

**Pour
éviter
de
remonter
dans
cet
état**

IL FAUT BOIRE

AVERTISSEMENT

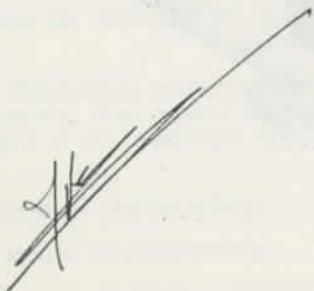
Ce numéro spécial consacré à la physiologie et la diététique tente de répondre à une demande de plus en plus importante des spéléologues concernant les réactions de l'organisme face aux agressions du milieu souterrain. L'évolution des techniques alpines permet aujourd'hui à beaucoup d'atteindre des profondeurs autrefois domaine réservé des équipes lourdes en hommes et en matériel, et dotées d'une logistique importante. La physionomie des explorations en a été bouleversée et avec elle les contraintes imposées à l'organisme.

Après une première période où l'entraînement et surtout la diététique ont été un peu laissés pour compte par de nombreux explorateurs, l'augmentation des incidents et accidents a fini par faire réfléchir.

Dans le domaine de la prévention, l'E.F.S. se taille depuis longtemps la part du lion. Cette plaquette est le fruit de 3 ans de travail et d'information auprès des spéléos par l'E.F.S. et la commission médicale du Comité Spéléologique d'Ile-de-France. Son but avoué est de faire prendre conscience aux spéléologues que l'entraînement physique et la diététique font aujourd'hui intégralement partie de la préparation à une exploration souterraine.

Nous avons bien conscience du caractère partiel et incomplet de ce document face à l'étendue du sujet et nous sommes d'avance ouverts à toutes remarques qui pourront nous parvenir.

Docteur J. F. BESSAC



Docteur P. DUSEIN



SPECIAL

Sum N°1



ISBN:2-905628-00-5

PHYSIOLOGIE, DIETETIQUE ET SECOURISME EN SPELEOLOGIE

Docteurs J. F. BESSAC et P. DUSEIN.

ILLUSTRATIONS : P. PLUCHON et TINHO

Photo de couverture : Olivier PELLEGRINI

Technique de déplacement d'un blessé sous terre (cf - p. 18)

SOMMAIRE

● CHAPITRE 1 - PHYSIOLOGIE	
1 - INTRODUCTION	2
2 - L'APPAREIL RESPIRATOIRE	2
3 - L'APPAREIL CIRCULATOIRE	3
4 - L'APPAREIL DIGESTIF	4
5 - L'APPAREIL LOCOMOTEUR	5
6 - LE SYSTEME NERVEUX	6
7 - LA REGULATION THERMIQUE	6
8 - LE REIN	7
9 - L'EAU ET LES ELECTROLYTES	7
● CHAPITRE 2 - ADAPTATION A L'EFFORT	
1 - MODIFICATION MUSCULAIRE	8
2 - ADAPTATION CIRCULATOIRE	9
3 - ADAPTATION RESPIRATOIRE	9
4 - MODIFICATIONS DE LA GLYCEMIE	9
5 - MODIFICATIONS DE LA TEMPERATURE	10
6 - MODIFICATIONS HYDRO-ELECTROLYTIQUES	10
7 - NOTION D'ENDURANCE ET DE RESISTANCE	10
● CHAPITRE 3 - DIETETIQUE APPLIQUEE A LA SPELEOLOGIE	
1 - BESOINS ENERGETIQUES DE L'ORGANISME	11
2 - DIFFERENTES SOURCES D'ENERGIE	12
3 - STOCKAGE DE L'ENERGIE	13
4 - AUTRES ELEMENTS APPORTES PAR L'ALIMENTATION	13
5 - NOTIONS GENERALES CONCERNANT L'ALIMENTATION	14
6 - REGIMES PARTICULIERS	14
7 - LES TABLES DE CORRESPONDANCE ALIMENTAIRE	14
8 - COMPOSITION DES MENUS	15
● CHAPITRE 4 - ACCIDENTS, INCIDENTS ET CONDUITE A TENIR	
1 - CAUSES DES ACCIDENTS ET STATISTIQUES	17
2 - CONDUITES GENERALES A TENIR EN PRESENCE D'UN ACCIDENTE	17
3 - FATIGUE ET EPUISEMENT	19
4 - ATTEINTES OSTEO-ARTICULAIRES	20
5 - PATHOLOGIE DE LA PLONGEE SOUTERRAINE	21
6 - MORSURES ET PIQUES D'ANIMAUX (EN FRANCE)	23
7 - LES TROUSSES DE SECOURS	23
● CHAPITRE 5 - PREVENTION	
1 - PRINCIPE DE L'ENTRAINEMENT CHEZ UN SPELEOLOGUE	24
2 - ENTRAINEMENT TECHNIQUE	25
3 - DIETETIQUE SPELEO	25
4 - PROTECTION THERMIQUE	26
5 - VISITE MEDICALE SPORTIVE	26
● BIBLIOGRAPHIE.	27
LEXIQUE DES TERMES TECHNIQUES UTILISES.	28

Administration : Comité Spéléologique d'Ile de France

130, rue Saint Maur, 75011 PARIS - TEL : (1) 357.56.54

Directeurs de la publication : PLUCHON Patrick - PELLEGRINI Olivier

Souscription : France : 65 F (50 F + 15 F Frais de port)

Etranger : 70 F (50 F + 20 F Frais de port)

Imprimerie : PAILLIARD - Vitry-sur-Seine

Dépôt légal : 52

Année : 1985

CHAPITRE 1

PHYSIOLOGIE

Pour se maintenir en vie l'organisme a besoin d'énergie que lui apportent les aliments essentiellement sous forme de glucides. Ceux-ci doivent être dégradés en présence d'oxygène (voir chapitre 3) pour que le rendement énergétique soit maximum. Cette production d'énergie s'accompagne de déchets plus ou moins toxiques si on les laisse s'accumuler dans l'organisme; les principaux sont: le gaz carbonique (CO_2), l'urée, et l'acide lactique.

Pour réaliser ces opérations, l'organisme dispose de plusieurs appareils fonctionnant en étroite relation:

- l'appareil respiratoire capte l'oxygène et élimine le gaz carbonique (CO_2) dans l'air;
- l'appareil digestif absorbe et transforme les aliments en molécules utilisables par les cellules;
- le cœur et les vaisseaux sanguins transportent l'oxygène du poumon aux cellules et les molécules énergétiques du tube digestif aux organes qui vont les utiliser; ils se chargent de plus de transporter le gaz carbonique (CO_2) au poumon et les autres déchets toxiques jusqu'aux reins, qui les éliminera dans les urines.

1) INTRODUCTION

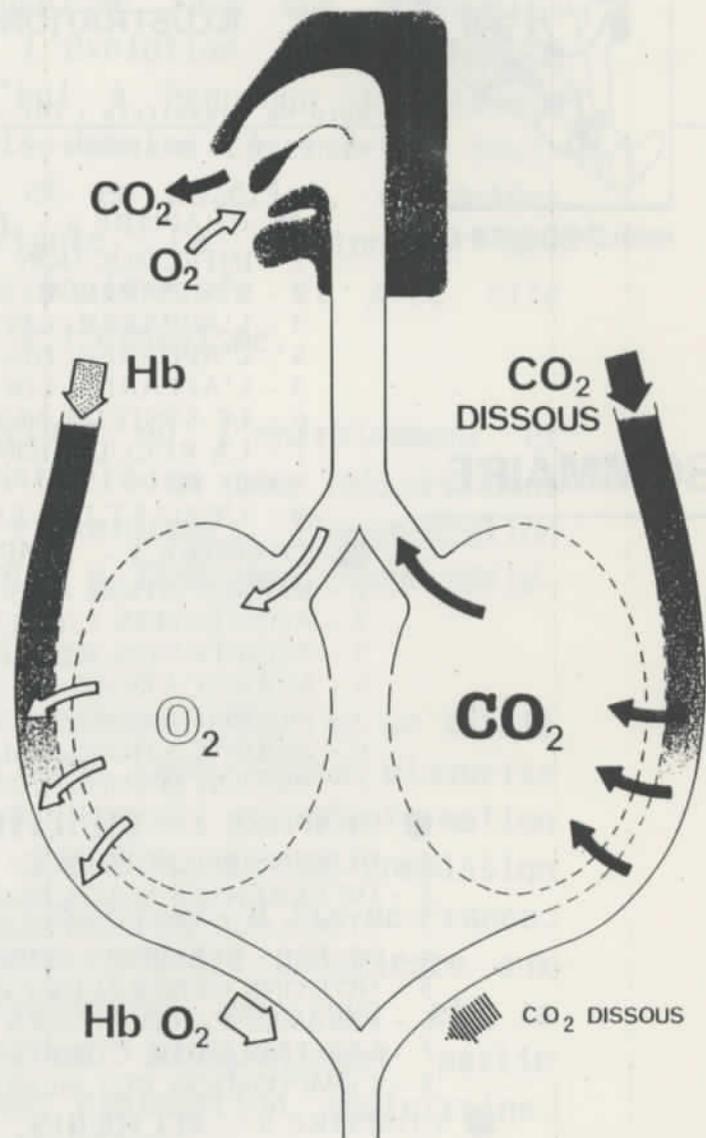
Nous ne rappellerons dans ce chapitre que l'anatomie simplifiée des différents appareils (à l'aide de schémas) et leurs fonctions principales. Les notions ainsi apportées sont suffisantes pour comprendre les réactions de l'organisme au repos et à l'effort. Bien que simples, elles sont néanmoins nécessaires à la bonne compréhension des chapitres suivants et il est donc déconseillé de faire l'économie de leur lecture. Ceux qui désiraient avoir des notions plus complètes pourront se référer aux différents ouvrages cités dans la bibliographie.

2) L'APPAREIL RESPIRATOIRE

Il est composé:

- des voies aériennes supérieures qui laissent passer l'air jusqu'aux poumons;
- des poumons eux-mêmes qui permettent le passage de l'oxygène (O_2) vers le sang et du gaz carbonique (CO_2) vers l'air expiré, au niveau des alvéoles pulmonaires; à ce niveau le sang n'est séparé de l'air alvéolaire que par une très fine membrane, les gaz peuvent donc diffuser sans difficultés, et ils le font sous la seule influence de leurs différences de pression respectives de part et d'autre de la membrane. - fig. 1 -

$P_A \text{O}_2$ (pression alvéolaire en O_2) = 100 mmHg
 $P_V \text{O}_2$ (pression veineuse en O_2) = 40 mmHg
 l'oxygène va donc passer de l'alvéole vers le sang.
 $P_A \text{CO}_2$ (pression alvéolaire en CO_2) = 36 mmHg
 $P_V \text{CO}_2$ (pression veineuse en CO_2) = 40 mmHg
 Le gaz carbonique (CO_2) va donc passer du sang vers l'air alvéolaire.

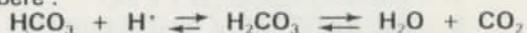


- fig. 1 - Appareil pulmonaire.
Schéma anatomique et fonctionnel.

L'oxygène (O_2) passant dans le sang se fixe sur une molécule chimique contenue dans les globules rouges: l'hémoglobine, selon la réaction



Le gaz carbonique (CO_2) est, lui, véhiculé dans le sang sous forme dissoute en ion bicarbonate HCO_3^- ; il doit subir une transformation pour être libéré:



— pour assurer le renouvellement de l'air alvéolaire et donc une bonne respiration, le poumon est animé de mouvements de soufflet grâce à la cage thoracique, qui est mobilisée par les muscles respiratoires, en particulier le diaphragme.

Les mouvements ventilatoires sont automatiques et sous la dépendance d'un centre nerveux situé à la base du cerveau; il est relié aux muscles respiratoires par des nerfs.

Ce centre est capable de faire varier la fréquence respiratoire (FR) en fonction de la quantité de gaz carbonique (CO₂) et d'oxygène (O₂) contenus dans le sang ; il la mesure directement grâce à des récepteurs spécifiques.

Une diminution de la pression sanguine en oxygène (PO₂) ou une augmentation de la pression sanguine en gaz carbonique (PCO₂) vont entraîner une augmentation de la fréquence respiratoire (FR) pour apporter plus d'oxygène (O₂) au niveau des alvéoles et donc du sang.

A l'inverse une augmentation de la pression sanguine en oxygène (PO₂) ou une diminution de la pression sanguine en gaz carbonique (PCO₂) vont entraîner une diminution de la fréquence respiratoire (FR) pour apporter moins d'oxygène (O₂).

Le but d'une telle régulation est de maintenir des valeurs de pression sanguine en oxygène (PO₂) et de pression sanguine en gaz carbonique (PCO₂) qui soient compatibles avec la vie ; en effet s'il y a trop de gaz carbonique (CO₂) ou pas assez d'oxygène (O₂) dans le sang, apparaît une souffrance cellulaire, car la cellule ne peut plus « brûler » les aliments pour se maintenir en vie ; de même s'il y a trop d'oxygène (O₂) ou pas assez de gaz carbonique (CO₂), il apparaît des troubles.

3) L'APPAREIL CIRCULATOIRE

Le rôle de cet appareil est d'assurer la circulation des substances indispensables à la vie, oxygène (O₂) et molécules énergétiques, et celle des déchets, de leur lieu d'absorption ou de production, jusqu'à leur lieu d'utilisation ou d'élimination. - fig. 2 -

Sur le plan fonctionnel on peut le diviser en trois parties.

31. Le cœur.

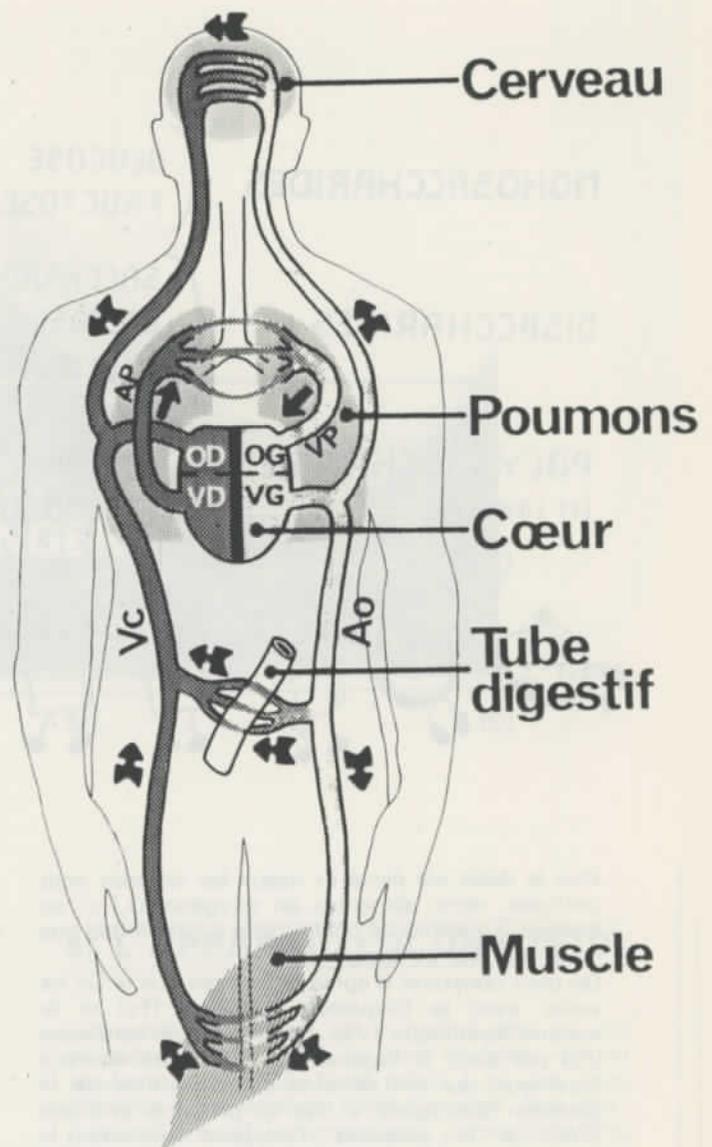
C'est un muscle creux qui fonctionne comme une pompe, il est ainsi responsable de la circulation. La contraction du cœur, ou systole, provoque la « chasse » d'une certaine quantité de sang à chaque fois (volume systolique ou Vs). Suit une phase de relâchement, ou diastole, pendant laquelle le cœur se remplit de sang en prévision de la systole suivante.

Comme tous les tissus le cœur a besoin d'oxygène (O₂) et d'énergie pour pouvoir effectuer son travail ; ces éléments lui sont apportés par ses vaisseaux sanguins : les vaisseaux coronaires. C'est pendant la diastole que le sang peut circuler dans de bonnes conditions dans les vaisseaux coronaires, et assurer ainsi une bonne oxygénation du cœur.

Les contractions du cœur sont automatiques, mais elles peuvent être modifiées par l'action d'un centre nerveux situé à la base du cerveau. On peut ainsi faire circuler le sang plus ou moins vite en agissant entre autre sur la fréquence de contraction ou fréquence cardiaque (Fc).

32. Les vaisseaux sanguins.

Ils guident le passage du sang jusqu'aux organes où celui-ci doit apporter l'oxygène (O₂) et les substrats énergétiques. Leur diamètre peut varier sous l'influence du système nerveux et ainsi opposer une résistance plus ou moins importante au passage du sang (Rp). Ce phénomène est particulièrement important au cours de l'exercice musculaire. Ces variations de diamètre des vaisseaux peuvent ainsi favoriser la perfusion, c'est-à-dire le passage du sang dans un organe au détriment d'un autre (voir le phénomène de la digestion par ex.).



- fig. 2 - Appareil cardio-vasculaire.

Schéma de la circulation sanguine.

OG : oreillette gauche, VG : ventricule gauche, OD : oreillette droite, VD : ventricule droite, VP : veines pulmonaires, Ao : aorte, VC : veine cave, AP : artère pulmonaire.

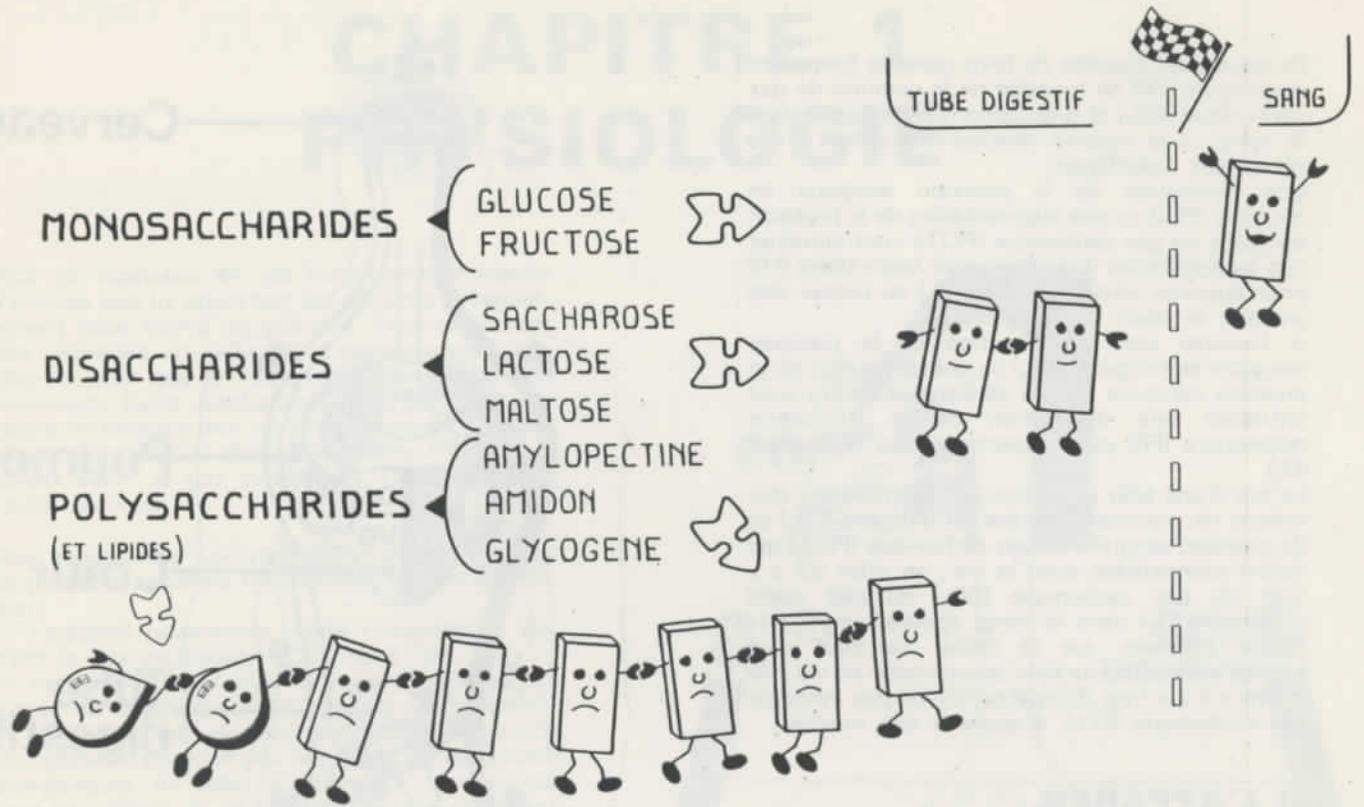
33. Le sang.

