

Bibliographie sur le travail cardiaque en spéléologie

Mémoire de DIUMUM 2011

Mathilde FABRE

« Contribution à l'étude de l'épuisement du spéléologue en milieu souterrain »

Thèse de J-M Blanchard 1980-82

- Dans sa thèse, le Dr Blanchard relève les différentes causes de décès sous terre (fautes techniques, problème de matériel, éboulements, asphyxie, accidents de plongée, noyades, épuisement et hypothermie)
- Il se propose d'étudier l'épuisement, afin d'essayer de prévenir ces accidents, et souligner la nécessité d'avoir une équipe de secours souterrains avec des médecins spéléologues dans chaque département karstique.
- Analyse ECG, biologiques, réflexogramme

Gouffre de la Pucelle (Lot)

Septembre 1980

- Deux volontaires spéléologues habitués au milieu souterrain
- Progression en rivière, constamment en immersion partielle ou totale, passage de gours à la nage, cascades descendues à l'échelle, puits arrosés, sur 2,8 km, arrêt sur siphon
- Un aller-retour, puis 2^e voyage avec retour lorsque la fatigue devient intense
- Bilan initial avec examen clinique, ECG, radiographie de thorax, spirométrie, enregistrement du réflexe achilléen, test d'effort statique et dynamique, tests biologiques sanguins et urinaires
- Prise de température buccale régulière
- Bilan de sortie identique sauf absence de radio thoracique

- SUJET 1:

- TPST: 12h

- Fatigue intense, crampes, frissons, dyspnée modérée, tachycardie sinusale, CPK 630

- SUJET 2:

- TPST: 15h

- Asthénie plus importante, hypothermie à 34,5°C (perte de 2°C), frissons, dyspnée importante avec crépitants des 2 bases, nombreuses extrasystoles polymorphes, CPK 312

- Pour les 2 sujets, perte de 1,5kg, température s'abaissant dans les dernières heures d'exploration

Gouffre Jean Bernard (Haute Savoie)

Février 1981

- Entrée à 1843m (V4 bis), profondeur – 1455m
- Glace présente jusqu'à -100 avec une température entre 0 et 2°C, puis méandre entrecoupé de puits jusqu'à -500, puis galerie où coule une rivière, à -800: méandres et étroitures très techniques, 1^{er} siphon à -1410m
- Expédition hivernale avec 25 spéléologues pour explorer la partie post siphon, avec tournage de l'expédition
- 17 volontaires pour l'expérience, dont 6 pour les prises de sang, 10 ECG, 1 holter ECG

Résultats des ECG et holter ECG

- Les ECG retrouvent de légères déviations de l'axe des QRS à gauche, des ondes T plus amples et plus pointues, des ondes S plus profondes en précordiales gauches et une tachycardie.
- Chez un sujet de 20 ans, proche de l'épuisement, peu entraîné, ne pratiquant pas d'autre sport que la spéléologie, l'ECG post expérience retrouve un sus-décalage de 4 mm du segment ST, avec une grande onde T en précardial droit. Ces signes ont régressé le lendemain.
- L'enregistrement holter a retrouvé une tachycardie banale. A noter qu'un câble s'est décroché à -500 au cours de la remontée.

L'igüe de Larcher (Lot)

Avril 1982

- Petits puits jusqu'à -80m, puis d'une succession de petites rivières menant au collecteur « la rivière noire ». Progression acrobatique (opposition, escalade, nage). Développement de 5km.
- Sujets entre 15 et 56 ans, participant au stage « initiateur » de l'EFS
- Fatigue banale
- 10 ECG, 3 holter ECG

Résultats des Holter ECG

- Sujet 1: anomalie physiologique « wandery PR »
- Sujet 2: (26 ans, TPST 6h)
tachycardie sinusale et « coups de frein » vagues
- Sujet 3: (23 ans, TPST 10h)
courts épisodes de BAV du 1^{er} degré rapidement régressifs, mais se renouvelant souvent. Fin du tracé indisponible car l'appareil a pris l'eau.

