



HAL
open science

Étude préliminaire du comportement physiologique humain en altitude moyenne : résultats généraux de 5 ans d'expérience à Chamonix et à l'aiguille du Midi

Georges Sierro

► **To cite this version:**

Georges Sierro. Étude préliminaire du comportement physiologique humain en altitude moyenne : résultats généraux de 5 ans d'expérience à Chamonix et à l'aiguille du Midi. Médecine humaine et pathologie. 1982. dumas-01144222

HAL Id: dumas-01144222

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01144222v1>

Submitted on 21 Apr 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il n'a pas été réévalué depuis la date de soutenance.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact au SICD1 de Grenoble : **thesebum@ujf-grenoble.fr**

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>



115 015265 5

UNIVERSITE SCIENTIFIQUE ET MEDICALE
DE GRENOBLE
MEDECINE ET PHARMACIE

Domaine de la MERCI
LA TRONCHE

ANNEE 1982

N° D'ORDRE : 164

TITRE DE LA THESE

ETUDE PRELIMINAIRE DU COMPORTEMENT PHYSIOLOGIQUE HUMAIN
EN ALTITUDE MOYENNE.
RESULTATS GENERAUX DE 5 ANS D'EXPERIENCE A CHAMONIX ET A
L'AIGUILLE DU MIDI.

T H E S E

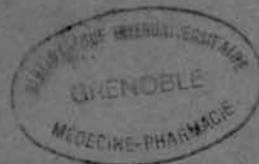
présentée à l'UNIVERSITE SCIENTIFIQUE ET MEDICALE DE GRENOBLE,
pour obtenir le grade de DOCTEUR EN MEDECINE
DIPLOME D'ETAT

par

M. Georges SIERRO
né le 19 février 1949
à Hérémenche (Suisse)

Cette thèse sera soutenue publiquement le 7 décembre 1982
devant M. le Professeur M. TANCHE, Président du Jury
et MM. les Professeurs J. ETERRADOSSI
P. STIEGLITZ

M. le Docteur P. MATHEVON



UNIVERSITE SCIENTIFIQUE ET MEDICALE
DE GRENOBLE
MEDECINE ET PHARMACIE

Domaine de la MERCI
LA TRONCHE

ANNEE 1982

N° D'ORDRE :

TITRE DE LA THESE

*ETUDE PRELIMINAIRE DU COMPORTEMENT PHYSIOLOGIQUE HUMAIN
EN ALTITUDE MOYENNE.
RESULTATS GENERAUX DE 5 ANS D'EXPERIENCE A CHAMONIX ET A
L'AIGUILLE DU MIDI.*

T H E S E

présentée à l'UNIVERSITE SCIENTIFIQUE ET MEDICALE DE GRENOBLE,
pour obtenir le grade de DOCTEUR EN MEDECINE
DIPLOME D'ETAT

par

M. Georges *SIERRO*
né le 19 février 1949
à Hérémente (Suisse)

Cette thèse sera soutenue publiquement le 7 décembre 1982
devant M. le Professeur M. *TANCHE* , Président du Jury
et MM. les Professeurs J. *ETERRADOSSI*
P. *STIEGLITZ*
M. le Docteur P. *MATHEVON*



- PROFESSEURS TITULAIRES

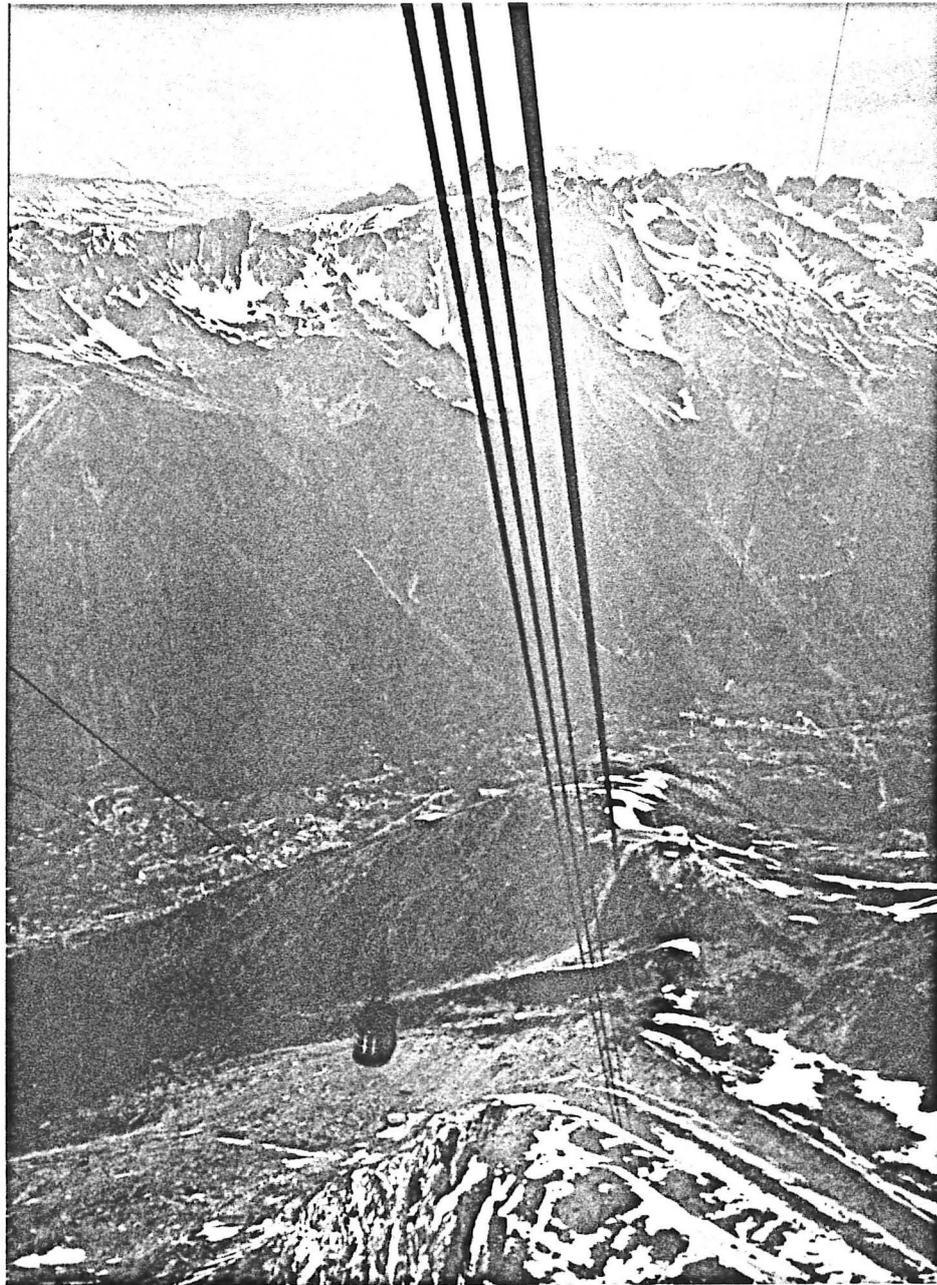
MM. AMBLARD Pierre	Clinique de Dermatologie
AMBROISE-THOMAS Pierre	Parasitologie
BEAUDOING André	Clinique de Pédiatrie et Puériculture
BEZES Henri	Clinique Chirurgicale et Traumatologie
BONNET Jean-Louis	Clinique Ophtalmologique
BONNET-EYMARD Joseph	Clinique Hépto-Gastro-Entérologique
BOUCHET Yves	Anatomie et Organogénèse
BUTEL Jean	Orthopédie
CABANEL Guy	Clinique Rhumatologique et Hydrologique
CAU Gabriel	Médecine Légale et Toxicologie
CHAMPETIER Jean	Anatomie topographique et appliquée
CHARACHON Robert	Clinique O.R.L.
CHATEAU Robert	Clinique Neurologique
COUDERC Pierre	Anatomie Pathologique
DELORMAS Pierre	Pneumo-Phtisiologie
DENIS Bernard	Clinique Cardiologique
FAURE Jacques	Médecine Légale
GAVEND Michel	Pharmacologie
GEINDRE Michel	Radiologie
HOLLARD Daniel	Clinique Hématologique
LATREILLE René	Chirurgie Thoracique et Cardio-Vasculaire
LE NOC Pierre	Bactéριο-Virologie
MALINAS Yves	Clinique Obstétricale
MICOUD Max	Clinique médicale et des maladies infectieuses
MOURIQUAND Claude	Histologie
PERRET Jean	Séméiologie Médicale
RACHAIL Michel	Clinique Médicale B
REVOL Michel	Urologie
DE ROUGEMONT Jacques	Neuro-Chirurgie
SARRAZIN Roger	Clinique Chirurgicale B
TANCHE Maurice	Physiologie
VERAIN André	Biophysique
VIGNAIS Pierre	Biochimie

- PROFESSEURS SANS CHAIRE

MM. BARGE Michel	Neuro-Chirurgie
BOST Michel	Pédiatrie
BOUCHARLAT Jacques	Psychiatrie
CHAMBAZ Edmond	Biochimie
COLOMB Maurice	Biochimie
COULOMB Max	Radiologie
ETERRADOSSI Jacqueline (Mme)	Physiologie
GROULADE Joseph	Biochimie
HUGONOT Robert	Médecine Interne
JALBERT Pierre	Histologie-Génétique
MAGNIN Robert	Hygiène
PHELIP Xavier	Rhumatologie
RACINET Claude	Gynécologie-Obstétrique
REYMOND Jean-Charles	Chirurgie Générale
STIEGLITZ Paul	Anesthésiologie
VROUSOS Constantin	Radiothérapie

- MAITRES DE CONFERENCES AGREGES

MM. BACHELOT Yvan	Endocrinologie
BENABID Alim Louis	Médecine et Chirurgie Expérimentale et Comparées
BERNARD Pierre	Gynécologie-Obstétrique
BRAMBILLA Christian	Pneumo-Phtisiologie
CONTAMIN Charles	Chirurgie Thoracique et Cardio-Vasculaire
CORDONNIER Daniel	Néphrologie
CROUZET Guy	Radiologie
DEBRU Jean-Luc	Médecine Interne
DUPRE Alain	Chirurgie Générale
DYON Jean-François	Chirurgie Infantile
FAURE Claude	Anatomie et Organogénèse
FAURE Gilbert	Urologie
FLOYRAC Roger	Biophysique
FOURNET Jacques	Hépto-Gastro-Entérologie
FRANCO Alain	Médecine Interne
GIRARDET Pierre	Anesthésiologie
GUIDICELLI Henri	Chirurgie Générale
GUIGNIER Michel	Thérapeutique
JUNIEN-LAVILLAURROY Claude	O.R.L.
KOLODIE Lucien	Hématologie Biologique
LETOUBLON Christian	Chirurgie Générale
MALLION Jean-Michel	Médecine du travail
MASSOT Christian	Médecine Interne
MOUILLON Michel	Ophtalmologie
PARAMELLE Bernard	Pneumologie
RAMBAUD Pierre	Pédiatrie
RAPHAEL Bernard	Stomatologie
SCHAERER René	Cancérologie
SEIGNEURIN Jean-Marie	Bactériologie-Virologie
SELE Bernard	Histologie-Embryologie
SOTTO Jean-Jacques	Hématologie
STOEBNER Pierre	Anatomie Pathologique



Vue générale du Téléphérique de l'Aiguille du Midi vers le Plan de l'Aiguille et Chamonix.

EN SOUVENIR DE MON PERE DECEDE EN MONTAGNE

A CHRISTIANE

A NOS FILLES, SOPHIE ET LAURE

A MA MERE

A MARIA, ROBERT, ANDREA

A MA FAMILLE ET BELLE-FAMILLE

A TOUS MES AMIS

Je dédie ce travail

A nos maîtres et Juges

*Madame le Professeur J. ETERRADOSSI,
Professeur de Physiologie
Médecin des Hôpitaux,*

*Qui, tout au long de ce travail, nous a prodigué ses
conseils et pour sa grande disponibilité.*

*Monsieur le Professeur STIEGLITZ,
Professeur d'Anesthésiologie
Médecin des Hôpitaux,*

Qui nous a accueilli en stage dans son service.

*Monsieur le Docteur P. MATHEVON,
Médecin Inspecteur Régional
Adjoint de la Jeunesse et des Sports,*

Qui a participé au début de nos expériences.

A notre maître et président de Thèse,

Monsieur le Professeur M. TANCHE

- . Directeur du laboratoire de Physiologie
- . Médecin des Hôpitaux
- . Président de l'Université Scientifique et Médicale
- . Médecin Inspecteur Régional de la Jeunesse et des Sports.

Au cours de ces 5 années de travail, nous avons apprécié
ses conseils, sa simplicité, son enthousiasme.

Pour l'honneur qu'il nous fait de présider ce Jury.

A tous ceux qui ont participé à ce travail

Mademoiselle Odile GOGUET, ingénieur électronicienne

Madame le Docteur Geneviève BUSQUET

Pour leur précieux concours à la programmation et au traitement statistique de ce travail, qu'elles en soient chaleureusement remerciées.

Monsieur le Docteur J.P. RICHALET et à l'A.R.P.E.

Monsieur le Docteur HERRY

pour leur participation.

Raoul PELLEGRIN

Vincent SCARINGELLA,

Les deux "grognards" du laboratoire qui furent de toutes les campagnes et de toutes les batailles.

La bonne humeur de l'un n'a d'égale que les rodomontades amicales de l'autre.

La direction des Téléphériques de l'Aiguille du Midi

pour son accueil.

Tous les cabiniers du Téléphérique

pour leur participation et pour leur franche camaraderie.

Tous les volontaires

qui ont souffert sur notre "bicyclette".

Madame GIRARD

pour la dactylographie.

Le personnel du laboratoire de Physiologie,

Madame VERNEY, Madame DELAIRE, Madame GERACI,

et à tous ceux qui, de près ou de loin, ont participé à ce travail,

j'adresse mes plus sincères remerciements.

S O M M A I R E

INTRODUCTION

CHAPITRE I

Rappel de quelques caractéristiques physiques et chimiques
de l'air en altitude p. 1 à 8

CHAPITRE II

Processus d'adaptation et d'acclimatement à l'hypoxie
d'altitude

- . Au repos - en aigu p. 9 à 46
- en chronique p. 46 à 83
- . A l'exercice physique - en aigu p. 84 à 95
- en chronique p. 96 à 105

CHAPITRE III

Méthodologie

- . choix des populations et du terrain p. 106 à 112
- . matériel p. 112 à 114
- . protocole d'expérience p. 114 à 119
- . exploitation des données p. 114 à 125

CHAPITRE IV

Résultats

- . FC p. 126 à 139
- . $\dot{V}E$ p. 140 à 147
- . $\dot{V}O_2$ p. 148 à 156
- . Régression FC/ $\dot{V}O_2$ p. 157 à 163
- . Pouls d'oxygène p. 164 à 167
- . Coefficient d'extraction p. 168 à 172
- . Test de Flack p. 173 à 176
- . Paramètres biologiques p. 177 à 183

CHAPITRE V

Discussion

- . Fréquence cardiaque p. 184 à 195
- . Débits ventilés p. 196 à 198
- . Débit d'oxygène p. 199 à 203
- . Régression FC/ $\dot{V}O_2$ p. 204 à 210
- . Pouls d'oxygène p. 210-211
- . Coefficient d'extraction p. 212-213
- . Test de Flack p. 214
- . Résultats biologiques p. 215

VI - CONCLUSIONS p. 215 à 218

VII - BIBLIOGRAPHIE p. 219 à 255

VIII - ANNEXE - RESULTATS CHIFFRES

- . Fréquence cardiaque p. 257 à 287
- . Débits ventilés p. 288 à 297
- . Débit d'oxygène p. 298 à 310
- . Régression FC/ $\dot{V}O_2$ p. 311 à 318
- . Pouls d'oxygène p. 319 à 327
- . Coefficient d'extraction p. 328 à 336
- . Test de Flack p. 337 à 344
- . Résultats biologiques p. 345 à 351

ABREVIATIONS

PO_2	= pression partielle d'oxygène dans l'air
PIO_2	= pression partielle d'oxygène inspiré
PAO_2	= pression partielle d'oxygène alvéolaire
PaO_2	= pression partielle d'oxygène du sang artériel
CaO_2	= contenu artériel en oxygène
$PaCO_2$	= pression partielle du dioxyde de carbone du sang artériel
PVO_2	= pression partielle d'oxygène du sang veineux
$PVCO_2$	= pression partielle du dioxyde de carbone du sang veineux
Hb	= hémoglobine
Ht	= hématocrite
FC	= fréquence cardiaque
ΔFC	= différence de FC
VE	= débit ventilé
$\dot{V}O_2$	= débit d'oxygène
HTAP	= hypertension pulmonaire
OAPH	= oedème aigu du poumon d'altitude
2.3 DPG	= 2.3 diphosphoglycerate
AL	= acide lactique
m	= moyenne
SD	= écart type
SDM	= écart type de la moyenne
CV	= coefficient de variation
P	= degré de signification
ddl	= degré de liberté
NS	= non significatif

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

INTRODUCTION

Lorsqu'il y a 6 ans, je me suis engagé, comme volontaire, dans l'équipe du laboratoire pour effectuer des tests de VO_2 maximale et d'endurance maximale en chambre froide et en altitude, j'espérais que les travaux durent assez longtemps pour me permettre d'en faire mon sujet de thèse. A l'époque, les concurrents étaient nombreux, et puis les années passant, mon espoir est devenu réalité.

Ces 5 ans d'expériences sur le terrain avec Monsieur le Professeur Tanche m'ont appris à rester modeste. En effet, autant il est facile de concevoir des protocoles de recherche ambitieux et détaillés, assis à son bureau, autant sur le terrain la réalité a tôt fait de remettre vos glorieuses ambitions à leur juste niveau.

Ce travail est à la fois le reflet, et le résultat, de 5 ans de problèmes et d'expériences.

Des problèmes, il ne nous en a pas manqués, qu'ils soient humains, météorologiques ou matériels, ils se sont ligüés pour nous priver d'un certain nombre de résultats.

De nos expériences sur le terrain, nous avons tout de même ramené une moisson de données, qu'il a fallu dépouiller : peut-être 1 km d'électrocardiogramme et 5 à 6000 valeurs chiffrées.

Nous avons donc assemblé, organisé et mis sur ordinateur ces résultats et nous en tirons les premières conclusions . Nous n'en avons pas extrait toute "la substantifique moelle" et nous nous en excusons auprès de nos lecteurs !... mais la mouture est à l'image de la moisson et ceci est une étude préliminaire.

CHAPITRE I

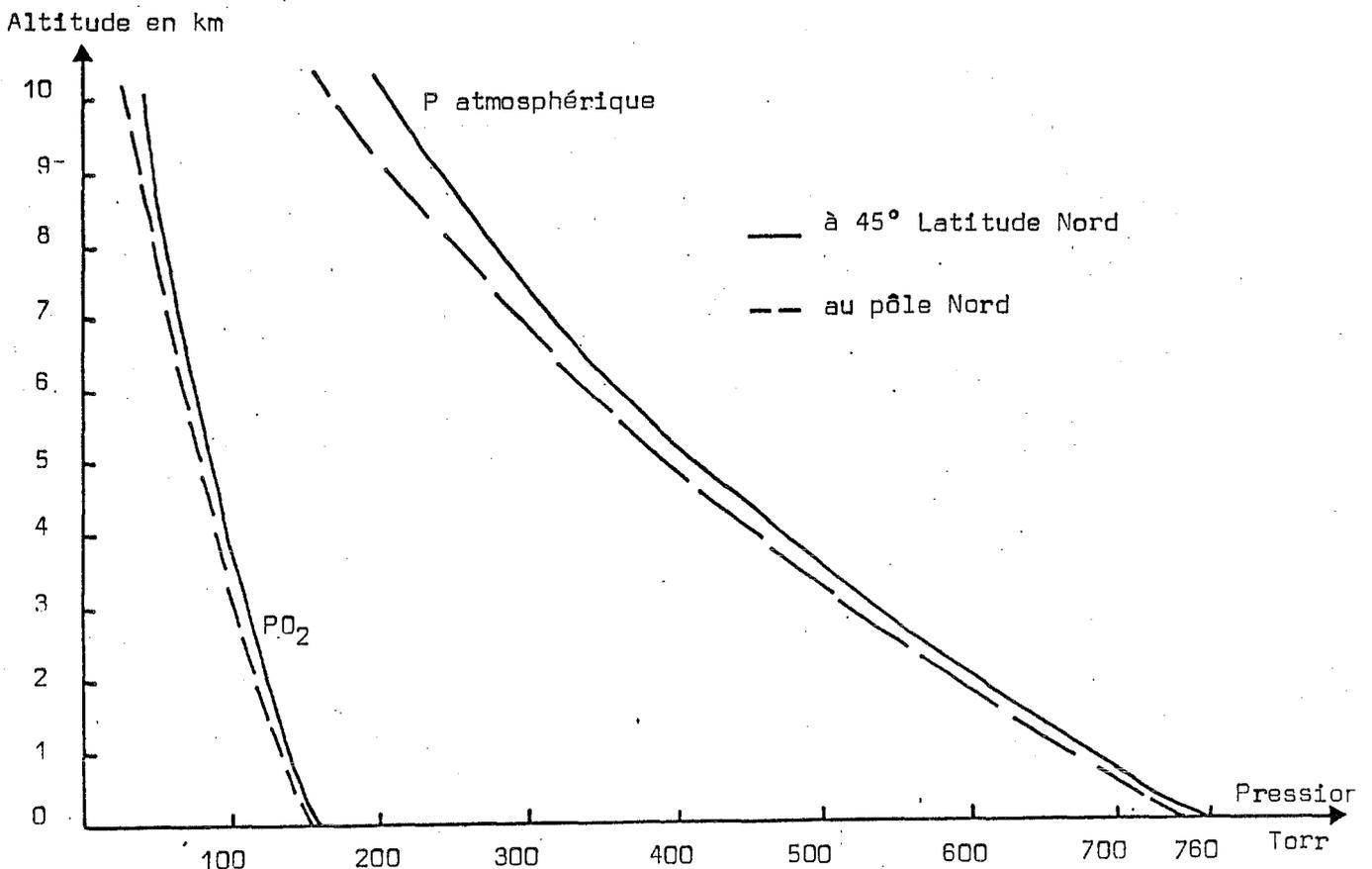
RAPPEL DE QUELQUES CARACTERISTIQUES
PHYSIQUES ET CHIMIQUES DE L'AIR EN ALTITUDE

I 1 - PRESSIION ATMOSPHERIQUE ET HYPOXIE D'ALTITUDE

La terre est entourée d'une couche d'air d'environ 1000 kms d'épaisseur, à limite supérieure mal définie. Cette colonne d'air, mélange gazeux d'azote (environ 79 %), d'oxygène (environ 21 %), de vapeur d'eau, de gaz carbonique, et de divers gaz rares tels que xénon, argon, crypton, etc... cette colonne d'air donc exerce une force : la Pression Atmosphérique.

Depuis les expériences de Pascal à la tour Saint-Jacques, il est admis que la pression atmosphérique diminue en fonction de l'altitude, en raison de la baisse de la masse volumique de l'air.

Suivant la loi de Dalton, qui établit que dans un mélange gazeux, chacun des gaz constituant le mélange, exerce une pression égale à celle qu'il exercerait s'il était seul à occuper tout l'espace, du fait de la chute de la masse volumique de l'air avec l'altitude, il en résulte une baisse proportionnelle de la pression partielle d'oxygène (P_{O_2}) de l'air.



Paul Bert (11) a démontré dès 1878 que cette chute de la PO_2 et l'hypoxie qui en résulte, est le principal facteur limitant, de l'adaptation des organismes vivants, à l'altitude.

Par ailleurs, en raison des brassages des masses d'air par les courants ascendants surtout, la composition de l'air ne présente pas de modifications notables jusqu'à 20 kms, et le % des gaz légers n'augmente pas avec l'altitude, comme il serait loisible de l'envisager théoriquement. Seule la teneur en vapeur d'eau présente de grands écarts (1 à 5 %) selon l'origine des masses d'air.

I 2 - VARIATIONS DE LA PRESSION ATMOSPHERIQUE EN FONCTION DE L'ALTITUDE

En se basant sur la loi des gaz parfaits, la variation de pression atmosphérique en fonction de l'altitude, se calcule par l'équation

$$\left\{ \frac{\rho}{\rho_0} \right\}^{k-1} = \left\{ \frac{P}{P_0} \right\}^{\frac{k-1}{k}} = \frac{T}{T_0}$$

ρ = masse volumique de l'air

ρ_0 = masse volumique de l'air à 0 m

P = pression atmosphérique

P_0 = pression atmosphérique à 0 m

T = température de l'air

T_0 = température de l'air à 0 m

k = constante

Si l'on admet que les échanges entre les différentes couches s'effectuent de façon adiabatique, la Pression atmosphérique va dépendre de la masse volumique de l'air et de la température, donc

$$\frac{dP}{P} = - \frac{\rho_0}{P} g \left\{ \frac{P_0}{P} \right\}^{\frac{k-1}{k}} dh$$

h = altitude

g = accélération de la pesanteur mais g varie en fonction de l'altitude selon la relation :

$$g = g^0 \left(1 - 2 \frac{h}{R} \right)$$

g⁰ = accélération à 0 m

R = rayon de la terre

donc :

$$P = P_0 \left(1 - \frac{k-1}{k} \cdot \frac{\rho_0 g^0}{P_0} \cdot h \right)^{\frac{k-1}{k}}$$

et

$$T = T_0 \left(1 - \frac{k-1}{k} \cdot \frac{\rho_0 g^0}{P_0} \cdot h \right)$$

Mais la variation de la pression atmosphérique n'est pas uniforme en tout point du globe du fait de :

1°) l'épaisseur de la couche d'air qui varie avec la latitude, en raison de la rotation de la terre sur son axe; elle est maximale à l'équateur, maximale aux pôles.

2°) des variations de température au sol (T₀). La moyenne annuelle est de + 25°C à l'équateur, de - 8°C au pôle nord et - 25°C au pôle sud.

3°) Po et g o varient, eux, dans des proportions moindres, presque négligeables (Ex : g o = 9,8066 à 45° nord et 9,8322 au pôle nord).

De ces variations, il résulte donc que les effets de l'hypoxie seront plus marqués en certains points du globe, pour une même altitude. Ainsi, ils sont plus aigus aux voisinages des pôles, faits constatés empiriquement par les alpinistes (Exemple : 326 mm de Hg correspond à une altitude de 6000 m à 45° de latitude nord et à 6500 m près du pôle nord) (cf. courbe 1).

I 3 - VARIATIONS DE LA TEMPERATURE EN FONCTION DE L'ALTITUDE

$$T = T_0 \left(1 - \frac{k-1}{k} \right) \frac{P_0}{P_0} \cdot h$$

Donc la température théorique décroît linéairement par rapport à l'altitude et à la latitude. Cette chute moyenne est de 0,6°C par 100 m. Mais de multiples facteurs agissent sur la température (fig.2).

1°) La pression partielle de vapeur d'eau chute rapidement en altitude : de moitié à 1500 mètres, elle n'est plus que de 1/10e à 5000 m. Ceci explique, d'une part la transparence de l'air, et d'autre part les très fortes variations nycthémerales de la température. En effet, l'air sec ne jouant pas le rôle de frein à la chaleur et aux rayonnements, réchauffements diurnes et refroidissements nocturnes sont rapides et de grande amplitude (fig. 3).

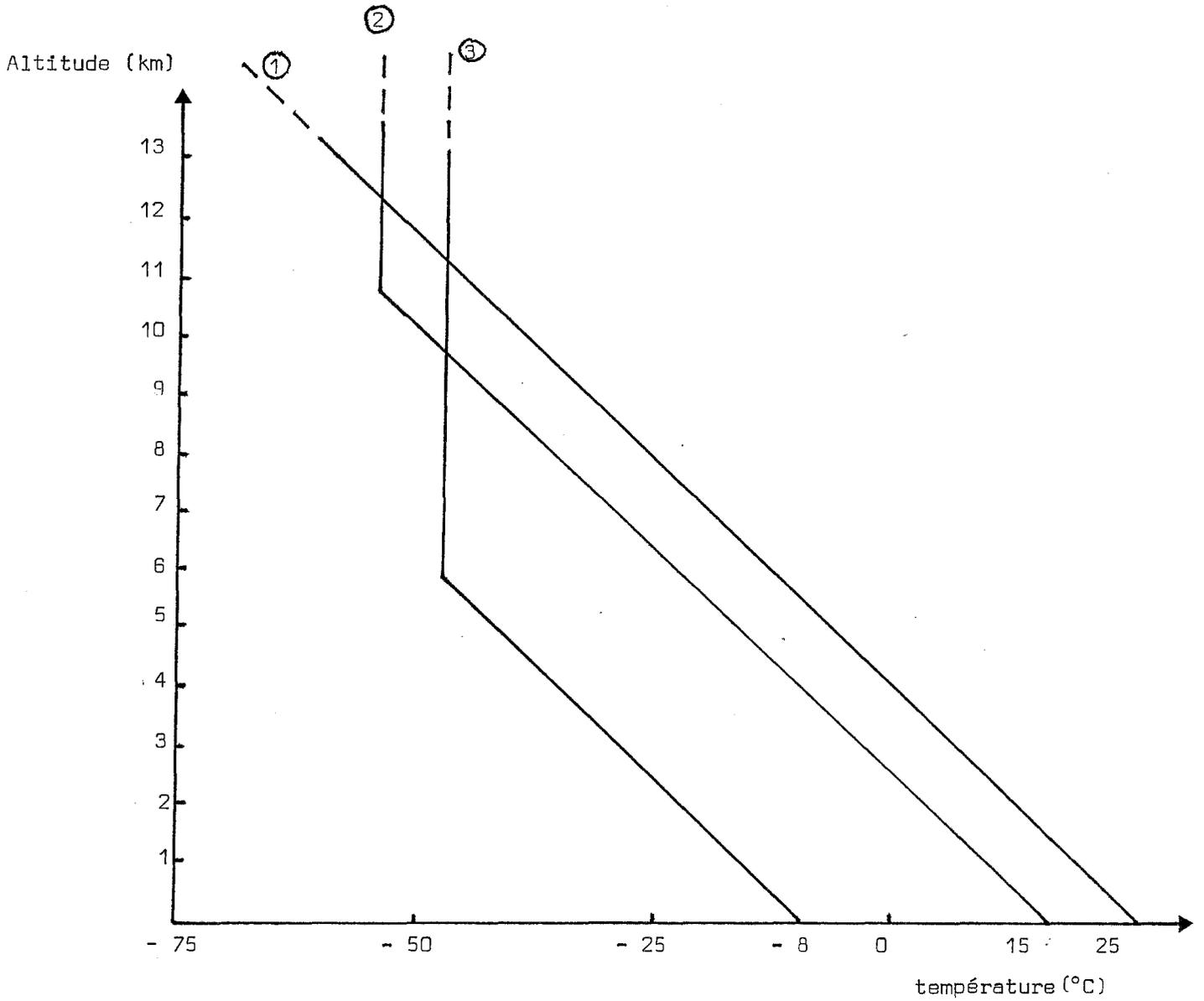


Fig. 2 Variations théoriques de la température en fonction de l'altitude (moyennes annuelles)

- ① à l'équateur
- ② à la latitude de 45° Nord
- ③ au pôle Nord

(d'ap. Encyclopédia Universalis)

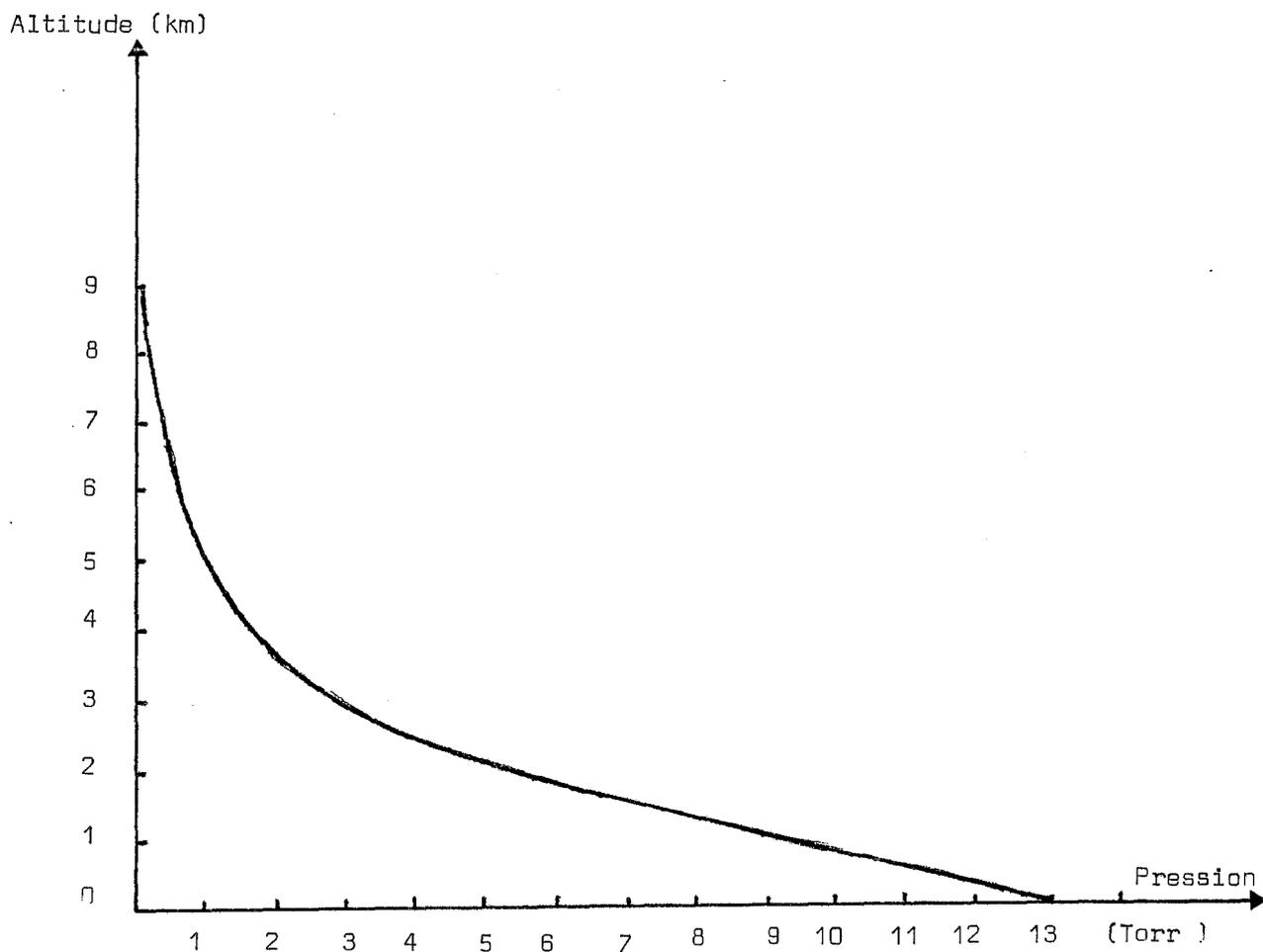


Fig. 3 Variation de la pression de vapeur d'eau dans l'air en fonction de l'altitude.

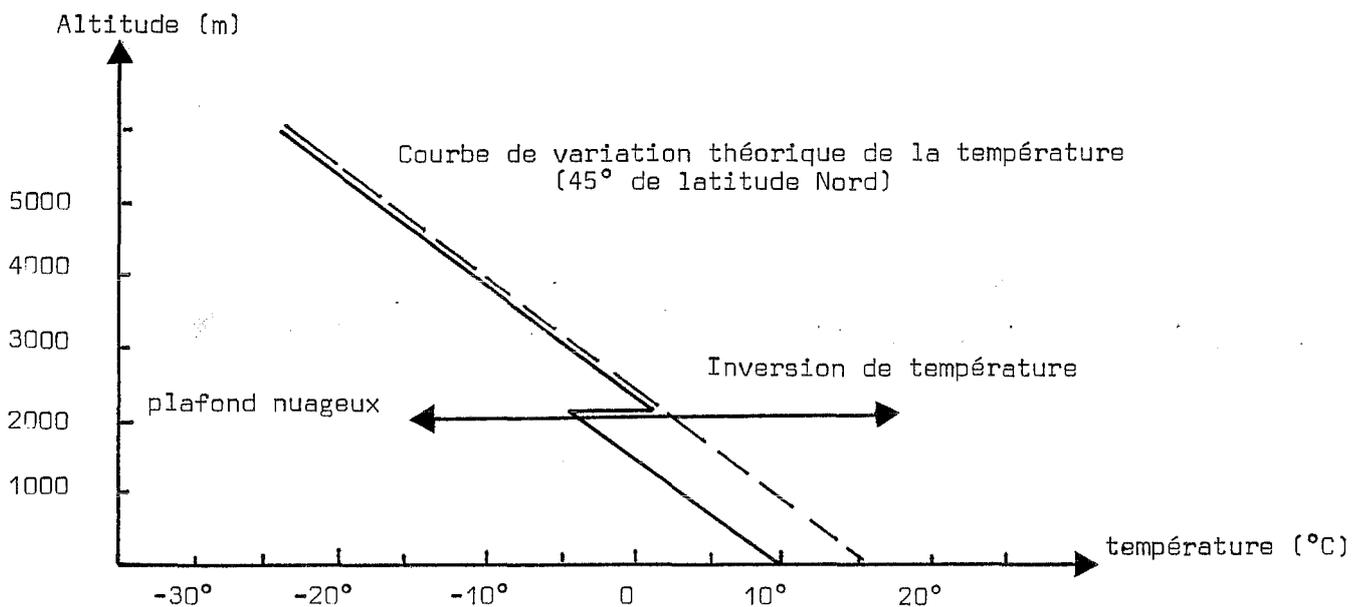
(Valeurs théoriques tirées du manuel de l'organisation de l'aviation civile internationale - Montréal - 1954)

2°) Les mouvements de l'air

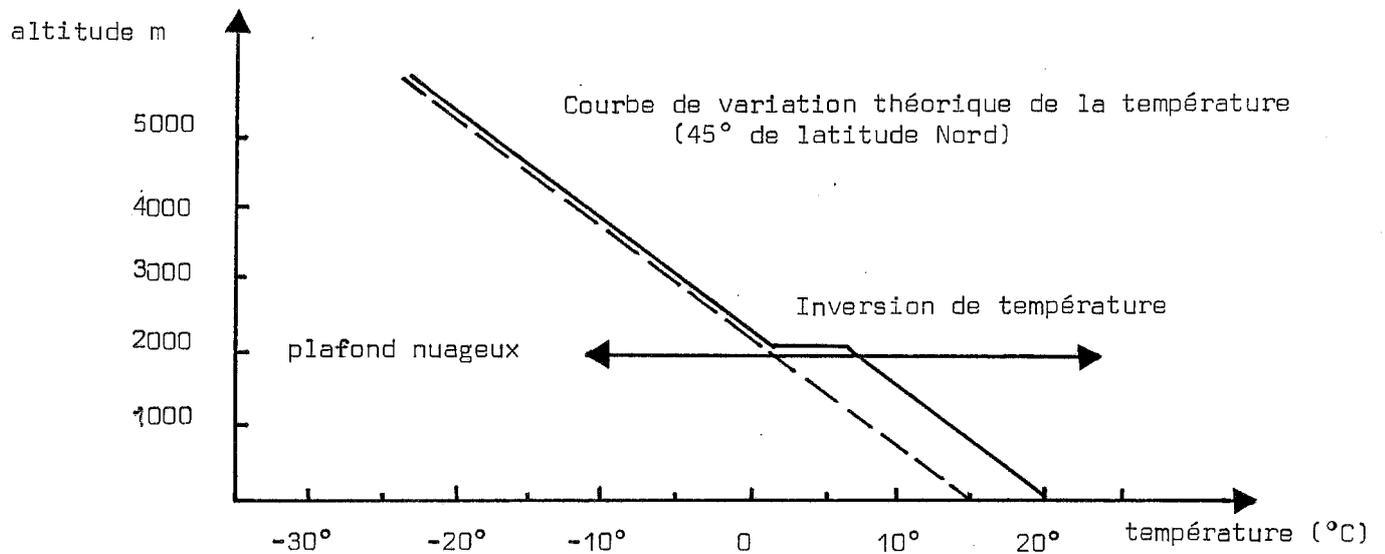
- ascendants : la détente des masses d'air, par chute de la pression, s'accompagne d'un refroidissement
- descendants : à l'inverse, la compression tend à réchauffer l'air
- horizontaux : la force des vents s'accroît avec l'altitude en proportion grossièrement inverse de la masse volumique de l'air (exemple : les jet-stream entre 3000 et 12000 m peuvent atteindre jusqu'à 600 km/h).

3°) La présence de couches nuageuses peut conduire à des phénomènes d'inversion de température :

- effet parasol : les nuages empêchent le réchauffement du sol par le soleil. Il s'en suit un refroidissement des basses couches et un réchauffement brusque au niveau des nuages (fig. 4).



. effet de serre : au contraire, les basses couches se réchauffent et la température chute brusquement au niveau des nuages.(fig. 5).



Ces quelques notions simples permettent de comprendre les principales difficultés que les organismes vivants rencontrent dans leur adaptation à l'altitude :

- cardio-respiratoires, liées à la baisse de PO_2
- hydriques par chute de la saturation de l'air en vapeur d'eau
- thermiques : grandes variations de température
rayonnement intense
vents violents.

CHAPITRE II

PROCESSUS D'ADAPTATION ET D'ACCLIMATEMENT

A L'HYPOXIE D'ALTITUDE

- au repos
- à l'exercice musculaire

II - PROCESSUS D'ADAPTATION ET D'ACCLIMATEMENT A L'HYPOXIE D'ALTITUDE

Nous étudierons dans ce chapitre, quelles sont les réactions de l'organisme humain, confronté à l'hypoxie, tout d'abord lors d'une exposition aiguë, puis d'une exposition chronique, au repos et enfin son comportement lors d'un travail musculaire, chez des sujets non acclimatés et des sujets adaptés.

Notre propos, ne se prétend nullement exhaustif, tant les études sont multiples et souvent contradictoires.

II 1 - ADAPTATION A UNE EXPOSITION AIGUË

Le stimulus, qui est à l'origine d'une multitude de mécanismes d'adaptation, est l'hypoxie. Détectée d'abord par les chémorécepteurs périphériques, elle initie de nombreuses modifications physiologiques en cascades, dont la finalité est d'assurer un débit d'oxygène suffisant au niveau cellulaire, pour maintenir les réactions enzymatiques indispensables au fonctionnement et à la survie tissulaire.

II 1.1 - La fonction ventilatoire

A) Hyperventilation : fréquence respiratoire, volume courant et débit ventilatoire

De constatation fort ancienne (H.B. de Saussure à la fin du XVIIIe), l'accroissement de la ventilation en altitude est un fait bien acquis (7-51-48-225).

L'hyperventilation est l'expression de l'augmentation du débit ventilatoire, celui-ci peut s'exprimer par

$$\dot{V}_E = V_t \times FR$$

\dot{V}_E = débit ventilatoire
 V_t = volume courant
 FR = fréquence respiratoire

Deux paramètres vont pouvoir se modifier pour améliorer le débit ventilatoire.

- 1) augmentation de FR
- 2) augmentation du V_t qui dépend du VRI et du VRE.

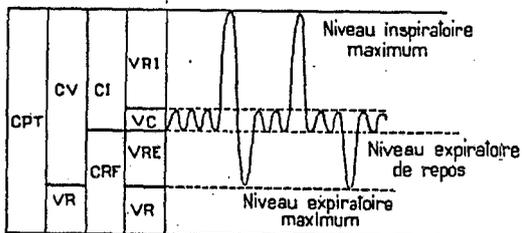


FIG. 1 — Les données spirométriques. (D'après J. COMNOZ.)

- . CPT : capacité pulmonaire totale
- . CV : capacité vitale
- . VR : volume résiduel
- . CI : capacité inspiratoire
- . CRF : capacité résiduelle fonctionnelle
- . VRI : volume de réserve inspiratoire
- . Vt : volume courant
- . VRE : volume de réserve expiratoire

Pour Ward (225) et Collin (28), l'hyperventilation se développe surtout par augmentation du volume courant entre 3600 et 5000 m. Ce n'est qu'au-delà de 5000 m que la fréquence s'accroît et au-delà de 6000 m que cette augmentation est permanente et prépondérante.

L'accroissement du débit ventilatoire, détectable parfois pour des altitudes faibles (de 1200 à 1500 m) n'est vraiment perceptible

que pour des altitudes de l'ordre de 2000 m. Jusqu'à 3000 m environ, elle n'est que transitoire (quelques 10 minutes), car la baisse de la pression artérielle en oxygène (P_{aO_2}) : "le stimulus oxygène" est rapidement compensé par une diminution de la pression artérielle du dioxyde de carbone ($P_a CO_2$) et des ions H^+ , à effet dépresseur respiratoire (cf. plus loin).

Au-delà de 3000 à 3600 m, elle demeure permanente car la diminution de la masse volumique de l'air, et donc de la pression partielle de l'oxygène est telle que, pour maintenir une pression alvéolaire en oxygène (PAO_2) satisfaisante, il est indispensable d'accélérer le renouvellement de l'air intra alvéolaire. En valeur BTPS (Body Temperature Pressure Saturation), cette augmentation peut être très importante, alors qu'en valeur STPD (Standart Temperature Pressure Dry), elle est diminuée. Toutefois, en raison de la baisse de la densité de l'air le travail des muscles respiratoires se fait à moindres frais. Cette hyperventilation n'engendre pas de dépense énergétique trop importante.

Les natifs d'altitude hyperventilent 25 % à 35 % de plus que les natifs du niveau de la mer. Les nouveaux arrivants en altitude ventilent 20 % à 25 % de plus que les natifs (105-126).

Le délai de mise en jeu de l'hyperventilation nécessite un temps d'exposition minimum. Celui-ci varie de une heure (43) à 3 ou 4 jours (167-36) selon les auteurs à 2000 ou 3000 m ; par contre, il est pratiquement nul au-delà de 5000 m. Cependant, en cas d'exposition brutale, l'altitude à laquelle l'hyperventilation débute diffère selon les sujets. S'il existe quelques écarts relatifs pour les sujets exposés pour la première fois, (soit une PAO_2 de l'ordre de 55 Torr) correspondant approximativement à 3000 m), par contre, pour des sujets antérieurement acclimatés, des PAO_2 de 90 Torr, c'est-à-dire 1000 m suffisent (46).

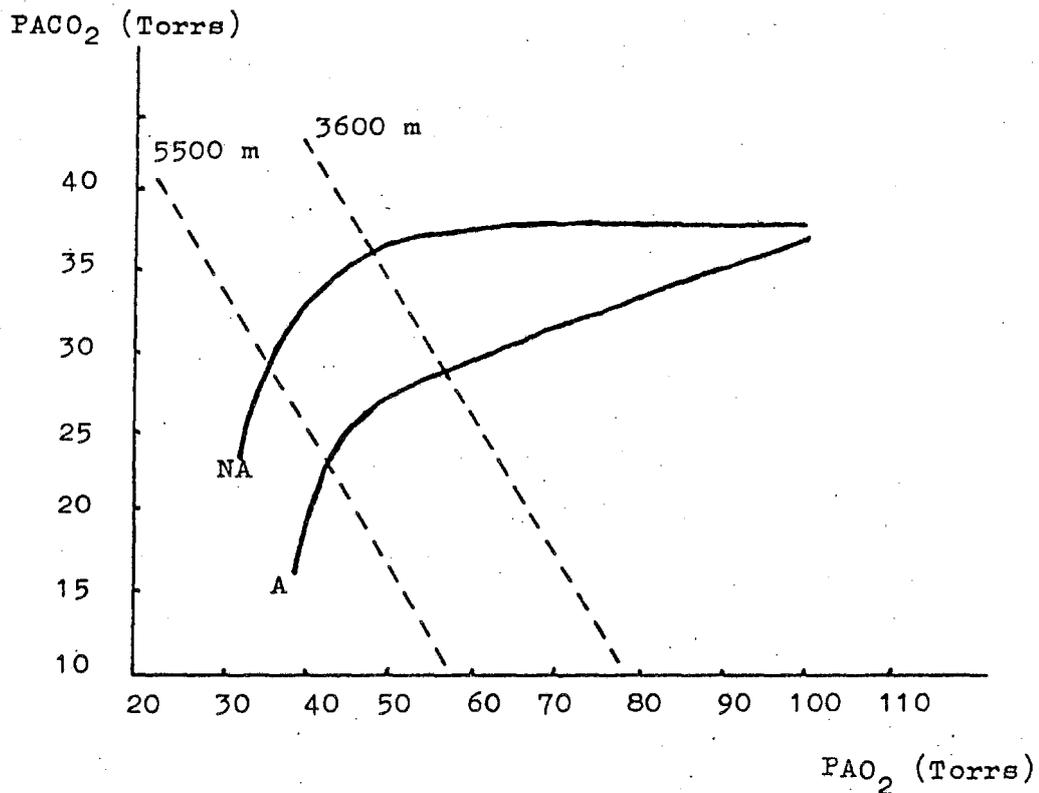


Fig. 2 : Variation de PAO₂ et PACO₂ en fonction de l'altitude chez des sujets acclimatés (A) et des sujets non acclimatés (NA) (d'ap. RAHN et OTIS (1967)). Le sujet acclimaté réagit immédiatement par une hyperventilation sans phase d'indifférence, ce qui entraîne une augmentation de PAO₂ et un abaissement de PACO₂.

Ainsi donc, l'hyperventilation permettra de compenser la chute de la PAO₂ (approximativement linéaire par rapport à la PIO₂, lors de l'exposition) par un renouvellement accéléré de l'air alvéolaire. Il en résulte ainsi que la baisse de la PIO₂ ne se répercute pas par une diminution proportionnelle de la PAO₂. Ainsi à Maroccocha (4500 m), la PAO₂ théorique serait de 34 mm Hg, en réalité l'hyper-

ventilation la maintient à 50 mm. Hg(105). Ce mécanisme compensateur se développe au prix d'une élimination accrue de CO₂. La baisse de la PACO₂ très rapide durant les premières heures, se stabilise vers les 2^e ou 3^e jours.

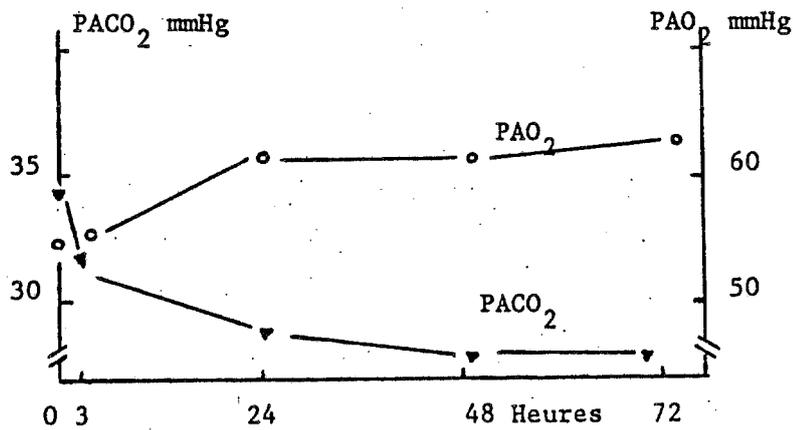


fig. 3

Evolution des valeurs des pressions alvéolaires de CO₂ et O₂ en fonction du temps de séjour à une altitude de 3^e660 m : LA PAZ.

(D'après Lefrançois)

Altitude m	P.atm.	PIO ₂ Trachéale	PAO ₂	SaO ₂	PaO ₂	PvO ₂	PaCO ₂
0	760	149	100	96	90	37	40
1000	674	131	87	95	72	37	40
2000	596	115	72	92	65	36	39,5
3000	526	100	57	87	53	34	38
4000	462	87	48	82	45	30	35
5000	405	72	40	75	38	25	33
6000	354	64	34	66	33	21	30
7000	308	55	31	60	30	19	26
8000	267	46	29	50	28	18	22

Tableau 1

Evolution des valeurs de la pression atmosphérique, de la pression partielle trachéale en O₂, de la pression partielle alvéolaire en O₂, de la saturation de l'hémoglobine, de la pression partielle artérielle en O₂, de la pression veineuse en O₂, de la pression partielle artérielle en CO₂ en fonction de l'altitude.

Valeurs initiales avant tout acclimatement chez un sujet placé brusquement en altitude.

(d'après Fouillot et Barrault)

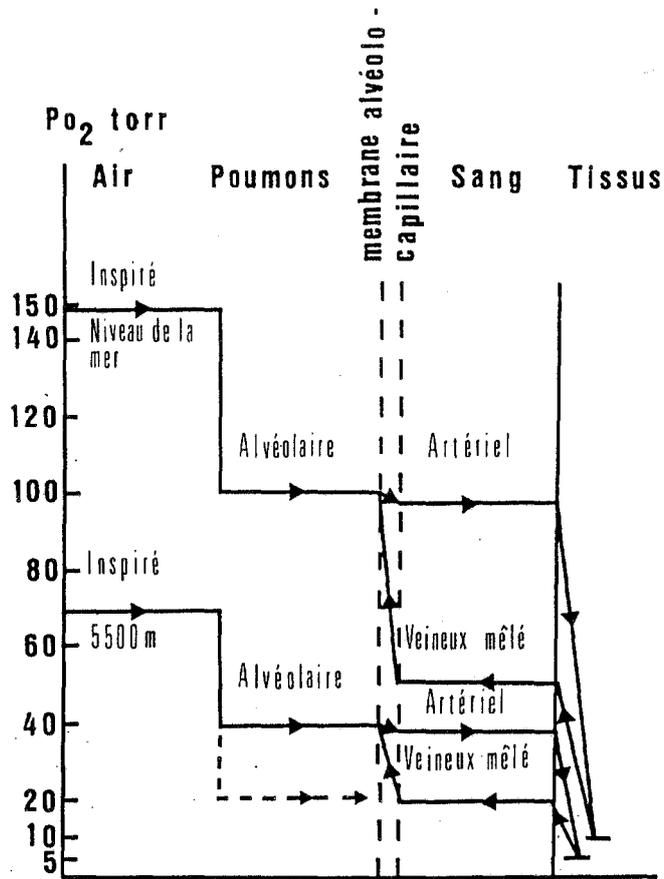


fig. 4

Evolution des gradients de pression d'oxygène (de l'air inspiré aux tissus) chez l'homme au niveau de la mer et à 5500 m. Le pointillé indique quelle serait la PAO₂ en l'absence de régulation ventilatoire.

(d'après Rahn 1967)

B) Mécanisme d'adaptation

1) "Le stimulus oxygène" (Lefrançois et Col. 123)

L'exposition aiguë à l'altitude détermine une chute brutale de la PIO₂ et de la PAO₂ et par conséquent de PaO₂ et de SaO₂. Cette hypoxémie, détectée par les chémorécepteurs aortiques et sino-carotidiens, stimule les centres respiratoires et déclenche l'hyperventilation pour enrayer la chute de PaO₂.

2) "Le stimulus gaz carbonique" (7)

L'hyperventilation compensatrice s'accompagne d'une élimination accrue de CO_2 et d'une baisse de PaCO_2 . Ce gaz étant un stimulus respiratoire, la chute de la pression partielle de CO_2 au niveau des récepteurs bulbaires favorise l'hypoventilation. Cette hypocapnie s'accompagne d'une alcalose respiratoire.

3) "Le stimulus pH" (41-42-121)

. L'alcalose respiratoire se traduit par une élévation de pH

. De plus, l'hypoxie entraîne une désaturation de l'hémoglobine. L'hémoglobine réduite étant moins acide que l'oxyhémoglobine, il en résulte une élévation du pH sanguin.

Les ions H^+ sont des stimulants des centres respiratoires, leur diminution conduit à une hypoventilation. Plusieurs études concluent à la baisse des ions H^+ du L.C.R. en altitude, par rapport au niveau de la mer (231-63 -42).

Au total, les centres respiratoires réagissent à des stimuli contradictoires : d'une part à l'action activatrice du "stimulus O_2 " et d'autre part à l'action inhibitrice de l'augmentation de pH et à la chute de la pression partielle de CO_2 entraînant une baisse du pH du LCR. Le résultat se traduit par une hyperventilation modérée.

Certaines études (41) ont montré qu'il existe une production accrue de lactates au niveau du cerveau, pour favoriser le retour à la normale des ions H^+ au niveau des centres respiratoires. Ce nouvel équilibre va autoriser la reprise de l'hyperventilation correctrice.

4) Rôle des reins

Dès la 18e ou 20e heure après l'exposition à l'hypoxie, le rein va accroître l'élimination des bicarbonates et diminuer celle des ions H⁺ afin de normaliser le pH, élément primordial pour un fonctionnement enzymatique correct.

En définitive, l'ajustement respiratoire se fait par paliers successifs en 24 heures à 3700 m et en 2 à 3 jours à 5400 m.

II 1.2 - La fonction cardio-circulatoire

La réaction cardio-vasculaire s'installe dès l'exposition à l'hypoxie d'altitude, et participe avec la réaction ventilatoire, aux phénomènes de l'adaptation immédiate (222-220).

A) La fréquence cardiaque (FC)

La FC de repos s'accroît, chez certains sujets, à partir de 1500 m. Cette tachycardie se manifeste dès l'exposition au stimulus hypoxie. Les écarts sont d'autant plus nets que l'élévation est plus rapide et l'altitude plus importante (222-220-88-216). La chute de la PaO₂ enregistrée par les chémorécepteurs carotidiens déclenche une augmentation de FC, proportionnelle à cette baisse.

Pour des valeurs très basses de PaO₂ (30 Torr), chez un sujet neuf, la tachycardie peut faire place à une bradycardie qui, associée à une diminution des résistances périphériques, conduit au collapsus et à la mort, si l'exposition se prolonge (47).

AUTEURS	FC AU NIVEAU DE LA MER Batt./min.	ALTITUDE m	FC Batt./min.	DATES DES MESURES
TERZIOGLU	72	1965	78	PREMIERS JOURS
	72	2250	87	PREMIERS JOURS
WEIDEMANN	72	2250	72	4ème SEMAINE
	72	3500	90	PREMIERS JOURS
	72	5000	93	PREMIERS JOURS
HANNON	62	4300	92	2ème JOUR
	62	4300	72	7ème JOUR
	62	4300	64	78ème JOUR

Tableau 2

(d'après Gamby 68)

L'accroissement de la FC serait le résultat de l'effet chronotrope positif de l'hypertonie sympathique, qui se manifesterait dès l'exposition à l'hypoxie. Cette thèse s'appuie sur une élévation des catécholamines plasmatiques et urinaires (37-1).

B) Le volume systolique (VS)

Les auteurs sont partagés quant à l'évolution immédiate du VS, lors d'une exposition aiguë à de faibles pressions d'oxygène.

. Pour Vogel (221-223), il y a une augmentation du VS durant les premiers jours, d'autant plus forte que l'ascension est rapide et l'altitude plus élevée.