C'est un liquide composé pour une moitié d'eau, de protéines, et d'électrolytes (Na⁺, K⁺, Cl⁻, HCO₃⁻, etc.), et pour l'autre moitié de cellules en suspension (globules rouges et blancs, plaquettes). Ce sont les globules rouges qui sont porteur de l'hémoglobine qui fixe l'oxygène. Dans le plasma on trouve dissout la majorité du gaz carbonique (CO₂), et les molécules chimiques énergétiques ainsi que les déchets. Si un organe est mal perfusé en sang, il s'ensuit une diminution de l'apport d'oxygène (O₂) et d'énergie avec augmentation locale des déchets toxiques, qui, si elle se prolonge ; peut être préjudiciable au bon fonctionnement de celui-ci, et même responsable de sa mort.

34. Le débit cardiaque.

La perfusion des organes est liée à la quantité de sang qui y passe par unité de temps : c'est le débit cardiaque qui peut s'écrire de la façon suivante :

$$\dot{Q}_c = V_s \times F_c$$



- fig. 3 - Vitesse d'absorption des différents nutriments. (glucides et lipides).

Plus le débit est élevé et mieux les organes sont perfusés, donc alimentés en oxygène (O_2) et en énergie. Toutefois ce phénomène a des limites que nous verrons au chapitre 2.

On peut constater d'après la formule que le Qc va varier avec la fréquence cardiaque (Fc) et le volume systolique (Vs). La fréquence cardiaque (Fc) est sous la dépendance du centre nerveux supérieur, qui est sensible aux variations de la pression d'oxygène et de la pression artérielle (TA): si la pression d'oxygène diminue, la fréquence cardiaque (Fc) augmente, donc le Qc augmente lui aussi; si la tension artérielle (TA) diminue, la fréquence augmente là encore. Enfin le volume systolique (Vs) et la fréquence cardiaque (Fc) sont sensibles à des hormones, sécrétées par les glandes surrénales, entre autres à la suite d'une émotion ou lors de l'exercice musculaire.

4) L'APPAREIL DIGESTIF

Le tube digestif est un long tuyau dans lequel les aliments subissent au fur et à mesure de leur progression une succession de « traitements » que nous décrivons succinctement :

— au niveau de la cavité buccale les aliments sont broyés par les dents et subissent un début d'attaque chimique par la salive (en particulier les glucides à absorption lente : pain, riz, pâtes, pommes de terre). Cette étape, trop souvent négligée, est fondamentale car les aliments ainsi fragmentés seront d'autant plus faciles à assimiler par l'intestin qu'ils auront été finement broyés ;

— au niveau de l'estomac, les aliments subissent une attaque chimique intense par les sucs gastriques (enzymes, acide chlorhydrique) et un malaxage (contractions de la paroi de l'estomac); lorsqu'ils quittent l'estomac, les aliments sont sous la forme d'un liquide « le chyle ». Cette phase, très gênante lors d'un exercice physique (sensation de ballonnement, gêne respiratoire, pesanteur) est raccourcie si les aliments ont été correctement mastiqués ;

— au niveau de l'intestin les aliments sont absorbés après que leur fragmentation en composés chimiques élémentaires (commencée par la bouche et l'estomac) ait été terminée sous l'action des sécrétions de l'intestin lui-même mais aussi de la bile (sécrétée par le foie) et d'enzymes provenant du pancréas.

— Tous les aliments ne sont pas absorbés à la même vitesse, les plus rapides sont les sucres simples, puis viennent les polysaccharides avec l'amidon, et enfin les graisses. - fig. 3 -

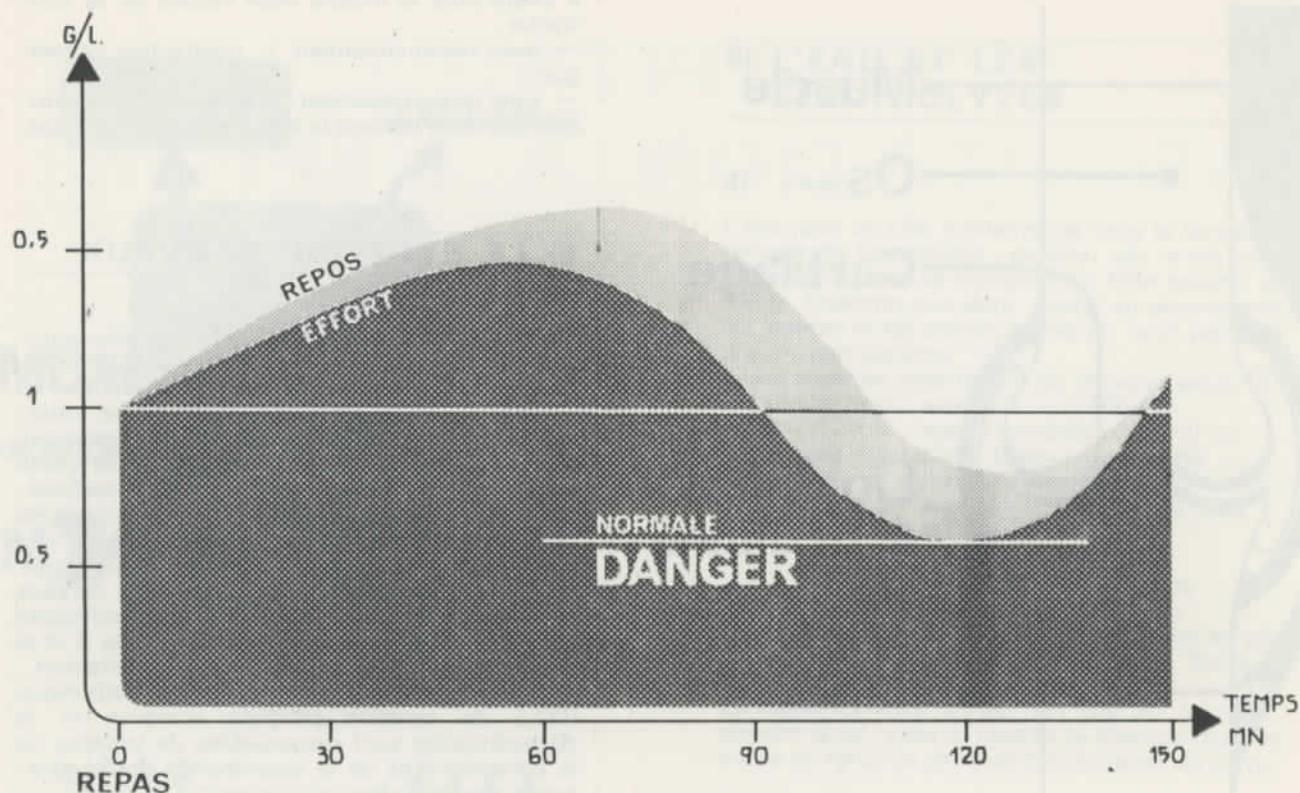
— Tous les nutriments sont ensuite dirigés vers le foie, d'où ils seront ensuite redistribués vers leurs destinations finales respectives en fonction de leurs utilisations.

— Deux notions sont tout particulièrement importantes :

1^o) Lors d'un repas, l'absorption des aliments nécessite beaucoup de sang au niveau du tube digestif; le sang est donc « dévié » préférentiellement vers l'appareil digestif au moment de la digestion; ceci se passe au détriment des autres organes, qui à ce moment, sont donc moins bien irrigués, avec toutes les conséquences que cela peut avoir sur leurs apports en oxygène (O_2) et en glucose; cependant ce phénomène est normal (sensation de fatigue ou d'endormissement après un repas un peu trop riche) il ne devient gênant qu'en cas de nécessité d'une activité intense au même moment.

Pour les différentes sortes d'aliments voir au chapitre diététique en spéléologie.

2^o) Les sucres sont transportés dans le sang sous forme de glucose, sa concentration dans le sang se nomme la glycémie. Le bon fonctionnement de l'organisme nécessitant une glycémie stable, elle est sous la dépendance d'une hormone, appelée insuline, qui contrôle à chaque instant sa valeur.



- fig. 4 - Courbe de variation de la glycémie au repos et à l'effort.

Cette hormone est sécrétée par le pancréas. Si la glycémie augmente au-dessus de la normale, il y a sécrétion d'insuline qui fait rentrer le glucose dans les cellules, et ainsi revenir la glycémie à la normale.

A l'inverse si la glycémie diminue en dessous d'un certain seuil, il y a arrêt de la sécrétion d'insuline et donc le glucose reste dans le sang ; de plus d'autres hormones interviennent alors pour faire monter la glycémie, en faisant sortir du glucose des réserves. - fig. 4 -

Normalement, après un repas, on constate un passage important de glucides dans le sang : il y a hyperglycémie ; en réponse apparaît une sécrétion d'insuline qui fait diminuer la glycémie en passant par une phase inférieure à la normale (hypoglycémie). Cependant ce phénomène est compatible avec la vie, pour peu qu'il ne soit pas trop important. Il apparaît environ 60 à 120 minutes après l'ingestion du repas riche en glucides et nous verrons plus tard quelles peuvent être ses conséquences au cours de l'exercice musculaire.

Les substances ne pouvant être absorbées par l'intestin (fibres végétales, cellulose) continuent leur progression sous forme de liquide vers le côlon.

— Au niveau du côlon, ce qui reste du chyle perd son eau qui est réabsorbée et passe dans le sang. Une fois déshydraté le chyle est devenu plus ou moins solide et prend le nom de selles.

— Les selles sont stockées par le rectum, qui lorsqu'il est plein déclenche le réflexe de défécation.

Le volume des selles est fonction (chez le sujet sain) de la quantité d'aliments ingérés et de la proportion dans ceux-ci de substances non assimilables ou résidus (fibres, cellulose) ainsi que de leur degré de déshydratation.

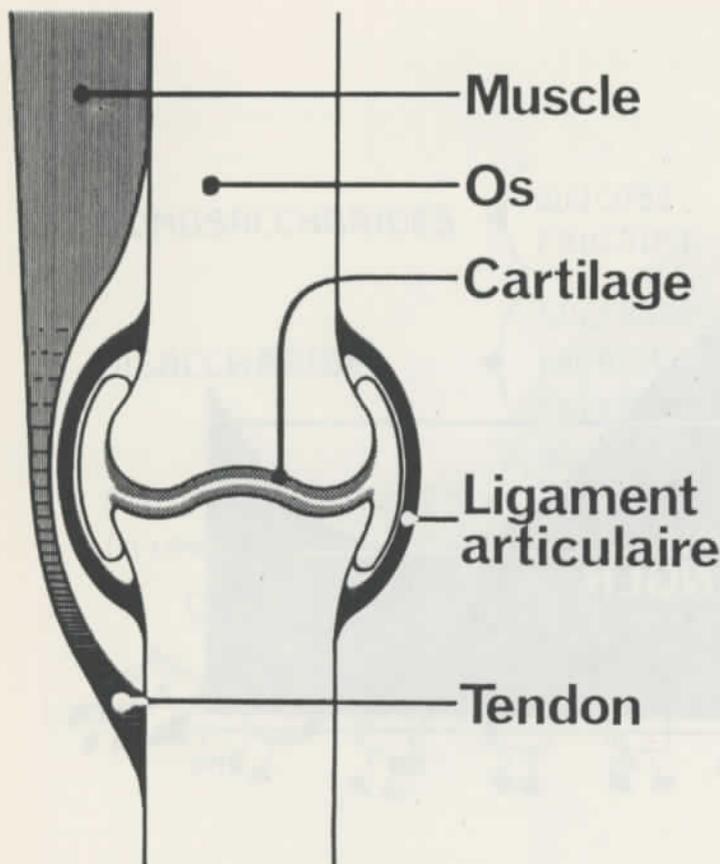
5) L'APPAREIL LOCOMOTEUR

L'appareil locomoteur est constitué des os, qui en assurent la rigidité, et des muscles, qui en assurent la mobilité. C'est grâce à lui que nous pouvons nous déplacer dans l'espace. Son intégrité est donc d'une importance primordiale dans la pratique sportive. Les os subissent lors des mouvements, des contraintes mécaniques importantes entre autre au niveau des articulations (parfois plusieurs centaines de kilo). On comprend donc l'intérêt qu'il y a à les faire travailler dans les meilleures conditions possibles (en particulier la colonne vertébrale) si on veut éviter leur usure prématurée. Les qualités mécaniques des os varient en fonction de l'âge ; encore « élastiques » dans les premières années de la vie (ils peuvent donc subir des contraintes en flexion sans trop de dommages), ils deviennent cassants et plus fragiles avec l'âge, ce qui rend compte de leur moindre résistance aux traumatismes. Les articulations nécessaires à notre mobilité sont les points faibles du système ; leur constitution - fig. 5 - les rend plus sensibles et leurs lésions, entorses (atteintes des ligaments) ou luxations (déboîtement) compromettent leur stabilité voire leur mobilité d'où une impotence qui peut être grave sous terre, le sujet ne pouvant plus se déplacer seul dans certains cas.

Le muscle est un tissu composé pour la majeure partie de fibres contractiles, qui peuvent se mettre sous tension lorsqu'une stimulation nerveuse se produit. Le mécanisme de contraction, que nous ne détaillerons pas, nécessite de l'énergie qui est fournie au muscle par différentes molécules chimiques qui sont :

l'ATP qui se transforme en ADP en libérant de l'énergie.



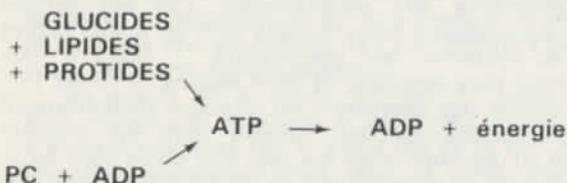


- fig. 5 - Schéma d'une articulation.

Le muscle a deux sources pour reconstituer son stock d'ATP :

- les glucides qui par une succession de réactions chimiques produisent de l'ATP (en présence d'oxygène : 38 ATP pour une molécule de glucose, en l'absence d'oxygène 2 ATP pour une molécule de glucose). D'autres molécules peuvent fournir aussi de l'ATP comme les lipides ou les protides ;
- la phosphocréatine qui peut régénérer l'ADP. Elle est uniquement présente dans le muscle et en faible quantité, son action sera donc de courte durée. Elle est elle-même régénérée à partir des molécules énergétiques apportées par l'alimentation.

$\text{Phosphocréatine} + \text{ADP} \rightleftharpoons \text{Créatine} + \text{ATP}$
 Au total on a donc l'ensemble de réactions suivant :



L'ensemble de ces réactions qui aboutissent à la libération d'énergie nécessite de l'oxygène, qui est fourni par le sang, mais qui est aussi stocké en petite quantité dans le muscle par une molécule, la myoglobine. Ainsi le muscle a toujours à sa disposition une réserve d'oxygène (O_2) pour démarrer rapidement un effort musculaire. Comme pour le cœur, lors de la contraction les vaisseaux sanguins sont écrasés et donc le muscle est mal irrigué à ces moments là.

Il existe pour le muscle deux façons de se contracter :

- avec raccourcissement = contraction isotonique ;
- sans raccourcissement = contraction isométrique. Les deux utilisent la même quantité d'énergie.

6) LE SYSTEME NERVEUX

C'est un appareil complexe qui coordonne automatiquement l'action des viscères (cœur, poumon, tube digestif, etc.) et nous permet de rentrer en contact avec le monde extérieur (sensibilité, motricité, coordination des mouvements, conscience). Son fonctionnement est extrêmement complexe et nous ne pouvons que rester très superficiel. Sur le plan pratique il suffit de connaître quelques notions pour préserver le système nerveux des agressions que lui fait subir l'exercice musculaire.

- Le bon fonctionnement du système nerveux n'est assuré que si il existe des apports suffisants en oxygène (O_2), en glucose, en vitamines B et si l'état d'hydratation du cerveau est satisfaisant.
- L'accumulation dans le sang de gaz carbonique (CO_2), de certains produits toxiques et la déshydratation sont responsables de troubles de la conscience et de la coordination des mouvements pouvant être générateurs d'accidents ;

7) LA REGULATION THERMIQUE

L'être humain est un animal dont la température est constante : 37° . Pour parvenir à un tel résultat, il est nécessaire que le corps soit le siège permanent d'une production de chaleur en raison des pertes constantes liées à différents mécanismes. De plus, il faut que la production soit ajustée aux pertes et ce en permanence.

71. Production et pertes de chaleur.

La production de chaleur peut se diviser en deux catégories : - fig. 6 -

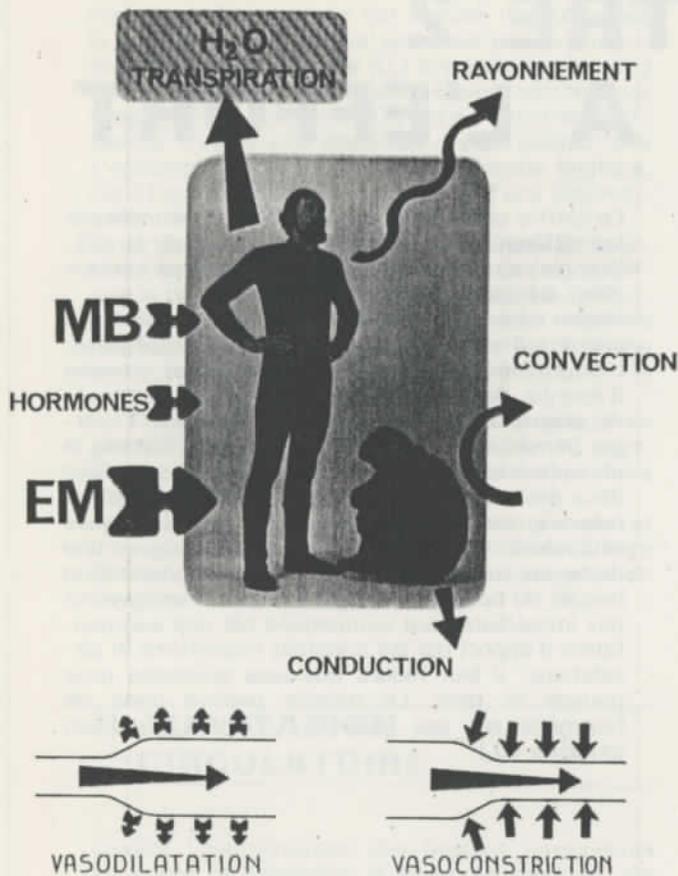
1° La production automatique est liée au métabolisme de base ; les molécules chimiques au cours de leur dégradation libèrent une certaine quantité de chaleur.

