

Variations électrocardiographiques de spéléologues exposés à une atmosphère confinée karstique: première approche.

Dr J.M. OSTERMANN

RESUME:

Cinq spéléologues ont été exposés à une atmosphère confinée dans la grotte de LENGRAU (GRAMAT, LOT) en Octobre 1993. Un enregistrement électrocardiographique a été réalisé avant l'exposition, puis pendant le séjour dans la cavité, dont l'atmosphère contenait des teneurs en $\text{CO}_2=3,45\%$ et $\text{O}_2=16,3\%$. Chaque enregistrement comportait les dérivations frontales (D1, D2, D3, aVR, aVL, aVF), précordiales (V1, V2, V3, V4, V5, V6), et un tracé de 3 minutes pour étude du rythme au repos, puis après effort physique. Pour chaque tracé ont été comparés avant et après exposition, puis après effort: la fréquence, le rythme, l'intervalle PR, l'axe QRS, le segment ST, l'intervalle QT, l'amplitude des ondes T. On note l'apparition ou la majoration, chez quatre sujets sur cinq, d'une arythmie sinusale non corrélée à la respiration, mise en évidence par l'étude des intervalles P-P. Aucune extra-systole ventriculaire n'a été retrouvée, contrairement aux données de la littérature. Il existe enfin une tendance à la diminution d'amplitude des ondes T sur les dérivations frontales, et une augmentation de cette amplitude sur les précordiales, mais cela reste à confirmer par d'autres études.

L'exposition aux atmosphères confinées karstiques¹ (A.C.K.) est le fait de nombreux spéléologues pratiquant en région de plateau, chaque année. La Commission Médicale de la Fédération Française de Spéléologie a poursuivi les études physiologiques dans ce type d'atmosphère initiées il y a quelques années (OSTERMANN, 1990), de manière à mieux en cerner les dangers.

Concernant les effets cardio-vasculaires, très peu d'études ont été réalisées dans ce contexte. Dans le cadre d'expositions à une atmosphère enrichie en CO_2 , l'apparition d'extra-systoles ventriculaires a été notée (RADZISZEWSKI, 1987).

Le but de notre première séance d'observations était donc d'établir un protocole expérimental fiable ayant pour but de mettre en évidence l'apparition éventuelle de modifications électrocardiographiques chez des sujets sains soumis à une A.C.K., et de réaliser les premières observations.

LA CAVITE

Description:

La cavité choisie est la Grotte de LENGRAU, située sur la commune de GRAMAT (LOT). Ses coordonnées Lambert sont: X= 550,51 Y= 272, 93 Z= 315 m.

Ce choix résulte de la facilité d'accès, l'absence de difficultés de progression (parcours sans aucun danger), et bien sûr la présence d'un confinement atmosphérique.

La Grotte de LENGRAU est une petite cavité horizontale inactive se développant sur environ 130 m.

Après une entrée basse, une galerie confortable (largeur moyenne 3 m) mène à une salle d'environ 15 mètres de diamètre où furent réalisés mesures et enregistrements ECG.

¹ Nous définissons comme *atmosphère confinée karstique* l'atmosphère d'une caverne enrichie en gaz carbonique et proportionnellement appauvrie en oxygène, du fait de mécanismes d'oxydation généralement pédologiques.

Climatologie:

Les mesures de pression atmosphérique ont été réalisées au baromètre THOMMEN 5000, les mesures de gaz à l'aide d'une pompe DRAEGER modèle 21/31. Pour l'oxygène, les tubes réactifs O² 5%/B ont été employés, avec trois mesures pour chaque station en raison de l'imprécision (erreur de 10% possible). La valeur retenue était une moyenne des trois indications. Pour le gaz carbonique, nous avons utilisé des tubes réactifs CO² 0,1%/a, et retenu la moyenne de deux mesures. Toutes les indications ont été corrigées en fonction de la pression barométrique. Les données sont résumées dans le Tableau 1:

	Extérieur	Cavité
T°	19°	14.2°
Pb	725 mmHg	723 mmHg
CO ²	0,03%	3,28%
O ²	20,90%	15,50%

Tableau 1: Paramètres climatologiques.
Grotte de Lengrau, le 10/10/93.

PROTOCOLE EXPERIMENTAL:

Cinq sujets de 25 à 42 ans, expérimentés en spéléologie pour quatre d'entre eux, ont été sélectionnés. Pour chacun a eu lieu une recherche d'antécédents médico-chirurgicaux contre-indiquant la réalisation de l'observation (notamment cardio-vasculaire ou respiratoire), ou prise de traitements. Ont été notés: poids, taille, âge, sexe, et habitudes tabagiques.

Les tracés ont été réalisés sur électrocardiographe à accumulateur FUKUDA Cardisuny, modèle 501 B III.

Un premier électrocardiogramme de référence (ECG 1) a été réalisé la veille de l'exploration (le 9/10/1993), dans une pièce à 20°, au repos. La pression artérielle a également été relevée.

Le jour des observations, l'électrocardiogramme (ECG 2) a d'abord été effectué au repos après un séjour d'au moins 60 mn en atmosphère confinée, puis après effort physique.

Chaque tracé comporte donc les six dérivations frontales (DI, DII, DIII, aVR, aVL, aVF), et six dérivations précordiales (V1, V2, V3, V4, V5, V6) ainsi qu'un tracé d'étude du rythme de 3 minutes en DII. Pendant l'exposition à l'atmosphère confinée, un second tracé rythme a été réalisé durant 2 minutes après effort physique (30 tractions sur les avant-bras).