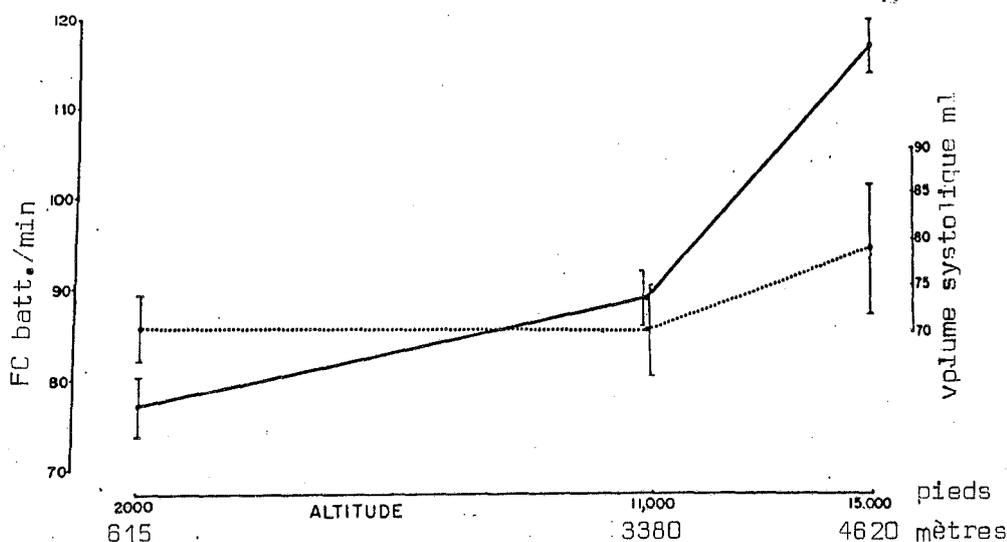


Fig. 5 Modifications . de la FC _____
 . du VS
 au repos, lors d'une exposition aiguë à l'altitude
 (moyenne et écarts types) (Vogel 221)

. Pour Hoon (97), il existe une chute immédiate avec minimum le 3e jour. Sine (192) trouve une diminution dès la 1ère heure (- 10 %) avec minimum le 5e jour (- 20 %). Klausen (112) retient une baisse à partir du 2e jour, avec minimum le 3e.

. Hartley (91) qui étudie des natifs de 3100 m descendus au niveau de la mer, trouve une augmentation de 15 % de leur VS dès les premiers jours.

. Stenberg (201), en altitude simulée, ne retient aucun écart significatif.

Les résultats sont donc discordants en ce qui concerne les variations du VS les premiers jours. Ceci est sans doute imputable, d'une part aux différentes techniques utilisées, et d'autre part aux populations étudiées : sujets bien entraînés ou sédentaires. Toutefois la plupart s'accorde à admettre une baisse du VS vers le 3e jour.

C) Le débit cardiaque (Qc)

La majorité des expérimentateurs retiennent une augmentation du Qc lors d'une hypoxie aiguë (18-27-45-47-75-221). Mais au-delà de 6500 chez des sujets non adaptés, soumis brusquement à cette altitude, il semble exister une baisse du Qc. L'augmentation du Qc est d'autant plus nette que l'élévation est rapide.

Vogel (222) trouve une augmentation de 24 % dans un groupe de sujet exposés brutalement, et 12 % chez ceux exposés par paliers. Cette augmentation est immédiate, et dure de 3 à 5 jours.

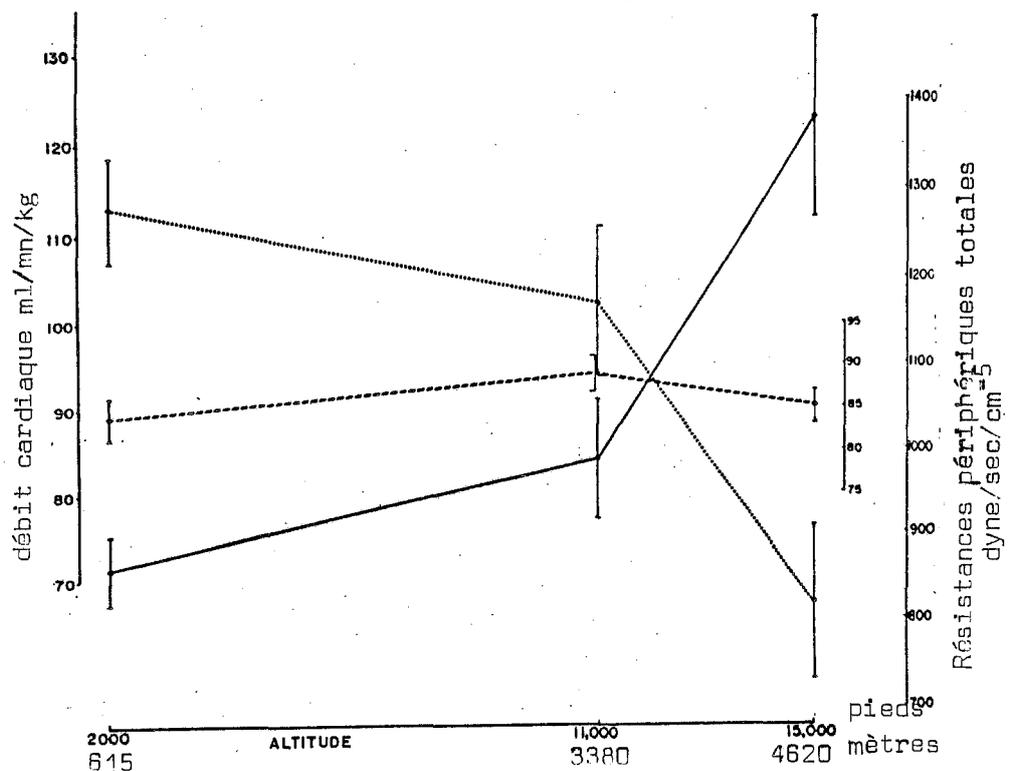


fig. 6

Modifications . du débit cardiaque ———
 . de la pression artérielle - - - - -
 . des résistances périphériques

(moyennes et écarts types) (Vogel 221)

Toutefois, quelques auteurs ont enregistré une baisse du \dot{Q}_c .

. Sine (192) retient une chute de l'index cardiaque vers la 4e heure et Hoon (97) note une baisse du \dot{Q}_c , qu'il attribue à la diminution du VS, dès la 1ère heure, diminution non totalement compensée par l'accélération de la FC.

. Miller (141) qui a enregistré aussi le \dot{Q}_c durant le sommeil constate une baisse tout au long de la nuit avec minimum vers 5 heures ce qui, selon lui, favorise, lié à l'hypoxie, le développement de l'œdème aigu du poumon d'altitude.

Mécanisme

. L'accroissement de la FC serait l'élément principal de l'augmentation du \dot{Q}_c . En effet, l'action de l'hypoxie sur les chémorécepteurs débouche sur une hyperactivité sympathique (75-181) que reflète l'élévation des catécholamines plasmatiques et urinaires.

. Mais d'autres facteurs modifient le \dot{Q}_c :

- la vasodilatation artérielle périphérique qui fait chuter les résistances (221).
- la veinocstriction qui diminue les réserves du réseau capacitif et accroît le retour veineux.

Au total, il semble acquis que le \dot{Q}_c augmente, et les discordances reflètent d'une part, des méthodes d'investigation différentes, et d'autre part des études conduites à des altitudes variées. En effet, une étude faite à 2250 m, 3500 m et 5000 m, avec déplacement en train,

sur deux populations, l'une de sportifs entraînés, l'autre de sédentaires, a montré une élévation similaire de la FC dans les deux groupes dès 2250 m mais l'augmentation du \dot{Q}_c ne se manifeste qu'à partir de 5000 m (228).

D) Le débit coronaire

Pour Grover (78), il y a une diminution du débit sanguin coronaire en même temps qu'une augmentation de l'extraction de l'oxygène du sang artériel de façon à maintenir la quantité d'oxygène délivrée au myocarde. De plus, cet auteur trouve une diminution de la saturation d' O_2 du sinus coronaire, sans modification de la pression partielle d' O_2 , ce qui implique une baisse de l'affinité de l'hémoglobine pour l' O_2 . Ceci est en accord avec le fait que le débit coronaire est régulé de façon à maintenir constante la pression partielle d' O_2 du tissu myocardique.

E) Le débit cérébral

L'effet vasodilatateur de l'hypoxie, malgré l'action inverse de l'hypoosapnie sur les artères cérébrales, conduit à un accroissement du débit cérébral (+ 24 % à J + 1). Quand il est associé à une oligurie (131) et à une rétention sodée (128), il déclenche un oedème cérébral, avec augmentation de pression du L.C.R., responsable du mal aigu des montagnes, avec son cortège de céphalées, vomissements, anorexie, insomnie, etc... (185-191).

Toutefois, l'oligurie ne se rencontre que pour des hypoxies aiguës sévères mal supportées. En présence d'une diminution modérée de PO_2 , bien tolérée, on assiste au contraire à une débacle urinaire entre la 24e et 48e heure (20-93-118-225).

Cette augmentation du débit cérébral est transitoire et dure 3 à 4 jours.

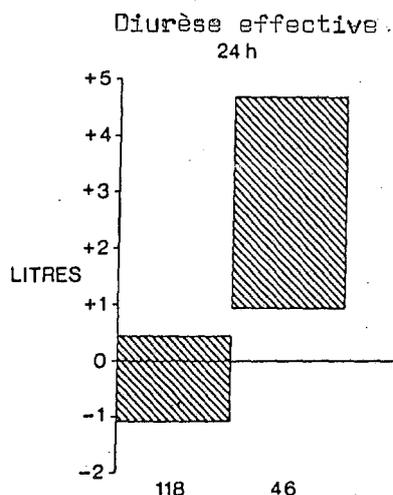


Fig. 7

Diurèse effective chez 118 sujets prédisposés au mal aigu des montagnes et chez 46 sujets indemnes, dans les mêmes conditions lors des premiers jours après leur arrivée à haute altitude. Les sujets développant un mal aigu sont oliguriques. (d'après Singh et al. 1969) (193).

En relation avec ces modifications hémodynamiques cérébrales, il faut noter les troubles cochléovestibulaires observés lors de la phase initiale de l'exposition à l'altitude (39) et les perturbations visuelles : rétrécissement du champ visuel, baisse de l'acuité, sans doute liés à la vasodilatation des vaisseaux rétiniens constatée par plusieurs auteurs (115-132).

F) La pression artérielle (PA)

Ici encore, les avis sont partagés, mais il semble se confirmer que l'hypoxie d'altitude déclenche une élévation de PA systolique et PA diastolique. Mais ces variations demeurent discrètes et transitoires.

AUTEURS	ANNEE	△ PAS	△ PAD
D'après SCHNEIDER			
DURIG	1906	0	0
SCHNEIDER	1907	-	-
WARD	1908	-	-
PETERS	1908	+	+
FUCHS	1908	+	+
BULLOCK	1909	+	+
PETERS	1913	+	+
POMEROY	1911	-	-
SMITH	1911	-	-
Autres travaux			
PUGH	1964	0	+ 0 à 15
TERZIOGLU	1966	+ 6 à 8	+ 2 à 3
EGELSREITER	1967	0	0
ALBRECHT	1967	0	0
VOGEL	1967	0	0
BOSCARIOL	1972	±	±
WEIDEMANN	1972	0	0

TABLEAU 3 : VARIATIONS DE PA ENREGISTREES DANS DES CONDITIONS PLUS ELOIGNEES DE L'ETAT BASAL.

(d'après Gamby 88)

AUTEUR	ANNEE	LIEU	DIFFERENCE D'ALTITUDE (m)	Δ PAS (mmHg)	Δ PAD (mmHg)
SCHNEIDER	1914	PIKES PEAK	+ 3500	0	0
GROLLMAN	1930	PIKES PEAK	+ 4000	+	0
OPITZ	1941	}	Très haute alt	+	+
VAN LIERE	1963		Moyenne	+	-
WEIDEMANN	1967	JUNGFRAU	+ 2000 et + 3000	+ 0 à 10	±
KLAUSEN	1968	JUNGFRAU	+ 3000	+	+
HANNON	1973	PIKES PEAK	+ 4000	+ 15	+ 12,5
SHARMA	1976	INDE	+ 3500	+ 5	+ 9
MALHOTRA	1977	INDE	+ 3500	+ 8	+ 9
GAMBY	1979	HINDOU KOUCH	+ 3000	+ 20 enmoyenne	+ 20 + 5 par 1000 m

Tableau 4 : variations de PA enregistrées par les auteurs dont les conditions expérimentales ont le mieux répondu aux critères d'état basal

(d'après Gamby 68)

Cependant, certaines études font état d'une baisse de PA systolique, et PA diastolique, lors d'une exposition aiguë à l'hypoxie d'altitude. Ces variations sont plus nettes dans une population de sujets neufs que chez des sujets antérieurement acclimatés (20).

G) Le débit de différents organes

1 - La peau. Le débit cutané chute dès l'exposition à l'altitude (48). De même le volume sanguin cutané baisse, sans doute en rapport avec un accroissement du tonus artériolaire. Conjointement se manifeste une diminution des réserves des vaisseaux capacitifs par perte de la distensibilité des parois veineuses. L'hypoxie serait responsable de cette altération de la compli-ance veineuse. De plus, l'hypocapnie améliore le tonus artériel (35-48) et les résistances veineuses.

Ainsi, la masse sanguine cutanée chute de près de 50 %, le débit central s'en trouve amélioré et l'homéostasie des organes vitaux (cerveau, foie en particulier) préservée (238).

2 - Les muscles. La baisse du débit sanguin des muscles squelettiques au repos, semble acquise (14). Mais, à notre connaissance, il n'existe pas de travaux décrivant son évolution au cours de l'acclimatement. Il semblerait que ce débit suive une évolution de type "périphérique" comparable au débit cutané.

3 - Les viscères. Le débit hépatique augmente de 25 % à 33 % selon les auteurs (126-168).

. L'irrigation diaphragmatique s'accroît en rapport de l'augmentation du travail respiratoire.

. La perfusion rénale, pour certains, reste stable, pour d'autres, elle s'accroît durant quelques jours.

H) La circulation capillaire

Selon Ward (225), il ne semble pas exister de modifications significatives de la perméabilité capillaire aux fluides et aux protéines, hormis pour des chutes de PO_2 en-dessous de 10 à 12 mm de mercure.

I) La circulation veineuse

Des fonctions veineuses, c'est celle de réservoir qui est la plus touchée en altitude, par suite d'une veinocstriction.

En effet, les travaux de Weil (229) et Cruz (35) tendent à démontrer que :

- l'hypoxie entraîne une perte de la compliance veineuse. A elle seule, elle n'entraîne pas de veinocstriction sauf si elle est très sévère (pour des altitudes supérieures à 4300 m).

- l'hypocapnie accroît les résistances veineuses avec baisse du flux.

Cette veinocstriction persiste durant 24 heures à 4300 m et précède les modifications du volume plasmatique.

J) La circulation pulmonaire

Dès l'exposition à l'altitude, il se développe une hypertension artérielle pulmonaire (HTAP) selon une relation de type parabolique entre l'hypoxie et l'HTAP. Celle-ci est surtout sensible au-delà de 3000 m (229) et réversible à l'administration d'oxygène. Reeves (173) a montré sur des veaux que c'est l'hypoxie alvéolaire qui entraîne une HTAP et non l'hypoxémie. En effet, une hypoxémie sans hypoxie alvéolaire, ne s'accompagne pas d'une HTAP. Ces résultats rejoignent les observations de Coudert

(32) qui note que les sujets sensibles à l'hypoxie développent plus facilement une HTAP. De nombreuses hypothèses sont avancées pour expliquer cette HTAP:

- la diminution de capacité du réseau veineux périphérique (123) augmentant l'afflux de sang vers le poumon (49)
- accroissement de sécrétion d'hormone antidiurétique entraînant une oligurie en cas d'hypoxie sévère (82) et chez certains sujets sensibles ("symptomatique")
- vasoconstriction des précapillaires intra-alvéolaires sous l'action de médiateurs chimiques tels:
 - . l'histamine libérée par les mastocytes péri-bronchiques et péri-alvéolaires, qui feraient office de chémorécepteurs à l'hypoxie. La dégranulation des mastocytes périvasculaires en hypoxie alvéolaire aiguë confirme cette thèse (81).
 - . La sérotonine dont l'hypoxie lèverait l'inhibition par les monoamines oxydases locales.
- L'hyperactivité fibrinogénique associée à une hypofibrinolyse conduisent à des oblitérations artériolaires et capillaires par des microthromboses.
- Vasoconstriction artériolaire pulmonaire hypoxique induite par l'hypoxémie du sang veineux mêlé, ou par l'hypoxie alvéolaire.

De tous ces éléments, il semble bien que la vasoconstriction artériolaire (voire l'hypertrophie de la média et de la musculature chez les natifs d'altitude) soit prépondérante, sans que son origine soit parfaitement définie, mais on ne peut éliminer l'influence des autres paramètres qui, lorsqu'ils sont exagérés, aboutissent à l'œdème aigu du poumon d'altitude.

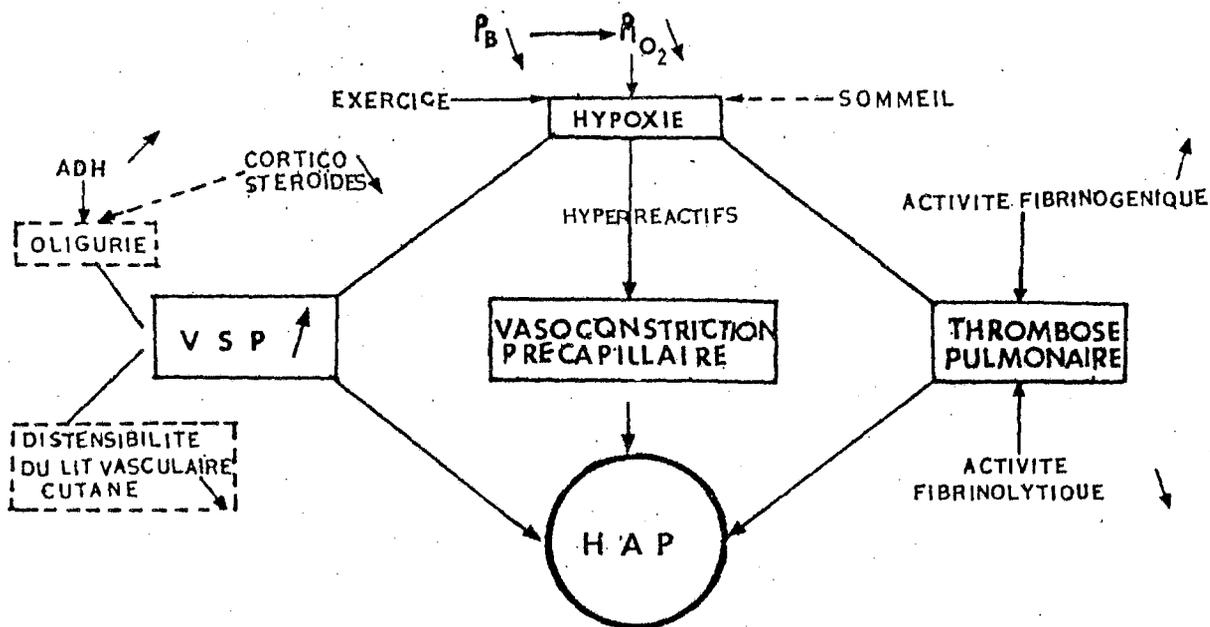


Fig. 8 Mécanismes à l'origine de l'hypertension artérielle pulmonaire (HAP) au cours de l'OAPHA. A D H : hormone anti-diurétique ; V S P : volume sanguin pulmonaire.

(d'après Coudert 32)

Cette HTAP va augmenter le travail ventriculaire droit. Celui-ci peut atteindre le quart de celui du ventricule gauche (226) et entrer, pour une part non négligeable, dans la physiopathologie de l'œdème aigu du poumon d'altitude.

II 1.3 - La fonction respiratoire du sang

A) La diffusion pulmonaire

La capacité de diffusion pulmonaire de l'O₂ ne semble pas modifiée chez le nouvel arrivant en altitude (117). Théoriquement,

l'HTAP qui s'installe devrait améliorer le rapport ventilation perfusion en augmentant le débit au niveau des apex. Mais aucun travail n'abonde dans ce sens.

B) Les gaz du sang

Il existe une relation proportionnelle non linéaire entre la diminution de la PaO_2 et celle de la P. atmosphérique. La PaO_2 baisse parallèlement à la PAO_2 , et la $PaCO_2$ diminue proportionnellement à l'intensité de l'hyperventilation, qui vise à maintenir une PAO_2 suffisante (cf. tableau 1 chap. 2). La PVO_2 diminue également, mais relativement moins que la PaO_2 . Ainsi, malgré une désaturation accrue de l'hémoglobine, la différence artérioveineuse pour l' O_2 s'abaisse et par voie de conséquence le débit d' O_2 tissulaire diminue avec l'altitude (cf. tableaux).

C) Transport et relargage tissulaire de l' O_2

La circulation assure le transport d' O_2 des poumons aux tissus. Le débit d' O_2 , en se basant sur l'équation de Fick, peut s'exprimer

$$\dot{V}O_2 = Q \cdot C \cdot 1,38 \text{ CHb } (a - v) O_2$$

- . $Q \cdot C$ = débit cardiaque
- . 1,38 = constante : pouvoir oxyphorique de l'Hémoglobine
- . CHb = concentration de l'hémoglobine
- . $(a - v) O_2$ = différence artérioveineuse d' O_2

Donc en cas d'hypoxie, divers mécanismes compensateurs peuvent intervenir.

1) accroissement du Q.C : c'est ce qui se réalise dès l'exposition à l'altitude mais cette augmentation n'est que transitoire.

2) Accroissement de la concentration de l'Hb.

En hypoxie aiguë, il se produit - une spléno contraction qui mobilise les réserves et injecte dans la circulation un grand nombre de globules rouges,
- une mobilisation des hématies hépatiques (28) mais dans les deux cas, il ne s'agit pas d'hématies jeunes,
- une diminution du volume plasmatique.

Ces différents mécanismes augmentent le taux relatif d'Hb.

En outre, dès la deuxième heure qui suit l'exposition à l'altitude, l'érythropoïétine plasmatique s'accroît, avec un maximum entre 19e et 39e heure (1 -178). L'augmentation est proportionnelle à l'intensité de l'hypoxie. Ainsi donc la stimulation de la lignée rouge débute très précocement.

3) Baisse de la saturation veineuse de O₂.

Ce mécanisme joue peu, car il suppose une diminution de la P. partielle de l'O₂ dans les capillaires, et donc un risque d'inversion de gradient, avec diffusion de l'O₂ des tissus vers les capillaires veineux. Nous l'avons vu, la PVO₂ baisse proportionnellement beaucoup moins que la PaO₂.

4) Une diminution de l'affinité de l'Hb pour O₂

qui facilite la désaturation de l'Hb sans modification de la PVO₂.

a) Avant de voir quels mécanismes interviennent, quelques rappels sur la courbe de dissociation de l'Hb faciliteront la compréhension

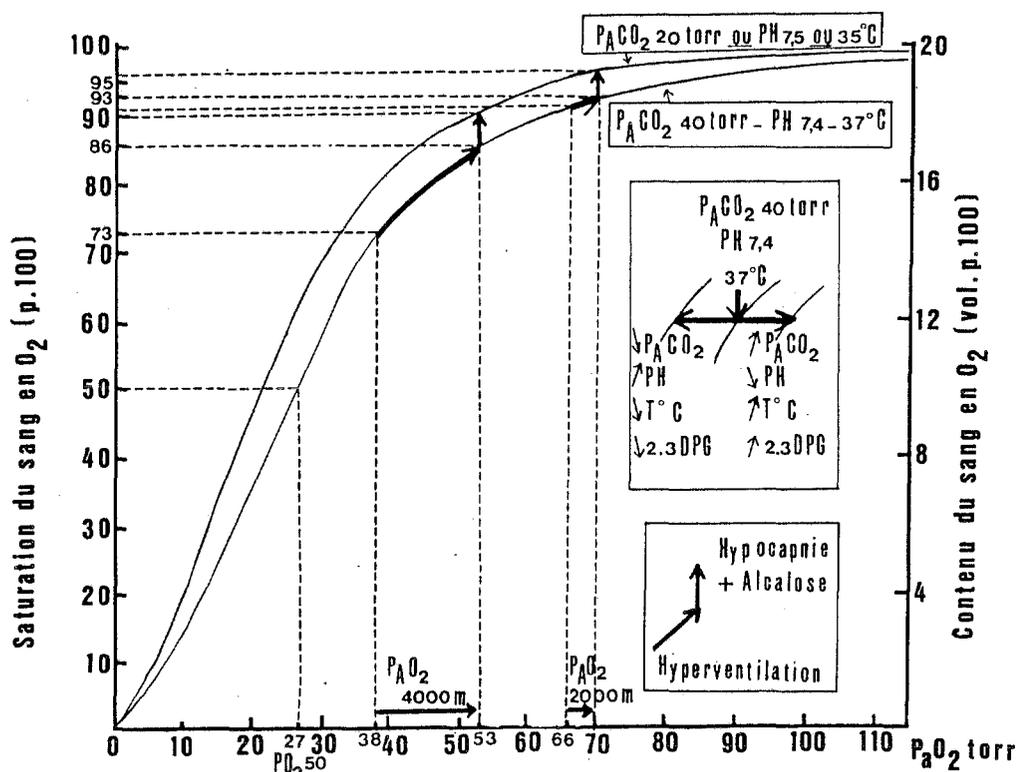


FIG. 9 - Courbes de dissociation de l'hémoglobine de Barcroft.

Le volume de l' O_2 dissout dans le sang et fixé sur l'hémoglobine dépend de la pression partielle de la PO_2 . La quantité d' O_2 fixée sur le sang est tributaire de la PO_2 et de la quantité d'hémoglobine située dans 100 ml de sang et s'exprime en contenu (échelle de droite) ou en saturation (échelle de gauche): Le contenu du sang en oxygène est au maximum de 20 vol. p. 100 chez le sujet normal au niveau de la mer.

L'encadré central montre les facteurs déviant la courbe à droite ou à gauche de la valeur obtenue en ventilation normale ($P_{ACO_2} = 40$ Torr, pH 7,4, temp. 37 °C, taux de 2-3 DPG = 4 à 5,5 mmol/l de globules rouges).

L'encadré inférieur explicite les deux facteurs principaux permettant, en altitude, une fixation d'oxygène correspondant à une altitude moins élevée.

(d'après TANCHE 210)

Ainsi, un déplacement de la courbe vers la gauche, s'accompagne d'une augmentation de l'affinité de l'Hb pour l'O₂. Ceci se rencontre au niveau pulmonaire, où

- . PaCO₂ baisse par élimination de CO₂
- . température sanguine diminue au contact de l'air alvéolaire plus frais
- . le pH augmente. En effet, l'oxygénation de Hb au niveau des poumons libère des ions H⁺ qui vont déplacer de la droite vers la gauche la réaction $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_3\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CO}_3\text{H}^- + \text{H}^+$ en diminuant ainsi le taux d'acide carbonique.

Au niveau tissulaire, la courbe se déplace vers la droite. Les produits des oxydations cellulaires conduisent à

- . augmentation de CO₂ et donc de PaCO₂
- . élévation de température locale
- . diminution de pH par génération d'acide lactique et de CO₂ hydraté en CO₃H₂. Ainsi donc l'affinité de l'O₂ pour Hb décroît et on assiste à un transfert d'O₂ vers les tissus.

L'ensemble de ces processus définit l'effet Bohr.

En altitude, la baisse de PaO₂ induit une hyperventilation avec pour conséquence une

- . diminution de PaCO₂
- . une alcalose respiratoire aggravée par
- . la désaturation de Hb, la désoxyhémoglobine étant un acide plus faible que l'oxyhémoglobine

Altitude	0	1000	2000	3000	4000	5000	6000
pH	7,40	7,41	7,42	7,43	7,44	7,45	7,46

(d'ap. DILL, TALBOT et CONSOLAZIO - J. Biol. Chem. -1937)

Tableau 5

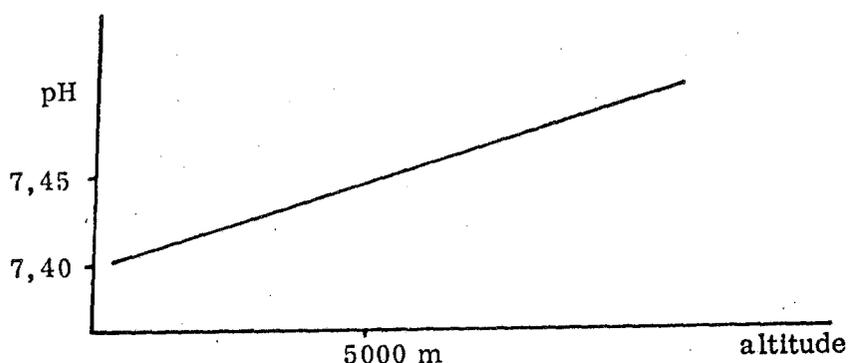


Fig. 10

Courbe pH/altitude - DILL, TALBOT, CONSOLAZIO -

Ainsi donc, le déplacement vers la gauche de la courbe de Barcroft, en augmentant l'affinité de Hb pour O_2 , est préjudiciable à une bonne oxygénation tissulaire. La compensation viendra sous la forme du 2.3 diphosphoglycérate ou 2.3.D.P.G.

b) Le 2.3.D.P.G.

Il s'agit d'un intermédiaire métabolique de la glycolyse anaérobie, présent à l'état de trace dans tous les tissus, sauf au niveau des globules rouges, où sa concentration est élevée : de l'ordre de $15 \mu\text{mol/g}$ d'Hb. Synthétisé par la 2.3.D.P.G. mutase, et dégradé par la 2.3.D.P.G. phosphatase (cycle de Luberding Rapaport), il diminue l'affinité de l'Hb pour l' O_2 , en s'intercalant entre les 2 chaînes β et, se liant à elles, il agit comme effecteur allostérique (61). En modifiant la conformation, et en stabilisant la forme désoxy de la molécule d'Hb, il facilite la libération de l' O_2 par l'hème et améliore donc le débit tissulaire d' O_2 (52-124-126).

Au total

Dès l'exposition à l'hypoxie d'altitude, la réponse physiologique immédiate à la chute de la PO_2 de l'air, est une hyperventilation et un accroissement du débit cardiaque. Il s'en suit, une baisse de $PaCO_2$, et une alcalose respiratoire, avec augmentation de l'affinité de Hb pour O_2 , et déplacement vers la gauche de la courbe de Barcroft.

De plus, la baisse de la PaO_2 augmente la désaturation de l'Hb, entraînant une élévation de pH plasmatique et intraérythrocytaire.

L'alcalose stimule la glycolyse anaérobie et l'activité de la 2.3.D.P.G. mutase, et inhibe la 2.3.D.P.G. phosphatase. Il en résulte un accroissement de 2.3.D.P.G. intraérythrocytaire et une baisse de l'affinité de Hb pour O_2 , avec un redéplacement vers la droite de la courbe de Barcroft.

Ainsi, en 6 à 8 heures, la courbe revient à sa position de départ (125) puis se déplace vers la droite malgré la persistance de l'alcalose et de l'hypocapnie. En 15 heures, le taux de 2.3.D.P.G. a atteint 50 % de sa variation totale (125).

L'enfant a prouvé que si l'on acidifie le sang par injection d'acétazolamide (125) il n'y a pas d'élévation du 2.3.D.P.G., et Gerlach montre que l'adjonction de 5 % de CO_2 à un air à 11 % d' O_2 , prévient l'alcalose respiratoire en empêchant l'augmentation de 2.3.D.P.G. (69).

L'action de 2.3.D.P.G. est donc déterminante dans le processus d'adaptation hématologique à la libération tissulaire de l' O_2 .

c) En l'état actuel des recherches, le relargage tissulaire ne semble pas modifié lors de l'exposition aiguë à l'hypoxie d'altitude, si ce n'est une élévation des cytochromes p. 450 du réticulum endoplasmique (cf. plus loin).

Ce sont les modifications respiratoires, cardiovasculaires et hématologiques décrites qui assurent les adaptations immédiates.

II 1.4 - Modifications métaboliques, hormonales et enzymatiques

A) Le métabolisme de base

Les études menées sur le métabolisme de base suggèrent que celui-ci demeure inchangé (202) ou très légèrement accru. Les faibles augmentations de la consommation basale d'O₂ enregistrées au repos (70-71-210) sont attribuées par Grover (70) à une élévation du travail respiratoire, du travail cardiaque (accroissement du débit), et aux réactions spécifiques du "stress" d'altitude (hypoxie, anxiété) (149).

D'autres auteurs (84 - 70) notent une augmentation franche (18 à 25 %) du métabolisme de base durant les premiers jours en altitude.

La plupart de ces études ont été menées dans des conditions différentes et donc difficiles à comparer, mais celles qui se rapprochent le plus de la neutralité thermique, plaident en faveur d'un accroissement modéré du métabolisme basal.

B) Les éléments énergétiques

L'hypoxie d'altitude s'accompagne fréquemment d'une anorexie. La baisse de la ration alimentaire conduit à une perte de poids et à des modifications des métabolites énergétiques (85 -93-206-225).

1) Les protéines

Plusieurs auteurs démontrent l'existence d'un bilan azoté négatif lors des premiers jours d'exposition à de basses pressions barométriques (85-118-206-225-) sans modification des protéines plasmatiques sauf une baisse précoce de la transferrine (176).

Les explications ne sont pas univoques. Pour certains, il s'agirait d'un affaiblissement des possibilités de synthèse et d'utilisation des protéines, car avec des apports de 50 à 60 g/j, le bilan reste négatif (206) ; pour d'autres, elle est le résultat d'une diminution des apports par perte de l'appétit. Mais il semble que si les rations caloriques et protidiques sont adaptées, on puisse avoir une positivation du bilan azoté (31).

2) Les acides gras : il existe une aversion pour les aliments gras chez les sujets transplantés en altitude (225) mais au repos les lipides circulants ne semblent pas modifiés.

3) Les glucides : il est classique de constater que des sujets neufs non acclimatés, accroissent spontanément, dans leur ration alimentaire, la part d'hydrates de carbone (85-93 -225); ceci est en rapport avec :

- des hypoglycémies fréquentes durant les premiers jours de séjour en altitude, correspondant à l'augmentation d'utilisation du glucose circulant et à l'épuisement des réserves de glycogène hépatique (160-107),
- une baisse du taux sanguin de glucose au repos (106),
- une réduction du temps de réponse hyperglycémique à une surcharge en glucose,
- un retard de la réponse hyperglycémique à l'injection de glucagon,
- la baisse de la phosphorylation oxydative entraîne une élévation d'A.D.P. et une diminution d'A.T.P. qui lève l'inhibition de la

- phosphofructokinase qui transforme le fructose 6 phosphate en fructose 1-6 diphosphate (160) et donc accroît la glycolyse,
- l'augmentation des catécholamines va accélérer la glycogénolyse,
 - enfin, la limitation d'activité des chaînes respiratoires par l'hypoxie avec limitation de l'activité de la pyruvate de carboxylase conduit à une élévation du pyruvate.

Ainsi donc, l'hypoxie stimule la glycolyse et permet de mieux comprendre le désir d'aliments sucrés qui se manifeste en altitude.

Cependant, d'autres études concluent à une élévation de la glycémie à jeun (236), d'autres encore à sa stabilité (194). Une étude ancienne conclut à une baisse de la glycémie jusqu'à 3600 m et à un accroissement au-delà (62).

C) Métabolisme hydroélectrolytique

1) L'eau. Comme mentionné précédemment à propos de l'HTAP, l'évolution du bilan hydrique n'est pas univoque, selon les sujets d'une part, et selon l'intensité du stimulus hypoxique d'autre part.

La majeure partie des études concluent à un bilan négatif lors de l'exposition brusque durant 2 à 3 jours à l'hypoxie d'altitude (30-31 - 85-118-225).

Cependant, quelques auteurs (54 -217) présentent des résultats inverses. Mais un bilan hydrique positif pendant les 24 à 48 premières

heures d'hypoxie, relève d'un débordement des mécanismes d'adaptation, qui conduit au mal aigu des montagnes. Ainsi, des sujets n'ayant jamais subi d'adaptation, exposés brutalement à de très basses pressions barométriques, ont tendance à avoir des bilans hydriques positifs.

Les pertes de poids, rapportées par de nombreux auteurs (20-118-225) sont attribuées pour une grande part aux pertes hydriques dues à

- l'hyperventilation d'un air désaturé en vapeur d'eau,
- l'augmentation du débit urinaire.

Les études diffèrent fondamentalement quant aux répartitions hydriques dans les différents compartiments. Pour certains, il existe une déshydratation intra-cellulaire, avec compartiment extra-cellulaire inchangé, et pertes plasmatiques (31 -118). Pour d'autres, il y aurait baisse du volume plasmatique, hyperhydratation intracellulaire et redistribution des liquides pour maintenir une hydratation correcte (83 -206), pour d'autres enfin les divers compartiments liquidiens demeurent pratiquement inchangés (85).

En conclusion : un bilan hydrique négatif semble bien être un mécanisme d'adaptation important. La physiopathologie du mal aigu des montagnes corrobore cette affirmation. De fait, l'inadaptation s'accompagne d'un bilan hydrique positif. De plus, l'OAPH et l'oedème cérébral se rencontrent toujours, dans les premiers jours suivant une exposition plus ou moins brutale à l'altitude, et l'exposition progressive réduit de façon très nette l'incidence de ces accidents (98-118). Les pertes hydriques,

en réduisant la pression du L.C.R., due à la vasodilatation hypoxique, et à l'augmentation du débit cérébral concomittent, diminueraient le risque d'oedème cérébral.

2) Le sodium. Ici encore les avis sont partagés. Pour certains, le bilan est positif durant les deux premiers jours puis se négative par la suite (197-217). Ceci semble confirmé par une étude qui conclut à une légère élévation du taux plasmatique de sodium (20).

Cependant, d'autres travaux penchent en faveur d'une négatiation du bilan sodé (83) ou d'une constance des valeurs plasmatiques et urinaires (209).

3) Le potassium. Lorsqu'il est soumis à une hypoxie brutale, le corps tend à conserver son potassium, principalement durant les 2 ou 3 premiers jours (83 -106-197). Ceci est en accord avec les études qui concluent à une diminution de l'excrétion urinaire de cet ion et à une baisse de l'aldostéronurie et aldostéronémie (8 -108).

Toutefois, Sutton (209), lors d'une expérience de 2 jours en altitude simulée, ne note pas de variation des concentrations potassiques plasmatiques, mais comme tous les autres, il retient une baisse de l'excrétion urinaire du potassium. Ainsi, du fait de la fuite sodée probable, mais surtout de la rétention potassique, il y a un accroissement du rapport sodium/potassium dans les urines à haute altitude, de même que dans la salive. Il semble logique d'imputer ces modifications à la baisse de

sécrétion d'aldostérone, durant les premiers jours d'exposition en altitude (8 -106-108-235).

D) Modifications hormonales

1) Hypophysaires

a) anté-hypophysaire

. G_H (Growth Hormone) ou STH (Somatotrope H). Son taux est très augmenté en phase aiguë, d'autant plus qu'il existe une activité musculaire (208)

. FSH (Follicule Stimulating Hormone) ne semble pas modifiée durant les premiers jours en altitude (199)

. LH (Lutéinizing Hormone). Le niveau plasmatique diminue en environnement hypoxique

. TSH (Thyroid Stimulating Hormone) demeure inchangée (169) pour certains, augmentée pour d'autres (135)

. ACTH (Adréno Corticotrophic Hormone) : des taux élevés d'ACTH semblent être indispensables au maintien d'une activité normale de la cortico-surrénale (93-143-196), réaction commune à une multitude d'agressions (froid - exercice - "stress" - etc...).

b) post-hypophysaire

. ADH (Antidiurétique Hormone)

En hypoxie, la baisse sensible du taux d'ADH circulante, semble en rapport avec une inhibition des impulsions des volorécepteurs atriaux gauches. En effet, l'augmentation du volume sanguin circulant, par perte de

compliance veineuse et veinoconstriction, en provoquant une distention de l'auricule gauche, abaisse le taux de sécrétion d'ADH. Toutefois, il semble exister dans les cas de mal aigu des montagnes, une brusque décharge d'ADH (19 -151).

2) Surrénales

a) corticosturrénales

. glucocorticoïdes : l'augmentation du taux de ces hormones est un fait bien acquis, tant les dosages plasmatiques du cortisol (\rightarrow de $9,9 \pm 0,6$ à $15,5 \pm 3,1$ mg/dl à 4330 m à J + 2 qu'urinaires des 17 hydrocorticoïdes (17 OHCS), montrent un accroissement sensible par rapport aux taux de référence du niveau de la mer (129 -142 -144 -196 -209 -214). Toutefois le stimulus n'est pas intense car la cortico-surrénale reste sensible à l'ACTH exogène (143).

. minéralocorticoïdes : l'aldostérone

La baisse de l'aldostérone repose sur plusieurs faits bien établis : l'hypoxie - élève le rapport sodium/potassium salivaire (209-235) et urinaire (83-197)

- accroît le potassium total corporel (8)

- entraîne une chute de l'aldostéronurie et aldostéronémie (8 -108).

Cette baisse est à rattacher à l'accroissement du volume sanguin circulant, qui distend les volorécepteurs de l'oreillette droite (5). Il est admis que ceux-ci agissent sur la régulation de la sécrétion d'aldostérone. Cette hypothèse est confortée par le fait que, en altitude, la glomérulée surrénale perd de son épaisseur (92).

b) médullo-surrénales

L'activité médullo-surrénale s'accroît de façon significative

lors de l'exposition brutale à de basses pressions barométriques, qu'il s'agisse de mesures sur le terrain (96 -196-207) ou en chambre de décompression (98). Mais il semble qu'elle ne soit pas identique pour les différentes hormones. En effet, si l'adrénaline semble peu modifiée, par contre la noradrénaline subit de fortes variations à partir de $j + 2$ (le débit urinaire double en 10 j) (207). Il existe une forte corrélation entre élévation des catécholamines urinaires et mal aigu des montagnes (19). En effet, l'étude de 3 populations ascensionnées à 3600 m, la première en avion, les deux autres par la route en respectivement 6 heures et 55 heures (96) révèle que dans le groupe 1, sur 47 sujets, 29 présentent des symptômes de mal aigu, et une élévation de 30 % des catécholamines à $J + 1$, alors que les "asymptomatiques" ne présentent pas cette variation à $J + 1$ mais à $J + 2$. Dans la population 2, 9 sujets seulement ont des signes d'intolérance à l'altitude, mais sans élévation des catécholamines urinaires. Dans la population 3, tous les sujets sont indemnes de troubles.

L'augmentation de la NAD serait la conséquence d'une inadéquation du système vasculaire systémique, avec accroissement des résistances périphériques, amenée par les changements des débits pulmonaires, et vraisemblablement impliquée dans la pathogénie du mal aigu des montagnes et de l'OAPH (96).

3) Thyroïdiennes

Les études sur les animaux de laboratoire sont fort nombreuses, plus rares chez l'homme. Cependant des dosages sur le terrain (207) et en chambre de décompression (169) attestent de l'augmentation de thyroxine totale et de l'indice de T4 libre.

Il semble donc exister une élévation de la quantité de thyroxine circulante. Mais le taux de TSH restant stable et la variation étant très rapide, il ne s'agirait donc pas d'un accroissement de production, mais semble-t-il, d'un passage d'hormones du comparti-extra vers l'intravasculaire. Ainsi, l'altitude conduirait à une baisse d'utilisation périphérique de thyroxine, et la quantité nécessaire à la respiration tissulaire serait donc diminuée (207).

4) Sexuelles

La testostérone chute rapidement en altitude. Dans les urines, elle passe de $99,8 \pm 14,3$ mg/24 h au niveau de la mer à $39,1 \pm 1,1$ mg/24 h à J + 3 à 4250 m (79). Toutefois, les cellules de Leydig restent sensibles aux stimuli. La réduction de la production de testostérone semble subséquente à la baisse de LH (199).

Les études fragmentaires sur l'évolution des oestrogènes et progestatifs chez la femme ne permettent aucune conclusion.

5) Rénales

a) Renine-angiotensine. Après deux à trois jours en altitude, on relève une baisse de la concentration plasmatique de l'angiotensine I (72 - 95). Cependant, une étude en altitude simulée ne retient pas de modification significative de la rénine (209).

Au niveau pulmonaire, l'augmentation des angiotensines I et II est responsable, pour une bonne part, des fortes élévations des pressions pulmonaires en réponse à l'hypoxie (4). Une étude faite chez le rat, au

cours de laquelle, à l'aide d'un mono-peptide spécifique, on crée une inhibition compétitive au niveau de l'angiotensine I, les changements vasculaires pulmonaires sont significativement moindres (240). Ainsi, il semblerait que le système rénine-angiotensine agisse, mais l'action serait plus nette à long terme.

b) L'érythropoïétine : la réponse polyglobulique qu'elle initie, débute deux heures après l'exposition. En effet, dès cet instant, le taux d'érythropoïétine plasmatique est déjà nettement augmenté, et est proportionnel à l'intensité de l'hypoxie. Mais compte-tenu de l'inertie du système de production des érythrocytes, ce n'est que plusieurs jours après que l'augmentation des formes jeunes circulantes se manifeste (178-180).

6) Pancréatique

L'insuline augmente lors d'exposition brusque à l'altitude (236) de même que la glycémie pour certains, et la glucagonémie (107-225). A ces points, en apparence contradictoires, il faut rattacher l'élévation de la GH, du cortisol plasmatique et de la noradrénaline. Ainsi, l'équilibre se fait à un niveau glycémique plus élevé et au détriment des réserves de glycogène hépatique. Des études conduites à l'aide de C₁₄ tendent à accréditer cette thèse, de l'accroissement de l'utilisation cellulaire du glucose (107). Ceci expliquerait la fréquence des hypoglycémies (surtout après effort) en altitude, en début de séjour, de même que le désir accru pour les aliments sucrés.

E) Modifications enzymatiques tissulaires

Au niveau tissulaire, étape ultime de l'acclimatement, la seule modification reconnue à ce jour, lors d'une exposition brutale, est l'élévation du cytochrome P450 dans le réticulum endoplasmique, modification décelable dès la troisième heure. Ceci autorise à penser que le transport de l'O₂ de la membrane cytoplasmique aux mitochondries s'en trouve accéléré.

II 2 - ADAPTATION A UNE EXPOSITION CHRONIQUE

Nous avons traité de quelques-unes des principales réactions physiologiques de défense et d'adaptation de l'organisme humain, soumis brutalement à de faibles pressions atmosphériques. Que deviennent ces modifications lorsque le stimulus hypoxique se prolonge au-delà de quelques jours, de quelques semaines ou mois, voire des années ?

II 2.1 - La fonction ventilatoire

A) Hyperventilation

Nous l'avons vu, le débit ventilatoire s'accroît en altitude. Une valeur stable est atteinte par paliers successifs au bout de quelques semaines.

Des études conduites par Martin et Lalande à 3613 m montrent un accroissement de 4,4 % en moyenne de la C.V. (extrêmes : 1,2 % et 8,2 %)

au cours d'un séjour de 20 jours (136), résultats confirmés par Stiglitz et Col. en 1969 (203). Selon cette dernière étude, les mesures séparées des différents volumes donnent :

- augmentation du volume courant (22,7 %)
- augmentation du volume de réserve expiratoire (11 %)
- baisse du volume de réserve inspiratoire (4,9 %).

De l'accroissement de la fréquence respiratoire et surtout des gains sur les différents volumes, il résulte une augmentation du débit ventilatoire. La valeur "stationnaire" est atteinte au bout de 20 jours environ (15-41-136-171). A ce moment, les nouveaux arrivants hyperventilent environ 20 % de plus que les natifs à la même altitude.

Après de nombreuses semaines, l'écart va aller en s'amenuisant, mais sans jamais disparaître complètement, même après de longues années.

B) Mécanisme

Les natifs de basse altitude acclimatés conservent, à l'opposé des natifs de haute altitude, une très grande sensibilité à l'hypoxie ("stimulus oxygène") et ce, durant plusieurs années. Ainsi, une baisse de PaO_2 à 90 mm de Hg suffit à engendrer une hyperventilation, alors qu'en hypoxie aiguë, il faudrait une PaO_2 de 55 mm de Hg. Ainsi donc, l'hypoxie est le moteur principal de l'acclimatement respiratoire.

Si l'exposition se prolonge au-delà de 8 à 10 ans, le sujet acclimaté va peu à peu perdre cette sensibilité, et rejoindre en cela les natifs. On constate que celle-ci est inversement proportionnelle au

volume des chémorécepteurs périphériques, surtout carotidiens. Leur hypertrophie ne correspond donc pas à une amélioration mais à une perte de sensibilité (36).

Les natifs d'altitude gardent une sensibilité au CO₂ bien que leur susceptibilité à l'hypoxie soit très faible. Pour certains auteurs (36-103) l'accroissement de sensibilité au CO₂ est un facteur important pour le maintien de l'hyperventilation. Cette hypersensibilité se retrouve chez les sujets acclimatés, si bien que l'inhalation d'O₂ à pression du niveau de la mer ne diminue la ventilation qu'imperceptiblement. Cette sensibilité au CO₂ est acquise au 8ème jour et demeure pratiquement inchangée par la suite, elle est grossièrement proportionnelle au degré d'altitude (36).

L'alcalose résultant de l'hyperventilation se corrige progressivement grâce à une élimination accrue de bicarbonate au niveau des urines, et à une réétention de H⁺ afin de rétablir le pH. En conséquence, les bicarbonates sanguins baissent d'environ 30 % et le pouvoir tampon du plasma s'affaiblit, compensé par un renforcement du système tampon du sang, grâce à l'augmentation de concentration de l'hémoglobine (104-145).

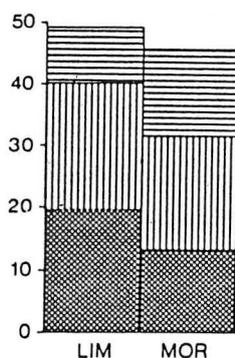


Fig. 11

Pressions partielles du dioxyde de carbone et du système tampon du sang artériel chez des sujets nés et résidents à Lima (150 m) et à Morococha (4540 m).

-  bicarbonates (mmol/l)
-  pression partielle du dioxyde de carbone (mmHg)
-  système tampon du sang (mmol/l)

(d'après HEATH et WILLIAMS 93)

II 2.2 - La fonction circulatoire

A) La F.C. de repos

L'accroissement maximum de la F.C. de repos se situe vers le 3ème jour (213). Elle chute ensuite rapidement jusque vers le 7ème jour, puis plus lentement ensuite, pour atteindre en deux à trois mois un rythme comparable à celui du niveau de la mer, soit très légèrement supérieur ou inférieur selon les études (22-182). Cette normalisation est fonction des sujets mais requiert d'autant plus de temps que l'altitude est forte (22-222).

Cependant, les sujets ayant déjà subi diverses expositions, antérieurement, à des PO_2 faibles, soumis à nouveau à une hypoxie de façon progressive (Ex : marche d'approche), ne présentent pas de variations de la FC de repos jusqu'à des altitudes de l'ordre de 5000 m. Dans ce cas, il semblerait qu'un acclimatement hématologique plus rapide soit à l'origine de la stabilité de la F.C.

Les natifs d'altitude ainsi que les résidents acclimatés présentent une F.C. de repos comparable à celle d'une population de référence au niveau de la mer.

B) Le volume systolique : V.S.

La plupart des auteurs penchent en faveur d'une baisse du V.S. entre le 3ème et le 10ème jour après exposition à l'altitude (97-112-192). Cette baisse, bien que modérée, semble persister chez les visiteurs résidents à long terme, et existe chez les natifs. En effet, ces derniers, transplantés au niveau de la mer, voient leur V.S. augmenter (+ 15 % à J+ 10) (192).

C'est vraisemblablement l'action dépressive directe de l'hypoxie sur le myocarde qui engendrerait la diminution du V.S. (3).

Une étude de Tucker (201) semble confirmer cette hypothèse. En effet, grâce au blocage chimique des récepteurs β sympathiques, il tend à prouver que la dépression myocardique engendrée par l'hypoxie d'altitude serait partiellement, voire complètement, masquée par l'accroissement des stimulations sympathiques.

Les résidents permanents à haute altitude ont une fonction ventriculaire gauche normale et les résidents temporaires, une dépression modérée. Ceci confirmerait que le dysfonctionnement ventriculaire gauche survient à l'exposition à l'hypoxie d'altitude.

Moret (148) constate que le débit cardiaque chez des habitants de Cerro de Paso, 4375 m, et de La Paz, 3700 m, est légèrement inférieur à celui des sujets résidant à Lima, 150 m, avec un index cardiaque identique et une F.C. identique, dans les trois populations. Il en conclut que le V.S. est un peu plus bas chez les résidents d'altitude.

C) Le débit cardiaque

Nous l'avons vu, la plupart des auteurs (27-45-47-75-112-221), à quelques exceptions près (141-192), enregistrent un gain de débit cardiaque d'autant plus net que l'hypoxie est brutale et profonde. Le moteur principal étant l'augmentation de la fréquence cardiaque sous l'effet d'une décharge de catécholamines.

Maximum à J + 3, J + 5, le débit cardiaque chute ensuite progressivement pour rejoindre un niveau comparable, voire légèrement

inférieur à celui du niveau de la mer à J + 10, J + 12'. A ce moment, les catécholamines restant encore élevées, et la F.C. n'ayant pas rejoint son rythme de référence du niveau de la mer, l'effet dépresseur myocardique de l'hypoxie, par la baisse du volume systolique qu'il entraîne, semble responsable de la diminution du débit cardiaque.

Chez les natifs résidents et chez les visiteurs acclimatés, le débit cardiaque est normal, soit plus vraisemblablement légèrement diminué (3-91-101-112-148-163).).

Certains auteurs (157-183) considèrent l'absence d'accroissement du débit cardiaque comme un des facteurs d'acclimatement à l'altitude, en ce sens que le travail cardiaque n'est pas augmenté (126).

La baisse, faible certes, mais maintes fois rapportée (148-157-183) du débit cardiaque chez les résidents en altitude est sans doute liée à la diminution du volume systolique consécutive à la dépression myocardique hypoxique (148). En compensation, il existe un développement du réseau capillaire qui tend à réduire les distances entre un vaisseau et les cellules les plus éloignées. Au niveau myocardique, ce système constitue un excellent moyen de protection (24).

D) Le débit coronaire

Comme chez les nouveaux arrivants (78) qui ont une chute du débit coronaire de 32 % à J + 10, Moret (148) trouve une baisse de 30 % chez des chèvres vivant à la Paz, 3700 m, et à Cero de Pasó, 4330 m, par rapport à une population de référence vivant à Lima, 150 m. Le débit passe de 71,7 ml/min/100 g de tissu ventriculaire gauche au niveau de la mer à 49,1 ml/min/100 g de tissu, en altitude.

Les résistances vasculaires coronaires sont également accrues en altitude, qui plus est, ceci se fait sans modification de la tension d'O₂ du sang dans le sinus coronaire.

E) Le débit cérébral

Après un accroissement, le débit cérébral retrouve un flux normal vers le 3ème et 5ème jour et (191) semble, par la suite, demeurer stable. On peut rapprocher ceci du fait que, à partir du 3ème ou 4ème jour, l'incidence du mal aigu des montagnes est très faible.

F) La Pression artérielle (P.A.)

Le séjour prolongé en altitude conduit à une baisse des pressions systoliques et diastoliques (133-158-184) au repos.



Fig. 12

PA initiale et finale au repos chez 100 sujets du niveau de la mer, résidant à 3750 m depuis 2 à 15 ans

A = de 2 à 5 ans (33 sujets)

B = de 6 à 9 ans (30 sujets)

C = de 10 à 15 ans (37 sujets)

(d'après Heath D et Williams D (93), suivant une étude de Pénaloza 1971).

Ces résultats sont confirmés par une étude démontrant l'action favorable de l'altitude sur l'HTA (158), dans la mesure où la PAD n'excède pas 95 mmHg. Ceci semblerait indiquer que les HTA où la vasoconstriction est prédominante, retirent un bénéfice de la vasodilatation due à l'hypoxie chronique.

Autres faits qui confortent ces affirmations : les chiffres de PAS et PAD des populations vivant en altitude sont significativement plus bas que ceux des populations vivant au niveau de la mer (134-138-158). De plus, la prévalence de l'HTA est beaucoup plus faible chez les natifs d'altitude vivant en altitude que chez les personnes nées et vivant au niveau de la mer (187).

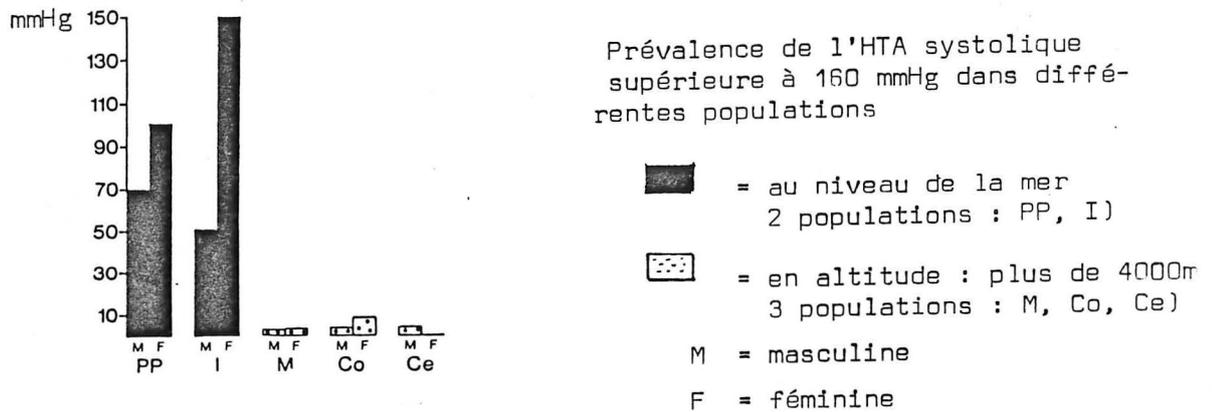


Fig. 13

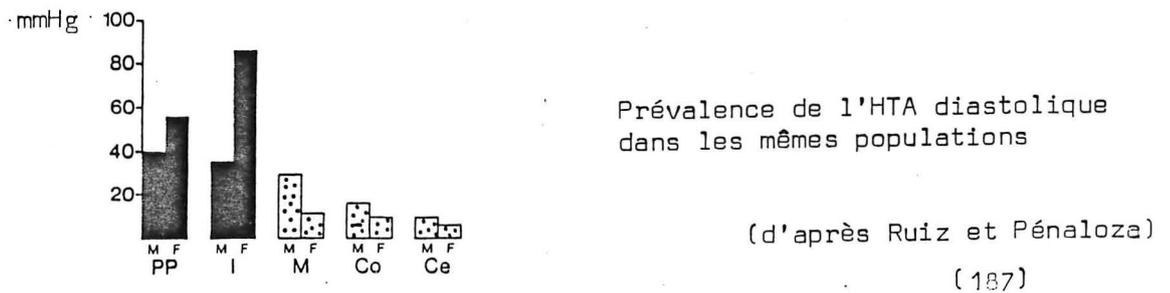


Fig. 14

L'action vasodilatatrice de l'hypoxie sur les parois artérielles entraîne donc une baisse des PAS et PAD. Mais proportionnellement, la diminution de PAS est plus importante que celle de PAD. Ceci s'explique par le fait que la polyglobulie accroît la viscosité, et donc les résistances à l'écoulement. Deux constatations vont dans ce sens :

- les femmes en âge de procréer ont une PAD plus basse. Ceci s'explique par le fait que les menstruations limitent la polyglobulie,
- dans la maladie de Monge, caractérisée par une très forte polyglobulie, il existe une HTA diastolique.