2° La production supplémentaire : si on ne peut pas diminuer le métabolisme de base (MB) on peut par contre l'augmenter grâce à l'action de certaines hormones. L'exercice musculaire dégage lui aussi de la chaleur (80 % de l'énergie utilisée au cours d'un exercice est en fait transformé en chaleur).

Les pertes de chaleur peuvent elles aussi être divisées en deux catégories :

1° Les pertes automatiques : par conduction (par réchauffement du milieu ambiant au contact de la peau), par convection (perte liée au renouvellement des molécules qui se sont échauffées au contact de la peau : vent), par rayonnement.

2° Évaporation : c'est la sueur ; mécanisme très important, il permet d'évacuer de grandes quantités de chaleur à condition que l'air ne soit pas saturé en vapeur d'eau.



- fig. 6 - Régulation de la température.
Différentes sources et pertes de chaleur.
MB : métabolisme de base, EM : exercice musculaire.

72. Régulation de la température.

Elle s'effectue grâce à deux procédés.

1° Lutte contre le chaud. L'organisme va évacuer la chaleur vers la périphérie du corps, en favorisant la perfusion de la peau ; pour cela les vaisseaux de ces territoires se dilatent (vasodilatation) : c'est le principe du radiateur. Au niveau de la peau la chaleur sera évacuée selon les procédés déjà décrits, en particulier la sudation.

2° Lutte contre le froid. L'organisme va dans ce cas favoriser le maintien de la chaleur vers le centre du corps, en utilisant le procédé inverse : la vasoconstriction. Sous l'action de certaines hormones il augmentera le métabolisme de base (autant d'énergie qui ne pourra être utilisée à un exercice musculaire). Il augmentera son activité physique, et enfin il utilisera le frisson (contracture musculaire rapide qui dégage de la chaleur).

8) LE REIN

L'appareil urinaire a pour fonction d'éliminer les substances toxiques ou inutiles qui s'accumulent dans le sang et qui proviennent de la dégradation des substances énergétiques (voir chapitre 2) au repos comme à l'effort. Il joue aussi un rôle important dans l'ajustement entre les entrées et les sorties d'eau afin de maintenir une hydratation correcte de l'organisme.

9) L'EAU ET LES ELECTROLYTES

91. L'eau.

L'eau joue un rôle fondamental dans le fonctionnement de l'organisme ; en effet elle rentre pour 60 à 70 % dans sa composition. Pour assurer sa survie, l'homme doit donc ajuster en permanence les entrées et les sorties hydriques, sous peine de graves perturbations.

Les entrées se répartissent de la façon suivante :

— entrée fixes : aliments = 1 000 cc
eau d'oxydation = 300 cc

— entrées ajustables : boissons = 1 000 cc

Les sorties se répartissent comme suit :

— sorties fixes : respiration, sudation de base = 800 cc

selles = 100 cc

urines (mini) = 500 cc

— sorties ajustables : urines = 900 cc

La régulation des entrées se fait grâce aux sensations de soif et de satiété. La soif est liée à la déshydratation des cellules.

La régulation des sorties est liée au fonctionnement rénal ; celui-ci modifie la quantité d'urines émises en fonction de l'état d'hydratation du corps.

92. Les électrolytes.

— Le sodium (Na^+) : apporté par l'alimentation, il est éliminé par les urines mais aussi par la sueur. Ses mouvements sont intimement liés à ceux de l'eau.

— Le potassium (K^+) : apporté par l'alimentation il est aussi éliminé par le rein. Il joue un rôle important dans la contraction musculaire et cardiaque ; celles-ci sont gênées si il y a trop de K^+ dans le sang ce qui se voit dans les situations d'épuisement.



SANS PAROLES

T.M.H.

CHAPITRE 2

ADAPTATION A L'EFFORT

L'exercice musculaire est caractérisé par un certain nombre de modifications au niveau du muscle, qui vont entraîner une adaptation des autres appareils pour que cet exercice puisse se poursuivre dans de bonnes conditions. Ces modifications sont de natures physiques et chimiques.

1) MODIFICATIONS MUSCULAIRES

Au cours de l'effort la consommation d'énergie du muscle augmente afin de fournir le travail mécanique demandé. Suivant l'importance de la consommation d'énergie, on distingue : l'exercice modéré, intense, et épuisant.

L'exercice modéré correspond à une dépense énergétique supplémentaire ne dépassant pas trois fois la valeur du métabolisme de base pendant la même période.

Ex. : en 8 h d'exercice musculaire modéré, la consommation d'énergie ne doit pas dépasser : $(MB/3) \times 3 + MB/3$ soit : $(1\ 200/3) \times 3 + 1\ 200/3 = 1\ 600$ Kcal en 8 h soit 200 Kcal/h.

Ce type d'exercice peut être soutenu pendant plusieurs heures par un sujet non entraîné.

L'exercice intense lui, occasionne une dépense supplémentaire de 4 à 8 fois le MB pendant la même période.

Ex. : en 8 h d'exercice musculaire intense, la consommation d'énergie peut atteindre : $(MB/3) \times 8 + MB/3$ soit : $(1\ 200/3) \times 8 + 1\ 200/3 = 3\ 600$ Kcal en 8 h soit 450 Kcal/h.

Ce chiffre correspond aux chiffres approximatifs par les différents auteurs en ce qui concerne la spécialologie, au cours de laquelle l'organisme produit donc très souvent un effort intense.

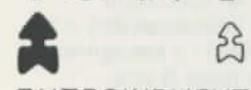
Nous reparlerons de l'exercice épuisant au chapitre 4 en raison du problème vital qu'il pose. L'effort musculaire utilise différentes sources d'énergie déjà entrevues.

Au démarrage l'exercice musculaire utilise l'énergie immédiatement disponible de l'ATP et de la phosphocréatine contenus dans le muscle. Ces deux molécules permettent une contraction musculaire intense mais de très courte durée (quelques secondes). Cette activité entraîne toujours une dette en oxygène (O_2) ; en effet l'augmentation brutale de besoin en oxygène (O_2) du muscle n'est pas immédiatement compensée par une augmentation d'apport par les appareils respiratoire et circulatoire ; il leur faudra quelques secondes pour pouvoir le faire. Le muscle prélève donc de l'oxygène sur ses réserves : c'est la dette en oxygène (O_2).

- fig. 7 - Adaptation cardiaque à l'effort.

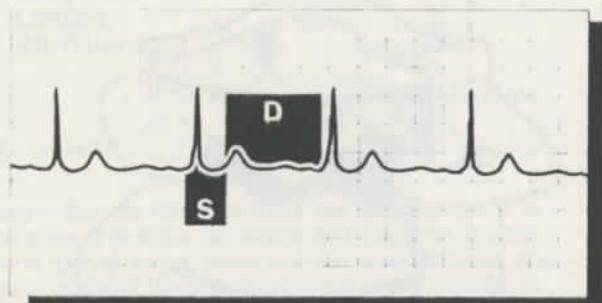
La modification du rythme cardiaque porte essentiellement sur la diastole (D) qui est raccourcie d'où une gêne relative à l'oxygénation du myocarde (coeur).

$$\dot{Q}_c = V_s \times F_c$$

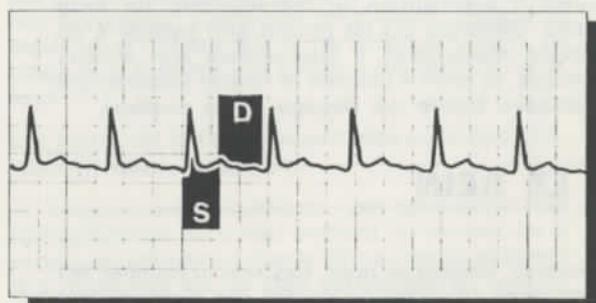


ENTRAINEMENT

TRACES ECG AVANT ET APRES EFFORT



RYTHME = 65 / mn
AVANT EFFORT



RYTHME = 100 / mn
APRES EFFORT

Le glycogène (forme de stockage du glucose dans l'organisme) musculaire est ensuite dégradé, puis le glucose et les lipides apportés par le sang. Si la quantité d'oxygène (O_2) apportée par le sang est suffisante, le muscle utilise la voie aérobie (voir chapitre 2). Si l'oxygène (O_2) est en quantité insuffisante, c'est la voie anaérobie qui est utilisée ; elle s'accompagne de la production d'acide lactique, dont l'accumulation est toxique, et d'une augmentation de la dette en oxygène (O_2).

Cette dette en oxygène (O_2) devra être remboursée à la fin de l'exercice musculaire, ce qui explique la phase de récupération succédant à l'effort.

— Cet exercice musculaire a un très mauvais rendement : 20 à 30 % de l'énergie utilisée sont transformés en travail mécanique, le reste l'est en chaleur.

— Pour améliorer la perfusion du muscle, il se produit une vasodilatation au niveau du muscle, et au contraire une vasoconstriction dans d'autres territoires (digestifs par ex.).

— La consommation importante de glucose et d'oxygène (O_2) par le muscle a tendance à faire diminuer la glycémie et la pression sanguine en oxygène (PO_2).

2) ADAPTATION CIRCULATOIRE

Devant l'augmentation des besoins musculaires au cours de l'exercice le cœur va modifier ses conditions de fonctionnement afin de répondre à la consommation supplémentaire d'oxygène (O_2) et de substrats énergétiques supplémentaire.

Le débit sanguin local musculaire augmente, grâce à une vasodilatation, au détriment des autres organes, sauf le cerveau.

Mais surtout le cœur va augmenter son débit (\dot{Q}_c), qui va croître avec l'exercice. Comme $\dot{Q}_c = FC \times V_s$, l'augmentation du débit va être liée aux variations de la fréquence cardiaque (Fc) et du volume systolique (V_s). - fig. 7 -

La fréquence cardiaque (Fc) croît avec l'intensité de l'exercice, mais sans pouvoir dépasser une certaine limite :

$FC_{max} = 220 - AGE$ en années ± 20 en moyenne.

Cette limitation de la fréquence cardiaque (Fc) se comprend facilement si on se rappelle qu'elle se produit au détriment de la diastole et donc d'une bonne oxygénation du myocarde.

Le volume systolique (V_s) croît lui aussi avec l'intensité du travail et de même il possède une limite maximale.

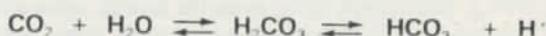
L'entraînement permet d'augmenter le débit cardiaque (\dot{Q}_c), en augmentant essentiellement le volume systolique (V_s), ce qui permet de limiter l'augmentation de la fréquence cardiaque (Fc). La tension artérielle augmente elle aussi ; en effet elle peut s'écrire :

$$TA = Fc \times V_s \times R_p \text{ ou encore } TA = \dot{Q}_c \times R_p$$

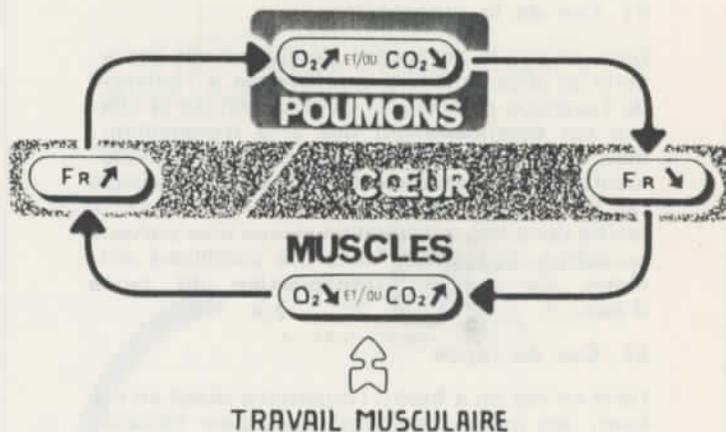
donc la TA est liée au débit cardiaque (\dot{Q}_c) et aux résistances opposées par les vaisseaux sanguins au passage du sang (chapitre 1). On sait que ces résistances diminuent du fait de la vasodilatation, mais la diminution de ce facteur de l'équation est largement compensée par l'augmentation de la valeur du débit cardiaque (\dot{Q}_c) ; au total donc la TA croît, ce qui a pour effet d'augmenter la vitesse de circulation du sang.

3) ADAPTATION RESPIRATOIRE

Devant le besoin accru en oxygène (O_2) le poumon augmente la fréquence respiratoire afin de capter une plus grande quantité d'oxygène (O_2) dans le milieu extérieur. Cette augmentation de la fréquence respiratoire (FR) a aussi pour effet de favoriser l'élimination du gaz carbonique (CO_2) dont la production est accrue par l'exercice musculaire ; ainsi on évite son accumulation et une hyperacidité du sang (acidose), en effet on se souvient que le gaz carbonique (CO_2) est transporté dissous dans le sang sous forme d'acide carbonique : - fig. 8 -



Cette hyperventilation a toutefois des limites et si la production de gaz carbonique (CO_2) est trop importante, le poumon ne parviendra pas à éliminer la totalité, le sang se trouvera donc en état d'acidose ce qui a pour effet de limiter l'exercice musculaire.



- fig. 8 - Adaptation respiratoire.

La fréquence respiratoire (FR) est modifiée en fonction des variations de l'oxygène et du gaz carbonique dans le sang.

4) MODIFICATIONS DE LA GLYCEMIE

La consommation accrue d'énergie par le muscle le conduit à prélever sur les réserves de glucose (glycogène), pour assurer son fonctionnement ; cependant on verra que ces réserves étaient peu importantes (à peine un millier de Kcal), elles vont donc s'épuiser rapidement, et l'organisme se trouvera en état d'hypoglycémie. Du glucose peut être synthétisé à partir des autres molécules (lipides, protides), mais cela ne suffit pas.

Si l'exercice musculaire n'est pas trop important, il y aura cependant suffisamment de glucose pour pouvoir utiliser les lipides comme source d'énergie (voir chapitre 3); par contre en cas d'exercice musculaire intense, le manque de glucose ne permettra pas de dégrader les lipides correctement et il y aura production de corps cétoniques acides; là encore il y aura acidose et gêne à l'exercice musculaire. - fig. 9 -

De plus si l'hypoglycémie est massive, peuvent apparaître des malaises graves (chapitre 4). Enfin dernière notion pratique; on se souvient que la prise d'un repas riche en glucides provoque la sécrétion d'insuline et une hypoglycémie réactionnelle. Celle-ci peu dangereuse à l'état normal, va s'ajouter à celle provoquée par l'exercice musculaire et la majorer. Il conviendra donc pour éviter cet incident, soit de prendre des glucides souvent et par petite quantité, soit d'absorber des sucres à absorption lente avec les autres, ainsi ils arriveront dans la circulation au moment théorique de l'hypoglycémie et l'annuleront. On évitera l'ingestion de grandes quantités de sucres rapides juste avant un effort.

5) MODIFICATIONS DE LA TEMPERATURE

Dans le cas particulier de la spéléologie, on se trouve en présence de deux situations.

51. Cas de la progression.

Dans ce cas la production de chaleur est importante et directement proportionnelle à l'intensité de l'exercice musculaire. L'évacuation de la chaleur est essentiellement due à la transpiration; mais celle-ci est gênée, d'une part par les vêtements, d'autre part elle est moins efficace puisque l'air est presque toujours saturé en vapeur d'eau. Il faudra donc une transpiration accrue pour parvenir au même résultat que dans des conditions normales. Or qui dit transpiration dit perte d'eau...!

52. Cas du repos.

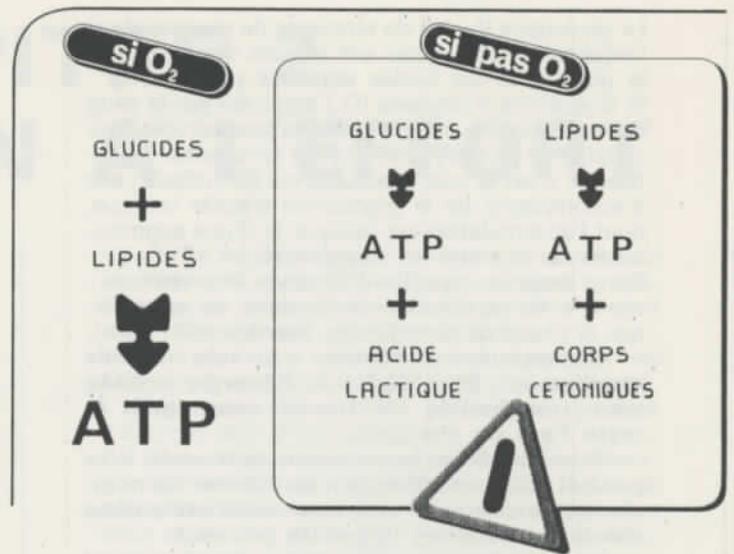
Dans ce cas on a froid... l'organisme réagit en utilisant des molécules énergétiques pour fabriquer de la chaleur; en cas de frissons même chose, c'est autant d'énergie qui n'est pas transformée en travail musculaire...

6) MODIFICATIONS HYDRO-ELECTROLYTIQUES

Lors d'une exploration la transpiration est très importante ce qui entraîne très rapidement une déshydratation, laquelle est responsable d'une baisse du rendement musculaire.

La transpiration peut atteindre des valeurs difficiles à imaginer 1 à 2 litres par heure en cas d'effort intense; il est évident que dans de telles conditions l'effort ne peut être soutenu pendant longtemps.

Le sodium (Na^+) suit les mouvements de l'eau, entre autres il y en a dans la sueur; au total il y aura aussi une perte de sel qui devra être compensée. L'organisme va bien essayer de réagir à ces pertes d'eau et de sel, entre autres en diminuant la quantité d'urines émises, mais cela ne suffira pas à compenser les pertes.



- fig. 9 - Travail en endurance et résistance.

Le travail en résistance libère une moins grande quantité d'énergie et produit des substances acidifiant le sang.

(Acide lactique, corps cétoniques).

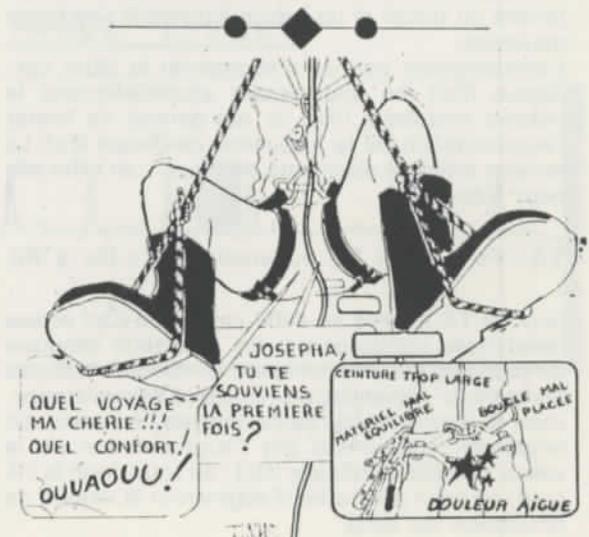
7) NOTION D'ENDURANCE ET DE RESISTANCE

71. Travail en endurance.

Dans cette situation, le cœur bat à une fréquence inférieure à 140; il peut poursuivre ainsi un effort d'intensité modérée sans fatigue trop importante. L'énergie est produite en présence d'oxygène et permet l'utilisation des lipides dans de bonnes conditions. On l'appelle aussi travail aérobie.

72. Travail en résistance.

Dans ce cas, le cœur bat à plus de 140. Ce travail au cours duquel l'organisme utilise surtout ses réserves de glycogène en l'absence d'oxygène, entraîne une dette en oxygène (O_2) importante, une acidose qui vont le limiter rapidement. L'entraînement permet toutefois de reculer cette limite. On l'appelle aussi travail anaérobie.