Sont étudiés pour chaque tracé:

- Le rythme (sinusal ou non),
- La fréquence: évaluée en début de tracé,
- L'axe de QRS,
- L'intervalle PR,
- La durée de QRS: évaluée sur le complexe le plus large,
- L'espace QT: mesuré en D II,
- L'amplitude des ondes T sur toutes les dérivations,
- L'intervalle P-P sur cinquante complexes QRS en début des tracés rythme. (recherche d'une arythmie sinusale).

Chaque mesure représente la moyenne établie sur cinq complexes.

RESULTATS:

Pour chaque sujet est réalisé un tableau récapitulant les principaux paramètres ECG avant et pendant l'exposition, un graphique à histogrammes indiquant les variations d'amplitudes des ondes T, et une courbe représentant la durée des intervalles entre deux ondes P avant, puis après exposition à l'A.C.K..

Unités utilisées: P.A.: mmHg Fréquence: complexes par minute aQRS: degrés
PR, QRS, QT: millisecondes

Sujet 1: Ma. G.

Age: 35 ans
Taille: 1,60 m

Sexe: F
Poids: 58 kg

Expérience des A.C.K.: oui
Tabac: oui

Sujet N°: 1	M. G.											
	Date	Heure	P.A. B.D.	P.A. B.G.	R	Fr	a QRS	PR	QRS	QT	Obs.	
ECG 1	9/10/93	19:15	120/70	110/60	S	64	+ 60	0,2	0,07	0,4		
ECG 2	10/10/93	11:45	120/70	105/60	S	78	+ 60	0,2	0,06	0,36	(1)	
Δ						+ 14	0	0	- 0,01	-0,04		

Tableau 2: comparaison des paramètres ECG, sujet 1.

(1): arythmie sinusale franche.

VARIATIONS D'AMPLITUDE DES ONDES T

SUJET 1

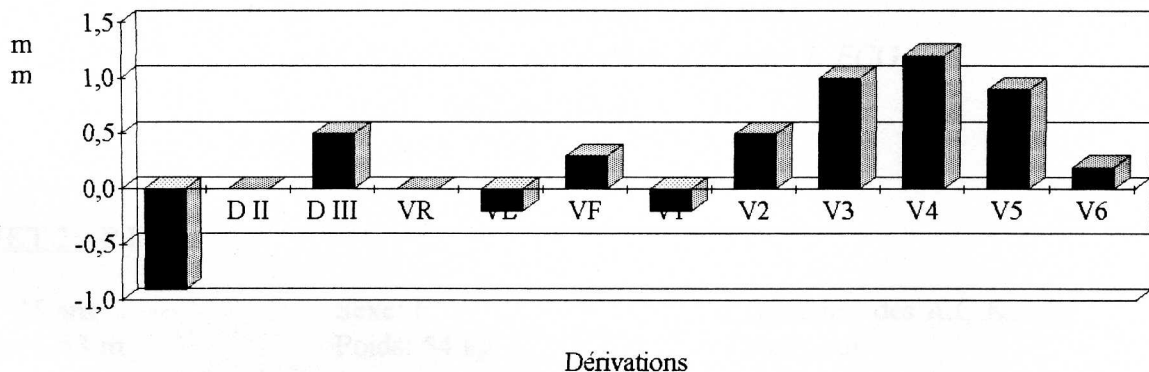


Figure 1: Variation d'amplitude des ondes T en mm, sujet 1.

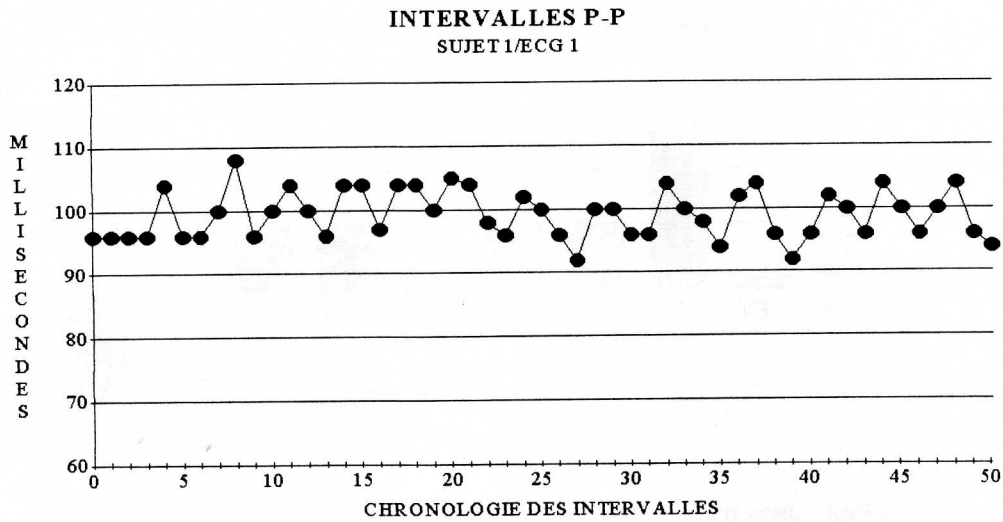


Figure 2: durée des intervalles P-P, sujet 1, ECG 1.