Analyse des tracés ECG selon la classification de Chailley-Bert et Plas

- Type I : déviation des deux axes dans le même sens, vers la droite, variation normale
- Type II : déviation des deux axes dans le même sens, vers la gauche, variation normale
- Type III : déviation de l'axe du QRS vers la gauche et de l'axe de l'onde T dans la direction opposée avec ouverture de l'angle RT, fait craindre un surmenage myocardique
- Type IV : déviation de l'axe du QRS vers la gauche et de l'axe de l'onde T dans la direction opposée avec ouverture de l'angle RT, traduit une altération myocardique
- Un type II, un type IV « discret »

«Epreuve fonctionnelle de laboratoire pour l'évaluation des spéléologues»

Ignasi de Yzaguirre et José Antonio Gutierrez en 94

- Reproduction d'une épreuve d'effort spécifique en spéléologie, avec des paliers de 3 minutes à une fréquence définie de « brassées » (cycle montée du bloqueur de poing - montée du corps)

Palier	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Rythme (brassées par minute)	10	14,2	20	25	30	35	40	45	50

- 12 spéléologues confirmés et entraînés

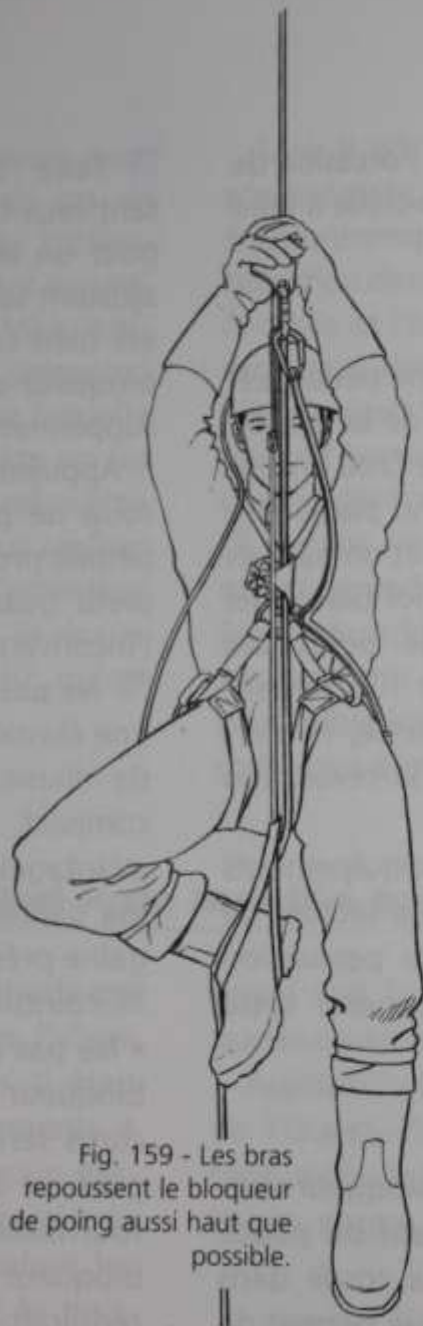


Fig. 159 - Les bras repoussent le bloqueur de poing aussi haut que possible.