CHAPITRE 3

DIETETIQUE APPLIQUEE A LA SPELEOLOGIE

Le corps humain tire son énergie des aliments ingérés ; ceux-ci après avoir subi plusieurs transformations complexes, dans le tube digestif, sont absorbés à travers la paroi intestinale sous forme de molécules plus simples, et véhiculés par le sang, soit directement vers leurs lieux d'utilisation, soit vers le foie où ils subiront d'autres transformations chimiques, soit encore vers un lieu de stockage.

1) BESOINS ENERGETIQUES DE L'ORGANISME

Les besoins énergétiques de l'organisme sont extrêmement variables d'un sujet à l'autre ; ils varient notamment en fonction :

— de l'âge du sujet : un enfant ou un adolescent qui doit construire son organisme, consommera plus qu'un adulte ou qu'un vieillard ;

— de l'activité physique du sujet : le travailleur de force a des besoins très supérieurs à ceux du travailleur sédentaire exerçant une activité purement intellectuelle ;

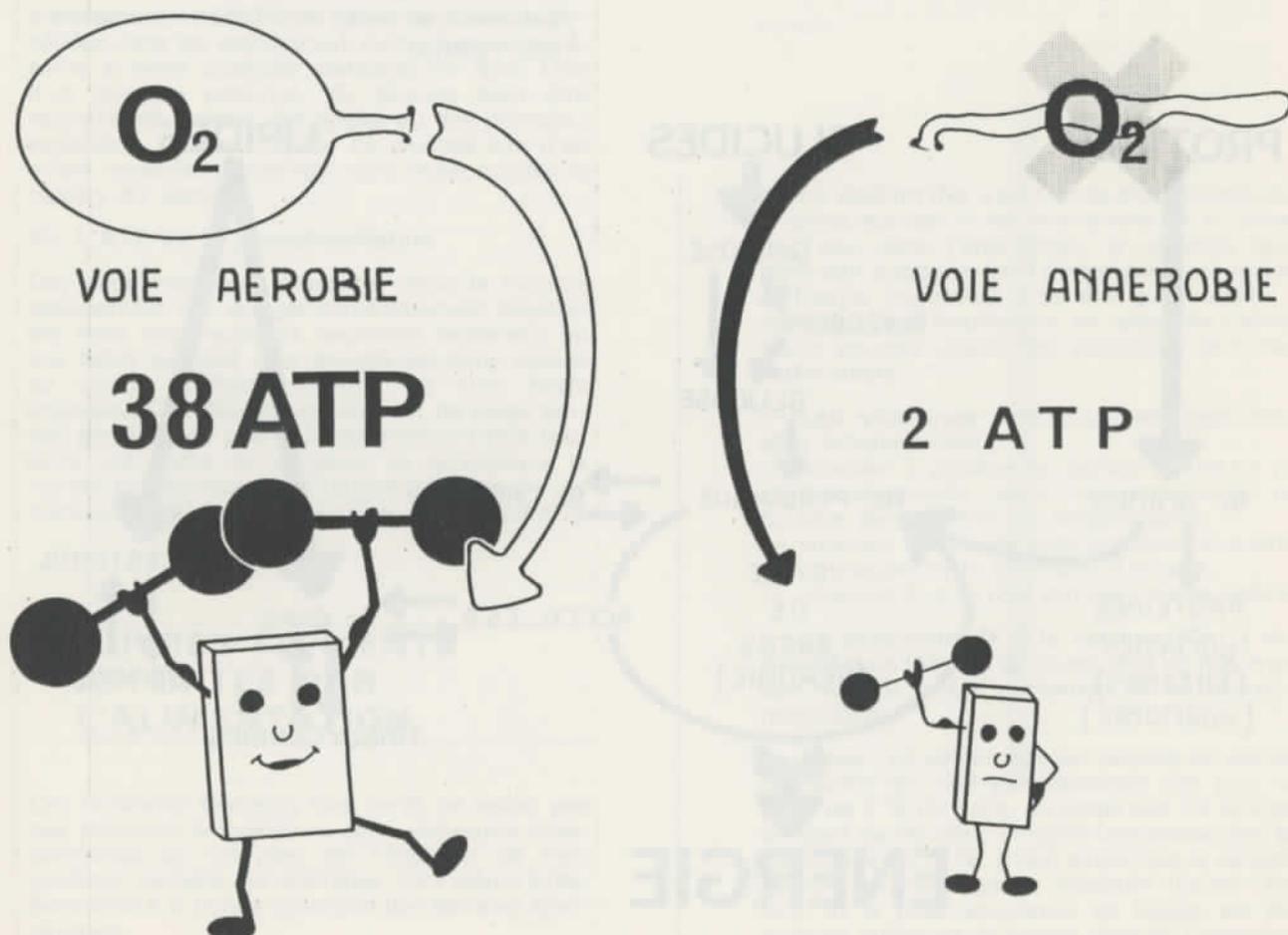
— de variations individuelles : elles sont essentiellement liées au poids et à la taille.

Même à l'état de repos physique l'organisme a besoin d'une certaine quantité d'énergie pour assurer sa stabilité : c'est le **métabolisme de base** ou **MB**. Il est constant pour un sujet donné, à un âge donné. Il se situe aux alentours de 1200 Kcal/24 h pour un sujet adulte de corpulence moyenne. Quand apparaît une activité physique (**W**) la consommation d'énergie augmente et est égale à :

$$E = MB + W$$

Bien entendu **W** est fonction du travail effectué. L'activité sportive est une grande consommatrice d'énergie.

- fig. 10 - Production d'énergie à partir du glucose, avec ou sans oxygène.



En spéléologie la consommation se situe selon les auteurs aux alentours de 400 Kcal/h en cas de progression difficile et peut atteindre parfois 800 Kcal/h.

Exemples de besoins énergétiques journaliers :
 adulte sédentaire : 2000 à 2500 Kcal/24 h soit 28 à 36 Kcal/Kg
 travail de force : 4000 à 4500 Kcal/24 h soit 55 à 65 Kcal/Kg
 nourisson : 350 Kcal/24 h soit 120 Kcal/Kg

2) DIFFERENTES SOURCES D'ENERGIE

21. Les glucides.

Ils doivent représenter 55 % de l'apport calorique journalier et 1 gramme de glucides apporte 4 Kcal. L'alimentation apporte 3 types de glucides :

- les sucres simples : glucose (ex. = XL 1), fructose (fruits),
- les disaccharides : saccharose (sucre), lactose (lait), maltose (miel, orge),
- les polysaccharides : amidon (riz, pâtes, pommes de terre).

Les deux premières catégories sont absorbées rapidement alors que les polysaccharides nécessitent des transformations chimiques avant d'être absorbés et le sont donc plus lentement.

Au total c'est surtout le glucose que l'on trouve dans le sang revenant du tube digestif ; de là le glucose a trois devenir possibles :

— il est mis en réserve soit dans le foie, soit dans le muscle sous la forme de **glycogène**, mais seul le foie pourra le libérer à nouveau dans la circulation. Cette forme de stockage est toutefois limitée : 60 g dans le foie et 200 dans le muscle,

— il peut être transformé en **graisses (triglycérides)** et stocké dans les adipocytes d'où il pourra être mobilisé de nouveau si nécessaire. Le **stockage peut atteindre plusieurs dizaines de kilo.**

— il peut être aussi directement dégradé pour fournir de l'énergie ; cette dégradation peut emprunter deux voies :

la **voie aérobie** : c'est la voie utilisée lorsque l'apport en oxygène est suffisant (effort modéré, marche, progression sans difficultés dans de larges galeries).

Le glucose est transformé et rentre dans une chaîne de réactions chimiques appelée cycle de Krebs qui assure la formation de 38 ATP (molécules permettant le stockage de l'énergie) par molécule de glucose dégradée.

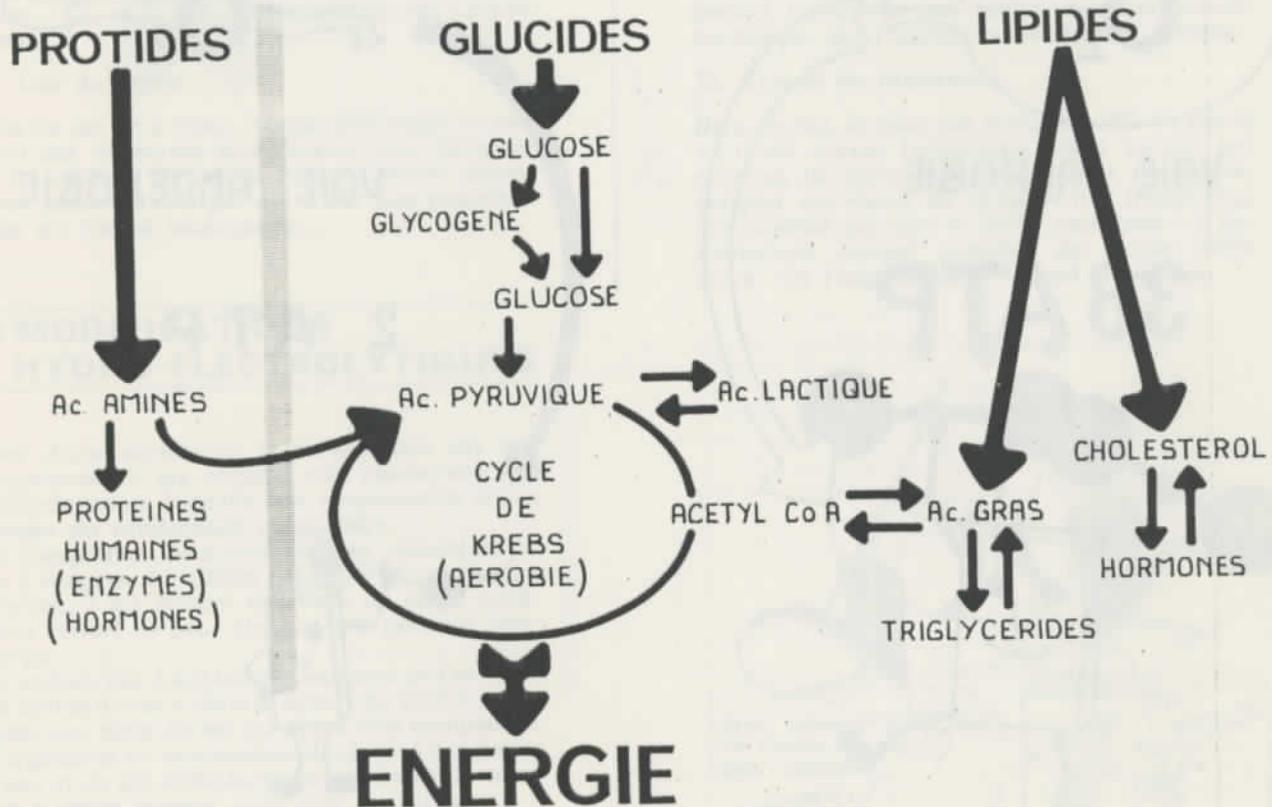
La **voie anaérobie** : c'est la voie utilisée en cas d'insuffisance d'apport en oxygène (effort intense, course, monté au jumar, méandre étroit, rampé, etc.). Le glucose est dégradé en acide lactique qui va s'accumuler dans l'organisme et être responsable d'une acidification du sang et limiter les possibilités d'effort musculaire. Le bilan des réactions est là de 2 ATP seulement, donc très peu important. - fig. 10 -

22. Les lipides.

Les lipides ou graisses doivent représenter 30 % de l'apport alimentaire journalier. Ils sont très énergétiques puisqu'ils apportent 9 Kcal/g.

Les lipides ingérés sont très divers et nous nous en tiendrons à quelques généralités présentant un intérêt direct pour l'activité sportive. Une fois absorbés par le tube digestif (ce qui est lent par rapport aux glucides) ils sont transformés par le

- fig. 11 - Sources chimiques de l'énergie. Les nutriments énergétiques aboutissent finalement au cycle de KREBS et produisent ainsi l'énergie.



foie et stockés dans certaines cellules spécialisées de l'organisme (adipocytes). Ce stock constitue les graisses de réserve (60.000 à 150.000 Kcal pour un adulte). L'organisme pioche dans cette réserve en cas de besoin ; mais pour fournir un maximum d'énergie il faut que ces lipides soient dégradés en présence de glucides. En effet les graisses produisent de l'énergie en entrant dans la succession des réactions du cycle de Krebs, ce qu'elles ne peuvent faire que si la quantité de glucides est suffisante. Dans le cas contraire les graisses sont dégradées en composés appelés corps cétoniques, moins énergétiques et surtout toxiques car ils augmentent l'acidité sanguine.

23. Les protides.

Ils représentent 15 % de l'apport alimentaire et ont un rôle essentiellement plastique. 1 gramme de protides libère 4 Kcal, mais ils sont en fait très peu utilisés à des fins énergétiques dans des conditions de vie normale. - fig. 11 -

3) STOCKAGE DE L'ENERGIE

31. Les graisses de réserve.

C'est la forme la plus importante (60.000 à 150.000 Kcal) mais pour être utilisées elles nécessitent la présence de glucose et d'oxygène ; il sera donc possible de les utiliser au mieux lors d'efforts prolongés peu intenses (aérobie) et si il y a un apport régulier de glucose. - fig. 12 -

32. Le glycogène.

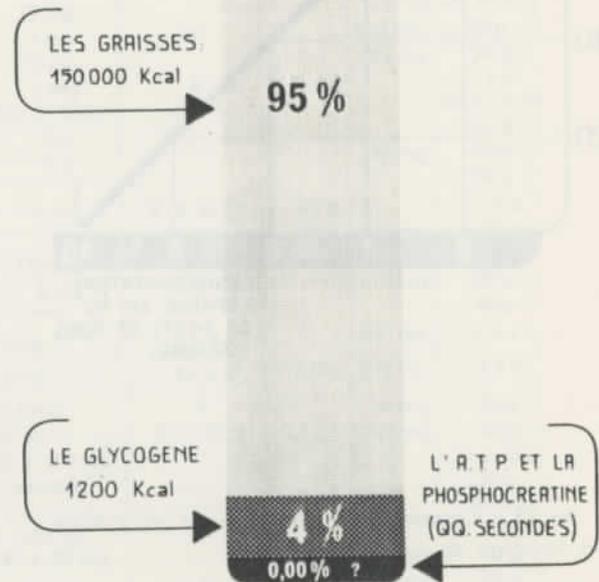
C'est la forme de stockage du glucose (60 g dans le foie et 200 dans les muscles) mais elle est limitée, le surplus de glucose absorbé sera donc transformé et stocké sous forme de lipides (triglycérides dans les adipocytes). Cette réserve représente à peine quelques centaines de Kcal. Lors d'un exercice prolongé, du glucose peut être resynthétisé à partir des lipides ou des protides ; cependant l'apport régulier de glucose lors d'un effort musculaire prolongé reste indispensable la plupart du temps.

33. L'ATP et la phosphocréatine.

Ces deux molécules présentes dans le muscle, représentent une énergie immédiatement disponible mais pour quelques secondes seulement vu leur faible quantité. Leur énergie est donc utilisée au cours d'efforts violents et très brefs (manœuvre de décrochage en bout de longe tendue par ex.) ; de plus leur utilisation entraîne toujours une dette en oxygène ce qu'explique la rapidité d'apparition de la fatigue à la suite de ces manœuvres... (dette en oxygène, voir chapitre 2).

4) AUTRES ELEMENTS APPORTES PAR L'ALIMENTATION

Ces différents éléments bien qu'ils ne soient pas des substrats énergétiques sont néanmoins indispensables au maintien de l'équilibre de l'organisme, certains, les vitamines, sont même indispensables à la bonne utilisation des aliments énergétiques.



- fig. 12 - Stockage de l'énergie par l'organisme humain.

— Le sodium (Na^+) est l'ion le plus répandu dans le corps humain et est intimement lié au devenir de l'eau dans l'organisme ; la quantité spontanément apportée par l'alimentation est toujours suffisante, cependant il semble qu'en spéléo les apports soient insuffisants en raison de l'alimentation souvent uniquement glucidique de certains explorateurs.

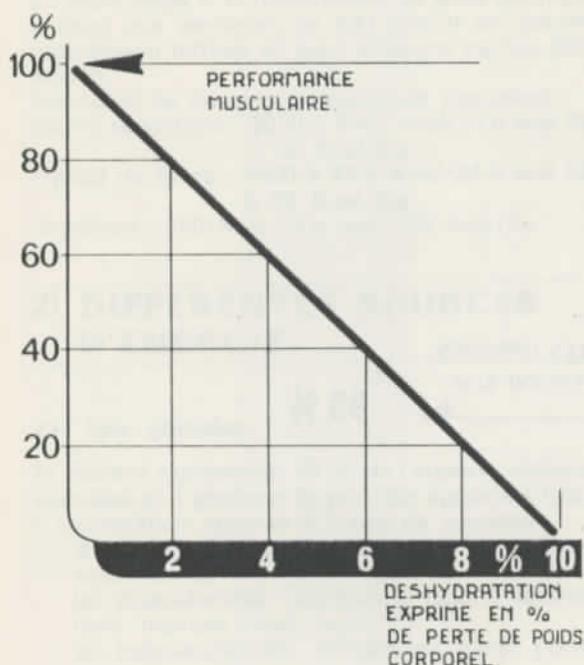
— Les vitamines sont pour certaines d'entre elles indispensables :

- vitamine E, protège les cellules contre les processus destructifs, aurait une importance particulière dans l'effort de longue durée.
- vitamine B, rôle déterminant dans la conduction nerveuse et la libération d'énergie.
- vitamine C, a un rôle stimulant sur la vigilance.

— Le potassium (K^+) le calcium (Ca^{++}) et le magnésium (Mg^{++}). Ils jouent tous un rôle important dans la bonne réalisation de la contraction musculaire.

— L'eau : on estime que les besoins en eau sont de l'ordre de 1 ml par kilocalorie par jour. Une perte de 2 % du poids du corps soit 1,2 litre pour un sujet de 60 kilos, entraîne une baisse des performances de 20 %. Il faut savoir que la sensation de soif est partiellement masquée durant l'exercice, et la prise spontanée de liquide est donc toujours inférieure au besoin réels de l'organisme.

- fig. 13 -



- fig. 13 - Courbe de la performance musculaire en fonction de la déshydratation.

5) NOTIONS GÉNÉRALES CONCERNANT L'ALIMENTATION

Afin d'assurer une variété suffisante des apports alimentaire, les diététiciens ont proposé d'instituer la **règle des 421 GPL**, à ne pas confondre avec les proportions d'apport calorique journalier précédemment cités. Il s'agit ici de la constitution du repas.

4 portions de glucides (G) :

- une crudité (légumes ou fruits cuits),
- une crudité (légumes crus),
- un sucre d'absorption lente (pain),
- un sucre d'absorption rapide (fruit).

2 portions de protéides (P) :

- un produit lacté (fromage, lait),
- un produit non lacté (viande).

1 portion de lipide (L) :

- 1/2 portion de graisse animale (beurre),
- 1/2 portion de graisse végétale (huile).

La portion est définie comme étant la quantité de chaque type d'aliment qui permet de respecter la règle **421 GPL**. Bien évidemment, dans ces conditions, la valeur de la portion varie d'un individu à l'autre. **Il vaut mieux manger de moins grosses portions et diversifier.**

C'est cet organigramme qui devrait préciser le contenu des rations durant l'entraînement et la veille de l'exploration. Il est plus délicat de suivre ce programme durant une exploration mais on pourra néanmoins s'en inspirer.

Le repas qui précède l'entrée sous terre sera pris au mieux 3 heures avant le début de l'effort, si l'on veut éliminer en partie les désagréments d'une digestion difficile durant la progression. Nous proposons quelques types de repas de progression dans un chapitre suivant.