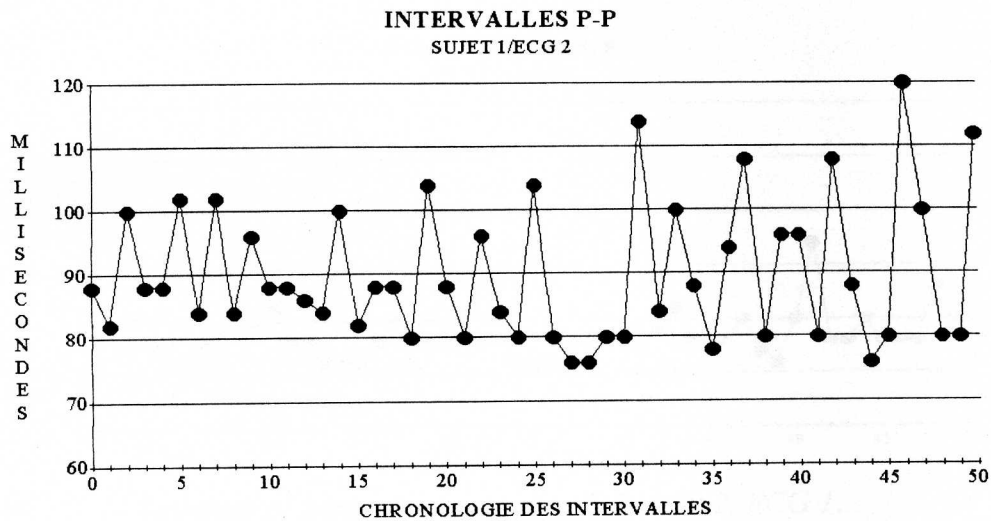


Figure 3: durée des intervalles P-P, sujet 1, ECG 2.

SUJET 2: P.D.

Age: 25 ans
Taille: 1,53 m

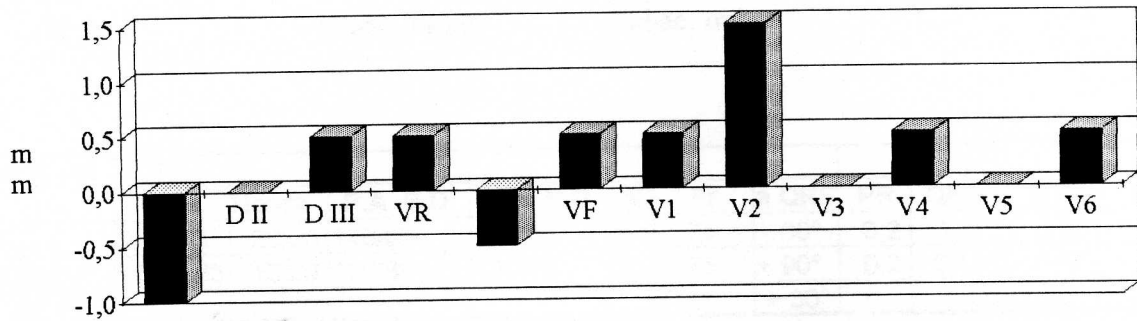
Sexe: F
Poids: 54 kg

Expérience des A.C.K.: oui
Tabac: oui

Sujet N°: 2	P. D.		P.A. B.D.	P.A. B.G.	R	Fr	a QRS	PR	QRS	QT	Obs.
	Date	Heure									
ECG 1	9/10/93	19:40	120/80	110/70	S	75	+ 60	0,16	0,04	0,37	
ECG 2	10/10/93	13:00	120/70	120/70	S	76	+ 60	0,16	0,04	0,36	
Δ						1	0	0	0	-0,01	

Tableau 3: comparaison des paramètres ECG, sujet 2.

VARIATIONS D'AMPLITUDE DES ONDES T
SUJET 2



DERIVATIONS

Figure 4: Variation d'amplitude des ondes T en mm, sujet 2.

INTERVALLES P-P
SUJET 2/ ECG 1

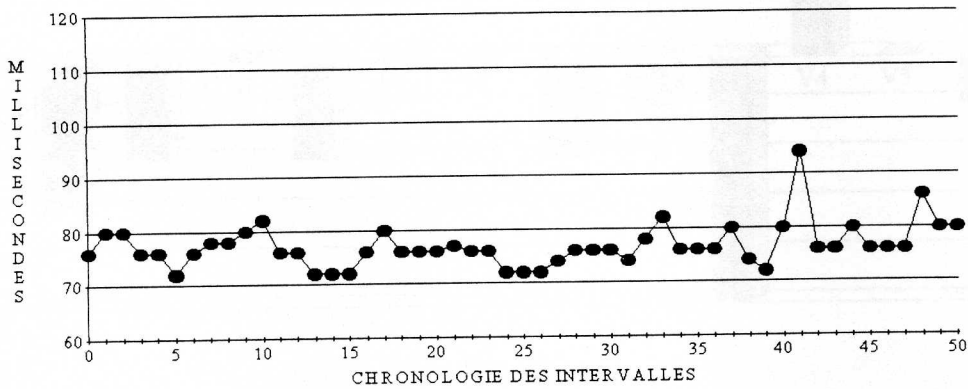


Figure 5: durée des intervalles P-P, sujet 2, ECG 1.

