

UNIVERSITE DE LIEGE
INSTITUT SUPERIEUR D'EDUCATION PHYSIQUE

**LA NAGE HIVERNALE
ET SES
REPERCUSSIONS PHYSIOLOGIQUES**

par

Richard BUCHE

Mémoire de Licence

Année Académique 1962-1963

I N T R O D U C T I O N .



Les premiers mots de ce mémoire seront des mots de gratitude à l'adresse de ceux qui m'ont aidé. A Monsieur le Professeur Coppée, pour l'appui précieux de sa compétence et l'apport du matériel indispensable à la réussite des expériences. A Monsieur le Professeur Heusghem, qui a bien voulu procéder, dans son laboratoire, aux analyses nécessaires. A Monsieur Freddy Pirnay, assistant de Monsieur le Professeur Coppée, pour son aide et ses conseils, durant tous les travaux. A Messieurs Henri Gathon, Jean-François Poncelet et Jean Remy, sujets d'expérience au dévouement sans limite, tout au long d'un hiver particulièrement rigoureux. Enfin, aux aimables dirigeants du Cercle de Natation de Theux, et singulièrement à Monsieur Raymond Close, maître-nageur, qui ont accepté de mettre à ma disposition leur piscine, ainsi qu'une chambre chauffée où, par des températures atteignant jusqu'à vingt degrés sous zéro, j'ai pu me réfugier pour consigner les résultats de mes observations.

Etant donné le petit nombre de nageurs hivernaux en Belgique, il était malaisé de trouver des sujets volontaires. Le transport du matériel et les intempéries de cet hiver anormalement dur aggravèrent encore nos difficultés.

Après quelques essais, nous décidâmes de standardiser les expériences, faute de quoi il devenait impossible de les conduire à bonne fin au cours d'une seule saison. De plus, les sujets n'étaient disponibles que le dimanche et, sous peine de tout compromettre, nous ne pouvions les obliger à se mettre à l'eau plusieurs fois dans une même journée.

Ce travail comprend deux parties bien distinctes : la première est consacrée à la nage hivernale proprement dite, telle qu'elle se pratique actuellement en Belgique; la seconde est l'étude des réactions physiologiques des nageurs en eau froide. A ce propos, nous attirons l'attention sur la différence existant entre bain en eau froide et hypothermie, celle-ci étant le résultat d'un refroidissement beaucoup plus important qu'il n'est pas possible d'expérimenter sans danger sur les humains. Considérons donc que l'hypothermie commence lorsque la température rectale atteint 34° C.

A ma connaissance, il n'existe pas d'études sur la nage hivernale; cependant, divers travaux ont été entrepris au sujet des bains en eau froide. Les principales recherches furent réalisées pendant la se-

conde guerre mondiale, par les nations en lutte, en vue de trouver, pour leurs troupes, des moyens de protection contre le froid. Ce sont les Allemands qui ont le plus approfondi ces expériences. Elles furent menées, au camp de Dachau, par le sinistre docteur Rascher (cité par Alexander), qui les pratiqua sur un grand nombre de prisonniers et le plus souvent, jusqu'à la mort du sujet.

Il existe cependant une grande différence entre ces études et celle qui va suivre. Ici, en effet, le sujet est toujours en activité puisqu'il nage continuellement, tandis que dans les recherches précédentes, il restait immobile dans un récipient rempli d'eau froide.

- - - - -

PREMIERE PARTIE

=====

LA NAGE HIVERNALE.

De tous les temps, les hommes ont nagé en eau froide, soit pour augmenter leur robustesse, soit par simple souci de gloriole. Cependant, ce n'est qu'en 1922 que fut fondé le premier club de nage hivernale en Belgique : le fameux cercle des Ysberen d'Anvers. Chaque année, à la même époque, cette société organise des compétitions dont le succès va grandissant. En 1927, le Mava-Club de Liège lui emboîta le pas, puis le Cercle liégeois des bains Grétry mit sur pied une traversée hivernale de la Meuse qui devint bientôt traditionnelle. Enfin, en 1957, c'est à Theux que le cercle local présenta pour la première fois une épreuve de ce genre.

On y rencontre toutes les disciplines, depuis la brasse jusqu'au crawl, en passant par le dos-crawlé et le papillon, pour dames, messieurs, vétérans de plus de 35 ans et super-vétérans de plus de 45 ans. La distance des courses dépend évidemment de l'âge et du sexe des candidats.

En eau froide, on réduit toujours les distances et les performances sont naturellement inférieures à celles réalisées en eau tiède. A titre indicatif, en voici les principales :

50 m brasse dames : 47 sec. 3
 33 m nage libre dames : 24 sec. 6
 50 m nage libre messieurs : 34 sec.
 100 m brasse messieurs : 1m. 30 sec. 7
 50 m brasse messieurs : 42 sec. 2
 50 m papillon messieurs : 39 sec. 1
 50 m dos messieurs : 42 sec.
 50 m brasse vétérans : 43 sec. 4
 100 m nage libre vétérans : 1 m. 59 sec. 4
 50 m nage libre super-vétérans : 44 sec. 4

Les nageurs d'hiver sont relativement peu nombreux, mais, chaque année, de nouveaux adeptes viennent en grossir les rangs. Le tableau suivant donne, pour la saison 1962-63, leur répartition parmi les 9 clubs belges qui pratiquent cette spécialité.

Cercle de natation de HUY	1
Cercle de natation de SPA	8
Cercle de natation de THEUX	4

Koninklijke Brugse Zwem en Reddingskring	5
Koninklijke Zwemclub De Ysberen, Anvers	45
Royal Namur - Natation	4
Société Royale Ensival - Natation . . .	6
Standard Mava Sauvenière, Liège . . .	3
Zwemclub Scaldis, Antwerpen	3
	—
	79
	==

Soit 79 personnes, 26 Wallons et 53 Flamands, âgés de 13 à 76 ans et de toutes les classes sociales, depuis le simple débardeur jusqu'aux médecins et avocats. Les rares abandons enregistrés sont toujours dus, soit à un manque de courage, soit à une déficience physique du défaillant.

Faut-il conclure aux heureuses répercussions de cette nage sur l'organisme ? Jusqu'à présent, personne ne veut émettre d'opinion, mais il est certain que les nageurs hivernaux ne se portent pas plus mal que n'importe quel autre individu.

Autre chose est de savoir pourquoi ces gens se livrent à de tels exercices. Certains d'entre eux prétendent que ce bain est un coup de fouet bienfaisant. D'autres affirment que c'est pour le plaisir de se grouper autour d'une activité commune. Il existe, en effet, chez ces sportifs, à l'entraînement comme en compétition, un esprit de camaraderie que l'on rencontre rarement ailleurs.

La nage hivernale n'est peut-être pas accessible à tout le monde, mais la plupart d'entre nous remplissent les conditions nécessaires pour la pratiquer : être en parfaite santé, ne présenter aucune déficience cardiaque (2) et surtout, posséder assez de courage et de volonté pour piquer une tête dans l'eau glacée.

Il semble à priori que ce sport ne soit pas à la portée d'éléments trop jeunes à qui l'effort brutal réclamé par l'eau froide pourrait porter préjudice en provoquant des perturbations hormonales. A ce sujet, le docteur Rascher constate que les gens émaciés et les individus jeunes perdent leur chaleur plus rapidement que les autres (2). Cela s'explique par le fait que ces derniers présentent au froid une surface corporelle proportionnellement plus grande que les adultes. La rapidité du refroidissement du sujet est indépendante de sa constitution, le seul facteur qui puisse avoir de l'influence est la présence ou l'absence de graisse (2).

Il est donc difficile de situer un âge limite, mais on peut constater que la plupart des nageurs en eau froide débutent aux environs de la vingtième année.

A ma connaissance, la nage en eau glacée n'a jamais provoqué d'accidents; c'est que le nageur hivernal, conscient du danger qu'il affronte, s'entoure de certaines précautions que négligent souvent ceux qui ne vont à l'eau qu'en été.

L'ENTRAÎNEMENT.

L'entraînement du nageur d'hiver a pour but principal l'acquisition d'une bonne résistance au froid. A ce stade seulement, il tentera de réaliser un "temps".

Cet entraînement commencera dès la fin de l'été. Il sera quotidien si possible, hebdomadaire en tout cas, car il est nécessaire de s'habituer progressivement à l'eau froide. S'il est relativement facile de supporter le bain jusqu'à une température de 12° C, il faudra beaucoup plus de courage et de volonté pour franchir le cap des 10° C; c'est ce que certains appellent le "seuil du froid". Cet obstacle vaincu et le moral affermi, le nageur abordera sans danger des températures beaucoup plus basses.

Les entraînements se pratiquent vers 11 heures du matin, moment où la température extérieure est ordinairement la plus clémente. Avant de se mettre à l'eau, le nageur conservera le plus de chaleur possible : il restera au chaud, portera des vêtements chauds et absorbera des boissons chaudes. Il pourra prendre du sucre, mais proscrit l'alcool; Rascher, en effet, constate que le sucre avant le bain ralentit le refroidissement du sujet, mais que l'ingestion d'alcool accélère la perte de chaleur (2).

Le nageur d'hiver ne s'enduit ni de graisse, ni d'aucune autre matière oléagineuse, car la durée des bains est insuffisante pour que ces matières produisent un effet favorable. Il se déshabille dans un local chauffé, revêt un training et se chausse de pantoufles de laine; certains se coiffent d'un bonnet de caoutchouc pour se protéger l'occiput et la nuque; la sensation de refroidissement est beaucoup plus vive si la région du bulbe est en contact avec l'eau. Au bord de l'eau, le nageur enlève son training et plonge au signal du starter. Ce dernier est indispensable, car il empêche le sujet de se refroidir par de vaines hésitations dues à la pointe d'appréhension qui précède toujours le saut dans l'eau glacée. L'utilité de cette préparation est confirmée par les constatations des Allemands durant la dernière guerre. Lors des naufrages, les marins de la chambre des machines, pourtant moins bien habillés, résistaient beaucoup plus longtemps à l'eau froide que ceux du pont, parce que les premiers étaient dans un état de pré-réchauffement, tandis que les autres étaient déjà refroidis par les courants

d'air. A l'entrée à l'eau, le sujet éprouve un frisson très vif; ses premiers mouvements de nage sont brusques, rapides, et d'autant moins coordonnés qu'il manque d'entraînement. Il hyperventile et le refroidissement de la nuque et de l'occiput est particulièrement douloureux.

Après quelques secondes, le frisson disparaît, les mouvements, mieux contrôlés, se coordonnent, la douleur de la nuque s'évanouit et la ventilation devient beaucoup plus calme. Toutes ces réactions ont aussi été contrôlées par Rascher qui ajoute que lorsque la nuque et l'occiput sont immergés, la perte de chaleur est grandement accélérée. Il signale que "les mouvements réflexes faits par le nageur pour se réchauffer sont à déconseiller, car ils produisent insuffisamment de chaleur; un apport de chaleur doit nécessairement venir de l'extérieur" (2).

La durée du bain dépend de la température de l'eau, du sexe, de l'âge et de la volonté de l'individu; certains se contentent de nager 33 m., tandis que d'autres se permettent jusqu'à 400 m., dans une eau très glacée. Cependant, une rigidité musculaire apparaît, spécialement dans les muscles des bras; cette rigidité augmente si le nageur reste longtemps à l'eau. A sa sortie de l'eau, le sujet constate que sa peau est rouge comme ~~une~~ une écrevisse (voir photos, p. 26). Il restera en activité par des sautilllements ou une course légère, jusqu'à sa rentrée au vestiaire. Saisi d'une certaine euphorie, même par des températures extérieures de 20° C. sous zéro, il n'éprouve nullement le besoin de se rhabiller ou de se retrouver au chaud. Ses réflexes sont augmentés d'une façon marquée, en dépit de la rigidité musculaire.

Le nageur s'habille rapidement, après s'être frotté avec une serviette sèche. Après quelques minutes, il est saisi de frissons qu'il peut contrôler par une forte contraction musculaire volontaire, mais qui réapparaissent lorsque cette contraction cesse. Ces frissons sont d'autant plus sensibles que le sujet reste plus longtemps à l'eau et que celle-ci est plus froide; ils peuvent progresser jusqu'à l'état de violentes secousses (2-6) et durent généralement entre 30 et 60 minutes. On pourra les réduire par un réchauffement extérieur ou l'absorption de boissons chaudes, café, bouillon, etc...; l'ingestion d'alcool, même en petite quantité, peut provoquer une vasodilatation périphérique (2).

Lorsque les frissons ont disparu, le nageur éprouve une sensation de bien-être; il ne ressent aucune fatigue et son esprit est clair :

il est redevenu en forme.

S'il n'est pas en condition physique suffisante, le nageur s'abstiendra soigneusement; on a remarqué que le nageur fatigué est plus vite éprouvé par le froid et que la rigidité musculaire s'installe chez lui beaucoup plus rapidement.

Constatation curieuse que j'ai eu l'occasion de faire avec d'autres nageurs hivernaux : un rhume peut être coupé par le bain en eau glacée, pour autant que l'enrhumé ne refroidisse pas entre le moment où il sort de l'eau et celui où il se rhabille chaudement, sinon le rhume peut s'aggraver. Si l'enrhumé a le nez bouché, ses narines se dégagent dès qu'il est à l'eau, et il respire plus facilement.

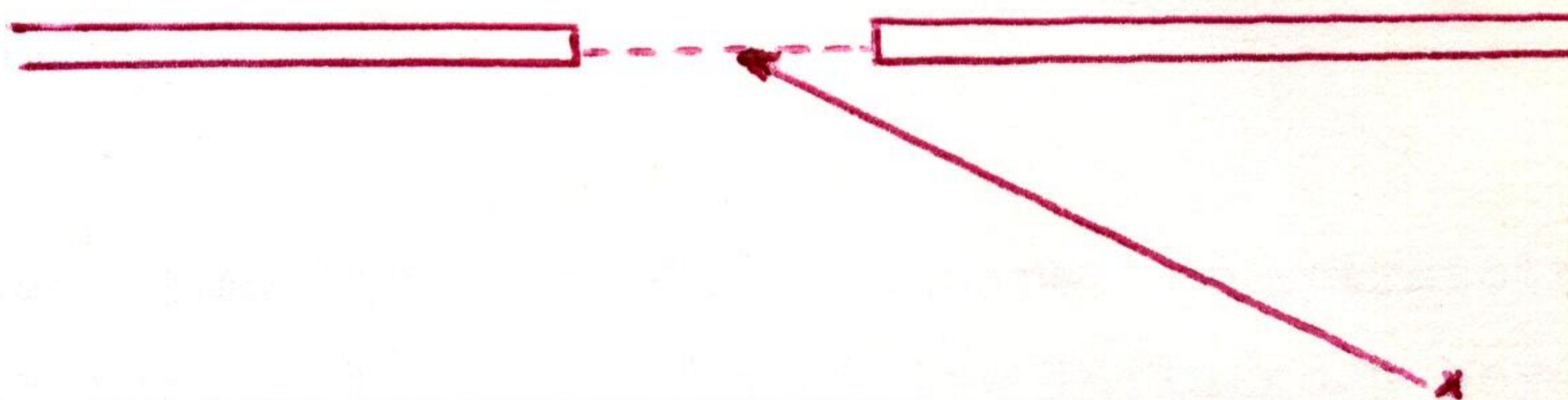
On ne peut parler de nage hivernale sans penser au sauvetage hivernal. Le sauvetage tel que nous le connaissons semble partiel et fort incomplet. La qualité de sauveteur est souvent accordée à des gens très capables, mais qui ne sont entraînés à repêcher leur prochain que par des températures estivales. Or, si la natation est avant tout un sport d'été, la noyade, elle, ne choisit pas sa saison pour se manifester. Aussi croyons-nous à la nécessité, pour le détenteur du brevet de sauvetage, d'un entraînement qui le rende capable de tirer d'affaire son semblable, quelle que soit la température.

C'est pour cette raison que, depuis 3 ans, le club de natation de Theux inscrit au nombre de ses compétitions une épreuve de sauvetage en eau froide. Il s'agit pour le candidat sauveteur de sauter tout habillé, d'une hauteur de 3 m., de nager une dizaine de mètres, puis de plonger pour repêcher un mannequin immergé par 3 m. de fond, en le tirant ensuite sur une distance de 20 m. Cette épreuve qui paraît banale en eau tiède, est rendue très pénible par le froid qui contracte les muscles. De plus, au moment de la plongée, la tête est entièrement sous l'eau pendant quelques secondes, et partant, l'occiput et la nuque, ce qui aggrave encore les effets du froid. Rares sont les nageurs qui parviennent à présenter cette épreuve d'une manière impeccable; beaucoup échouent d'ailleurs.

Les rigueurs de l'hiver 1962-63 nous ont permis de procéder à certaines expériences. La glace du bassin de Theux atteignant une épaisseur de 25 cm., nous y avons creusé deux trous, distants d'une vingtaine de mètres. Nous plongeons par un de ces trous et nous sor-

tions par l'autre. Lorsqu'on nage ainsi sous la glace, on ne voit qu'une couche grisâtre au-dessus de soi, rien qui puisse indiquer la bonne direction. Cette direction, le nageur devra donc la repérer au moment de plonger.

Nous avons constaté que la nage profonde donnait une meilleure perspective et que le second trou, invisible quand on nage le dos sous la glace, se détachait comme un point sombre, au milieu de la masse grise.