Il est important d'avoir conscience qu'une alimentation bien conduite n'améliore pas les performances, mais par contre évite les contre-performances génératrices d'accidents.

6) RÉGIMES PARTICULIERS

A. Le régime dissocié scandinave.

Il vise à augmenter la quantité de glycogène au niveau musculaire. Il s'agit d'un programme de 7 jours, précédant l'exploration. En résumé, on absorbera un repas lipido-protidique les 1^{er}, 2^e et 3^e jour, un effort devant être important sera pratiqué ce 3^e jour, puis une grande quantité de glycogène sera stockée en absorbant des repas hyper-glucidiques les 4^e, 5^e et 6^e jour, la veille de l'exploration étant normo-glucidique et normo-lipidique. Nous pensons que la 1^{re} partie lipido-protidique peut ne pas être suivie et que seule la seconde partie hyper-glucidique du régime puisse suffire. Il faut noter, qu'à ce jour, aucun des travaux publiés ne montre d'augmentation des performances chez des sportifs grâce à ce régime.

B. Le régime de récupération.

Nous conseillons une alimentation hypo-protidique, légèrement hyper-glucidique mais surtout, très riche en liquides (eau, jus de fruit, coca-cola, etc.). Le surlendemain de l'exploration, l'alimentation devra retrouver ses règles précitées : 421 GPL ou 55 % de glucide, 30 % de lipide et 15 % de protéide.

C. Le régime sans résidus.

Il exclut les aliments non digérés, et peut dans certaines conditions d'exploration être demandé par des spéléologues. Il s'agit donc d'un régime constipant. Il exclut les fibres végétales, les laitages, les fruits, les légumes verts, les pommes de terre, les sauces, les épices et le pain.

Sont autorisés :

- fromages type gruyère ou cantal,
- viande grillée sans graisse,
- biscottes, riz, tapioca, semoule, pâtes,
- beurre,
- sucre, cacao maigre, miel,
- eau plate, thé ou café léger,
- sel en petite quantité.

Comme on le voit, ce régime est très restrictif et ne devra être donc pratiqué que très occasionnellement car il peut entraîner des carences alimentaires graves à moyen terme.

7) LES TABLES DE CORRESPONDANCE ALIMENTAIRE

Elles vous permettront à partir des données décrites ci-dessus d'élaborer des rations équilibrées de progression ou d'entraînement par exemple.

COMPOSITION DES PRINCIPAUX ALIMENTS UTILISABLES EN EXPLORATION

NOMS	CALORIES	PROTIDES	LIPIDES	GLUCIDES	Na ⁺	VITAMINES	Fibres	K ⁺	H O
Abricots secs	225	4 g	0,5 g	50 g	26 mg	A	15 g	1,6 g	30 g
Amandes séchées	620	20 g	55 g	17 g	4 mg		2,6 g	470 mg	
Cacahuètes	600	27 g	44 g	23 g	variable	B, B ₁		632 mg	
Bananes séchées	292	4,2 g	1,2 g	66 g	9 mg	C		1,14 g	26 g
Biscuits	360 à 450	5 à 8 g	4 à 24 g	65 à 85 g	300 à 500 mg				
Crème de marrons	371	7,4 g	5 g	72,9 g	37 mg	B, B ₁ , PP	5 g	986 mg	
Chocolat à croquer	500	7 g	24 g	64 g	12 mg			533 mg	2 g
Chocolat au lait	560	6 g	33 g	55 g	86 mg			420 mg	1 g
Confiture	260 à 285	0,3 g	0,2 g	65 à 70 g	15 mg			115 mg	30 à 35 g
Dattes séchées	306	2,2 g	0,6 g	73 g	1 mg	PP		650 mg	20 g
Figues séchées	275	4,2 g	1,5 g	62 g	17 mg			983 mg	29 g
Flocons d'avoines	367	14 g	4,9 g	66,6 g	2 mg	E	1,4 g		11 g
Fromages	50 à 400	10 à 33 %	25 à 75 %		500 à 1200	B, PP			35 à 75 %
Jambon fumé	335	15 g	30,5 g	0,3 g	2 g				52 g
Jambon cuit	300	18 à 20 g	22 g	6 à 10 g	1 g			340 mg	50 g
Lait concentré sucré	329	9 g	9 g	53 g					26 g
Lentilles sèches	336	24 g	1,7 g	59 g	3 mg	B, B ₁ , B ₂ , PP	3,7 g		11,6 g
Mais	350	9,5 g	4,4 g	69 g	1 mg	B, B ₁	2,2 g	340 mg	13,5 g
Maquereaux	205	18,7 g	13 g	0,1 g	140 mg	B, B ₁ , B ₂ , PP		418 mg	68 g
Miel	312	0,4 g	0,1 g	77,2 g	5 mg	C		5 mg	20 g
Pâté de foie	450	12 g	45 g	3 g	***				40 g
Noisettes	656	14 g	60 g	15 g	3 mg	B, PP		600 mg	4,8 g
Noix	660	15 g	60 g	15 g	3 mg	B, B ₁	2,4 g	600 mg	3,3 g
Olives vertes	200	0,7 g	20 g	7 g	2,4 mg	A		55 mg	70 g
Pain blanc	225	7 g	0,8 g	55 g	500 mg	B, C, PP, E	0,3 g	100 mg	35 g
Pain d'épices	300 à 350	3 à 8 g	1 à 3 g	72 à 79 g	200 à 400 mg				3 à 10 g
Pâté de campagne	460	14 g	42 g	5 g	variable				39 g
Pâtes cuites	149	5 g	0,6 g	30,2 g					60,6 g
Pommes de terre schips	544	6,7 g	37 g	50 g	340 mg				5,2 g
Poulet	140 à 150	21 g	5 à 7 g	0,1 g	60 à 80 mg			350 mg	70 g
Pruneaux	290	2,3 g	0,4 g	68,7 g		A		950 mg	24 g
Raisins secs	324	3 g	1,3 g	70 g	22 mg	C	6,8 g	800 mg	24 g
Rillettes	601	22 g	57 g	3 g	variable				18 g
Riz	355	7,5 g	0,5 g	78 g	12 mg	A, B, B ₁	0,2 g		12 g
Salami	400	25 g	45 g		1 g				30 g
Saucisson	550	24 g	51 g		1 g				24 g
Thon	445	25 g	38 g		360 mg	A, D			35 g
Œuf	160	12,8 g	11,5 g	0,6 g	130 mg	A, G, B ₁ , D		130 mg	74 g

Ces tables vous
donne la composition
pour 100 g de produit

8) COMPOSITION DES MENUS

Vous trouverez ci-après les quelques règles permettant d'établir des menus simples mais répondant aux différentes exigences de l'exploration souterraine (facilité de réalisation, coût, poids, variété, apports équilibrés).

L'alimentation et le sommeil de la veille doivent avoir été corrects (pas toujours facile à réaliser lorsqu'on part de Paris).

Si le dernier repas remonte à plusieurs heures avant l'explo (marche d'approche longue) il convient de prendre un léger casse-croûte ; par exemple :

café ou thé	
sucré 20 g	80 Kcal
flocons d'avoines 50 g (secs)	185 Kcal
fromage 20 g	80 Kcal
pain 1 tranche (env. 25 g)	75 Kcal
TOTAL	420 Kcal

La boisson fera partie de cette collation en raison des pertes hydriques dues à la marche d'approche.

Au cours de l'exploration elle-même nous diviserons les repas en trois catégories, suivant le type de circonstances.

Tout d'abord le casse-croûte : repas pris rapidement pendant qu'un camarade équipe ou remonte un puits, bref en situation d'attente et sans qu'il soit nécessaire de sortir tout un matériel de cuisson. Ce genre de repas ne retarde pas ou peu la progression mais permet à chacun de satisfaire ses besoins selon son propre rythme. Il n'a d'intérêt à notre avis, qu'en cas d'exploration relativement longue (supérieure à 15 h) et nécessite une certaine répartition de la nourriture dans les kits.

Ce type de repas pourra comprendre :	
chocolat 50 g	250 Kcal
cacahuètes 25 g	150 Kcal
raisins secs 25 g	80 Kcal
mini mars, ovomaltine, etc.	200 Kcal
TOTAL	680 Kcal

Ce casse-croûte est énergétique mais « compact »... ! il doit être accompagné de boisson froide.

Le deuxième type de repas, le plus utilisé sous terre, est le mini-bivouac que l'on fait le plus souvent avant d'entamer la remontée ; il pourra être composé de la même façon que le précédent, mais en ajoutant des boissons chaudes : café ou thé, **et soupe**. On pourra remplacer ses composants par :

abricots secs 50 g ou
amandes séchées 25 g
bananes séchées 50 g
crème de marrons en tube 50 g
dattes 50 g
figes 50 g
lait concentré sucré 50 g
noisettes ou noix 25 g
pain d'épices 50 g
pruneaux 50 g.

Ces aliments sont surtout riches en sucres, comme vous le montre les tables de composition (sauf : amandes, noisettes, noix, et cacahuètes) ; ils ne permettent donc pas une alimentation équilibrée mais cependant suffisent en cas d'exploration ne dépassant pas une quinzaine d'heures. Le sel sera apporté par la soupe ou les cacahuètes ou encore les amandes, noix et noisettes salées. Le potassium sera apporté par les raisins secs, les pruneaux, les abricots, et les bananes séchées. **Ce repas devra être abondamment arrosé d'eau... ! (Tableau page 15)**

La présentation des aliments sera faite de préférence individuellement, technique du soud'sac dont le prix de revient est un peu supérieur mais qui évite le gaspillage du à la boue et autres souillures ; ce qui n'est pas consommé peut être ainsi réutilisé et on s'y retrouve financièrement. La réalisation des portions est confiée au bricoleur-obsessionnel, dont il existe au moins un spécimen par groupe spéléo (en cas de manque, nous écrire nous avons d'excellentes adresses).

Le troisième type de repas est destiné au bivouac souterrain, ou pourquoi pas aux gastronomes en Texair. C'est un repas complet, équilibré, et qui devra souvent être préparé en partie avant l'expédition. On peut utiliser dans ce but les produits lyophilisés mais leur prix de revient et la parcimonie de certaines portions en a déçu plus d'un. Leur avantage : le poids ; leurs inconvénients : le prix et la nécessité d'avoir de l'eau.

Pour composer ces menus il suffit de tenir compte de quelques principes simples :

en entrée :

une soupe env. 60 Kcal + Na⁺ + H₂O

en fin de repas :

fromage, 20 g env. 80 Kcal + Na⁺
pain, 50 g env. 110 Kcal
café ou thé
+ sucre, 20 g env. 80 Kcal
TOTAL env. 330 Kcal

le reste du repas se divise en trois parties :

un légume sous forme de :

pâtes (à soupe) 50 g (cruës) 150 Kcal
ou riz 50 g 150
lentilles 50 g 160
maïs 50 g 165
purée 1/2 sachet 120

portions à moduler suivant les personnes.

une viande sous forme de :

œufs durs 2 160 Kcal
jambon 100 g 300
maquereaux 100 g 200
pâté 40 g 180
rillettes 30 g 200
poulet 50 g 75
saucisson 30 g 160
thon 30 g 150

un dessert sous forme de :

abricots secs	50 g	110 Kcal
bananes séchées	50 g	150
confiture	30 g	80
+ biscuits	30 g	100
pruneaux	50 g	145
figes	50 g	140
dattes	50 g	150

ces trois parties doivent représenter un apport de l'ordre de 500 Kcal.

On voit que l'ensemble fait à peu près 800 à 900 Kcal par repas. Par jour on a dans ces conditions un apport de 2400 Kcal (petit déjeuner = 400). L'apport ainsi réalisé est donc limité pour l'activité sportive et ne peut être tenu plus de 24 h (cas de la plupart des expés avec bivouac souterrain à l'heure actuelle). Pour l'améliorer il suffit de prévoir des casse-croûtes rapides en supplément (600 à 700 Kcal), par exemple 2 fois par jour (total 3600 à 3800 Kcal) et d'augmenter les proportions. Nous vous donnons maintenant quelques exemples de menus devant être préparés en partie avant l'explo. La présentation se fait en boîte plastique, sous plastique soudé, ou encore en conserve. La partie standart est composée d'une soupe type Royco-minute, d'un morceau de fromage gras (chèvres, bleus, camembert, cantal, gruyère), de pain, de café ou thé, et de sucre.

La partie variable peut revêtir les aspects suivants :

- menu n° 1
mousseline 1/2 sachet
œufs durs 2
abricots secs, 50 g
400 Kcal
- menu n° 2
salade de riz, 50 g
+ olives vertes, 25 g
+ thon, 50 g
crème de marron, 50 g
480 Kcal
- menu n° 3
salade de maïs, 50 g
+ jambon cuit, 60 g
+ olives vertes, 25 g
confiture + biscuits, 30 g
575 Kcal
- menu n° 4
pâtes à soupe, 50 g
jambon fumé, 60 g
bananes séchées, 50 g
500 Kcal
- menu n° 5
lentilles
saucisses
figes, 50 g
500 Kcal

conserve
1/2 boîte
- menu n° 6
pâtes à soupe, 50 g
poulet, 50 g
rillettes, 20 g
dattes, 50 g
485 Kcal

Maintenant à vous de jouer pour varier vos menus ; vous pouvez pour cela utiliser les tables de composition des aliments, consulter l'excellent livre : « Dictionnaire pratique de diététique et de nutrition », de Apfelbaum et Perlemuter, édité chez Masson, et enfin examiner avec soin les produits vendus dans le commerce car la législation demande que soit désormais inscrits sur l'emballage la composition et la valeur énergétique. Un certain nombre de produits tous préparés sont arrivés depuis quelques années sur le marché, en particulier les aliments lyophilisés et les produits tels que les « Bolino » ou les « En-cas » de

Knorr. Les premiers sont intéressants par leur poids mais leur coût et leurs qualités culinaires ne sont pas toujours très appréciés ; sur le plan diététique on trouve toutes sortes de nutriments et il convient donc de les utiliser en respectant les mêmes règles que pour les autres produits alimentaires. Les seconds (Bolino et En-cas) sont des plats déshydratés essentiellement à base de féculents (sucres lents) tels que les pâtes, riz, semoules, etc., ils sont donc très intéressants d'autant que leur coût est nettement moins prohibitif que celui des précédents ; nous en recommandons l'usage car ils varient agréablement les menus.



CHAPITRE 4

ACCIDENTS, INCIDENTS ET CONDUITE A TENIR

1) CAUSES DES ACCIDENTS ET STATISTIQUES

Plusieurs travaux ont été publiés sur les causes des accidents en spéléologie. Un des derniers, la thèse du docteur FAUST, donne les chiffres suivants pour la période 1978-1981.

Causes des accidents :

- chutes = 44,4 %
- éboulements et chutes de pierres = 16,9 %
- épuisement et fatigue = 13,1 %
- maladresse = 6,9 %
- choc avec matériel ou avec équipier = 6,2 %
- architecture de la cavité = 4,4 %
- noyade et hydrocution = 3,8 %
- gaz = 1,9 %
- plongée = 1,2 %
- individu lui-même = 1,2 %

Causes des décès :

- noyade y compris en plongée = 30,8 %
- chutes = 30,8 %
- hydrocutions = 15,4 %
- épuisement = 23 %

Ces chiffres ne sont qu'un reflet imparfait des causes des accidents, en effet on peut se demander ce qui dans la genèse d'une chute ou d'une maladresse est imputable au niveau technique d'un individu et ce qui est lié à un état de fatigue ou d'épuisement. Il y a fort à parier qu'une étude plus précise montrerait le rôle très important que peuvent avoir la fatigue et l'épuisement.

C'est donc par l'étude de ces états que nous poursuivons ce chapitre après avoir rappelé la conduite à tenir devant tout accidenté ou tout sujet épuisé. Nous rappellerons ensuite les conduites particulières en fonction des différents accidents pour lesquelles on se reportera avantageusement à un livre de secourisme.

2) CONDUITE GENERALE A TENIR EN PRESENCE D'UN ACCIDENTE

Elle obéit à des règles de secourisme simples résumées par la formule suivante : P.A.S.

P : pour protéger. La victime doit être soustraite le plus rapidement possible à la cause de l'accident et éloignée de toute source de complications ou de suraccident. Ainsi le blessé sera soustrait du contact de l'eau (cascade, rivière) et éloigné des zones de courants d'air (cascades, passages étroits) pour éviter son refroidissement.

On l'éloignera de tous lieux où il risquerait de tomber ou de recevoir une pierre et le cas échéant on le dégagera rapidement de la corde ou il pourrait être bloqué ; on sait en effet aujourd'hui qu'un sujet inconscient immobile sur une corde peut décéder en quelques minutes même s'il n'est pas en état d'épuisement. Pour ce faire il est impératif de connaître les techniques d'auto-secours et de dégagement d'une victime sur corde. Il faut d'autre part se rappeler qu'une victime d'un accident doit être mobilisée le moins possible pour éviter d'aggraver ses lésions (en particulier les fractures). Il faut donc être capable de réflexion et de bon sens pour juger de l'attitude la plus adaptée à la situation. - fig. 14 -

A : pour alerter. Prévenir efficacement les secours nécessite plusieurs conditions :

- avoir fait préalablement le bilan le plus exact possible des lésions pour faciliter l'intervention de l'équipe médicale ;
- avoir sur soi un papier et un crayon pour noter ce bilan car plusieurs heures plus tard le messager aura peut être oublié des détails impor-

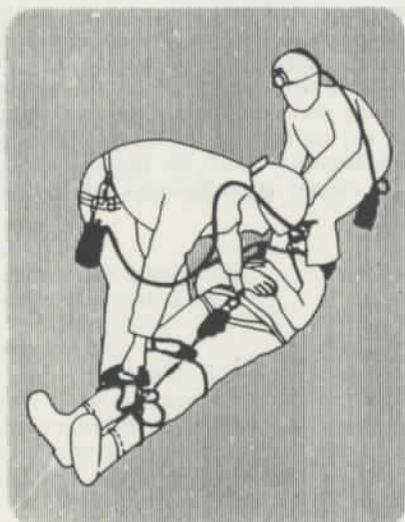
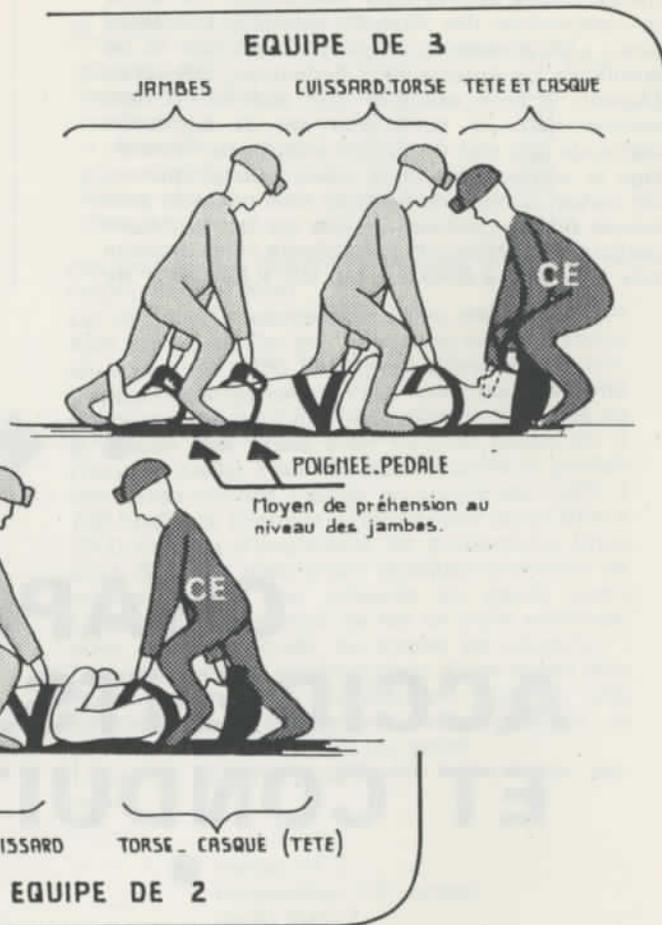


PHOTO DE COUVERTURE



- fig.14 - Déplacement d'un blessé sous terre.