G) Le débit de différents organes

La baisse du débit cardiaque en hypoxie chronique exige une redistribution afin de préserver les fonctions vitales, et de permettre le travail musculaire.

1) La peau

Le débit cutané qui baisse dès l'exposition (48) ne retrouve pas son régime du niveau de la mer. Chez les natifs d'altitude et les résidents à long terme, on retrouve cette chute du flux cutané (137). L'hypoxie entretient la baisse de la compliance veineuse et l'hypocapnie est responsable de l'accroissement des résistances (35-48).

2) Les viscères

- Le flux hépatique est amélioré sans modification des fonctions (168)
- Le débit rénal baisse aussi bien chez les résidents que chez les visiteurs (10-155). Toutefois, il existe une relation étroite entre héma-

tochrome et chute du flux plasmatique (128) de sorte que la quantité totale d'oxygène délivrée au rein est constante. La chute du débit est compensée par l'accroissement du contenu artériel en O_2 . La fonction rénale n'est pas fondamentalement modifiée, mais elle améliore sa capacité de filtration de façon à assumer son rôle dans l'acclimatement.

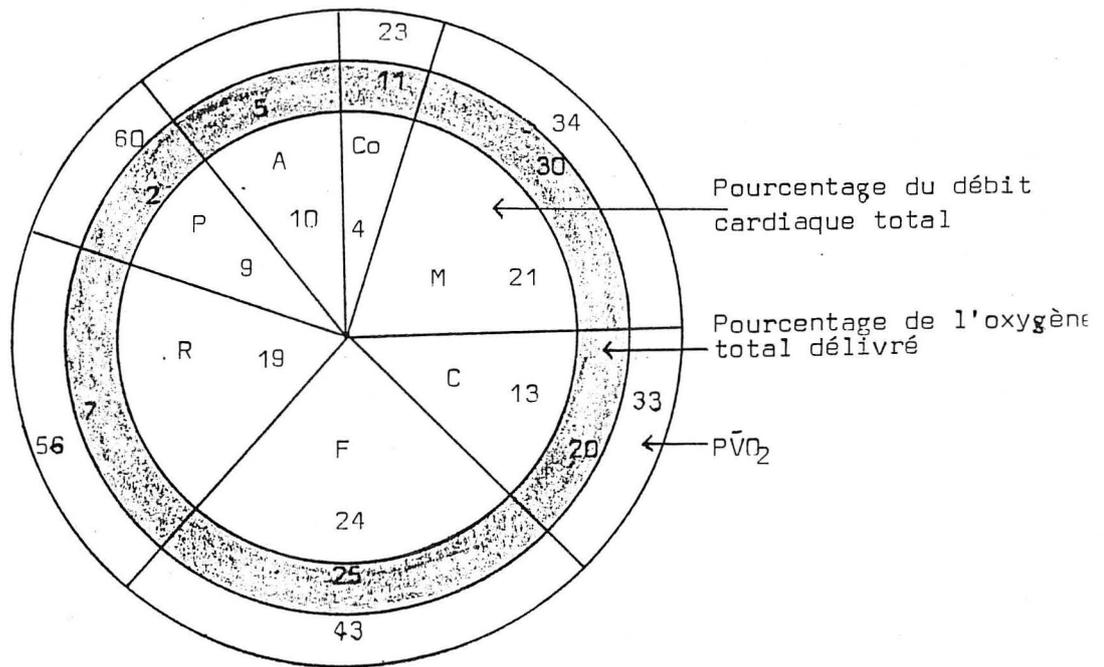


Fig. 15

Distribution des flux sanguins et d'oxygène dans divers tissus.

- Le cercle central représente le débit cardiaque avec la répartition en % du débit dans chaque organe.
- Le cercle en grisé indique le % de l' O_2 totale délivrée à ces mêmes organes.
- Le cercle extérieur indique la pression veineuse d' O_2 et l'évaluation de l'extraction d' O_2 dans ces organes.

C = cerveau R = reins A = autres tissus M = muscles
 F = foie P = peau Co = coeur

(d'après Finch et Lenfant 1972) (61)

H) La circulation capillaire

L'extension du lit capillaire (9 -24 - 44-53 -218-225)

surtout musculaire et myocardique amène théoriquement une amélioration du flux sanguin tissulaire. Mais, étant donné l'augmentation de la viscosité sanguine, le transit intracapillaire se ralentit, si bien qu'il est difficile de chiffrer le gain réel de débit. Nous reverrons cette question à propos des échanges tissulaires.

I) La fonction veineuse

Les modifications de compliance et de résistance déjà décrites qui se développent chez le nouvel arrivant, se retrouvent chez les acclimatés et les natifs (35-48-112-133).

J) La circulation pulmonaire

L'HTAP est incontestable, tant chez les sujets acclimatés que chez les natifs (32- 81-157-229).

Les enfants nés en altitude présentent une HTAP supérieure à celle des adultes jusqu'à l'âge de 4 ou 5 ans, puis elle baisse pour rejoindre les valeurs des adultes. Au contraire, les enfants nés à basse altitude n'ont une HTAP que durant les quatre premières semaines de vie.

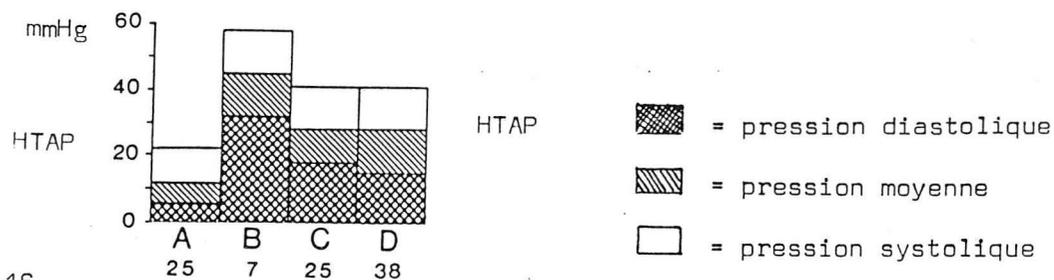


Fig. 16

Populations A = adultes au niveau de la mer
B = enfants de 1 à 5 ans à 4540 m
C = enfants de 6 à 14 ans à 4540 m
D = adultes à 4540 m

(d'après Pénaloza 1962)(156)

Différentes hypothèses tentent d'expliquer cette HTAP :

- accroissement du volume sanguin et de la viscosité par augmentation du volume des cellules sanguines que la baisse du volume plasmatique ne compense pas,
- hyperfibrinogénémie avec microthromboses (ceci ne semble exister qu'en cas d'OAPH)
- vasoconstriction des capillaires intra-alvéolaires
 - . soit par action de l'histamine
 - . soit par action directe de l'hypoxie sur les fibres musculaires lisses des vaisseaux de l'arbre pulmonaire.

L'augmentation du volume sanguin et de la viscosité ne joue qu'un rôle faible. En effet, les natifs d'altitude transplantés au niveau de la mer conservent une HTAP longtemps après que leur numération ait rejoint les valeurs normales pour cette altitude. La baisse de l'HTAP ne sera que très progressive au cours des années (156).

Depuis Reeves (173), il est admis que c'est l'hypoxie alvéolaire, et non l'hypoxémie qui engendre l'HTAP par un mécanisme indirect. La baisse de PAO_2 favorisant la formation et la libération de l'histamine par les mastocytes périvasculaires, provoquerait une vasoconstriction.

Différents travaux, en altitude simulée et réelle, concluent à une augmentation des mastocytes périvasculaires en volume et en nombre (81-110-214-239).

Mais Tucker (216), après un travail sur six familles de mammifères exposés à 4500 m, émet la conclusion que l'accroissement des mastocytes est une réponse à l'HTAP et non la cause. Selon lui, l'histamine et les autres agents libérés par les mastocytes, devraient dilater l'arbre artériel pulmonaire, en réponse à la vasoconstriction hypoxique, plutôt que d'entraîner une vasoconstriction.

Partant de là, Harris et Heath (90) émettent l'hypothèse que l'hypoxie agit directement sur la cellule musculaire lisse des parois de la portion terminale du réseau artériel pulmonaire. Ainsi, les cellules musculaires, sensibles à une chute de la PAO_2 , lui répondrait par un système biochimique d'amplification du stimulus, avec augmentation de production et d'hydrolyse de l'ATP par les cellules musculaires lisses.

Pour l'instant, il n'existe pas d'arguments expérimentaux permettant de réfuter ou de maintenir cette hypothèse.

Cependant, la vasoconstriction permanente hypoxique du réseau pulmonaire conduit à une musculature progressive de la portion terminale des artères, si bien qu'elles ressemblent à des artérioles systémiques et participent ainsi à l'accroissement des résistances pulmonaires. Ceci augmente la charge de travail du ventricule droit, et conduit à son hypertrophie.

Cette musculature explique également le fait que, si un sujet acclimaté inhale de l'O₂ pure, il n'y a pratiquement pas de diminution de son HTAP.

Le degré d'HTAP est variable en fonction de facteurs individuels génétiques. Il existe des sujets "sensibles" et des sujets "résistants". Les travaux de Weir (230) retrouvent cette séparation chez des populations de rats durant deux générations.

Nous dirons donc que l'hypoxie d'altitude entraîne une HTAP, d'installation précoce, de renforcement progressif, avec de grandes variations individuelles. Elle conduit à une vasoconstriction avec musculature des extrémités de l'arbre artériel pulmonaire, sans que le mécanisme générateur en soit parfaitement élucidé.

II 2.3 - La fonction respiratoire du sang

A) La diffusion pulmonaire

A notre connaissance, il n'existe pas de travaux décrivant

l'évolution de la diffusion pulmonaire, au cours de l'acclimatement à l'altitude, si ce n'est une évolution des volumes, avec

- . ↗ V_t
- . ↗ de VR faisant évoquer une augmentation de capacité totale, et donc gain de surface ? (175)

Diverses études portent sur des sujets nés et vivant en altitude, concluent à une augmentation de 20 à 30 % de leur capacité de diffusion (40-103-175). On apporte diverses explications :

a) augmentation de la surface interne des poumons. Ceci repose sur différents faits :

- ↗ de VR et V_t (103)

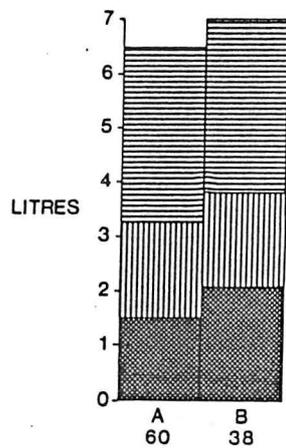


Fig. 17

Comparaisons de capacité totale pulmonaire chez des adultes vivants :

- . au niveau de la mer : A (60 sujets)
- . en altitude, 4540 m : B (38 sujets)

- [diagonal lines] = volume résiduel
- [vertical lines] = capacité fonctionnelle
- [horizontal lines] = capacité totale

(d'après Hurtado) (103)

- augmentation du volume pulmonaire chez des rats soumis à l'hypoxie durant leur croissance, en comparaison à d'autres soumis à une hyperoxie et à un troisième groupe élevé en normoxie (21).

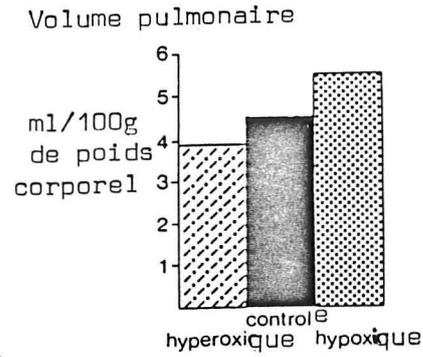


Fig. 18

(d'après Burri et Weibel) (21)

- observation de l'horizontalisation des côtes chez les natifs d'altitude (13°) par rapport aux séjournants (21°). Ceci laisserait supposer une augmentation du volume thoracique (225).

- élargissement thoracique chez les sujets nés et vivant en altitude (93).

Mais ces modifications sont d'autant mieux acquises que le sujet est soumis plus précocément à l'hypoxie (66).

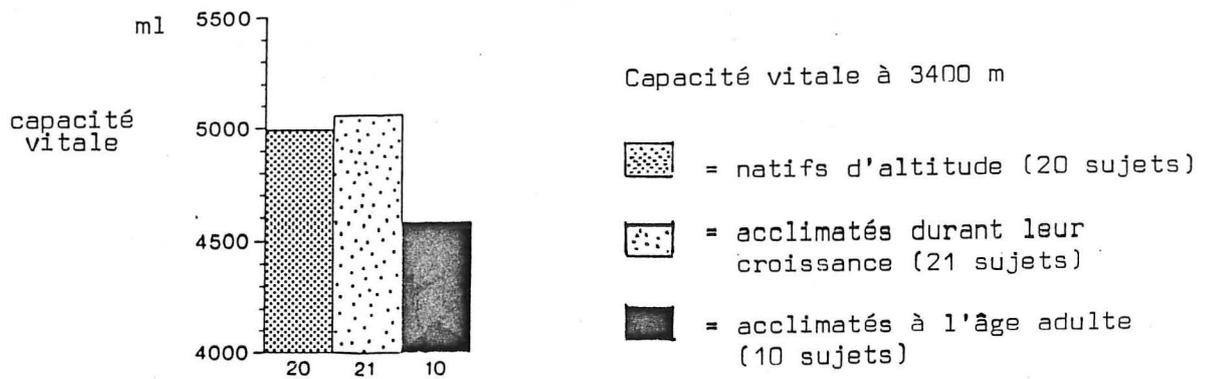


Fig. 19

Toutefois, actuellement, il n'existe pas de mesures scientifiques morphologiques de la surface du tissu pulmonaire permettant d'affirmer de façon irréfutable cette thèse.

b) l'HTAP conduirait à une perfusion plus uniforme du parenchyme pulmonaire surtout des apex. De plus, associée à une augmentation du volume sanguin total, elle susciterait l'ouverture de réseaux capillaires avec perfusion de zones normalement fermées, au niveau de la mer.

En fait, le résultat de ces mécanismes serait l'amélioration du rapport ventilation/perfusion. Bien qu'on ne puisse l'expliquer absolument, il n'en demeure pas moins que la capacité de diffusion s'améliore en altitude.

En effet, $PAO_2 - PaO_2$ qui oscille entre 6 et 17 au niveau de la mer, tombe à 1 ou 2 mm de Hg à 4500 m (103-210).

B) Les gaz du sang

Les modifications des gaz du sang sont importantes dans les processus d'acclimatement.

Nous donnons un schéma de l'évolution de différents paramètres durant 20 J à 4300 m, d'après Ward (225).

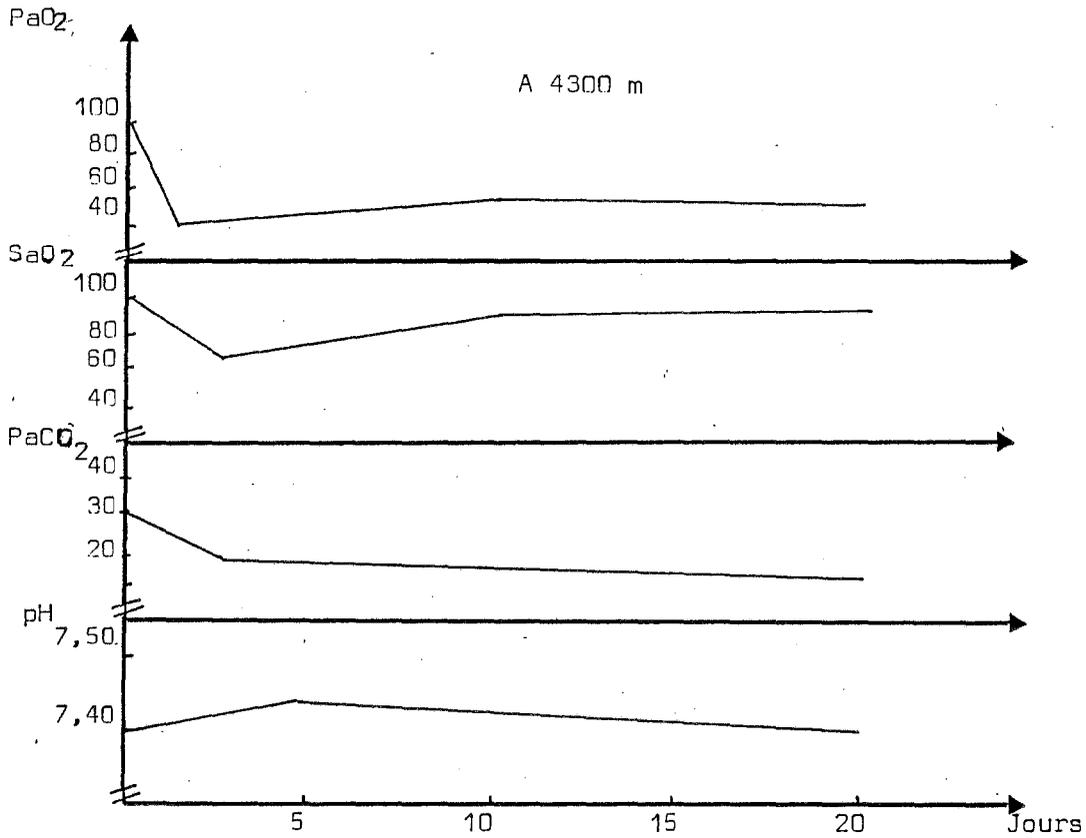


Fig. 20

Remarques :

- La remontée du CaO₂ résulte de :

- . l'hémoconcentration
- . mobilisation des érythrocytes des réserves, hépatique, splénique, médullaire
- . accroissement de l'érythropoïèse à partir de J + 8, J + 12.

- La SaO₂ baisse proportionnellement moins que la PaO₂ car il y a une augmentation de l'affinité de l'hémoglobine pour O₂ en raison de :

- . l'alcalose respiratoire
- . la désoxyhémoglobine qui est un acide plus faible que l'oxyhémoglobine.

- Après une chute brusque, la PaCO₂ diminue ensuite très lentement jusque vers J + 20 et se stabilise ensuite.

Les natifs ont une PaO₂ plus basse par rapport aux résidents acclimatés, en raison de leur sensibilité moindre à l'hypoxie et d'un débit ventilatoire inférieur pour une même altitude. Ils ont une PCO₂ plus haute, avec un contenu artériel en O₂ meilleur reflétant une adaptation hématologique plus fine.

Oxygénation du sang

	Niveau de la mer	2300 m	4500 m	5300 m	5800 m	6500 m
NATIFS D'ALTITUDE						
Hémoglobine g/100 ml		17,7	20,1	22,9		
Capacité en O ₂ ml/100		23,8	26,9	30,5		
Contenu artériel en O ₂ ml/100		21,3	22,6	23,2		
% de saturation		91	80	76		
VISITEURS EN ALTITUDE:ACCLIMATES						
Hémoglobine g/100 ml	14,5		19,5	19,8	19,6	20,5
Capacité en O ₂ ml/100	19,5		24,8	25,1	26,2	27,4
Contenu artériel en O ₂ ml/100	18,7		19,7	18,9	17,5	19,2
% de saturation	97		80	75	67	65

Tableau 6

d'après Ward (225)

C) Transport et relargage tissulaire de l'O₂

Nous l'avons vu, la quantité d'O₂ délivrée aux tissus se calcule à partir de la formule

$$\text{O}_2 = \text{Q} \cdot \text{C} \times (\text{Hb}) \times 1,3\theta (\text{SaO}_2 - \text{S VO}_2)$$

ml/min l/min g/l ml/O₂/g Hb

a) Le débit cardiaque après une augmentation entre J 0 et J + 3 revient à la normale vers J + 10, J + 12. Et à long terme, il tend même encore à baisser légèrement. Il n'intervient donc pas ici.

b) (Hb) : depuis de nombreuses années (Viault 1891), on sait que l'augmentation de l'hémoglobine est un facteur d'adaptation à l'altitude. La réaction débute très tôt (2 heures après l'exposition), et atteint son maximum vers le 10ème - 14ème jour, où la production d'hématies est de 30 à 40 % supérieure à celle du niveau de la mer (178).

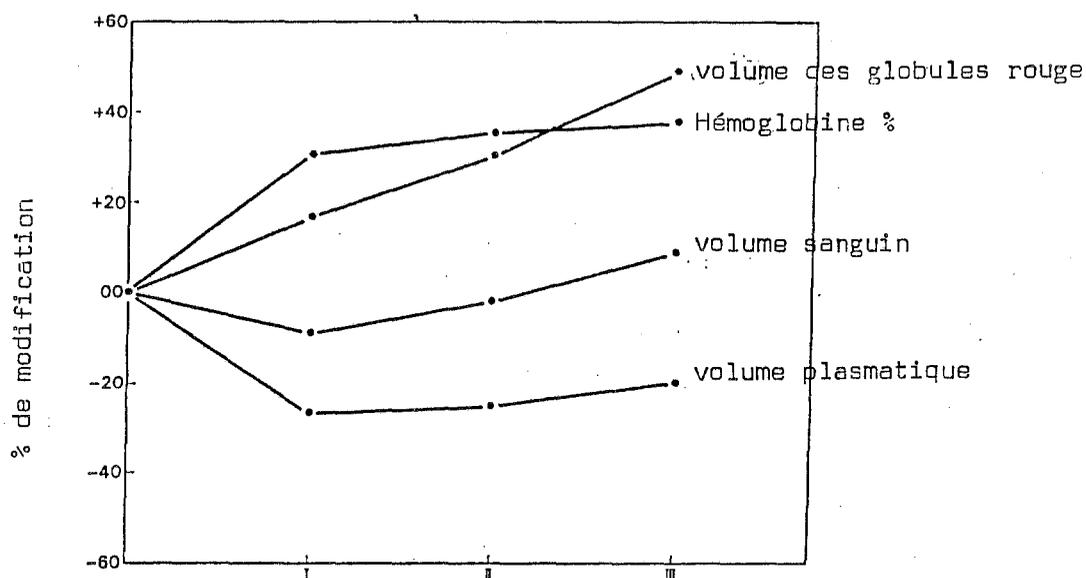
En même temps, le "turn over" du fer augmente (de 0,37 à 0,54, voire 0,91 mg/J/kg de poids) (178-225) puis chute à nouveau au bout de 6 mois.

Dans le même temps, il se produit une crise réticulocytaire (de 18 à 45,5 10⁹ /l) (225-103).

Au total, on constate une augmentation

- de l'hématocrite (de 45 à 60)
- du nombre de globules rouges (de 5 → 6,5 10¹² /l)

- du taux d'hémoglobine (14,5 → 22g/dl)
- du volume sanguin total (80 → 110ml/kg)
- baisse du volume plasmatique de 15 à 20 % jusqu'au 15ème - 20ème jour et il reste abaissé.



Variations moyennes

chez 4 sujets pendant 8 mois dans l'Himalaya

I : après 16 semaines entre 4000 et 5800 m

II : après 3 à 6 semaines à 5800 m

III : après 9 à 14 semaines à et au-delà de 5800 m

Fig. 21

d'après Ward (225)

Il y a donc une augmentation importante de la concentration de l'hémoglobine et ceci est fonction de l'intensité du stimulus hypoxique.

Il en résulte également une amélioration du pouvoir tampon du sang qui va compenser la perte des bicarbonates plasmatiques. Ainsi en altitude, le pouvoir tampon du sang est supérieur à celui du plasma.

Cependant, dans les Andes, les natifs conservent un taux d'Hb plus élevé que celui des sujets acclimatés, du moins si ceux-ci ne résident pas en altitude depuis de nombreuses années.

En effet, après plusieurs années, l'équilibre est pratiquement atteint (178), mais il y a des limites, et au-delà de 6000 m, et pour des PaO_2 inférieures à 60 mmHg, il y a une baisse de synthèse de l'Hb et de production d'hématies.

Le dérèglement de l'équilibre érythropoïétique en altitude conduit à la maladie de Monge avec :

- . augmentation exagérée - de l'hématocrite
 - du volume des hématies
 - du volume sanguin total
 - de la viscosité
- . baisse du volume plasmatique.

c) La saturation artérielle en O_2 dépend de la

. PaO_2 et du taux d'Hb. La chute de la PO_2 est partiellement compensée par une élévation du taux d'Hb. Nous avons vu l'évolution de la courbe de dissociation de Hb en fonction de l'altitude et de l'action

du 2.3.D.P.G. pour ramener, puis déplacer la courbe vers la droite. Le taux de 2.3.D.P.G. est sensiblement plus élevé chez les sujets vivant en altitude (52) et nous l'avons décrit, son ascension est très rapide chez les visiteurs venant de la plaine.

. Le pH en 15 à 20 jours retrouve sa valeur normale.

. La PCO_2 reste basse et favorise donc, au niveau pulmonaire, la formation de l'oxyhémoglobine.

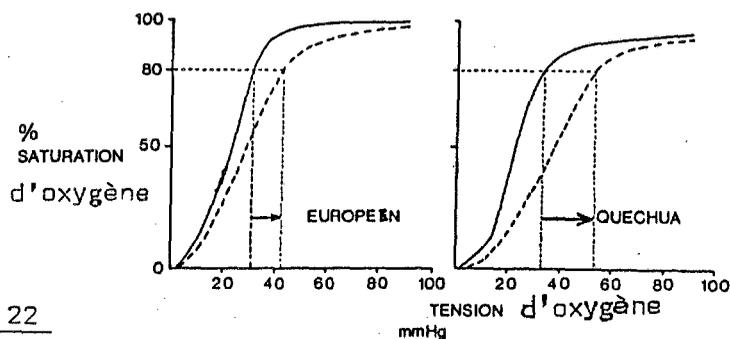


Fig. 22

La comparaison entre des Européens et des Indiens Quéchuas montre une augmentation de l'effet Bohr chez ces derniers, si bien qu'ils ont une baisse de l'affinité de l'hémoglobine pour l' O_2 à des pH bas, tels ceux des tissus : 6,7 (-----) comparativement à des pH physiologiques plasmatiques : 7,4 (———).

A noter à P_{80} l'accroissement de la tension d' O_2 pour des pH bas. Ainsi ces sujets peuvent libérer plus d' O_2 au niveau des tissus pour une même P_{O_2} . A P_{50} , l'écart reste aussi important.

d) Courbe de dissociation de l'Hb et altitudes extrêmes.

Toutefois, des études portant sur la courbe de Barcroft d'animaux typiques des hautes altitudes (lamas, alpagas, vigognes,

yacks) (147) montrent toutes que leur Hb a une très forte affinité pour l'O₂. Ceci aurait tendance à diminuer le débit tissulaire d'O₂. Ces résultats paradoxaux s'accompagnent d'autres modifications hématologiques, comparativement à l'homme à ces altitudes :

- taux de Hb nettement plus faible : 14 g contre 20
- hémocrite plus bas : 40 % contre 60 %
- polyglobulie plus importante : $12 \cdot 10^{12}/l$ contre $6 \cdot 10^{12}/l$
- abaissement du V.GM : 25 *f*l contre 90 *f*l
- abaissement du C.C.HM : 11 contre 31
- microcytose ellipsoïdale
- accroissement du "turn over" du fer
- baisse de la durée de vie des hématies à 60 jours
- hyperactivité érythropoïétique
- hyperdestruction splénique (147)

Ainsi, il y aurait un haut degré d'adaptation avec des hématies plus petites, plus nombreuses, développant une surface plus grande pour améliorer le contact avec l'O₂ et, diminuant la viscosité sanguine, améliorer la circulation pulmonaire, et surtout tissulaire.

Ces résultats diffèrent sensiblement de ceux observés chez les Sherpas où, à 5300 m, Ceretelli (25) trouve que :

- la numération ne s'écarte pas des valeurs normales
- l'hémoglobine est augmentée : 20g/dl

- l'hématocrite est élevé : environ 62 %.

Il y a donc une augmentation du V.G.M. et C.C.H.M. Cependant, comme les animaux acclimatés, ils présentent une augmentation de l'affinité de Hb pour O_2 et une courbe de dissociation de Hb déplacée à gauche.

Des Sherpas vivant à 4000 m ont le même taux d'hémoglobine que des Indiens des Andes à 2300 m avec un taux de saturation d'Hb de 84 % contre 92 % (71).

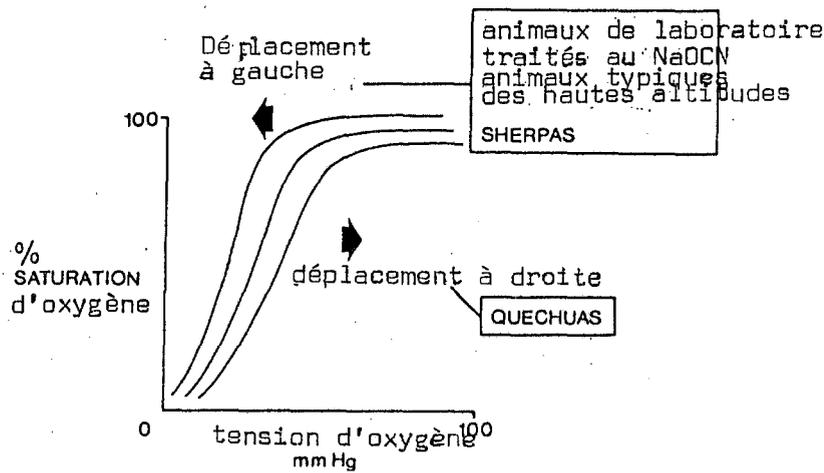


Fig. 23

Courbe de Barcroft

Déplacée . à droite : Indiens des Andes

. à gauche : Sherpas

. animaux de haute altitude

. animaux de laboratoire traités au cyanate de sodium (159)

(d'après Heath et Williams) (93)

Une expérience sur des rats "acclimatés" de manières différentes, montre que les animaux ayant une augmentation de l'affinité de Hb pour O₂, donc un déplacement à gauche de la courbe de Barcroft, résistent à des hypoxies aiguës sévères, léthales pour 95 % de la population de référence (159).

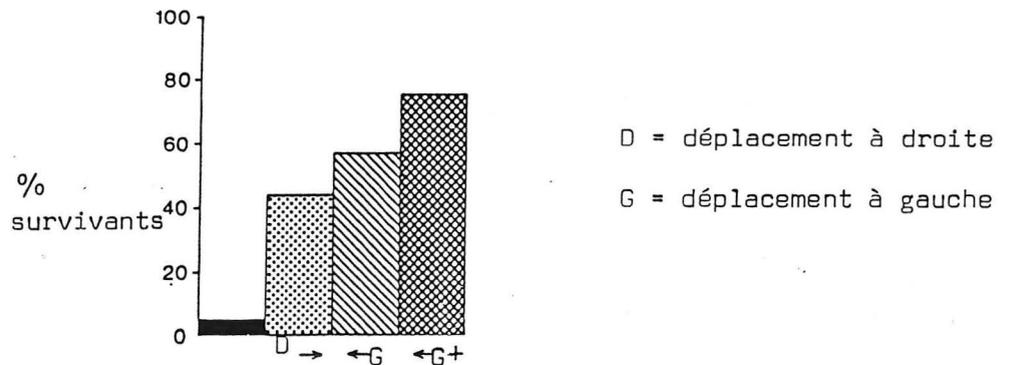


Fig. 24

% de rats survivants dans 4 populations différentes, soumises brutalement à une altitude simulée de 8400 m durant 90 minutes.

- : population de référence
- ▤ : rats acclimatés à 4570 m pendant 9 semaines. Ils ont . augmentation de P50
 - . augmentation de 2.3.D.P.G. donc une meilleure libération tissulaire d'O₂
- ▥ : rats exposés au CO₂ pendant 9 semaines. Ils n'ont . pas de variation de 2.3.D.P.G.
 - . chute de la P50 donc une meilleure saturation en O₂ du sang
- ▦ : rats traités par du cyanate de sodium pendant 10 jours. Ils ont
 - . grande baisse de P50
 - . baisse du 2.3.D.P.G. donc une augmentation de la saturation en O du sang mais une diminution de la libération tissulaire de l'O₂.

C'est cette population qui résiste le mieux.

Ainsi, l'augmentation d'affinité de l'Hb pour O_2 et la diminution du relargage tissulaire apparaissent comme des moyens d'adaptation et de protection des organismes en hypoxie aiguë sévère. Ces phénomènes n'ont pas encore trouvé d'explications claires.

Ainsi, deux phénomènes apparemment contradictoires, se rencontrent dans l'acclimatement :

- d'une part, une diminution de l'affinité de l'Hb pour l' O_2 avec glissement à droite de la courbe de Barcroft facilitant le relargage tissulaire,
- d'autre part, une augmentation de l'affinité avec déplacement à gauche de la courbe tendant à ralentir le flux d' O_2 vers les tissus.

En définitive, il semblerait que le premier système intervienne plus à des altitudes où la PaO_2 n'est pas critique, et que le second viserait d'abord, pour des PaO_2 très basses, à préserver une PaO_2 suffisante de façon à ce que les échanges tissulaires soient encore possibles.

D) La diffusion tissulaire

Le dernier stade d'acclimatement respiratoire à l'altitude se situe au niveau tissulaire. A basse altitude, la pression de diffusion d' O_2 des capillaires à la mitochondrie la plus proche est de 30 mm de Hg. In vivo, il est très difficile de suivre les modifications de PO_2 à ce niveau, mais on sait qu'une baisse de 20 à 25 mm de Hg à l'extrémité veineuse du capillaire met en danger la vie du cordon cellulaire qui

l'entoure.

Deux modifications principales vont diminuer les risques tissulaires :

- diminution de la distance intercapillaire par amélioration du réseau
- augmentation de la myoglobine intratissulaire aidant à la diffusion de l'O₂ et à la constitution de réserves dans les tissus hypoxiques.

D'autres mécanismes semblent également intervenir :

- augmentation du cytochrome P450
- augmentation du nombre et de la surface des mitochondries.

a) Augmentation de la capillarisation tissulaire.

Nous l'avons vu, plusieurs auteurs (9 -24 -44 -53 -28 -225) se basant sur des études faites chez des animaux, concluent à l'augmentation du lit capillaire, surtout au niveau musculaire et myocardique. Il en résulte donc :

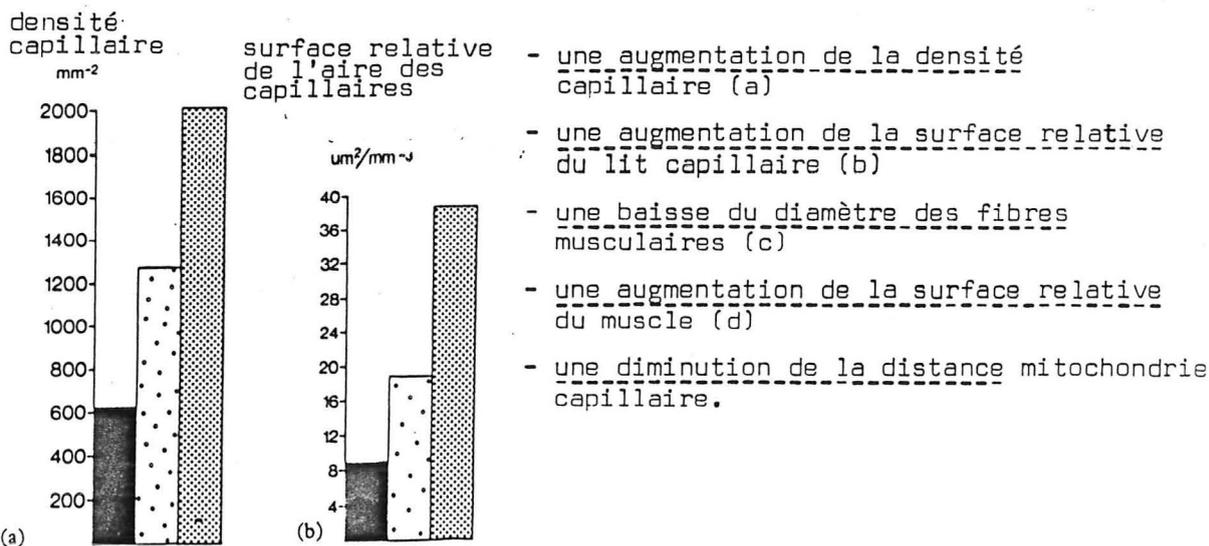
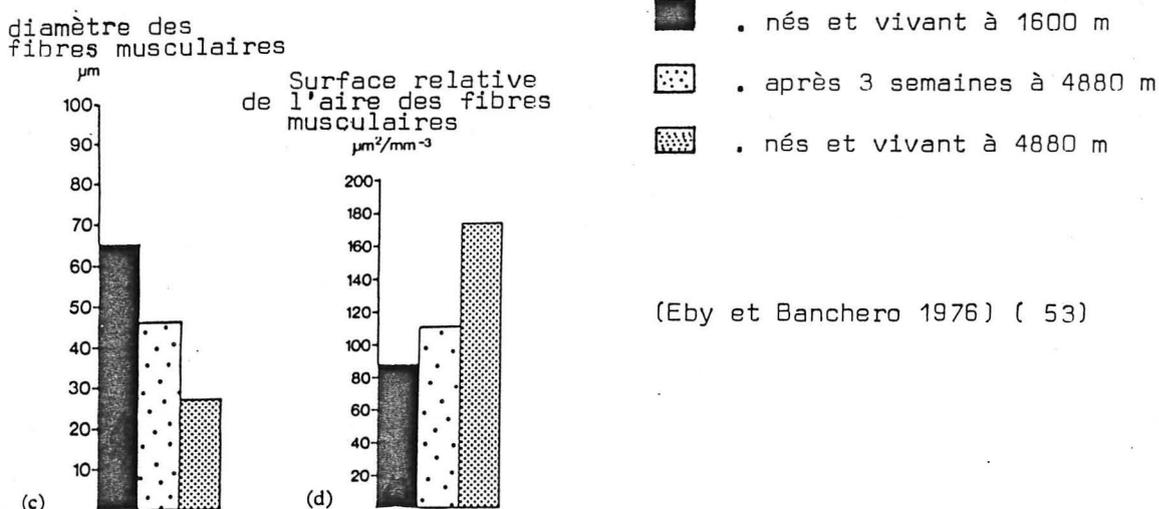


Fig. 25

D'après une étude sur le muscle sternothyroïdien de chiens adultes



(Eby et Banchemo 1976) (53)

Fig. 26

On ne sait pas actuellement s'il s'agit de néocapillaires ou d'ouverture de capillaires non fonctionnels à basse altitude.

b) La myoglobine

est une protéine constituée d'une seule chaîne de 152 acides aminés, pourvue d'un groupe hémique ayant la propriété de réaliser une liaison labile avec l' O_2 . La myoglobine peut fixer l' O_2 rapidement et pour des P O_2 très basses, telles que l'on en trouve dans les tissus. Elle libère l' O_2 dès que l'activité cellulaire augmente.

Ward (229) note que la liaison myoglobine- O_2 peut se faire pour des P O_2 extrêmement basses. Ainsi, pour une PaO_2 de 40 mmHg, l'Hb est saturée à 75 % et la myoglobine à 95 %, et pour une PaO_2 de 10 mmHg, l'Hb est à 10 % et la myoglobine à 70 %.

Le contenu en myoglobine d'un muscle dépend de la durée d'activité et de l'intensité du travail auquel il est soumis. Le taux est d'autant plus haut que ce muscle peut soutenir plus longtemps son activité.

Il ne fait aucun doute que le taux de myoglobine est accru en altitude.

Au niveau des muscles squelettiques, il est de 6,07 à 7,03 mg/g tissu frais à 4300 m (102-177-211).

Ainsi, la myoglobine, proche parente de l'Hb, facilite la diffusion et le stockage de l'O₂ dans les tissus. La diffusion se fait six fois plus vite que par dilution simple à travers les liquides inter et intracellulaires (237).

c) Les cytochromes P.450

Nous l'avons déjà mentionné comme élément accélérateur du transport de l'O₂ à travers les membranes cytoplasmiques (127).

d) Les mitochondries

sont en définitive les consommateurs de l'O₂, et les productrices de l'énergie cellulaire. Il paraissait logique de concevoir que, étant donné leur importance, elles entrent aussi dans le grand "remue-ménage physiologique" de l'acclimatement.

Cependant, les résultats sont fort contradictoires. Pour les uns (153), il existe une augmentation de 40 % du nombre des mitochondries

alors que pour d'autres (111), il n'y a pas de modifications ni en nombre, ni en volume, ni en surface de crêtes, d'autres encore détectent une augmentation de la succinyl déhydrogénase (89). Ce résultat est mis en cause car cette augmentation d'activité ne peut être rattachée ni à une élévation de surface interne, ni au volume des mitochondries.

La diversité des résultats sont sans doute plus le reflet des

- techniques d'études utilisées
- variétés d'animaux utilisés

que les reflets de la réalité.

De plus, les réactions biochimiques mitochondriales sont d'une telle efficacité, qu'il n'est peut-être pas nécessaire d'augmenter leur nombre ou leur capacité quand l'O₂ baisse ?

Au total, au niveau tissulaire, l'adaptation semblerait guidée plus vers une amélioration du transport de l'O₂ par

- extension du réseau capillaire
- augmentation de la myoglobine
du cytochrome P 450

que vers une amélioration des capacités d'utilisation au niveau mitochondrial. En effet, ici aussi, il semblerait que : "qui peut le plus, peut le moins".

II 2.4 - Modifications métaboliques et hormonales

A) Le métabolisme de base

L'augmentation maximale du métabolisme de base se situe vers le 6ème, 7ème jour, puis il baisse ensuite jusque vers la 3ème semaine (149). Ceci correspond à un moindre catabolisme tissulaire des hormones thyroïdiennes.

A long terme, à haute altitude, le métabolisme des natifs du niveau de la mer augmente progressivement (71). Les montagnards nés, ont un métabolisme de base sensiblement plus haut que les visiteurs (149).

B) Les éléments énergétiques

1) Les protéines

Chez l'acclimaté, après plusieurs semaines, certaines protéines plasmatiques baissent, telle la sérumalbumine, d'autres augmentent telles les gammaglobulines (176-198-225).

A des altitudes supérieures à 5000 m, il existe souvent un bilan azoté négatif avec catabolisme des protéines endogènes entraînant fonte musculaire et perte de poids. Ceci est en grande partie lié à la diminution de prise alimentaire, et Ward (225) constate que l'adaptation est d'autant meilleure que l'appétit est bon et la perte de poids plus faible.

2) Les lipides

Baradwaj observe une baisse significative des réserves graisseuses de l'organisme lors d'une exposition prolongée en altitude (12), alors que dans une autre étude, il conclut à une élévation de la teneur lipidique somatique au bout de 4 semaines.

Pour comparer ces résultats, il faudrait tenir compte de l'activité moyenne des deux populations et de leur degré d'exposition au froid.

En effet (225), en altitude, il semblerait que les sujets aient tendance à utiliser les graisses pour lutter contre les rigueurs du climat. Les natifs ont des taux moyens de cholestérol, lipides totaux, triglycérides et beta lipoprotéines plus bas (158).

3) Les glucides

La glycémie à jeun baisse en exposition chronique (16-62). Pour certains, cette baisse survient au bout de 3 semaines (après une élévation initiale), pour d'autres au bout de 10 mois.

Les natifs des montagnes ont également un niveau glycémique inférieur, mais les tests de tolérance au glucose, tant oraux que parentéraux, montrent un accroissement d'utilisation du glucose (107-161).

Aux altitudes extrêmes, le goût marqué pour les aliments doux s'intensifie, même chez des sujets aussi bien acclimatés que possibles (225).

C) Métabolisme hydroélectrolytique

1) L'eau

Après les modifications que nous avons décrites en aigu, si l'exposition se prolonge, le bilan hydrique se normalise, bien que le volume plasmatique demeure abaissé. Chez les natifs, le bilan reste dans la fourchette des valeurs physiologiques.

Au-delà de 6700 m, le bilan devient négatif et les personnes se déshydratent car :

- la sensation de soif s'émousse
- les pertes pulmonaires s'accélèrent

2) Le sodium

Le bilan sodé des sujets acclimatés et des natifs ne s'écarte pas des valeurs normales.

3) Le Potassium

Après une rétention potassique initiale sans doute en relation avec la baisse de l'aldostérone, la kaliémie retrouve des valeurs physiologiques, mais du fait de l'aldostéronémie plus basse, il semblerait que le potassium total soit accru. Ceci n'est pas prouvé.

D) Modifications hormonales

1) Hypophysaires

a) antéhypophysaires

- G.H. : des études menées sur des rats, nés et maintenus en hypoxie, montrent, par rapport à une population témoin :

- . retard staturo-pondéral plus marqué chez les femelles
- . retard de maturation sexuelle surtout pour les femelles
- . chute du taux de GH dans l'antéhypophyse (150)
- . taux plasmatique de GH normal.

Chez l'homme, Sutton (208) constate chez les natifs de 4500 m un taux basal nettement augmenté : $8,1 \pm 1,1$ contre $1,1 \pm 0,4$ mg/ml chez les natifs du niveau de la mer. Ceci rejoint la constatation que certains organes sont plus développés : coeur, masse sanguine, masse musculaire.

La G.H. facilite en outre la sécrétion de l'érythropoïétine et l'utilisation des acides gras libres et des lactates accrus en altitude.

- F.S.H. ne semble pas modifiée au niveau plasmatique mais accrue dans la glande (150).

- L.H. semble abaissée en hypoxie chronique.

- I.S.H. : le taux glandulaire est augmenté pour certains (135), inchangé pour d'autres (150) alors que la valeur plasmatique est fixe (150).

- A.C.T.H. : un taux élevé semble nécessaire pour maintenir une activité normale de la corticosurrénale (196- 150).

b) post-hypophyse

- A.D.H. : après la baisse initiale, le taux revient progressivement à la normale, à mesure que la balance hydrique se normalise. Chez les montagnards, elle n'est pas modifiée.

2) Surrénales

a) corticosurrénales

- glucocorticoïdes : après l'augmentation initiale, nous l'avons vu, l'activité glucocorticoïde des visiteurs revient à un niveau comparable à celui du niveau de la mer en quelques trois semaines (99).

Toutefois, il semble que pour des expositions prolongées à des altitudes extrêmes, il se produise une baisse des 17 céto et des 17 OH urinaires (après 60 jours à 5800 m) (163).

- minéralocorticoïdes : l'aldostérone est abaissée lors de l'exposition et reste basse (8 - 92-236). Deux faits appuient ces données :

- . incidence faible de l'HTA en altitude (beaucoup d'HTA ont un hyperaldostéronisme)
- . involution de la glomérulée constatée chez des chiens et des rats après 5 mois en hypoxie (92).

La baisse est réelle. Elle n'est due ni à une altération de l'excrétion rénale des métabolites, ni à une modification de métabolisme (197).

b) médulosurrénales

- l'adrénaline ne subit pas de changement, que l'exposition soit aiguë ou chronique (96- 98-207).

- La noradrénaline présente de grands écarts, elle peut doubler en 14 jours, avec en outre d'énormes variations individuelles.

Elle s'élève d'autant plus que les sujets ont plus de difficultés d'acclimatement (96 - 154).

Elle se normalise à mesure que l'adaptation se fait (196). A long terme, il n'y a plus de différence entre les taux plasmatiques, au niveau de la mer, et en altitude, qu'il s'agisse de natifs résidents ou de visiteurs acclimatés.

3) Thyroïde

L'étude de la fonction thyroïdienne en hypoxie chronique se heurte à de multiples difficultés dont les principales sont :

- déficit en iode de beaucoup de régions de montagne
- action du froid sur le métabolisme des hormones thyroïdiennes.

Cependant, les travaux sur les animaux tendent à accréditer la thèse de la diminution d'activité de la glande en relation directe avec une baisse du métabolisme des hormones au niveau tissulaire (147-195).

Ceci constituerait un mécanisme important d'adaptation. En effet, la thyroxine inhibe les enzymes qui catalysent le métabolisme anaérobie, et augmentent la composante aérobie du système énergétique.

L'hypothyroïdie diminue l'utilisation de l'O₂, tout particulièrement au niveau cardiaque. Ainsi le coeur en situation hypoxique peut

augmenter ses réserves de glycogène, et mieux résister à l'agression (195).

Chez l'homme, ceci n'a pas été formellement démontré, mais l'hypothèse est fort plausible.

4) Rénales

- Rénine angiotensine :

Il semble bien que ce système soit impliqué dans la musculation de la portion terminale de l'artère pulmonaire.

En effet, l'hypoxie alvéolaire chronique stimule le système rénine (96), et au cours de la deuxième semaine, l'angiotensine 1 augmente au niveau des granulations juxtaglomérulaires, et l'activité rénine plasmatique augmente (209).

Nous l'avons vu, si on bloque l'angiotensine 1 il n'y a pas d'accroissement franc de l'HTAP. Ainsi pour Zakheim (240) l'hypoxie chronique exerce ses effets à travers le système rénine angiotensine.

- L'érythropoïétine

Après une élévation franche, au bout de quelques jours, elle revient à un taux intermédiaire, supérieur à celui du niveau de la mer (59-195) puis en 10 jours elle retrouve un niveau identique à celui de départ.

5) Pancréatiques

A long terme, l'insulinémie diminue et le glucagon est lui élevé.

II 3 - ADAPTATION A L'EFFORT PHYSIQUE EN ALTITUDE

Introduction

Tous les alpinistes connaissent les effets néfastes de l'altitude sur la performance physique, et ceci depuis longtemps. Son altération est d'autant plus profonde que l'altitude est haute. Lors des jeux olympiques de Mexico en 1968 (2300 m), on s'est aperçu que n'étaient modifiées que les performances exigeant des efforts soutenus de plus de 1'30" à 2'. Pour les exercices courts, à très haut niveau énergétique, il n'y avait pas de modification. Ainsi, il apparaissait que les systèmes énergétiques anaérobies, créatine phosphate et dégradation du glycogène, n'étaient pas atteints, mais que seul le système de la glycolyse aérobie souffrait de la baisse de la pression d'O₂.

En outre, pendant fort longtemps, il était admis que, au-delà de 8000 m, l'homme ne pouvait pas fournir d'efforts soutenus sans l'apport d'oxygène. Or depuis, des alpinistes ont atteint le sommet de l'Everest (8880 m), et plusieurs autres sommets de plus de 8000 m, exigeant un engagement physique total, sans l'apport d'oxygène autre que celui de l'air. Depuis longtemps, on sait aussi que les hommes nés et vivant en altitude (jusqu'à plus de 4500 m) développent des capacités de travail nettement supérieures à celle des nouveaux arrivants d'altitudes plus basses. Ainsi, l'organisme peut, par différents mécanismes, compenser partiellement les perturbations du système énergétique aérobie quand la PO₂ diminue.

II 3.1 - Modifications lors d'une exposition aiguë

A- Respiratoires

1) Débit ventilatoire

Pour un exercice de puissance donnée, le débit ventilatoire \dot{V}_E est nettement augmenté en altitude (7 - 109). Toutefois, malgré cette augmentation du \dot{V}_E , il y a une diminution du débit d' O_2 .

En correction STPD, le \dot{V}_E est indépendant de l'altitude et il ne dépend que de la puissance du travail effectué (114-166).

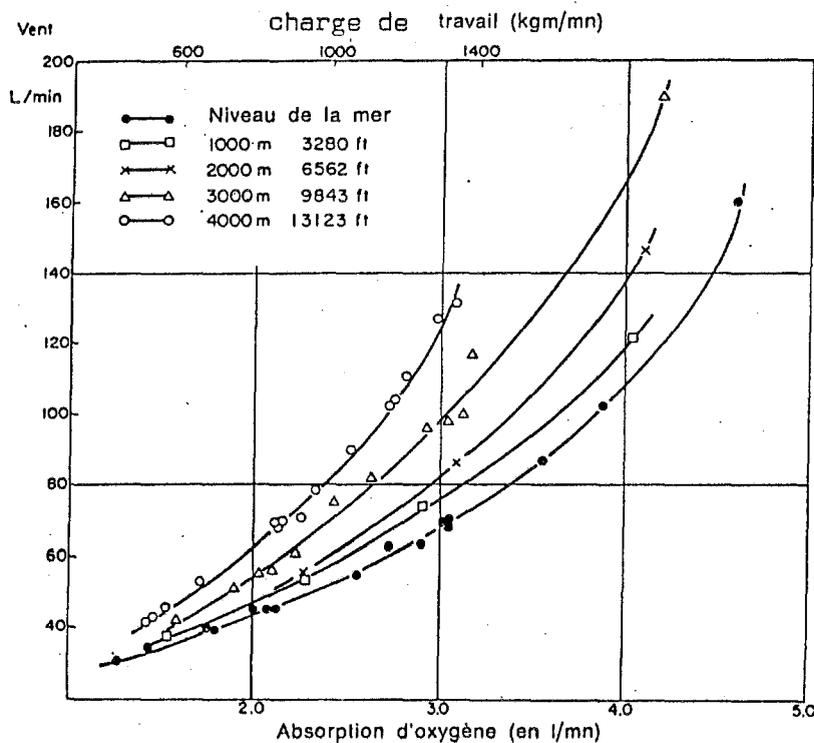


Figure-27 - Ventilation pulmonaire au cours de l'exercice à différentes altitudes. Les valeurs les plus élevées indiquent les absorptions maximum d'oxygène à chaque niveau. (D'après Åstrand, P.-O.: Acta physiol. Scandinav. 30: 343, 1954, adapté par Luft, U.C.: Aviation Physiology - The effects of Altitude. In Handbook of Physiology, Section 3; Respiration, Volume II. Édité par Fenn, W. O., et Rahn, H., American Physiological Society, 1965.)

Cette hyperpnée résulte de l'action de l'hypoxémie sur les chémorécepteurs ~~si~~ carotidiens et aortiques, dont les influx vont alerter le centre respiratoire bulbaire. L'hyperventilation va accélérer l'élimination pulmonaire du CO₂ et amener une alcalose respiratoire.

Cependant, l'acide lactique produit en début d'exercice tend à faire baisser le pH, mais la compensation n'est que partielle. En effet, si en altitude on supprime l'alcalose respiratoire en ajoutant du CO₂ à l'air inspiré de façon à obtenir une PaCO₂ normale (40 mmHg), les \dot{V}_E sont très nettement supérieurs à ceux mesurés précédemment. L'hyperventilation d'altitude est donc un compromis entre le "stimulus hypoxémie" et la nécessité de maintenir un équilibre acide-base dans des limites physiologiques (7).

2) La diffusion pulmonaire

La diffusion pulmonaire ne semble pas modifiée chez les nouveaux arrivants en altitude (232). Le gradient alvéolo-capillaire baisse en altitude, mais l'hyperventilation, en maintenant une PAO₂ suffisamment élevée, assure un transfert alvéolo-capillaire satisfaisant.

B) Cardio-vasculaires

1) La Fréquence Cardiaque (FC)

Pour une même charge de travail, sous-maximale, la FC est plus haute en altitude (25-112-163). Les résultats diffèrent quant à la FC maximale :

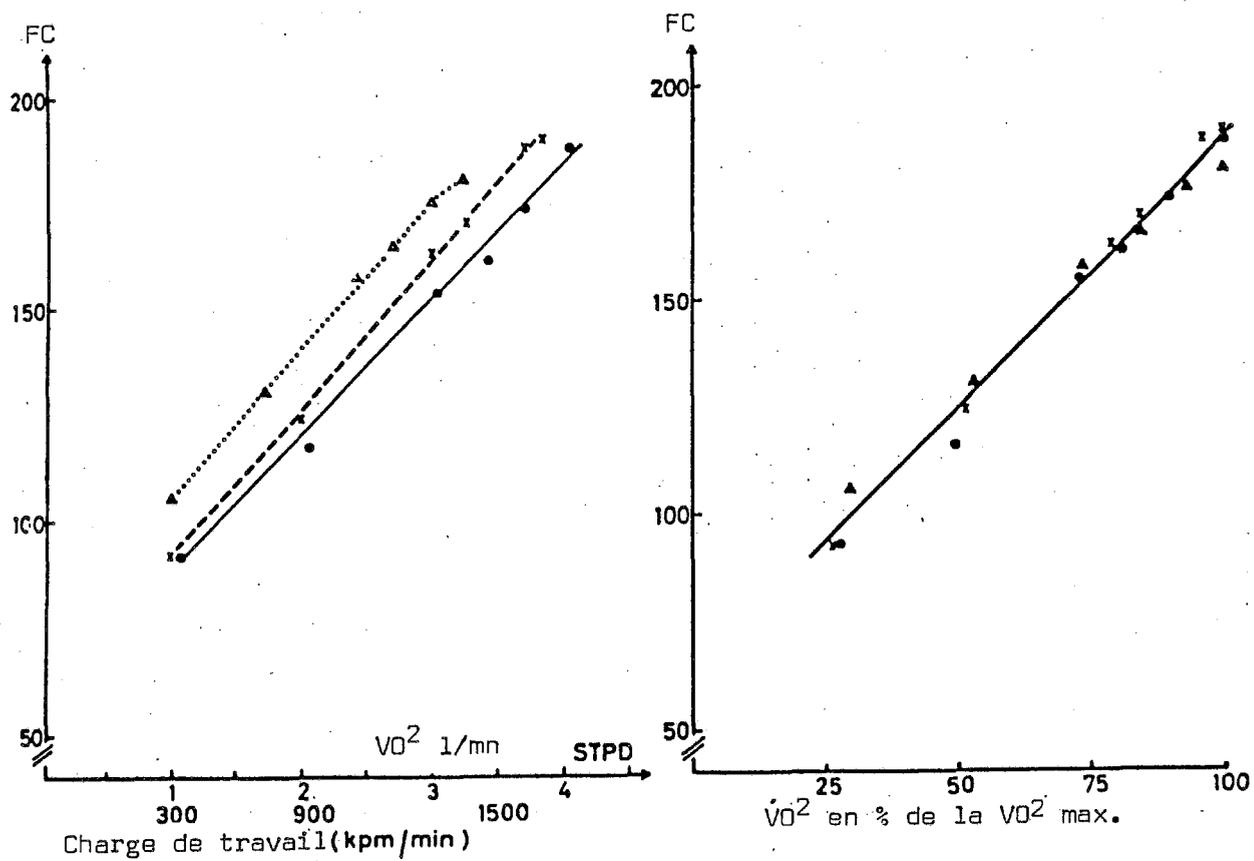


Fig. 28

Fréquence cardiaque pendant un exercice au niveau de la mer et à 2300 et 4000 m d'altitude.

- niveau de la mer
- ×— 2300 m
- △— 4000 m

d'après HERMANSEN

- . non modifiée pour certains auteurs en exposition aiguë (7)
- . la plupart, au contraire, enregistre une diminution d'autant plus nette que l'hypoxie est sévère (25-112).

2) Le volume systolique (VS)

Il subit, pour certains, une augmentation comparable à celle enregistrée au niveau de la mer pour des valeurs relatives similaires de travail. D'autres trouvent qu'il baisse, en réponse à l'action dépressive de l'hypoxémie sur le muscle cardiaque.

3) Le débit cardiaque

Il est augmenté en altitude pour une même puissance de travail en raison de

- l'augmentation de la FC
- l'augmentation du retour veineux par **veinoconstriction** cutanée hypoxique.

Le débit maximum, quant à lui, est diminué en raison de

- baisse de la FC max
- baisse du VS.

L'index cardiaque diminue de 15 % à l'exercice à 2370 m les premiers jours d'exposition (192).

Toutefois, à moyenne altitude, les modifications cardiaques demeurent discrètes et Sime (192) ne trouve pas de relation entre les modifications de FC, de VS et de débit, et la baisse des performances physiques.