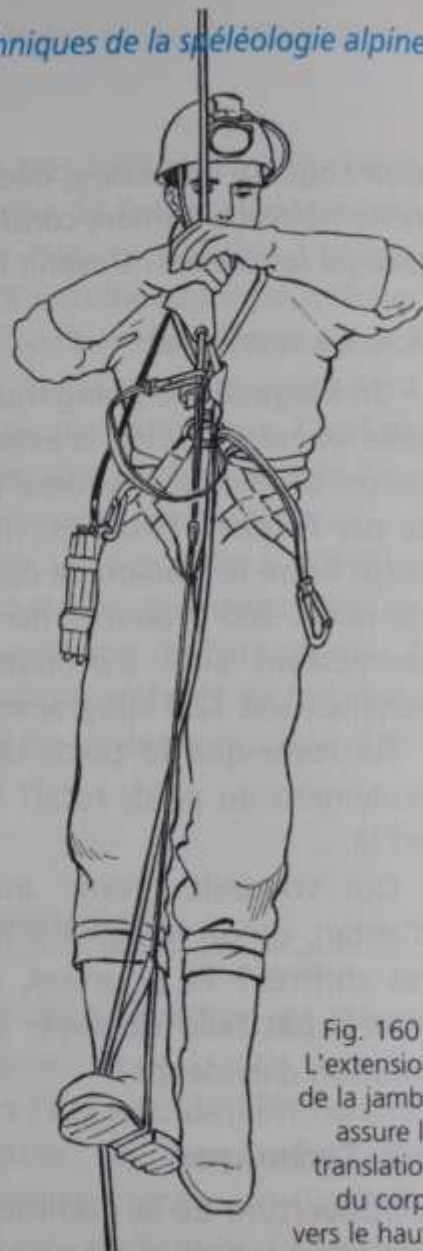
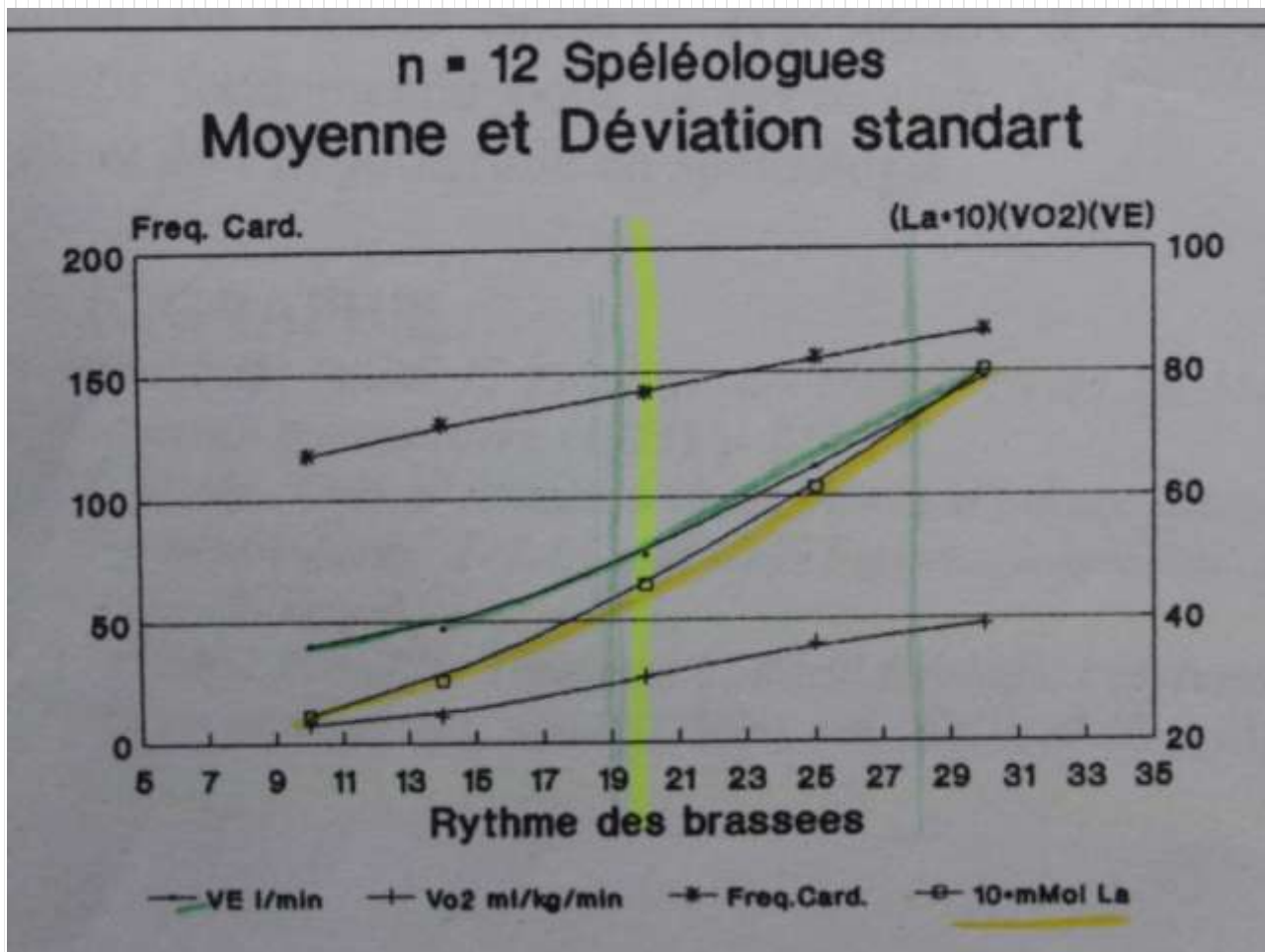


Fig. 160 - L'extension de la jambe assure la translation du corps vers le haut.