Le déplacement se fait par "saut de puce", en avant, en arrière ou latéralement, en maintenant la COLONNE VERTEBRALE DU BLESSE BIEN RECTILIGNE.

La technique peut être retenue pour la mise en civière.

CE : Chef d'équipe - TOUJOURS A LA TETE DU BLESSE - dirige et donne les commandements.

tants. Ce papier et ce crayon se glissent avec la couverture de survie dans le casque;

— **ne jamais laisser un blessé seul** car la solitude risque de majorer son angoisse et d'aggraver ainsi son état. Si l'on est plus de deux, un équipier sort avec le bilan pendant que l'autre surveille la victime, dans le cas contraire on reste avec le blessé en attendant les secours qui finiront bien par arriver si on a pris la précaution de prévenir quelqu'un de son heure de sortie prévue. Cette règle n'est pas intangible ; elle dépend entre autre de la nature des lésions de la victime, de son niveau spéléo, de sa personnalité et des conditions d'exploration. Lorsqu'on est confronté à de pareilles circonstances, il convient d'agir après réflexion et avec bon sens (5 minutes de réflexion économisent parfois des heures d'efforts).

S : pour secourir. Pour être efficace il convient de connaître les gestes élémentaires de secourisme (le Brevet de Secourisme est un minimum de connaissances à avoir pour un spéléologue responsable) et de se remettre à jour régulièrement car ils s'oublient vite. Il convient d'éviter toute panique et toute agitation intempestive car celles-ci aggrave l'état du blessé et font commettre des erreurs.

Dans tous les cas il faut respecter la règle des « 5R » : - fig. 15 -

R = repos. La victime doit être allongée sur le dos si elle est consciente et sur le côté en P.L.S. si elle est inconsciente.

R = réchauffer. Il faut isoler la victime du sol avec des cordes recouvertes de kits puis d'une couverture de survie. On retire la texair du blessé, on lui met des vêtements secs si on en dispose ou on fait l'échange avec les siens s'ils sont plus secs. On confectionne avec la corde et une couverture de survie une tente isotherme que l'on chauffe avec l'acétylène (voir schéma) ou l'on emballa la victime directement dans la couverture de survie. - fig. 16 -

R = réalimenter. Sous terre un blessé conscient doit manger (chaud si possible) contrairement à un accidenté de la voie publique. L'hôpital est loin et la jeûne aggrave l'état de la victime.

R = réhydrater. Sous terre un blessé conscient doit boire (chaud si possible). En effet la déshydratation est constante au cours d'une exploration et elle aggrave l'état de la victime. On ne doit cependant jamais faire boire d'alcool qui dans un premier temps donne une sensation de chaleur puis qui provoque un refroidissement du sujet. On peut par contre donner de légers stimulants (café, thé).

R = reconforter. Ne jamais laisser une victime seule, la rassurer sur son état, etc...

3) FATIGUE ET EPUISEMENT

Lorsque l'intensité de l'effort devient très importante, apparaissent des signes de fatigue. Si l'effort se poursuit sans reconstitution des réserves d'énergie par un repos et une alimentation adaptée, les limites de la résistance de l'organisme se trouvent dépassées, et le bouleversement physiologique ainsi engendré, l'épuisement, va entraîner le décès du sujet en l'absence de soins adaptés.

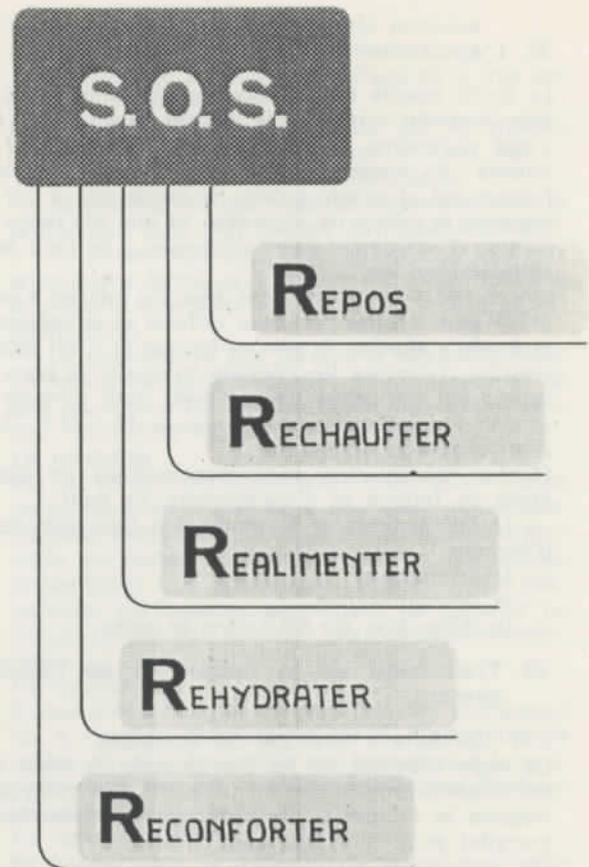
31. La fatigue.

La fatigue est un ensemble de réactions de l'organisme apparaissant en cas d'effort ; elle apparaît plus ou moins vite en fonction de l'intensité et de la durée de l'exercice ; elle est le reflet du dépassement des possibilités de l'organisme.

Sur le plan physique la fatigue se manifeste de différentes façons suivant les appareils :

- Muscle : sensation de raideur, crampes.
- Appareil respiratoire : respiration haletante sans récupération.
- Appareil circulatoire : pouls accéléré sans récupération entre les efforts à l'arrêt.
- Température : sensation de froid, frissons incessants.
- Appareil digestif : nausées, douleurs digestives vagues, perte de l'appétit.
- Système nerveux : troubles de la coordination des mouvements = **DANGER**.
- Organes des sens : troubles de la vue, de l'audition.
- Psychisme : apathie, indifférence, agressivité, hallucinations.

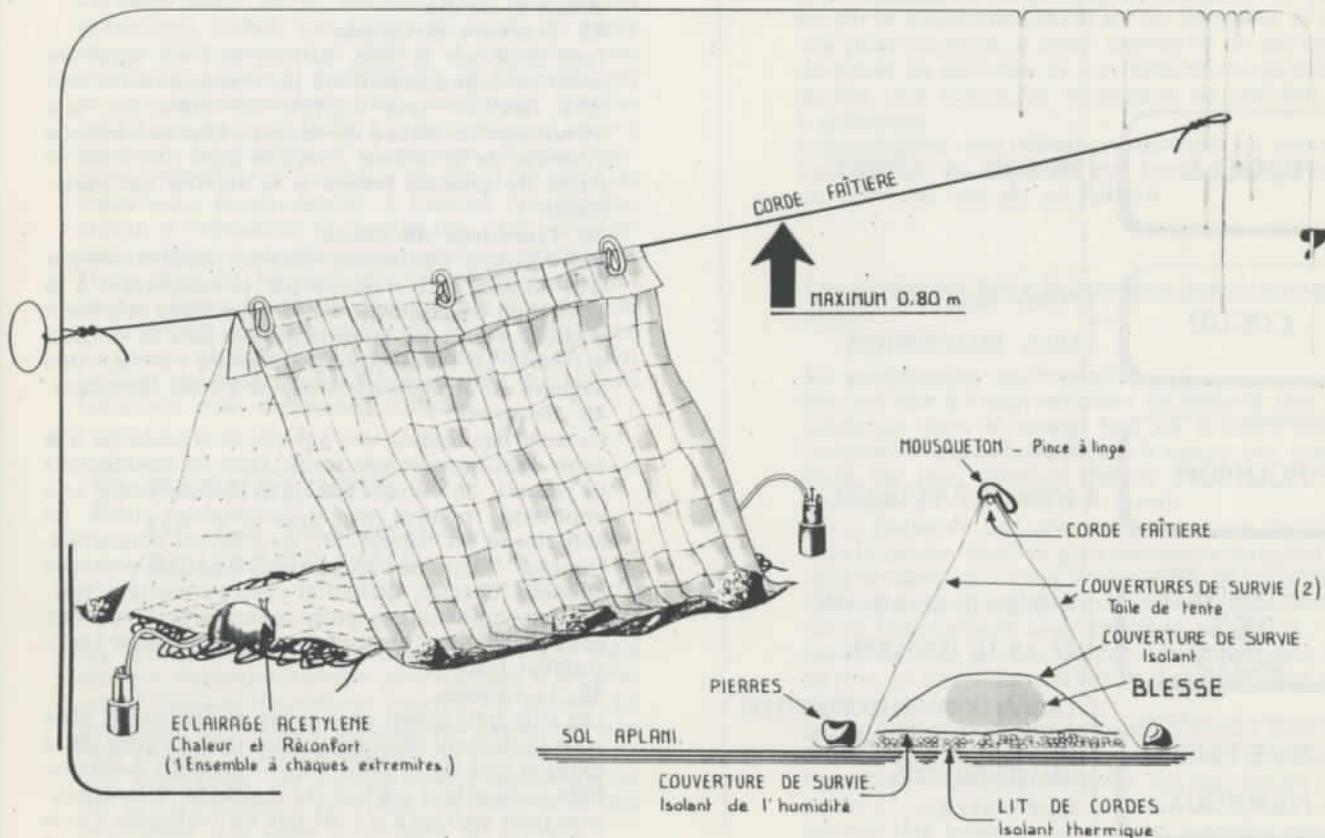
A ce stade les choses ne sont pas irréversibles à condition de ne pas forcer le sujet à poursuivre son effort. On remarque que curieusement il n'y a pas forcément de sensation de soif, alors que la déshydratation toujours présente en spéléologie est responsable d'une partie des signes observés.



- fig. 15 - Règle des 5 R

- fig. 16 - Tente de survie.

Abri improvisé permettant d'installer dans de bonnes conditions le blessé et son coéquipier, dans l'attente des secours.



32. L'épuisement.

La limite exacte entre fatigue et épuisement est bien entendu très difficile à fixer, d'autant qu'il s'agit du même phénomène à des degrés différents : au stade d'épuisement l'évolution de la fatigue est si rapide qu'elle ne laisse pas à l'organisme le temps de récupérer, et que ses mécanismes d'adaptation étant dépassés, il ne peut se maintenir en vie. - fig. 17 -

Les signes d'un tel état sont donc les mêmes à un stade plus intense : le cœur défaille et la tension artérielle s'abaisse, le rein se bloque et n'est plus capable d'éliminer les déchets toxiques, la conscience est perturbée puis le sujet perd connaissance, l'hypothermie est majeure ($T < 32^\circ$), la déshydratation constante.

Quatre mécanismes sont responsables de ces états de fatigue et d'épuisement, ce sont :

- l'hypoglycémie et la diminution des réserves d'énergie,
- l'hypothermie,
- la déshydratation,
- la diminution du Na^+ dans le sang.

33. Traitement de la fatigue et de l'épuisement.

331. Conduite à tenir par les équipiers.

La règle d'or est de ne pas pousser le sujet à continuer la progression ce qui aurait pour effet de majorer la fatigue et de provoquer l'épuisement complet et la mort du sujet.

On respectera strictement la règle des « 5R » définie précédemment.

34. Traitement médical.

Si l'état de la victime est trop grave et qu'elle ne récupère pas rapidement malgré l'aide de ses coéquipiers, l'intervention d'un médecin dans le cadre du Spéléo-Secours sera nécessaire.

Celui-ci pratiquera une réanimation :

— on participera au réchauffement et à l'alimentation du blessé à l'aide de solutions nutritives, administrées par perfusions,

— on corrigera les perturbations de l'équilibre hydro-électrolytique avec des perfusions de Na^+ et on luttera contre l'acidose grâce à des solutions tampons. L'apport de vitamines pourra être fait par la même voie.

Ce n'est que lorsqu'on aura rétabli un fonctionnement correct de l'organisme de la victime, que l'on pourra la dégager en civière et la diriger vers un centre hospitalier où elle sera traitée et surveillée pendant plusieurs jours.

4) ATTEINTES OSTEO-ARTICULAIRES

41. Fractures des membres.

Elles surviennent après un choc (chute, etc.) ou à la suite d'un mouvement forcé (phénomène de levier). Outre la douleur elles peuvent entraîner une impotence, un gonflement, parfois un hématome (bleu) visible sous la peau. Le sujet peut avoir perçu une sensation de craquement. Il faut immobiliser le sujet, ne pas chercher à réduire la fracture (c'est-à-dire ne pas remettre dans l'axe le membre déformé), ne pas tenter d'enlever les bottes d'un sujet ayant une fracture de la cheville ou du pied car celles-ci constituent d'excellentes attelles.

42. Fractures de colonne vertébrale.

Tout blessé ayant fait une chute doit être suspecté de fracture de la colonne vertébrale. Les signes en sont une douleur du dos, mais il faut savoir qu'elle peut être absente, des troubles de la sensibilité (engourdissement, décharge électrique, sensation de chaud et froid) ou de la motricité (difficultés à bouger les jambes) qui eux aussi sont souvent absents. Il est impératif de ne pas « déplacer » la victime sauf si sa situation de la victime l'expose à un suraccident, auquel cas on la déplacera en respectant rigoureusement l'axe tête-cou-tronc suivant la technique précisée par le dessin ci-contre.

43. Fracture du crâne.

Tout choc sur la tête, surtout si il est suivi de perte de connaissance ou de vomissements doit faire redouter une fracture du crâne ou une hémorragie au niveau du cerveau. Une surveillance attentive de la victime s'impose avec une mise en P.L.S. de principe même si la victime est consciente.

44. Fractures de côtes.

Relativement fréquentes, elles se manifestent par une douleur vive majorée par la respiration à la suite d'un traumatisme thoracique. Elles imposent souvent l'arrêt de la progression tant la douleur est vive. Le blessé pourra attendre l'arrivée des secours en position demi-assise s'il est conscient.

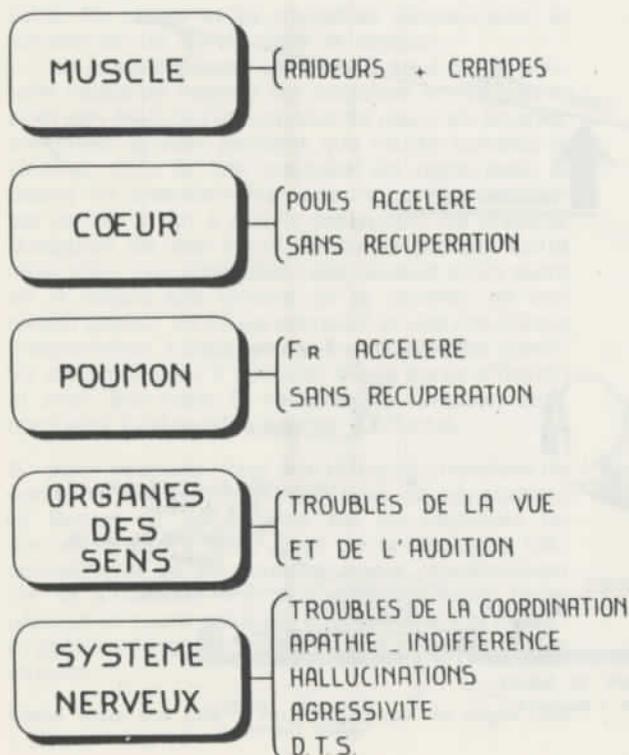
45. Entorses.

Ce sont des lésions des ligaments articulaires à la suite d'un mouvement forcé. Elles se manifestent la plupart du temps par une douleur vive, une impotence relative et un gonflement, voire un hématome au niveau de l'articulation concernée. Les plus fréquentes siègent au niveau du membre inférieur (cheville, genou) et elles permettent souvent de continuer la progression avec l'aide des coéquipiers sous réserve de ne pas mobiliser l'articulation lésée.

46. Luxations.

Les plus fréquentes sont celles de l'épaule et elles sont facilement diagnosticables tant à cause de la douleur que de la déformation souvent évidente. Elles permettent parfois de continuer la progression pour peu qu'il n'y ait pas de verticales car le sujet doit soutenir son avant-bras pour ne pas souffrir.

- fig.17 - Signes de l'épuisement.



5. Brûlures.

Elles sont la plupart du temps causées par un frottement sur la corde ou par un contact avec la flamme de l'acéto. Rarement graves, elles peuvent cependant être très gênantes si elles touchent les mains. Il est illusoire de vouloir les traiter sous terre d'où l'intérêt de porter des gants.

6. Plaies.

Fréquentes mais souvent bénignes, elles peuvent être grossièrement nettoyées avec de l'eau et à l'aide de la micro-trousse de secours (voir chapitre sur les trousse de secours) placée dans le casque ou emballée avec un mouchoir en attendant un traitement à l'extérieur. Il convient de rappeler ici l'importance de la **vaccination antitétanique** ; simple à pratiquer, ne donnant lieu à aucune réaction ou allergie, **tout spéléologue responsable se doit d'être correctement vacciné contre cette maladie redoutable.**

7. Asphyxies, noyades, hydrocutions.

Accidents dramatiques et souvent au dessus de tous moyens thérapeutiques en raison des conditions de survenue (plongée, éboulements, etc). Il est néanmoins conseillé de savoir pratiquer un bouche-à-bouche et un massage cardiaque externe après avoir libéré les voies aériennes (techniques enseignées dans le cadre du Brevet de Secourisme) même s'il n'y a pas trop d'illusions à avoir quant aux chances de réanimations sous terre.

8. Hémorragies.

Peu fréquentes, souvent liées à une fracture ouverte, elles imposent de savoir faire un pansement compressif, la plupart du temps suffisant pour arrêter le saignement (pansement réalisé avec des rhovils et des sangles plates). Il est aussi nécessaire de savoir faire un point de compression au cas où le pansement compressif ne suffirait pas et enfin de savoir poser un garrot dans de rare cas où il peut être indispensable (membres écrasés par un éboulement).

9. État de choc.

C'est une défaillance cardiaque aigüe menant à la mort qui peut survenir à la suite d'un traumatisme important (plaie, brûlure, fracture, hémorragie) il convient donc de le prévenir chez tout blessé gravement atteint. Les signes en sont : un pouls rapide (120 environ) et difficile à percevoir, une respiration rapide et superficielle, un bleuissement et un refroidissement des extrémités (mains, pieds) pas toujours facile à constater sous terre à cause du froid ambiant, et souvent un état d'angoisse relatif ou au contraire de début de perte de conscience (sommolence). Il impose l'application stricte et immédiate de la règle des « 5R » en relevant en plus légèrement les membres inférieurs à l'aide d'un kit (environ dix centimètres). Il faut savoir penser au risque de survenue d'un état de choc devant un blessé grave car il vaut mieux faire les gestes ci-dessus de façon préventive ; en effet un état de choc évolue toujours vers la mort en l'absence d'un traitement médical.

5) PATHOLOGIE DE LA PLONGÉE SOUTERRAINE

Sa pratique est en expansion constante, mais elle est malheureusement pourvoyeuse d'un trop grand nombre d'accidents mortels ou graves. La limitation du nombre d'accidents passe par une plus grande responsabilisation du plongeur et de son entourage, par l'entraînement spécifique et par la connaissance du milieu, du matériel et des problèmes que pose la plongée en général.

Brefs rappels des conditions de pratique.

Lois physiques

— La pression absolue à la surface de la mer est égale à 1 Atmosphère (Atm).

Elle augmente de 1 Atm. tous les 10 mètres d'eau : 2 Atms à 10 m, 3 Atms à 20 m, etc.

1 Atm = 1,013 bar = 101300 Pascal.

— La densité des gaz respirés augmente avec la profondeur (une des causes de l'essoufflement).