INTERVALLES P-P
SUJET 2/ ECG 2

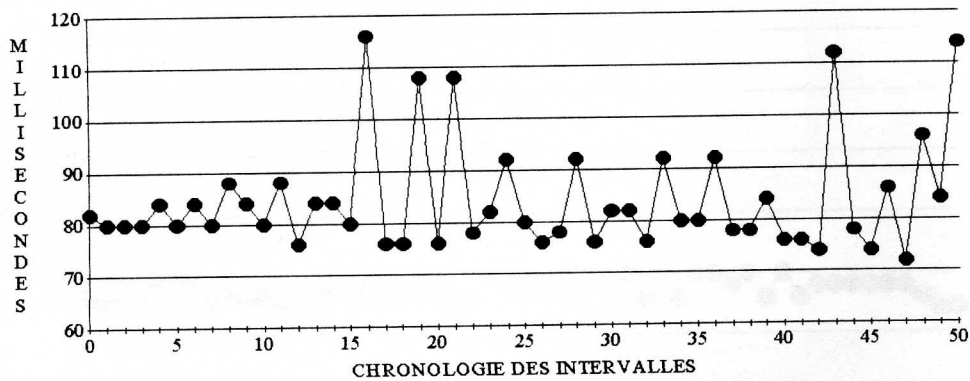


Figure 6: Durée des intervalles P-P, sujet 2, ECG 2.

SUJET 3: F.R.

Age: 42 ans
 Taille: 1,72 m

Sexe: M
 Poids: 74 kg

Expérience des A.C.K.: oui
 Tabac: oui

Sujet N°: 3	F. R.		P.A. B.D.	P.A. B.G.	R	Fr	a QRS	PR	QRS	QT	Obs.
	Date	Heure									
ECG 1	9/10/93	20:00	140/80	140/80	S	74	+ 60°	0,2	0,12	0,36	
ECG 2	10/10/93	13:30	120/80	120/70	S	75	+ 90°	0,2	0,12	0,38	
Δ						-1	+ 30°	0	0	+ 0,02	

Tableau 4: comparaison des paramètres ECG, sujet3.

VARIATIONS D'AMPLITUDE DES ONDES T
 SUJET 3

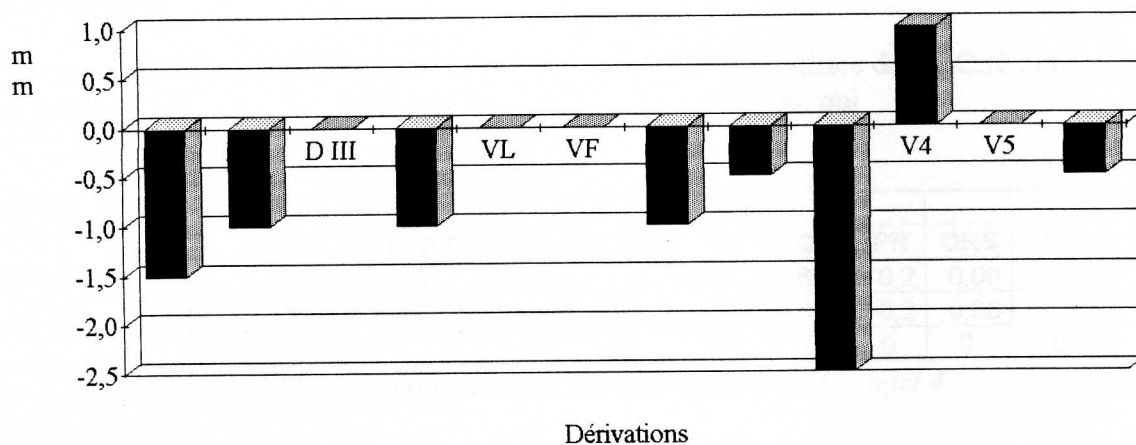


Figure 7: Variation d'amplitude des ondes T en mm, sujet 3.

INTERVALLES P-P
 SUJET 3/ ECG 1

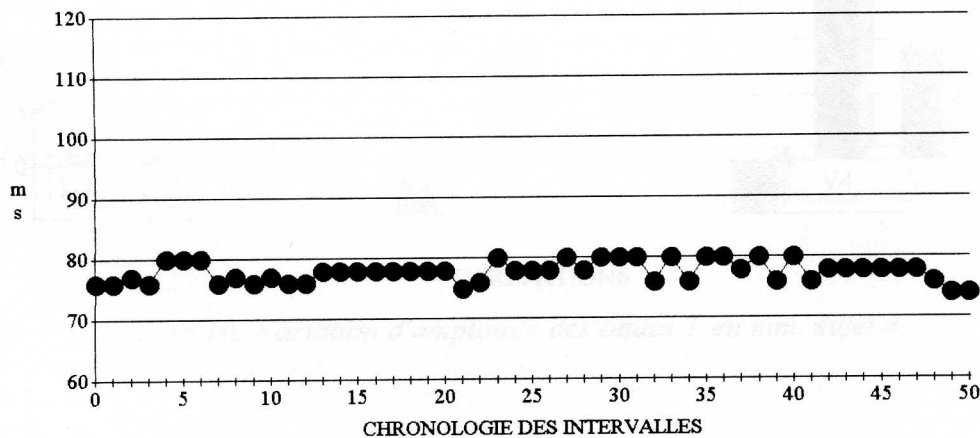


Figure 8: durée des intervalles P-P, sujet 3, ECG 1.