Après quelques essais, cet exercice devient banal et ne présente plus de danger.

En conclusion, si un nageur se trouvait accidentellement emprisonné par des glaces, le meilleur moyen de trouver un trou de sortie serait de plonger profondément, afin d'avoir une meilleure vision de la couche de glace.

Au point de vue physique et moral, la nage hivernale apparaît comme un retour aux activités naturelles. Le Français Georges Hébert, créateur de la célèbre "Méthode naturelle" d'éducation physique, préconise l'endurcissement de l'organisme aux agents atmosphériques, la chaleur, le soleil, la pluie, le gel, la neige, le vent glacé, considérés souvent comme maléfiques, alors que leur action au contraire, permet d'augmenter la robustesse et la résistance organique de l'individu, pour l'entretien de sa santé.

On peut constater que les nageurs hivernaux supportent mieux le froid que les autres individus. Les tristes expériences du docteur Rascher ont démontré que les hommes habitués au froid et plongés dans l'eau glacée, vivaient beaucoup plus longtemps que ceux qui ne l'étaient pas. La meilleure mesure à prendre contre le froid est donc de s'y accoutumer progressivement par l'entraînement (2-7-8).

DEUXIEME PARTIE

=====

REPERCUSSIONS PHYSIOLOGIQUES DE LA NAGE HIVERNALE.Introduction.

Toutes les expériences dont les résultats suivent ont été réalisées dans de l'eau constamment maintenue à une température oscillant entre 5 et 2 ° C.

Nous avons ainsi étudié l'appareil respiratoire, l'appareil circulatoire, la température interne et les influences hormonales.

Après plusieurs essais, nous avons décidé de standardiser les expériences, afin de comparer les différents résultats. Nous avons ainsi constaté que la période la plus efficace s'étendait entre la deuxième et la sixième minute.

Avant le bain, toutes les mesures de repos relatif sont prises. Lorsque le sujet est prêt, il descend à l'eau par l'échelle, puis nage directement la brasse, seule nage appropriée aux besoins de l'appareillage. Il parcourt ainsi une longueur de piscine par minute (33 m.). Remarquons qu'à aucun moment, la nuque du sujet n'est en contact avec l'eau froide.

Tout au long de l'expérience, le sujet est soumis aux mesures nécessaires. Il eût été intéressant de contrôler la récupération, mais plusieurs raisons nous en empêchèrent. Nous avons en effet estimé utile que les sujets puissent se rhabiller directement après le bain, afin de parer à tout accident éventuel. Ils étaient souvent en état de frisson et il n'était donc pas possible de réaliser des mesures valables. De plus, dans ce genre d'expériences, nous ne pouvions vraiment pas abuser de leur bonne volonté.

CHAPITRE I - APPAREIL RESPIRATOIRE.

LA VENTILATION.

Le sujet, par l'intermédiaire d'un jeu de soupapes de résistance négligeable, inspire l'air atmosphérique et expire dans un sac de Douglas. Le volume de l'air expiré est ensuite mesuré par un compteur Max Plank. (photo p. 12)

Quelques auteurs ont étudié la ventilation et le métabolisme des hommes plongés dans l'eau glacée.

Behnke signale une ventilation de 30 à 43 litres par minute chez des hommes nus, immobiles dans une baignoire remplie d'eau à une température comprise entre 4° et 7° C. et respirant de l'air à 23° C.

Les résultats de Keatinge sont semblables (23). Signalons que lors de l'hypothermie, la ventilation décroît avec la température interne (2).

Dans nos résultats, nous trouvons des valeurs très fortes (tableau 1, p. 14). Cet accroissement dépasse les besoins métaboliques, comme le prouve le faible coefficient d'utilisation d'oxygène et comme le confirme la baisse de Pco₂ alvéolaire signalée par Keatinge (23) et Grosse (16).

L'installation si rapide, dès la première minute, d'un régime ventilatoire accru implique une origine réflexe. L'influence du co₂ doit être écartée comme cause possible, puisque sa pression partielle dans les alvéoles pulmonaires est diminuée.

La température interne qui subit des fluctuations très faibles à ce stade ne peut expliquer un tel changement.

Il est probable que des récepteurs cutanés sont les responsables de ce réflexe respiratoire et que les sensations cutanées aiguës peuvent grandement augmenter la ventilation pulmonaire, indépendamment de la température centrale et de la Pco₂.

Nos résultats sont supérieurs à ceux relatés dans la littérature. Il faut cependant signaler que les conditions ne sont pas identi-

ques. La température de l'eau peut en partie expliquer les divergences. Nous avons, en effet, remarqué un très grand accroissement de la ventilation pour une différence très minime de la température de l'eau entre 2° et 5° C. (fig. 1, p. 15').

On peut remarquer, chez les sujets, une évolution de la ventilation, parallèle à la diminution de la température de l'eau.

Un autre facteur important est la température de l'air inspiré. Dans nos expériences, les sujets respiraient de l'air extérieur dont la température fut, la plupart du temps, inférieure à 0° C., alors que dans celles relatées dans la littérature, les sujets respirent l'air d'une chambre à température ordinaire. De plus, nos sujets sont en activité, ce qui doit normalement augmenter encore la ventilation.

LE METABOLISME.

La teneur en oxygène est analysée par un doseur du type Beeckman C. Les corrections de température et de pression sont effectuées. L'accroissement du métabolisme est particulièrement élevé. On constate une consommation de 1,5 à 2 litres d'oxygène par minute. Ces valeurs sont atteintes dès les premières minutes et ne varient guère pendant la suite de l'expérience. (tableau 1, p.14).

Malgré ce métabolisme intense, le sujet ne parvient pas à maintenir sa température interne qui va décroître à partir de la quatrième minute.

Le besoin d'oxygène dépasse la consommation; pourtant, l'effort physique demandé ne réclame qu'une partie de cette utilisation.

Le plus grand nombre de calories est naturellement perdu par les échanges thermiques entre la peau et l'eau froide. Cependant, la ventilation est également responsable d'une grande perte de calories.

On sait que 0,3 ml. d'oxygène sont nécessaires pour élever de 1° C. la température d'un litre d'air (26'). Dans les conditions de nos expériences, l'air ventilé passe de plus ou moins 0° à plus ou moins 30° C. La quantité d'oxygène consommé pour réchauffer l'air peut être estimé à :

- $0,3 \times 50 \times 30 = 450$ ml. pour une ventilation de 50 litres.
- $0,3 \times 60 \times 30 = 540$ ml. pour une ventilation de 60 litres.

Le travail des muscles respiratoires implique une utilisation de plus ou moins 0,1 ml. d'oxygène par litre ventilé, soit 50 ml. pour 50 litres d'air. (26'). D'où la ventilation utilise à elle seule 500 à 600 ml. d'oxygène par minute. Dès lors, il n'est pas étonnant qu'avec de telles pertes, la température interne du sujet ne puisse demeurer normale.

VENTILATION ET METABOLISME.

	V' repos B.T.P.S. (lit)	V' O ₂ repos	t° H ₂ O	V' Exer. A.T.P.S.	C.U.O ₂	V' O ₂ Exer.	V' Exer. S.T.P.D.	V' Exer. B.T.P.S.
GATHON	11,9	310,4	5°	54,2	36	1720	47,8	57,8
				53,6	34	1608	47,2	57,1
				49,4	35	1520	43,4	52,5
				61,2	32	1725	54	65,3
11,3	326	4°	60,4	37	1980	53,2	64,3	
			56,2	38	1884	49,6	60	
			62,1	36	1920	53,9	65,2	
			62	35	1930	54	65,3	
10,9	323	3,5°	58,2	32	1750	54,7	66,1	
			59,4	31	1729	55,8	67,5	
			56,6	33	1755	53,2	64,3	
			59,8	30	1686	56,2	68	
9,7	343,2	2°	64,3	32	1970	61,4	74,9	
			69,6	30	1999	66,4	81	
			68,2	29	1887	65,1	78,7	
			71,4	28	1909	68,2	82,5	
PONCELET	7,7	310	5°	47,2	34	1421	41,6	50,3
				46,4	37	1515	40,8	49,3
				-	-	-	-	-
				48,2	35	1481	42,4	51,3
7,5	312	4,5°	46,7	32	1401	43,9	53,2	
			47,3	33	1464	44,4	54,1	
			45,6	33	1412	42,8	51,7	
			42,4	34	1328	39,8	48,1	
8,2	324	4°	61	29	1711	59,6	72,1	
			57	31	1711	55,7	67,3	
			54	33	1720	52,8	63,8	
			59	32	1779	55,7	67,3	
7,9	318	3,5°	47,6	33	1520	46,6	56,3	
			60,5	32	1899	59,2	71,6	
			58,8	28	1522	54,6	66	
			64,8	30	1909	63,5	76,8	

TABLEAU I : VENTILATION ET METABOLISME AU REPOS ET A L'EXERCICE.

**TABLEAU 1 : VENTILATION ET METABOLISME
AU REPOS ET A L'EXERCICE.**

V' repos B.T.P.S. (lit).	V' O2 repos	t° H2O	V' Exer. A.T.P.S.	C.U. O2	V' O2 Exer.	V' Exer. S.T.P.D.	V' Exer. B.T.P.S.
8,8	342	5°	55,2	34	1660	48,8	59
			57,4	36	1822	50,5	61,2
			58,3	34	1738	51	61,8
			53,6	38	1770	46,3	56,2
8,6	308,2	4°	61,2	38	2148	56,1	67,9
			69,6	42	2679	63,8	77,1
			62,4	43	2470	57,2	69,2
			67,2	44	2555	58	70,1
7,9	331,2	3,5°	68	34	2215	65	79,5
			71,2	29	1978	68	82,2
			69,8	32	2135	66,7	80,7
			68,2	33	2155	65,1	78,7
8,1	323	2°	68,5	31	2090	67,1	82,1
			72	29	1979	70,5	86
			70,1	31	2140	68,9	84
			72,4	29	2056	70,9	85,7
10,2	315	5°	48,3	33	1560	47,3	57,2
			61,5	29	1745	60,2	72,8
			53	31	1608	51,9	62,7
			48,8	28	1338	47,8	57,8
13,2	294,8	4°	59,6	29	1760	60,7	73,4
			58,2	28	1660	59,3	71,7
			56,2	33	1890	57,3	69,3
			57,4	34	1989	58,5	70,7
11,8	311	3,5°	53,6	29	1760	60,8	74
			67,4	28	1800	64,3	78,5
			64	31	1900	61,2	74,9
			66,8	32	2096	63,8	77,8
11	318	2°	65,1	32	2080	63,9	78
			70,8	31	2150	69,1	84,3
			70	33	2265	68,4	83,7
			66,4	32	2085	65	79,5

DOUILLÉ

REMY

V. BTFS

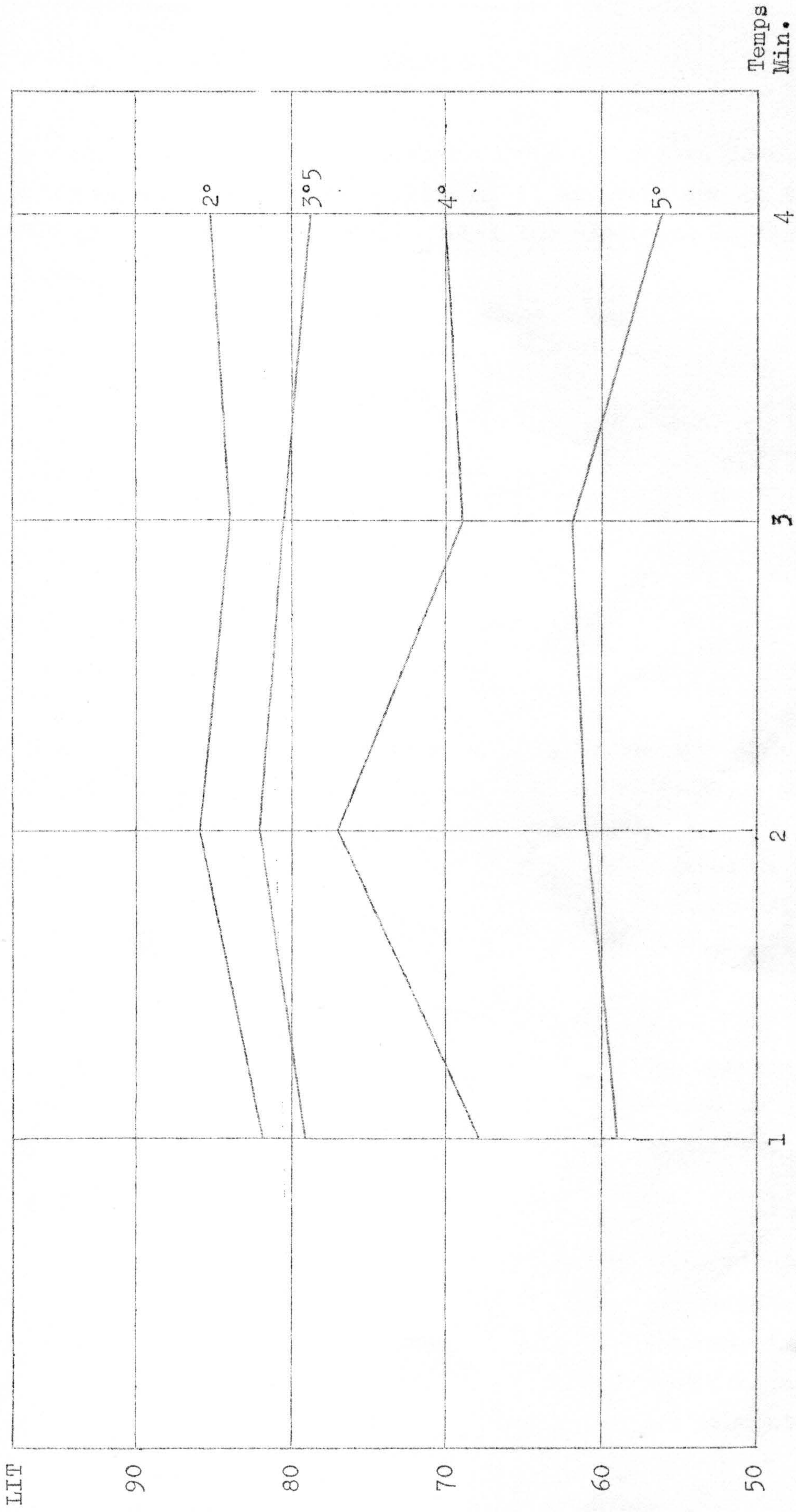


Fig.1 : Courbe montrant l'évolution de la ventilation avec la baisse de température de l'eau



CHAPITRE II -- APPAREIL CIRCULATOIRE.

LA FREQUENCE CARDIAQUE.

La fréquence cardiaque peut souvent servir de critère pour apprécier l'effort physique. Des valeurs relatives, il apparaît que la température de l'eau joue un rôle primordial. Voici les résultats de Keatinge chez des hommes nus (20).

t° eau	Après 1'	Après 7'
5°	106	92
15°	41	80
25°	70	70
35°	84	80,4

Nos mesures de fréquence cardiaque ont été faites avec un stéthoscope et un pulsimètre de Jaquet. (tableaux 2 et 3, p.19-20).

Dès que le sujet entre à l'eau, on constate une augmentation de 55 pulsations environ. La fréquence cardiaque monte ainsi jusqu'à 120-130. Pour Behnke, elle atteint également 120-130 (7), pour Gadge, 110 à 140 (14), pour Rascher, 120 (2).

Le sujet commence alors à nager; par conséquent, on enregistre une nouvelle augmentation due à l'activité musculaire. D'après la courbe, on constate qu'à la troisième minute, les sujets ont déjà atteint un steady-state correspondant à l'effort fourni. (fig. 2, p.19).

On pourrait s'attendre à une fréquence cardiaque plus élevée pendant cet effort physique non négligeable, combiné à un stress violent, qui déclenche une libération de catécholamines. Cependant, la hausse importante de pression artérielle qui accompagne les expériences peut déclencher un réflexe sino-carotidien de bradycardie et réduire ainsi l'augmentation du pouls.

Les variations de fréquence cardiaque peuvent être attribuées à un réflexe dû au froid sur la peau, agissant probablement par l'intermédi-

aire de l'adrénaline, réflexe modéré par la hausse de pression artérielle.

Le rythme cardiaque subit des modifications parallèles à la température centrale qui agit directement sur le noeud sinusal. Dans nos expériences, cette action semble négligeable, par suite des faibles variations de la température interne; tout au plus, peut-on songer à une action favorable à la bradycardie, en fin d'expérience.

Il nous a paru intéressant de connaître la courbe de la fréquence cardiaque après le bain. Les expériences furent réalisées trois fois sur les sujets R. et B., et cela, minute par minute. (Tableau 3, p. 20).

Dès que le sujet sort de l'eau, le froid et l'activité musculaire n'agissant plus, la fréquence cardiaque diminue fortement. La courbe baisse, passe par un minimum, puis remonte jusqu'à un chiffre assez élevé, puis diminue ensuite vers le rythme cardiaque de repos relatif. (fig. 2, p. 21).

On constate que cette remontée de la courbe coïncide avec le début du frissonnement qui semble donc responsable de ce pouls élevé.