— A température constante, le volume d'un gaz en système fermé est inversement proportionnel à la pression qu'il subit (impliqué dans la surpression pulmonaire).

— La quantité de gaz dissous à saturation dans un liquide est proportionnelle à la pression de ce gaz au-dessus du liquide (tables de décompression, accidents liés à leur non respect).

La visibilité

Elle est un élément déterminant quant aux vitesses de progression et doit donc être prise en compte. Variable selon les siphons, la turbidité est responsable de pertes d'orientation aux conséquences irréversibles. Une bonne connaissance et une préparation méticuleuse permettent de garantir un niveau de sécurité suffisant pour ce type d'exploration.

Le courant

Il peut être à l'origine d'essoufflement, d'angoisse ou à l'origine d'accidents liés à l'utilisation de tables de décompression non adaptées à la pratique de la plongée dans des conditions d'efforts physiques importants.

La température

Le froid (et les risques d'hypothermie) augmente les conséquences d'un essoufflement et justifie l'emploi de combinaisons adéquates. Le vêtement semi-sec est une solution raisonnable pour les explorations courantes face aux vêtements secs à volume variable dont l'usage et la mise en œuvre nécessitent une parfaite connaissance du matériel.

Les cloches d'air

Il faut s'en méfier, l'air pouvant y être toxique : taux important de CO ou de gaz carbonique (CO₂).

Le fil d'ariane

Base de l'orientation en siphon, il peut être à l'origine d'accidents, dont la prévention passe en partie par la préparation du fil sur un dérouleur et par une pose correcte. Il devra permettre au plongeur de situer sa distance et son sens de progression quelles que soient les conditions de visibilité.

L'éclairage

Indispensable, son utilisation nécessite un apprentissage tant du point de vue consommation que du point de vue de sa fiabilité.

Les accidents liés à la pression (barotraumatismes)

La surpression pulmonaire

Elle est liée à l'augmentation de volume des gaz contenus dans le thorax lors de la remontée si l'expiration est insuffisante. Le risque est majeur dans les cinq derniers mètres avant la surface (passage de 1,5 Atm à 1 Atm).

Il y a déchirure des alvéoles et passage de bulles vers la plèvre, vers les gros vaisseaux sanguins, ou vers le médiastin (zone située entre les poumons). Les signes vont de la simple douleur dans le thorax à l'hémorragie avec crachats sanglants. Des paralysies des jambes ou des 4 membres peuvent se voir, et à l'extrême le décès du blessé peut survenir rapidement.

Le seul traitement est la recompression dans les délais les plus brefs dans un caisson multiplace hyperbare. Durant le transport, on donnera de l'aspirine (1 gramme à renouveler), le blessé sera allongé tête basse et recevra de l'oxygène pur, au

masque si possible. Si un médecin est présent, il posera une perfusion de « macromolécules » et injectera des corticoïdes.

Prévention : expirer continuellement durant la remontée, apprendre à se servir de son gilet de sécurité (type Fenzy), ne plonger qu'avec des poumons en parfait état.

Accidents de l'oreille :

Déséquilibre de pression de part et d'autre du tympan, favorisé par l'inflammation du nez ou de la gorge. Sa prévention est simple, elle passe par l'utilisation de la manœuvre de Valsava à la descente (jamais à la remontée) et par l'absence d'infection ORL.

Accidents des sinus :

Même explication des troubles que pour l'oreille ; ne pas plonger si infection ORL.

Accidents des dents :

Liés à un mauvais état dentaire et à l'existence de caries non soignées ou de plombages mal faits !...

Placage du masque :

Dépression à l'intérieur du masque créant des douleurs, des hémorragies conjonctivales et des saignements de nez. Équilibre entre pression intérieure et extérieure réalisé en soufflant dans le masque par le nez.

Les accidents de décompression

Durant la descente, les gaz inspirés se dissolvent dans les différents tissus de l'organisme en fonction de la pression et suivent, théoriquement, un chemin inverse durant la remontée.

Les gaz dissous lors de la descente seront dans le meilleur des cas (c'est-à-dire respect strict des tables de plongée, effort musculaire minimum, vitesse de remontée inférieure à 15 mètres par minute) éliminés au niveau alvéolaire et expirés. On sait aujourd'hui que de minuscules bulles se forment à tout endroit du corps sans entraîner nécessairement un accident de décompression, ces bulles selon leur taille et leur nombre pouvant être éliminées par l'expiration. Si ces « micro-bulles », trop nombreuses (effort musculaire, non respect des tables ou des vitesses de remontée) ne passent pas la barrière alvéolaire durant la remontée, leur volume ne pourra qu'augmenter avec le retour en surface et alors, par des phénomènes mécaniques (obstruction d'un vaisseau) ou biochimiques (troubles de la coagulation du sang), se produira l'accident de décompression.

Les signes d'accident sont multiples, mais à la différence de la surpression pulmonaire, ils apparaissent avec retard par rapport à la remontée en surface (85 % avant une heure). C'est un malaise avec fatigue extrême, une agitation, une angoisse inexplicable, etc. Ces signes sont souvent associés à des symptômes localisés :

— **ostéo-articulaires :**

douleur des grosses articulations (épaule, coude, hanche, genou) mais aussi douleur des os souvent très intense.

— **cutanés :**

sensation de brûlure, de boursoufflement, démangeaisons. Ce peut être aussi des « purpuras », petites tâches rouges liées au passage de sang en dehors des vaisseaux alors souvent associées à une pathologie grave type embolie graisseuse.

— **neurologiques :**

ils sont très souvent graves, et peuvent débiter par de simples fourmillements des jambes ou par une faiblesse. Puis la paralysie s'installe plus ou moins rapidement avec incapacité de remuer les deux jambes ou plus grave encore les quatre membres, absence de sensation à la piqure ou au toucher, parfois associée à une incapacité d'uriner.

Le tableau peut aller jusqu'à la mort en cas d'atteinte massive du tronc cérébral (base du cerveau).

— **pulmonaires :**

respiration difficile rapide et superficielle avec coloration violette des lèvres. L'évolution se fait vers la perte de conscience et le coma.

Le traitement

Il est le même que pour la surpression pulmonaire. On insistera à nouveau sur l'importance de la mise rapide du blessé sous oxygène.

La guérison est la règle dans les accidents bénins type cutanés mais, malgré un traitement bien conduit, des séquelles persistent ou peuvent persister dans les suites d'accidents neurologiques, pulmonaires mais aussi ostéo-articulaires.

La prévention

Elle passe par l'information des plongeurs.

C'est la connaissance des facteurs prédisposant aux accidents de décompression :

- la fatigue physique,
- l'effort durant la progression,
- le caractère enrobé du plongeur (masse graisseuse),
- le froid,
- le non respect des tables de décompression adaptées à ce type de plongée,
- répétition des plongées dans un laps de temps court (problèmes des plongées successives mais aussi consécutives).

Successive : temps entre 2 plongées supérieur à 15 minutes.

Consécutives : temps entre 2 plongées inférieur à 15 minutes.

L'essoufflement

C'est la rupture d'un équilibre entre la demande et l'offre d'oxygène pour les tissus. Il peut être rompu par de nombreux paramètres :

- effort physique important,
- angoisse, panique,
- problèmes liés au matériel,
- mauvaise adaptation au milieu sous-marin, à l'obscurité,
- sujet débutant voulant économiser son air...

C'est un événement grave car il ne peut avoir qu'une seule évolution : c'est l'aggravation si le sujet ne remonte pas. Cette remontée peut suffire à l'enrayer en facilitant le travail respiratoire, par diminution de la densité des gaz respirés.

Le matériel tient une grande part dans la gravité de l'essoufflement. En effet, le détendeur doit pouvoir fournir des débits élevés demandés par l'utilisateur.

Pour mémoire, en surface, la ventilation correspond à 6 litres d'air par minute (15 à 25 litres si effort moyen). Dans les mêmes conditions, l'essoufflement nécessite souvent des débits pouvant atteindre de 100 à 150 litres par minute. Ce doit être un des critères de choix pour l'acquisition d'un détendeur.

La narcose à l'azote.

La vie en atmosphère hyperbare procure très souvent une sensation de bien-être, de plaisir. Cette euphorie a tendance à s'accroître avec la profondeur pour atteindre une sensation de malaise, d'angoisse vers les 50 à 60 mètres de profondeur. Si le plongeur s'obstine, il s'expose à des accidents dont le plus grave est la noyade, accidents liés à une diminution notable des capacités de jugement et à une perte de tout sens critique vis-à-vis de son état. C'est l'état de narcose caractérisée ou ivresse des profondeurs.

Ces troubles semblent en rapport avec la pression partielle d'azote dans l'organisme. Leur caractéristique est de régresser lors de la simple remontée de quelques mètres, effectuée soit par le plongeur lui-même, soit par un coéquipier.

Prévention

- Être informé, savoir reconnaître un état « bizarre » du coéquipier.
- Ne viser des profondeurs importantes qu'après une longue pratique subaquatique.
- Savoir que les troubles peuvent n'apparaître qu'au-delà de 60 m pour certains mais dès 40 m pour d'autres individus.

CONCLUSION

L'entraînement adapté à la plongée spéléo, en mettant le plongeur face à des situations angoissantes (nage sans masque, sans visibilité, progression matériel à la main, palmage sur le dos en étant sous l'eau, déséquilibre, etc.), doit pouvoir rendre le futur « spéléonaute » plus conscient de ses possibilités et de ses limites. Une meilleure aquacité et un meilleur contrôle respiratoire sont les buts à atteindre afin de réagir le plus efficacement possible devant les situations de stress que peut apporter la pratique de la plongée souterraine.

6) MORSURES ET PIQURES D'ANIMAUX (EN FRANCE)

Les reptiles

On estime en France à un millier le nombre de morsures annuelles et à 2 le nombre de cas mortels. Dans un tiers des cas, il s'agira de couleuvres mais si l'identification du serpent en cause n'a pu être effectuée avec certitude, l'attitude doit être systématique comme pour une piqûre de vipère.

Les signes :

- douleur constante avec gonflement, œdème,
- trace des crochets (espacement de 5 à 15 mm), mais parfois on ne trouve qu'une éraflure,
- agitation, angoisse.

Le traitement :

Ce qu'il ne faut pas faire

- déplacer inconsidérément le blessé, le mettre debout (risque de dissémination du venin),
- tailler dans la plaie avec un objet tranchant,
- sucer la plaie,
- poser un garrot serré (risque de nécrose),
- utiliser un sérum antivipérin sans la présence d'un médecin ou d'une infirmière ayant à leur disposition de l'Adrénaline en cas de réaction de type allergique lors de l'injection.

Ce qu'il faut faire

- allonger le blessé, le déplacer le moins possible, le rassurer le calmer,
- immobiliser le membre mordu,
- désinfection locale avec un antiseptique type Dakin ou Mercryl*,
- prévenir des secours médicalisés qui jugeront de l'opportunité d'injecter avec précaution du sérum antivipérin, associé ou non à d'autres médicaments. Quoi qu'il en soit, le blessé sera surveillé pendant quelques jours,
- les autres thérapeutiques proposées (Héparine, corticoïde) ne peuvent remplacer le sérum dans les cas graves, et pourraient même entraîner des complications de type hémorragiques, par exemple pour l'héparine. **Enfin, toujours s'assurer de la validité de la vaccination antitétanique.** L'Aspivenin est quant à lui dénué de danger.

Les Insectes

La piqûre est en général douloureuse, et le gonflement qui suit (œdème) est souvent impressionnant. C'est la localisation de la piqûre qui peut entraîner des troubles graves (piqûre dans la gorge, ou au niveau des paupières).

Le traitement :

- désinfection locale avec un antiseptique,
- glaçage ou refroidissement de la zone piquée,
- si atteinte buccale ou pharyngée en particulier, appel d'Urgence à un médecin ou emmener le blessé à l'hôpital. Si le transport est difficile, en attente, appliquer sur le cou des linges trempés dans de l'eau chaude sursaturée en sel marin ; ce traitement peut être appliqué avec succès à d'autres parties du corps,
- penser à la vaccination antitétanique.

Les Arachnidés

Le scorpion noir est le plus souvent en cause, la piqûre entraînant une rougeur et une douleur modérée sans complication. Désinfection simple. Le scorpion jaune est plus dangereux, avec des signes plus marqués en cas de piqûre. Ce blessé devra être surveillé bien que l'évolution soit toujours favorable. Désinfection, glaçage et avis d'un médecin. **Penser toujours au tétanos.** Les araignées : elles entraînent des signes plus ou moins marqués avec rougeur, œdème et douleur parfois importante. Consulter si besoin un médecin qui pourra injecter alors un corticoïde.

7) LES TROUSSES DE SECOURS

La réalisation d'une trousse de secours doit répondre aux critères suivants :

- elle doit être composée en fonction des troubles que l'on sera amené à rencontrer ;
- le matériel, souvent fragile et coûteux, nécessite un entretien régulier sous peine d'être rapidement inutilisable. Il doit être transporté dans des emballages de protection efficaces contre l'humidité et les chocs ;
- son poids, parfois, et son volume, toujours, sont des obstacles à sa descente dans les cavités ;
- sa composition est fonction des utilisateurs, secouristes, infirmiers ou médecins ;
- elle sera d'autant plus conséquente que les structures médicales seront éloignées (expéditions en des régions ou des pays où il n'existe pas de structures médicales ou de spéléo-secours à proximité) ;
- son importance est aussi limitée (poids, volume) par les contraintes de transport en cas d'expédition lointaine.

121. La trousse d'exploration.

On rencontre parfois des spéléos anxieux qui emmènent au fond de leur kit une trousse de premier secours conséquente. Outre le poids et le volume supplémentaires qu'elle représente, ladite trousse a l'inconvénient d'être rapidement détériorée par les mauvais traitements systématiques qu'elle subit sous terre. Souvent plétorique, elle n'est que peu utilisée. Compte tenu que les principaux « bobos » ne gênent pas la progression sont essentiellement des petites plaies, brûlures ou ecchymoses, ce type de trousse est totalement inutile ; de plus sa destruction systématique finit par coûter cher.

En définitive, le seul matériel que l'on peut emporter systématiquement et « individuellement » consiste en quelques pansements préparés sous emballage unitaire (type URGO) et quelques sachets de papiers imprégnés d'une solution antiseptique (type ASEPTO 7), le tout emballé sous plastique thermosoudé scotché au fond du casque avec la couverture de survie et le papier-crayon. Le poids

d'une telle trousse individuelle n'excède pas les 20 grammes et elle permet de désinfecter et de protéger grossièrement les petits « bobos » en attendant un traitement correct en surface.

122. La trousse de surface.

C'est la trousse de camp dont la composition varie selon les lieux et le type d'expédition. Lorsqu'il existe des structures médicales proches, son contenu se limitera au matériel nécessaire à la désinfection des plaies et brûlures en attendant la consultation éventuelle. On y ajoutera quelques médicaments contre la douleur tels que l'Aspirine et le Glifanan* et une pommade pour les crampes telle que Décontractyl baume*.

Le traitement des plaies nécessite au minimum :

- un antiseptique (Mercryl*, Dakin, Hexomédine*),

- des compresses purifiées pour nettoyer grossièrement la plaie,

- des compresses stériles pour la désinfection et l'emballage,

- du sparadrap anallergique (Micropore*),

- des rouleaux d'Élastoplaste*,

- du savon de Marseille,

- une pince à écharde,

- des ciseaux,

- un doigtier en cuir.

L'ensemble est placé dans une boîte plastique à l'abri de l'humidité. Lorsque l'expédition a lieu en des régions plus lointaines, il est intéressant d'avoir une trousse plus complète qui permettra de soigner sur place la plupart des affections pour peu que l'on dispose d'un médecin avec soi. Sa composition précise dépend largement des habitudes thérapeutiques du médecin et aussi de la région (pathologie locale), nous n'en donnerons donc pas ici la composition qui doit être étudiée cas par cas avec un médecin. Cette trousse doit être conditionnée par catégorie de matériel, en boîte résistante et protégée de la lumière, de l'humidité et de la chaleur. On doit y ajouter 1 ou 2

sérums antitétaniques.

123. La trousse de secours souterrain.

C'est un matériel médical de spéléo-secours. Il ne se justifie qu'en des contrées totalement dépourvues de structures de secours. Sa composition (connue des médecins de la CO.MED) ne la rend utilisable que par un personnel spécialisé (infirmier, médecin). Ces trousses posent un problème de transport en raison de leur poids et de leur volume, un cas de voyage en avion par exemple. Elles ont leurs partisans et leurs détracteurs. Certains leur reprochent de ne servir à rien, car lorsqu'on part en expéditions lointaines, il faut en accepter les risques et s'y préparer sérieusement dans l'idée « qu'il ne doit pas y avoir d'accidents ». De fait les accidents souterrains au cours des expés lointaines sont statistiquement relativement rares, ce qui semble donner raison aux opposants à ce matériel. On frémit quand même à la pensée de la victime d'un tel accident (pour lui c'est du 100 %) et à ses copains démunis de moyen d'action médicale efficace !

Sur ce plan, le débat restera longtemps ouvert et chacun gardera pour lui sa vérité.

Ce chapitre serait incomplet sans aborder les deux points suivants :

- si on emporte dans la pharmacie de camp (expés lointaines) des sérums antitétaniques, **ce n'est pas parce que les spéléos sont dispensés de la vaccination ; au contraire, tout spéléo conscient doit être correctement vacciné contre le tétanos.** Les sérums ne sont là que pour être administrés par un médecin en cas de plaie très souillée ;

- enfin il ne sert à rien d'emporter une trousse de soins si on ne s'en sert pas. La santé est l'affaire de tous et en premier lieu du malade. On voit trop souvent des individus négliger ce qui au début n'est qu'un « bobo » aisément guérissable, et venir se faire soigner au stade des complications.

CHAPITRE 5 PREVENTION

1) PRINCIPES DE L'ENTRAÎNEMENT CHEZ UN SPELEOLOGUE

La spéléologie étudiée d'un point de vue physiologique, associe des efforts brefs intenses et répétés, avec des efforts prolongés entrecoupés de quelques périodes de récupération.

Si l'on ne peut parler de performances, comme en hétéisme par exemple, la réussite d'une sortie sous terre, sur le plan physique personnel, est néanmoins conditionnée par une bonne préparation physique préalable. Cette préparation s'obtient par l'entraînement qui crée une bonne adaptation de l'organisme, et notamment des appareils cardiovasculaire et musculaire lors de l'effort.

Il faudra donc associer dans cet entraînement, une préparation du cœur et des vaisseaux à l'exercice type « endurance », et une préparation du cœur et du muscle aux exercices brefs et intenses type « résistance ».

En pratique on peut recommander :

1° un entraînement foncier (footing, cyclisme, cross, marche en terrain accidenté) où l'exercice est pratiqué à faible intensité et longue durée. Un bon critère de faible intensité est que l'on puisse parler lors de l'effort.

La durée sera allongée au fur et à mesure des séances (1/2 h au début, pour aller progressivement vers 1 h, 1 h 1/2, à raison de 2 séances par semaine).

Avant de faire des grands trous longs et difficiles, il faut compter environ deux mois pour obtenir la pleine efficacité de l'entraînement à l'endurance.

2° un entraînement aux efforts brefs et intenses. Le mieux pour le spéléo est d'associer l'utile à l'agréable, c'est-à-dire s'entraîner au jumar et à l'échelle (pont, viaduc, falaise) en faisant des remontées successives en un temps donné et de l'escalade (à Fontainebleau, il faut faire un parcours complet à un rythme assez soutenu et sans trop s'arrêter, par ex. un parcours jaune).

En conclusion il faut insister sur la préparation cardiovasculaire par des efforts de longue durée et de faible intensité qui est de loin la plus importante en spéléo.