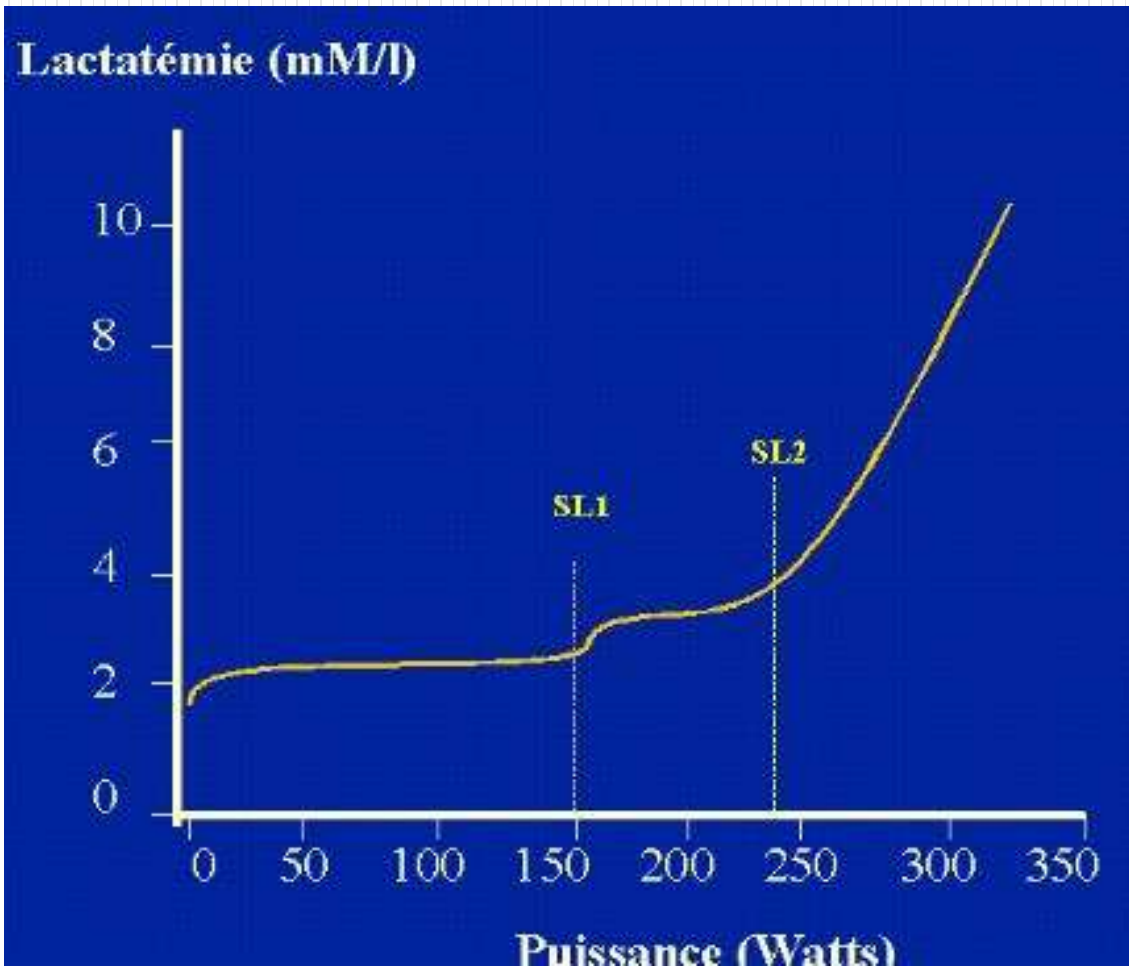
Résultats



Rappel des données de physiologie de l'effort

Voies/filières	ANAEROBIE ALACTIQUE	ANAEROBIE LACTIQUE	AEROBIE
Sources	ATP - Créatine phosphate	Glycogène - Glucose	Glucides - Lipides
Délais d'intervention	Nul	De 7 sec à 20sec	3mn (plein régime)
Oxygène	Non	Peu	Oui
Produit du processus	ADP	Acide lactique (lactates)	Eau (sueur) + CO2
Energie	Intensité très élevée mais faible quantité	Intensité très importante et en quantité moyenne	Intensité liée au VO ₂ max et en grande quantité
Durée max. du mécanisme	=> 15 sec	=> 2 minutes	illimitée