Vingt minutes après le bain, le nageur n'a pas encore retrouvé sa fréquence cardiaque de repos. Le frisson se poursuit pendant 30 à 60 minutes et est d'autant plus intense que le sujet est resté plus longtemps à l'eau et que cette dernière est plus froide.

FREQUENCE CARDIAQUE.

Tableau 2 : FREQUENCE CARDIAQUE AU COURS DE L'EXPERIENCE.

Nom	Avant	Après 2'	Δ	Après 5'	Δ
BUCHE	75	110	35	130	55
	73	110	37	142	69
	74	140	66	145	71
	75	150	75	148	73
	71	144	73	142	71
	73	132	59	131	58
GATHON	77	107	30	124	47
	74	130	56	140	66
	73	115	42	118	45
	77	130	53	142	65
PONCELET	66	109	43	160	94
	72	140	68	145	73
	70	137	67	142	72
REMY	74	108	34	128	54
	70	103	33	102	32
	73	118	40	119	41

FREQUENCE CARDIAQUE.

TABLEAU 3 : FREQUENCE CARDIAQUE PRISE MINUTE PAR MINUTE DURANT L'EXERCICE ET
LA RECUPERATION.

NOM	BUCHE		BUCHE		BUCHE		REMY		REMY		REMY	
		Δ		Δ		Δ		Δ		Δ		Δ
Repos	74		70		70		76		68		73	
BAIN 0'	120	46	125	55	129	59	130	54	125	57	123	50
1'	110	36	130	60	129	59	150	74	138	70	140	67
2'	107	33	132	62	131	61	155	79	148	80	145	72
3'	128	54	130	60	142	72	145	69	140	72	150	77
4'	148	74	140	70	141	71	150	74	148	80	148	75
5'	143	69	129	59	140	70	138	52	145	77	147	74
1'	120	46	108	38	119	49	122	46	120	52	135	62
2'	101	27	87	17	98	28	107	31	108	40	112	39
3'	96	22	76	16	95	25	103	27	92	24	101	28
4'	102	28	78	18	91	21	104	28	89	21	104	31
5'	104	30	76	16	95	25	95	19	90	22	107	34
6'	105	31	76	16	105	35	<u>115</u>	<u>39</u>	91	23	115	42
APRES 7'	118	44	81	11	118	48	108	32	94	26	<u>116</u>	<u>43</u>
BAIN 8'	118	44	<u>98</u>	<u>28</u>	<u>119</u>	<u>49</u>	105	29	102	34	110	37
9'	118	44	90	20	114	44	103	27	<u>105</u>	<u>37</u>	107	34
10'	<u>128</u>	<u>54</u>	87	17	105	35	101	25	100	32	102	29
11'	111	37	86	16	99	29	95	19	98	30	100	27
12'	108	34	86	16	103	33	-	-	94	26	99	26
13'	107	33	83	13	101	31	98	22	90	22	96	23
14'	106	32	81	11	100	30	97	21	89	21	95	22
15'	105	31	77	7	98	28	88	12	89	21	95	22
16'	105	31	77	7	95	25	84	8	91	23	95	22
17'	100	26	76	6	90	20	84	8	85	17	90	17

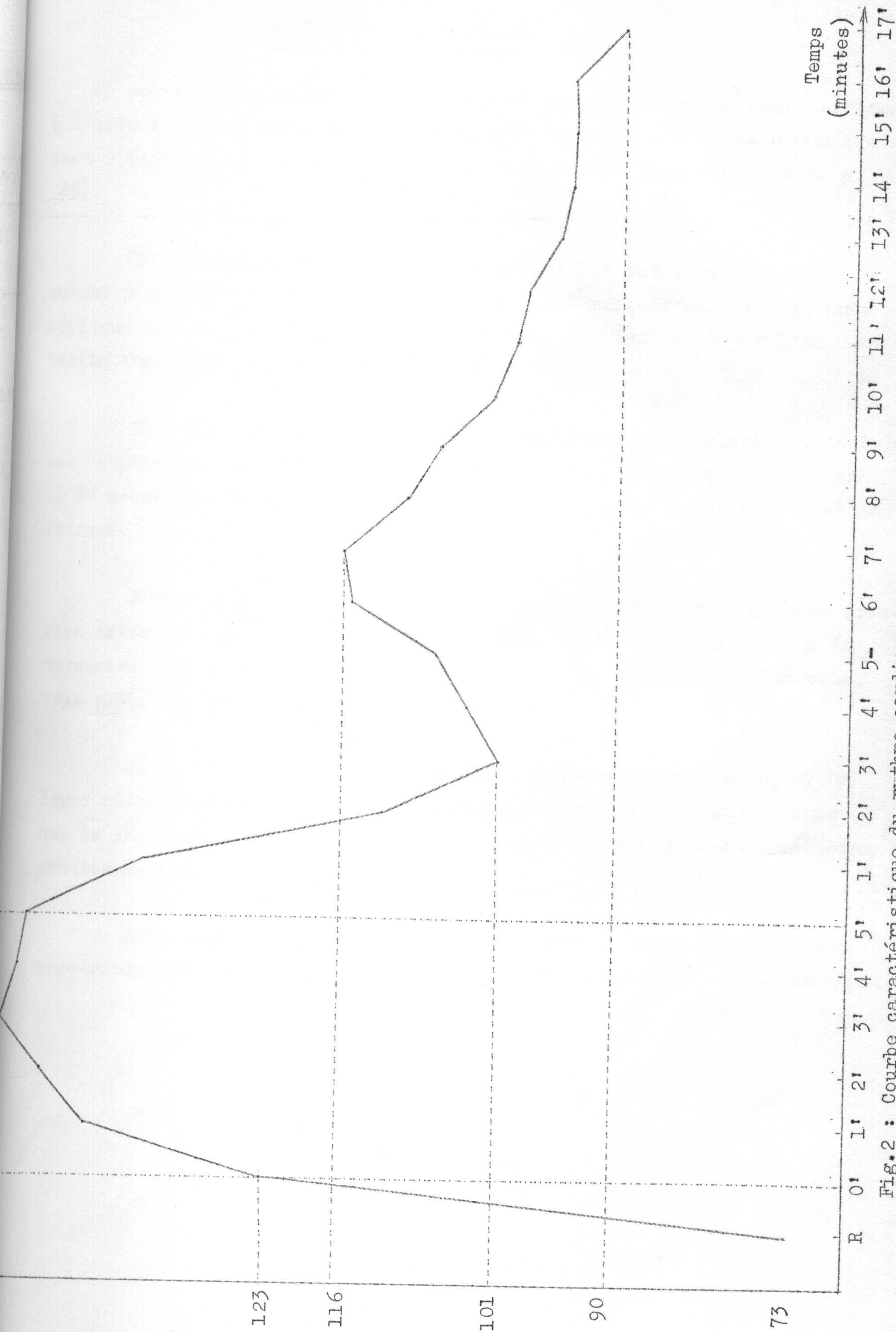


Fig.2 : Courbe caractéristique du rythme cardiaque.

LA PRESSION ARTERIELLE.

La pression artérielle est mesurée par les méthodes oscillatoires, à l'aide d'un sphygmomanomètre de Pachon. Tous les résultats communiqués sont recueillis chez des sujets qui ne frissonnent pas. (tableau 4, p. 23).

L'accroissement de la pression artérielle est sans doute le résultat d'une libération d'adrénaline en réponse réflexe au froid intense appliqué sur la peau. Un autre facteur agissant également est l'augmentation importante de la viscosité du sang (2).

Tous les auteurs signalent cet accroissement de pression artérielle. Cependant, peu de données quantitatives sont communiquées, à cause de la grande difficulté de la mesurer chez des sujets souvent en état de frisson.

Behnke cite des valeurs aux environs de 15 à 16 cm. Hg comme pression artérielle maximum chez des hommes nus, immobiles dans l'eau à la température de 4° à 7° C. (7). Nous trouvons des valeurs plus élevées, mais rappelons que nos sujets sont en activité.

Après la cinquième minute de bain, on peut encore remarquer un léger accroissement par rapport à la deuxième minute. Il semble donc que la pression artérielle n'a pas encore atteint son maximum après cinq minutes de bain.

Cette hausse importante pourrait expliquer l'intermédiaire des baro-récepteurs sur la fréquence cardiaque, en modérant son accroissement.

PRESSION ARTERIELLE.

TABLEAU 4 : PRESSION ARTERIELLE AU REPOS ET EN COURS
D'EXERCICE.

NOM	AVANT	APRES 2'	Δ	APRES 5'	Δ
BUCHE	12/8	17/9,5	5/0,5	17/10	5/2
	13/9	20	7	21	8
	13/9	21	8	-	-
	14/8,5	21	7	22	8
	13/9	21	8	22	9
GATHON	13,5/9	21,5/11,5	8	22,5	9
	13/8	22	9	22,5	9,5
	14/9	22	8	22	8
PONCELET	14/8,5	21	7	22	8
	13,5/8,5	22	8,5	23	9,5
	14/9	21	7	22	8
REMY	14/10	22	8	22	8
	15/10	23	8	21	6
	15/9	22	7	22	7

LA CIRCULATION PERIPHERIQUE.

L'application du froid sur la peau produit généralement une vasoconstriction locale par l'intermédiaire de l'adrénaline. Cependant, si le stimulus dépasse une certaine limite, variable suivant les individus, la vasoconstriction initiale fait place à une dilatation plus ou moins importante (11-15-24-29-33).

Le débit sanguin dans la peau reste cependant inférieur au débit correspondant aux températures plus élevées.

La température cutanée est relativement basse, de l'ordre de 15°C. (2), ce qui confirme un débit sanguin faible. Il semble donc qu'au niveau périphérique, les phénomènes suivants se succèdent : vasoconstriction des artérioles et des capillaires, probablement sous l'influence de l'adrénaline; ensuite, une vasodilatation des capillaires, les diamètres des artérioles restant réduits.

Les travaux de Nelms sur les pêcheurs anglais (26), de Brown sur les esquimaux (9) et de Adams (1), montrent qu'il existe une variation progressive de la réponse de la peau exposée au froid, la dilatation se produit plus tôt et est plus importante.

Nous n'avons pas effectué de mesures précises qui démontreraient une dilatation périphérique chez les nageurs dans l'eau à 2° C, mais les observations directes, la couleur de la peau et les photos ci-jointes nous ont confirmé cette vascularisation cutanée. (photos p. 26, 27, 28, 29)

La vasodilatation secondaire est souvent attribuée à la libération des métabolites acides, dont on connaît le rôle sur les vaisseaux.

Cette dilatation a été observée dans le doigt éterné (15), ce qui écarte toute influence par voie nerveuse et implique une cause locale.

Les expériences de Keatinge cherchent à donner une explication à cette dilatation en contradiction avec la libération d'adrénaline qui accompagne l'exposition au froid (21).

Il a d'abord remarqué que la réponse à l'adrénaline chez une artère isolée est supprimée par le froid. Ultérieurement, il a confirmé cette inhibition chez l'homme (22). Il introduit, par ionisation, de l'adrénaline ou de la noradrénaline dans le doigt du sujet. Il observe

une forte constriction locale et une diminution du débit sanguin qui peut aller jusqu'à l'arrêt.

Les doigts ainsi traités retrouvent un débit sanguin élevé, lorsqu'ils sont placés dans l'eau glacée.

D'après ces expériences, la cause principale de la vasodilatation semble être une action directe du froid sur les capillaires locaux.

REMY

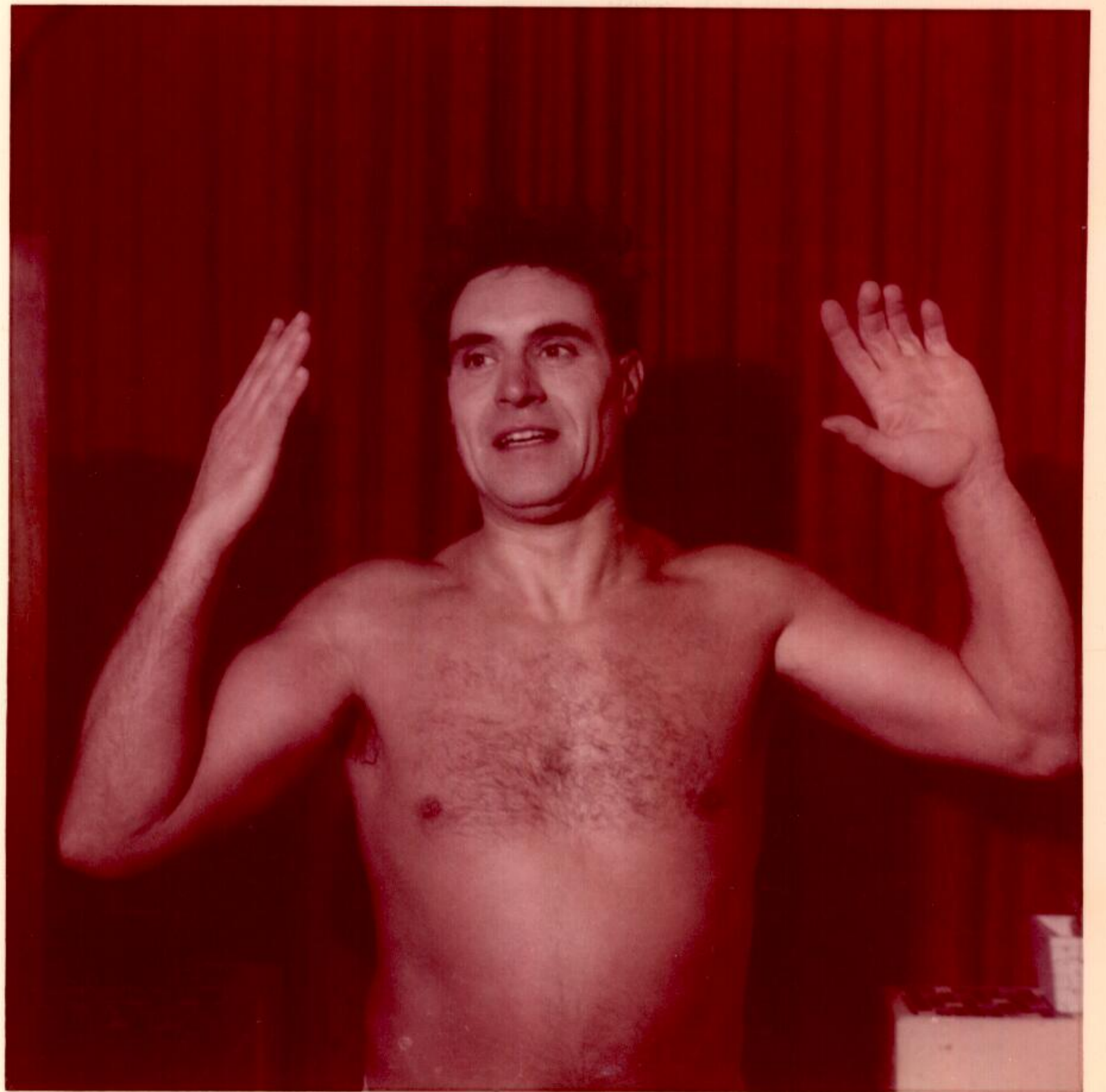
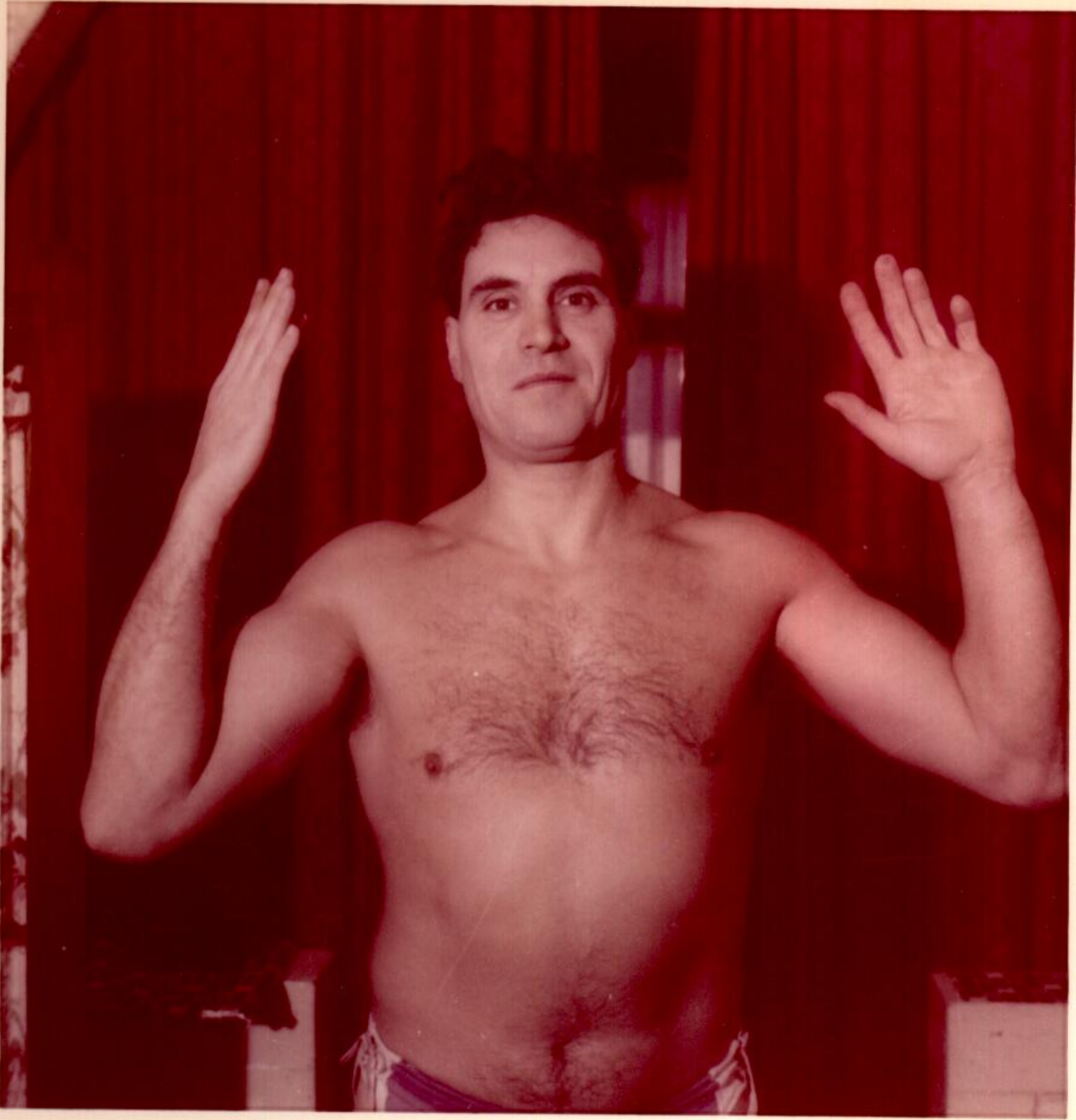
avant le bain