INTERVALLES P-P

SUJET 3/ ECG 2

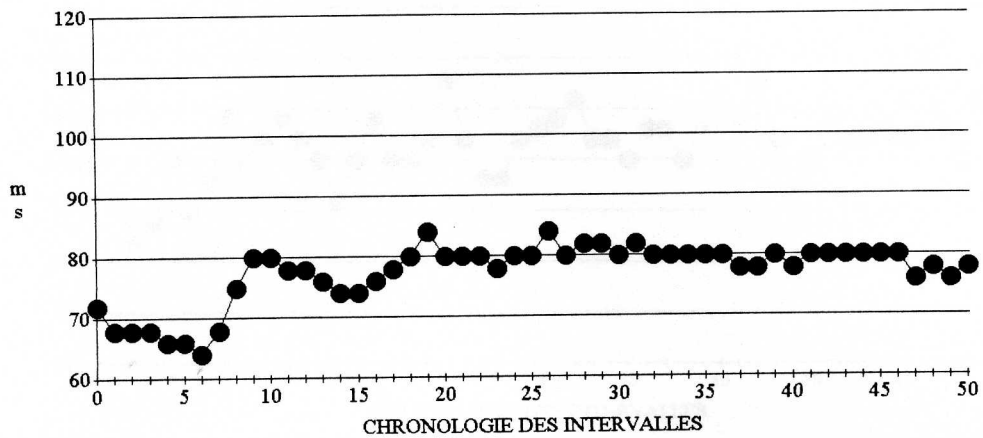


Figure 9: durée des intervalles P-P, sujet 3, ECG 2.

SUJET 4: Mi. G.

Age: 38 ans
Taille: 1,67 m

Sexe: F
Poids: 54 kg

Expérience des A.C.K.: non
Tabac: oui

Sujet N°: 4	Mi. G.											
	Date	Heure	P.A. B.D.	P.A. B.G.	R	Fr	a QRS	PR	QRS	QT	Obs.	
ECG 1	9/10/93	20:20	120/75	110/70	S	60	+ 60°	0,2	0,08	0,4		
ECG 2	10/10/93	12:50	120/80	105/60	S	55	+ 60°	0,2	0,08	0,4		
Δ						-5	0	0	0	0		

Tableau 5: comparaison des paramètres ECG, sujet 4.

VARIATIONS D'AMPLITUDE DES ONDES T

SUJET 4

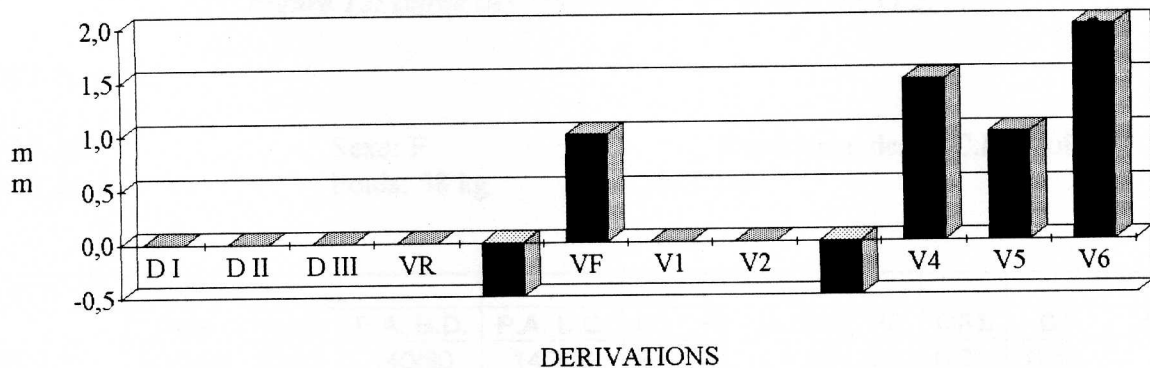


Figure 10: Variation d'amplitude des ondes T en mm, sujet 4.

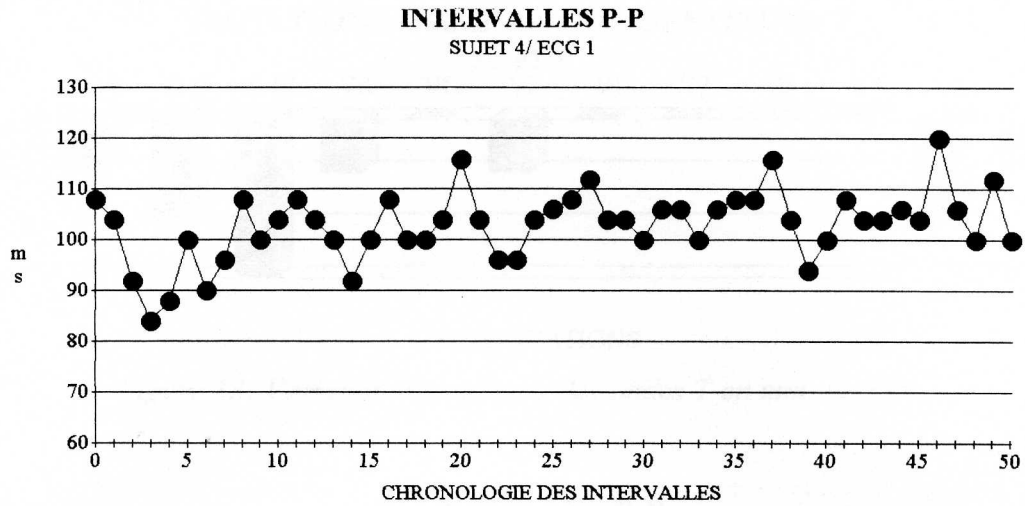


Figure 11: durée des intervalles P-P, sujet 4, ECG 1.