Seuils lactiques



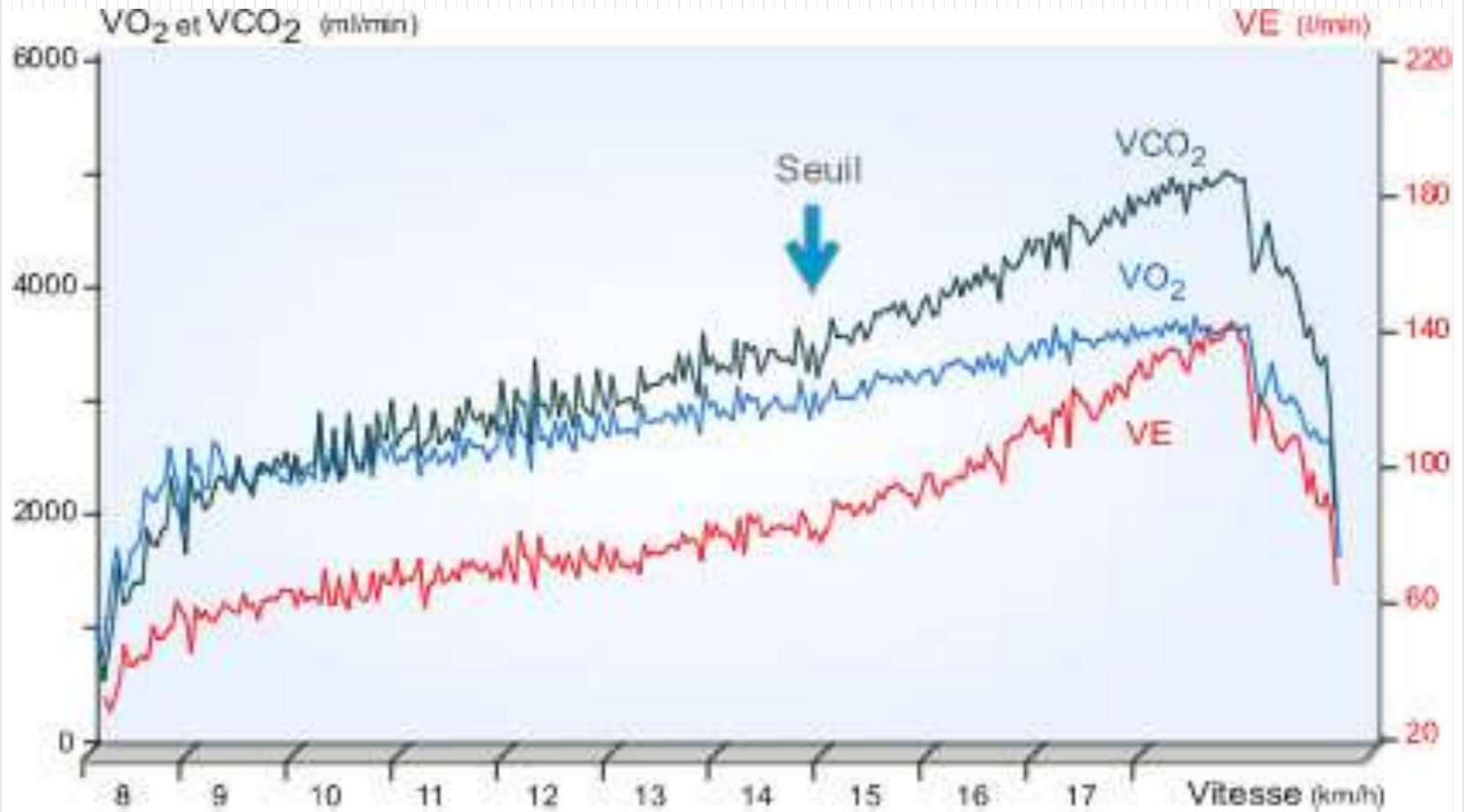
SL1 = intensité d'exercice pour laquelle la lactatémie augmente au delà de sa valeur de repos
(valeur arbitraire 2 mmol.L⁻¹)