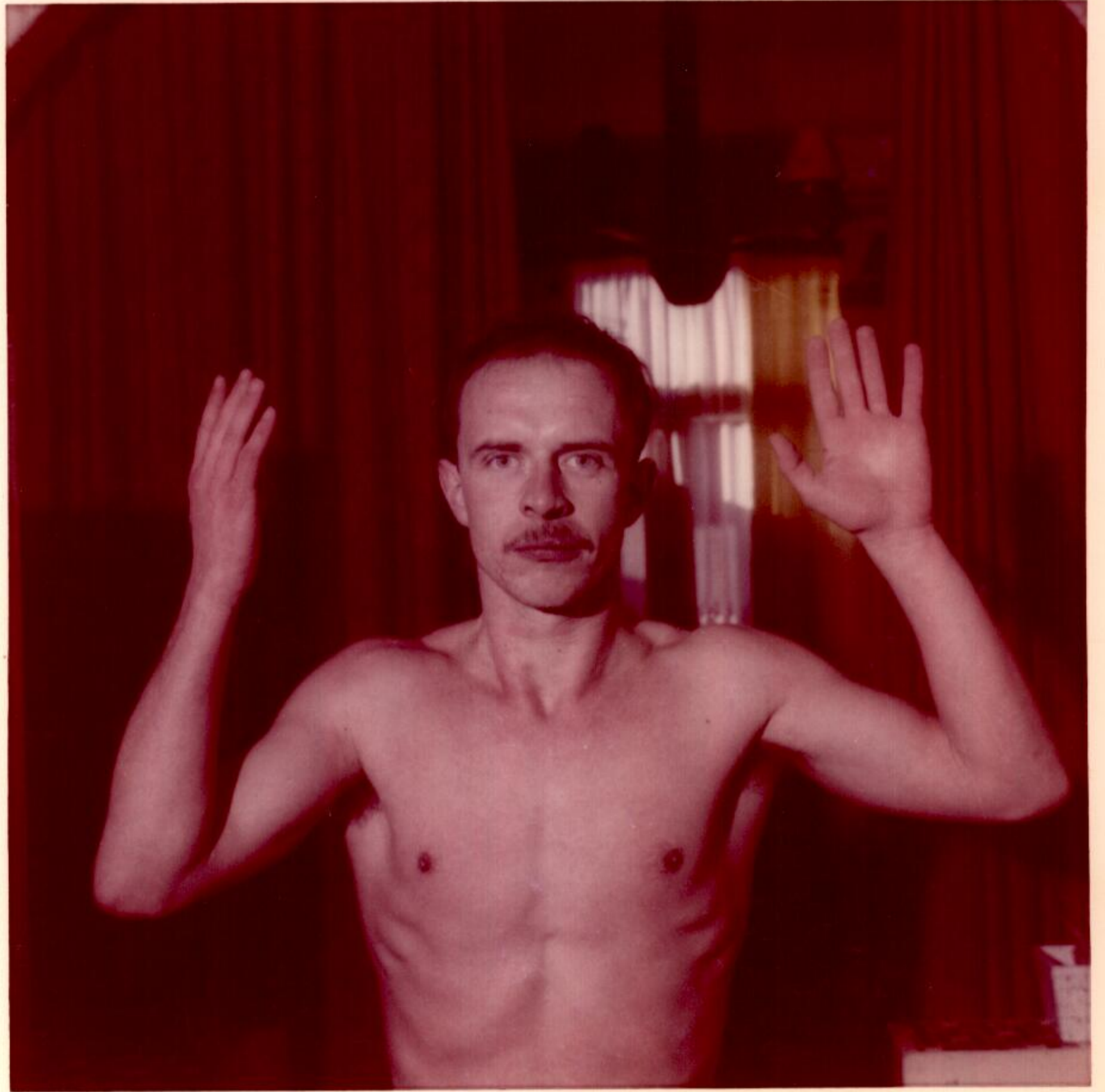
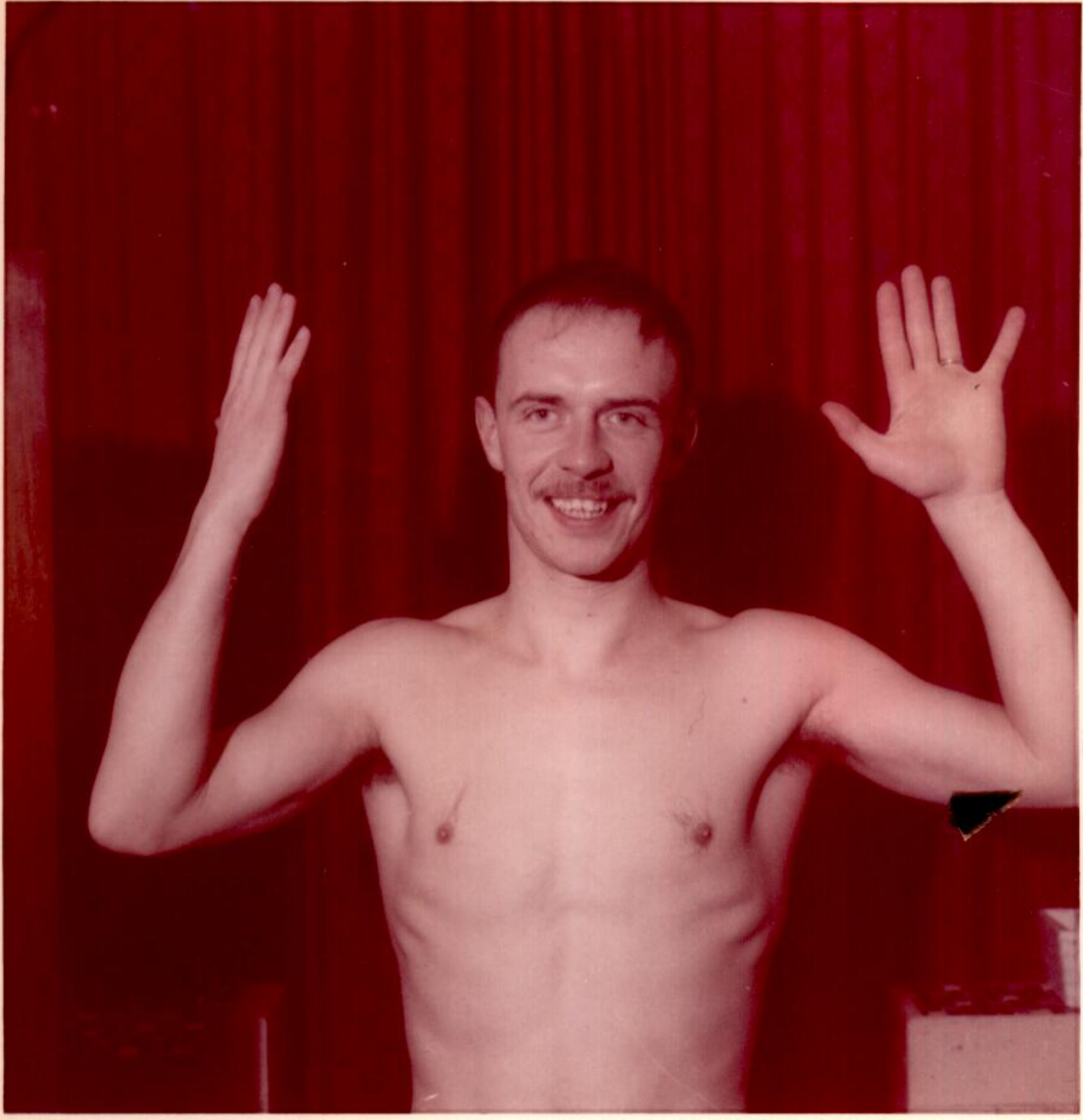
après



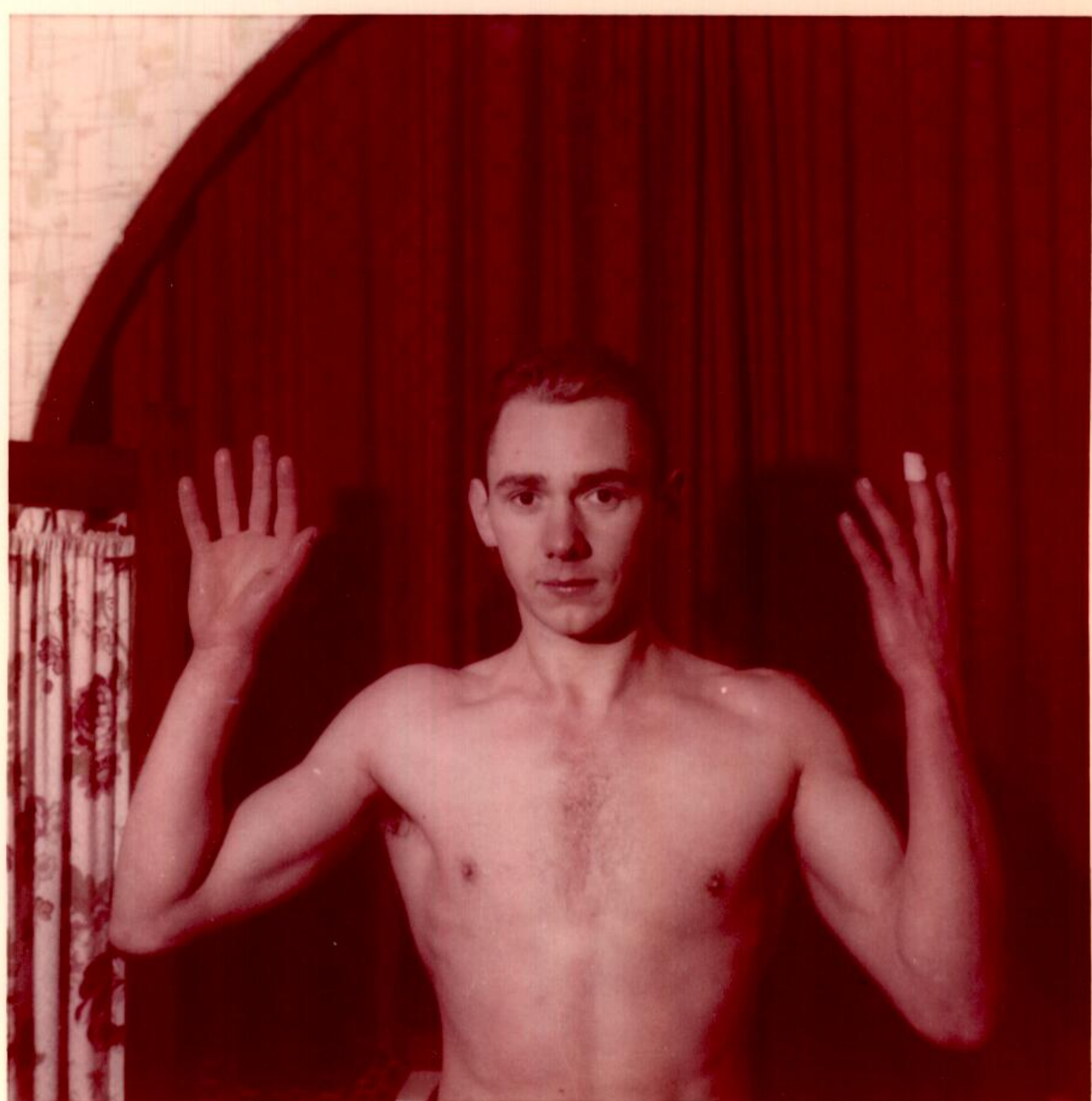
GATHON



PONCELET



BUCHE



LE SANG.

Après piqure, le sang est prélevé à la pointe d'un doigt, par une pipette graduée, puis dilué, afin de procéder au comptage des globules au microscope.

Ces expériences ont été réalisées deux fois sur 3 sujets. (*) Les tableaux 5 et 6 donnent la moyenne des résultats.

On observe une légère augmentation des globules rouges chez G et B, mais énorme chez P: 80%.

Behnke trouve également une légère hausse (7), tandis que le Dr Rascher signale un accroissement de l'hémoglobine, mais ne précise pas la proportion (2).

Du côté des globules blancs, on trouve une augmentation de 80% chez les trois sujets. Rascher cite une hausse de 400 à 500%, mais ne précise pas le temps d'immersion du sujet.

Behnke trouve un accroissement de 19%, ses sujets étant immergés 35 minutes dans de l'eau à 11° C.

Lorsqu'on examine le tableau comparatif de la formule leucocytaire, on constate que le pourcentage des différents globules varie peu. On s'aperçoit ainsi que les différents groupes s'accroissent dans la proportion du nombre global, soit 80%.

Pour Behnke, le nombre des neutrophiles et des monocytes augmente, mais celui des éosinophiles et des monocytes diminue. Il dit que cette hausse du nombre des globules blancs est une forme de réaction d'alarme au stress. La raison de cette hausse reste cependant inexpiquée.

(*) Le prélèvement de sang nécessitant l'intervention d'un médecin et le comptage des globules ont été réalisés par M. le Professeur Coppée. Je le remercie de m'avoir ainsi aidé à rendre cet ouvrage plus complet.

TABLEAU 5 : NOMBRE DE GLOBULES AVANT ET APRES LE BAIN.

		Globules rouges/mm ³		Globules blancs/mm ³	
GATHON	AVANT	6.000.000	+ 1,6%	4880	+ 80%
	APRES	6.100.000		8800	
BUCHE	AVANT	4.024.000	+ 8,7%	9000	+ 75,5%
	APRES	4.416.000		15800	
PONCELET	AVANT	3.650.000	+ 80%	7700	+ 84%
	APRES	6.250.000		14200	

TABLEAU 6 : formule leucocytaire avant et après le bain.
(nous n'avons pas tenu compte des basophiles trop peu nombreux).

NOM		NEUTROPHILES		EOSINOPHILES		LYMPHOCYTES		MONOCYTES	
GATHON	AVANT	3090	63%	97	2%	879	18%	781	17%
	APRES	5380	61%	176	2%	2552	29%	880	10%
BUCHE	AVANT	6210	69%	90	1%	1350	14%	1440	16%
	APRES	12250	77,5%	79	0,5%	1580	9%	1900	11%
PONCELET	AVANT	4790	62%	154	2%	2005	26%	770	10%
	APRES	7740	54,5%	284	2%	3515	29,5%	1990	14%

CONCLUSIONS SUR LE COEUR.

Nous avons observé et signalé une hausse importante de la pression artérielle, une hausse plus modérée de la fréquence cardiaque. Des expériences faites par d'autres auteurs nous permettent de croire à un accroissement du débit cardiaque (2-20).

Par ailleurs, un autre phénomène de défense contre le froid est l'augmentation du liquide interstitiel aux dépens du plasma sanguin, ce qui conduit à une hémococoncentration (14).

Tous ces facteurs agissent dans le sens d'un accroissement considérable du travail cardiaque. Il n'est pas surprenant, dans ces conditions, de voir apparaître des signes de défaillance cardiaque. Nous n'en avons jamais observé chez nos nageurs qui sont particulièrement adaptés, mais Gadge (14) signale des arythmies importantes et des fibrillations des oreillettes. Keatinge (20) et Grosse (16) citent des extrasystoles ventriculaires.

Tous les auteurs attribuent la cause des accidents en eau froide à une défaillance du coeur soumis à un travail trop accru. De plus, le Dr Rascher dit qu'une atteinte cardiaque directe par le froid est également possible. (2)

CHAPITRE III - LA TEMPERATURE RECTALE.

Pour ces expériences, nous avons employé un couple thermo-électrique avec sonde rectale.