4) La pression artérielle

Elle reste pratiquement inchangée pour un même niveau relatif d'effort, malgré l'augmentation du débit cardiaque. Ceci implique :

- soit une vasodilatation par action directe de l'hypoxémie sur les parois artérielles
- soit une ouverture des shunts artério-veineux (25).

La pression artérielle pulmonaire, déjà augmentée au repos, s'accroît encore de 30 % à l'effort (192) sans doute en raison d'une augmentation de débit sur des artères de calibre déjà réduit.

5) Débits de différents organes

A l'exercice, il y a une augmentation du débit du diaphragme et des muscles en activité et une baisse des flux rénaux et splanchniques. Ces modifications sont du même ordre en altitude, mais encore plus marquées.

Ces perturbations hémodynamiques ne sont pas sans inconvénients. En effet :

. la diminution du débit hépatique risque de gêner la néoglycogénèse,

. la baisse du flux cutané va perturber la thermorégulation. Le débit sudoral baissant, on enregistre, en conséquence, une élévation du seuil de réponse thermique avec augmentation de 0,5° de température interne et du sang (49). Ce système facilite la dissipation de la chaleur

par

- . augmentation de la perspiration
- . augmentation des pertes respiratoires liées à l'hyperventilation.

C) Le transport de l'oxygène

Les mêmes modifications qu'au repos vont intervenir :

- déplacement vers la gauche de la courbe de dissociation de l'hémoglobine en rapport avec la chute de PACO_2 . Ainsi, la baisse de CaO_2 ne sera pas proportionnelle à la baisse de PaO_2 .

- Diminution du pH tissulaire par augmentation des lactates tissulaires et donc amélioration de la libération d' O_2 à ce niveau.

- Mobilisation des hématies des réserves (moelle, foie, rate).

- Augmentation de la désaturation. Les sujets non acclimatés, qui déjà au repos voient leur désaturation augmenter, auront des réserves bien affaiblies pour l'exercice musculaire.

Mais le sang issu des muscles au travail au niveau de la mer, est déjà pratiquement à un taux de désaturation maximum. En altitude, malgré la baisse du CaO_2 , le muscle ne pourra pas augmenter la désaturation du sang, et la quantité d' O_2 fournie sera donc diminuée.

D) La consommation d'oxygène ($\dot{V}\text{O}_2$)

Les besoins en O_2 pour une puissance de travail donnée sont les mêmes à toutes les altitudes (109-113-171).

1) La $\dot{V}O_2$ maximale en état d'hypoxie est incontestablement diminuée (-25-27 -109-110-116-236).

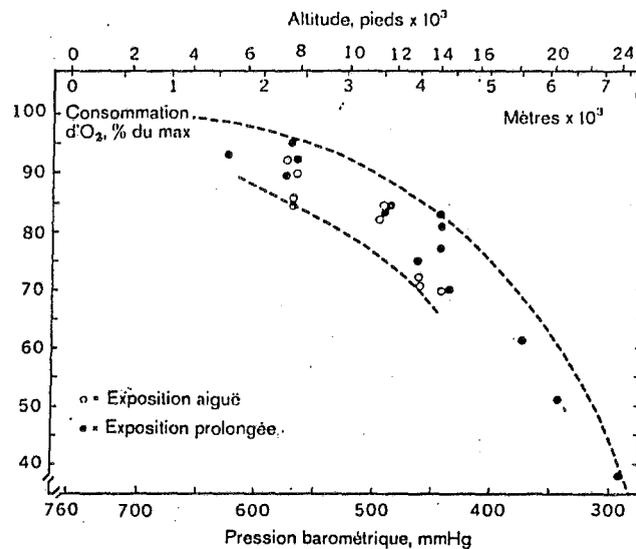


FIG. 29 — Diminution de la consommation maximale d'oxygène en fonction de la diminution de la pression barométrique liée à l'altitude. Les cercles vides représentent les valeurs obtenues en condition d'hypoxie aiguë; les cercles pleins représentent les résultats obtenus après des périodes d'acclimatement de différentes durées. En principe, les points représentant la consommation maximale d'oxygène en hypoxie aiguë se trouvent dans la région inférieure du champ situé entre les deux lignes en pointillé; l'acclimatement fait passer ces points dans la région supérieure de ce champ. (Résultats tirés de BALKE, 1960; PUGH, 1964; STENBERG et coll., 1966; BUSKIRK et coll., 1967; HANSEN et coll., 1967 b; SALTIN, 1967; ROSKAMM et coll., 1968.)

Différents facteurs expliquent cette baisse :

- diminution du débit cardiaque maximal, marqué surtout pour des altitudes supérieures à 4000 m,
- baisse du CaO_2 , en moyenne altitude il représente le facteur limitant princeps à la limitation de la performance.

Ainsi donc, l'augmentation du CaO_2 sera un facteur d'adaptation majeur.

Toutefois, en altitude, le rapport : % $\dot{V}O_2$ max / $\dot{V}E$ n'est pas modifié (94).

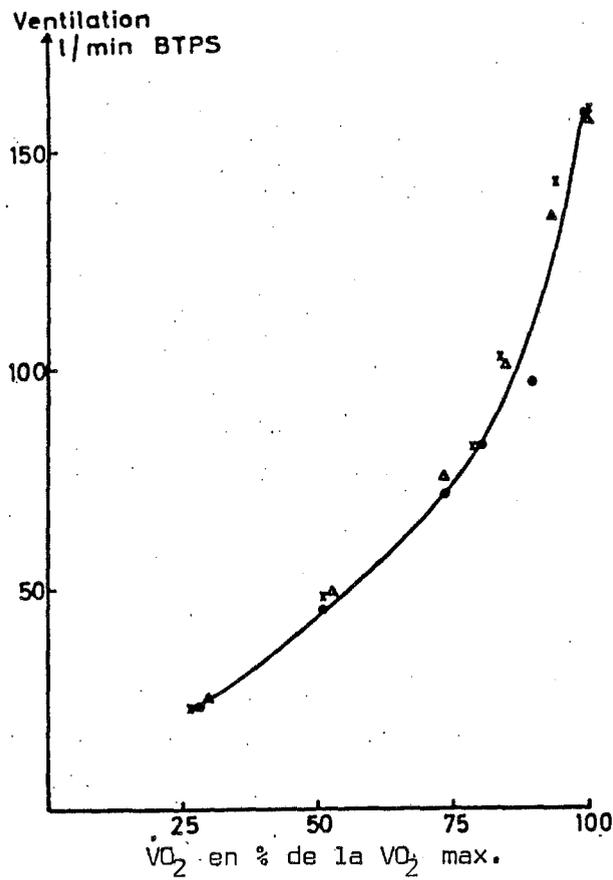


Fig. 30

Ventilation pulmonaire pendant un exercice au niveau de la mer et à 2300 et 4000 m d'altitude

- niveau de la mer
- ×× 2300 m
- △△ 4000 m

d'après HERMANSEN

2) La dette d'oxygène

La première partie de la dette d'O₂ n'est pas modifiée en altitude, puisque les performances faisant appel au système anaérobie ne sont pas modifiées.

La deuxième partie de la dette, celle résultant du dépassement du seuil anaérobie, apparaît beaucoup plus rapidement, car ce seuil est abaissé en altitude pour une même puissance de travail.

Le paiement de la dette d'O₂

. n'est pas modifiée en ce qui concerne la première partie :

- la reconstitution du stock de créatine phosphate
- la reconstitution du glycogène musculaire
- la reconstitution du stock d'O₂ intratissulaire.

. La discussion reste ouverte en ce qui concerne la composante tardive. Mais si l'on se réfère à la fraction de $\dot{V}O_2$ lors de l'exercice, il ne semble pas y avoir de modification.

E) Modifications biologiques

1) L'acide lactique (A.L.)

Nous l'avons mentionné, le seuil anaérobie s'abaisse avec l'altitude et le taux d'AL augmentera donc pour des puissances de plus en plus faibles.

Le niveau atteint, après un effort maximum, reste le même et en rapport du % de la $\dot{V}O_2$ maximale, les valeurs sont identiques à toutes les altitudes.

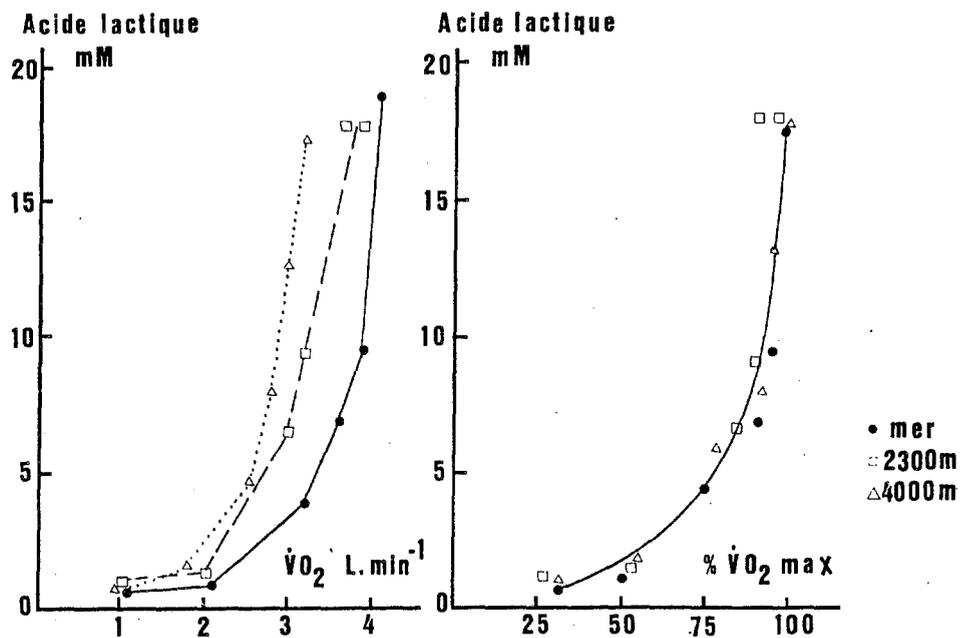


Fig. 31

Evolution du taux d'Acide Lactique en altitude en fonction du $\dot{V}O_2$ et du % de la $\dot{V}O_2$ maximale

2) Les métabolites énergétiques

a) les protéines : ne sont pas modifiées

b) les glucides

Les hypoglycémies fréquentes après efforts sont le résultat de :

- la stimulation de la glycolyse par l'hypoxie,

- la baisse du débit hépatique à l'effort, ce qui diminue la néo-glycogénèse,
- l'augmentation de sécrétion des catécholamines.

c) les lipides

A l'effort, il y a une augmentation de mobilisation des acides gras libres et une augmentation de leur utilisation. Ces modifications sont d'autant plus marquées que l'activité musculaire se prolonge. Ceci ne semble pas modifié à l'effort en hypoxie aiguë.

F) Modifications hormonales et enzymatiques

1) La GH : elle est très nettement augmentée lors d'un exercice musculaire en hypoxie aiguë, de 40 à 50 % à 4500 m, alors que son taux est inchangé en normoxie. L'augmentation se manifeste dès la 15ème minute, pour atteindre un maximum vers la 50ème minute, puis elle diminue ensuite jusqu'à la fin de l'exercice (208).

En hypoxie, elle exercerait ainsi une action anticatabolique sur les métabolites énergétiques.

2) Les catécholamines. L'excrétion urinaire est augmentée. Ce fait est à rattacher autant au "stress" qu'à l'activité musculaire.

3) Les enzymes musculaires. L'augmentation des LDH quantitativement semblable à celle enregistrée au niveau de la mer, diffère qualitativement en altitude. En effet, les sous-unités 4 et 5 augmentent proportionnellement plus que les autres. Elles seraient le reflet d'une utilisation accrue de l'acide lactique, comme substrat énergétique.

II 3.2 - ADAPTATION A L'EXERCICE MUSCULAIRE EN HYPOXIE CHRONIQUE

A) Respiratoires

1) Le débit ventilatoire (VE)

Pour un exercice donné, le débit ventilatoire continue d'augmenter durant les premiers jours d'exposition, avant de se stabiliser à un degré nettement supérieur à celui du niveau de la mer (7-27-164).

Cependant, chez les visiteurs résidant à long terme en altitude, le VE diminue peu à peu à mesure que leur sensibilité à l'hypoxie s'atténue. Les natifs d'altitude hyperventilent moins à l'effort que les visiteurs, même si ceux-ci sont acclimatés de longue date (109). Cette hyperventilation n'est pratiquement pas modifiée par l'inhalation d'O₂ pur (7-25-225).

Comme en plaine, pour des efforts maximaux, le $\dot{V}E$ peut atteindre des valeurs de l'ordre de 200 l/min. Mais le $\dot{V}E$ ne représente pas un facteur limitant à l'exercice, même en altitude, car pour des puissances élevées, on enregistre une élévation de PAO_2 . La ventilation est donc en mesure de fournir plus d'oxygène que celui réellement utilisé.

2) La diffusion pulmonaire

Elle n'est pas modifiée après 6 mois à 5800 m (232), mais elle est cependant légèrement supérieure chez les natifs d'altitude (cf. ch. sur adaptation respiratoire au repos). Ceci semble lié à une amélioration du rapport ventilation /perfusion.

B) Cardio-vasculaires

1) La fréquence cardiaque (FC)

La FC qui, en moyenne altitude, s'était accrue pour un même niveau de travail, va progressivement diminuer, pour rejoindre des valeurs comparables à celles du niveau de la mer, voire parfois légèrement inférieures. Par contre, en haute altitude, la FC reste élevée, même après plusieurs mois d'acclimatement (7 -93-164-225).

La FC maximale, diminuée lors de l'exposition aiguë retrouve peu à peu son niveau normal, ceci jusque vers 4500 m, si le temps d'acclimatement est suffisamment long. A haute altitude, elle reste diminuée (- 40 à 45 pulsations/min après 6 mois à 5800 m) (164). Ceci est due à une hypoxémie persistante et au maintien d'un certain tonus vagal (25-113).

Par contre, si l'on fait inhaler au sujet de l'O₂ pendant l'exercice musculaire, immédiatement la FC remonte, sans toutefois rejoindre la FC maximale du niveau de la mer (9-25-113).

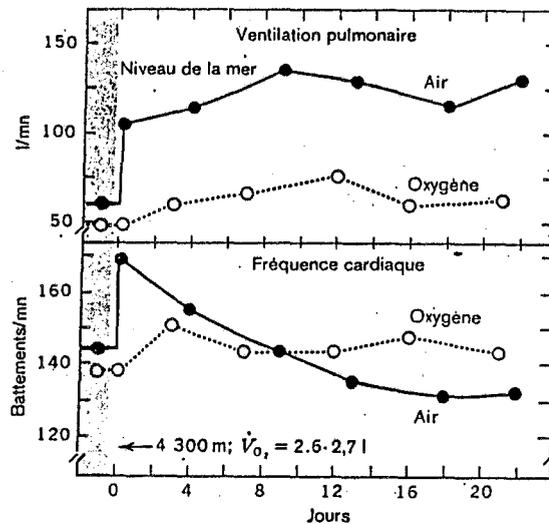


Fig. 32 — Ventilation pulmonaire et fréquence cardiaque mesurées lors d'un exercice sur bicyclette ergométrique, à la puissance de 1 200 kgm/mn, au niveau de la mer et lors d'un séjour de 22 jours à 4 300 m d'altitude. Certains jours, le sujet inhalait de l'air atmosphérique lors de l'exercice, et d'autres jours de l'oxygène pur. (Même sujet que pour les fig. 17-7 et 17-8.) (D'après P. O. ÅSTRAND et I. ÅSTRAND, 1958, modifié.)

Les natifs d'altitude, jusque vers 5000 à 5500 m, ont des FC maximales comparables à celles enregistrées au niveau de la mer chez des sujets d'âge comparable. Pour une même charge de travail, ils ont une FC inférieure à celle des visiteurs.

2) Le volume systolique (VS)

Il diminue durant les premiers jours, et il reste abaissé, même si le séjour se prolonge. De même, les autochtones ont un VS diminué (7-165-188).

3) Le débit cardiaque

Quel que soit le niveau d'activité, le débit cardiaque baisse. Cette diminution résulte de l'action combinée de la baisse

. du VS d'une part,

. de la FC d'autre part, pour le débit maximum, à des altitudes supérieures à 4500 m. Il peut être très important : de 22 à 25 l/min à 0 m, il chute à 16, 17 l/min après 6 mois à 5800 m (165). La FC maximale passe, elle, de 190/min à 140/min.

A moyenne altitude, les natifs et les sujets bien acclimatés ont une baisse du débit maximal bien que leur FC maximale soit normale. Leur VS reste diminué.

A très haute altitude, même les natifs ont une baisse du débit, comparable à celle des visiteurs acclimatés.

Mais le débit cardiaque n'est pas réduit, de façon à expliquer à lui seul la baisse de $\dot{V}O_2$ maximale, qui reste très diminuée sous O_2 pur, alors que la FC remonte (25 -93-188-235).

4) La pression artérielle (PA)

Après acclimatement, la PA d'effort n'est pas modifiée, voire légèrement diminuée. Si l'on tient compte de l'augmentation de la viscosité et du volume sanguin total, ainsi que de l'accroissement du volume circulant par diminution du volume du réseau capacitif cutané, on doit admettre qu'il existe des modifications du réseau systémique périphérique

- vasodilatation artériolaire
- schunts artério-veineux (35)
- extension du lit capillaire (93)

Lequel de ces mécanismes joue ? Vraisemblablement tous à la fois.



5) Le débit de différents organes

L'adaptation à l'hypoxie permet, lors de l'effort musculaire, de réduire la chute des flux rénaux, splanchniques et adipeux. Elle assure ainsi, avec un débit inférieur, une oxygénation musculaire suffisante au maintien de l'activité (82).

Ceci a plusieurs conséquences :

- rétablir une irrigation cutanée correcte pour assurer une sudation satisfaisante,
- améliorer le débit hépatique afin de rendre plus efficace la néoglycogénèse à partir des lactates,
- assurer une meilleure vascularisation des tissus adipeux pour faciliter l'utilisation des acides gras comme métabolites énergétiques afin d'épargner au mieux les réserves de glycogène.

C) Le système de transport de l'oxygène

Nous l'avons vu, la chute de la PaO_2 et de la SaO_2 est compensée par une augmentation de fixation de $l'O_2$ sur l'hémoglobine et surtout par une augmentation du CaO_2 consécutif à l'élévation de l'hémoglobine totale, afin d'accroître la quantité d' O_2 disponible pour une même SaO_2 .

Au cours d'un travail musculaire submaximal, la SaO_2 est abaissée à $77,4 \pm 4$, et à $74,4 \pm 4,5$ pour des exercices supramaximaux, contre $82 \pm 4,5$ au repos à 5300 m (Cérételli 25). Ces chiffres sont supérieurs à ceux de West (233) qui a fait des mesures à 5800 m avec des techniques différentes.

Le CaO_2 est de 23,3 % ml au repos et de 21,4 % ml au travail à 5300 m contre 19,7 % ml à 0 m (35).

La PaO_2 varie entre 38,5 et 43 mmHg au repos et 37 à 40 mm Hg au travail. La PACO_2 est de 20 mm Hg, ne variant pas sous O_2 pur, toujours à 5300 m (35). Dans ces conditions, le pH veineux, après effort musculaire, est à 7,39 chez les visiteurs alors que chez les natifs (Sherpas), il est normal.

La P 50, in vivo, augmente de 10 mm Hg à 3100 m après un exercice musculaire. On attribue ces variations pour

- deux tiers à l'augmentation de température (dans la veine fémorale)
- un tiers à la diminution du pH veineux (43).

D) Le débit d'oxygène ($\dot{V}\text{O}_2$)

Nous avons déjà vu quels sont les facteurs influençant le $\dot{V}\text{O}_2$ en altitude.

L'augmentation du CaO_2 ne rétablit pas l'équilibre et la perte d'une partie de la puissance aérobie persiste malgré l'acclimation.

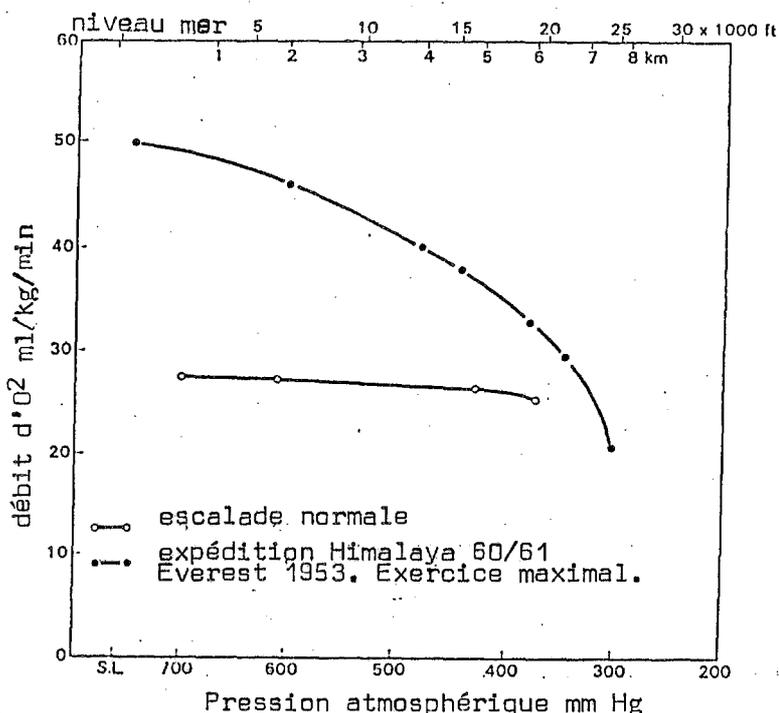


Fig. 33

Débit maximum d'O₂ à différentes altitudes et débit d'O₂ durant une activité habituelle (Pugh 1965).

Céretelli (35) considère que l'écart de $\dot{V}O_2$ maximale entre une exposition aiguë et chronique est faible ; il attribue ce fait à l'hyperviscosité sanguine qui diminue le débit musculaire. Cependant, la plupart des auteurs (7-109-113-114) pense que l'acclimatation améliore les performances. Ainsi, à 2300 m, certains rapportent des diminutions de $\dot{V}O_2$ de 14 à 16 % en aigu, qui ne sont plus que de 6 à 10 % après 3 à 4 semaines d'adaptation. Les gains vont de 30 % à plus de 60 % en fonction des variations individuelles.

Ward (225) estime la perte à 3 % par 1000 pieds (\approx 300 m) en aigu et à 2 % après acclimatation. Une diminution de près de 40 % en aigu à 4000 m ne correspond pas aux données de la littérature (18 et 30 %) (7-25-165).

Le rendement musculaire n'est pas modifié en altitude. Il est le même qu'au niveau de la mer, qu'il s'agisse des visiteurs ou des autochtones (25).

E) Biologiques

1) L'acide lactique

En début d'effort, l'acide lactique augmente plus vite et plus qu'au niveau de la mer. Pour une charge de travail identique, le taux est plus haut en altitude ; mais en fonction de la puissance relative utilisée, il est comparable.

Si l'activité se prolonge, une fois l'état stable atteint, il diminue ensuite pour rejoindre des valeurs inférieures à celles du niveau de la mer, pour des puissances relatives identiques. Ceci semblerait indiquer que l'orientation du métabolisme énergétique, vers une utilisation accrue de l'acide lactique, comme substrat, fasse partie de l'acclimatement. En effet, à 80 % ou 85 % de la $\dot{V}O_2$ maximale à la même altitude, des sujets acclimatés ont des temps d'endurance maximale nettement supérieurs à ceux des visiteurs et pour des taux d'acide lactique inférieurs.

Pour des exercices épuisants, la lactatémie est abaissée de 40 à 50 % en altitude, après adaptation (25 -38 -179). Céretelli rattache ces modifications à une diminution de la réserve alcaline totale, avec limitation de la capacité "anaérobie" lactique des sujets. En effet, chez les natifs d'altitude, dont la P_{aCO_2} est plus haute et qui, pour des puissances de travail identiques, ventilent moins, la baisse de leur pH est significativement plus faible que celle mesurée chez les sujets acclimatés.

2) La dette d'oxygène

La dette lactique initiale est la même qu'au niveau de la mer, mais il semble exister une augmentation du temps de latence initiale,

avant que la décroissance exponentielle de la lactatémie commence (2 à 3 min au niveau de la mer, 10 à 15 min à 5300 m) (25). Ceci semblerait en rapport avec une diminution de la perfusion musculaire en fin d'exercice, ralentissant les processus d'équilibration entre les taux sanguins et intratissulaires : le niveau presque constant de l'acide lactique sanguin s'expliquant par un équilibre entre le catabolisme et la libération tissulaire qui est ralentie en altitude.

La suite du paiement de la dette, chez les sujets acclimatés, ne semble pas s'écarter des normes du niveau de la mer.

F) Hormonales et enzymatiques

1) GH

Chez les sujets acclimatés et chez les autochtones, les taux, à l'effort, ne sont pas significativement différents de ceux enregistrés au niveau de la mer, dans des conditions similaires.

2) Les catécholamines

Au niveau urinaire, les valeurs ne s'écarterent pas de celles mesurées à l'exercice musculaire en plaine. Au niveau plasmatique, les travaux rares et imprécis ne permettent pas de conclure.

3) Les enzymes musculaires

On retiendra : augmentation

- . des LDH 4 et 5 améliorant le catabolisme des lactates,
- . du cytochrome P 450 facilitant le transport de l'O₂ transmembranaire.

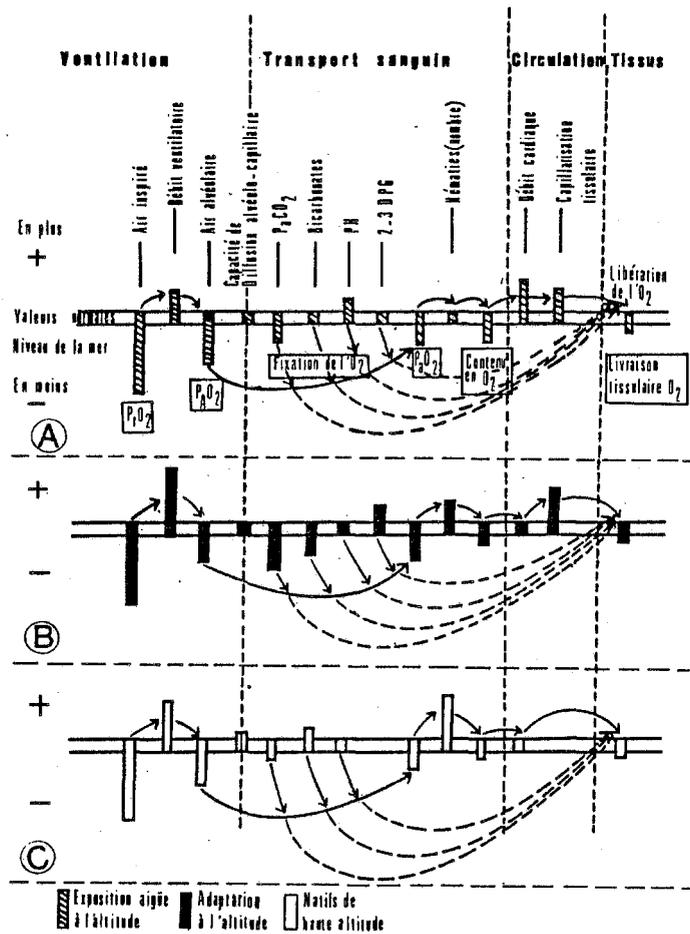
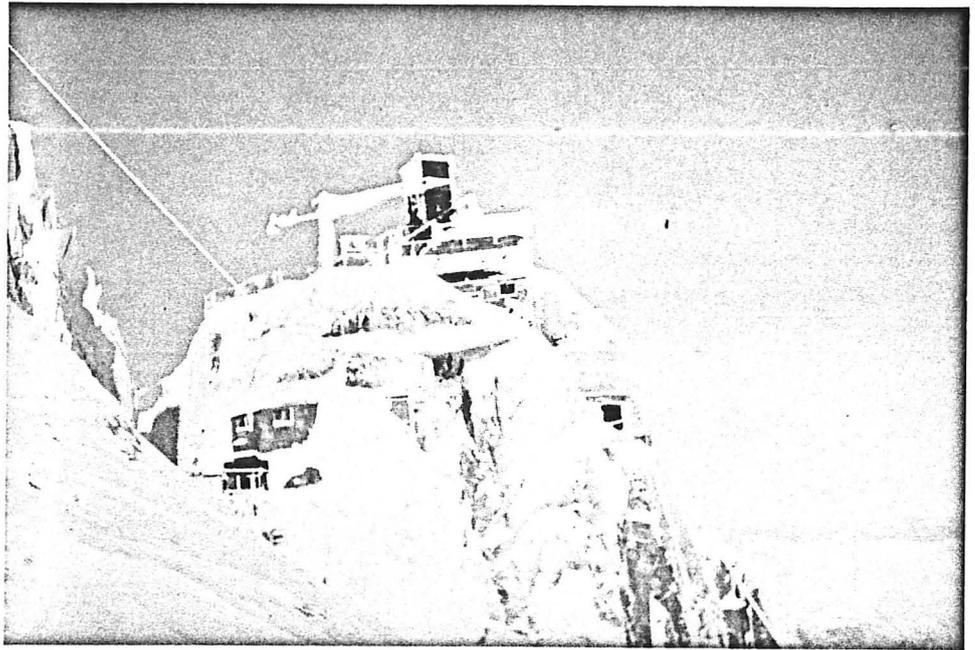


Fig. 34 Schéma général des adaptations hématologiques à l'hypoxie d'altitude.

(d'après TANCHE 210)

CHAPITRE III

METHODOLOGIE



L'Aiguille sous la neige



*Monsieur le Professeur TANCHE, les techniciens du laboratoire...
et le matériel !...*

Introduction

En 1978, avec l'aide d'un contrat avec la D.G.R.S.T. (Direction Générale de la Recherche Scientifique et Technique), le laboratoire de physiologie de Grenoble a entrepris un travail de recherche, portant sur l'incidence de l'altitude sur la performance physique, et le coût énergétique des activités d'alpinisme.

Au départ, l'idée était de tester les capacités aérobies des sujets à différentes altitudes, puis de les soumettre à une ascension sur le terrain, durant laquelle leur FC serait enregistrée en continu sur magnétocassette. Le profil, le dénivelé et les accidents du terrain étant portés sur un graphique, il s'agissait, après décodage de la FC, de comparer le profil d'évolution de celle-ci avec le profil du terrain. On estimerait ensuite la fraction de $\dot{V}O_2$ utilisée par chaque sujet, sur un parcours identique pour chacun, et on mettrait en évidence des modifications de la fraction de $\dot{V}O_2$ utilisée en fonction de l'altitude.

III 1 - CHOIX DES POPULATIONS ET DU TERRAIN

A) A l'origine

1) Les populations

Le travail devait s'effectuer sur différentes populations :

- des sédentaires
- des sportifs, alpinistes occasionnels (étudiants)
- des guides de haute montagne, professeurs à l'E.N.S.A. (Ecole Nationale de Ski et d'Alpinisme).

2) Le terrain, la méthode

Le choix s'est porté sur Chamonix pour plusieurs raisons :

- facilité de déplacement par téléphérique
- rapidité des variations d'altitude
- amplitude de ces variations (de 1035 m à 3820 m en 40 minutes).

Donc chaque sujet serait testé

- à l'E.N.S.A. dans l'infirmerie à 1035 m
- au Plan de l'Aiguille : dans la cantine de la station intermédiaire du téléphérique à 2320 m
- à l'Aiguille du Midi, dans le restaurant de la station supérieure à 3820 m.

Pour chaque sujet, à chaque altitude, on a déterminé :

- la $\dot{V}O_2$ à différents niveaux de travail, jusqu'à la puissance maximale
- l'endurance maximale, à 85 % de la $\dot{V}O_2$ maximale atteinte à l'altitude correspondante.

Dans un deuxième temps, chaque sujet devait effectuer une ascension, à pied, sous enregistrement de FC, de la station intermédiaire

du téléphérique des Grands Montets, 1950 m, jusqu'à la station supérieure, 3300 m, par le glacier de Lognan.

Après décodage de l'enregistrement, on comparait le profil de FC avec celui du terrain, et on déterminait la fraction de la $\dot{V}O_2$ maximale utilisée par chaque sujet.

En cours de réalisation, l'application de ce protocole s'est heurtée à de multiples difficultés

- de mobiliser les sujets à plusieurs reprises pour des périodes de 3 à 4 jours,
- de disponibilité des locaux du téléphérique,
- de nécessité de la présence d'un guide lors de l'ascension des Grands Montets,
- de planification entre disponibilité des sujets et celle des guides de l'E.N.S.A.,
- de conditions météorologiques interdisant toute sortie sur le terrain,
- enfin, rien ne permettait d'affirmer que la relation linéaire de $FC/\dot{V}O_2$ existant en plaine demeurait identique lorsque l'altitude variait.

Pour ces multiples raisons, les objectifs de départ furent modifiés. Toutefois un travail montrant la relation entre le relief du terrain et les modifications de FC a été publié (56). Il décrit l'évolution de la FC chez les quelques sujets sportifs, montagnards occasionnels qui, seuls, ont pratiqué l'expérience sur le terrain.

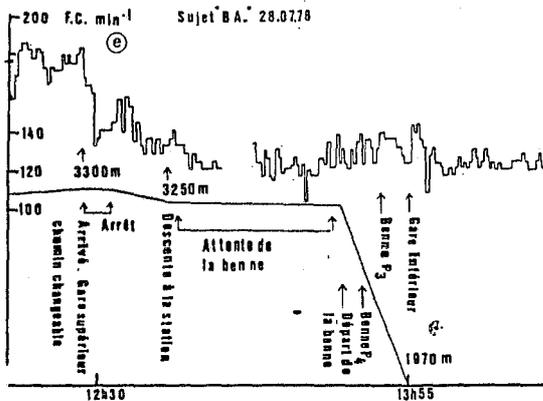
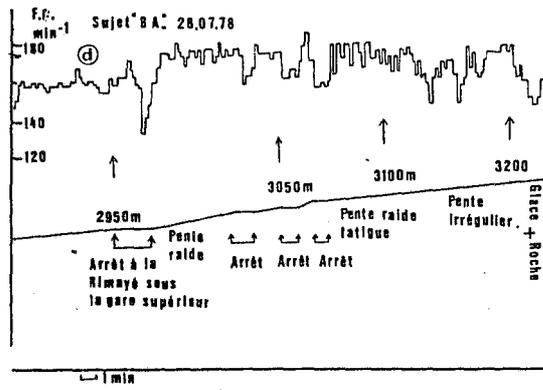
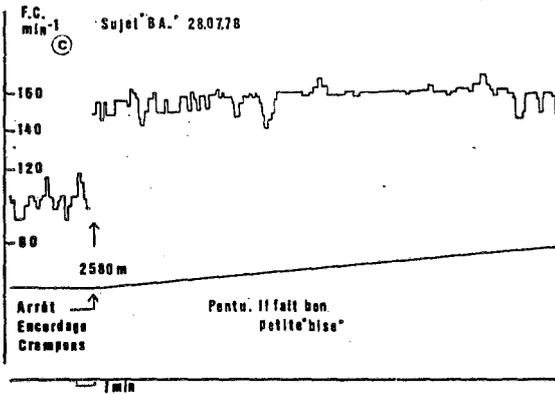
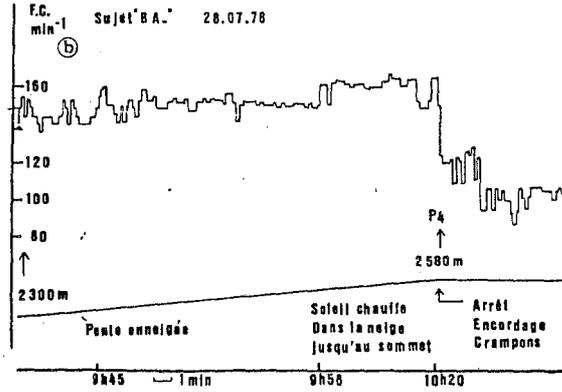
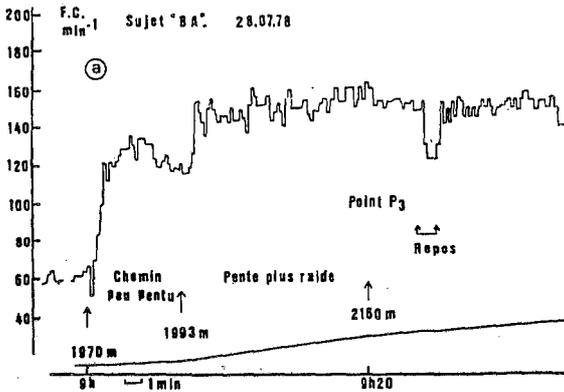


Fig. 1 a, b, c, d, e. — Tracé des variations de la fréquence cardiaque du sujet BA (sexe masculin, 24 ans) au cours de l'épreuve sur le terrain. A 2400 m (b) la consommation d'oxygène pour une fréquence cardiaque de 150 représentait un peu moins de 60 p. cent de la consommation maximale. A 3300 m (e) la consommation d'oxygène pour une fréquence cardiaque de 180 représentait un peu moins de 90 p. cent de la consommation maximale.

On abandonna donc la deuxième partie de l'expérience, de même que les durées maximales en raison de

- difficultés de protocole
- conditions de température variable des locaux d'expérience.

En effet :

- en ambiance chaude le facteur limitant est l'augmentation de la température centrale. La température critique est atteinte en 15 à 30 minutes à 25° pour des puissances de 80 à 85 % de la $\dot{V}O_2$ maximale.

- En ambiance fraîche le facteur limitant est l'épuisement des substrats énergétiques, atteint en 30 minutes à plus de 120 minutes pour des températures de 12° à 14° (7).

Or, la température des locaux variant de 12° à 13°, à 25°, 26°, rendait toute interprétation aléatoire.

B) Modifications

Un nouveau protocole fut donc décidé.

1) Les populations

- Une de référence, sujets relativement sportifs, alpinistes occasionnels, incluant les premiers sujets déjà testés.
- Des "cabiniers" employés au téléphérique de l'Aiguille du Midi soumis chaque jour à de grandes variations d'altitude, et habitués à travailler à 3800 m.
- Des guides de montagne et des médecins, sportifs occasionnels, 6 mois après une expédition dans l'Himalaya avec séjour prolongé à plus de 5000 m et pour certains, ascension à plus de 7000 m.

N°		Nom	Age	Poids	Moyenne Age	Moyenne Poids	Effectif
1	CABINIERS	CER.	26	69	30,6	67,6	11
2		SCO.	27	81			
3		MON.	35	58			
4		MAR.	31	59			
5		PAC.	30	68			
6		REN.	40	62			
7		COU.	43	63			
8		RAV.	35	76			
9		DES.	23	69			
10		FER.	21	71			
11		VER.	26	68			
12	REFERENCE	RAM.	23	73	27,3	69,3	15
13		BAI.	23	71			
14		SIE.	29	60			
15		TAN.	27	61			
16		SCH.	25	58			
17		SIE.	30	60			
18		RIV.	20	74			
19		BAR.	27	63			
20		VER.	31	86			
21		CAU.	28	73			
22		BAR.	28	63			
23		FRO.	30	74			
24		SIE.	31	62			
25		VER.	32	85			
26		FAG.	24	75			
27	GUIDES + POST-EXPE.	BAL.	36	75	33,4	72,6	11
28		THI.	30	65			
29		LEB.	47	71			
30		HER.	34	67			
31		VEY.	25	90			
32		RIC.	34	74			
33		RAT.	37	69			
34		LAR.	33	69			
35		CHA.	29	68			
36		LAR.	30	75			
37		PAU.	32	76			
	TOTALE				30,1	69,8	37

Tableau 1 - Indiquant le n° d'ordre, l'âge, le poids et leurs moyennes, ainsi que les effectifs de l'ensemble des sujets ayant participé à nos expériences.

déterminer la fraction des différents gaz dans les sacs de DOUGLAS

- Spiromètre de TISSOT pour mesurer les volumes expirés.
- . Electrocardiogramme CARDIOLINE portatif avec électrodes, papier contact, cordons, etc...
- . Tube de verre en U pour test de FLACK avec mercure
- . Matériel de prélèvement sanguin :
 - seringues, aiguilles, alcool, compresses, garrot, etc...
 - capillaire à acide lactique

de conditionnement des échantillons :

- centrifugeuse
- tubes à essais avec bouchons pour
 - . glycémie
 - . acides gras libres
 - . catécholamines
- tubes à acide lactique
- pipettes graduées
- héparine, solution acide déféquante pour le dosage des catécholamines plasmatiques
- seau thermos, glacière pour le transport des échantillons.
- . Matériel de réanimation :
 - défibrillateur
 - oxygène
 - masque de réanimation avec arrivée d'O₂

- Lasilix,, tonicardiaques

. Chronomètres

. Barothermomètre

. Pèse-personne

. Divers :

- matériel électrique : prises, rallonges, etc...

- obus . O₂)
 . CO₂ (par étalonnage des BECKMAN

. carboglace

- caisse à outils

- plans démontables

- cantines métalliques pour le transport des appareillages
et matériel

- jerrykan pour transporter l'eau et l'alcool pour le spiro-
mètre de Tissot.

III 3 - PROTOCOLE D'EXPERIENCE

Identique aux 3 altitudes

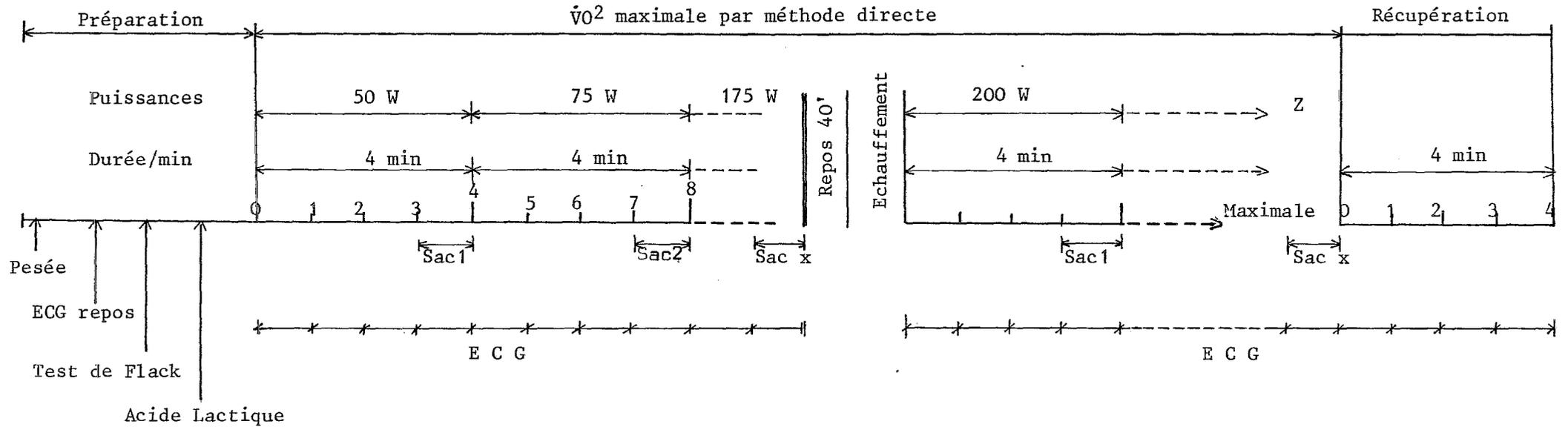
Arrivée la veille au soir à Chamonix (mardi), mise en place
du matériel à l'infirmerie de l'E.N.S.A.

A J.O : le matin, à partir de 8 heures, 3 à 5 sujets sont
testés : voir le schéma page suivante.

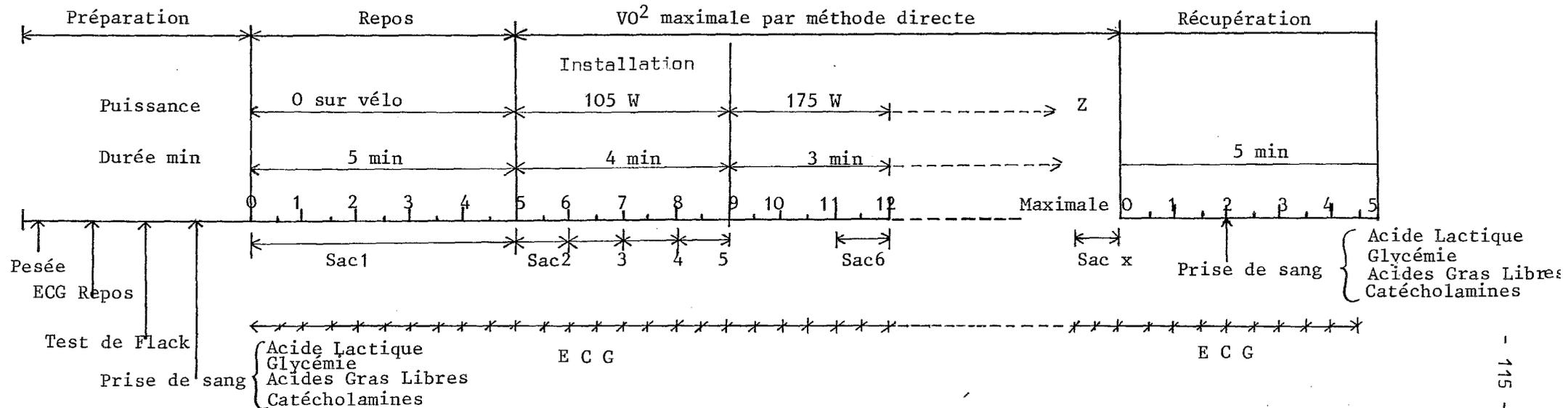
A) La puissance maximale aérobie est déterminée sur cyclo-
ergomètre MONARK, par mesure directe, selon la méthode des sacs de
DOUGLAS, d'après le protocole de LACOUR.

Années 1978-1979

Protocole d'expérimentation Chamonix - Aiguille du Midi



Modifications 1980 - 1982

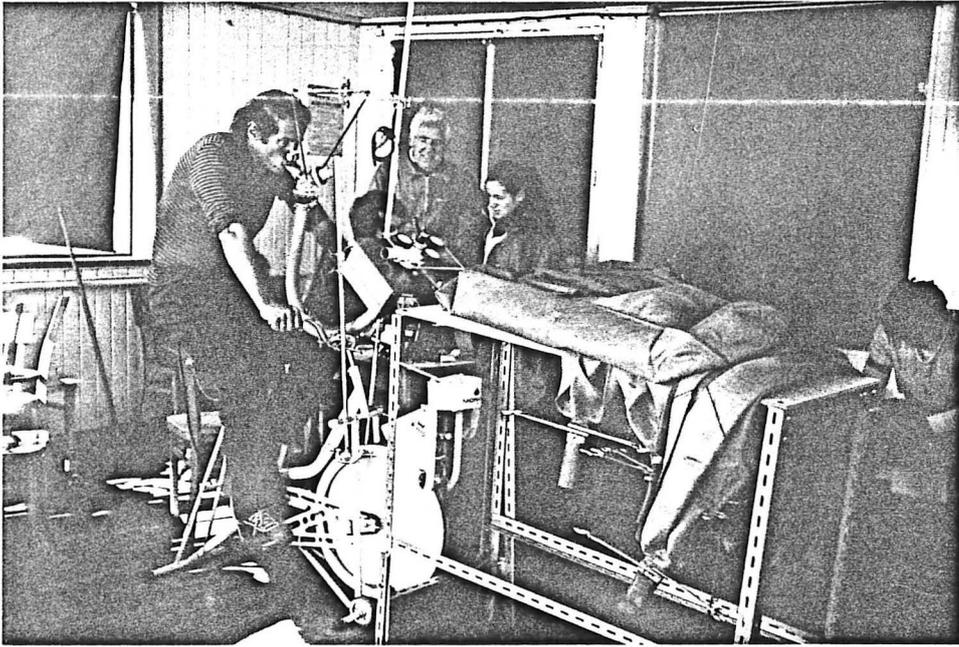




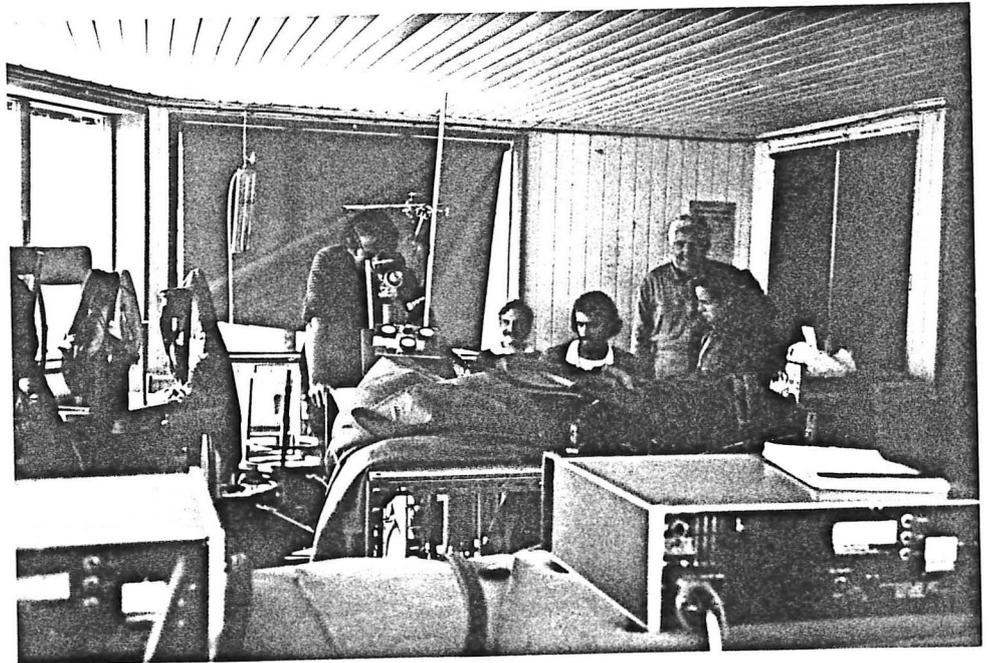
Le test de Flack



*Dans la cantine du Plan de l'Aiguille :
en cours d'expérience*



*Vue du sujet au repos sur le
cycloergomètre*

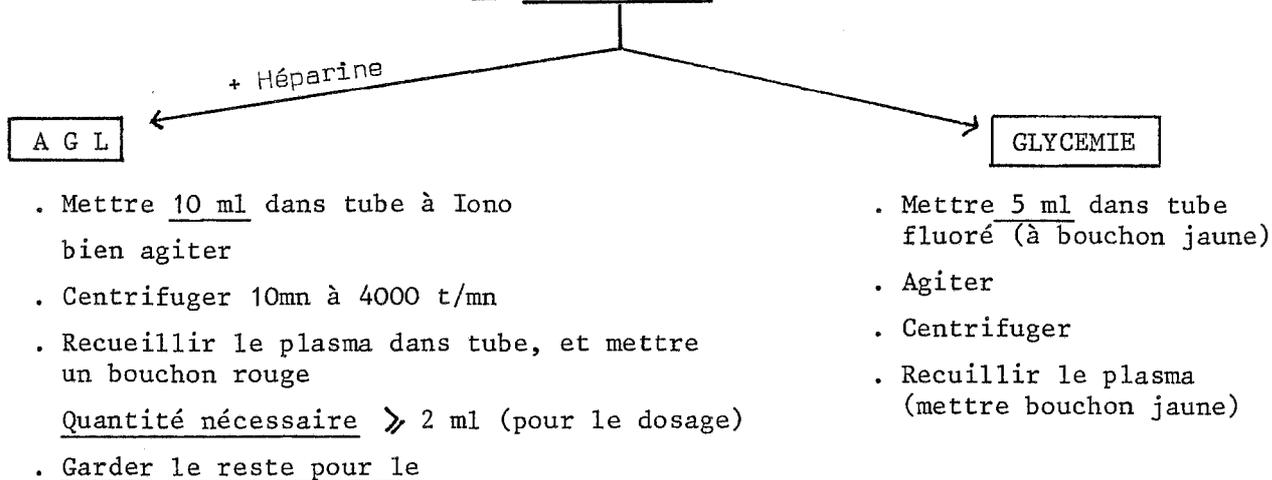


Vue d'ensemble

B) Conditionnement des échantillons sanguins

Sur seringue non héparinée (20 cc) prélever :

≈ 15 ml de sang



dosage de **l'Adrénaline**

→ Ajouter le déféquant (utiliser toujours le même embout)

pour	0,5 ml plasma	15 ml déféquant
	1 ml plasma	30 ml déféquant
<u>ou</u>	pipette P 1000	pipette P 200
	embouts bleus	embouts jaunes

ACIDE LACTIQUE (A L)

- . 100 µl sang (capillaire) dans 100 µl Acide perchlorique) pour déprotéiner
- . Centrifuger 10 mn à 6000 t/mn) le sang
- . Recueillir tout le surnageant avec pipette de 200 ml, embout bleu

Les échantillons de - glycémie)
- acide lactique (dans la glacière
- acides gras libres)
- catécholamines : dans le seau thermos sur la carboglace.

C) Transport du matériel

Une fois les échantillons sanguins conditionnés, il fallait réemballer le matériel, l'acheminer vers le téléphérique, le monter à l'Aiguille du Midi et le réinstaller dans le restaurant, au-dessus de la station d'arrivée du téléphérique. Le tout devait être achevé avant 17 heures, départ de la dernière benne pour Chamonix.

A J + 1 : les tests se déroulaient selon le même schéma à l'Aiguille avec redescente du matériel au Plan.

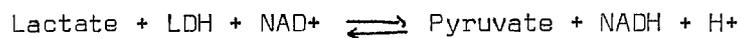
A J + 2 : expériences au Plan avec redescente du matériel à Chamonix et retour à Grenoble.

D) Méthode de dosage des échantillons

Après conditionnement, les échantillons étaient conservés dans une glacière, et amenés au laboratoire du C.H.U. de Grenoble le lundi suivant, soit entre 2 et 5 jours après les prélèvements.

1) L'acide lactique (AL)

Le dosage s'est effectué par méthode enzymatique selon la technique de Marbach et Weil (131) utilisant la lactate Déhydrogénase (LDH) qui catalyse la réaction



La réaction est bloquée dans le sens lactate \rightarrow Pyruvate en milieu alcalin (pH 9) et en présence de NAD⁺ en excès. Le sang

déprotéiné, mis en contact avec la LDH et la NAD⁺, il se forme du NADH en quantité proportionnelle à celle du lactate présent dans le sang. On mesure ensuite l'augmentation de densité optique du mélange à 365 nm. Elle est proportionnelle au taux de lactate sanguin.

2) Les Acides Gras Libres (A.G.L.)

Ils sont dosés selon la méthode de Dole modifiée.

Un mélange extractif de DOLE à base d'isopropanol réalise à la fois l'extraction des A.G.L. plasmatiques dans un système à une phase, et la précipitation des protéines. Ce système passe à deux phases par addition d'heptane et d'eau. Les A.G.L. sont alors contenus dans la phase heptane surnageante. Le dosage terminal s'effectue par acidimétrie avec NaOH 0,01 N en présence de bleu de Nil sous un courant d'azote. Ce dernier a pour but de réduire au maximum les perturbations apportées par le gaz carbonique atmosphérique et de permettre un mélange des deux phases, heptanique et alcoolique contenant l'indicateur coloré. La fin du titrage correspond au virage au rose de l'indicateur. Les opérations sont conduites en parallèle avec les échantillons de sang et une solution étalon d'acide palmitique à 100 mg/l dans l'heptane.

Ce taux s'exprime en $\mu\text{Eq/l}$ et correspond à la relation suivante :

$$x = 3 t \cdot \frac{V_1}{V_0}$$

V_0 = nombre de μl de soude nécessaire pour neutraliser la solution étalon

V_1 = nombre de μl de soude nécessaire pour neutraliser l'échantillon

t = titre en $\mu\text{Eq/l}$ d'acide palmitique

Pour une solution à 100 mg/l

$$t = \frac{100}{256,43} = \frac{\text{mg/litre}}{\text{masse moléculaire}} \text{ d'acide palmitique}$$

d'où $t = 389,9 \mu\text{Eq/l}$.

3) La glycémie

Elle a été dosée par la très classique méthode enzymatique de la glucose oxydase.

III 4 - EXPLOITATION DES DONNEES

A) Les variables mesurées

A chacune des 3 altitudes

1) Respiratoires

- Volumes ventilés (VE) . VE au repos
 - . VE à chaque minute pendant les 4 minutes de la période d'installation
 - . VE à puissance maximale

2) Cardiaques

- Fréquence cardiaque (FC) calculée sur la moyenne de 10 systoles
 - . au repos
 - . à chaque minute pendant les 4 minutes de la période d'installation
 - . à l'état stable de différentes puissances
 - . à la puissance maximale
 - . pendant la récupération durant 5 minutes, 1 mesure toutes les 30 secondes.

3) Biologiques

- Acide lactique)
- glycémie (au repos et 2 minutes après effort maximum
- Acides Gras Libres (

4) Flack

- Durée
- FC par 5 secondes : au début du test
 - . à 50 % de la durée
 - . à la fin du test

B) Les variables calculées

A chacune des 3 altitudes

1) La consommation d'oxygène ($\dot{V}O_2$) selon la formule

$$\dot{V}O_2 = \dot{V}E \times TO_2 \times \alpha$$

TO_2 = fraction d'oxygène utilisée
 α = facteur de correction STPD

$$TO_2 = (100 - (\% FEO_2 + \% FECO_2) \times \frac{FIO_2}{FIN_2}) - FEO_2$$

FEO_2 = fraction expirée d' O_2

$FECO_2$ = fraction expirée de CO_2

FIO_2 = fraction inspirée d' O_2

$FINO_2$ = fraction inspirée d'azote

- $\dot{V}O_2$ de repos
- $\dot{V}O_2$ à chaque minute pendant les 4 minutes de la période d'installation
- $\dot{V}O_2$ à l'état stable à différentes puissances
- $\dot{V}O_2$ à puissance maximale
- $\frac{\dot{V}O_2}{\text{poids}} = \dot{V}O_2$ par Kg de poids corporel . au repos
 - . à puissance maximale
 - . à chaque minute pendant les 4 min. de la période d'installation

2) Le pouls d'oxygène se calcule par $\frac{\dot{V}O_2}{FC}$

- au repos
- à chaque minute pendant les 4 min de la période d'installation
- à puissance maximale.

3) Le coefficient d'extraction se calcule par $\frac{\dot{V}O_2}{\dot{V}E}$

- au repos
- à chaque minute pendant les 4 min. de la période d'installation
- à puissance maximale.

4) Sur le plan cardiaque

FC maximale théorique (à 0 m)

FC maximale réelle

- FC maximale + FC de récupération à 1 + à 2'
FC de repos

$$- \frac{\text{FC de repos} + \text{FC maximale} + \text{FC après 1'} - 200}{10} =$$

Indice se rapprochant du Ruffier (la FC après 30 flexions est remplacée par la FC maximale).

C) Traitement statistique

1) Généralités

Les tests statistiques utilisés sont des tests paramétriques, qui nécessitent de faire l'hypothèse de la normalité de la distribution du caractère quantitatif étudié, lorsque l'échantillon est petit, c'est-à-dire inférieur à 30.

2) Comparaison des paramètres aux différentes altitudes

Nous avons étudié le test de t de Student en cas de séries appariées. Nous avons donc comparé chaque sujet à lui-même, pour chaque paramètre, entre les altitudes 1035-2320 m, 2320-3820 m et 1035-3820 m, ceci pour chaque population, et sur l'ensemble des populations.

