129.
3. Winkhaus, Gesamtwärme und Kühlleistung der Wetter in tiefen, heißen Gruben, Glückauf 1923, N° 10, S. 233.
4. Du Bois, The Mechanism of heat loss and temperature regulation, 1937, und Rein, s. 1.
5. Heise — Herbst — Fritsche, Lehrbuch der Bergbaukunde, I. Band, 8. Auflage (1949), S. 557.
6. Jansen, Die Erwärmung der Wetter in tiefen Steinkohlengruben, Glückauf 1927, N° 3, S. 84 ff.
7. Giesa, Beiträge zur Frage der Grubenbewetterung, Glückauf 1932, N° 40, S. 889.
8. Schulz und Faber, Eichung von Kathernometern, Glückauf 1927, N° 46, S. 1673.
9. Haldane, I.S. — The influence of high air temperatures, Journ. Hyg. 5 (1905), 404.
10. Brunt, — Physiological effects of high temperature and humidity, Fourth Emp. Mining and Metallurgical Congress Great Britain, July 1949, Paper D. 1.
11. Bidlot R. und P. Ledent, Climatization souterraine, Rev. Univ. Mines 93 (1950), 173.
12. Lehmann, G. Beiträge zur Bekämpfung von Grubenbrand. Abdämmung, Aufwältigung, Arbeit der Grubenwehr, Glückauf 1951, N° 35-36, S. 817.
13. Linsel, E. Das Grubenklima, Glückauf 1951, N° 29-30, S. 677 (dort ausführliche Literaturangaben).

Sécurité dans les mines et soutènement

par L. DENOEL,

Professeur émérite de l'Université de Liège.

D'après « Grubensicherheit und Grubenausbau - Leoben 1952 ».

Une Conférence Internationale sur la sécurité dans les mines et le soutènement s'est tenue à Leoben en Autriche, du 23 au 27 juin 1952. Cette Conférence était organisée par l'École Supérieure des Mines de Leoben, l'Association des Mines et de la Métallurgie, l'Association des Ingénieurs des Mines Autrichiens et la Société des Amis de l'Université de Leoben. Elle suscita un très vif intérêt et réunit un grand nombre de spécialistes nationaux et étrangers. Quarante-deux communications y furent présentées. Les textes des rapports et des discussions ont été publiés dans un volume de 263 pages, intitulé « Grubensicherheit und Grubenausbau », édité par Urban Verlag, de Vienne.

Nous donnons ci-dessous un résumé succinct des communications qui, conformément au titre, ont été groupées en deux sections.

I. — SECURITE.

1. Discours d'ouverture.

M. le Président H. Zechner de Leoben a rappelé en excellents termes l'importance primordiale de la sécurité dans les mines et les progrès réalisés en ces dernières années, qui sont dus en grande partie aux études scientifiques dans l'ordre théorique et dans l'ordre expérimental. Il cite notamment les éboulements et l'étude des méthodes d'exploitation, les explosifs et le grisou et les recherches dans les stations d'essai, la climatologie des chantiers et la silicose, le rôle des ingénieurs de la sécurité et des tests psychotechniques.

2. M. Erlinghagen a donné un aperçu de l'activité de tous les organismes qui s'occupent de la sécurité, du sauvetage et de l'hygiène dans le bassin de la Ruhr.

3. M. F. Ruhe traite de l'organisation et des services de sécurité dans les grandes compagnies minières. L'établissement d'un service spécial de la sécurité remonte à 1920, époque de marasme et de recrudescence des accidents; actuellement, il existe dans toutes les grandes exploitations. Le chef de service doit être un ingénieur universi-

taire; il doit posséder une grande compétence technique, une certaine expérience et l'amour du métier, beaucoup de patience, de jugement et d'entregent. Il lui faut une situation indépendante, la confiance de la haute direction et la bonne entente avec les autres services. Pour se guider, il doit recourir à la statistique des accidents d'après leurs causes et les différents chantiers. Cette statistique doit être concentrée au bureau d'études du service, elle fait connaître les endroits et les travaux les plus dangereux où s'impose une surveillance plus nombreuse et surtout plus apte. Indépendamment des règlements généraux sur la police des mines, des précautions particulières s'imposeront. L'examen à l'embauchage et la répartition des ouvriers d'après leurs aptitudes et leur âge, sont aussi utiles à la sécurité qu'au rendement. La stabilité dans un même emploi et un même chantier est une grande garantie. Il faut surtout apprendre à l'ouvrier à se protéger lui-même. Cette éducation se fait par des mots d'ordre, la distribution de tracts, d'affiches illustrées, de courtes notices, d'un journal de la mine et par des conférences. Dans ce domaine, on rencontre beaucoup de difficultés parce qu'on s'adresse à des hommes faits, plus ou moins sceptiques ou indifférents, qu'on se heurte aussi à l'esprit d'opposition et au mépris du danger.

La lutte contre les poussières et la silicose est une des tâches les plus importantes du service de sécurité. Rentrent encore dans ses attributions le sauvetage, les premiers soins aux blessés, la réadaptation au travail des convalescents.

Le chef du service doit faire des inspections personnelles, mais ne doit pas s'égarer dans les menus détails; son rôle est de diriger et de coordonner. Un plan d'ensemble est indispensable, mais il ne faut pas s'y tenir trop strictement ni reculer devant les adaptations suggérées par la pratique.

4. La normalisation du costume du mineur fait l'objet d'un second rapport du même auteur. Un Comité spécial composé de mineurs et de représentants de diverses industries a été créé en 1950 et s'est occupé des pièces d'habillement conçues pour protéger le mineur contre les accidents