Dans les premières minutes de l'exposition à l'eau froide, la température rectale augmente généralement d'environ $0,4^{\circ}$ C., résultat du déclenchement immédiat des phénomènes de thermorégulation (tableau 7 - fig. 3). Cet accroissement précaire a également été signalé par Grosse (16), Behnke (7) et Rascher (2).

La température centrale commence à décroître aux environs de la quatrième minute, malgré l'accroissement considérable du métabolisme.

Si l'expérience se continue, la température interne décroît progressivement, mais lentement et peut rester constante un certain moment (16), pour subir une chute rapide dans la suite (2). On peut ainsi se rendre compte que l'organisme est incapable de lutter par lui-même contre l'eau glacée. Tout apport de chaleur doit nécessairement venir de l'extérieur. Signalons que la limite inférieure de température interne que peut supporter un homme, se situe aux environs de 28° C. En général, la mort survient avec des températures du corps entre 24° et $25^{\circ},7$ C. Sur 7 sujets réfrigérés jusqu'à la mort, le temps mis pour les tuer varie entre 53 et 106 minutes. Une victime résista cependant deux heures et demie, mais c'est là un fait exceptionnel. Ces expériences ont été réalisées sur des hommes nus, mais le temps de résistance dépend évidemment de beaucoup de facteurs, tels que l'état de nutrition, la couche graisseuse des sujets, les vêtements, le pré-réchauffement, etc...

Le refroidissement de la nuque et de l'occiput semble jouer un rôle important. Il accélère d'une façon notable la baisse de la température; son mécanisme est cependant inexpliqué (2).

La vitesse de chute de la température interne dépend grandement de l'état et de l'entraînement du sujet.

Il est pratiquement impossible de déterminer la durée d'immersion et la température de l'eau que peut supporter un individu.

Pour les sujets entraînés, nous n'avons jamais observé de chute de température avant quatre minutes d'immersion, ce qui semble indiquer

qu'au point de vue de la température centrale, le bain est supportable pendant cette durée.

La courbe suivante donne l'évolution de la température, minute par minute, chez le sujet B. Cette courbe est caractéristique. (fig. 3).

TEMPERATURE RECTALE.

TABLEAU 7 : TEMPERATURE RECTALE PRISE AVANT ET PENDANT LE BAIN.

NOM	AVANT	APRES 2'	Δ	APRES 5'	Δ	APRES 8'	Δ
BUCHE	36,75	36,9	+ 0,15	36,6	- 0,15	36,4	- 0,35
	36,8	37,4	+ 0,60	36,5	- 0,3	36,2	- 0,6
	37	37,4	+ 0,40	36,9	- 0,1	36,3	- 0,7
	36,8	37,1	+ 0,30	36,8	-	36,4	- 0,4
GATHON	36,6	36,8	+ 0,2	36,4	- 0,2		
	36,8	37	+ 0,2	36,6	- 0,2		
	36,8	37,2	+ 0,4	37	+ 0,2		
PONCELET	36,6	36,7	+ 0,1	36,5	- 0,1		
	36,9	37,3	+ 0,4	37,3	+ 0,4		
REMY	36,8	36,6	- 0,2	36,4	- 0,4		
	36,7	36,4	- 0,3	35	- 1,7		
	36,8	37	+ 0,2	36,8	-		

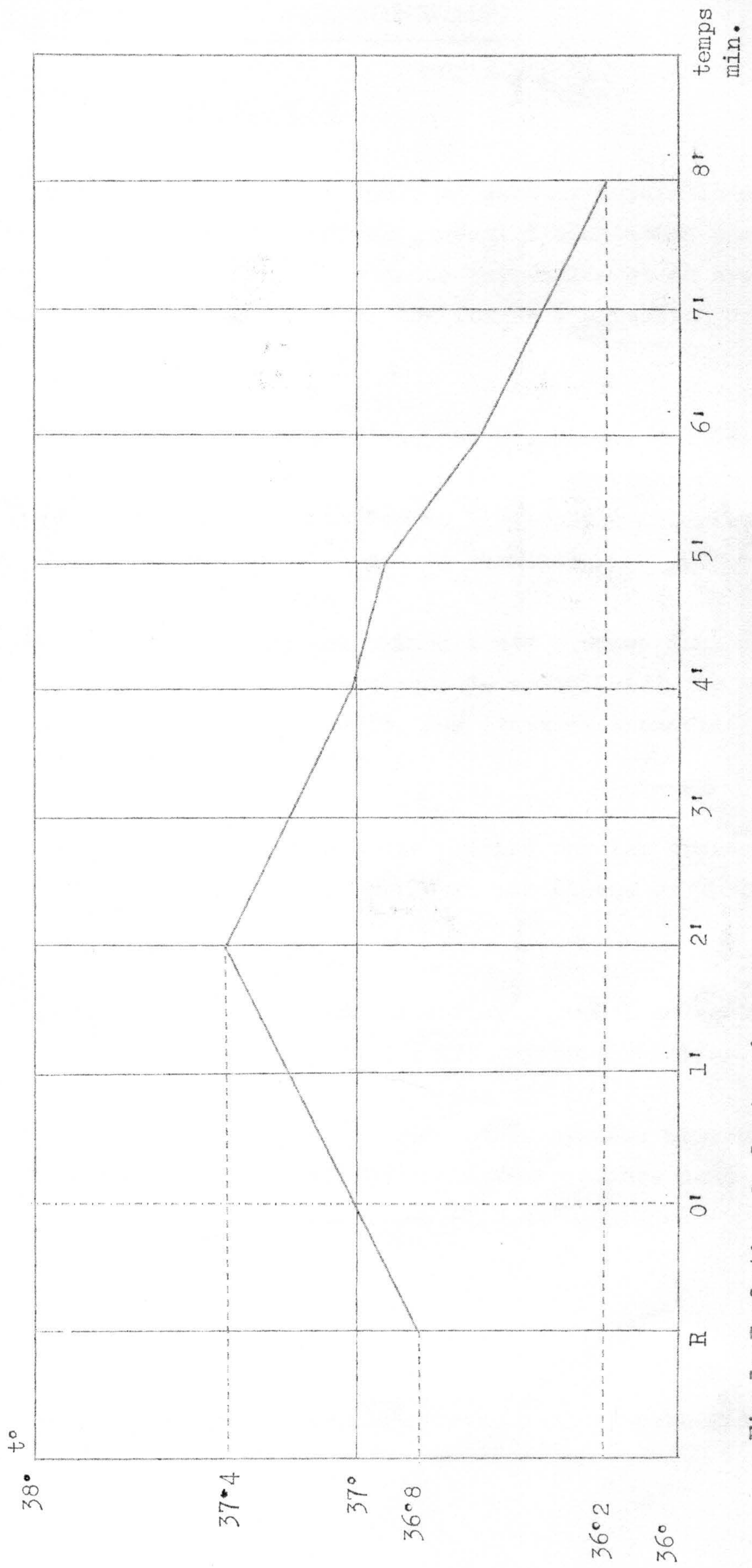


Fig. 3: Evolution de la température pendant 8 minutes de bain.

CHAPITRE IV - INFLUENCES HORMONALES.

INTRODUCTION.

Depuis les travaux de Cannon, en 1927, et surtout depuis la description et l'étude systématique du syndrome général d'adaptation par Selye, on reconnaît la participation des glandes surrénales et du système nerveux autonome sympathique dans toutes les formes d'agression de l'organisme.

A côté de l'effet local non spécifique, un agresseur, tel le froid, produit des effets généraux. La réaction locale provoque par l'intermédiaire de l'hypothalamus, une stimulation de l'hypophyse antérieure. L'ACTH produite excite la sécrétion de la glande surrénale.

Le fonctionnement des glandes endocrines a été précisé dans de nombreuses situations d'inconfort, tel le manque de sommeil (4), le manque d'oxygène, le travail musculaire (19-21), les états émotionnels (13-30).

Le rôle de la médullaire a surtout été précisé par les travaux de Von Euler et de Elmadjan, celui de la corticale par Pincus et Thorn (31-13-28-30).

Nous avons étudié la participation du cortex surrénal en analysant dans l'urine les 17 céto-stéroïdes et les 17 hydroxystéroïdes.

Pour déterminer le rôle de la médullaire et du système nerveux sympathique, nous avons dosé les catabolites des catécholamines dans l'urine sous forme de l'acide vanilhymandélique (V.M.A.).

17 CETO-STEROIDES.

Les 17 céto-stéroïdes ont une triple origine dans le sexe masculin : - androgènes gonadiques,
- androgènes surrénales,
- glucocorticoïdes.

Ces hormones peuvent avoir des effets physiologiques opposés :

Les glucocorticoïdes, principalement le cortisol et la cortisone, favorisent la formation du glycogène dans le foie à partir des protéines. Au cours de l'effort, l'organisme réclame des substrats directement utilisables dans les différents cycles (Krebs, Lynen), producteurs de liaisons riches. Les glucocorticoïdes participent à la fourniture des glucides, des acides gras et autres intermédiaires chimiques, aux dépens des protéines.

Les androgènes, au contraire, sont des anabolisants des protéines. Pendant les périodes de repos, elles contribuent à la resynthèse des protéines et à la reconstruction des réserves.

Ceci souligne la difficulté d'interprétation des résultats et la limite des conclusions qui peuvent en résulter.

Méthode d'analyse.

Il existe une variation physiologique dans l'élimination des 17 céto-stéroïdes au cours du nyctémère et chaque individu a une courbe d'élimination qui lui est propre. Il est donc nécessaire de comparer les valeurs obtenues au taux basal du même sujet et pendant les mêmes heures. La journée de l'expérience est fractionnée en trois périodes de :

- 1 - 10 à 16 heures période du bain froid
- 2 - 16 à 20 h.
- 3 - 20 à 10 h.

Les résultats obtenus sont comparés avec les taux moyens de trois journées de repos relatif. Toutes les précautions ont été prises pour que les sujets respectent scrupuleusement les heures de fractionnement. Le dosage de la créatinine a servi de contrôle pour le dépistage des prélèvements incorrects.

Dosage des 17 céto (*).

1. Hydrolyse chlorhydrique afin d'isoler les stéroïdes des milieux biologiques en les libérant de leurs liaisons formées avec l'acide sulfurique et l'acide glucoronique.

2. Extraction à l'éther sulfurique (deux fois).

(*) Les analyses ont été réalisées dans le laboratoire du Professeur Heusghem par Melle Jacqueline DELHOUGNE que je remercie infiniment.

3. L'extrait obtenu est purifié par lavage au moyen de solutions alcalines (NaOH) qui enlèvent la majeure partie des pigments ainsi que les produits de nature acide et phénolique, pouvant interférer dans la mesure colorimétrique.

4. Mesure colorimétrique : les différents 17 céto donnent en milieu alcalin, avec le métadinitrobenzène, une coloration violacée (réaction de Zimmerman) qui constitue le terme final.

Chaque analyse doit être accompagnée du standard et du blanc :

Le standard donne l'étalonnage de l'appareil; il donne une déviation stable du colorimètre pour une quantité déterminée d'hormones. Correspondant à ce standard, on joint un essai à blanc composé d'eau.

Le blanc mesure l'importance de l'absorption de la longueur d'onde employée, par les produits utilisés lors des diverses manipulations chimiques. Le blanc de chaque essai sera composé de l'urine traitée de la même façon que l'essai, en exceptant la dernière opération avec le réactif final.

Exemple de calcul.

Par des étalonnages à différentes concentrations, on obtient une courbe qui constitue le standard.

Essai : 28		101
	lecture sur la courbe	
Témoin : 88,5		<u>9</u>
		92

$$\frac{\text{Différence} \times \text{dilution} \times \text{diurèse}}{100} = \gamma$$

$$\frac{92 \times 10 \times 2700}{100} = 24840 \gamma$$

RESULTATS.

(Tableau 8 - fig. 4-5).

Nous avons observé une baisse significative du taux des 17 céto-stéroïdes pendant le bain et les heures qui suivent. L'importance de cette variation dépend grandement des sujets :

50% pour le sujet P.

10% pour le sujet R.

Les éliminations redeviennent normales 6 heures après l'épreuve pour B et G., dans la nuit qui suit l'épreuve pour P. et R. Il faut remarquer que les réactions hormonales sont plus fortes chez les sujets R. et P. qui sont justement les moins entraînés, tandis que B. et G., qui nagent plusieurs fois par semaine, présentent moins de variations et retournent aux valeurs normales beaucoup plus tôt.

TABLEAU 8 : EXCRETION DES 17 CETO-STEROIDES EXPRIMES EN γ PAR HEURE. 40.

		H E U R E S			
		10-16	16-22	22-10	Moyenne
PONCELET	Repos	1303,78	789,6	335	690
	1	521,87	756,1	254	440
	Bains 2	715,5	435,6	331,95	450
	3	425	345,8	446,9	410
	Moyennes	554,12	512,51	334,26	434,5
		H E U R E S			
		10-16	16-22	22-10	Moyenne
REMY	Repos	1182,88	859,65	659,33	840,30
	1	988,1	1089,76	358,1	698,56
	Bains 2	429	669,3	621,4	585,27
	3	1157	727,5	516	730
	Moyennes	858	828,8	498,5	670,9
		H E U R E S			
		10-16	16-22	22-10	Moyenne
GATHON	Repos	591,39	513,5	467,7	510
	1	293,8	474	399,9	392
	Bains 2	552	255	415	410
	3	-	-	-	-
	Moyennes	422,90	364,5	407,6	446,4
		H E U R E S			
		10-16	16-22	22-10	Moyenne
BUCHE	Repos	623,89	654,99	525,07	582,25
	1	759,36	648,34	294,84	490
	Bains 2	858,5	453,4	492,2	570
	3	669,2	865,2	121	440
	Moyennes	826,19	655,65	377,42	559,1

γ/h.

17 CETO-STEROIDES

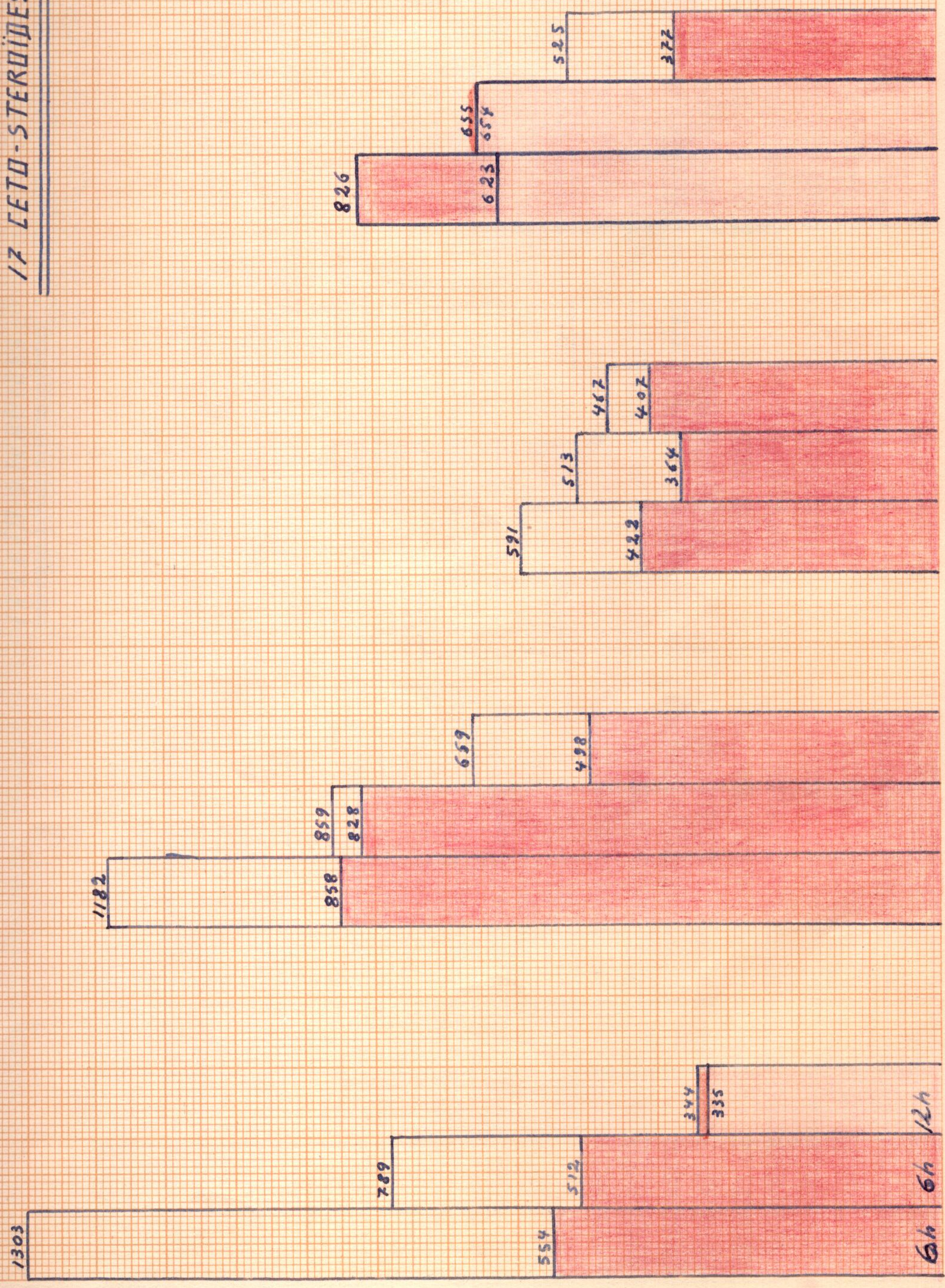
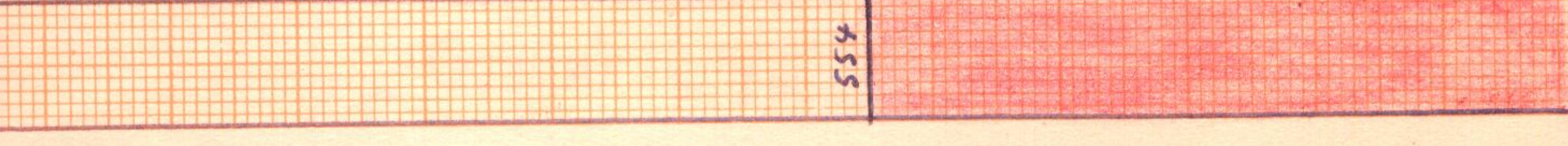