On forme pour chaque paire la différence des deux mesures et on compare la moyenne des différences à 0 par le rapport

$$t = \frac{\bar{m}}{s/\sqrt{n}}$$

où m = moyenne des différences
s = l'écart type des différences
n = nombre de différences.

Si $|t|$ est inférieur à la valeur lue dans la table de t pour le nombre de degré de liberté ($n - 1$), et le risque 5 %, les moyennes ne diffèrent pas significativement. Dans le cas contraire, les moyennes diffèrent significativement et le risque, indiqué par la table, pour la valeur de $|t|$ trouvée, fixe le degré de signification.

3) Comparaison des populations entre elles, par test de Student de comparaison entre 2 moyennes m_A et m_B observées.

Nous avons comparé les populations 2 par 2 pour chaque altitude soit . cabiniers/référence)
 . référence/guides (à 1035 m
 . cabiniers/guides (à 2320 m
 (3820 m

Les échantillons étant $<$ à 30, la comparaison est basée sur la valeur de

$$t = \frac{m_A - m_B}{\sqrt{\frac{s^2}{n_A} + \frac{s^2}{n_B}}}$$

où m_A et m_B = moyennes des valeurs de chaque groupe
 n_A et n_B = nombre de valeurs de chaque groupe
 s^2 désigne l'estimation de la variance, supposée commune par la formule

$$s^2 = \frac{\sum (x - m_A)^2 + \sum (x - m_B)^2}{n_A + n_B - 2}$$

Si $|t|$ est inférieur à la valeur lue dans la table de t pour
 $d.d.l. = n_A + n_B - 2$,

et le risque 5 %, la différence n'est pas significative ; dans le cas contraire, elle est significative, et le risque indiqué par la table pour la valeur de $|t|$ trouvée fixe le degré de signification (189, p. 156-161 et 287).

4) Calcul des pentes de régression de FC/ $\dot{V}O_2$ et des intervalles de confiance à 99 %, par la méthode des moindres carrés.

L'étude de la liaison entre deux variables engendre la nécessité de prévoir des valeurs moyennes, ou les plus probables de l'une d'elles (la fonction, ici la $\dot{V}O_2$), d'après les valeurs données de l'autre (l'argument, ici la FC).

Les études d'Astrand (7) ont montré que la relation FC/ $\dot{V}O_2$ est linéaire pour des valeurs de FC différentes de celles s'approchant des FC de repos et maximales. Partant de cette constatation, nous avons émis l'hypothèse que cette relation linéaire était respectée en altitude.

La fonction $\dot{V}O_2$ est toujours prise supérieure à 800 ml.

Nous avons choisi l'argument FC, fractionné en intervalles de 10 en 10 pulsations/min entre les valeurs 100 et 179/min. La moyenne étant estimée de 5 en 5, nous avons à ce point calculé la valeur moyenne de $\dot{V}O_2$ des points de tous les sujets ayant des valeurs dans l'intervalle considéré. Ainsi, nous déterminons 8 points moyens pour des FC moyennes de 105, 115 175/min. A partir de ces 8 points, nous traçons la droite de régression $y = \bar{y} + b (x - \bar{x})$

$$\bar{y} = \text{moyenne des } y (\dot{V}O_2)$$

$$\bar{x} = \text{moyenne des } x (FC)$$

Mais l'estimation de la précision de la liaison de régression, nécessite l'hypothèse de base de normalité de la variable dépendante ($\dot{V}O_2$), pour sa résolution mathématique.

Les limites de confiance sont des segments d'hyperbole calculés à partir des coefficients de courbure de celles-ci et des valeurs estimées

sur les tables à partir de λ et de ν pour un niveau de confiance P , de 99 % dans le cas présent.

$$\nu = (n - 2) \text{ degrés de liberté}$$

$$\lambda = U \nu = \sqrt{\frac{1}{2}} \left[\frac{1 + n C D}{\sqrt{(1 + n C^2)(1 + n D^2)}} \right]$$

$$\text{où } D = \frac{X_2 - \bar{x}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} \quad C = \frac{X_1 - \bar{x}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}$$

(Pour complément (242) p. 137 - 143 et 230 - 231).

CHAPITRE IV

RESULTATS

IV - RESULTATS

Pour tous les résultats chiffrés, se reporter à l'annexe à la fin de l'ouvrage.

Pour faciliter le traitement par ordinateur, les virgules ont été supprimées. Afin de garder une unité entre les résultats chiffrés et les graphiques, nous avons conservé les valeurs relevées sur ordinateur.

- Altitude . 1 correspond à Chamonix - 1035 m
. 2 correspond au Plan de l'Aiguille - 2320 m
. 3 correspond à l'Aiguille du Midi - 3820 m.

IV 1 - LA FREQUENCE CARDIAQUE : FC

1) Au repos

Entre les altitudes . 1 et 2 : il se dégage une légère tendance à l'augmentation sauf pour les cabiniers. Chez ceux-ci, elle baisse.

. 2 et 3 : augmentation pour tous les groupes, plus faible pour celui de référence.

. 1 et 3 : l'augmentation est généralisée.

2) Maximale

Entre les altitudes . 1 et 2 : diminution discrète mais pour toutes les populations.

. 2 et 3, 1 et 3 : la diminution se confirme mais elle est plus faible pour les cabiniers.

3) D'installation de l'effort musculaire (4' \approx 105 W)

Entre les altitudes . 1 et 2 : l'augmentation est discrète pour une même puissance de travail, sauf pour les guides où l'écart est plus franc.

. 2 et 3, 1 et 3 : augmentation franche pour tous les groupes.

Δ FC durant la période d'installation

(4' - Repos, 4' - 1', 4' - 2', 4' - 3').

La Δ FC ne varie pratiquement pas sauf pour (4' - Repos) où l'augmentation de FC est plus marquée en altitude.

4) Période de récupération (4' 30")

a) Courbes récupération

. quelle que soit l'altitude, les courbes ont sensiblement le même aspect et la même répartition. Toutefois, à l'altitude 3, la FC maximale est plus basse.

. Les courbes ont un aspect moins "cassé", plus arrondi aux altitudes 2 et 3 qu'en 1.

b) Δ FC de récupération

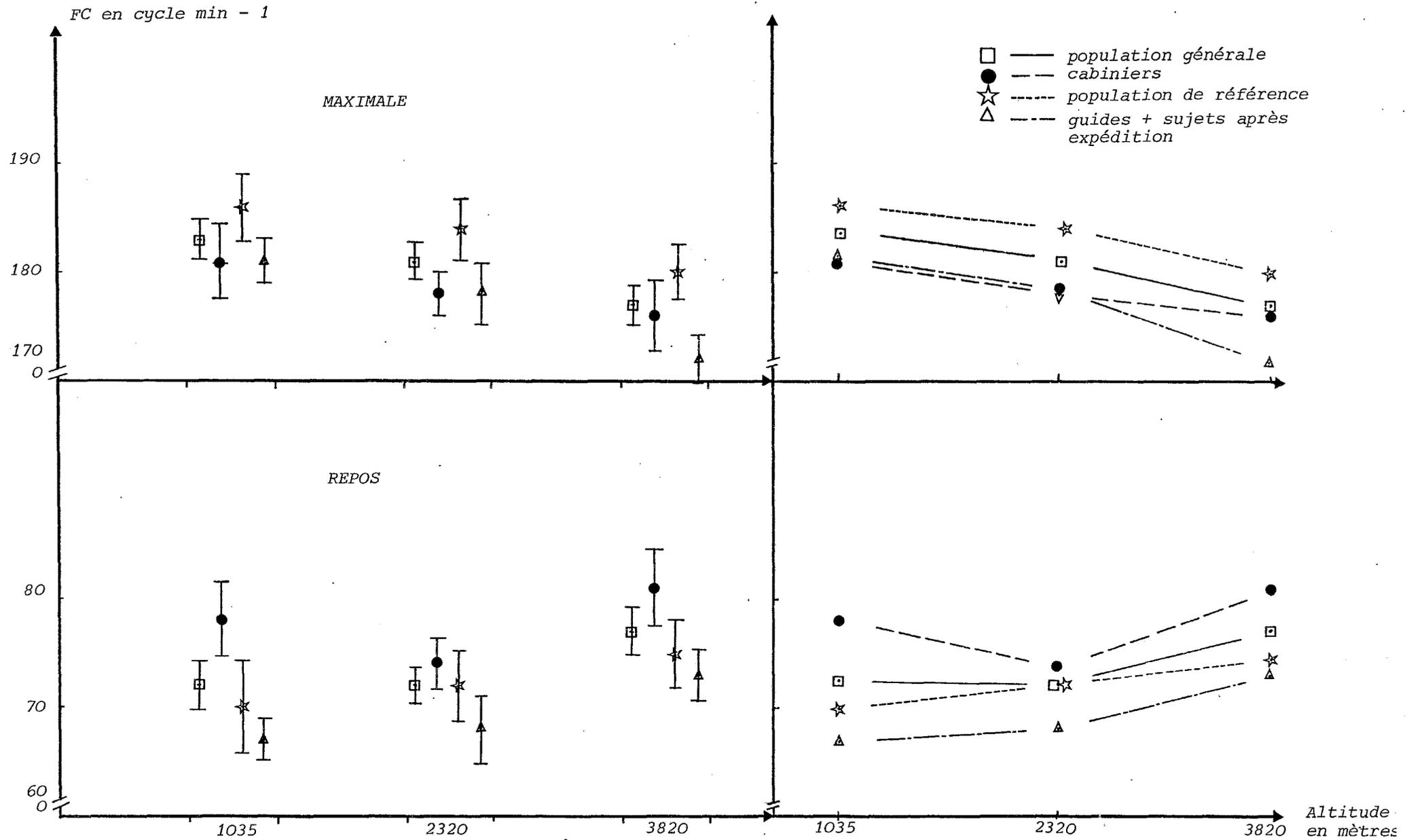
Les variations sont semblables aux 3 altitudes, mais l'amplitude totale de variation va en décroissant de 1 à 3.

A l'altitude 1, la population des guides a une amplitude de variation plus grande que les autres groupes.

4) Rapport: $\frac{FC \text{ max} + FC \text{ récup } 1' + FC \text{ récup } 2'}{FC \text{ de repos}}$

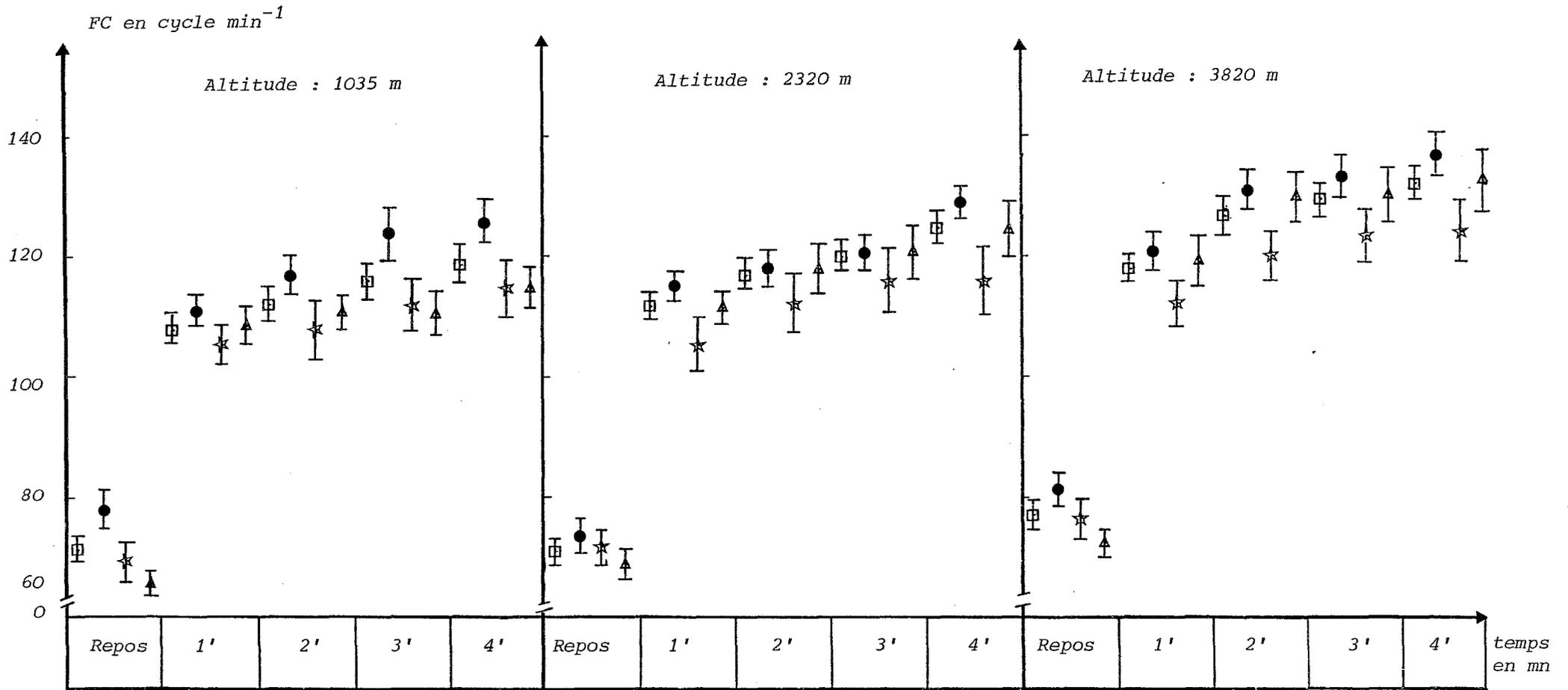
Il diminue pour tous les groupes, sauf pour celui des cabiniers entre 1 et 2. Les cabiniers ont les valeurs les plus faibles et la population de référence, les plus fortes.

VALEURS MOYENNES DE LA FREQUENCE CARDIAQUE ± 1 SDM AUX DIFFERENTES ALTITUDES ET LEUR SENS DE VARIATION



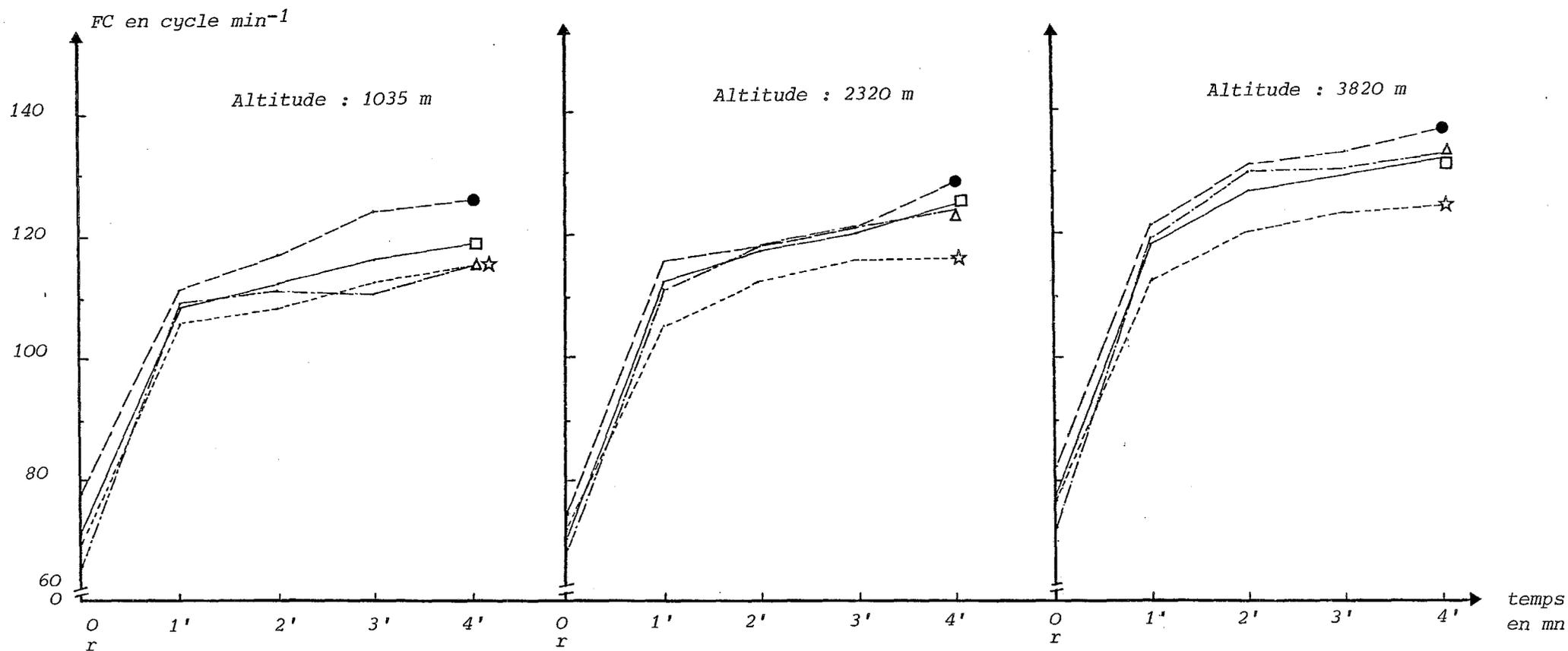
VALEURS MOYENNES DE LA FREQUENCE CARDIAQUE ± 1 SDM PENDANT LA PERIODE D'INSTALLATION D'UN EFFORT MUSCULAIRE DE 105 W

- population générale
- cabiniers
- ☆ population de référence
- △ guides + sujets après expédition

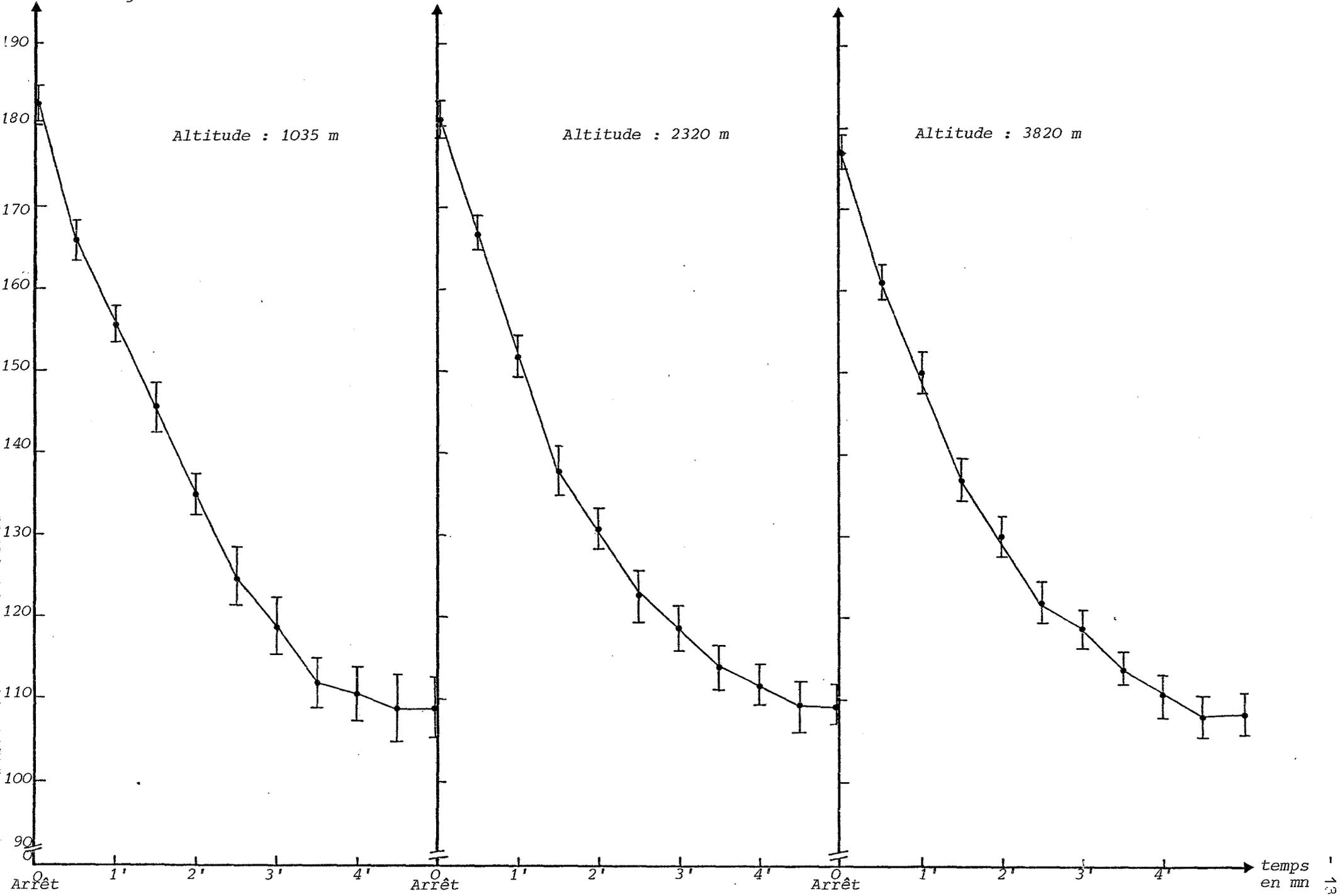


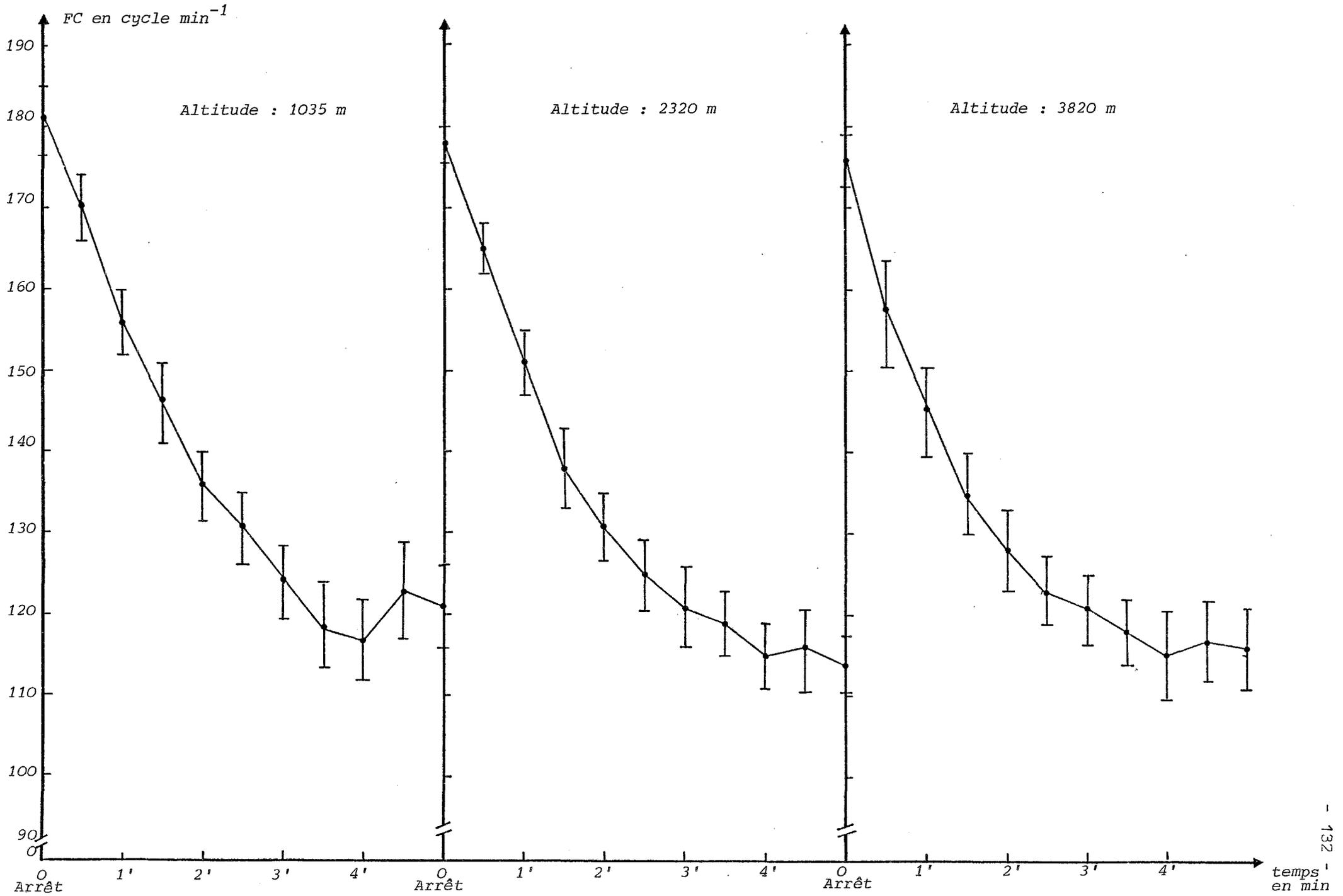
SENS DE VARIATION DES VALEURS MOYENNES DE LA FREQUENCE CARDIAQUE PENDANT LA PERIODE D'INSTALLATION D'UN EFFORT MUSCULAIRE DE 105 W

- — population générale
- — cabiniers
- ☆ — population de référence
- △ — guides + sujets après expédition

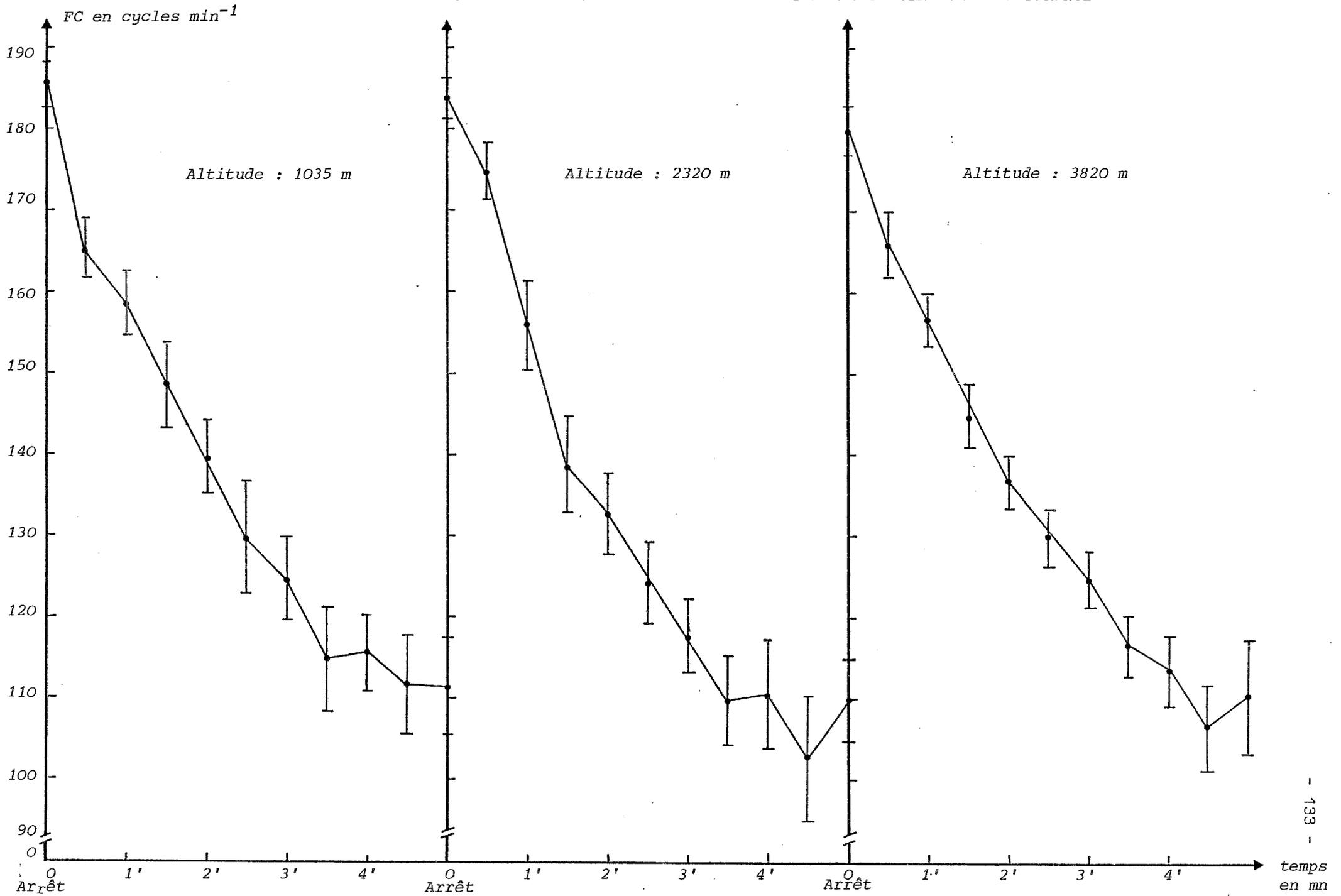


FC en cycle min^{-1}

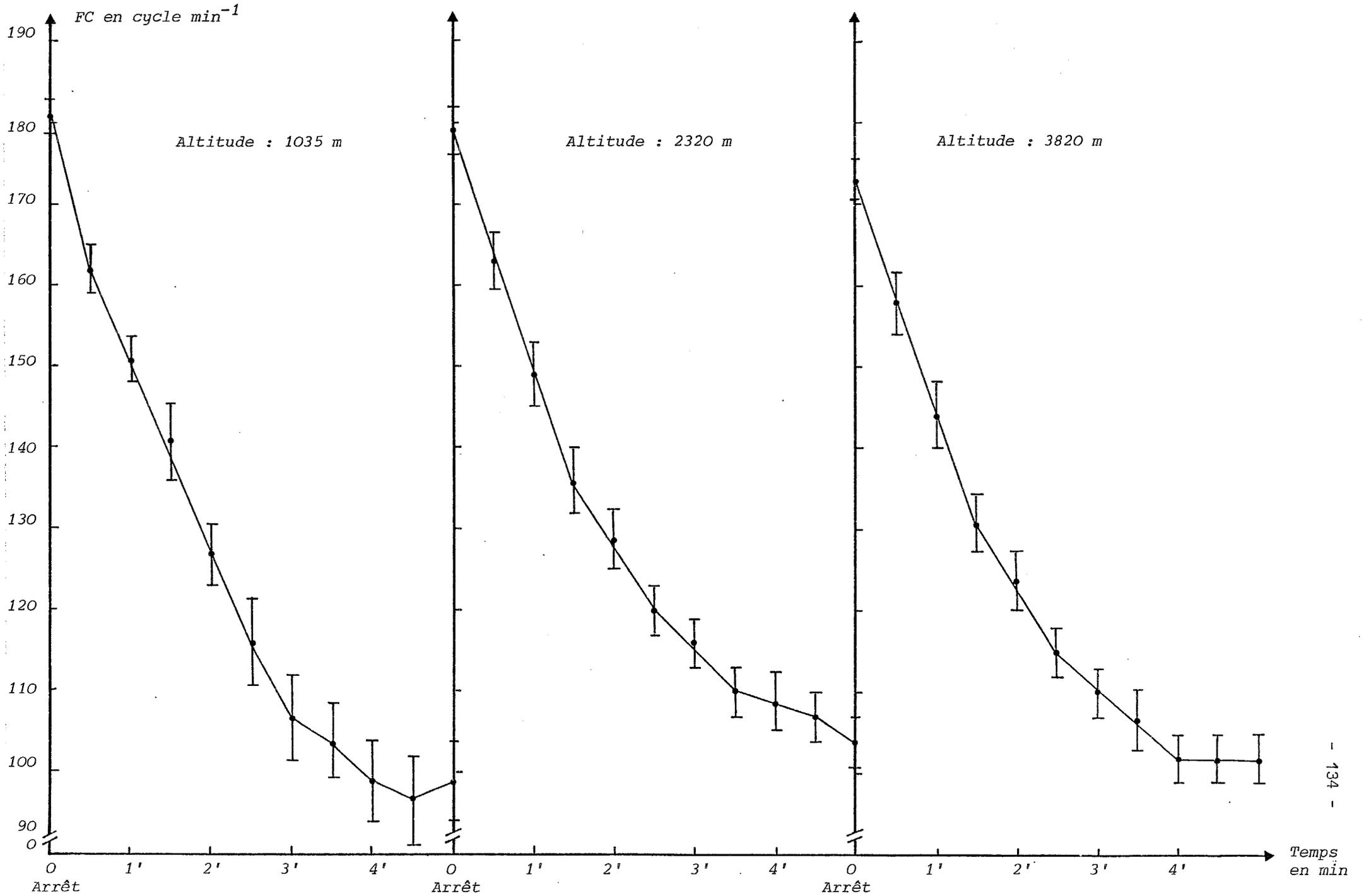




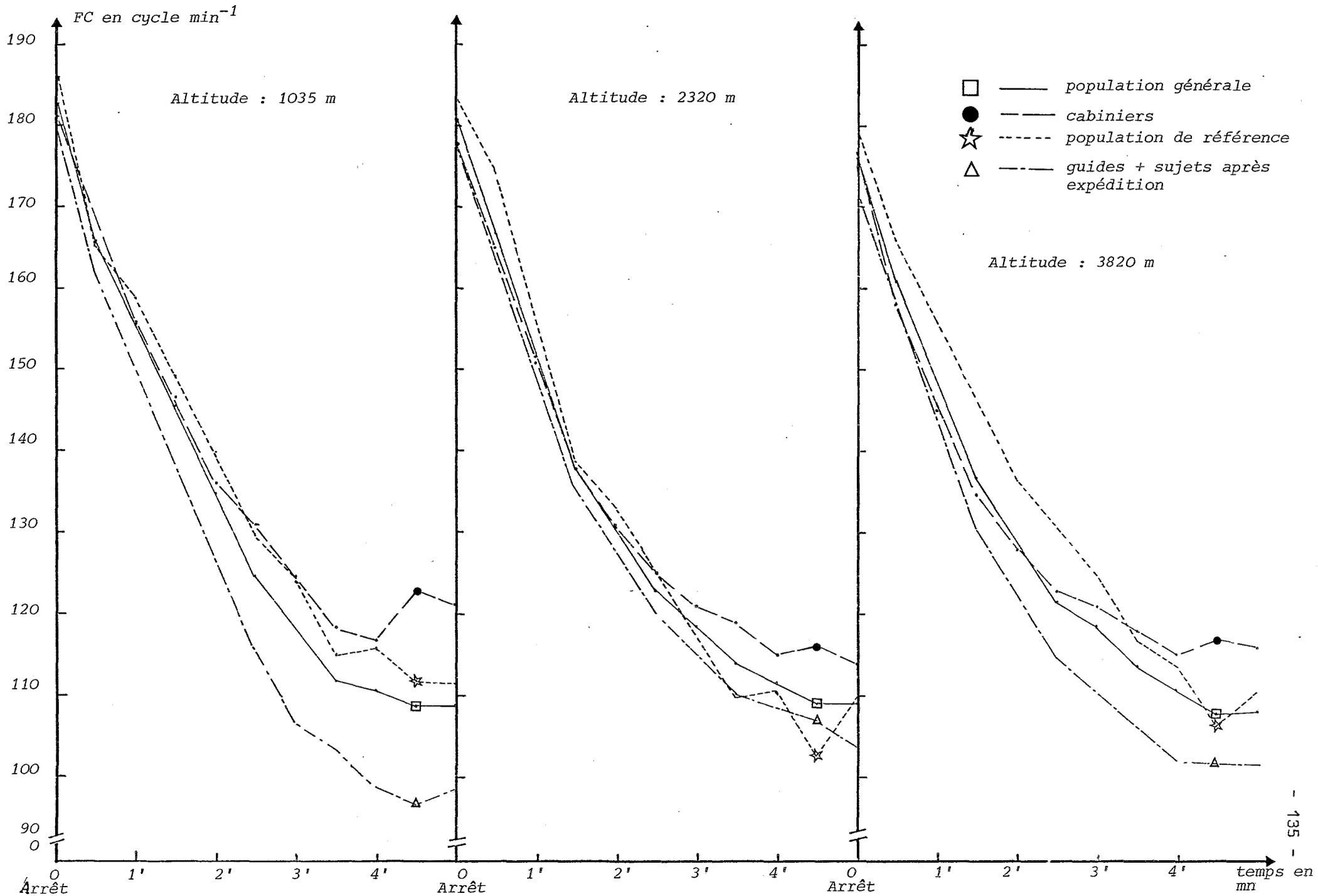
VALEURS MOYENNES DE LA FREQUENCE CARDIAQUE DE RECUPERATION ± 1 SDM : POPULATION DE REFERENCE



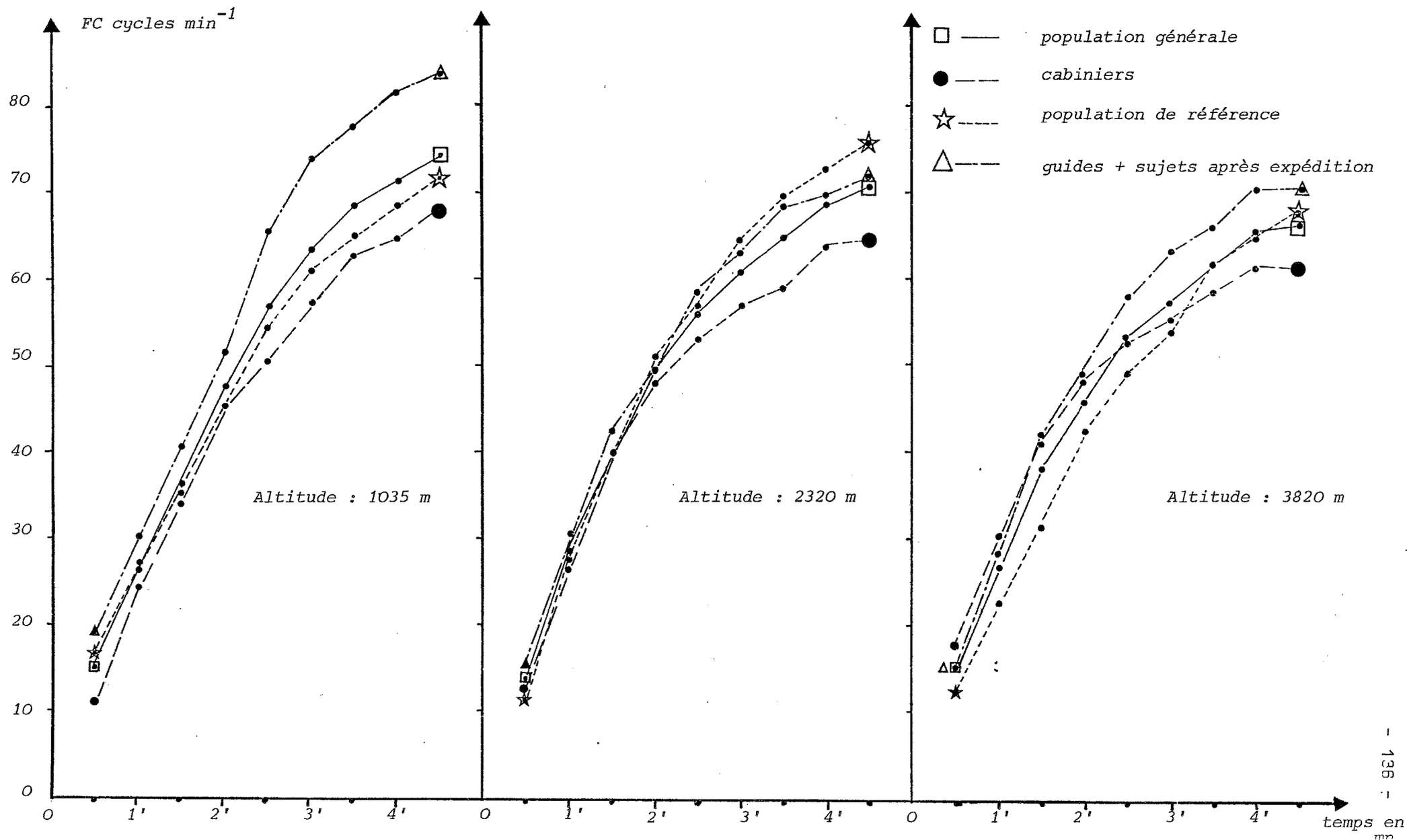
VALEURS MOYENNES DE LA FREQUENCE CARDIAQUE DE RECUPERATION ± 1 SDM : GUIDES ET APRES EXPEDITION



COMPARAISON DES VALEURS MOYENNES DE LA FREQUENCE CARDIAQUE DE RECUPERATION POUR LES POPULATIONS :



EVOLUTION DES VALEURS MOYENNES DES DIFFERENCES : FC MAXIMALE - FC DE RECUPERATION AUX DIFFERENTES ALTITUDES



FC repos

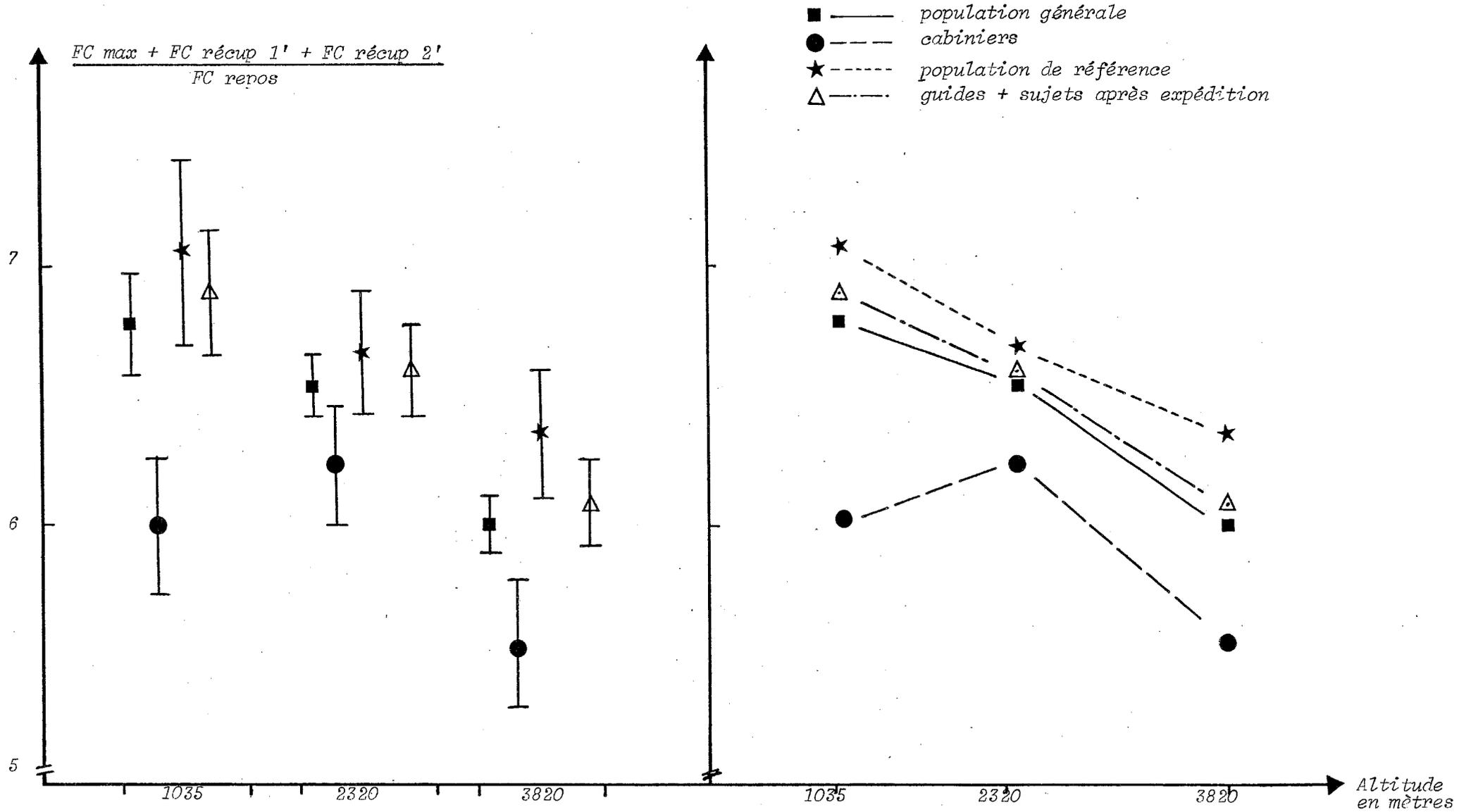


Tableau récapitulatif des degrés de signification de p des paramètres cardiaques

Comparaison		1035 / 2320 m				2320 / 3820 m				1035 / 3820 m			
Populations		Totale	Cabin.	Référ.	Guides	Totale	Cabin.	Référ.	Guides	Totale	Cabin.	Référ.	Guides
Paramètres													
FC Repos		NS	NS	NS	NS	<0,001	<0,01	<0,02	NS	<0,001	<0,05	<0,05	<0,05
FC Maximale		<0,02	NS	NS	<0,05	<0,001	NS	NS	<0,01	<0,001	<0,01	<0,001	<0,001
FC Installation 1'		NS	NS	NS	NS	<0,001	NS	<0,05	<0,01	<0,001	<0,05	<0,02	NS
2'		NS	NS	NS	NS	<0,001	<0,01	<0,02	<0,01	<0,001	<0,01	<0,01	<0,001
3'		NS	NS	NS	NS	<0,001	<0,001	<0,02	<0,01	<0,001	<0,05	<0,01	<0,001
4'		NS	NS	NS	NS	<0,001	<0,01	<0,02	<0,02	<0,001	<0,02	<0,02	<0,001
FC Installation 4' - Repos		NS	NS	NS	NS	<0,01	NS	NS	NS	<0,01	NS	NS	<0,01
4' - 1'		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	<0,01	NS	NS	NS
4' - 2'		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
4' - 3'		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
FC Récupération 30"		NS	<0,05	NS	NS	<0,01	NS	NS	<0,01	<0,001	<0,01	NS	<0,01
1'		<0,02	NS	NS	<0,05	NS	NS	NS	NS	<0,001	<0,001	NS	<0,01
1' 30"		<0,01	<0,05	NS	NS	NS	NS	NS	NS	<0,001	<0,01	NS	<0,05
2'		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	<0,01	<0,02	NS	NS
2' 30"		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	<0,02	<0,05	NS	NS
3'		NS	NS	NS	NS	NS	NS	<0,05	NS	NS	NS	NS	NS
3' 30"		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
4'		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	<0,05	NS	NS	NS	NS
4' 30"		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
FC Max - FC Récup 30"		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
1'		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	<0,05	NS	NS
1' 30"		<0,05	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
2'		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
2' 30"		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
3'		NS	NS	NS	NS	<0,05	NS	<0,02	NS	<0,01	NS	NS	<0,05
3' 30"		<0,05	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	<0,01	NS	NS	<0,02
4'		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	<0,01	NS	NS	<0,05
4' 30"		NS	NS	NS	NS	<0,05	NS	NS	NS	<0,001	NS	0,05	<0,05
FC théorique Max		<0,01	NS	NS	<0,05	<0,001	NS	NS	<0,01	<0,001	<0,01	<0,001	<0,001
FC réelle Max													
FC repos+FCmax+FCréc 1'-200 10		<0,02	NS	NS	<0,05	NS	NS	NS	NS	<0,01	<0,05	NS	<0,01
FCmax + FCréc 1' +FC réc 2' FC Repos		NS	NS	NS	NS	<0,001	<0,001	<0,01	<0,02	<0,001	<0,001	<0,02	<0,01

Tableau récapitulatif des degrés de signification de p des paramètres cardiaques

Altitude comparaisons paramètres	1035			2320			3820		
	Cabin Référer	Référer Guide	Cabin Guide	Cabin Référer	Référer Guide	Cabin Guide	Cabin Référer	Référer Guide	Cabin Guide
FC Repos	NS	NS	<0,01	NS	NS	NS	NS	NS	<0,05
FC Maximale	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	<0,05	NS
FC Installation 1'	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
2'	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
3'	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
4'	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
FC Installation 4'-Repos	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
4' - 1'	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
4' - 2'	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
4' - 3'	NS	NS	NS	<0,01	NS	<0,05	NS	NS	NS
FC Récupération 30"	NS	NS	NS	<0,05	<0,05	NS	NS	NS	NS
1'	NS	NS	NS	NS	NS	NS	<0,05	<0,02	NS
1'30"	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	<0,02	NS
2'	NS	<0,05	NS	NS	NS	NS	NS	<0,01	NS
2'30"	NS	NS	<0,05	NS	NS	NS	NS	<0,01	NS
3'	NS	<0,05	<0,02	NS	NS	NS	NS	<0,01	<0,05
3'30"	NS	NS	<0,05	NS	NS	NS	NS	NS	<0,05
4'	NS	<0,02	<0,02	NS	NS	NS	NS	<0,05	<0,05
4'30"	NS	NS	<0,02	NS	NS	NS	NS	NS	<0,01
FC Max - FC Récup 30"	<0,02	NS	<0,02	NS	NS	NS	NS	NS	NS
1'	NS	NS	<0,05	NS	NS	NS	<0,05	NS	NS
1'30"	NS	NS	NS	NS	NS	NS	<0,05	<0,01	NS
2'	NS	<0,05	<0,05	NS	NS	NS	NS	<0,05	NS
2'30"	NS	NS	<0,02	NS	NS	NS	NS	<0,05	NS
3'	NS	<0,02	<0,01	NS	NS	NS	NS	<0,02	NS
3'30"	NS	<0,05	<0,01	NS	NS	<0,05	NS	NS	NS
4'	NS	<0,01	<0,01	NS	NS	NS	NS	NS	NS
4'30"	NS	NS	<0,02	NS	NS	NS	NS	NS	<0,05
FC théorique Max									
FC réelle Max	<0,001	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
FC repos+FCmax+FCréc1'-200	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
10									
FCmax + FCréc 1'+FCréc2'									
FC repos	NS	NS	<0,05	NS	NS	NS	NS	NS	NS

IV 2 - LE DEBIT VENTILATOIRE : VE

1) Au repos

Entre les altitudes . 1 et 2 : discrète augmentation pour les guides et pour la population générale,

- augmentation franche pour les cabiniers,
- baisse très discrète pour le groupe de référence.

. 2 et 3 : relative stabilité pour tous les groupes

. 1 et 3 : élévation pour toutes les populations ; elle est franche pour les cabiniers, plus discrète pour les autres populations.

2) A l'effort maximal

Entre les altitudes . 1 et 2 : augmentation pour tous les groupes mais avec de très grandes variations individuelles au sein des populations

. 2 et 3 : diminution pour les cabiniers et le groupe de référence, augmentation pour les guides.

. 1 et 3 : augmentation pour les guides et la population de référence. Pas de variations pour les cabiniers.

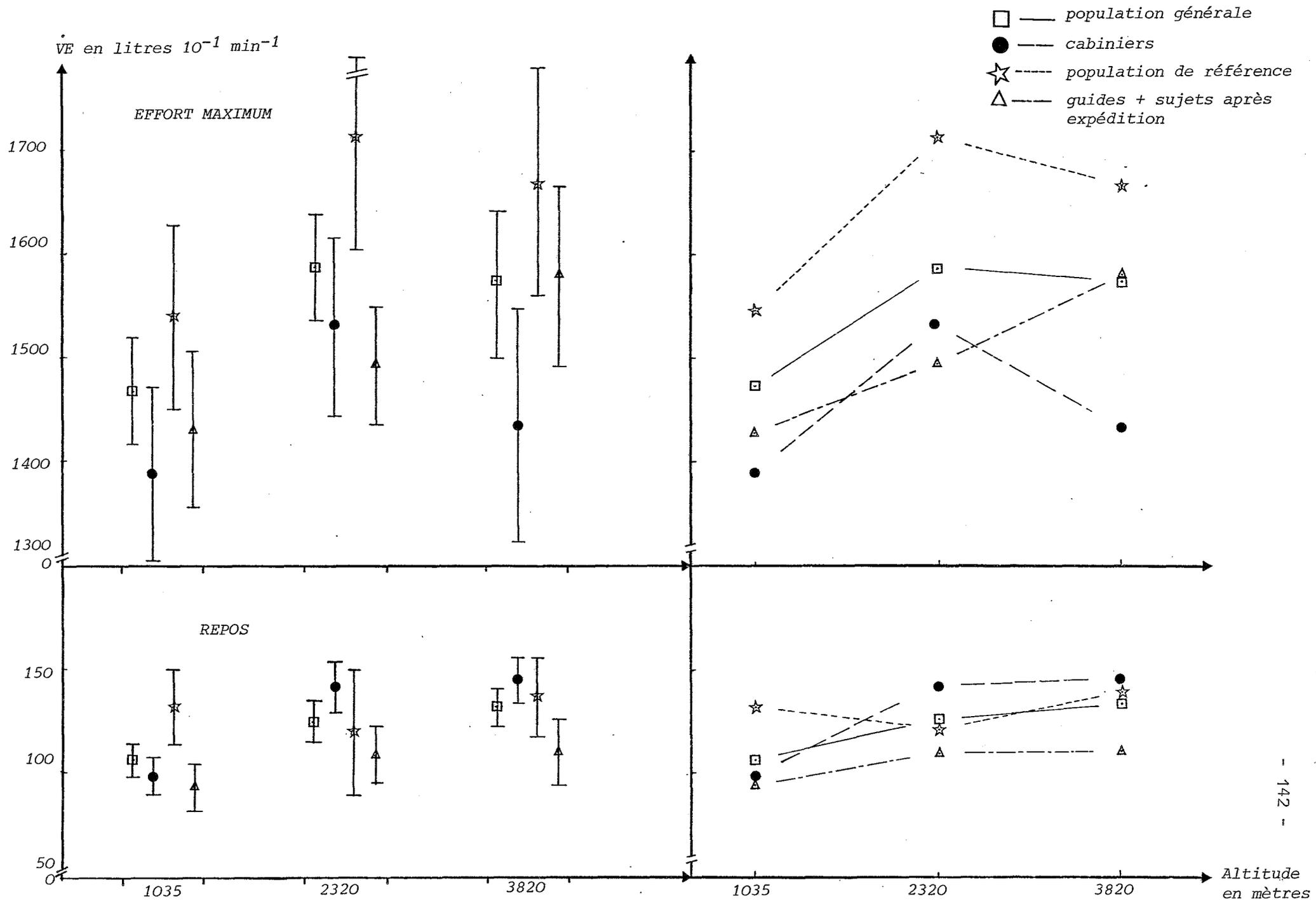
3) D'installation de l'effort musculaire (4' à \approx 105 W)

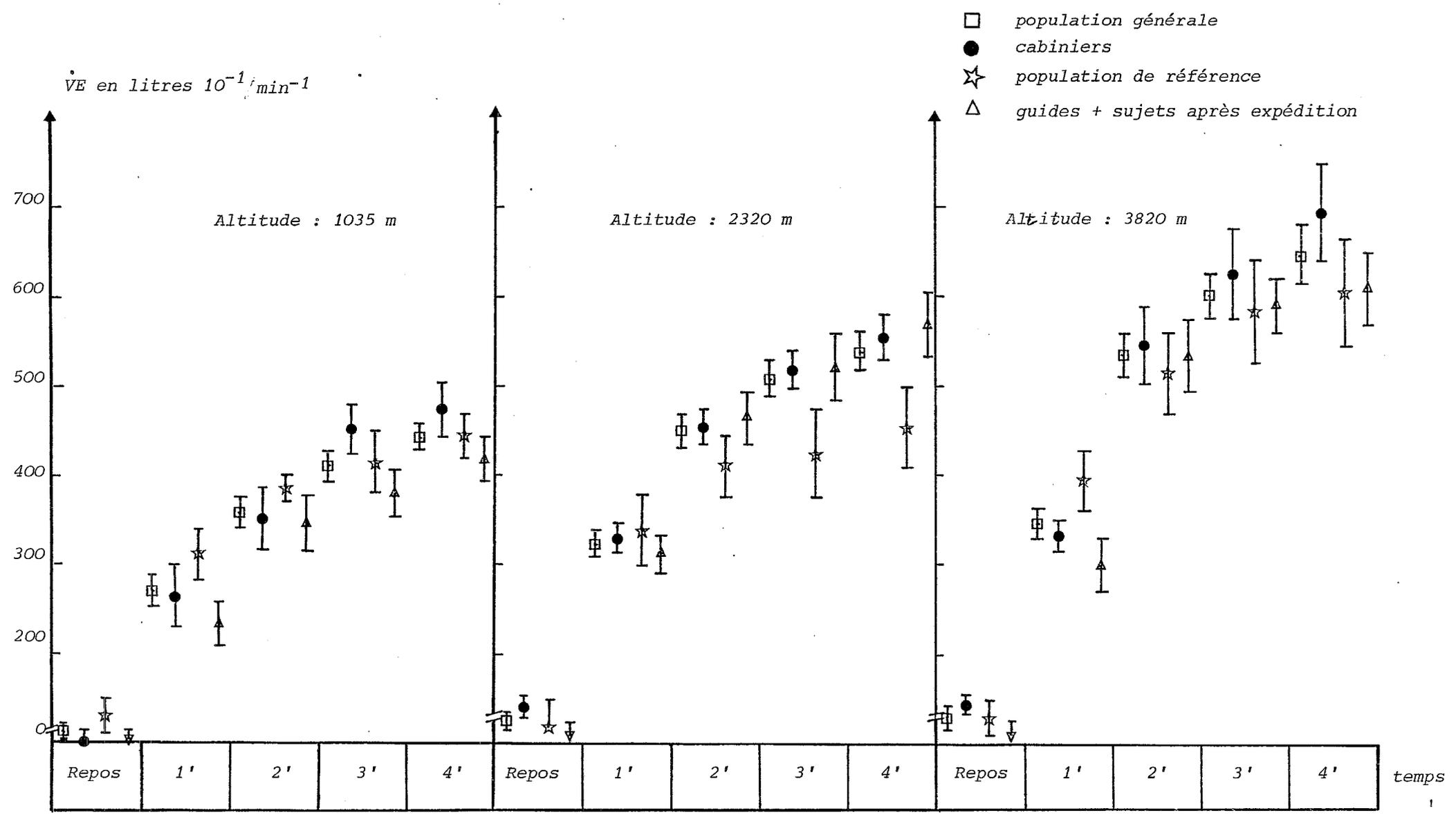
L'évolution des VE est homogène pour les 3 altitudes, mise à part une relative hypoventilation de la population de référence à l'altitude 2 pour les min. 3 et 4.

Le débit ventilatoire s'élève très nettement avec l'altitude pour une même puissance de travail.