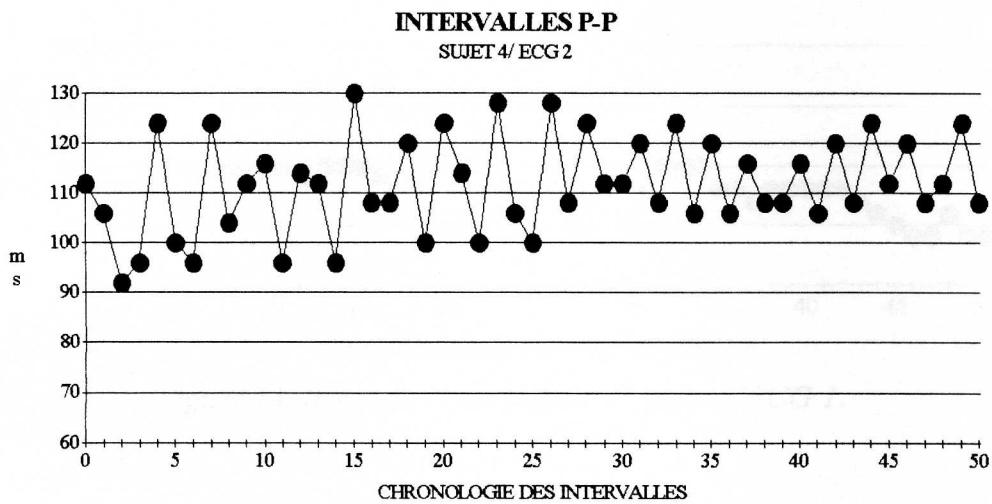


Figure 12: durée des intervalles P-P, sujet 4, ECG 2.

SUJET 5: A.M.

Age: 37 ans
Taille: 1,58 m

Sexe: F
Poids: 58 kg

Expérience des A.C.K.: oui
Tabac: oui

Sujet N°: 5	A. M.										
	Date	Heure	P.A. B.D.	P.A. B.G.	R	Fr	a QRS	PR	QRS	QT	Obs.
ECG 1	9/10/93	20:55	140/90	140/80	S	70	+ 60	0,2	0,04	0,36	
ECG 2	10/10/93	12:06	140/80	140/80	S	70	+ 60	0,2	0,04	0,4	(1)
Δ						0	0	0	0	+0,06	

Tableau 6: comparaison des paramètres ECG, sujet 5.

(1): une E.S.V. durant le tracé rythme.

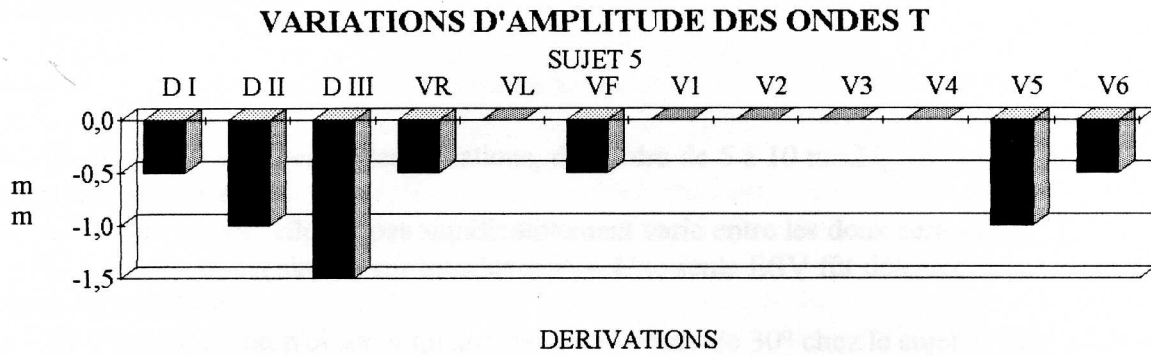


Figure 13: Variation d'amplitude des ondes T en mm, sujet 5.

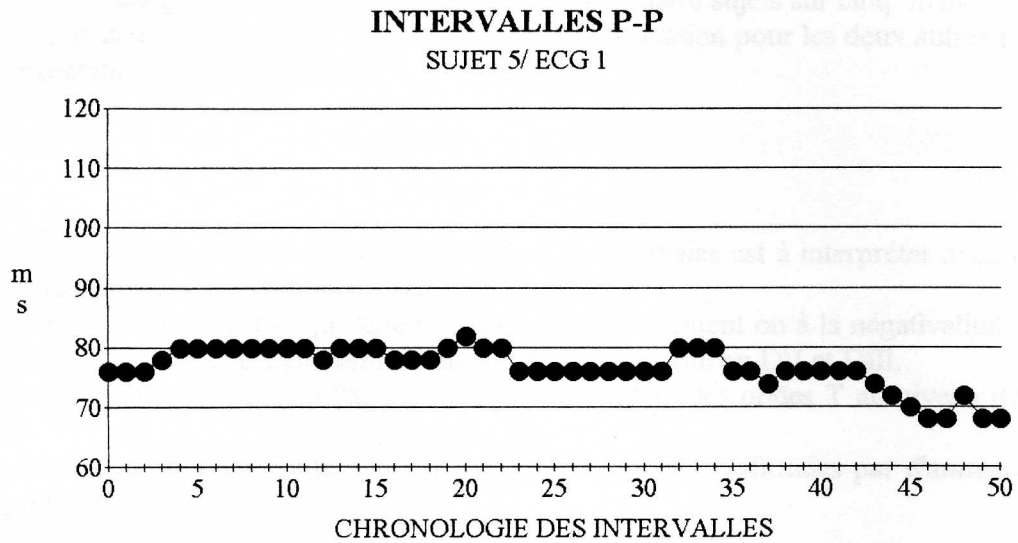


Figure 14: durée des intervalles P-P, sujet 5, ECG 1.