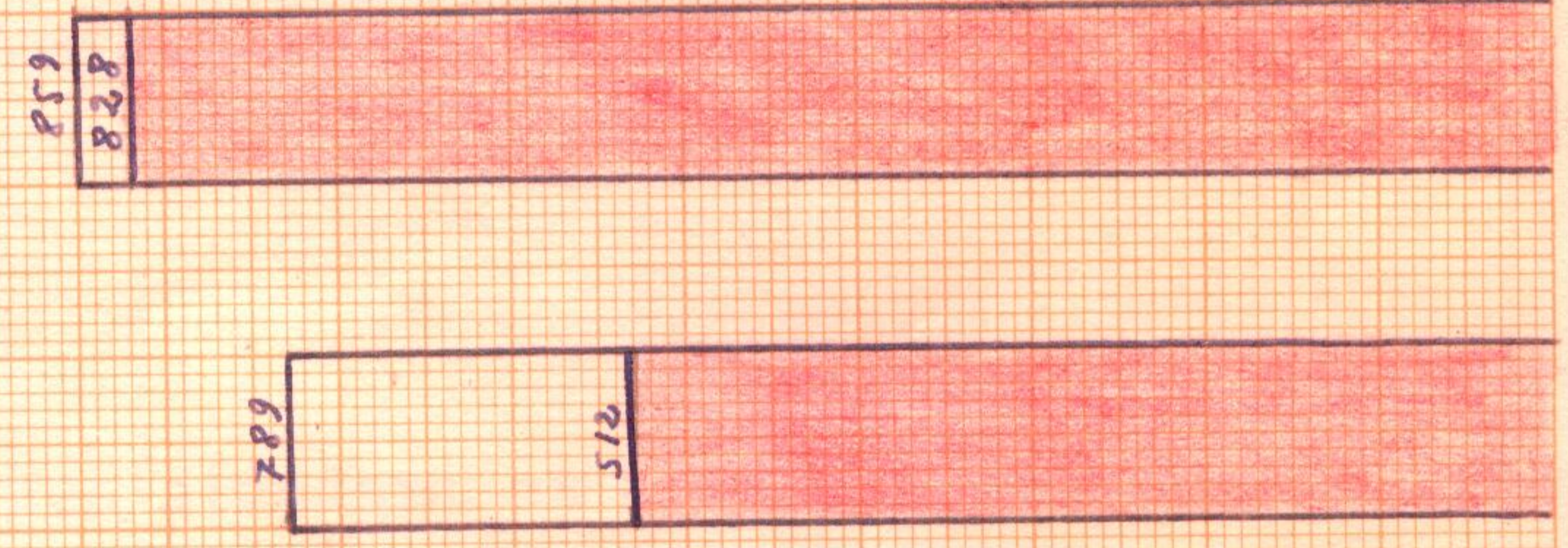
fig. 4 : comparaison entre la moyenne des jours de repos (en blanc) et celle des jours de bain (en rouge).

17 CÉTO-STÉROÏDES

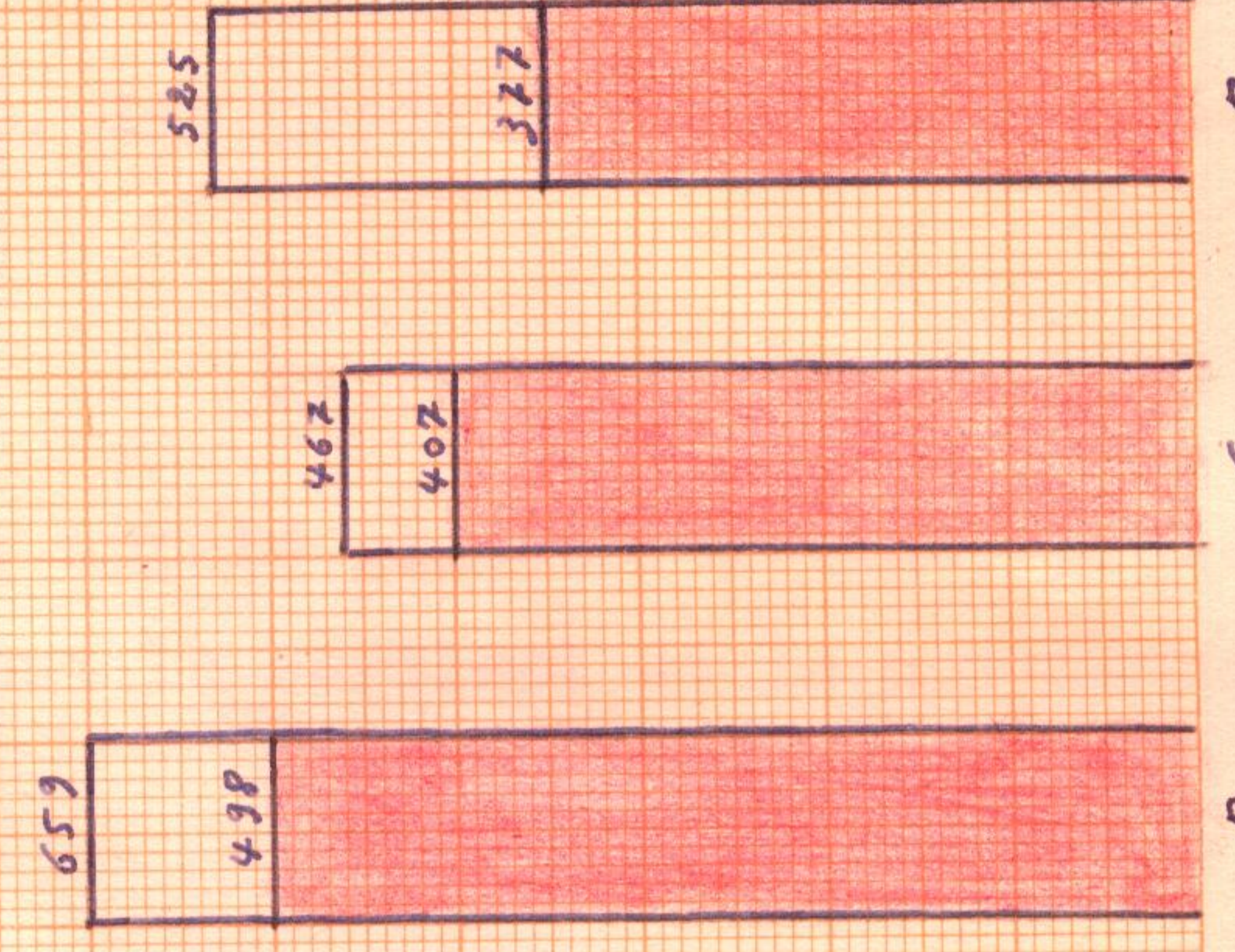
7h
1303



16-22h



22-10h

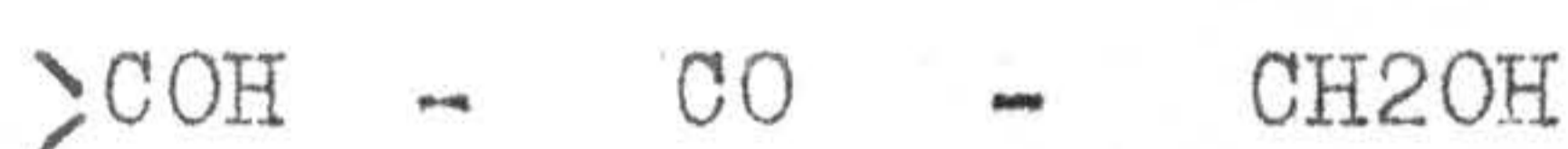


P. R. G. B. P. R. G. B. P. R. G. B. P. R. G. B.

Fig. 5: valeurs comparées chez les différents sujets.

17 α HYDROXYSTEROIDES.

Font partie de cette catégorie, les produits dont le carbone 17 porte les fonctions suivantes :



Seul le groupe assez homogène, appelé glucocorticoïde, présente cette particularité; il comprend surtout le cortisol et la cortisone.

Méthode d'analyse.

La phénylhydrazine, en milieu sulfurique, donne une réaction colorée avec les seuls stéroïdes possédant la chaîne latérale précitée.

L'urine subit :

- 1) une hydrolyse enzymatique sous l'action de la glucoronidase (suc d'escargot);
- 2) une extraction par le dichlormétane et une purification de l'extrait par une solution alcaline (NaOH 1/10 N);
- 3) une chromatographie sur colonne en présence de florisil afin d'obtenir une purification;
- 4) mesure colorimétrique des produits isolés; par réaction de la phénylhydrazine en milieu sulfurique (réaction de Porter Silber).

Exemple de calcul.

Les lectures corrigées standard et essais sont obtenues à partir de trois longueurs d'onde différentes : 380 - 410 - 440.

	ESSAIS			TEMOINS			Dt
Do	380	410	440	380	410	440	
st.	119	154	108	24	26	20	
Ess.	124	540	395	123	100	90	678

$$\text{Standard : } 119 - 24 = 95 = x$$

$$154 - 26 = 128 = y$$

$$108 - 20 = 88 = z$$

$$\text{Essai : } 124 - 123 = 1 = x$$

$$540 - 100 = 440 = y$$

$$395 - 90 = 305 = z$$

$$y = \frac{(x + z)}{2} = \text{lecture corrigée}$$

$$128 - \frac{(95 + 88)}{2} = 37$$

$$440 - \frac{(1 + 305)}{2} = 287$$

$$\frac{\text{lecture corrigée essai}}{\text{lecture corrigée standard}} \times \text{diurèse} = \gamma$$

$$\frac{287}{37} \times 678 = 5220,6 \gamma$$

RESULTATS.

(voir tableau et fig. 6 et 7).

L'élimination des 17 α OH augmente fortement lors du bain froid pour subir une chute tout aussi importante dans les heures qui suivent. Les valeurs redeviennent semblables au taux basal dans la nuit qui suit.

CONCLUSIONS SUR LA PARTICIPATION DE LA GLANDE SURRENALE.

Pendant le bain, on assiste à une hausse des 17 hydroxycorticostéroïdes avec une baisse des 17 céto. Cette réaction paraît exprimer une prédominance du catabolisme surtout protidique en réponse à l'accroissement très intense du métabolisme général qui atteint une consommation d'O₂ de 1,5 à 2 l. par min.

La période après l'effort semble répondre à un anabolisme réparateur comme en témoigne le taux très bas de 17 α OH.

La perturbation hormonale est importante pendant le bain, mais cela est réparé dans un délai assez court de quelques heures où l'élimination des différents métabolites est redevenue normale.

Les résultats se sont reproduits assez fidèlement au cours des différentes expériences subies par le même sujet, mais de très grandes variations individuelles ont été enregistrées.

Le degré d'entraînement de l'individu semble jouer un rôle important pour déterminer l'intensité relative du "stress".

Les résultats que nous avons obtenus sont fort comparables à ceux que rapportent d'autres auteurs, notamment en ce qui concerne le taux de repos et ses variations nycthémerales. Les résultats rapportés de la lit-

térature concernant l'élimination au cours de l'effort sont plus contradictoires. Il est souvent admis qu'un travail modéré provoque une hyperactivité surrénale avec hausse des 17 céto, tandis que lors de la fatigue aiguë, notamment celle de l'athlète, l'élimination des 17 céto est abaissée et celle des 17 α est augmentée (10).

f/h.

172

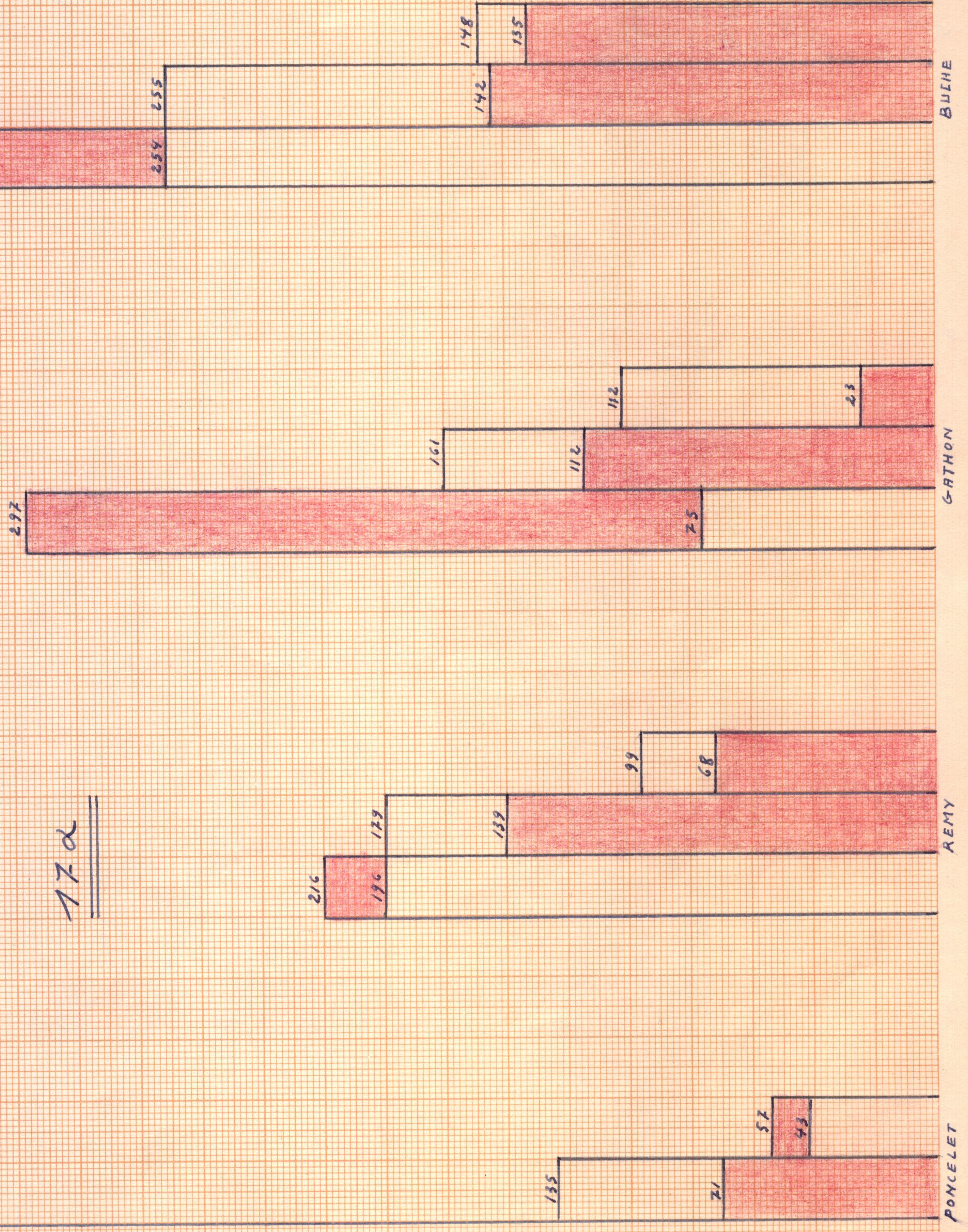


Fig. 6 : comparaison entre la moyenne des jours de repos (en blanc) et celle des jours de bain (en rouge)

plh.

10-16h.

17α

16-22h.

22-70h.