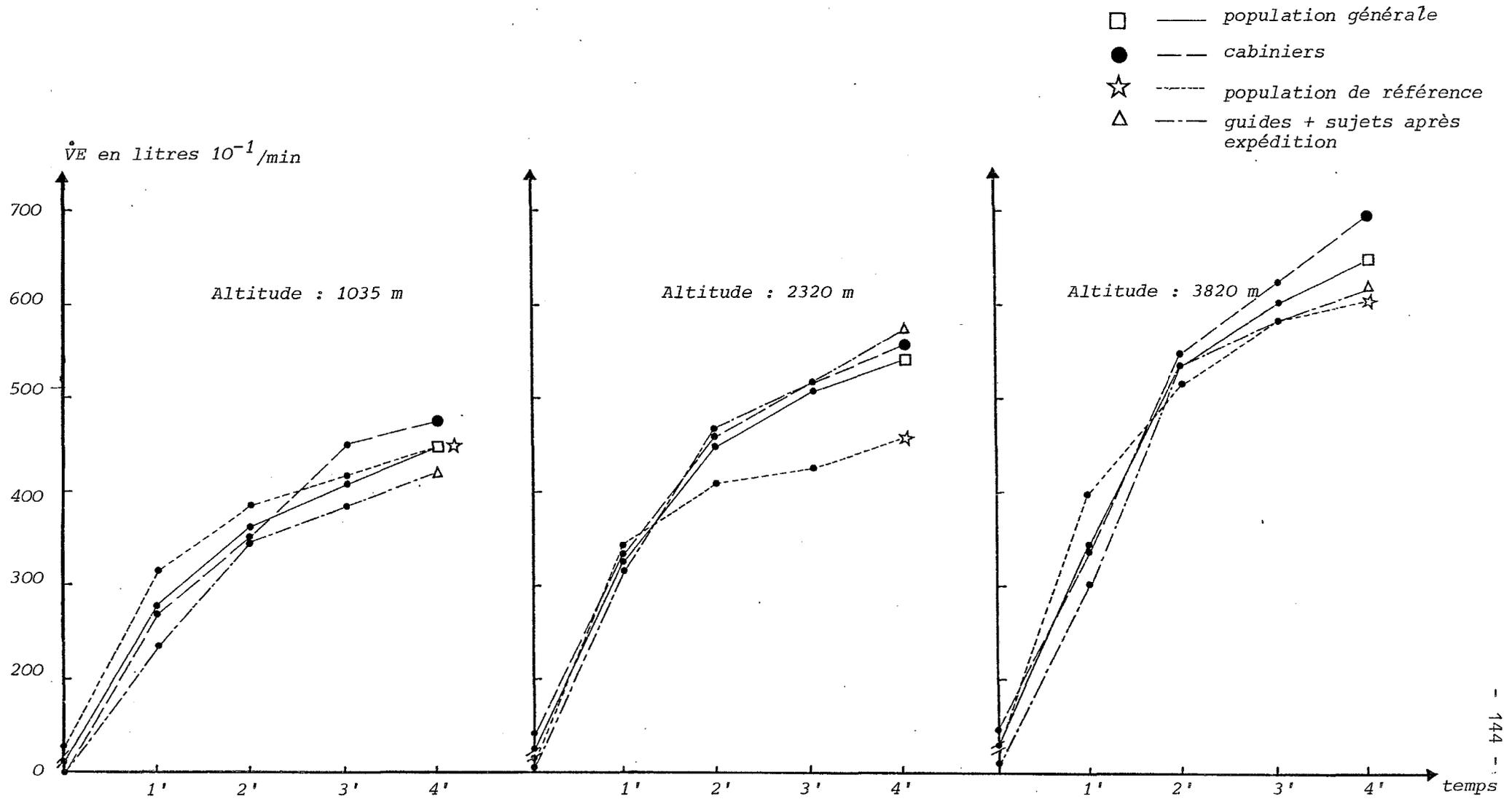
4) $\Delta \dot{V}E$ d'installation (4' - repos, 4' - 1', 4' - 2', 4' - 3')

Les courbes sont comparables au $\dot{V}E$ d'installation, mais inversées, avec des écarts allant croissants avec l'altitude.

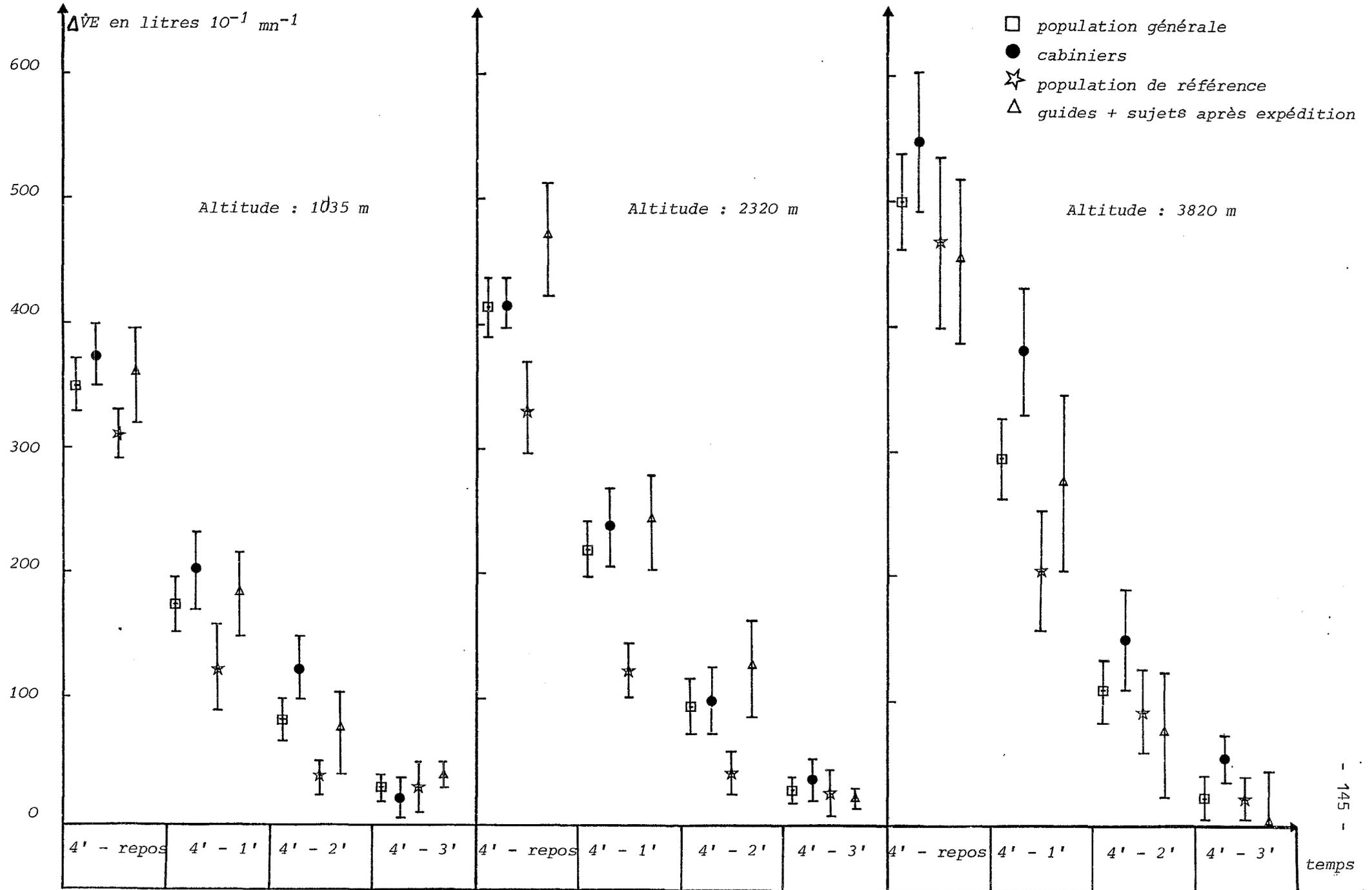




SENS DE VARIATION DES VALEURS MOYENNES DES DEBITS VENTILES DURANT LA PERIODE D'INSTALLATION D'UN EFFORT MUSCULAIRE DE 105 W



VALEURS MOYENNES ± 1 SDM DES DEBITS VENTILES ENTRE LES DIFFERENTS TEMPS DE LA PERIODE
 D'INSTALLATION ET AUX DIFFERENTES ALTITUDES



SENS DE VARIATION DES VALEURS MOYENNES DES DIFFERENCES DES DEBITS VENTILES ENTRE LES DIVERS TEMPS DE LA PERIODE
D'INSTALLATION ET AUX DIFFERENTES ALTITUDES

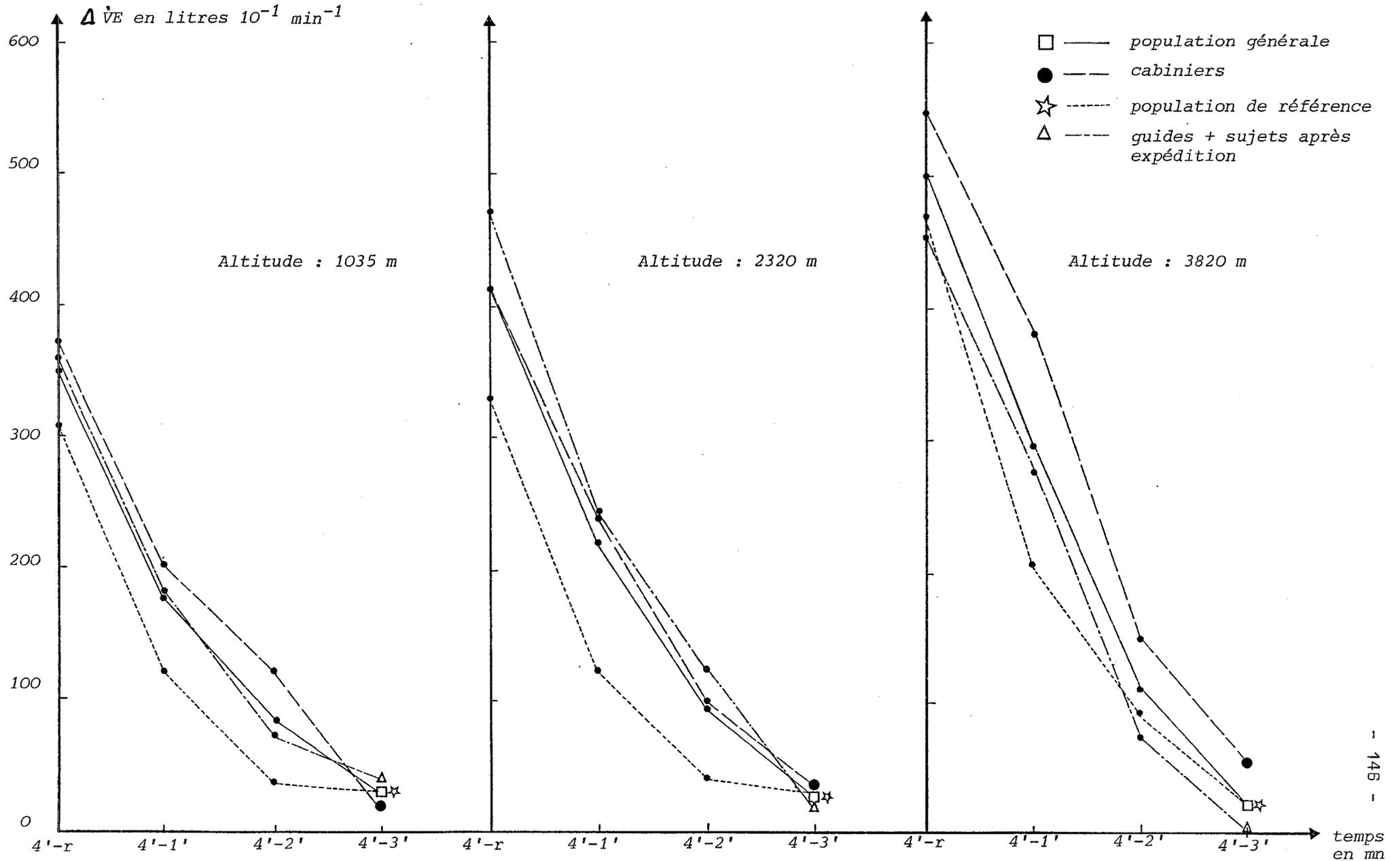


Tableau récapitulatif des degrés de signification de p des paramètres ventilatoires

cabin = cabiniers
référ = références

Comparaisons		1035 / 2320 m				2320 / 3820 m				1035 / 3820 m			
Paramètres	Population	Totale	Cabin.	Référ.	Guides	Totale	Cabin.	Référ.	Guides	Totale	Cabin.	Référ.	Guides
	VE Repos		<0,05	<0,02	NS	NS	NS	NS	NS	NS	<0,01	<0,001	NS
VE Maximal		<0,05	NS	NS	NS	NS							
VE Installation 1'		<0,01	NS	NS	<0,01	NS	NS	NS	NS	<0,01	NS	NS	NS
2'		<0,01	<0,05	NS	<0,05	<0,01	<0,05	NS	NS	<0,001	<0,02	<0,02	<0,02
3'		<0,01	NS	NS	<0,05	<0,001	<0,01	<0,05	<0,001	<0,001	<0,05	<0,01	<0,02
4'		<0,01	<0,01	NS	<0,05	<0,001	<0,01	<0,05	NS	<0,001	<0,02	<0,02	NS
Δ VE Installation 4'-1'		NS	NS	NS	NS	<0,01	<0,05	NS	NS	<0,01	<0,01	NS	NS
4'-2'		NS	NS	NS	NS								
4'-3'		NS	NS	NS	NS								
4' - Repos		0,01	0,02	NS	NS	0,01	0,02	0,02	NS	0,001	0,05	0,02	NS
Altitude		1035 m				2320 m				3820 m			
Paramètres	Comparaison	Cabin / Référ	Référ / Guide	Cabin / Guide	Cabin / Référ	Référ / Guide	Cabin / Guide	Cabin / Référ	Référ / Guide	Cabin / Guide			
VE Repos		NS	<0,05	NS									
VE Maximal		NS											
VE Installation 1'		NS	<0,05	NS	NS	NS	NS	NS	<0,05	NS			
2'		NS											
3'		NS	NS	NS	<0,05	NS	NS	NS	NS	NS			
4'		NS											
Δ VE Installation 4'-1'		NS	NS	NS	<0,05	NS	NS	<0,05	NS	NS			
4'-2'		<0,05	NS										
4'-3'		NS											
4' - Repos		NS											

IV 3 - LA CONSOMMATION D'OXYGENE : VO_2

1) Au repos

Entre les altitudes . 1 et 2 : il n'y a qu'une discrète augmentation pour l'ensemble des populations, mis à part pour les guides, chez lesquels elle reste parfaitement stable.

. 2 et 3, 1 et 3 : pas de variation.

2) Maximale

Entre les altitudes . 1 et 2 : elle diminue très nettement pour les guides,

- elle diminue plus discrètement pour le groupe de référence,
- elle est très légèrement augmentée pour les cabiniers.

. 2 et 3 : la perte est pratiquement identique pour toutes les populations.

. 1 et 3 : la baisse est générale, un peu plus réduite pour les cabiniers.

3) Rapportée au poids : $\frac{VO_2}{\text{poids}}$

Les courbes sont identiques à celles que nous venons de décrire, qu'il s'agisse du repos ou maximale.

4) D'installation de l'effort musculaire (4' à ≈ 105 W)

Les résultats présentent une certaine homogénéité, tant

au sein d'une altitude donnée, qu'entre les différentes altitudes. Deux écarts discrets sont à relever :

- . à l'altitude 1 : sous décalage pour les cabiniers,
- . à l'altitude 3 : sous décalage pour les guides.

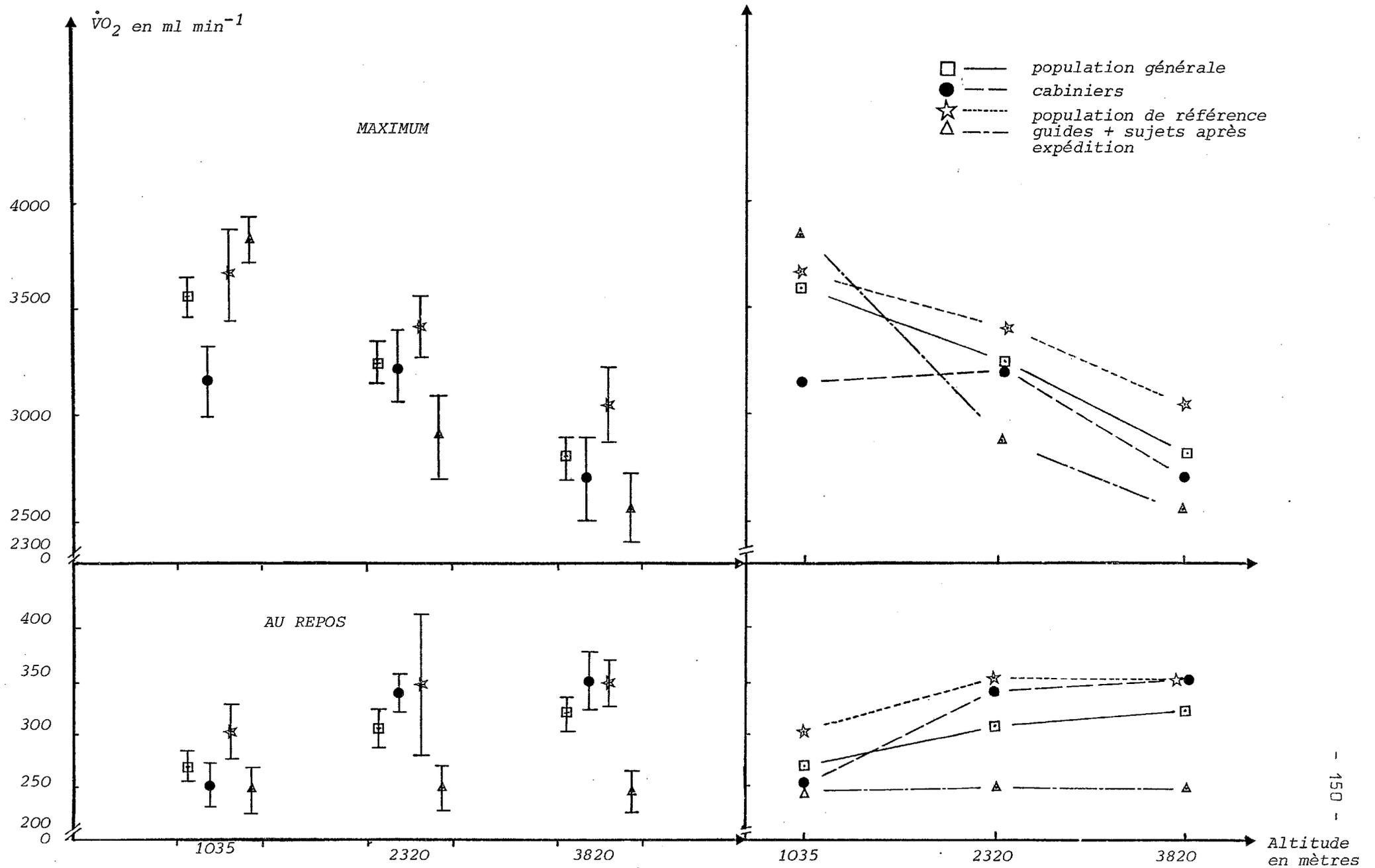
On notera également une très discrète augmentation de $\dot{V}O_2$ avec l'altitude.

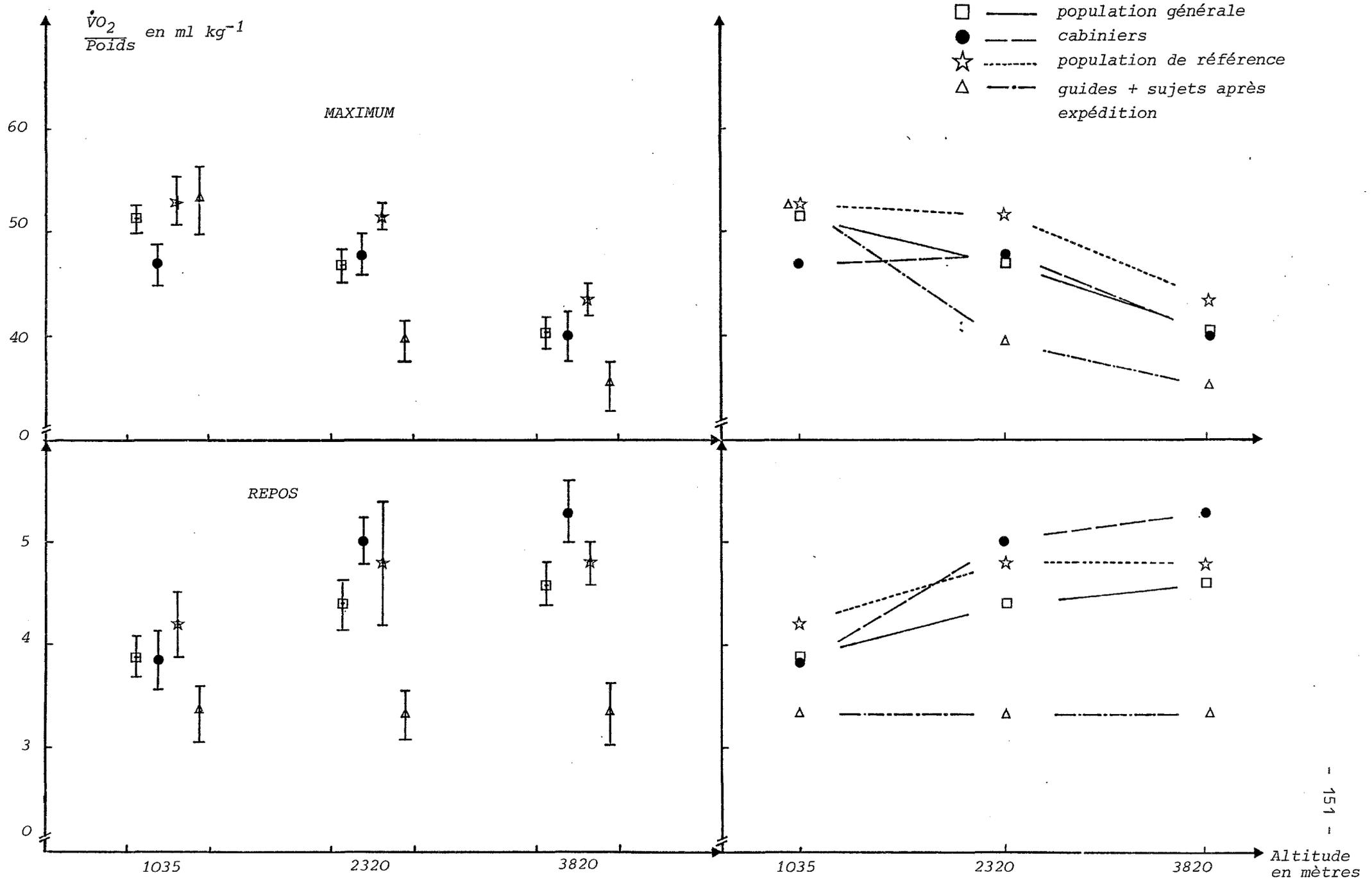
$\Delta \dot{V}O_2$ d'installation (4' - repos, 4' - 1', 4' - 2', 4' - 3') ne montre pas d'écart significatif .

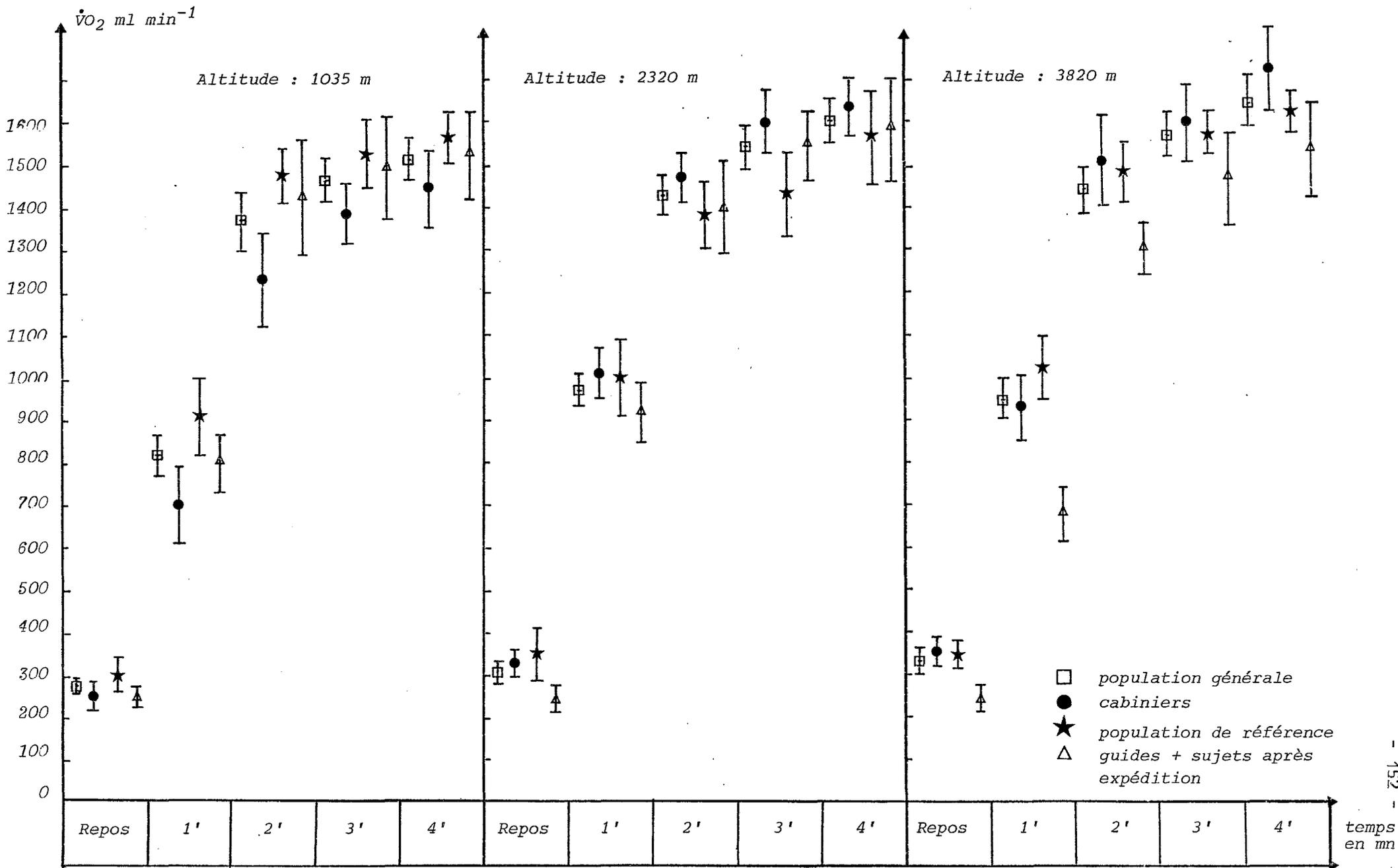
5) $\frac{\dot{V}O_2 \text{ max}}{\dot{V}O_2 \text{ repos}}$

Entre les altitudes . 1 et 2 : diminution du rapport pour tous

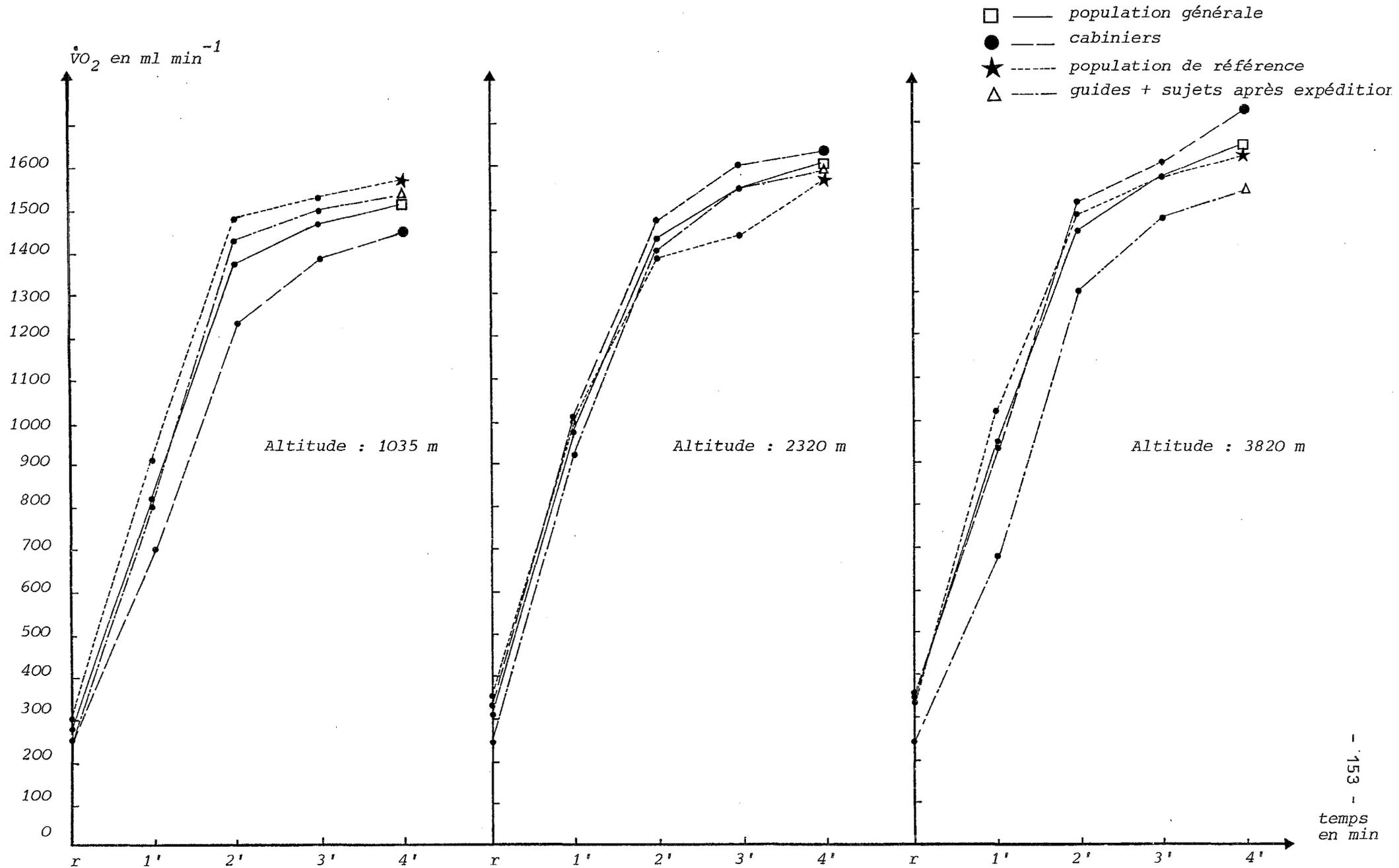
. 2 et 3, 1 et 3 : la baisse est générale, plus ou moins importante.







SENS DE VARIATION DES VALEURS MOYENNES DE $\dot{V}O_2$ PENDANT LA PERIODE D'INSTALLATION D'UN EFFORT DE 105 W



VALEURS MOYENNES DU RAPPORT $\frac{\dot{V}O_2 \text{ Max}}{\dot{V}O_2 \text{ Repos}} \pm 1 \text{ SD M}$

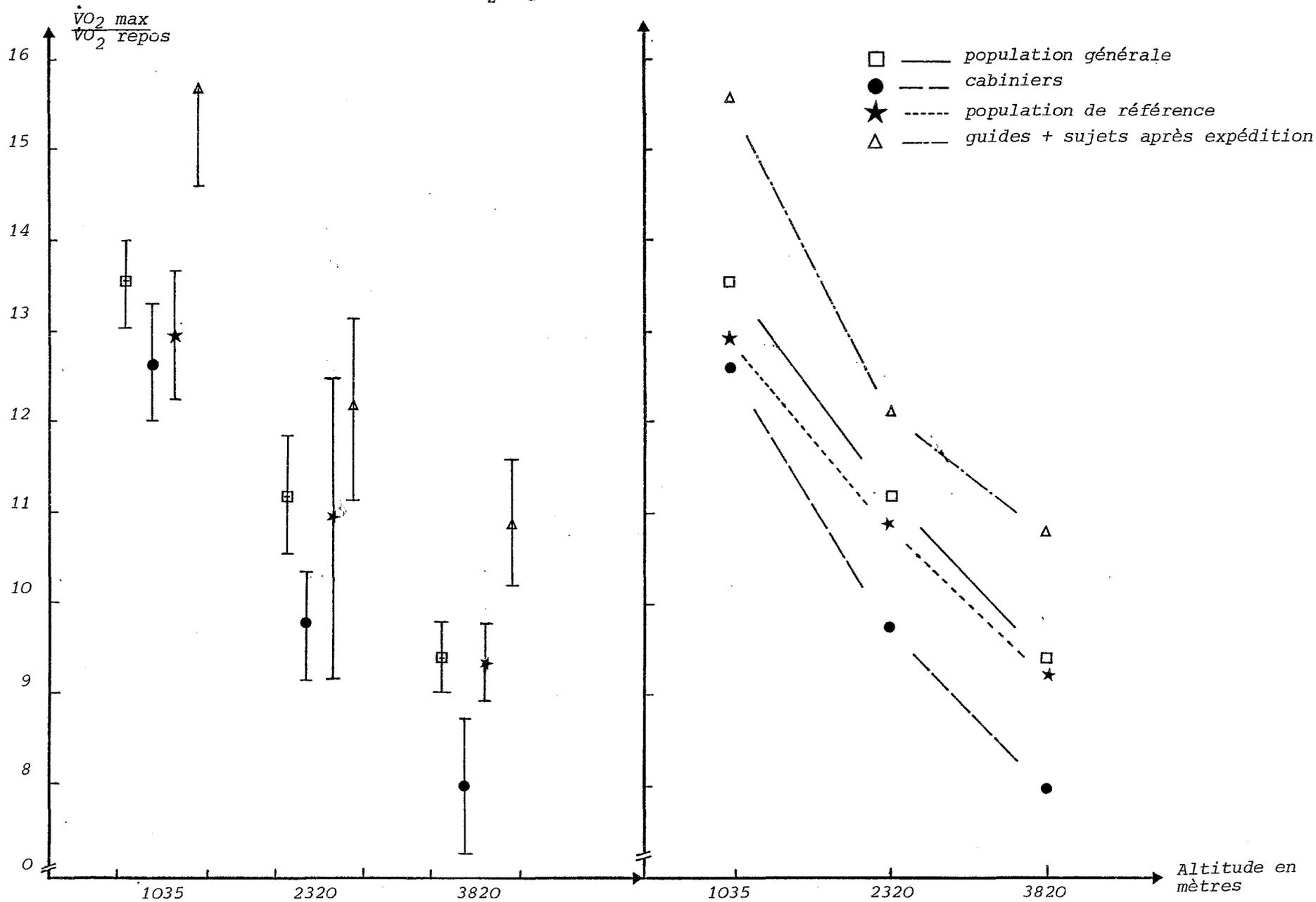


Tableau récapitulatif des degrés de signification de p des paramètres de $\dot{V}O_2$

Comparaison		1035 / 2320 m				2320 / 3820 m				1035 / 3820 m			
Population		Totale	Cabin.	Référ.	Guides	Totale	Cabin.	Référ.	Guides	Totale	Cabin.	Référ.	Guides
Paramètres													
$\dot{V}O_2$	Repos	NS	<0,02	NS	NS	NS	NS	NS	NS	<0,05	<0,05	NS	NS
$\dot{V}O_2$	Maximale	<0,05	NS	NS	<0,05	<0,001	<0,01	<0,001	NS	<0,001	<0,01	<0,01	<0,01
$\frac{\dot{V}O_2}{\text{Poids}}$	Repos	NS	<0,02	NS	NS	NS	NS	NS	NS	<0,05	<0,05	NS	NS
$\frac{\dot{V}O_2}{\text{Poids}}$	Maximale	<0,05	NS	NS	<0,05	<0,001	<0,01	<0,001	NS	<0,001	<0,01	<0,01	<0,01
$\dot{V}O_2$	Installation 1'	NS	<0,05	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	2'	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	3'	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	4'	NS	NS	NS	NS	<0,05	NS	<0,05	NS	NS	NS	NS	NS
$\Delta \dot{V}O_2$	Installation 4' - Repos	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	4' - 1'	NS	NS	NS	NS	<0,05	NS	NS	<0,05	NS	NS	NS	NS
	4' - 2'	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	4' - 3'	NS	NS	NS	NS	NS	<0,05	NS	NS	NS	<0,05	NS	NS
$\frac{\dot{V}O_2 \text{ max}}{\dot{V}O_2 \text{ repos}}$		<0,05	<0,05	NS	NS	<0,02	NS	NS	NS	<0,001	<0,01	<0,02	<0,02

Altitude	1035 m			2320 m			3820 m		
	Comparaison Paramètres	Cabin Référer	Référer Guide	Cabin Guide	Cabin Référer	Référer Guide	Cabin Guide	Cabin Référer	Référer Guide
$\dot{V}O_2$ Repos	NS	NS	NS	NS	NS	<0,01	NS	<0,01	<0,01
$\dot{V}O_2$ Maximale	NS	NS	<0,02	NS	NS	<0,02	NS	NS	NS
$\frac{\dot{V}O_2}{\text{Poids}}$ Repos	NS	NS	NS	NS	NS	<0,01	NS	<0,01	<0,001
$\frac{\dot{V}O_2}{\text{Poids}}$ Maximale	<0,05	NS	NS	NS	<0,001	<0,01	NS	<0,01	NS
$\dot{V}O_2$ Installation 1'	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	<0,01	<0,05
2'	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
3'	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
4'	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
$\dot{V}O_2$ Installation									
4' - 1'	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
4' - 2'	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
4' - 3'	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
$\frac{\dot{V}O_2 \text{ max}}{\dot{V}O_2 \text{ repos}}$	NS	NS	<0,05	NS	NS	<0,05	NS	NS	<0,02

IV 4 - LA REGRESSION FC / $\dot{V}O_2$

1) Généralités

Chaque point représente une valeur individuelle de $\dot{V}O_2$ en fonction de FC. Ceci permet d'appréhender la dispersion des résultats.

Chaque croix représente le point moyen de $\dot{V}O_2$, pour une FC moyenne, de tous les points se situant dans un intervalle de FC de 10 pulsations. La FC moyenne est estimée à $10/2$ soit à 5 pulsations. Ainsi les points moyens de $\dot{V}O_2/FC$ se situent à 105, 115, 125 175 (8 points moyens). Cette valeur moyenne de FC permet de régresser statistiquement $\dot{V}O_2$ en fonction de FC. La ligne de régression est construite à partir des points moyens.

Les intervalles de confiance à 99 % de la ligne de régression sont précisés par les deux segments d'hyperbole. Leur écartement est fonction - de l'importance de la population (n)

- de la dispersion des résultats au sein de cette population.

2) Par altitude

A l'altitude . 1 : il existe une certaine homogénéité des pentes, sauf pour les guides. Leur ligne de régression est plus haute.

. 2 : si les cabiniers, le groupe de référence et la population générale restent relativement bien groupés, les guides, par contre, à cette altitude, présentent une ligne nettement abaissée.

. 3 : les pentes sont plus hétérogènes. Elles sont convergentes et la pente est plus faible pour les cabiniers et guides que pour le groupe de référence.

Entre les altitudes 1 et 2, 2 et 3, 1 et 3

Mis à part l'important abaissement de la ligne de régression, déjà relevé, pour les guides, les variations sont faibles ; il faut relever cependant un abaissement des ordonnées à l'origine.

3) Par population

a) Générale

On note un parallélisme des pentes aux différentes altitudes avec un décalage vers des $\dot{V}O_2$ plus faible lorsque l'altitude augmente.

b) Cabiniers

Les pentes varient pour chaque altitude, maximale pour 2, minimale pour 3, intermédiaire pour 1.

c) Référence

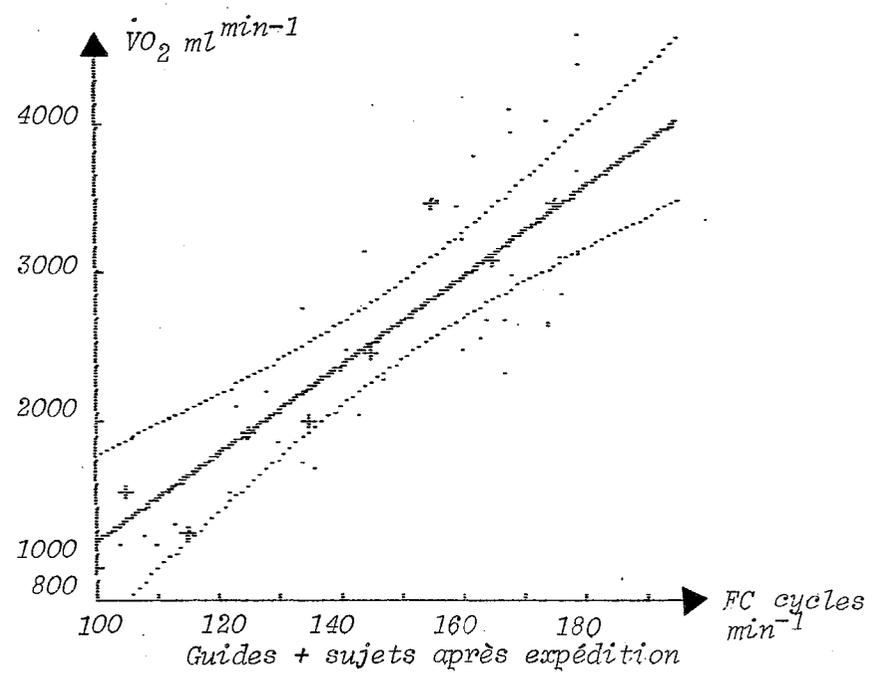
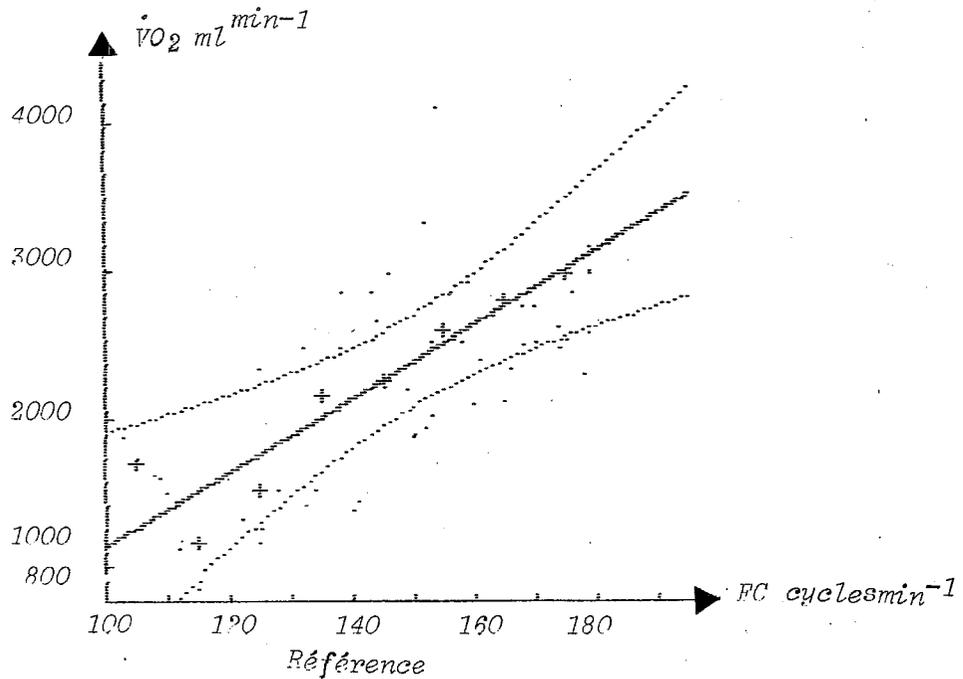
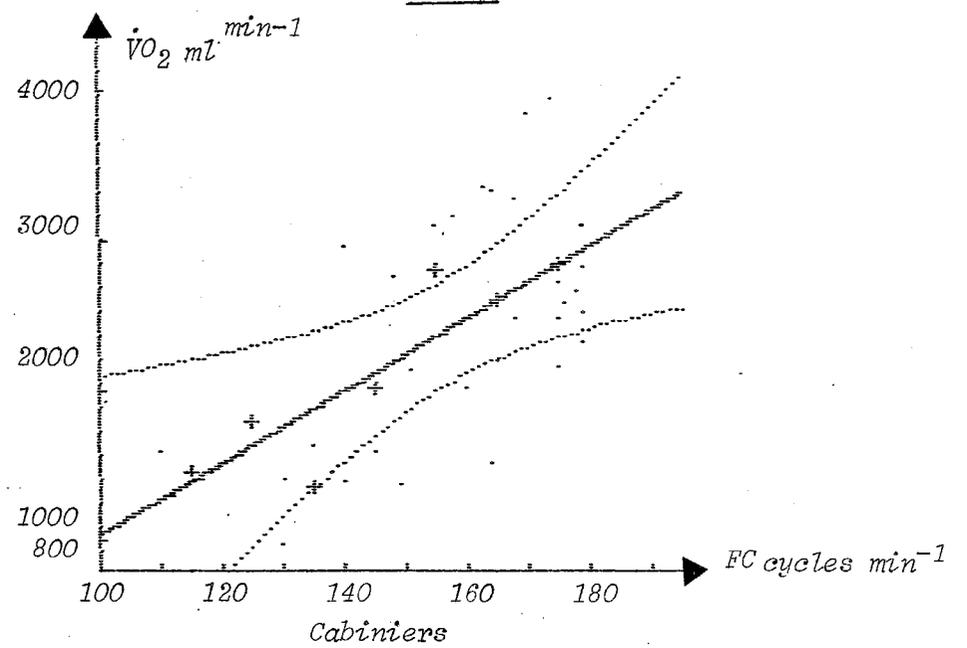
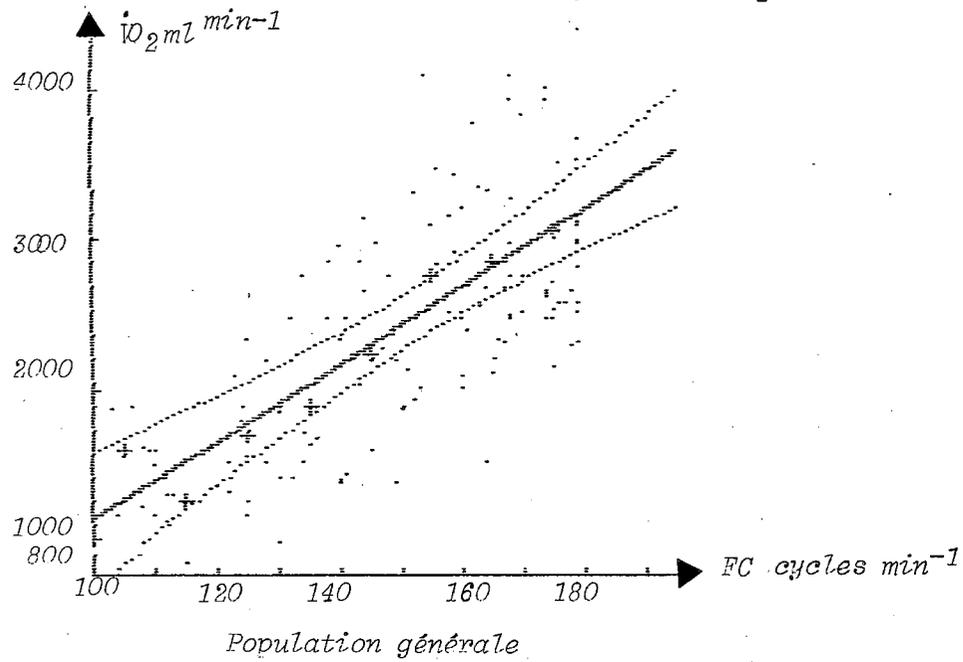
Le parallélisme est pratiquement respecté entre 2 et 3, mais il y a convergence entre 1 et 3.

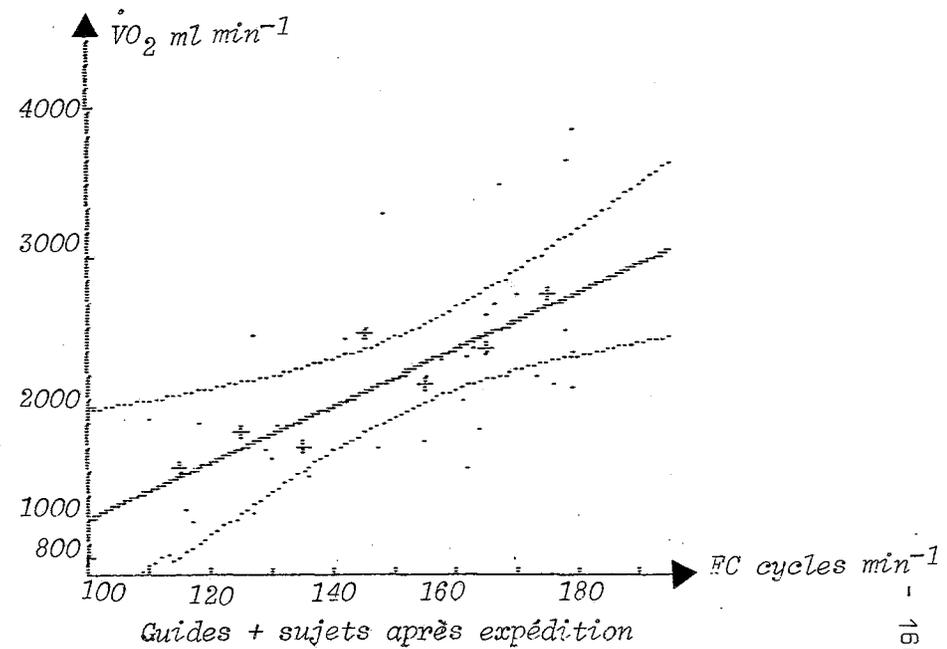
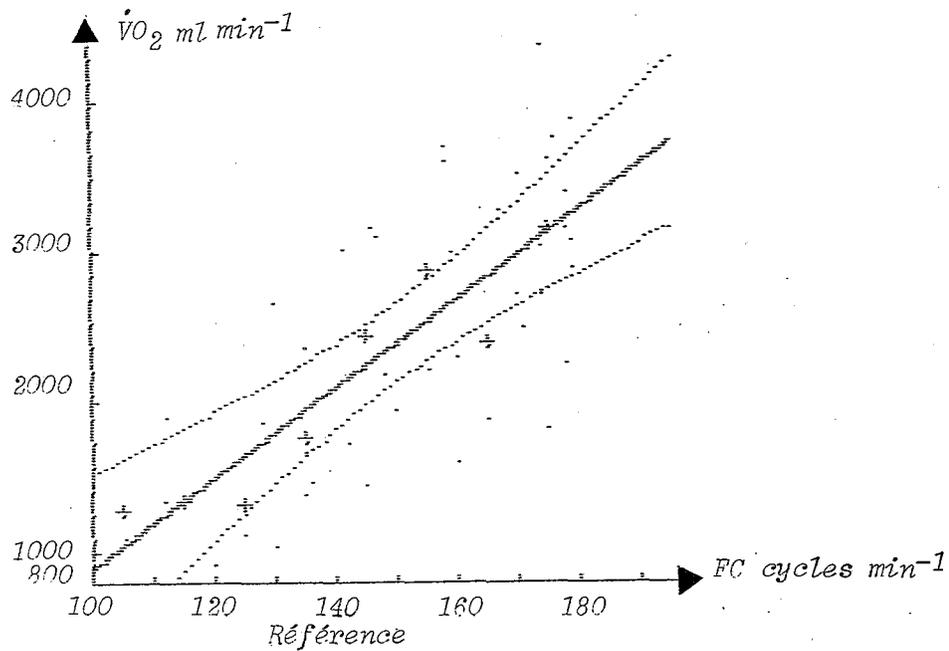
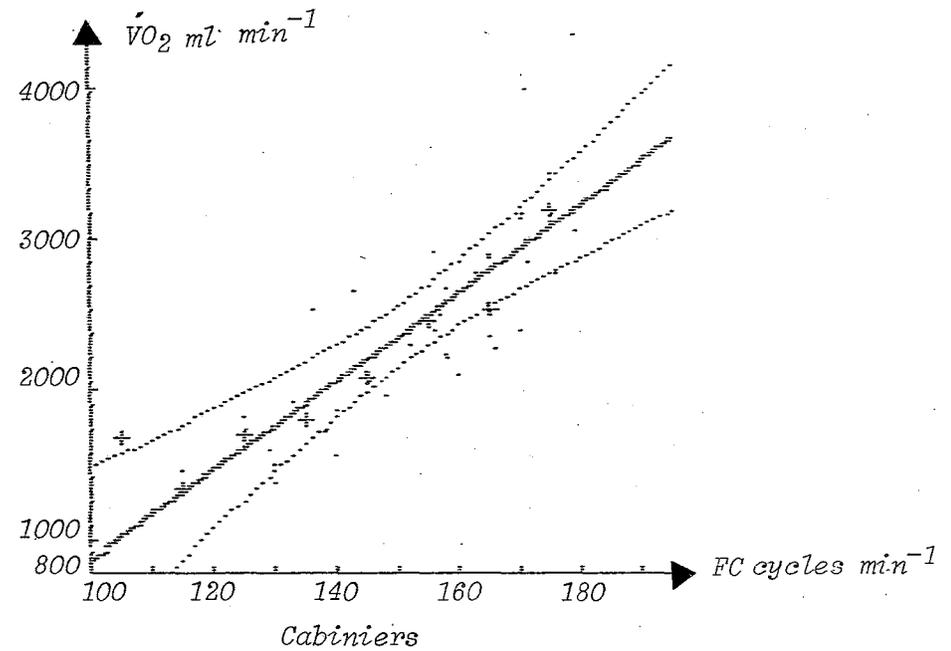
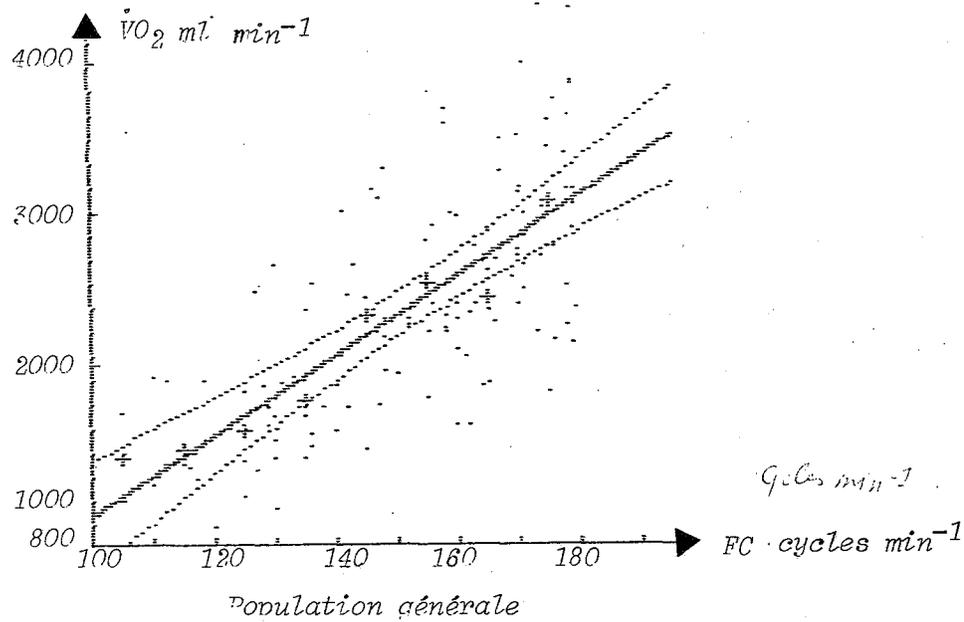
d) Guides

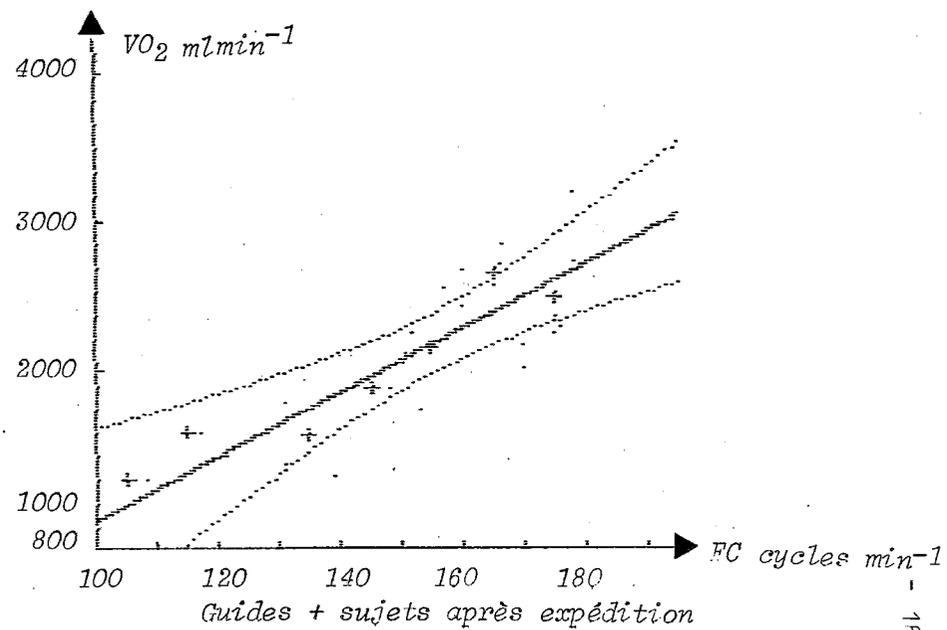
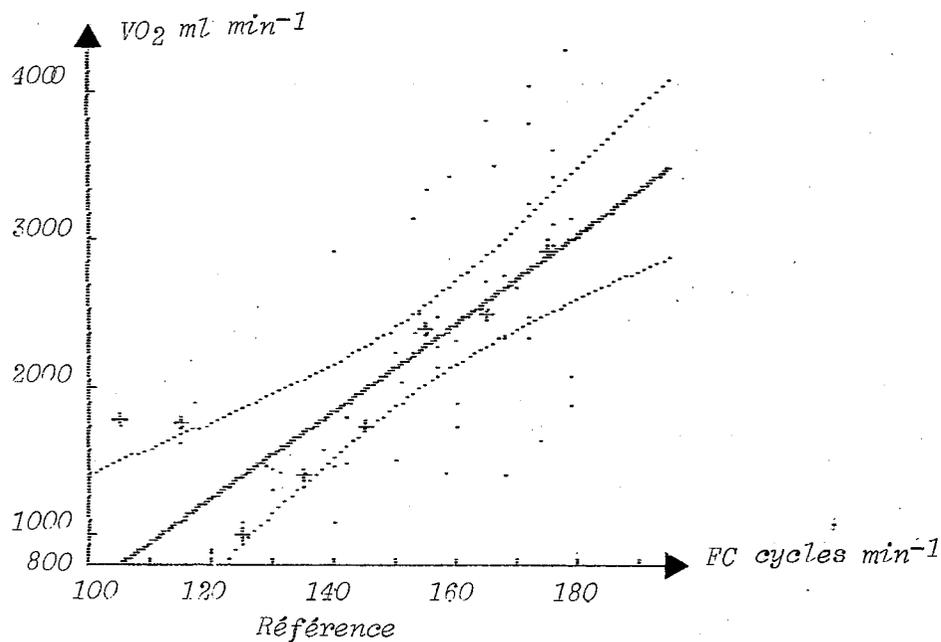
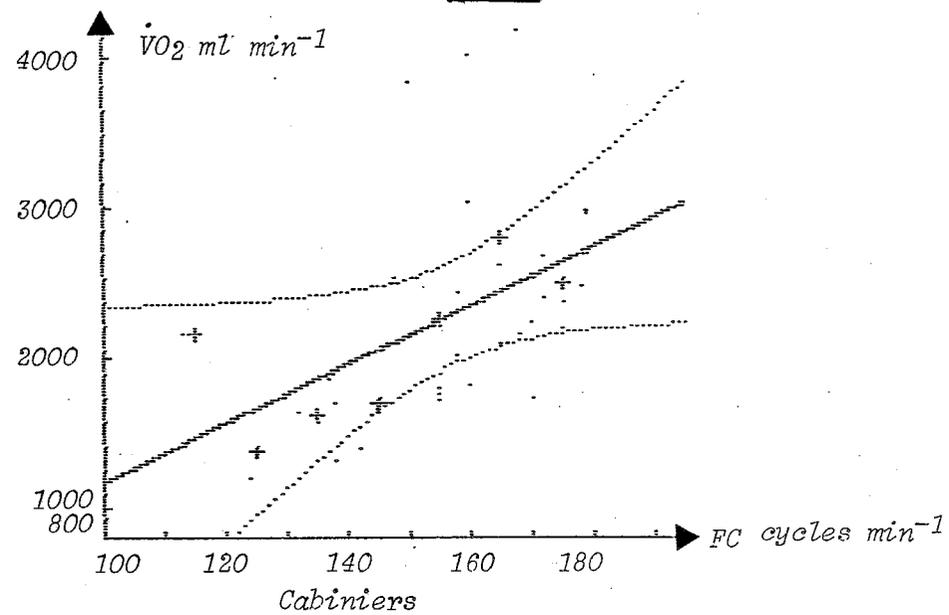
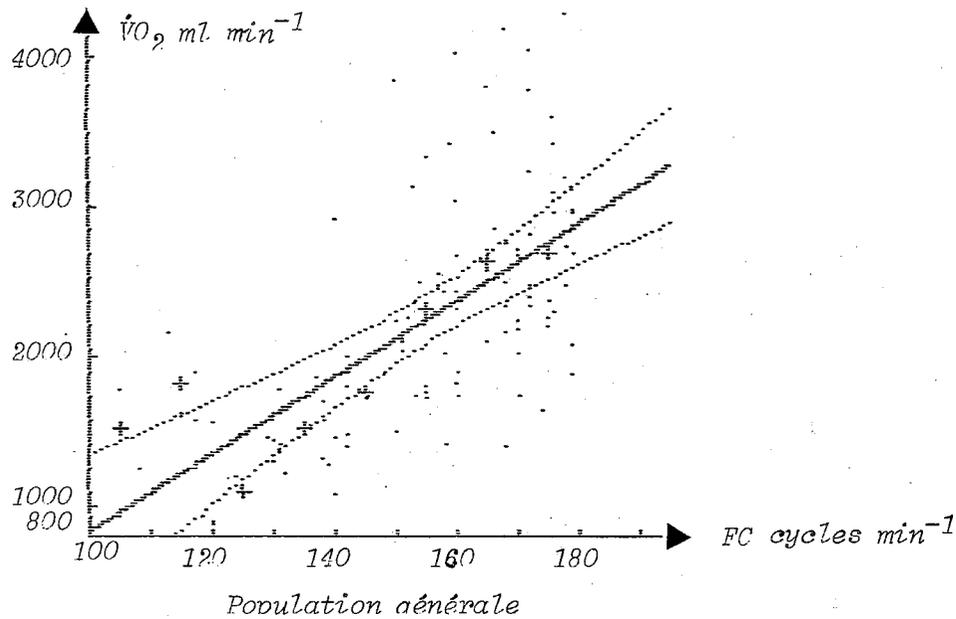
Les résultats sont dissociés. Il y a

- . divergence entre 1 et 2, 1 et 3,
- . convergence entre 2 et 3.