Avec l'entraînement, SL1 passe de 50-60% à 70-80% de la VO₂max

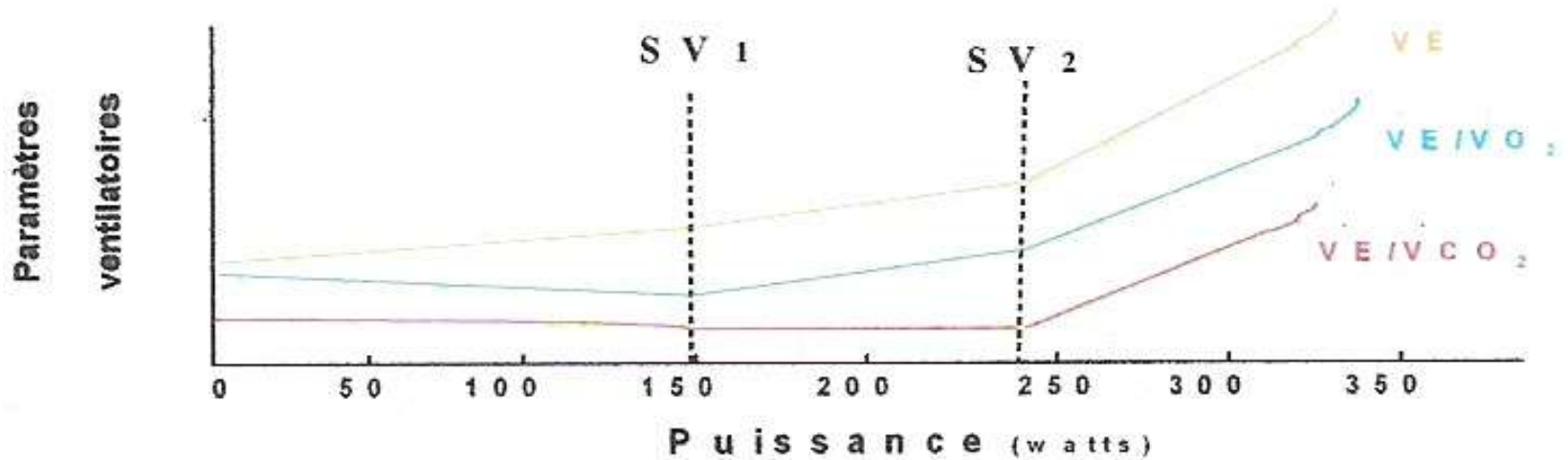
SL2 = 2^{ème} rupture, moment dans la cinétique de l'effort où la production de lactate dépasse son élimination
(valeur arbitraire 4 mmol.L⁻¹)

SL2 est le déterminant majeur de l'allure pouvant être conservée lors d'un effort de longue durée.

Seuil ventilatoire



- Lors d'un exercice modéré, la ventilation reflète exactement le niveau d'activité métabolique (ventilation proportionnelle à la consommation d'oxygène).
- Quand l'intensité de l'exercice augmente, la demande énergétique ne peut plus être uniquement satisfaite par les processus oxydatifs, le muscle fait appel à la glycolyse. Il y a alors production d'acide lactique, qui est tamponné par le bicarbonate de sodium en formant du lactate de sodium, de l'eau et du CO_2 . Cela correspond au seuil ventilatoire 1: la ventilation s'accroît de manière disproportionnée à la demande, pour éliminer le CO_2 en excès.