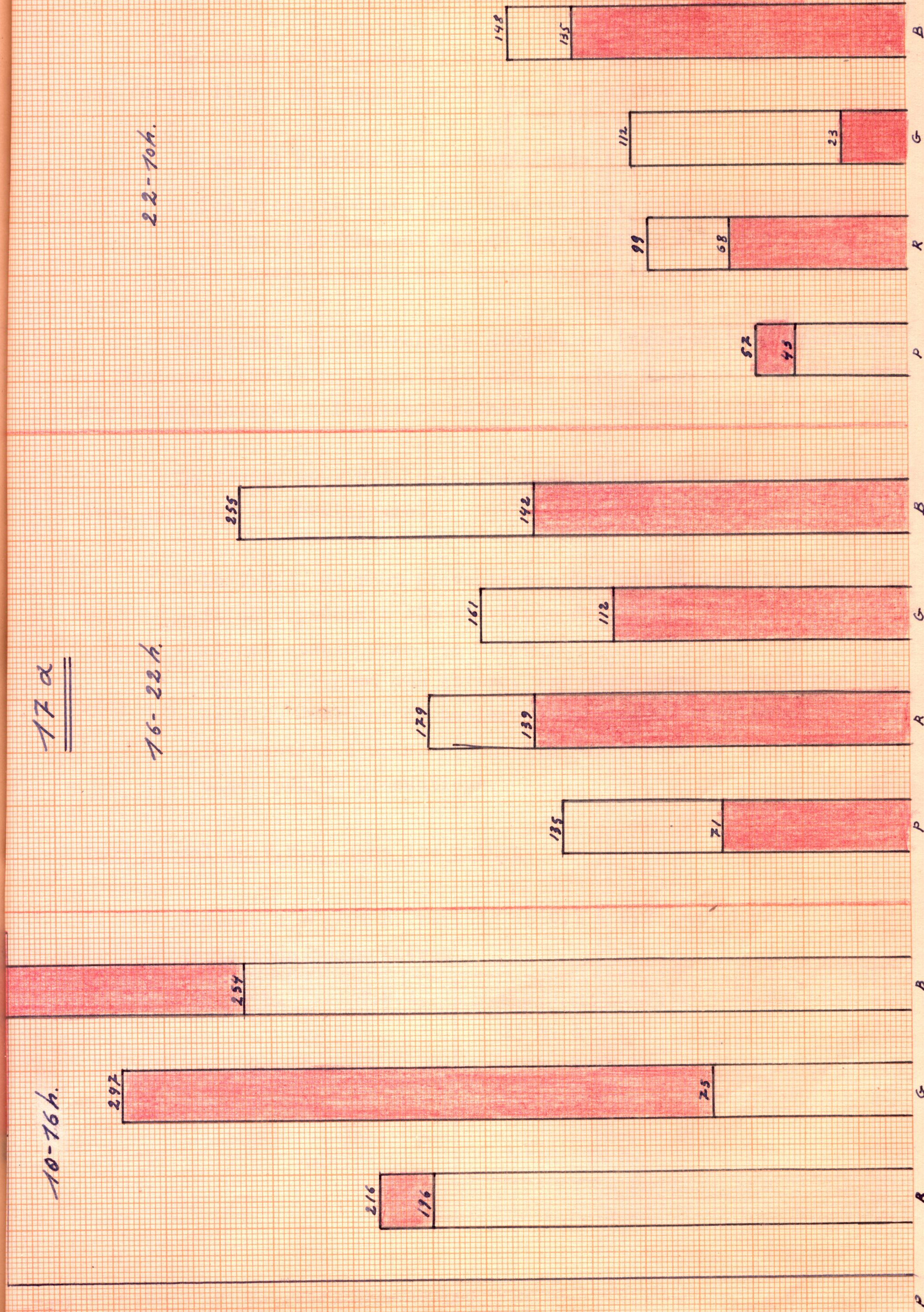


Fig. 7 : valeurs comparées chez les différents sujets.

CATECHOLAMINES.

La quantité d'hormone libérée a souvent été estimée par le dosage des formes libres qui apparaissent dans les urines.

Ce dosage possède des inconvénients :

- les produits dosés sont peu stables;
- ils ne représentent que 4% des hormones libérées;
- le dosage demande des manipulations longues et délicates.

Récemment, des chercheurs américains (Axelrod (5), Armstrong (3) et Sunderman (29')) ont identifié dans l'urine un produit de dégradation des catécholamines : l'acide-3-méthoxy-4-hydroxymandélique (V.M.A.).

Le dosage du V.M.A. urinaire présente de nombreux avantages pour être appliqué en physiologie.

- Le V.M.A. ne peut provenir que des catécholamines;
- il en représente 40% du volume émis;
- il est stable dans les urines;
- dans la plupart des stress, les excrétions respectives d'A. et de N.A. évoluent de manière sensiblement parallèle;
- la quantité d'urine nécessaire est faible et le prélèvement demande peu de précautions.

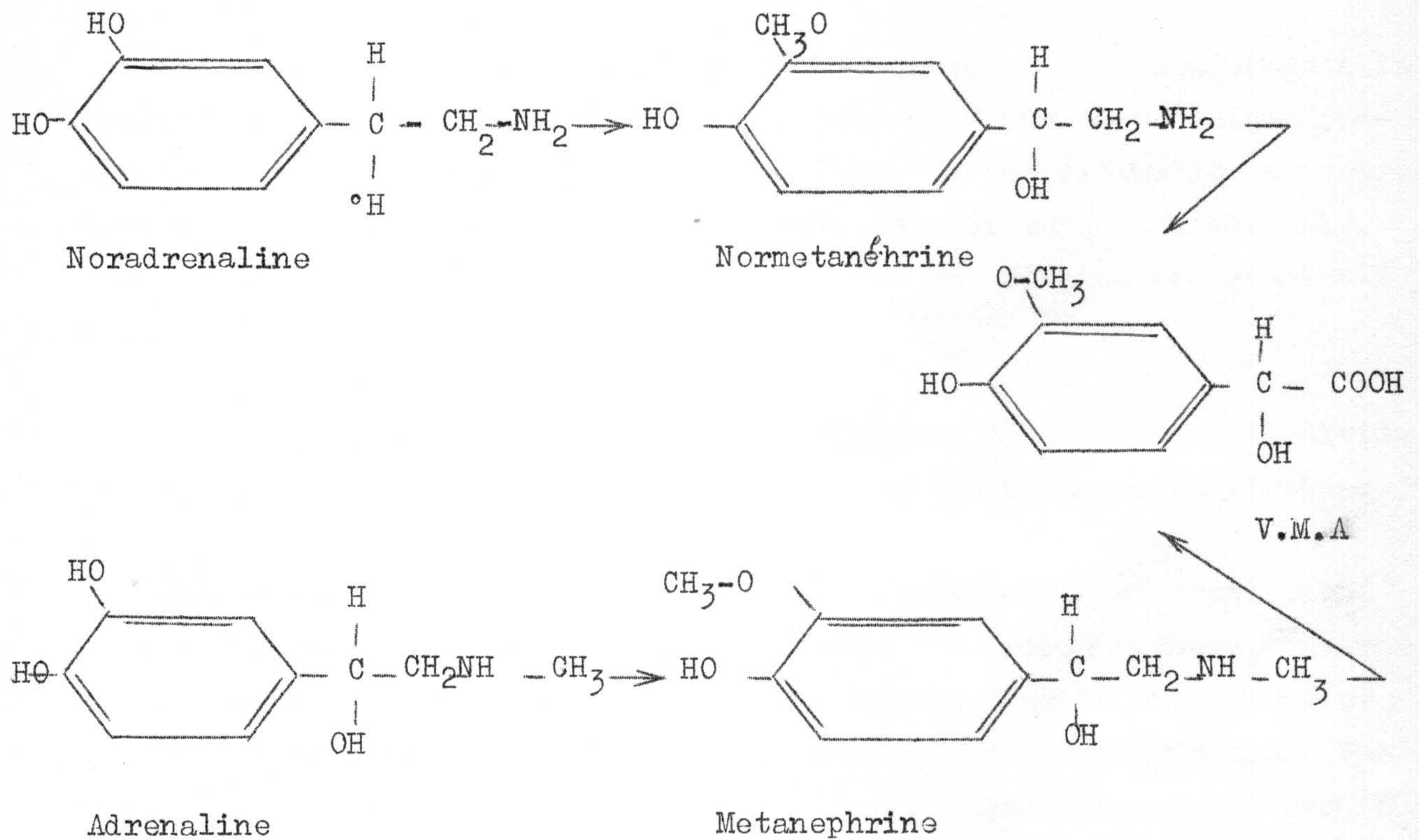
Taux normal du V.M.A. dans les urines.

Moyenne 4 μ g/24 h. variant de 0,7 à 6,7 μ g/24 h.

Variations journalières :

μ g/8 h.	V.M.A.
0,75	23 h. à 7 h.
2	7 h. à 15 h.
1,7	15 h. à 23 h.
4,5	Total 24 h.

PASSAGE DES CATECHOLAMINES AV V.M.A.

Méthode d'analyse. du V.M.A.

- 1) Elimination des produits à interférence par acidification et adsorption par du silicate de magnésium (florisil).
- 2) Extraction du V.M.A. par l'acétate d'éthyle et élution par le K_2CO_3 .
- 3) Oxydation du V.M.A. en vanilline sous l'action du ferricyanure de K en présence de Zn.
- 4) Extraction de la vanilline par du toluène et élution par le K_2CO_3 .
- 5) Réaction de coloration : l'extrait carbonaté acidifié par l'acide sulfurique, forme en présence d'indol et d'acide phosphorique, un complexe ayant une coloration rose saumon, mesurée au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 495 m μ .

Exemple de calcul.

$$\frac{\text{Do essai} - \text{Do blanc}}{\text{Do standard}} \times 0,55 \times \frac{\text{diurèse}}{100} = \mu\text{g.}$$

$$\frac{0,073 - 0}{0,340} \times 0,55 \times \frac{678}{100} = 0,7932 \mu\text{g.}$$

RESULTATS.

Les valeurs de l'élimination du V.M.A. au repos sont conformes à la littérature. Pendant le bain froid, on assiste à une baisse significative de la quantité des métabolites excrétés. Cette diminution se reproduit régulièrement dans chaque expérience, et pour chaque sujet. Il faut attendre la nuit qui suit pour retrouver une élimination semblable à celle du repos.

Du point de vue quantitatif, ces variations dépendent de l'individu et fait intéressant, sont parallèles à celles des hormones corticoïdes.

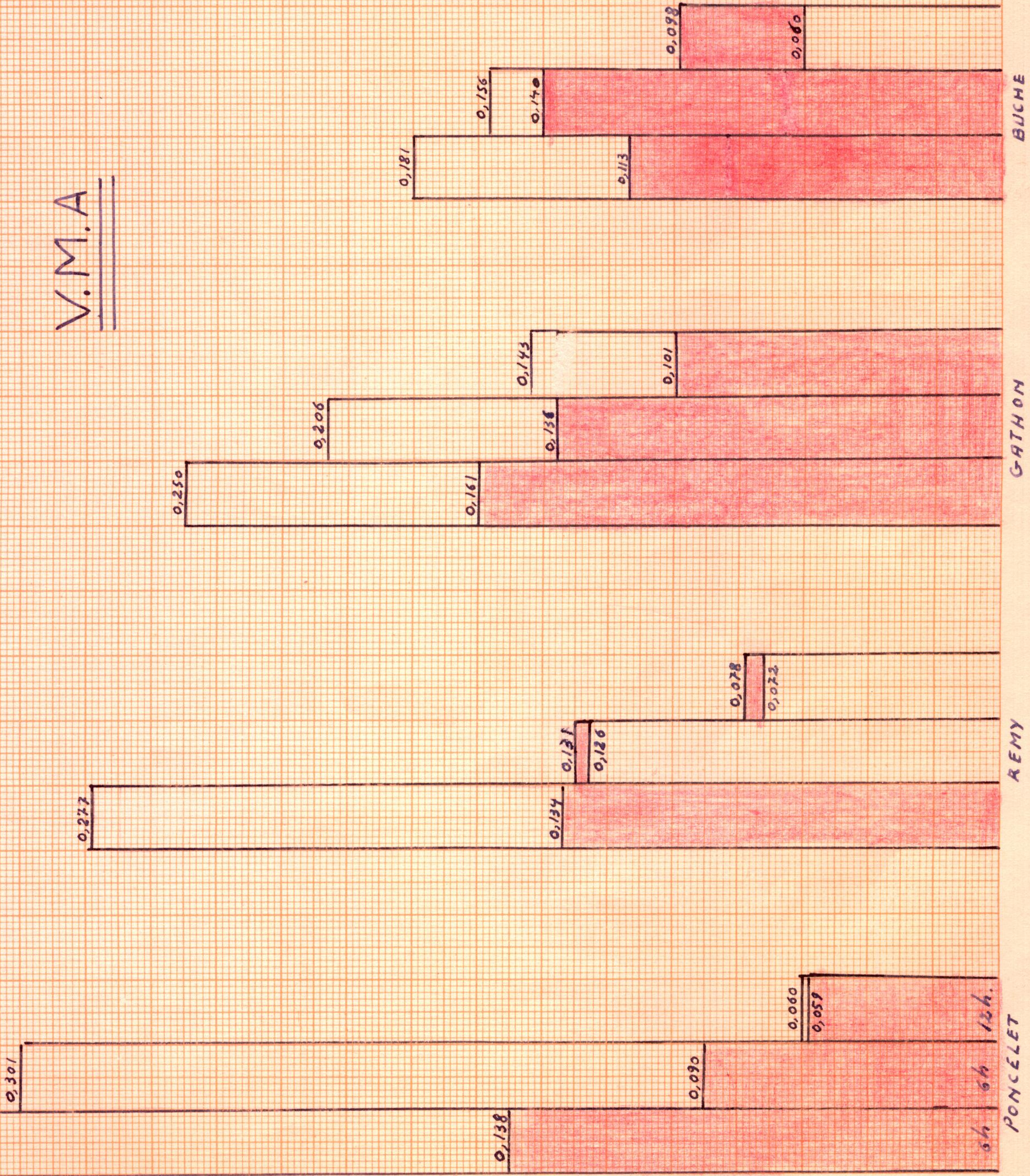
Ces résultats sont très surprenants et semblent en contradiction avec la théorie du stress et les expériences des autres auteurs. La participation de la médullo-surrénale semble accrue dans le bain froid et la libération d'adrénaline et de noradrénaline est considérée comme favorable à la résistance de l'individu. Tous les auteurs qui ont étudié l'élimination dans l'urine des catécholamines libres après un bain froid trouvent un accroissement. (4-19-31-32).

Aucune explication n'a pu être donnée à cette divergence et de nouvelles études devront être entreprises en analysant en parallèles les catécholamines libres et le V.M.A.

TABLEAU 10 : EXCRETION DU V.M.A. EXPRIME EN μ G PAR HEURE.

		H E U R E S				
		10-16	16-22	22-10	Moyenne	
PONCELET	Repos	0,3364	0,3011	0,0607	0,187	
	Bains	1	0,1514	0,0537	0,0381	0,07
		2	0,1152	0,1419	0,0773	0,103
		3	0,1496	0,0769	0,0627	0,088
	Moyennes	0,1387	0,0908	0,0594	0,0865	
REMY	Repos	0,2777	0,1266	0,0724	0,1371	
	Bains	1	0,1091	0,1494	0,0854	0,1073
		2	0,1378	0,1057	0,1087	0,1152
		3	0,1561	0,1398	0,0421	0,0950
	Moyennes	0,1343	0,1316	0,0788	0,103	
GATHON	Repos	0,2503	0,2066	0,1435	0,1859	
	Bains	1	0,0847	0,1290	0,1083	0,1076
		2	0,2376	0,1436	0,0945	0,1426
		3	-	-	-	-
	Moyennes	0,1612	0,1363	0,1015	0,125	
BUCHE	Repos	0,1819	0,1560	0,0608	0,1149	
	Bains	1	0,1322	0,2280	0,0784	0,1288
		2	0,1936	0,1022	0,1141	0,1310
		3	0,0843	0,0661	0,0558	0,0655
	Moyennes	0,1135	0,1401	0,0984	0,112	

V.M.A



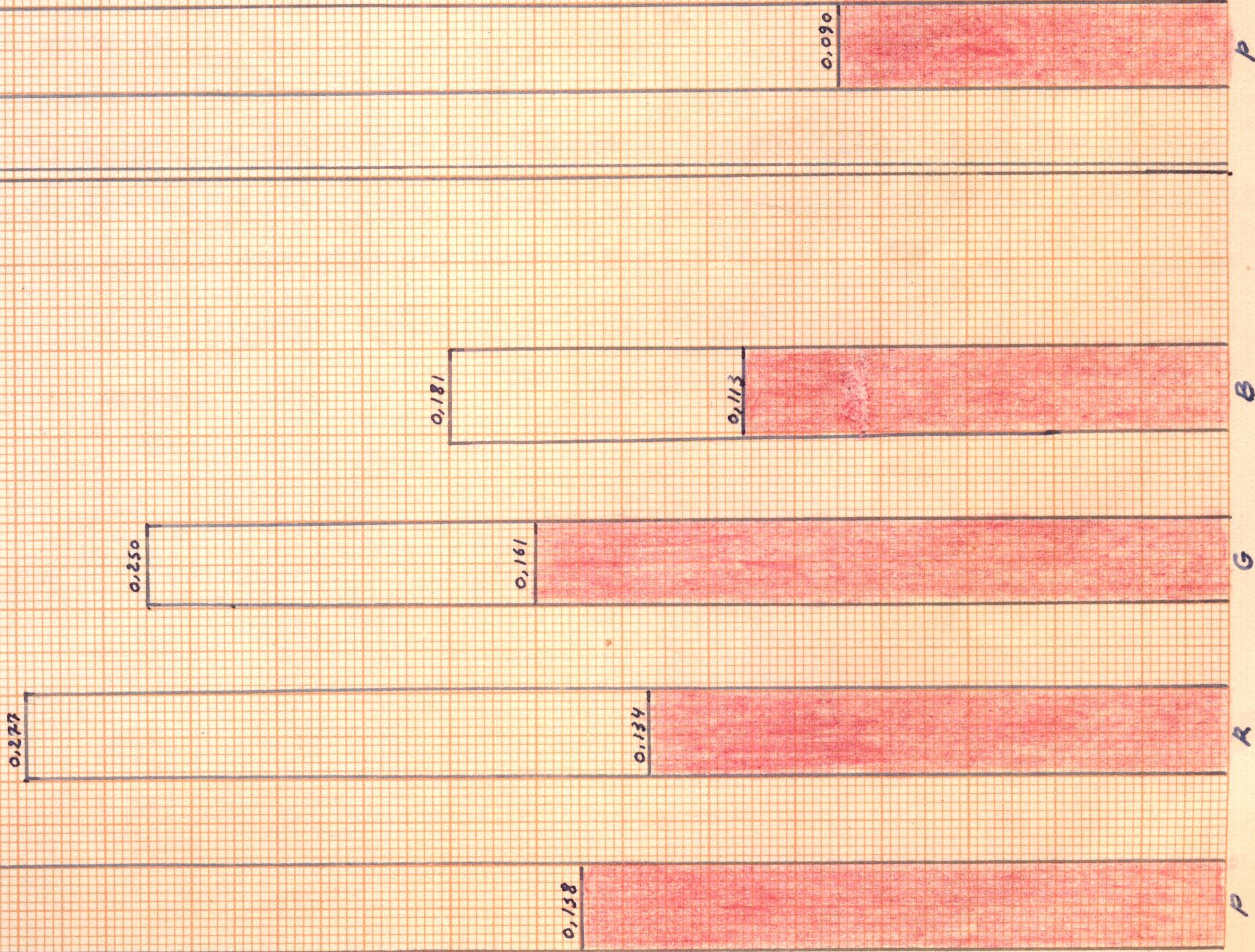
mg/h.