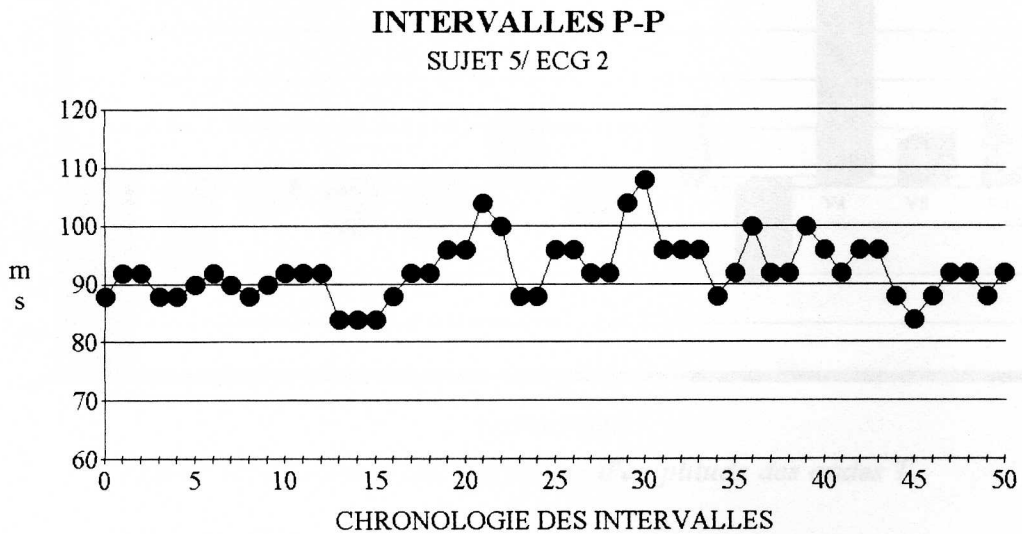


Figure 15: durée des intervalles P-P, sujet 5, ECG 2.

COMMENTAIRES:

Tableaux:

- Pressions artérielles:* les variations, de l'ordre de 5 à 10 mmHg en plus ou en moins, semblent non significatives.
- La fréquence:* elle n'a pas significativement varié entre les deux séries d'ECG.
- Le rythme:* est sinusal sur tous les tracés. Une seule ESV fût détectée avant exposition à l'atmosphère confinée.
- L'axe QRS:* on n'observe qu'une déviation droite de 30° chez le sujet 3, sans autre anomalie différentielle.
- L'intervalle PR* est stable sur tous les tracés.
- La largeur des complexes QRS* ne varie pas de manière significative.
- L'intervalle QT* est soumis à des variations chez quatre sujets sur cinq, mais avec négativation pour deux d'entre eux (- 0,01 et - 0,04), et positivation pour les deux autres (+ 0,02 et + 0,06). L'interprétation est donc difficile.

Ondes T:

En préambule, signalons que la variation des ondes T précordiales est à interpréter avec prudence en raison des variations possibles d'emplacement des électrodes.

D'une manière générale, on remarque une tendance à l'aplatissement ou à la négativation des ondes T frontales excepté VF, ce qui est en contradiction avec la négativité en DII et DIII.

Il existe par ailleurs une tendance à l'augmentation d'amplitude des ondes T au niveau des électrodes précordiales.

Ces "tendances", représentées sur la figure 17, se doivent d'être confirmées par d'autres observations avant interprétation.

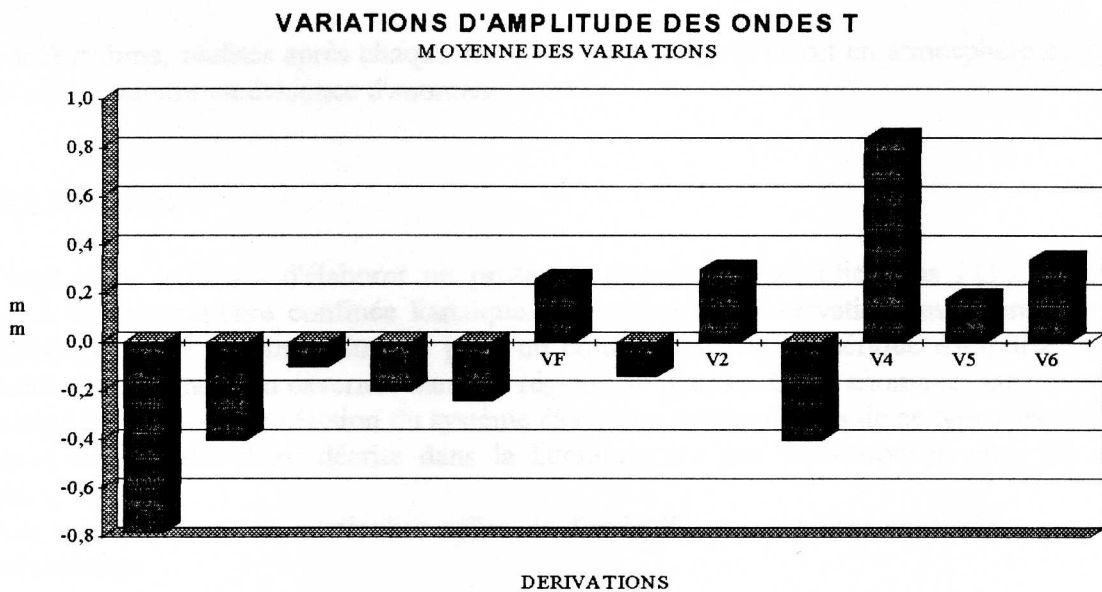


Figure 16: Moyennes des variations d'amplitude des ondes T.