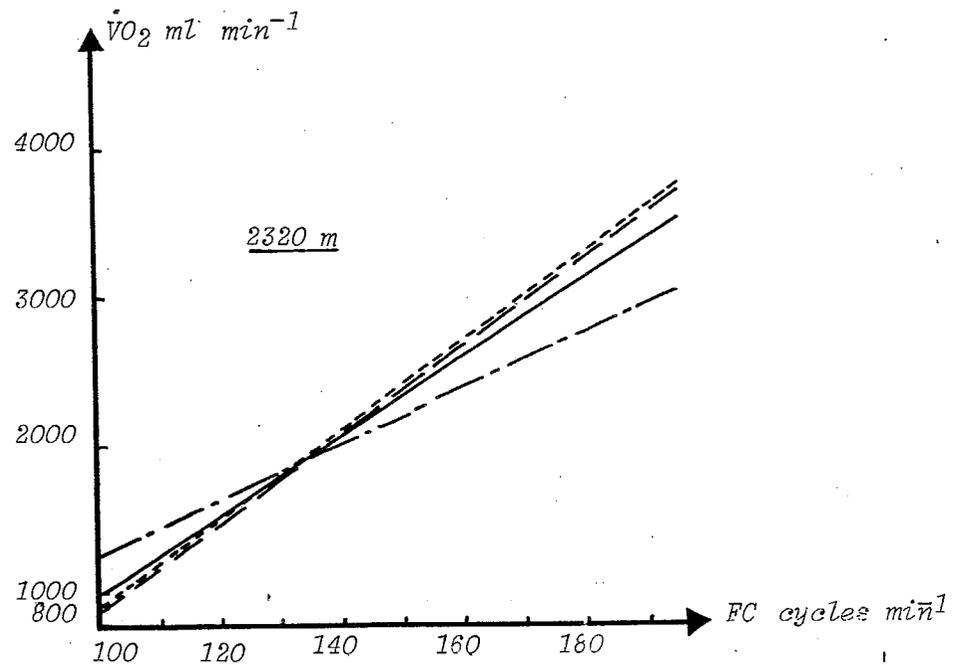
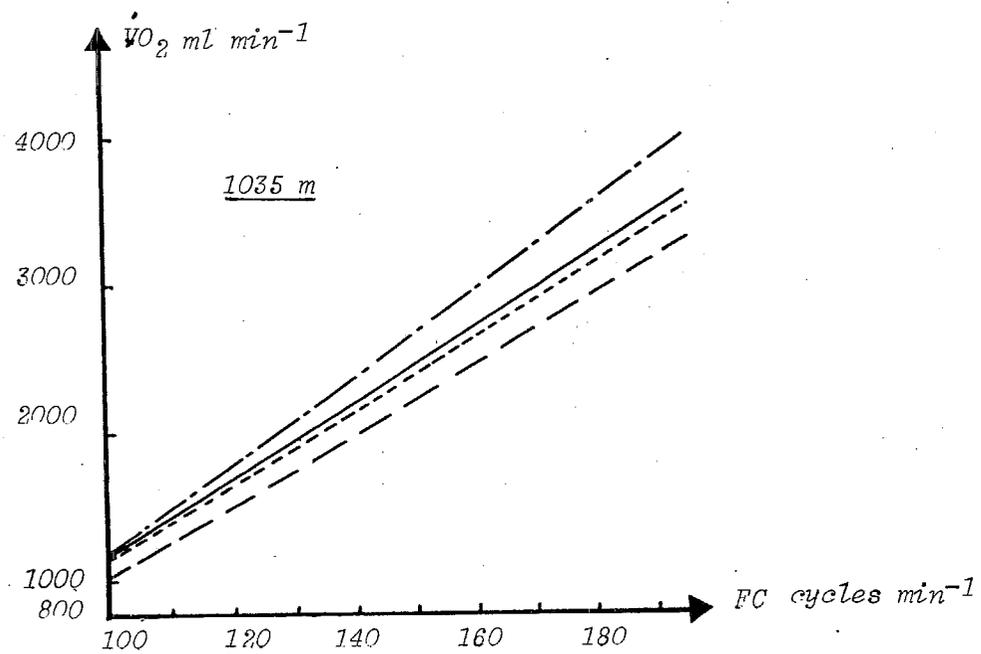
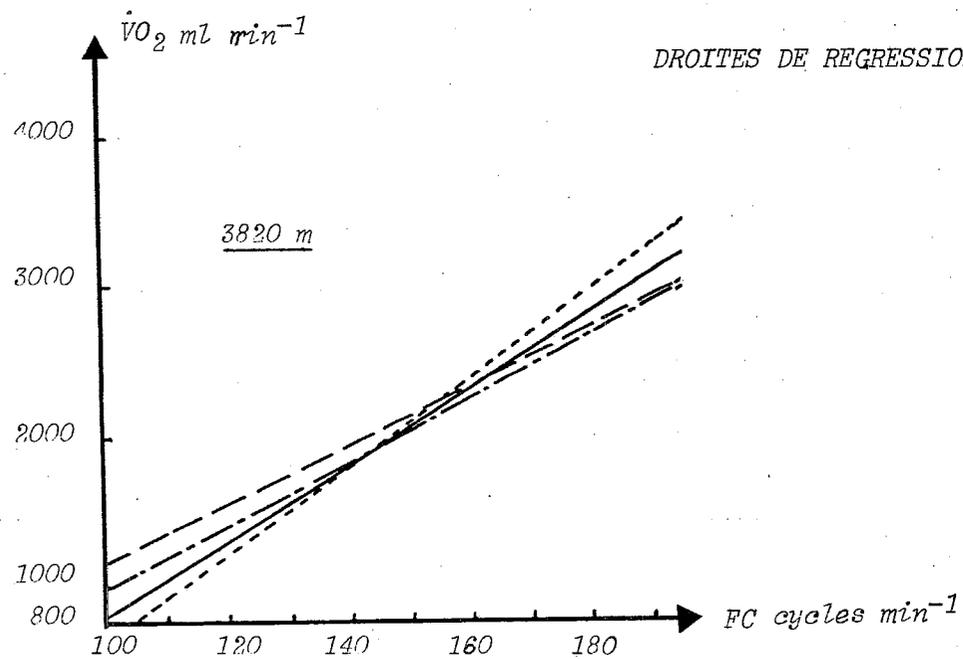
Pour toutes les populations, cabiniers exceptés, à l'altitude 3 la ligne de régression est plus basse vers l'origine des ordonnées.



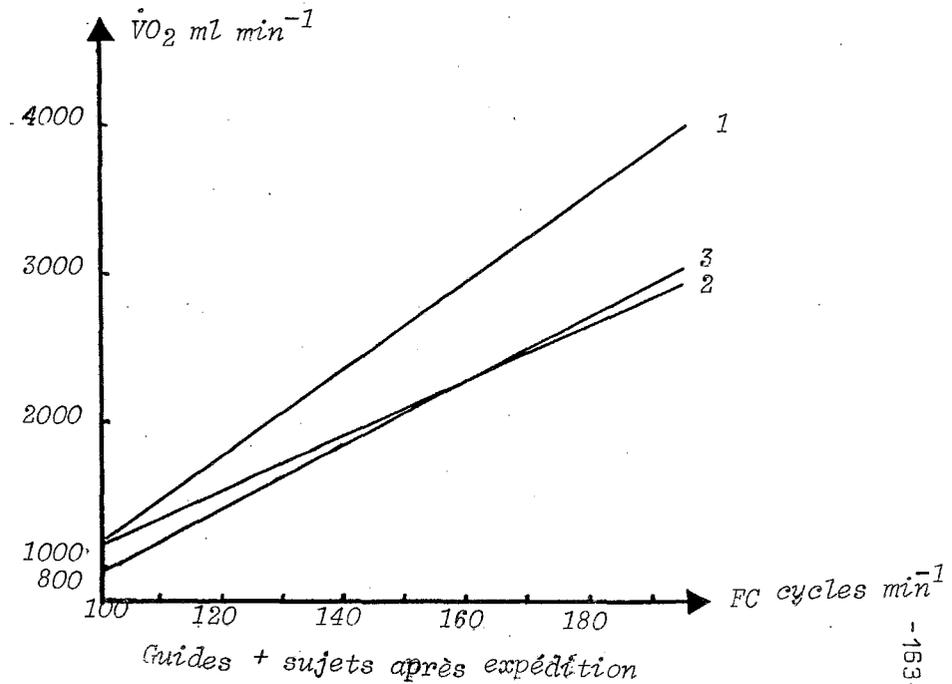
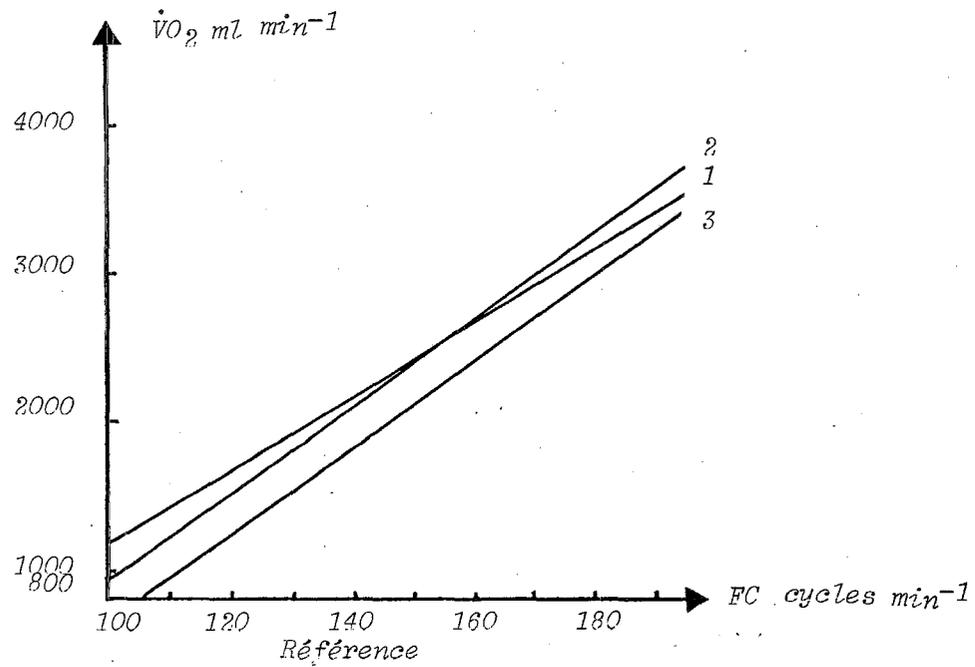
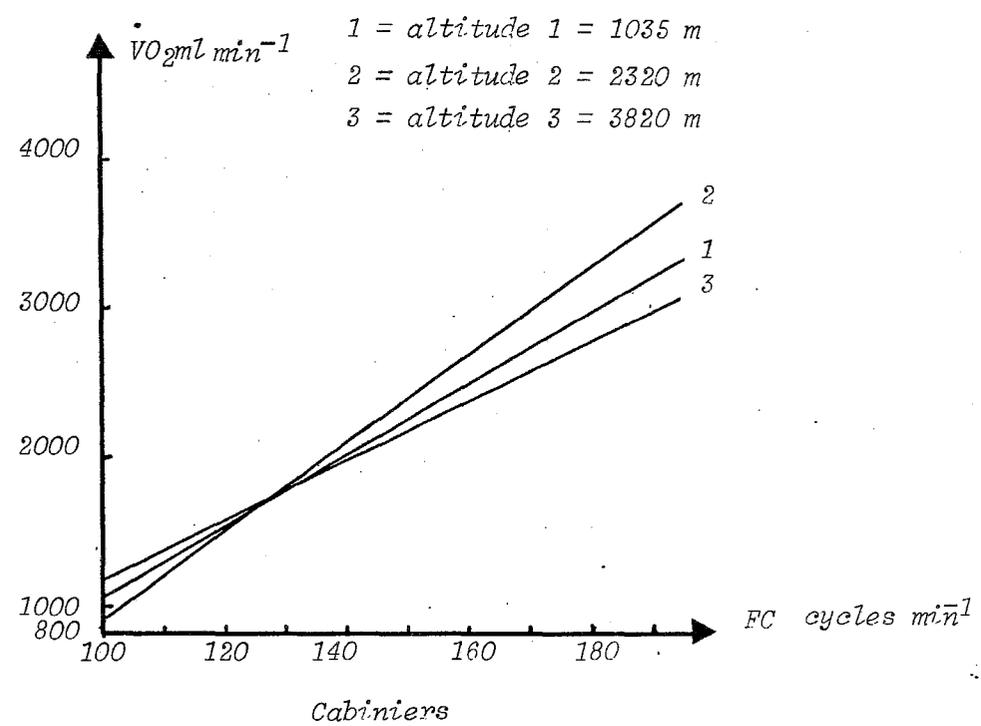
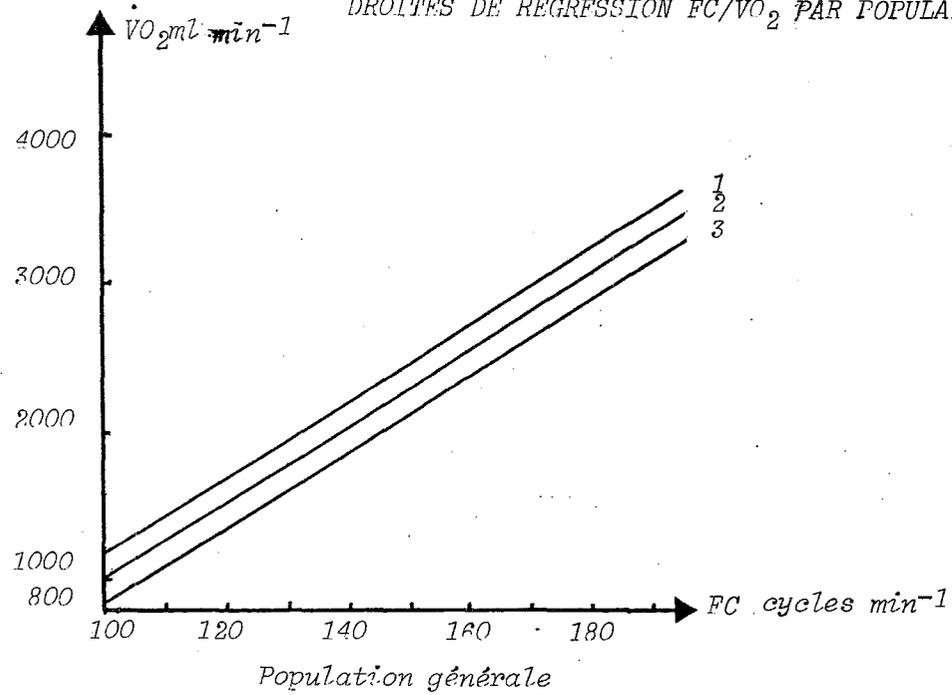




DROITES DE REGRESSION FC/VO₂ PAR ALTITUDES



DROITES DE REGRESSION FC/ $\dot{V}O_2$ PAR POPULATION



IV 5 - LE POULS D'OXYGENE : $\frac{\dot{V}O_2}{FC}$

1) Au repos

Entre les altitudes . 1 et 2 : il augmente pour cabiniers et référence. Il reste stable pour les guides.

Il existe de grands écarts entre les différentes populations, en particulier entre les guides et le groupe de référence ; de plus, au sein de chaque groupe, il y a de grandes variations individuelles avec des écarts types de la moyenne très larges.

. 2 et 3 : il baisse pour le groupe de référence, il est stable pour les autres populations.

. 1 et 3 : il augmente pour les cabiniers et reste stable pour les autres groupes.

2) Maximal

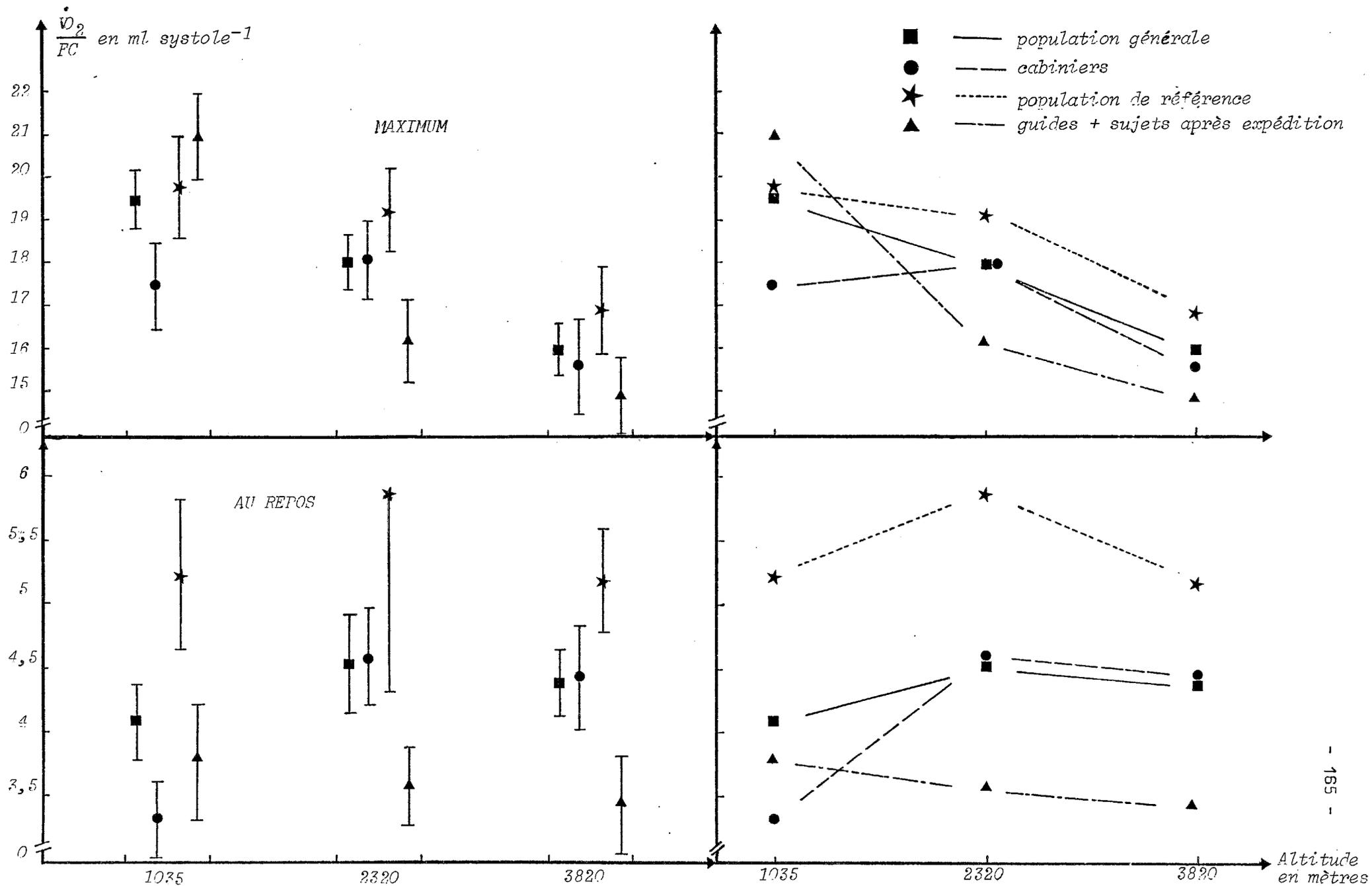
Entre les altitudes . 1 et 2 : il est pratiquement stable pour les cabiniers, il diminue pour les autres groupes.

. 2 et 3 : il baisse pour tous les groupes de façon pratiquement identique.

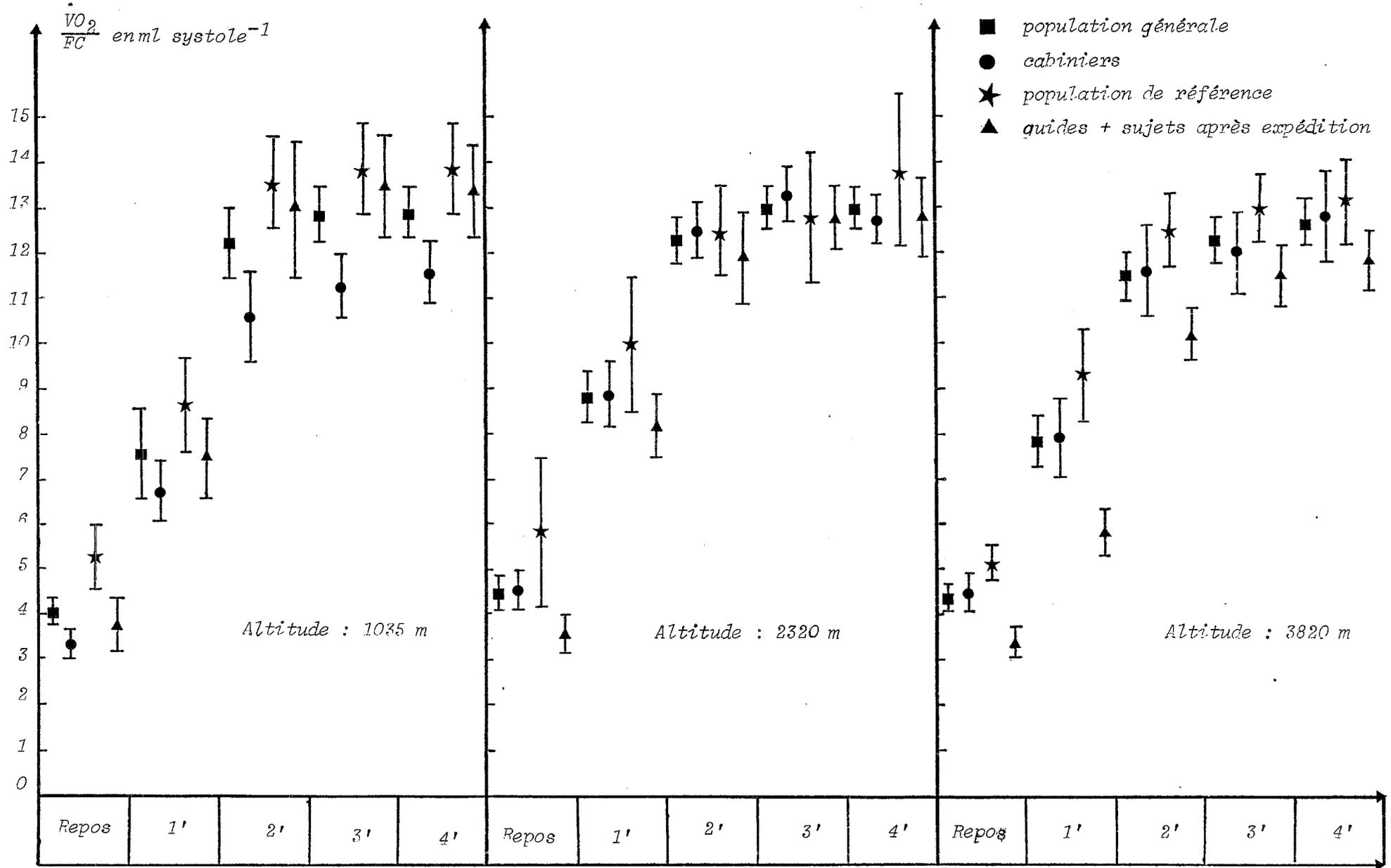
. 1 et 3 : la diminution est générale, plus particulièrement pour les guides.

3) D'installation de l'effort musculaire (4' à \approx 105 W)

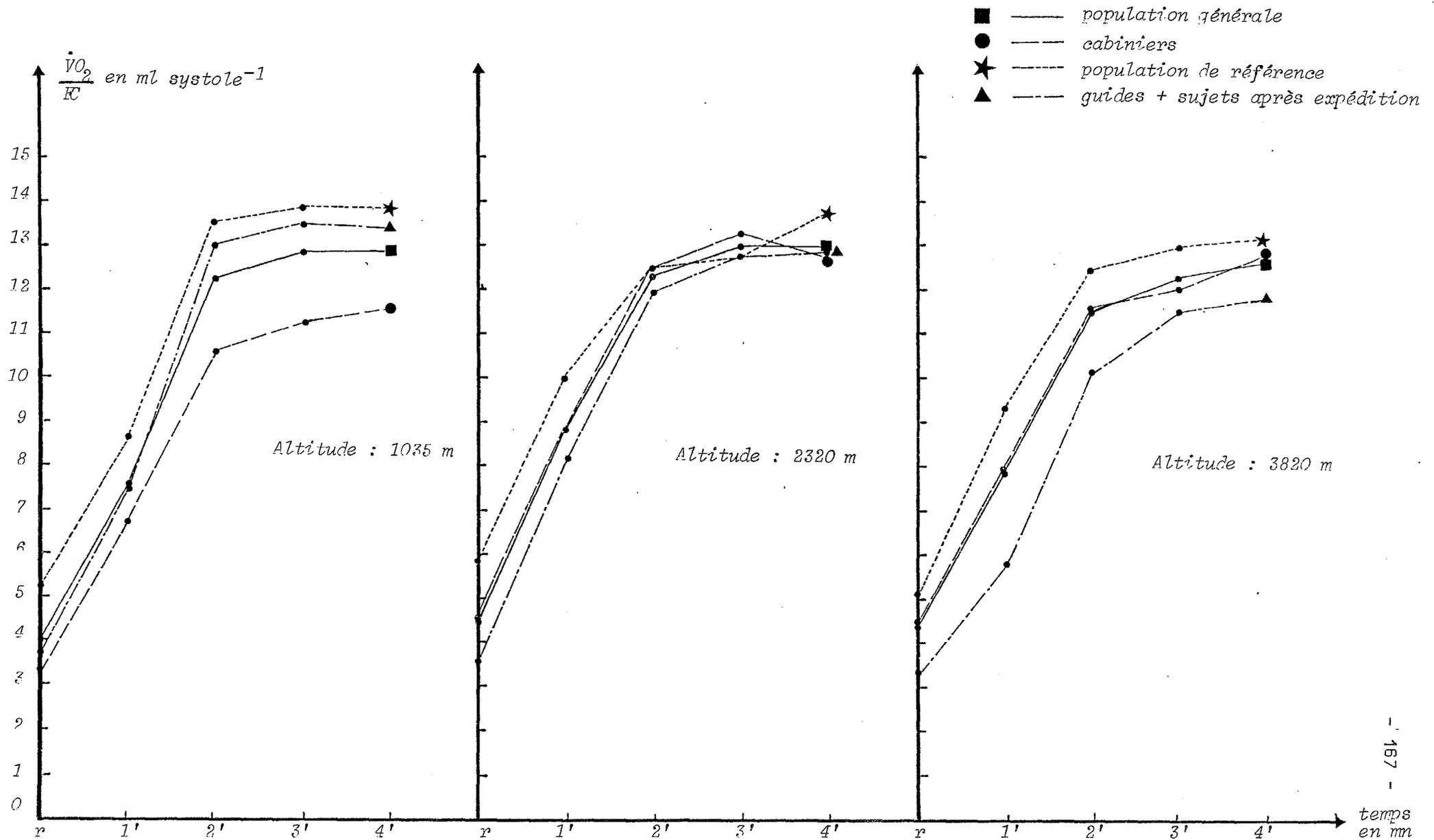
Les variations sont similaires et d'amplitude comparables aux trois altitudes : à noter toutefois les valeurs plus faibles des cabiniers à l'altitude 1 et de façon moindre, des guides à l'altitude 3.



VALEURS MOYENNES DU POULS D'OXYGENE \pm 1 SDM PENDANT LA PERIODE D'INSTALLATION D'UN EFFORT DE 105 W



SENS DE VARIATION DES VALEURS MOYENNES DU POULS D'OXYGENE PENDANT LA PERIODE D'INSTALLATION D'UN EFFORT DE 105 W



IV 6 - LE COEFFICIENT D'EXTRACTION : $\frac{VO_2}{VE}$

1) Au repos

Entre les altitudes . 1 et 2 - il diminue pour les guides
- il augmente pour le groupe de référence
- il est stable pour les cabiniers et pour l'ensemble des sujets.

. 2 et 3 - il reste relativement stable pour tous les groupes

. 1 et 3 - il y a peu d'écart sauf pour les guides : chez eux, il baisse.

2) A l'effort maximal

Il diminue de façon presque régulière pour tous les groupes de l'altitude 1 à l'altitude 3.

3) D'installation à l'effort musculaire (4' à \approx 105 W)

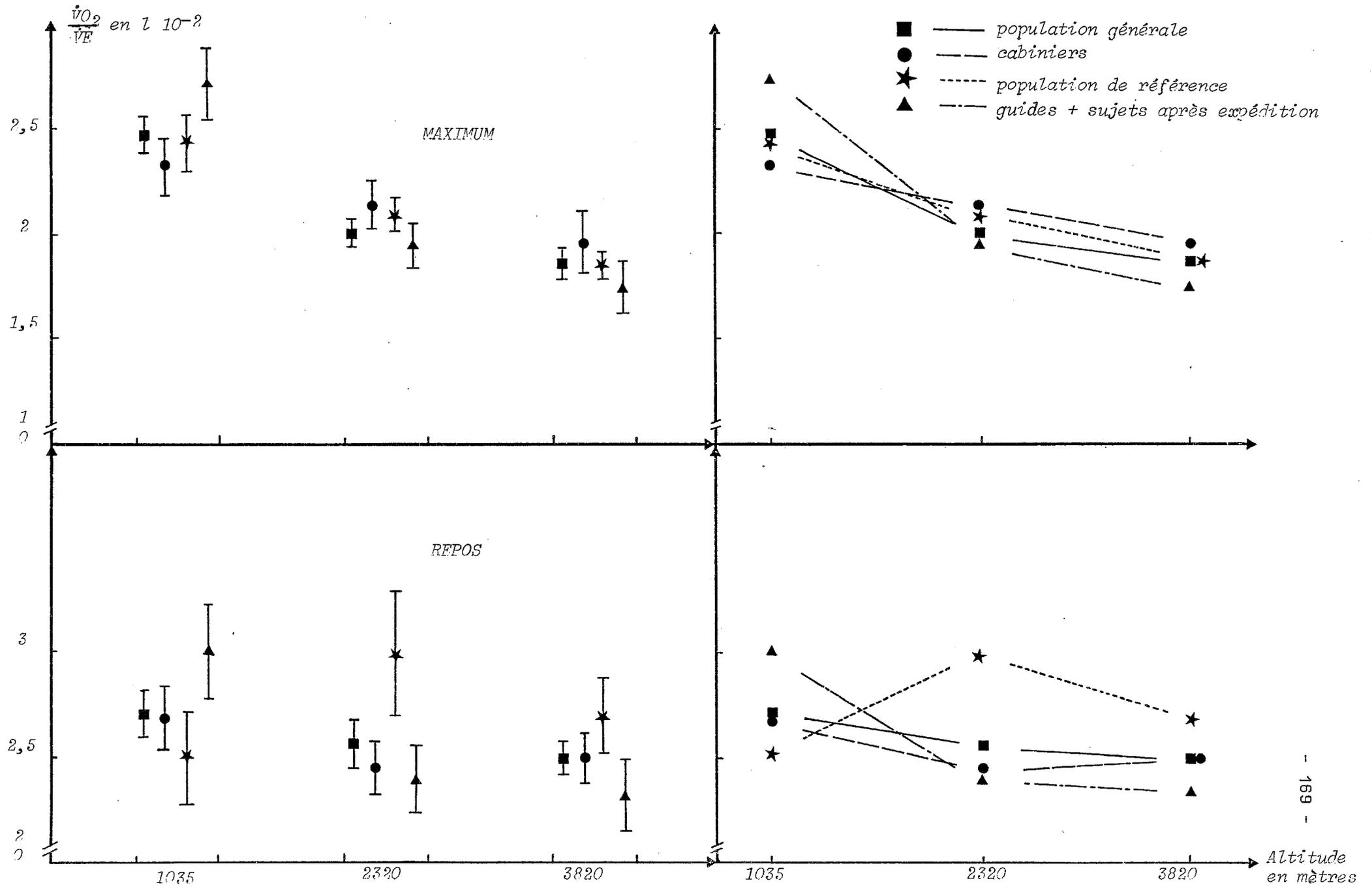
Entre les altitudes . 1 et 2 : l'évolution est irrégulière, mais d'allure comparable pour toutes les populations, avec une élévation durant les deux premières minutes et une baisse ensuite. Les amplitudes de variation sont plus discrètes en 2.

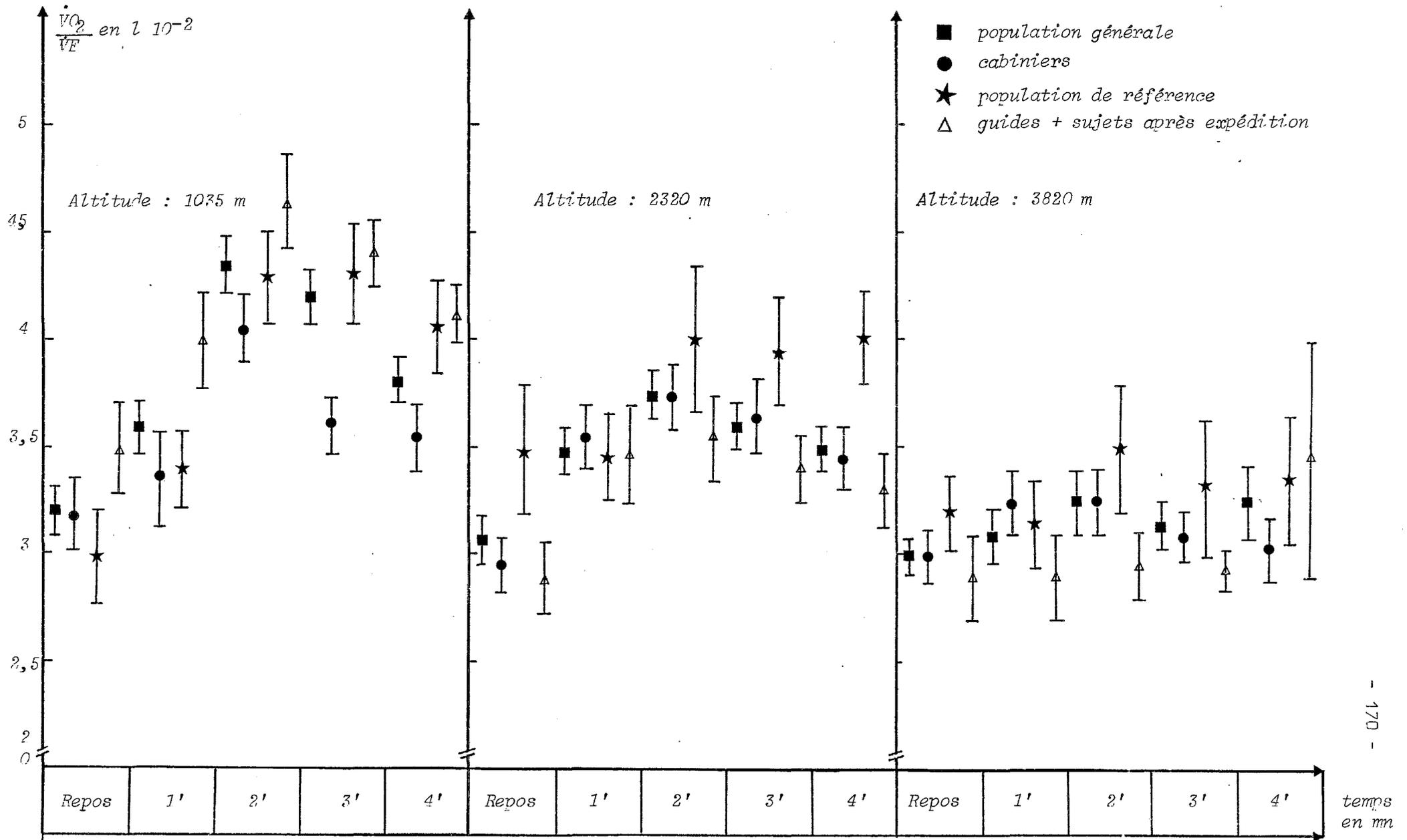
En 1, il faut noter les valeurs relativement plus faibles et plus stables des cabiniers.

. 2 et 3 : en 3, on ne retrouve plus la cassure à la 2ème minute ; les variations sont grossièrement sinusoïdales. Le niveau d'ensemble de 3 est plus bas qu' en 1 et 2.

. 1 et 3 : les valeurs sont très nettement plus faibles et moins dispersées en 3.

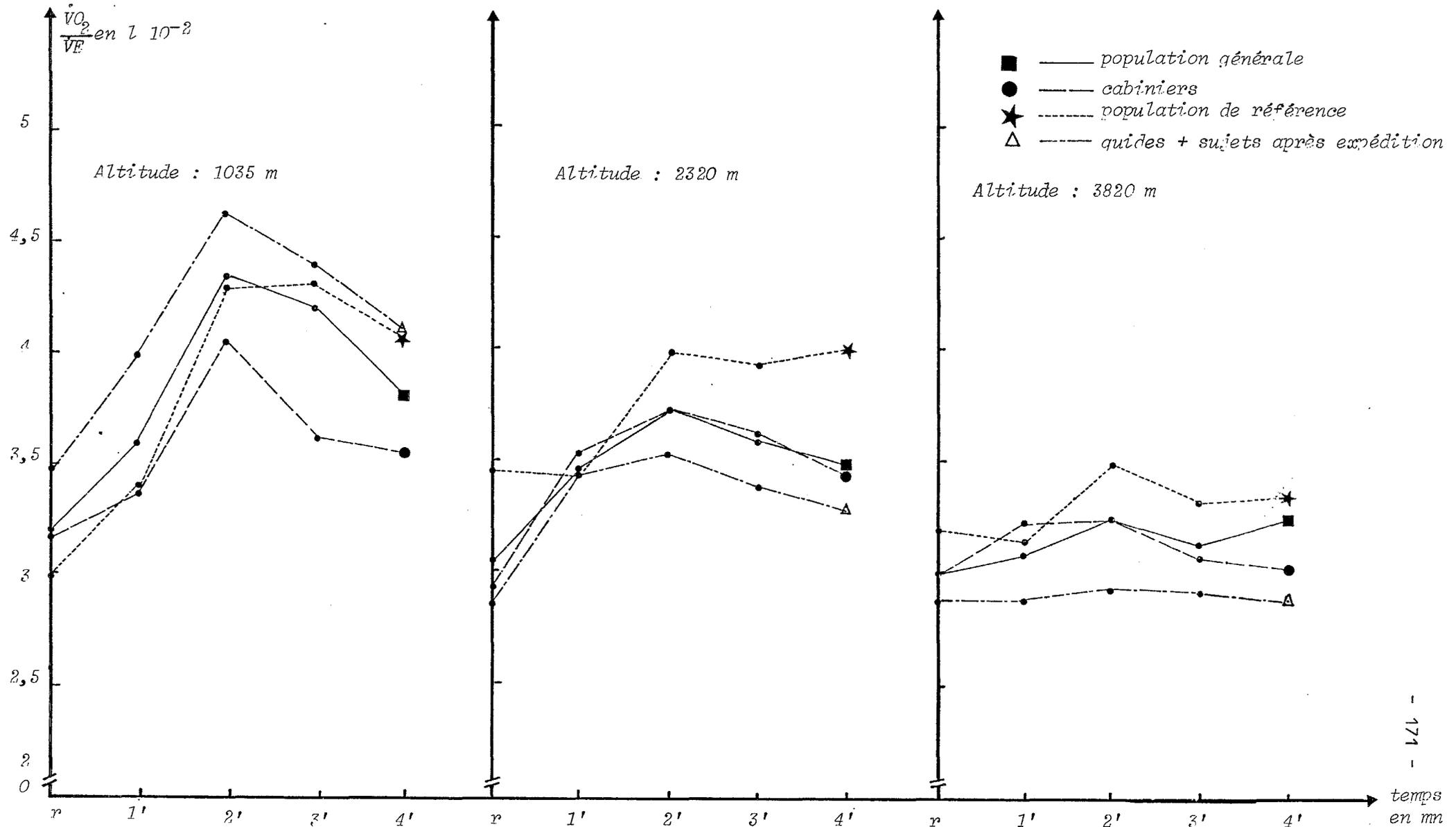
VALEURS MOYENNES DU COEFFICIENT D'EXTRACTION ± 1 SDM AUX DIFFERENTES ALTITUDES ET LEUR SENS DE VARIATION





SEMS DE VARIATION DES VALEURS MOYENNES DU COEFFICIENT D'EXTRACTION PENDANT LA PERIODE D'INSTALLATION

D'UN EFFORT DE 105 W



Comparaison		1035 / 2320 m				2320 / 3820 m				1035 / 3820 m				
Paramètres	Populations	Totale	Cabin.	Référ.	Guides	Totale	Cabin.	Référ.	Guides	Totale	Cabin.	Référ.	Guides	
	Pouls d'O ₂ : $\frac{\dot{V}O_2}{FC}$.Repos	NS	<0,01	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
.Maximal		NS	NS	NS	<0,05	<0,001	<0,02	<0,001	NS	<0,001	<0,05	<0,01	<0,01	
.Instal.														
1'		NS	NS	NS	NS	<0,02	<0,05	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
2'		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
3'		NS	NS	NS	NS	NS	<0,05	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
4'		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Coef. d'extraction		.Repos	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	<0,05
		.Maximal	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,001	NS	<0,01	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,02
		.Instal.												
		1'	NS	NS	NS	NS	<0,05	NS	NS	NS	<0,02	NS	NS	<0,02
		2'	<0,01	NS	NS	<0,05	<0,001	<0,01	NS	NS	<0,001	<0,01	<0,05	<0,01
		3'	<0,01	NS	NS	<0,01	<0,001	<0,001	NS	NS	<0,001	<0,001	<0,01	<0,01
	4'	<0,01	NS	NS	<0,02	NS	<0,001	<0,05	NS	<0,001	<0,05	<0,05	NS	
Altitude		1035 m				2320 m				3820 m				
Paramètres	Comparaison	Cabin	Référ	Cabin	Cabin	Référ	Cabin	Cabin	Référ	Cabin	Référ	Cabin	Guides	
		Référ	Guides	Guides	Référ	Guide	Guide	Référ	Guide	Référ	Guide	Guide		
Pouls d'O ₂ : $\frac{\dot{V}O_2}{FC}$.Repos	<0,05	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	<0,01	NS	NS	
	.Maximal	NS	NS	<0,05	NS	<0,05	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
	.Instal.													
	1'	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	<0,02	NS	NS	
	2'	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	<0,05	NS	NS	
	3'	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
	4'	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
	Coef. d'extraction	.Repos	NS	NS	NS	<0,05	<0,05	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
		.Maximal	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
		.Instal.												
		1'	NS	<0,05	<0,05	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
		2'	NS	NS	<0,05	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
		3'	<0,02	NS	<0,001	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
4'		NS	NS	<0,02	<0,05	<0,05	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	

IV 7 - LE TEST DE FLACK

1) La durée de l'apnée

Entre les altitudes . 1 et 2 - on relève une relative stabilité pour tous les groupes, mis à part pour les cabiniers chez lesquels elle diminue.

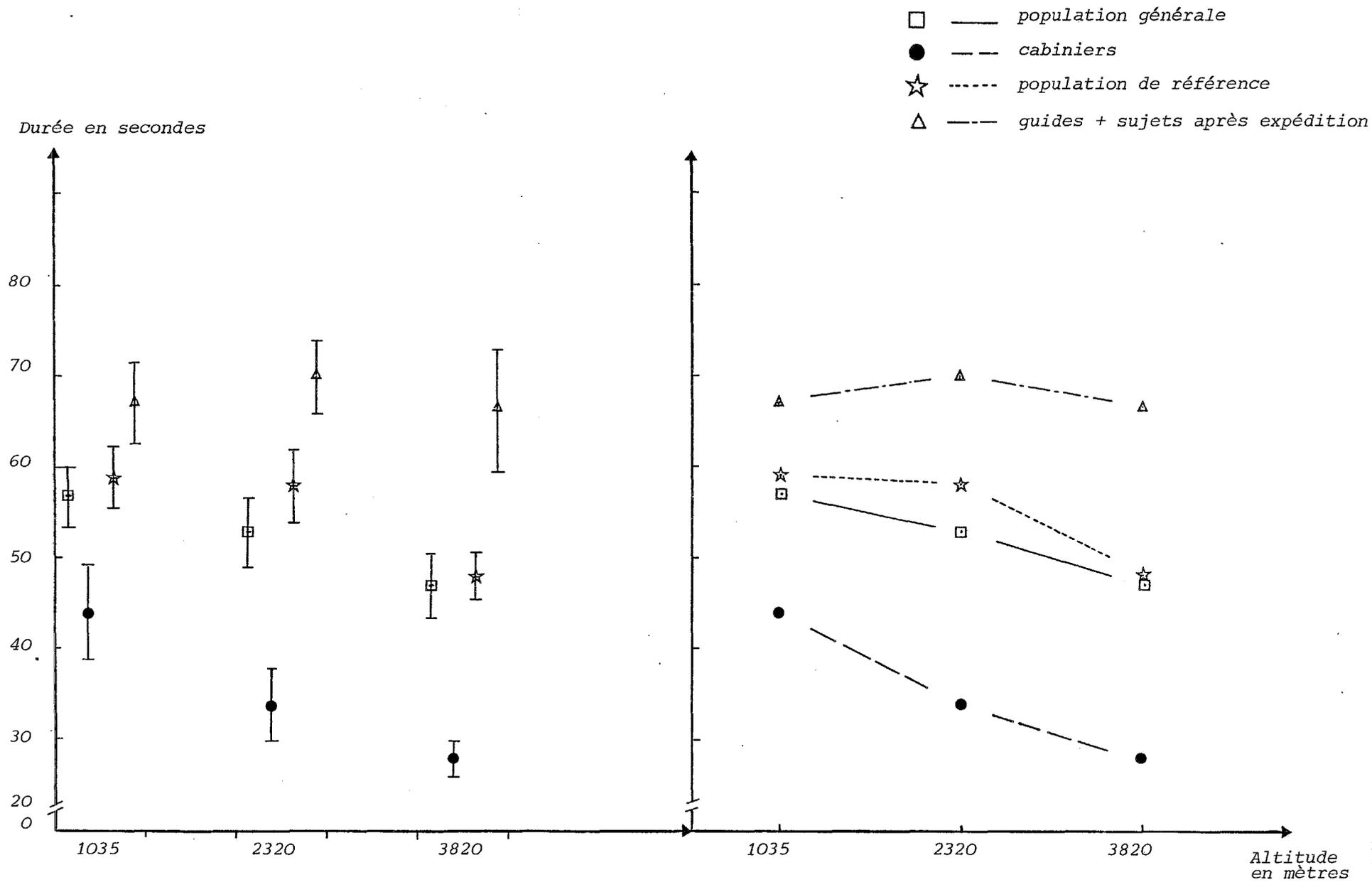
- . 2 et 3 - stabilité respectée pour les guides
- diminution modérée pour les autres groupes.
- . 1 et 3 - stabilité maintenue pour les guides
- diminution pour toutes les autres populations.

2) F.C. par 5" au début, à 50 % et à la fin du test

Les résultats présentent une répartition identique aux 3 altitudes, avec toutefois une F.C. de départ plus haute à l'altitude 3 et une F.C. de fin plus basse.

On remarque également des variations de F.C. plus importantes chez les cabiniers.

VALEURS MOYENNES DE LA DUREE DU TEST DE FLACK \pm 1 SDM ET LEUR SENS DE VARIATION



VALEURS MOYENNES DES FC PAR 5 SECONDES DURANT LE TEST DE FLACK ET LEUR SENS DE VARIATION

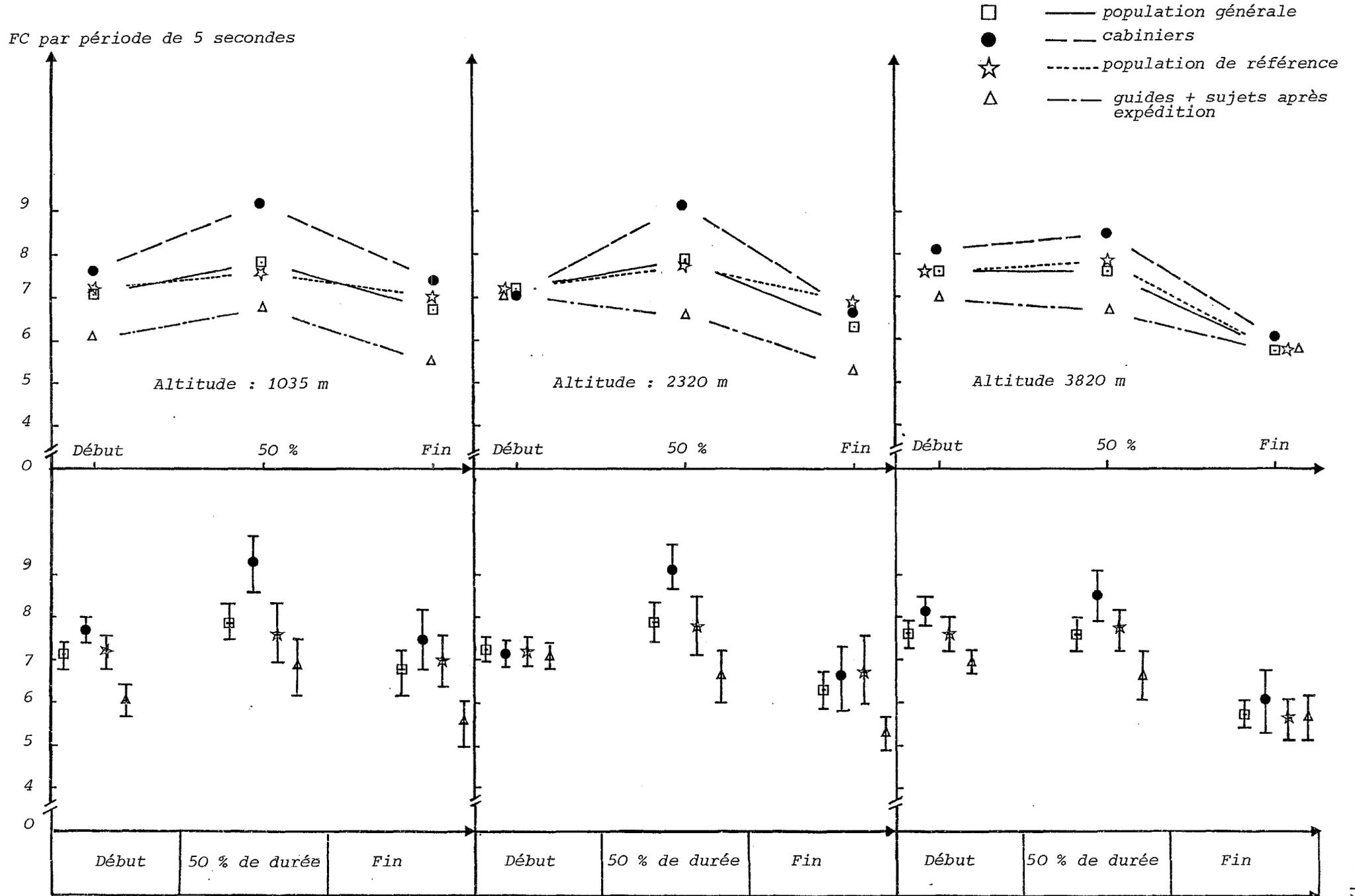


Tableau récapitulatif des degrés de signification de p des paramètres du test de Flack

Comparaisons	1035 / 2320 m				2320 / 3820 m				1035 / 3820 m			
	Population											
Paramètres	Totale	Cabin.	Référ.	Guides	Totale	Cabin.	Référ.	Guides	Totale	Cabin.	Référ.	Guides
Durée	NS	<0,02	NS	NS	NS	NS	NS	NS	<0,05	<0,02	<0,02	NS
FC par 5" Début	NS	NS	NS	<0,05	<0,01	<0,001	NS	NS	<0,01	NS	NS	<0,05
FC par 5" à 50 %	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	<0,02	NS	NS
FC par 5" Fin	NS	<0,01	NS	NS	NS	NS	NS	NS	<0,05	<0,05	NS	NS
FC Fin - FC 50 %	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
FC Fin - FC Début	NS	NS	NS	<0,05	NS	NS	NS	NS	<0,01	<0,05	NS	<0,05
<u>FC par 5" à 50 %</u> <u>FC par 5" Début</u>	NS	NS	NS	NS	<0,02	<0,01	NS	NS	<0,05	<0,05	NS	NS
<u>FC par 5" Fin</u> <u>FC par 5" Début</u>	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	<0,01	<0,05	<0,05	NS
<u>FC par 5" Fin</u> <u>FC par 5" à 50 %</u>	NS	<0,05	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	<0,05	NS
Altitude	1035 m				2320 m				3820 m			
Comparaison	Cabin /		Référ /		Cabin /		Cabin /		Cabin /		Cabin /	
	Référ	Guide	Référ	Guide	Référ	Guide	Référ	Guide	Référ	Guide	Référ	Guide
Durée	<0,05	NS	<0,01	<0,001	<0,001	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,02	<0,001	<0,001
FC par 5" Début	NS	<0,05	<0,001	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	<0,01	<0,01
FC par 5" à 50 %	NS	NS	<0,02	NS	NS	<0,01	NS	NS	NS	NS	<0,05	<0,05
FC par 5" Fin	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
FC Fin - FC 50 %	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
FC Fin - FC Début	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
<u>FC par 5" à 50 %</u> <u>FC par 5" Début</u>	NS	NS	NS	NS	NS	NS	<0,01	NS	NS	NS	NS	NS
<u>FC par 5" Fin</u> <u>FC par 5" Début</u>	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
<u>FC par 5" Fin</u> <u>FC par 5" à 50 %</u>	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

IV 8 - PAPAMETRES BIOLOGIQUES

A) Acide Lactique

1) Au repos

Entre les altitudes . 1 et 2 : on retient une tendance

- à la baisse pour les cabiniers et le groupe de référence,
- à l'augmentation pour les guides
- à la stabilité de la moyenne générale.

. 2 et 3, 1 et 3 : on note une augmentation générale.

Au sein de chaque population, il y a de grandes variations individuelles.

2) Maximal

Entre les altitudes . 1 et 2 : il existe une

- stabilité de la moyenne générale
- discrète tendance à la baisse pour les cabiniers et les guides
- augmentation pour le groupe de référence.

. 2 et 3 : il y a une

- stabilité du groupe de référence
- baisse de la moyenne générale, des guides et des cabiniers.

. 1 et 3 : on voit une

- augmentation pour le groupe de référence
- diminution pour tous les autres groupes, mais toujours avec de grands écarts individuels au sein de chaque population.

B) La glycémie

1) Au repos

Elle présente très peu de variations. Il y a cependant une tendance à la baisse entre 1 et 2 pour tous les groupes, mais plus marquée pour les cabiniers.

2) Après effort maximal

Il n'y a pas d'écarts pour la moyenne générale.

Entre les altitudes . 1 et 2 : on remarque une

- baisse pour les cabiniers
- augmentation pour le groupe de référence
- stabilité pour les guides.

. 2 et 3 :

- tendance à l'augmentation pour guides et référence
- stabilité pour les cabiniers.

. 1 et 3 :

- augmentation pour les guides et référence
- diminution pour les cabiniers.

C) Les Acides Gras Libres

1) Au repos

Entre les altitudes . 1 et 2 : il y a une

- grande variation entre les différents groupes à l'altitude 1
- diminution générale en 2.

. 2 et 3 :

- remontée de tous les groupes sauf pour les cabiniers qui restent stables
- pas de dispersion des résultats en 3.

. 1 et 3 :

- stabilité pour les populations générale et de référence
- baisse pour les cabiniers
- augmentation pour les guides.