Fig. 8 : comparaison entre la moyenne des jours de repos (en blanc) et celle des jours de bain (en rouge).

10-16h.

V.M.A.

mg/h.



22-10h.

16-22h.

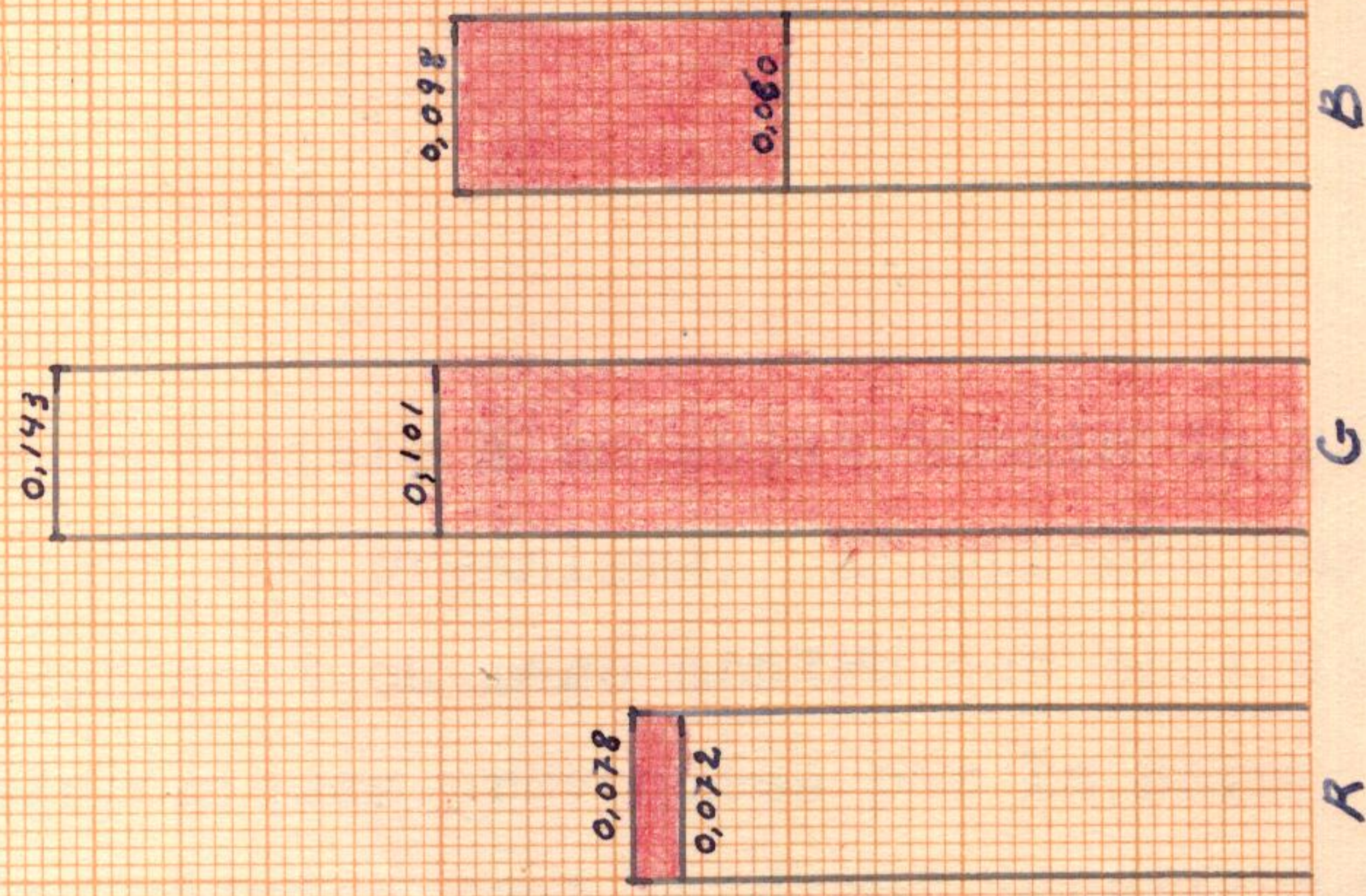
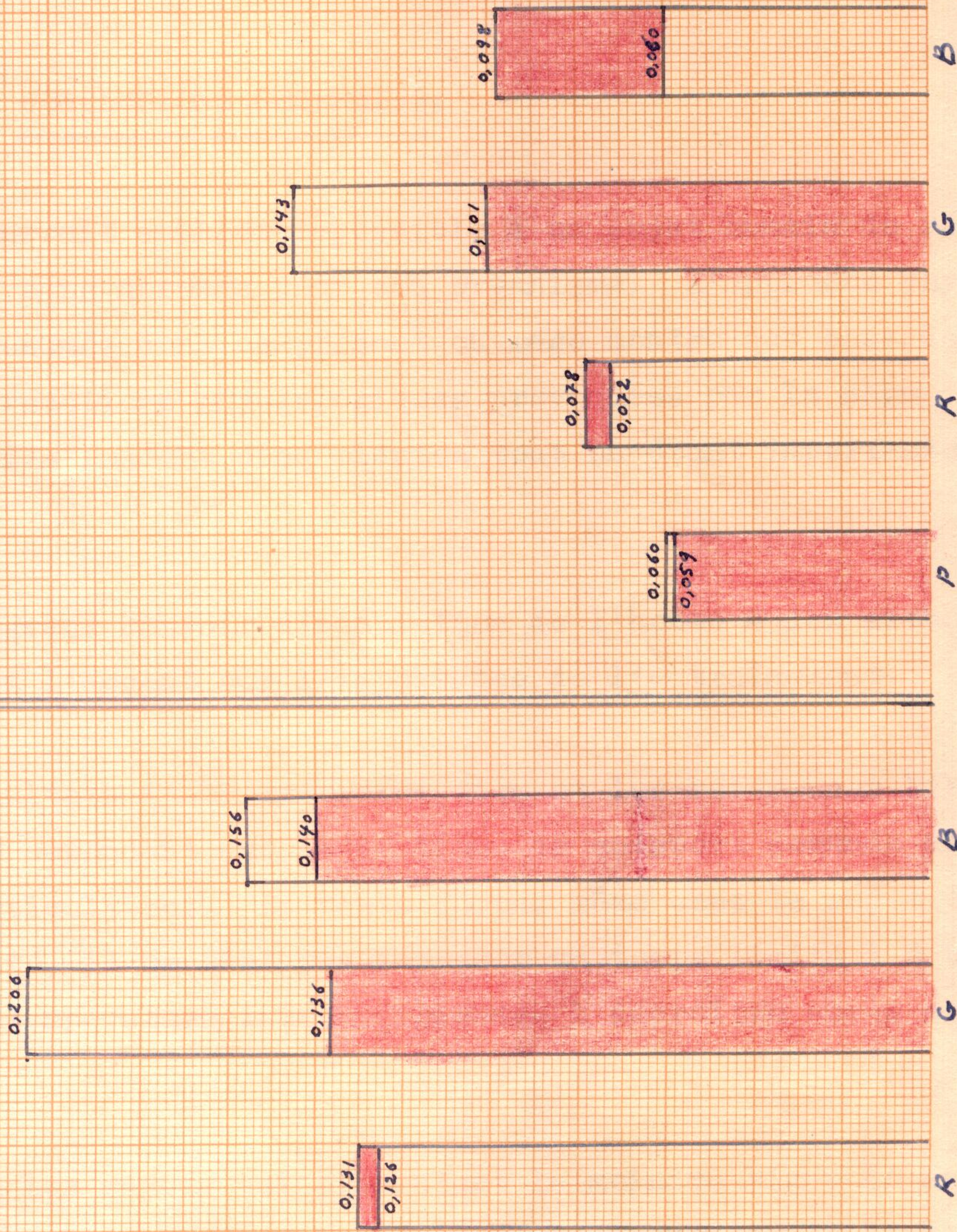


Fig. 9: valeurs comparées chez les différents sujets.

CONCLUSIONS GENERALES.

A priori, il pourrait sembler impossible à un sujet humain de résister à un bain froid sans dommage pour son organisme. L'approche physiologique qui a été résumée dans ce présent ouvrage montre que chez des sujets entraînés, les réactions physiologiques provoquées par la nage dans de l'eau très froide pendant cinq minutes tout en étant importantes, ne sont pas exagérées.

Ceci montre le grand pouvoir d'adaptation de l'homme à des situations difficiles et met l'accent sur l'importance de l'entraînement.

D'après les résultats de l'expérimentation et les références bibliographiques, il s'avère cependant que la pratique de ce sport demande des précautions toutes particulières. De toute façon, même chez le sujet entraîné et en bonne santé, il ne faut pas dépasser un temps limité à 4 ou 5 minutes, puisque la température interne commence à décroître après ce délai.

Il faut écarter les sujets qui présentent le moindre signe de faiblesse cardiaque ou vasculaire, étant donné la forte augmentation de la pression artérielle et du travail cardiaque, qui peuvent amener des troubles du myocarde.

La nage hivernale est également à déconseiller chez les sujets jeunes où les sollicitations hormonales pourraient engendrer des perturbations au niveau des glandes endocrines.

BIBLIOGRAPHIE.

- 1) ADAMS Th. and SMITH - J. Appl. Physio. 17 (2) 1962.
Effect of chronic local cold exposure on finger temperature reponses.
- 2) ALEXANDER L. - Combined Intelligence Objective Subcommittee U.S. Army, July 1945, 10 XXVI-37.
The treatment of shock from prolonged exposure to cold especially in water.
- 3) ARMSTRONG M.D. and Mc. MILLAN - Bioch.-Biophys. Acta 1957, 25-422.
3-methoxy-4-hydroxy-D-madelic acid, a urinary metabolite of norepinephrine.
- 4) ARNETT - J. Applied phys. 15-(3) 499- 1960
Catecholamine excretion in men exposed to cold.
- 5) AXELROD J. - Physiol. Revue - 1959 -39-751.
Metabolism of epinephrine and other sympathomimetic amines.
- 6) BARGETON - C.R. Soc. Biol. 154, 46 (1960)
Vitesse des échanges de chaleur et d'humidité dans les voies aériennes de l'homme.
- 7) BEHNKE (A.R.) - YAGLOU (C.P.) - J. Applied. Physiol. 1951, 3(10) :
p. 591-602. Physiological responses of men to chilling in ice water and to slow and fast rewarming.
- 8) BROBECK. - Annual Rev. Physiol. 8; 65 (1946) - Physiology of heat and cold.
- 9) BROWN G.M. and PAGE J. - J. Applied Physiol. 5.221 (1952).
The effect of chronic exposure to cold on temperature and blood flow of the hand.
- 10) BUGARD P. - Masson, Edit. Paris 1960. - La fatigue.
- 11) DICKSON J.A. - J. Physiol. 135-93-1957. - The effect of limb position on the vasodilator response to cold in the finger.
- 12) DRESSE - Revue médicale de Liège. Vol. XV-1960-n° 15 -
Introduction à l'étude du métabolisme des catécholamines.
- 13) ELMADJAN - J. Clin. Endocr. Metab. Vol. 17. p. 609.
Excretion of epinephrine and norepinephrine in various emotional states.
- 14) GAGGE A.P. and HERRINGTON - Ann. Rev. Physiol. 9.409 (1947) -
Physiological effects of heat and cold.
- 15) GREENFIELD A.D.M. - J. Physiol. 112.459-1951.
The loss heat from the fingers immersed in cold water.
J. Appl. Phys. 4-1951. 37.
Heat loss from toes and fore-feet during immersion in cold water.
- 16) GROSSE-BROCKHOFF. - Pflugers Arch. 246 p. 664-1943.
Über die anderungen der erregbarkeit von atem-und kreislaufzentrum bei Rascher unterkuhlung.

- 17) HALL J.F. - POLTE J.W. - KELLEY R.L. - EDWARDS J. -
J. Appl. Physiol. 1954. 7(2) 188-195.
Skin and extremity cooling of clothed humans in cold water immersion.
- 18) HEROUX - Fed. Proc. 19. Suppl. 5. 1960.
Adjustements of the adrenal cortex and thyroid during cold acclimatation.
- 19) KARKI - Acta Physiol. Scand. Vol. 39. Supplém. 132-1957.
The urinary excretion of noradrenaline and adrenaline in different age groups, its diurnal variation and the effect of muscular work on it.
- 20) KEATINGE W.R. - Mc ILROY M.B. - J. Physiol. 1962. 160 (2) p. 23.
Changes in arterial pressure, right atrial pressure and cardiac output during sudden exposure to cold.
- 21) KEATINGE - J. Physiol. 159. p. 101-110 (1961) -
The return of blood flow to fingers in ice water, after suppression by adrenaline or noradrenaline.
- 22) KEATINGE - J. Physiol. 142. 395. - The effects of low temperature on response of arteries to constrictor drugs.
- 23) KEATINGE W.R. and EVANS M. - Quarterly Journal of. ex. Phys. 1961-46.83
The respiratory and cardiovascular response to immersion in cold and warm water.
- 24) LEBLANC J.A. and F.J. ROSENBERG. - J. Appl. Phys. 11 (3) 344. 1957
Local and systematic adaptation to tropical cold exposure.
- 25) METZ - Faculté de médecine de Strasbourg. - Fatigue et sécurité.
- 26) NELMS and SOPER - J. Appl. Phys. 17 (3) 444-1962.
Cut. Vasodilatation and cold acclimatation in the hands of British fish filleters.
- 26') PETIT, DEROANNE, TROQUET, DAMOISEAU, FRANCOIS - Int. Z. Angew. physiol. einsch. arbeits physiol. 19-(1962)p.252.
Examen critique du rendement de l'activité ventilatoire.
- 27) PIN G - Médecine-Ed. Phys. et sports. 1955. Réponse surrénaline à l'effort sportif.
- 28) PINCUS - I - 1947 - Recent progress in hormone research.
- 29) SPEALMAN C.R. - Am. J. Physiol. 145/218 - Effect of ambient air temperature and of hand temperature on blood flow in hands.
- 29') W. SUNDERMAN - American Journal of clinical pathology. vol. 34. n.4. Oct. 1960 - p. 293.
- 30) THORN G.W. - JENKINS D. et LAIDLAW J.C. -
Recent Progr. Hormone Res. 8. 171.1953.
The adrenal response to stress in man.
- 31) VON EULER - Fed. Proc. 19 - Suppl. 5:1960. -
Exposure to cold and catecholamines.
- 32) WADA-SEO-ABE - Tohotu - J. Exper. - Med. 26, 381. 1935
Further study of the influence of cold on the rate of epinephrine secretion from the suprarenal glands with simultaneous determination of the blood sugar.

33) YOSHIMURA H. and ILDA T. - Jap. J. Physiol. 2.147-1950.
2.177-1951.

Studies on the reactivity of skin vessels to extreme cold.

TABLE DES MATIERES.

INTRODUCTION.

<u>PREMIERE PARTIE</u> - LA NAGE HIVERNALE.....	1
L'ENTRAINEMENT.....	3
<u>DEUXIEME PARTIE</u> - REPERCUSSION PHYSIOLOGIQUES DE LA NAGE HIVERNALE.....	10
<u>CHAPITRE I</u> - Appareil respiratoire.....	10
La ventilation.....	11
Le métabolisme.....	13
<u>CHAPITRE II</u> - Appareil circulatoire.....	17
La fréquence cardiaque.....	17
La pression artérielle.....	22
La circulation périphérique.....	24
Le sang.....	30
Les conclusions sur le coeur.....	32
<u>CHAPITRE III</u> - La température rectale.....	33
<u>CHAPITRE IV</u> - Influences hormonales.....	36
Introduction.....	36
17 céto-stéroïdes.....	36
17 Hydroxystéroïdes.....	42
Catécholamines.....	47
<u>CONCLUSIONS GENERALES.</u>	52