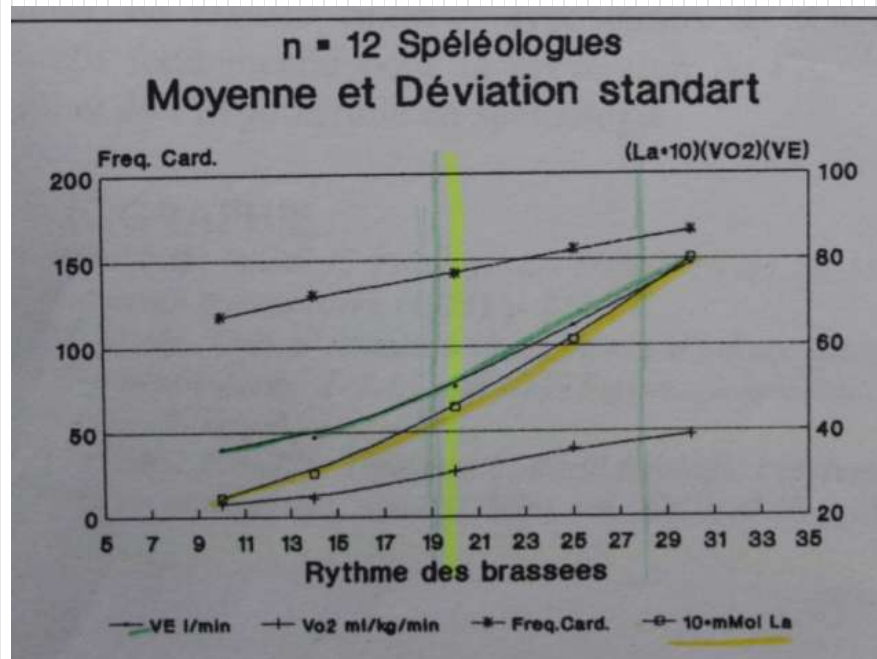


- SV1: adaptation de la ventilation
- SV2: désadaptation: la ventilation devient insuffisante: accumulation de lactates, survenue de la fatigue
- La mesure du seuil ventilatoire est une méthode non invasive d'appréciation du seuil lactique.

Analyses des résultats

- Ce tableau reprend les moyennes des résultats des 12 spéléologues :

	Brassées	VE	VO ₂	FC	Lactates
4 mMol de lactate	19,6	46,4	23,3	141,8	
Seuil anaérobie	28,1	63,5	37,6	165,2	6,9
Effort maximal	38,6	97,3	44,7	178,1	10,4



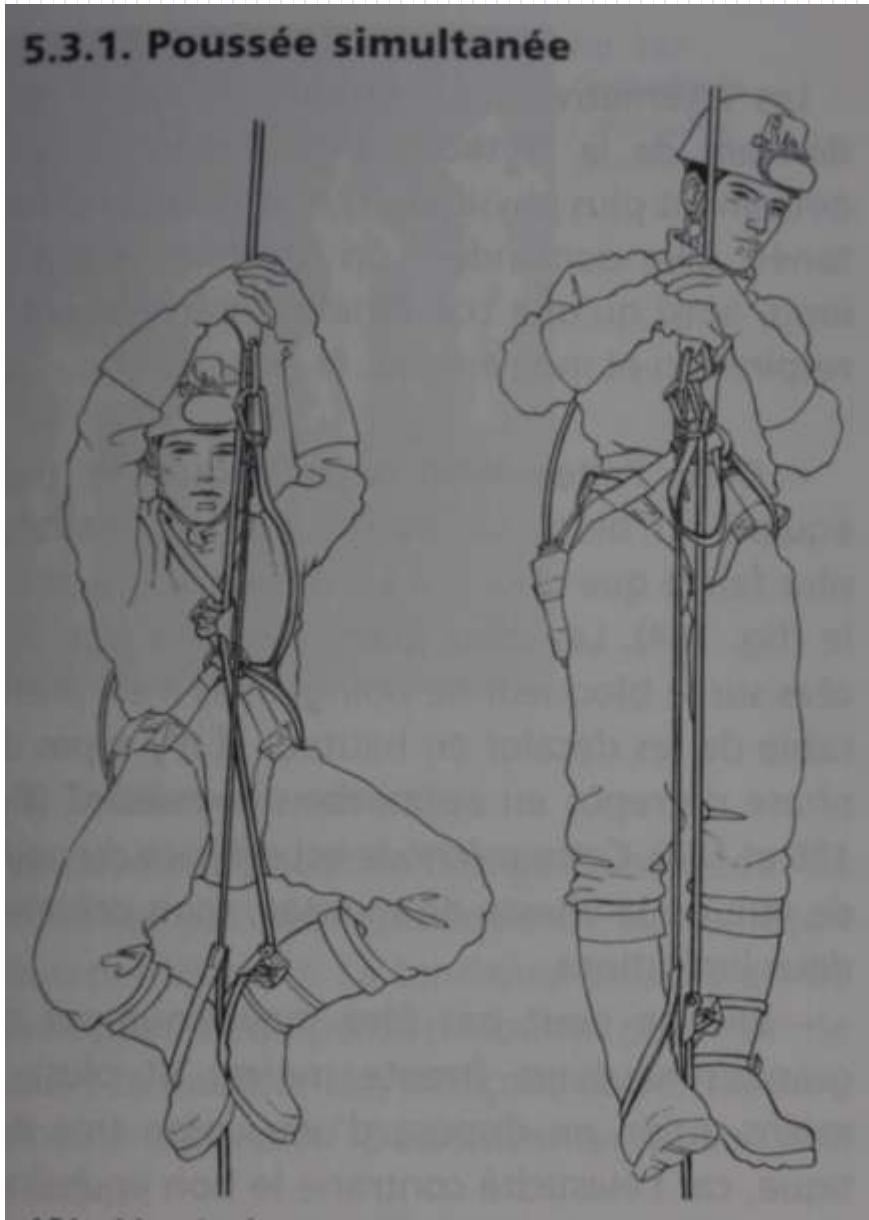
- La notion de seuil anaérobie n'est pas expliquée (SL2?)
- Mais les auteurs précisent qu'à 4mMol de lactates, les paramètres ventilatoires ne sont pas modifiés (donc <SV1)
- Selon ces résultats, les auteurs conseillent aux spéléologues de dépasser la cadence de 20 brassées par minute, qui correspond au seuil de 4mMol de lactate, et, en analysant la moyenne du groupe, à 65% de la VO_2 max. En effet, à ce rythme, les spéléologues restent en endurance, et ne risquent donc pas l'épuisement.