Intervalles P-P:

Les sujets 1, 2, et 4 présentent une discrète irrégularité des tracés en atmosphère normale, mais il existe une aggravation assez nette en A.C.K.. Pour le sujet 5, seul le tracé enregistré dans la cavité montre une irrégularité. Enfin, le sujet 3 n'a pas d'anomalie des intervalles P-P pour les deux tracés.

On remarque donc une nette désorganisation des courbes représentant les intervalles P-P dans le cas d'exposition à une A.C.K., ce qui traduit l'apparition (ou l'amplification) d'une *arythmie sinusale*. Seul le sujet N° 3 n'apparaît pas affecté par cette anomalie.

Les arythmies sinusales peuvent se voir au cours de mouvements respiratoires, mais alors les intervalles P-P augmentent et diminuent avec la respiration, ce qui n'est pas le cas ici.

L'arythmie sinusale semble donc liée à l'atmosphère de la cavité.

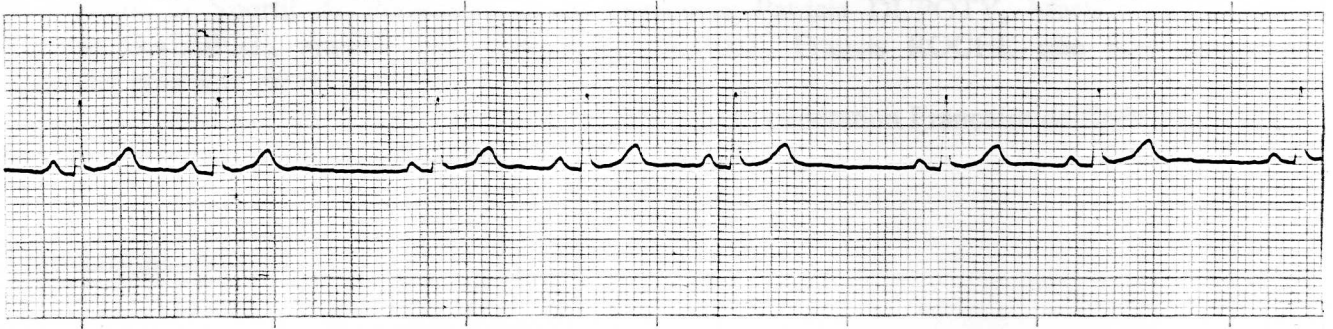


Figure 17: Exemple d'arythmie sinusale (sujet 2/ECG 2)

Tracés rythme:

Les tracés rythme, réalisés après chaque enregistrement et après effort en atmosphère confinée, n'ont pas permis de mettre en évidence d'anomalie notable.

CONCLUSIONS

Ce travail nous a permis d'élaborer un protocole d'étude des modifications ECG chez des sujets soumis à une atmosphère confinée karstique. Les premières observations montrent l'apparition ou l'amplification d'une arythmie sinusale pour un confinement atmosphérique d'importance moyenne, rencontré fréquemment en cavernes dans les régions de plateau. Cette anomalie, sans danger, montre néanmoins qu'il existe une réaction du système électrique cardiaque lors de ce type d'exposition.

L'extra-systolie ventriculaire décrite dans la littérature n'a pas été retrouvée chez les cinq sujets étudiés.

D'autres modifications, en particulier celles de l'onde T, devront être confirmées par des études supplémentaires.

BIBLIOGRAPHIE

- GAY J., BENOIT P., DESNOS M., 1990: L'électrocardiogramme. Ed. Frison Roche, Paris, 383 p.
- OSTERMANN J.M., 1990: Les atmosphères confinées karstiques et autres gaz des cavernes. Thèse Méd. Limoges, 160p.
- RADZISZEWSKI E., 1987: Effets physiologiques chez l'homme du confinement de longue durée en atmosphère enrichie en dioxyde de carbone. Thèse Science Lyon, 329 p.

REMERCIEMENTS:

Ce travail n'a été possible que grâce à la participation active des membres du Groupe Spéléologique Scientifique et Sportif de Périgueux, et en particulier Patricia DUPOTY, Martine GAUFFRE, Michèle GAUFFRE, Annick MENIER, Yves OLIVET, Francis ROCHE que nous tenons à remercier pour leur dévouement.

Nous remercions également la Commission Médicale de la Fédération Française de Spéléologie qui a financé une grande partie de cette étude.

Abréviations utilisées:

A.C.K.: Atmosphère confinée karstique.

a QRS: Axe QRS.

Δ : Variation.

ECG: Electrocardiogramme.

E.S.V.: Extra-systole ventriculaire.

Fr: Fréquence.

mmHg: Millimètre de mercure.

mm: millimètre.

ms: milliseconde.

Obs.: Observations.

P.A.B.D.: Pression artérielle bras droit.

P.A.B.G.: Pression artérielle bras gauche.

Pb: Pression barométrique.

PR: Durée de l'intervalle PR.

QRS: Durée QRS.

QT: Durée de l'intervalle QT.

R: Rythme.

T°: Température.

..