Vous trouverez ci-après 2 programmes d'entraînement de deux mois et quatre mois en vue d'une expédition d'été par exemple.

Les 15 premiers jours : 1/2 h de footing, 2 fois par semaine ; à Fontainebleau un parcours jaune ; ou au viaduc (35 mètres) jumar : 4 en 1/2 h, échelles : 3 en 1/2 h.

3^e et 4^e semaines : 3/4 h à 1 h de footing, 2 fois par semaine ; à Bleau un parcours jaune et 1/2 h en plus ; ou au viaduc jumar : 5 en 3/4 h, échelles : 4 en 1/2 h ;

5^e et 6^e semaines : 1 h à 1 h 1/2 de footing, 2 fois par semaine ; à Bleau 2 parcours jaunes dans la journée ; ou course 4 x 100 m en moins de 15 sec. ; ou viaduc jumar : 6 en 3/4 h, échelles : 5 en 3/4 h.

7^e et 8^e semaines : 1 h 1/2 à 2 h de footing, 2 fois par semaine ; à Bleau 2 parcours jaunes dans la journée en accélérant le rythme ; ou viaduc jumar : 8 en 1 h, échelles : 6 en 1 h ; ou course 4 x 150 m en moins de 20 sec.

Ce programme est indicatif et peut donc être adapté aux possibilités physiques de chacun. Le principe est simple, il suffit de doser les efforts et de les augmenter en durée (endurance) et en intensité (résistance) de façon progressive. Vous pouvez demander conseil à un entraîneur sportif ou à un médecin que vous connaissez. Pour la course, il importe de ne pas repartir sans que le pouls soit redescendu en dessous de 120 pulsations par minute.

PROGRAMME D'ENTRAÎNEMENT EN 4 MOIS

- du 10 au 16 décembre : 3 séances de 10 km en 1 heure.
- du 17 au 23 décembre : 3 séances de 10 km en 1 heure ; 1 séance de 5 km en 20 mn.
- du 24 au 30 décembre : idem.
- du 31 décembre au 6 janvier : 4 séances de 12 km en 1 heure.
- du 7 au 13 janvier : 3 séances de 12 km en 1 heure ; 1 séance de 5 km en 20 mn.
- du 14 au 20 janvier : idem.
- du 21 au 27 janvier : idem.
- du 28 janvier au 3 février : 4 séances de 12 km en 1 heure.
- du 4 au 10 février : 3 séances de 12 km en 1 heure ; 1 séance de viaduc (voir plus loin).
- du 11 au 17 février : relâche.
- du 18 au 25 février : spéléo.
- du 25 février au 3 mars : 3 séances de 12 km en 1 heure ; 1 séance de viaduc.
- du 4 au 10 mars : idem.
- du 11 au 17 mars : idem.
- du 18 au 24 mars : idem.

Les séances au viaduc comprennent :
5 remontées de 30 mètres en 5 mn
10 remontées de 20 mètres en 3 mn
10 remontées de 10 mètres en 1 mn
Départ de chaque remontée lorsque le pouls est inférieur à 110.

2) ENTRAÎNEMENT TECHNIQUE

Celui-ci est primordial ; en particulier pour l'acquisition des gestes automatiques de sécurité, dont l'expérience montre qu'ils sont facilement perturbés lors de la fatigue. L'aisance d'évolution est en partie conditionnée par cette forme d'entraînement ; il est difficile d'imaginer le nombre de personnes que nous avons pu voir s'épuiser parce qu'elles n'utilisaient pas au maximum les ressources de leur matériel.

Au risque d'aller contre l'opinion de certains, nous ne pensons pas que vitesse soit toujours synonyme de sécurité. En effet, dans beaucoup de cas, aller vite signifie travailler en résistance, ce qui mène rapidement à une fatigue excessive. Il vaut beaucoup mieux, à notre avis et en particulier pour les gens manquant un peu d'entraînement, **travailler en endurance**. Un bon moyen de le savoir est de prendre son pouls de temps à autre : il doit être inférieur à 130.

3) DIETETIQUE SPELEO

L'alimentation du spéléologue devra apporter tous les éléments nécessaires à la poursuite de l'effort dans de bonnes conditions énergétiques. Quelques règles simples, conséquences de ce que nous avons dit, sont à respecter.

- Ne pas partir sous terre sans avoir mangé.
- Manger durant l'exploration, en essayant de respecter les rythmes alimentaires.
- Il n'est pas nécessaire d'emporter des rations de 4000 Kcal par jour ; en effet, si l'exploration ne dépasse pas 24 h, on peut utiliser ses graisses de réserve (ça facilite le passage des étroitures au retour !). Il faudra cependant que l'alimentation soit suffisamment riche en glucides pour pouvoir le faire.
- On modifiera, à cet effet, légèrement la répartition des nutriments : glucides 60 %, lipides 30 %, protides 10 %. Mais on prendra bien garde à ne pas supprimer complètement les protides, car ils jouent un rôle important dans la stabilité de la glycémie.
- L'eau devra être apportée en abondance (0,5 litre toutes les 3 ou 4 heures) et on n'attendra pas d'avoir soif pour le faire ; en effet la sensation de soif est émoussée sous terre. Ne pas oublier que 2 litres d'eau perdue entraîne 20 à 30 % de perte de rendement. La boisson devra être emportée si on explore un réseau fossile, dans l'autre cas elle sera désinfectée à l'aide d'hydroclonazone.
- Il faudra compenser les pertes en sel à l'aide d'aliments salés (cacahuètes, soupes, etc.).
- Certaines vitamines du groupe B peuvent être intéressantes par le rôle qu'elles jouent dans la conduction nerveuse ; elles sont apportées par des produits tel le XL 1.

- On n'oubliera pas de varier les menus pour les rendre appétissants (le pain d'épices mouillé, couvert de boue, et qui a trempé de plus dans les restes du thon à l'huile, finit par rebuter même les plus braves au bout de 15 h d'explo).
- Enfin en cas d'explo de plus de 24 h il faut prévoir un bivouac pour compléter ces précautions alimentaires.

— On évitera la prise de glucides isolés en trop grande quantité, en raison des risques d'hypoglycémie majorés par l'effort. On prendra donc soin de prendre des glucides à absorption rapide souvent mais par petite quantité, ou accompagnés par des sucres à absorption plus lente, qui arriveront dans la circulation avec suffisamment de décalage pour compenser l'hypoglycémie.

4) PROTECTION THERMIQUE

C'est un des gros problèmes posés par la spéléologie ; pourtant, là encore, le respect de quelques règles simples, sans résoudre totalement le problème, amélioreront nettement les conditions d'exploration.

— Adapter l'équipement à la cavité !... On n'utilise pas n'importe quel vêtement dans une cavité donnée ; tenir compte de sa température pour enfile la couche de rofyl adéquate, ne mettre la pontonière ou la combinaison de plongée que dans la rivière que l'on se propose d'explorer, sinon gare au phénomène de cocotte-minute. Le choix entre rofyl, rexo, bury, etc., est une question de personne, en effet tout le monde ne transpire pas de la même façon, et ne supporte pas le froid pareillement (voir les avantages et les inconvénients respectifs dans le Petit Marbach Illustré).

— En cas de crapahut important sans rencontrer d'obstacles humides il est préférable d'ôter la combinaison Texair, car ainsi on transpire moins.

— Aux arrêts, enlever là encore la combinaison pour faire sécher la sous-combinaison, ne pas s'asseoir, et encore moins s'allonger à même le sol, au contraire, marcher un peu, ne pas rester immobile.

— Boire chaud le plus souvent possible.

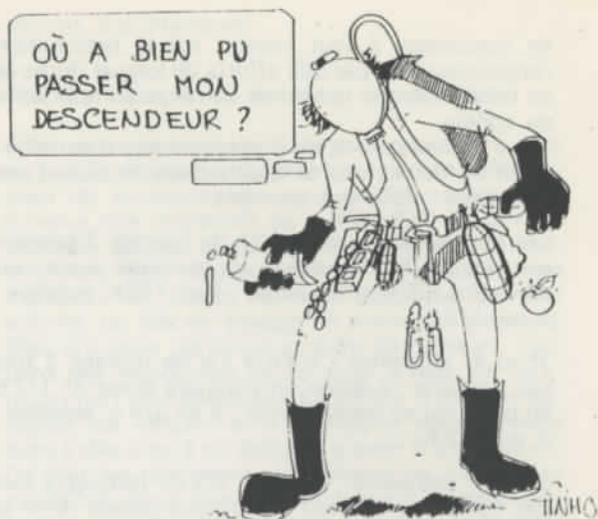
— Ne pas boire d'alcool, car après une impression fugace de réchauffement, il favorise le refroidissement.

— Enfin, à ajouter au chapitre vestimentaire, ne pas porter de baudrier qui serre trop la poitrine, en raison de la gêne respiratoire possible.

5) VISITE MEDICALE SPORTIVE

Il n'est pas dans nos intentions de partir en croisade pour instituer une visite médicale sportive obligatoire en spéléologie, mais il est important de prendre garde aux accidents ou aux incidents dont le nombre ne cesse d'augmenter, car tôt ou tard les pouvoirs publics risquent de venir mettre leur nez dans ce problème, comme ils l'ont fait pour d'autres disciplines. Si nous voulons que la spéléologie reste un domaine où la responsabilité individuelle prime sur la réglementation aveugle élaborée au sein d'un cabinet ministériel, coupée de la réalité de la pratique, il importe d'être vigilant. Pour ce faire, il ne faut pas hésiter à conseiller à un spéléo d'aller consulter un médecin si l'on a pu constater une résistance anormalement basse lors d'une exploration (sous réserve que celle-ci n'ait pas été conduite en dépit du bon sens). Il est préférable de l'adresser à un médecin du sport plus à même de l'examiner et d'apprécier ses capacités réelles. - fig. 18 -

Enfin rappelons encore une fois l'importance des vaccinations contre le tétanos et la poliomyélite, toutes deux obligatoires.

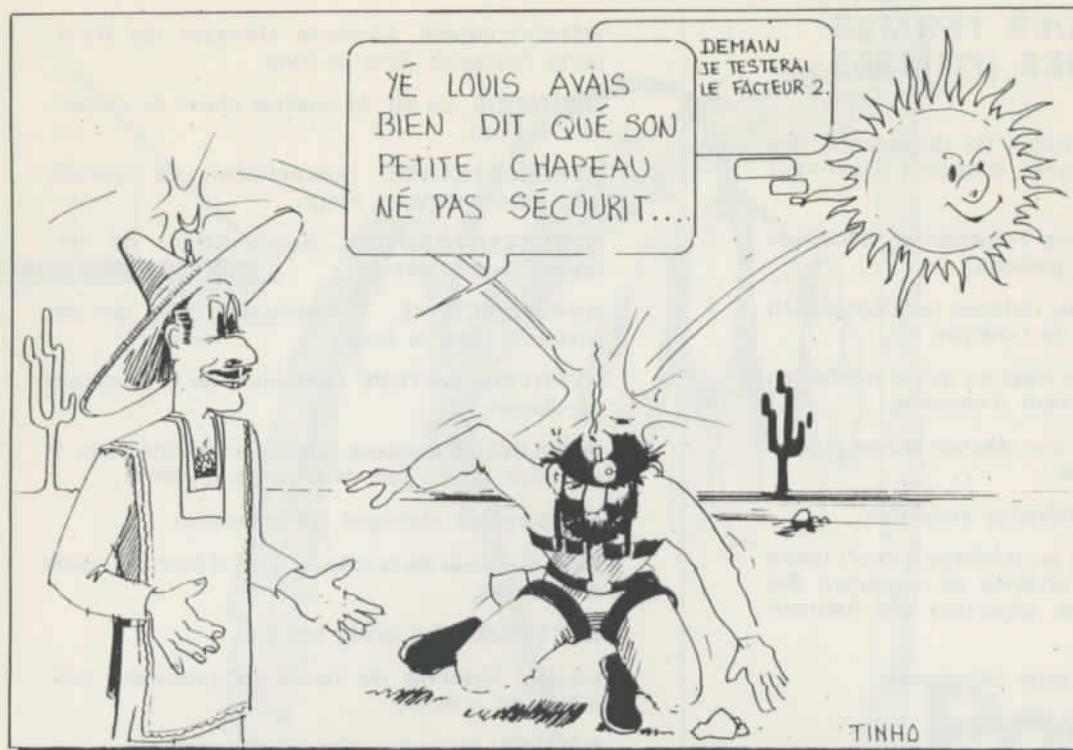


VISITE
MEDICALE
SPORTIVE

EFFECTUEE
PAR UN
SPECIALISTE



- fig. 18 - Sans légende.



Pour prévenir tout incident, il est nécessaire d'adapter son matériel à chaque type d'expédition.

BIBLIOGRAPHIE

● PHYSIOLOGIE ET PATHOLOGIE

- BALLEREAU A. Etudes des accidents en Spéléo de 1933 à 1978. Thèse de Médecine.
- BESSAC J.F. - DU BOUETIEZ A. Notions de physiologie sportive à l'usage des spéléologues E.F.S. Région "A" 1983
- BLANCHARD J.M. Contribution à l'étude de l'épuisement en milieu souterrain. Thèse de Médecine. Tours 1982
- E.F.S. Secourisme Spéléo : Plaquette.
- FAUST P. Les Accidents et incidents en Spéléologie. Thèse de Médecine. Nancy 1983
- FENIES J. Spéléo et Médecine. Thèse de Médecine 1965
- F.F.S. Commission Médicale. Rapport d'expérimentation sur harnais. Chalain (39) Mai 1984
- GUILLAUME F. Les modifications biologiques à l'effort en spéléo. Plaquette E.F.S.
- GUILLAUME F. et KERCOMAR O. Modifications physiologiques en spéléologie. Thèse de Médecine. Grenoble 1977
- GUILLET R. Médecine du sport Masson. Paris 1965
- MODD H., FLANDROIS R. Physiologie du sport. Masson éditeur. Paris 1985
- MONOD H. et VANDEWALLE H. Sports et Médecine T₁ T₂ T₃ Editions Médicales Fournier, Pharmuka.
- SAUMANDE P. Physiologie en spéléologie. Spelunca Mémoires 1965.
- SAUMANDE P. Comment l'homme se comporte-t'il sous terre. Spelunca 1965-1 : 32-35
- SERRET C. Bases physiologiques relatives à la spéléo. Plaquette E.F.S.

● DIETETIQUE

- ACHIARY F. Diététique et Spéléo. Spéléologie dossier n° 7 1973
- APFELBAUM M. et PERLEMUTER L. Dictionnaire pratique de diététique et de nutrition. Masson éditeur. Paris 1981
- CONSEIL F. Diététique et Spéléo. Mémoire de B.T.S. de diététique 1984
- CREFF A. Diététique sportive. Masson éditeur. Paris 1966
- CREFF A. La santé par l'équilibre alimentaire 421 GPL. Comité Français d'information et d'éducation diététique.
- LAUTIER J. et SAUMANDE P. Une expérience de nutrition. Spelunca 1966-3 182-186.
- PLUYMERS E. Notions de diététique et leurs applications à l'exploitation souterraine en expédition. Résurgence. Centre Routier Spéléo. Belgique.
- QUER G. Intendance d'un stage. Travail de recherche Instructeur.

LEXIQUE DES TERMES TECHNIQUES UTILISÉS

ACIDE LACTIQUE. Produit de dégradation des glucides en l'absence d'apport suffisant d'oxygène.

ADIPOCYTE. Cellule de l'organisme spécialisée dans le stockage des graisses.

ADP. Molécule chimique obtenue par dégradation de l'ATP pour libérer de l'énergie.

AÉROBIE. Se dit d'une réaction qui se produit en présence de suffisamment d'oxygène.

ANAÉROBIE. Se dit d'une réaction qui se produit en l'absence d'oxygène.

APATHIE. État d'indifférence important.

ATP. Molécule servant au stockage à court terme de l'énergie ; elle est obtenue en dégradant des molécules énergétiques apportées par l'alimentation.

CÉTONIQUES. Voir corps cétoniques.

Cl⁻. Symbole chimique du chlore.

CO₂. Symbole chimique du gaz carbonique.

CORPS CÉTONIQUES. Molécules dégagées par la dégradation des lipides en l'absence d'une quantité suffisante de glucides ; ils sont toxiques pour l'organisme.

CYCLE DE KREBS. Cycle de réactions chimiques dans lequel les glucides peuvent être dégradés si il y a de l'oxygène ; il est très énergétique.

DÉSHYDRATATION. État de l'organisme qui manque d'eau.

DETTE EN O₂. Quantité d'O₂ que le muscle prélève sur ses réserves au début de l'exercice et qu'il lui faudra rembourser lors de la phase de récupération.

DISACCHARIDES. Sucres composés de deux molécules de sucres élémentaires.

EAU D'OXYDATION. Eau produite par les réactions chimiques dans l'organisme.

ÉLECTROLYTES. Désigne les substances minérales contenues dans le sang : chlore, sodium, potassium, etc.

EM. Exercice musculaire.

Fc. Fréquence cardiaque = pouls.

GLUCOSE. Sucre élémentaire qui est l'aliment préféré de la cellule.

GLYCÉMIE. Concentration du glucose dans le sang.

GLYCOGÈNE. Forme de stockage du glucose dans la cellule.

HALLUCINATION. Phénomène psychique caractérisé par une perception d'un organe des sens (ouïe, vue) sans qu'il y ait réellement quelque chose à percevoir.

Hb. Symbole chimique de l'hémoglobine.

HCO₃⁻ Formule chimique du bicarbonate.

H₂CO₃. Formule chimique de l'acide carbonique.

H₂O. Formule chimique de l'eau.

HÉMOGLOBINE. Molécule chimique qui transporte l'oxygène dans le sang.

HYDRIQUE. Se dit de quelque chose se rapportant à l'eau.

HYPERGLYCÉMIE. Concentration de glucose trop élevée dans le sang.

HYPERVENTILATION. Augmentation de fréquence ventilatoire.

HYPOGLYCÉMIE. Concentration de glucose diminuée dans le sang.

HYPOVENTILATION. Diminution de la fréquence ventilatoire.

INSULINE. Substance chimique sécrétée par le pancréas et qui fait diminuer la glycémie.

K⁺. Symbole chimique du potassium.

Kcal. Symbole de la calorie, unité d'énergie utilisée en biologie.

LACTIQUE. Voir acide lactique.

mmHg. Symbole de l'unité de pression : millimètre de mercure.

NAUSÉE. Sensation d'envie de vomir.

Na⁺. Symbole du sodium.

O₂. Symbole de l'oxygène

PA. Synonyme de tension artérielle.

P_ACO₂. Pression de gaz carbonique dans l'air des alvéoles pulmonaires.

P_AO₂. Pression d'oxygène dans l'air des alvéoles pulmonaires.

PCO₂. Pression de gaz carbonique dans le sang artériel.

PO₂. Pression d'oxygène dans le sang artériel.

P_VCO₂. Pression de gaz carbonique dans le sang veineux.

P_VO₂. Pression d'oxygène dans le sang veineux.

PHOSPHOCRÉATINE. Forme de stockage de l'énergie dans le muscle.

PROTIDES. Molécules chimiques apportées par l'alimentation et qui ont surtout un rôle dans la construction de la charpente des organes (os, muscles, parois cellulaires, etc.).

PROTÉINES. Synonyme de protides.

POLYSACCHARIDES. Molécules chimiques constituées de très longues chaînes de sucres élémentaires comme le glucose (amidon, glycogène).

Qc. Débit cardiaque.

Rp. Résistances périphériques : résistances opposées par les vaisseaux sanguins au passage du sang.

TA. Tension artérielle.

VASOCONSTRICTION. Diminution de diamètre des vaisseaux sanguins.

VASODILATATION. Augmentation de diamètre des vaisseaux sanguins.

Vs. Volume systolique : volume de sang expédié dans les vaisseaux à chaque contraction cardiaque.