«Etude comparative de trois méthodes de remontée sur corde en spéléologie»

Jean Louis Guilleman, 2003

- Comparaison de la méthode classique, de la méthode simultanée décalée et de la méthode alternative sur les plans énergétiques et cinématiques
- 9 spéléologues confirmés et entraînés

5.3.1. Poussée simultanée



Dans la méthode simultanée décalée, les pieds sont remontés en décalé, puis la poussée se fait sur les 2 pieds.

La montée alternative asymétrique



Fig. 186 - Poussée sur le bloqueur de pied et montée du bloqueur de poing.

Fig. 185 - Poussée sur la pédale et montée du bloqueur de pied.



La montée alternative asymétrique

Résultats

- Résultats peu développés : FC max mentionnée pour un spéléologue seulement, calcul de l'indice de charge non détaillé
- Fréquence cardiaque qui monte jusqu'à 212 battements par minute pour un des participants en méthode alternative sur 20 m (98% de sa FC Maximale)
- La méthode avec le bloqueur de pied (SD) permet une montée plus rapide et une diminution de l'indice de charge

« Les cordistes »

Dr Rey Bernard 2003-2004

- Cardio-fréquencemétrie de 4 travailleurs acrobatiques lors d'un chantier important qui consistait à effectuer des forages exploratoires préparatifs à des travaux de soutènement et de restauration d'une falaise
- Entre 24 et 27 ans
- Deux ont un IMC supérieur à 25
- Trois fumeurs

Résultats

	Cordiste N°1	Cordiste N°2	Cordiste N°3	Cordiste N°4
FCMT	196	195	192	193
FC Moyenne	93	97	95	120
CCR	24%	27%	26%	35%
FC Crête	165	170	184	166

- $CCR = CCA / (FCMT - FC \text{ réf}) \times 100$
- $CCA = FC \text{ moyenne} - FC \text{ réf}$
- $FC \text{ réf} = FC \text{ 1}^{\text{er}} \text{ percentile}$

- Fréquences cardiaques moyennes supérieures à 105/minute*
- Fréquences cardiaques de crête supérieures à 150/minute*
- Coûts cardiaques relatifs supérieurs à la limite de pénibilité acceptable fixée à 20 %*

* Limites selon l'INRS: Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles

Bibliographie

- Contribution à l'étude de l'épuisement du spéléologue en milieu souterrain
Thèse de Jean Michel Blanchard, juin 1982
- Epreuve fonctionnelle de laboratoire pour l'évaluation des spéléologues
Ignasi de Yzaguirre, José Antonio Gutierrez
Cinésiologie 1994, XXIII, 164
- Etude comparative de trois méthodes de remontée sur corde en spéléologie
Groupe d'études techniques de l'E.F.S, Mémoire Instructeur
Jean Louis Guilleman
Spelunca n°90, 2003

- Les cordistes.

Mémoire présenté en vue de l'obtention du DES en
médecine du travail

Dr REY Bernard, 2003-2004

<http://docs.bossons-fute.fr/Documents/memoirecordistesrey.pdf>

- Techniques de la spéléologie alpine

Georges Marbach, Bernard Tourte

- Physiologie de sport et de l'exercice

J.H. Wilmore, D.L. Costill, W. Larry Kennedy

4^e édition, Ed De Boeck