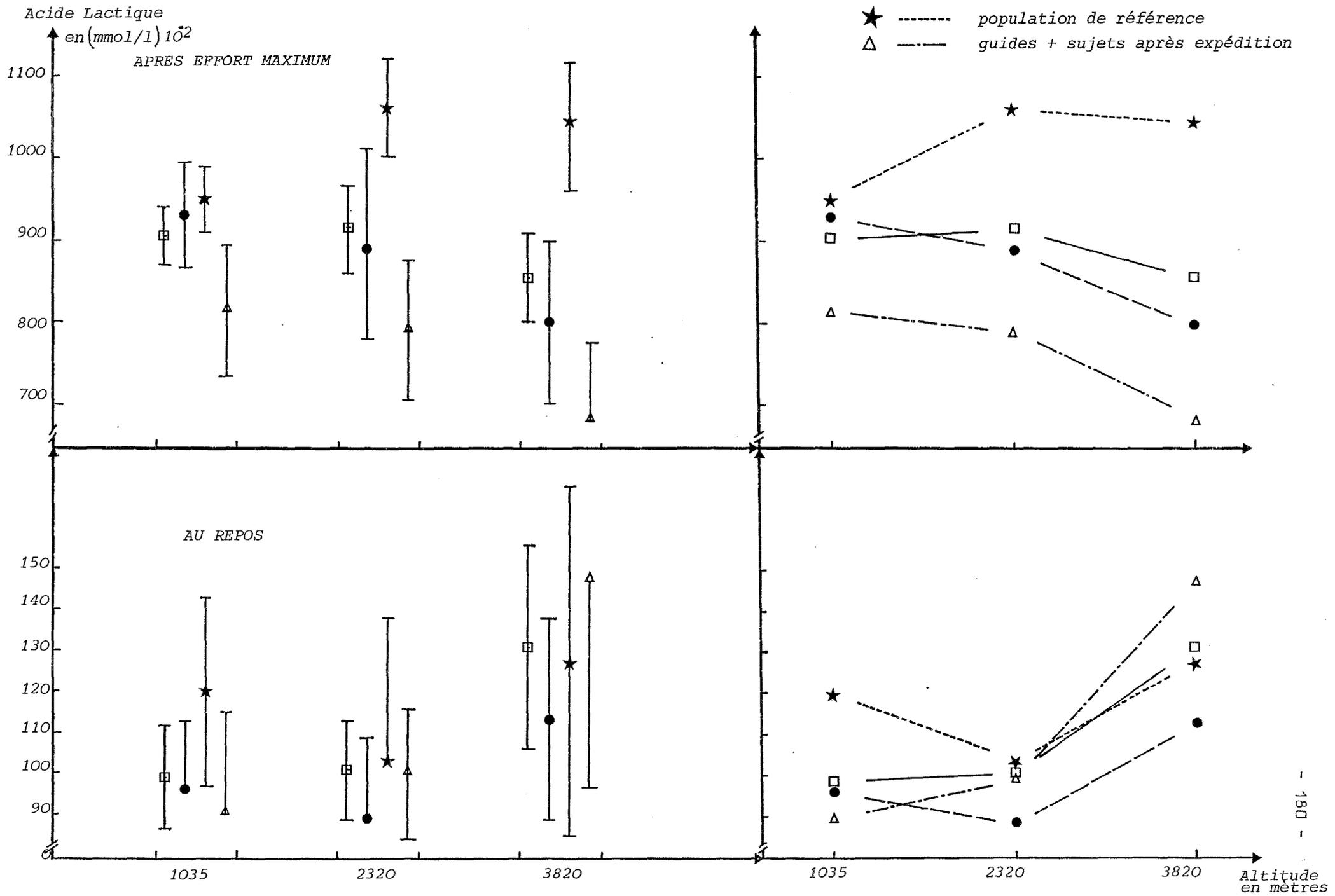
Au sein de chaque groupe, il y a de très grandes variations individuelles.

2) Après effort maximal

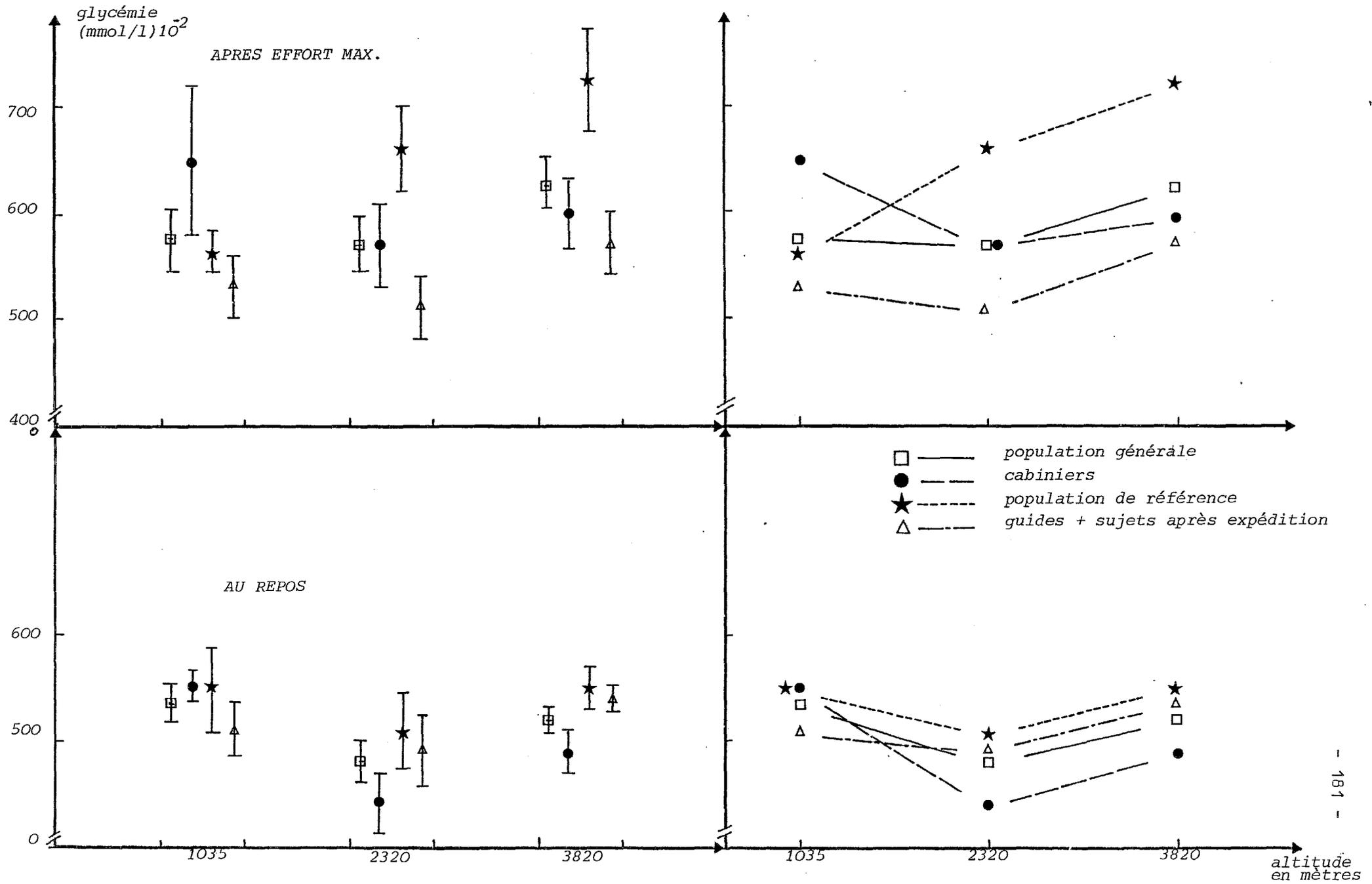
Entre les altitudes . 1 et 2 : il n'y a pas de variations importantes mais une dispersion des plus grandes des valeurs à l'altitude 2.

. 2 et 3, 1 et 3 : il y a une augmentation généralisée semblable pour tous les groupes.

VALEURS MOYENNES DE L'ACIDE LACTIQUE \pm 1 SDM AUX DIFFERENTES ALTITUDES
ET LEUR SENS DE VARIATION



VALEURS MOYENNES DE LA GLYCEMIE \pm 1 SDM AUX DIFFERENTES ALTITUDES ET LEUR SENS DE VARIATION



VALEURS MOYENNES DES ACIDES GRAS LIBRES $\pm 1SDM$ AUX DIFFERENTES ALTITUDES ET LEUR SENS DE VARIATION

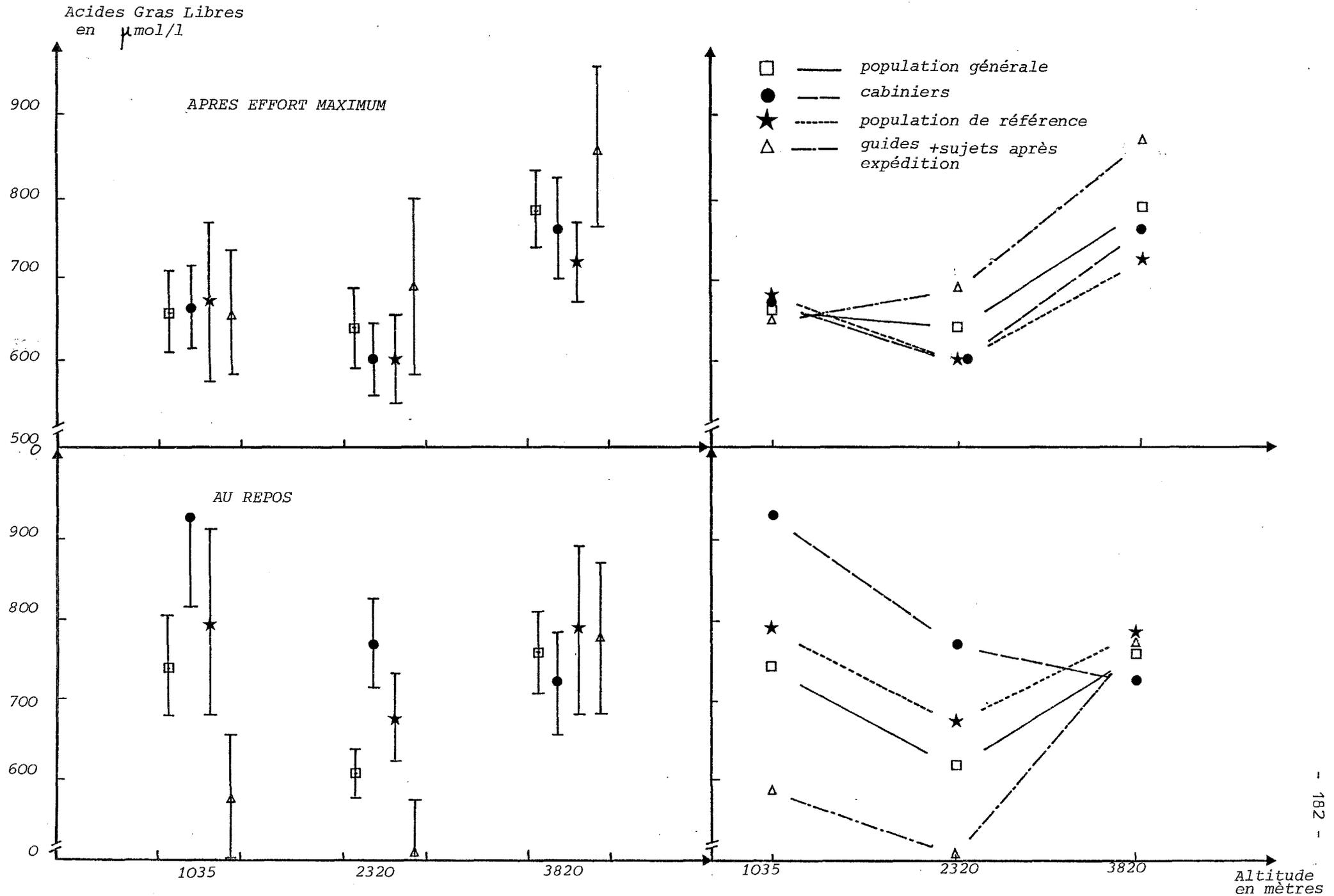


Tableau récapitulatif des degrés de signification de p des paramètres biologiques

Comparaisons		1035 / 2320 m				2320 / 3820 m				1035 / 3820 m			
Population		Totale	Cabin.	Référ.	Guides	Totale	Cabin.	Référ.	Guides	Totale	Cabin.	Référ.	Guides
Paramètres													
Acide lactique repos		NS	NS	NS	NS								
Acide lactique maximal		NS	NS	NS	NS								
Glycémie repos		<0,05	<0,05	NS	<0,01	NS	NS						
Glycémie après effort		NS	NS	<0,05	NS								
Acides gras libres repos		NS	NS	NS	NS	<0,02	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Acides gras libres après effort		NS	NS	<0,05	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Altitude		1035 m				2320 m				3820 m			
Comparaison		Cabin / Référ	Référ / Guide	Cabin / Guide	Cabin / Référ	Référ / Guide	Cabin / Guide	Cabin / Référ	Référ / Guide	Cabin / Guide			
Paramètres													
Acide lactique repos		NS											
Acide lactique maximal		NS	NS	NS	NS	<0,02	NS	NS	<0,01	NS			
Glycémie repos		NS	NS	NS	NS	NS	NS	<0,02	NS	<0,01			
Glycémie après effort		NS	NS	NS	NS	<0,02	NS	<0,02	<0,01	NS			
Acides gras libres repos		NS	NS	<0,05	<0,05	NS	<0,01	NS	NS	NS			
Acides gras libres après effort		NS											

V - DISCUSSION

Les multiples difficultés rencontrées au cours des 5 ans de travail sur le terrain, ont nui quelque peu à l'homogénéité des résultats.

VI - LE PROTOCOLE

Nous l'avons déjà mentionné, l'obligation, en cours d'expérimentation, de modifier l'orientation du programme, rend compte de l'absence des valeurs de repos

- d'installation

- des A.G.L. et glycémie

pour bon nombre de sujets de la population de référence.

DIFFICULTES, INCIDENTS ET ACCIDENTS

A) Les locaux

1) à l'E.N.S.A. : locaux clairs et spacieux ; un seul inconvénient, transbordement des sacs de DOUGLAS par une fenêtre, le spiromètre de TISSOT étant installé à l'extérieur.

2) Au Plan de l'Aiguille : nombreuses difficultés

- Accès par un escalier raide et étroit,
- locaux exigus, déplacements difficiles en cours d'expérience,
- situation : à proximité des moteurs et des batteries de poulies du téléphérique, engendrant bruit et vibrations (difficulté à stabiliser les BECKMAN),

- allées et venues dans l'escalier, en cours d'expérience, pour mesurer le volume des sacs car le spiromètre de TISSOT devait être installé au bas de la rampe.

3) A l'Aiguille du Midi : locaux vastes, clairs au sommet du piton n° 1

- transport pénible du matériel : plus de 100 marches d'escalier à gravir à 3800 m,
- température parfois un peu fraîches, 10° à 15°,
- comme au plan, le spiromètre de TISSOT reste au bas des escaliers.

B) Conditions climatiques

En raison des modifications météorologiques brutales, il nous fut parfois impossible d'accéder à l'Aiguille, ou bien le matériel s'y trouvait bloqué. De plus, les appareillages devant être ramenés impérativement à Grenoble le vendredi soir, nous ne pouvions pas attendre sur place de meilleures conditions. Ceci explique bien des valeurs manquantes.

C) Incidents et accidents matériels

1) Les appareillages

- Défection d'un BECKMAN analyseur oxygène en cours d'expérience à l'Aiguille,
- dérèglement d'un BECKMAN analyseur de CO₂, donnant des valeurs sous-estimées,
- eau gelée à l'intérieur du spiromètre TISSOT malgré l'adjonction d'alcool. Elle fut dégelée au chalumeau !...
- baromètre cassé à 3 reprises.

2) Des prélèvements des gaz expirés

- Valve défectueuse : alourdie par la condensation de l'eau des gaz expirés, elle n'assurait plus l'étanchéité du système lorsque les pressions expiratoires étaient faibles (au repos),
- pinces d'étanchéité des sacs de DOUGLAS déserrées ou tombées à cause des nombreuses manipulations des sacs,
- sacs percés pour les mêmes raisons.

3) Des prélèvements sanguins

- tubes cassés pendant la centrifugation,
- étiquettes décollées : prélèvements inutilisables,
- glacière sans glace !...
- seau thermos contenant les catécholamines cassé à 2 reprises :
 - . étiquettes décollées dans la carboglace
 - . numérotation au crayon feutre effacée par la carboglace.

D) Humains

1) Malaises lipothymiques

- après prise de sang : les sujets victimes de cet incident ne subissant pas d'autre prélèvement,
- après effort maximum : hyper^rvagotonie pendant la période de récupération avec baisse de pression artérielle et chute de FC. Ces sujets, lors des épreuves suivantes, ont tendance à limiter volontairement leur effort, et n'atteignent pas leur puissance maximale.

2) Défections

- volontaires des sujets plus ou moins pusillanimes, car les tests sont relativement pénibles,

- involontaires, pour raisons professionnelles.

Ceci explique la disparité des effectifs aux différentes altitudes.

3) Difficulté, pour un même sujet, de répéter l'expérience le même jour, si celle-ci n'est pas concluante car . ceci est pénible,
. le temps est limité.

4) Les sujets étant tous des volontaires non rémunérés, il est difficile d'exiger d'eux plus que ce qu'ils veulent bien nous accorder !...

5) Il était parfois difficile de faire respecter la fréquence de pédalage ; les puissances étaient donc sous-estimées.

6) De plus, il existe des différences d'âges entre les groupes :
moyenne : 30 ans pour les cabiniers,
27 ans pour le groupe de référence,
32 ans pour les guides et les médecins de retour d'expédition.

7) Des différences de sportivité.

Le groupe de référence est le plus sportif, les cabiniers et les médecins comptent le plus grand nombre de sédentaires.

Conclusion

A cause de toutes ces difficultés, à cause de la modification du protocole expérimental en cours de travail, il existe de nombreuses valeurs manquantes ; d'autres sont plus ou moins sujettes à caution dans nos résultats. Certains ont même été écartés de ce travail telles :

- le calcul du quotient respiratoire en raison des doutes sur certains dosages du CO₂,

- les catécholamines en raison
- . des multiples incidents survenus aux échantillons durant leur transport
- . de l'affinement des techniques de dosage rendant impossible la comparaison des premiers et des derniers échantillons.

V 2 - LA FREQUENCE CARDIAQUE FC

La FC a été mesurée sur une moyenne de 10 cycles

A) Au repos

La stabilité de la FC entre les altitudes 1 et 2 est en accord avec les données de la littérature (88-223-222). En effet, l'action de l'hypoxie sur le muscle cardiaque ne se manifeste, vers 1500 à 2000 m, que chez des sujets hyper-réactifs. La FC plus élevée, quoique non significativement chez les cabiniers à l'altitude 1, s'explique par l'appréhension des sujets vis-à-vis de l'épreuve qui les attendait. En effet, à l'opposé des autres groupes, ils participaient pour la première fois à ce type d'expérience.

La classique accélération du pouls de repos (7 -25-213-225) ne se manifeste qu'entre les altitudes

. 2 et 3, très nette pour la population générale ($P \leq 0,001$), elle est un peu moins significative pour les cabiniers ($P \leq 0,01$) et la population de référence ($P \leq 0,02$) et non significative pour les guides.

. 1 et 3 : l'augmentation est significative pour tous les groupes ($P \leq 0,05$) et la population générale ($\leq 0,001$).

On rattache ces modifications de FC de repos à l'hyper-tonie sympathique résultant de l'hypoxémie.

La comparaison entre les populations montre une FC plus élevée chez les cabiniers par rapport aux guides à 1035 m et à 3820 m. Deux raisons sont susceptibles d'expliquer ces écarts :

- . à 1035 m, l'anxiété déjà mentionnée,
- . à 3820 m, un degré de fatigue plus important chez les cabiniers. En effet, ils vaquent à leurs occupations habituelles (dénouement, entretien, surveillance, etc...) avant les tests.

B) Maximale

La diminution de la FC maximale également bien connue (7 -25-165-225) se vérifie dès 2320 m ($P \leq 0,02$) pour la population générale et pour les guides ($P \leq 0,05$). L'écart est NS pour les cabiniers et la population de référence entre les altitudes 1 et 2, 2 et 3, alors qu'il l'est pour la population générale ($P \leq 0,001$) et les guides ($P \leq 0,01$).

Entre les altitudes 1 et 3, la baisse est très significative pour tous ($P < 0,001$ sauf pour les cabiniers. Chez ceux-ci, l'écart est plus faible ($P < 0,01$).

Les comparaisons entre populations ne mettent pas en évidence de différence de valeurs significatives. Ceci est peut-être en relation avec la disparité des effectifs (cf. discussion protocole p187).

De ces résultats, nous constatons que

- le groupe de référence, relativement le plus sportif, n'a pas de baisse de FC à 2300 m,

- les cabiniers dont les écarts entre les différentes altitudes sont les plus faibles, présentent une certaine adaptation cardiaque à l'altitude. En effet, chez les sujets très bien acclimatés, la FC maximale ne diminue qu'à partir de 4500 m (25 -77).

C) D'installation d'un effort musculaire de 105 W durant 4 Min

1) La FC

Entre les altitudes 1 et 2, il n'y a pas de différence significative de FC pour une même puissance de travail. Par contre, entre 2 et 3, 1 et 3, il y a une très nette augmentation de la FC pour un même effort ($P < 0,05$) pour chaque population, à chaque minute). Cette notion est bien connue (25 -112-163).

Entre les différentes populations, il n'y a pas de différences significatives.

Théoriquement, on aurait pu s'attendre à trouver chez les cabiniers une variation de FC plus faible en altitude que celle des autres groupes, si l'on admet qu'ils ont un certain degré d'adaptation. Toutefois, en moyenne, les cabiniers étant un peu moins sportifs que les autres groupes, ceci peut expliquer une valeur analogue à celle des autres groupes.

2) La Δ FC

La différence de FC entre la 4ème minute et les divers temps de la période d'installation ne montre rien de significatif (cf tableau p. 138), si ce n'est entre la 4ème min. et la FC de repos, entre les altitudes 2 et 3, 1 et 3, pour les populations générale et les guides ($P \leq 0,01$).

Ainsi, la FC augmente proportionnellement plus durant la première minute en altitude, pour aboutir ensuite à des variations comparables.

D) Période de récupération (5min)

Elle est comparable entre les altitudes 1 et 2, 2 et 3. Elle est significativement différente entre 1 et 3 jusqu'à :

- . 2'30" pour la population générale et les cabiniers (P entre 0,05 et 0,001),
- . 1'30" pour les guides ($P < 0,05$) (cf. tableau p. 138).

De plus, on constate une diminution plus lente en fin de récupération. Ainsi, à l'altitude 1, la FC de 110 à 115/min est atteinte

en 2'30" à 3', à l'altitude 2 en 3' à 3'30" et en 4' à 4'30" à l'altitude 3. On constate, en outre, que les pentes ne semblent pas identiques et que, du fait de la diminution de la FC maximale, le point de départ des pentes de récupération est abaissé.

Le sous-décalage de la courbe de récupération des guides

. à l'altitude 1 s'explique par le fait que 2 sujets ont fait un malaise vagal à la fin de l'épreuve avec chute de FC à 65/min entre les 2e et 4e min.

. à l'altitude 3, la raison en est que d'une part, ceux qui avaient fait un malaise la veille n'ont pas poussé leur effort au maximum et, d'autre part, certains autres sujets, par manque de motivation sont certainement restés en-deça de leurs possibilités maximales.

Ainsi, la période de récupération est modifiée en altitude

- . le temps nécessaire pour atteindre un palier stable s'allonge
- . les pentes ne semblent pas parallèles.

Il serait donc particulièrement intéressant de faire une étude avec ECG en continu et d'exprimer les résultats en coordonnées semi-logarithmiques afin de mieux apprécier les modifications de pente en fonction de l'altitude puisqu'il est admis, dans la littérature, que la récupération lactique est identique quelle que soit l'altitude (25).

Les comparaisons entre populations montrent des différences significatives :

- entre 1 et 2 pour guides/cabiniers entre 2'30" et 4'30". Ceci s'explique par la forte chute de FC des guides (cf. plus haut),
- entre 1 et 3 . pour référence/guides entre 1' et 3'. Il faut rattacher ce résultat à la forte motivation des sujets du groupe de

référence qui, même en altitude, poussaient leur effort au maximum par opposition à certains sujets du groupe des guides

. cabiniers/guides. Deux raisons peuvent l'expliquer : d'une part le manque de motivation dans le groupe "guides", d'autre part la sportivité plus limitée des cabiniers qui, de ce fait, ont une récupération plus lente.

E) Δ FC de récupération (FC max - FC de récupération
30", 1' 4'30")

Partant du principe que la FC maximale est plus basse en altitude, il nous a semblé intéressant de voir si la décroissance est identique entre les différentes altitudes.

Les résultats ne sont significatifs qu'entre les altitudes 1 et 3, à partir de la 3ème min., pour la population générale (P entre 0,01 et 0,001) et les guides (P entre 0,05 et 0,02).

La comparaison entre les populations est pratiquement superposable à celle décrite pour la FC de récupération.

Ainsi, la chute de la FC durant la période de récupération, du moins durant les 2 à 3 premières minutes, ne semble pas présenter de variations avec l'altitude. Par contre, bien que les résultats ne soient pas complètement homogènes (NS pour les cabiniers et référence), il semble exister un ralentissement de la décroissance plus importante en altitude qu'en plaine à partir de 2'30" à 3'. Ce phénomène expliquerait

- d'une part, le temps plus long avant l'obtention d'un palier stable aux environs de 110, 115 pulsations/min,
- d'autre part, la modification de l'allure de la courbe de récupération.

$$F) \frac{\text{FC théorique maximale}}{\text{FC maximale réelle}}$$

Ce rapport confirme la baisse de la FC maximale en altitude et recoupe exactement les données de la FC maximale (cf. tableau p. 138).

$$G) \frac{\text{FC Repos} + \text{FC Maxi} + \text{FC Récup. 1'} - 200}{10}$$

Les résultats sont disparates et guère plus significatifs entre 1 et 2, qu'entre 1 et 3. Ils sont NS entre 2 et 3. Dans ce rapport l'augmentation de la FC de repos est compensée par la baisse de la FC maximale. Cet indice, inspiré de l'indice de Ruffier, aurait pu être un critère d'adaptation à l'altitude. Les résultats statistiques ne confirment pas cette hypothèse.

$$H) \frac{\text{FC maximale} + \text{FC de récupération 1'} + \text{FC de récupération 2'}}{\text{FC de Repos}}$$

Ce rapport, NS entre 1 et 2 est très significatif entre les altitudes 2 et 3 et 1 et 3 au sein d'une population alors qu'il est NS entre les différentes populations.

Cet indice nous paraît mieux représenter le comportement cardiaque en altitude car il tient compte des modifications

- . de la FC maximale
- . de la FC de récupération durant les premières minutes
- . de la FC de repos.

De plus, il suit l'évolution de la $\dot{V}O_2$ maximale. En effet, seuls les cabiniers ont une $\dot{V}O_2$ maximale, qui augmente entre 1 et 2 et eux seuls également ont cet indice qui augmente entre 1 et 2.

De plus, il semble également reflété le niveau d'entraînement des populations.

La population de référence constituée de sujets pour la plupart sportifs entraînés est affectée des indices les plus forts et les cabiniers qui ont le plus faible pourcentage de sujets sportifs entraînés, sont affectés de l'indice le plus faible.

Toutefois, pour vraiment définir si cet indice est fiable, il faudrait le tester

- . d'une part en modifiant l'entraînement des sujets entre des expériences en altitude,
- . d'autre part, voir son évolution pendant une période d'acclimatement de plusieurs semaines sans augmenter le niveau d'entraînement.

V 3 - LES DEBITS VENTILES : VE

Remarque : en ce qui concerne les unités, se reporter aux remarques faites en début de chapitre V.

A) Au repos

La tendance à l'hyperventilation qui se dégage entre les altitudes 1 et 2 n'est significative que chez les cabiniers ($P < 0,02$, + 45,3 %) et la population générale ($P < 0,05$, + 17,9 %).

Entre . 2 et 3, il n'y a pas de modification du VE significative,

. 1 et 3, on retrouve un degré de signification très fort ($P < 0,001$, + 45 %) chez les cabiniers et plus faible dans la population générale ($P < 0,01$, + 24,5 %). On peut légitimement penser que les cabiniers influent pour une bonne part sur le degré de signification de la population générale.

La comparaison des populations est NS, sauf entre les guides et la population, de référence. Cet écart s'explique par :

- une très forte hyperventilation au repos de certains sujets du groupe de référence (cf. résultats chiffrés),
- des ennuis de valve (cf. protocole) lors des expériences chez certains guides.

Ainsi, on constate que conformément aux résultats déjà connus (28-93-225), l'hyperventilation, chez des sujets non acclimatés, ne se manifeste peu ou pas avant 3000 m en aigu. Par contre, on peut dire que les cabiniers sont plus sensibles à l'hypoxie, et donc bénéficient

d'un certain degré d'adaptation ventilatoire car ils augmentent leur $\dot{V}E$ de repos dès 2300 m (+ 45 %) (36).

B) $\dot{V}E$ maximum

Bien qu'il y ait une tendance à l'augmentation entre les altitudes 1 et 2, elle est NS sauf pour la population générale ($P < 0,05$). Ainsi, conformément aux travaux déjà effectués (7), le $\dot{V}E$ maximale n'est pas modifié en altitude. La comparaison des différents groupes est NS.

C) $\dot{V}E$ d'installation d'un effort musculaire de 105 W durant 4 minutes

Tous les groupes hyperventilent de façon plus ou moins importante sauf le groupe de référence entre les altitudes 1 et 2, et les guides entre les altitudes 2 et 3. Cette augmentation du $\dot{V}E$ pour une même charge de travail (+ 21 % à 2320 m + 42,7 % à 3820 m à la 4ème minute pour la population générale) est bien classique (7-109).

Il est intéressant de remarquer que le groupe de référence hyperventile relativement moins en altitude (+ 2 % à 2320 m et + 36 % à 3820 m), bien que les comparaisons des populations n'indiquent pas d'écarts significatifs. Toutefois, la faiblesse de l'échantillon de référence pour ce paramètre y est sans doute pour une bonne part. Théoriquement, cette relative faiblesse du $\dot{V}E$ dans la population de référence peut s'expliquer. En effet, il est connu (36) que les sujets ayant déjà subi un acclimatement respiratoire à l'hypoxie sont beaucoup plus sensibles lors d'une nouvelle exposition. Or nous l'avons vu, les cabaniers semblent présenter cette sensibilité déjà au repos et les "guides"

ont tous fait des séjours supérieurs à 1 mois à plus de 5000 m. De plus, on peut également penser que des sujets sportifs augmentent proportionnellement plus leur VE que leur fréquence et de ce fait auraient une meilleure utilisation de l'O₂ alvéolaire (cf. plus loin V7).

D) 4 VE de la période d'installation (4' - repos, 4' - 1', 4' - 2', 4' - 3').

Les valeurs ne sont significativement différentes que durant les 1 ou 2 premières minutes, sauf pour les guides à toutes les altitudes et pour le groupe de référence entre 1 et 2.

Ceci indique donc que l'hyperventilation s'installe très vite à l'effort musculaire et que, après la 2ème minute, l'augmentation n'est pas significativement différente en altitude par rapport à la plaine. La comparaison des populations ne montre pas de différences notables entre les groupes.

Remarques.

La relative . hypoventilation du groupe de référence, surtout aux altitudes 1 et 2 peut s'expliquer par un meilleur coefficient d'extraction de l'O₂ (cf paragraphe V7),

. hyperventilation des cabiniers à 3820 m par un degré de sensibilité plus grand à l'hypoxie (36).

V 4 - LA CONSOMMATION D'OXYGENE ($\dot{V}O_2$)

A) Au repos

Nos résultats reflètent les données de la littérature. Stable pour les guides (202), avec des variations de 0,05 %, elle augmente franchement pour les cabiniers (+ 32,4 % entre 1 et 2 et + 39,8 % entre 1 et 3) (70-84), plus discrètement pour la population générale (de 12,8 à 17,6 %) et la population de référence (+ 10,5 et 11,1 %) (70-71 -210). La comparaison entre les populations recoupe ces résultats. En effet, les tests sont significatifs ($P < 0,01$) entre cabiniers/guides à 2300 m et 3800 m et référence/guides à 3800 m.

Nous pensons que cela est dû, pour une bonne part, à l'augmentation du travail ventilatoire (70) et dans une moindre mesure cardiaque car les courbes d'évolution du VE au repos sont proches de celles du $\dot{V}O_2$. En effet, ce sont les cabiniers qui hyperventilent le plus (+ 45,3 %) et ce sont eux qui ont la plus forte augmentation du $\dot{V}O_2$ (+ 39,8 %) et les guides qui ont un VE pratiquement stable et le plus faible, ont également les valeurs du $\dot{V}O_2$ les plus stables et les plus faibles.

B) Maximale

Les variations du $\dot{V}O_2$ max. sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Altitude	1035 / 2320 m		2320 / 3820 m		1035 / 3820 m	
$\dot{V}O_2$	Totale	ml/kg	Totale	ml/kg	Totale	ml/kg
Population						
Totale	- 9 % P < 0,05	- 9,8 % P < 0,05	- 12,8 % P < 0,001	- 13 % P < 0,001	- 20,7 % P < 0,001	- 21,5 % P < 0,001
Cabiniers	+ 3 % NS	+ 1,7 % NS	- 16 % P < 0,01	- 14,5 % P < 0,01	- 15,3 % P < 0,01	- 14,7 % P < 0,01
Référence	- 3,9 % NS	- 5,8 % NS	- 13,3 % P < 0,001	- 15,7 % P < 0,001	- 17 % P < 0,01	- 18,9 % P < 0,01
Guides	- 24,1 % P < 0,05	- 26,5 % P < 0,05	- 11,7 % NS	- 10,3 % NS	- 33 % P < 0,01	- 44 % P < 0,01

La comparaison des populations montre des variations significatives ($P < 0,02$) entre cabiniers et guides : entre les altitudes 1 et 2, la baisse étant plus marquée pour les guides, par contre entre 2 et 3, la baisse est plus forte chez les cabiniers.

Nous constatons que pour les populations générale, cabiniers et référence, les chutes de $\dot{V}O_2$ maximale sont en accord avec les chiffres de la littérature (7 -27-113-225) (- 6 à 12 % à 2300 m et - 18 à 25 % à 4000 m).

Seuls les cabiniers ont une meilleure $\dot{V}O_2$ à 2320 m alors que les autres groupes baissent. Ce fait, associé à une hyperventilation de repos à une FC maximale relativement moins abaissée, indiquent un degré certain d'adaptation.

Par contre, les valeurs des guides nous semble dépasser les estimations classiques. Plusieurs faits sont susceptibles d'expliquer ces résultats.

1) Malaise de 2 sujets ayant les meilleurs $\dot{V}O_2$ après le test à l'altitude 1. Pour les autres tests, ils n'ont certainement pas pousser leur effort au maximum.

2) Défection d'un sujet ayant une très bonne $\dot{V}O_2$ en 1.

3) Arrivée en 2 et 3 de sujets ayant des $\dot{V}O_2$ particulièrement faibles

4) Manque total de motivation de certains membres du groupe après le premier test en 1.

5) Défection d'un analyseur d' O_2 à l'Aiguille. Les résultats précédant la panne sont peut-être sujets à caution.

Rapportés en ml/kg, ces résultats appellent quelques commentaires.

1) Si la perte est modeste (1 à 3 % supplémentaires) pour la population générale et de référence, elle est très nette entre 1 et 3 pour les guides (- 11 % en plus). Les raisons, outre celles déjà invoquées, pourraient être les changements de population survenus dans le groupe, en particulier l'introduction d'un sujet lourd ayant une $\dot{V}O_2$ max. particulièrement faible à cette altitude.

2) Seuls les cabiniers ont une faible amélioration du rapport (entre + 1 et 2 %) entre les altitudes 2 et 3, et 1 et 3. Deux explications sont possibles :

- a) la plus vraisemblable : deux sujets jeunes et relativement sportifs n'ont pas eu de test à l'altitude 1. En effet, entre 1 et 2, l'augmentation du $\dot{V}O_2$ rapportée au kg est plus faible (1,7 % contre 3 %).
- b) Traduction d'une meilleure utilisation de l' O_2 par rapport aux sujets soumis à une hypoxie aiguë.

Nous l'avons vu, les cabiniers présentent un certain degré d'adaptation. A l'appui de cette affirmation, j'ajouterai que ceux-ci n'ont pas de modification de la FC moyenne durant leur activité de travail, qu'ils soient à 2320 m ou à 3820 m (communication orale du Dr Artière, médecin du travail, à la réunion du C.E.R.N. à Genève le 5 novembre 1982, d'après une étude sur Holter de 8 sujets, la plupart testés par nous-mêmes). De plus, ces sujets, par rapport à une population de caractéristiques identiques (âges, poids), vivant à Chamonix, ne présentent pas de modifications hématologiques : ni de la numération globulaire, ni de l'hématocrite, ni du taux de l'Hb, ni du volume globulaire moyen (communication personnelle du Dr Artière).

Ceci pose le problème de la très classique polyglobulie d'acclimatement et de l'augmentation de l'érythropoïétine dès la 2ème heure d'exposition (178-180).

Ces sujets n'auraient-ils pas une adaptation de type Sherpas ? Ceux-ci, en effet, n'ont pas de polyglobulie à 4500 m et une courbe de dissociation de l'Hb déplacée vers la gauche (93). Un bilan biologique plus poussé des cabiniers : une étude de leur courbe de dissociation de Hb, de leur réserve alcaline et du CO₂ sanguin permettrait certainement une réponse. Avis aux amateurs, si les sujets concernés acceptent encore de subir les assauts d'une nouvelle équipe médicale !...

C) Installation d'un effort musculaire de 105 W durant 4 min

La plupart des auteurs estime que les besoins en O₂ pour une puissance de travail donnée sont les mêmes quelle que soit l'altitude (109-113-170). Toutefois, certains ont trouvé une augmentation du $\dot{V}O_2$ pour une même puissance (250). Pour notre part, nous constatons une tendance à l'augmentation, bien que dans l'ensemble non significative statistiquement, mis à part pour les cabiniers entre les altitudes 1 et 2 à la 1ère minute ($P < 0,05$) et pour les populations de référence et totale à la 4ème minute entre 2 et 3 ($P < 0,05$). Entre les populations, la différence n'est significative qu'à 3820 m entre cabiniers/guides et référence/guides à la 1ère minute. Mais le décalage des résultats des guides à l'altitude 3 s'explique par le fait que plusieurs sujets, ne respectant pas la fréquence de pédalage, ne développaient pas la puissance exigée.

Nous pensons donc que pour une puissance donnée, le $\dot{V}O_2$ est identique, la tendance à l'augmentation constatée peut être liée à l'accroissement du travail ventilatoire et cardiaque car $\dot{V}E$ et FC, nous l'avons vu, sont très nettement augmentés pour une même puissance.

Les $\Delta \dot{V}O_2$ (4' - Repos, 4 - 1', 4' - 2', 4' - 3') ne présentent pas non plus d'écarts significatifs. La cinétique d'installation de l'effort musculaire est donc comparable aux différentes altitudes.

$$D) \frac{\dot{V}O_2 \text{ Max}}{\dot{V}O_2 \text{ Repos}}$$

Ce rapport ne fait que confirmer la forte diminution de la $\dot{V}O_2$ maximale en altitude et malgré les faibles augmentations du $\dot{V}O_2$ de repos, le rapport reste très diminué.

V 5 - VARIATIONS FC/ $\dot{V}O_2$

Si l'on compare les pentes de chaque population aux 3 altitudes, on est immédiatement frappé par le parallélisme de celles de la population générale. L'écart maximum entre les différentes pentes est de 4,1 %.

Pour la population . de référence, le parallélisme est respecté entre 2 et 3 (différence $< 0,001$ %) mais non entre 1 et 2 et 1 et 3,

. des cabiniers : on ne retrouve pas ce parallélisme entre les différentes pentes : convergence des différentes droites au point de FC 130

. des guides : il n'y a pas de parallélisme non plus.

Quelles conclusions en tirer ?

1) Si le décalage à l'origine des ordonnées entre les altitudes est en moyenne respecté, et sachant que la FC max. diminue en altitude, il serait donc possible de construire un abaque permettant d'estimer pour un sujet donné qu'elle serait sa $\dot{V}O_2$ à une altitude donnée (nous en discuterons plus loin).

2) Le parallélisme ne se vérifiant pas pour les autres groupes, ne peut-on pas penser que le résultat précédent est purement fortuit. Toutefois, un certain nombre de faits introduisent une distorsion au sein des résultats de chaque groupe, distorsion qui peut être corrigée sur un échantillon beaucoup plus important.

a) Sur des effectifs réduits, les variations individuelles et les erreurs inhérentes aux méthodes de mesure auront des répercussions très nettes sur la moyenne.

b) Les modifications d'effectifs entre les différentes altitudes, dans la mesure où leurs performances ne sont pas identiques, auront fatalement une incidence sur un faible échantillon.

c) Un certain degré d'adaptation chez les cabiniers fait que leurs résultats ne suivent pas exactement la même évolution que ceux des autres groupes.

d) Nous avons déjà indiqué tous les incidents et problèmes qui ont accompagné l'expérimentation dans le groupe des sujets comprenant les guides et les médecins revenant d'expédition (6 mois plus tôt).

e) Si l'on considère la comparaison des différentes populations à une même altitude, on constate que :

. mis à part pour les "guides", il y a une grande homogénéité entre les résultats et que le décalage à l'ordonnée des différentes populations est très proche, de même que les pentes, sauf à l'altitude 3.

. Si l'on compare référence et cabiniers qui ont le mieux exécuté les tests et dont les résultats ont le moins souffert des ennuis techniques, on constate que l'écart séparant les 2 groupes à l'altitude 1, se réduit à l'altitude 2, et s'inverse franchement à l'altitude 3. Il semblerait que l'adaptation des uns fasse pendant au meilleur entraînement physique des autres (116).

Partant de ces résultats, nous nous proposons de construire un abaque. Il s'agit d'une hypothèse de travail qu'il faudra vérifier :

1) à des altitudes plus élevées

2) avec des populations plus importantes et un échantillonnage tiré au sort.

Préambule

Notre idée est que sur la performance maximale en altitude, deux facteurs principaux interviennent :

1) la diminution du transport de l'oxygène au niveau des tissus dont les causes sont multiples :

- phénomènes biochimiques,
- limite ventilatoire,
- problèmes de diffusion pulmonaire,
- limitation hémodynamique.

2) Diminution de la FC maximale.

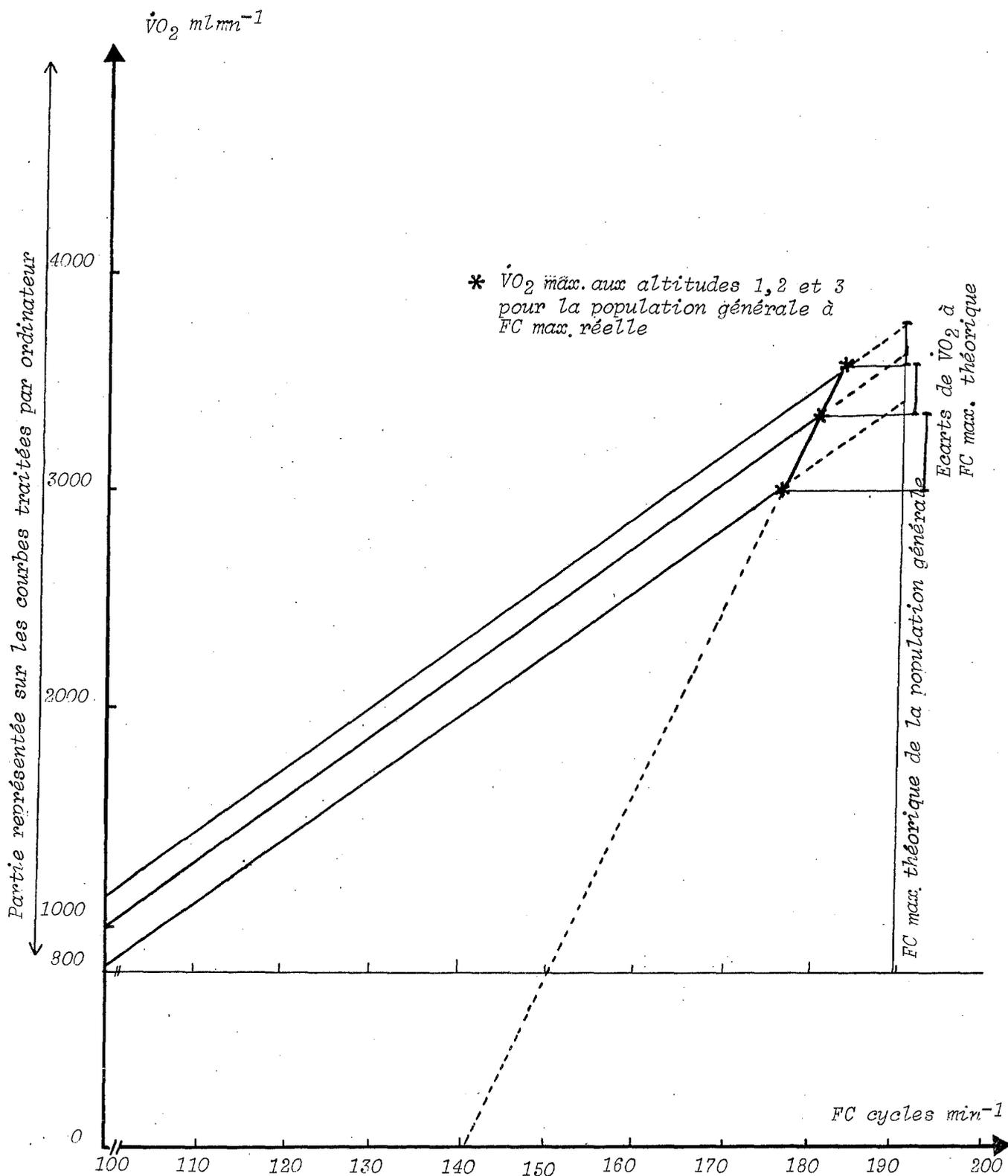
Dans ces conditions, il est impossible d'utiliser le nommogramme d'Astrand (7) en altitude.

Sur le plan sportif, voire purement préventif, devant le nombre croissant de sédentaires et de citadins inexpérimentés qui se lancent de plus en plus dans des raids à ski ou des "Trekkinø", il serait donc intéressant de prévoir quelles pourraient être leurs performances aérobies à différentes altitudes. Toutefois, ceci ne présage en rien de leurs capacités d'adaptation, ni de leur endurance maximale.

Construction de l'abaque

Pour faciliter notre travail, nous avons fait un agrandissement à l'échelle (2 X) des courbes des populations générales. Nous constatons que :

SCHEMA DE BASE A PARTIR DUQUEL EST CONSTRUIT L'ABAQUE



1) Le décalage à l'ordonnée des parallèles est proportionnel à l'altitude :

entre 1 et 2 : différence d'altitude : 1285 m : décalage à l'ordonnée = 6 mm rapport : 0,0047

2 et 3 : différence d'altitude : 1500 m : décalage = 7,5 mm rapport : 0,0050

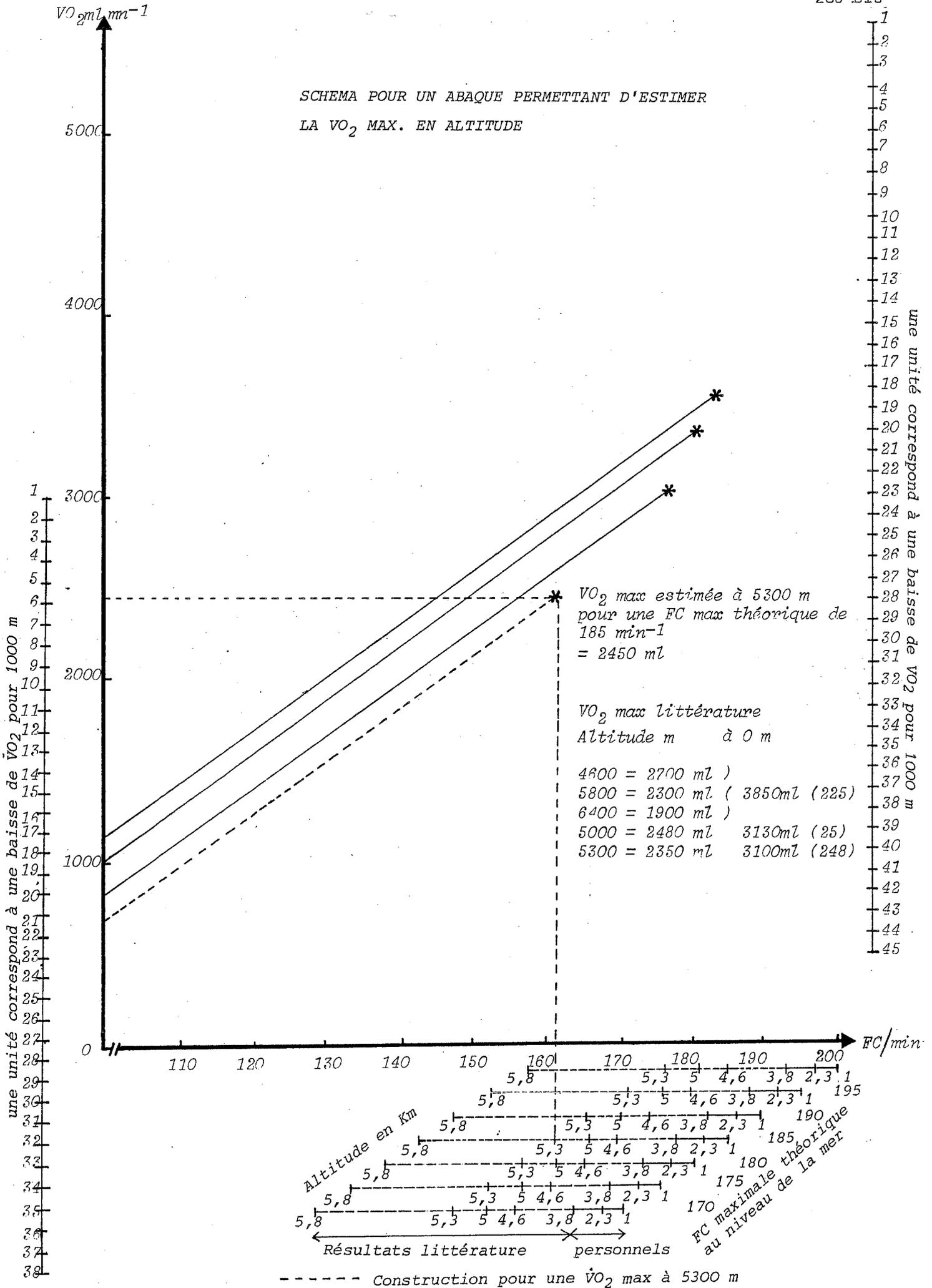
1 et 3 : différence d'altitude : 2785 m : décalage = 13,5 mm rapport : 0,0048

Donc, sur notre échelle, nous avons une baisse de 4,5 mm pour 1000 m, ce qui correspond à 112 ml de $\dot{V}O_2$ soit 313 ml pour 2785 m. Ces résultats correspondent à la FC max de plaine.

Ceci nous permet d'établir les échelles grâce auxquelles nous allons estimer la baisse de $\dot{V}O_2$ aux ordonnées en fonction de l'altitude. Or on constate que si l'on ne tient compte que de la baisse de $\dot{V}O_2$ et pas de celle de FC, l'écart d'erreur va en augmentant avec l'altitude. De plus, la diminution de FC est linéaire par rapport aux différents points de $\dot{V}O_2$ maximale. De plus, Hermansen a montré qu'en % de la $\dot{V}O_2$ maximale, l'augmentation de FC était linéaire, du moins jusqu'à 4500 m (cf. chap. II 3.1).

Partant de cette constatation, nous avons prolongé cette droite jusque sur l'axe des abscisses (FC) et nous tombons sur une FC de 141, 142/min. Cette FC correspond, après adaptation de plusieurs mois, à une altitude de 5800 m (Pugh). D'où il nous vint à l'idée d'associer à l'échelle des FC une échelle d'altitude qui permettrait, pour une altitude donnée, de prévoir la FC des sujets en fonction de la FC maximale déterminée d'après les tables d'Astrand (7).

SCHEMA POUR UN ABAQUE PERMETTANT D'ESTIMER
LA VO₂ MAX. EN ALTITUDE



A ce stade, notre modèle souffre d'une grave carence. En effet, nos résultats ne dépassent pas 3800 m, entre 3800 et 5800 m les chiffres que nous donnons sont ceux de la littérature (25-164-225-248) et tous sont "en chronique" alors que les nôtres sont "en aigu". Et on sait que la FC max diminue encore durant les premiers mois d'exposition à haute altitude. De plus, des résultats (7) en chambre de décompression, jusqu'à 4000 m n'ont pas montré de modifications notables de FC maximale.

Cependant, partant des données de $\dot{V}O_2$ réalisées en direct à différentes altitudes, "en chronique" (25-164-225-248), nous avons appliqué notre schéma et nous constatons que pour des $\dot{V}O_2$ maximales comparables en plaine, nous obtenons des valeurs légèrement inférieures à celles de la littérature. Mais l'on sait que, avec l'acclimatement, la $\dot{V}O_2$ maximale remonte (valeurs représentées sur graphiques).

Toutefois, au-delà de 6000 m, ce schéma ne peut en aucune façon s'appliquer car la baisse de $\dot{V}O_2$ est beaucoup plus forte que celle de la FC max (225).

Nous le rappelons, ceci est une hypothèse de travail qu'il faudra vérifier. De nombreuses critiques peuvent surgir. Outre les réserves déjà émises, nous ajouterons que ceci est un schéma moyen et qu'il ne tient pas compte des variations individuelles dans la baisse du $\dot{V}O_2$ max en altitude. Mais si l'on applique le modèle d'Astrand, les marges d'erreurs sont nettement plus grandes encore.

S'il me reste un vœu à faire, c'est que l'on essaie de vérifier ce modèle pour une population plus large, de façon rigoureuse,

. soit en chambre de décompression (mais il semble que les résultats ne soient pas superposables à ceux enregistrés sur le terrain)

. soit sur le terrain jusqu'à 5000 m (l'Himalaya ou les Andes s'y prêteraient, avec le concours d'une équipe hélicoptérée !... et un budget à trouver !...).

V 6 - LE POULS D'OXYGENE

A) Au repos

Les variations du pouls d'O₂ au repos sont relativement faibles et NS, exception faite pour les cabiniers entre 1 et 2. Cette augmentation (P < 0,05, + 35 %) peut trouver deux explications :

1) Modification de population par introduction de 2 sujets relativement sportifs,

2) signe d'une adaptation à l'altitude (116) d'autant que par rapport à la population de référence, ils ne diminuent pas leur pouls d'O₂ entre 2 et 3.

Remarques :

a) la population de référence la plus sportive a le pouls d'O₂ moyen le plus élevé, ce qui est classique (7-109).

b) Les guides sont associés à des sujets revenus d'expédition depuis 6 mois. Ces derniers, depuis cette date, sont pour la plupart des sédentaires stricts. Toutefois, ce fait ne semble pas à lui seul expliquer des valeurs aussi faibles. Il faut également tenir compte des problèmes techniques survenus durant leurs tests - valves défectueuses
- analyseurs d'O₂ et de CO₂ déréglés, voire en panne.

B) A $\dot{V}O_2$ maximale

Entre les altitudes 1 et 2, la tendance à la baisse est générale sauf pour les cabiniers (+ 3,5 %). Elle est maximale pour les

guides ($P < 0,05$, - 30 %). Pour les autres altitudes, la baisse se confirme pour tous les groupes (P toujours $< 0,02$). Cette baisse est donc d'autant plus nette (116) que les sujets sont moins sportifs d'une part et moins acclimatés d'autre part.

C) D'installation d'un effort musculaire de 105 W durant 4 min

Le pouls d' O_2 durant les 4 premières minutes de l'effort musculaire, ne présente pas de modifications significatives entre les différentes altitudes si ce n'est une baisse à la 1ère minute pour les guides et la population générale entre les altitudes 2 et 3 ($P < 0,05$ et $< 0,02$).

A la 4ème minute, les valeurs sont plus basses en altitude mais les écarts ne sont pas statistiquement significatifs (116).

L'écart existant entre le groupe de référence et les guides entre les altitudes 1 et 3 s'expliquent du fait que dans le deuxième groupe, certains sujets ne pédallaient pas au rythme indiqué (↓ de la puissance donc ↓ de FC).

V 7 - COEFFICIENT D'EXTRACTION DE L'OXYGENE $\frac{\dot{V}O_2}{\dot{V}E}$

Sa valeur est de $4 \cdot 10^{-2}$ l. Il s'agit de l'inverse de l'équivalent respiratoire et sa valeur théorique est de 1 l d'O₂ pour 25 l d'air.

A) Au repos

Les valeurs de repos varient entre 2,5 et $3,10^{-2}$ l soit une ventilation de 35 à 40 l d'air par litre d'O₂. De ce fait, on peut dire que tous les groupes ont hyperventilé et plus particulièrement celui des "guides", entre 1 et 3 ($P < 0,05$).

B) A effort maximum

L'hyperventilation est encore beaucoup plus nette à l'effort et elle s'accroît avec l'altitude. Elle passe de 35 à 45 l d'air pour 1 l d'O₂ à 1035 m, à près de 50 à 60 l à 3820 m, selon les groupes (pratiquement toujours $< 0,001$). En fait, le $\dot{V}O_2$ pour un travail donné ne se modifiant pratiquement pas avec l'altitude (cf V₃) et le $\dot{V}E$ augmentant pour la même charge, plus que ne le voudrait la baisse de pression partielle d'O₂, on constate une baisse du coefficient d'extraction d'O₂. Ceci est en contradiction avec les résultats trouvés en altitude simulée (250).

D) D'installation d'un effort musculaire de 105 W durant 4 min

On constate sur l'ensemble des courbes :

1) une évolution similaire en fonction de l'altitude pour tous les groupes,

2) une baisse très significative pour tous les groupes, d'autant plus forte que l'altitude s'accroît sauf pour celui de référence entre les altitudes 1 et 2,

3) une modification des tracés avec diminution progressive des écarts entre les différents temps de l'épreuve.

Comment interpréter ces modifications ?

Il semblerait que, pour des altitudes faibles, lors de l'installation de l'effort, l'hyperventilation se fasse plus par une augmentation du V_t que de la fréquence. Ceci a deux conséquences :

- 1) meilleure ampliation pulmonaire avec augmentation des surfaces d'échange et meilleur rapport ventilation/perfusion,
- 2) augmentation du temps de contact air membrane alvéolaire.

Ceci expliquerait l'augmentation du coefficient d'extraction en début d'exercice ou lors d'exercices à faibles puissances (250) et sa chute lorsque la fréquence respiratoire s'élève. En altitude, tout effort entraîne une hyperventilation qui se fait plus par une augmentation de la fréquence que du V_t , ceci d'autant plus que l'altitude s'accroît, donc

- 1) l'ampliation thoracique diminue et les surfaces d'échange également
- 2) le temps de contact diminue,
- 3) la pression partielle d' O_2 également du fait de l'altitude.

Ces faits sont susceptibles de faire baisser le coefficient d'extraction. Ceci nous semble en accord avec le fait que la population de référence qui hypoventile relativement aux autres groupes, en altitude (V 2), ait un coefficient plus élevé car des sportifs développent leur V_t . De plus, il se peut également que, hyperventilant moins à l'exposition aiguë (n'ayant jamais eu d'acclimatements antérieurs V 2), ils aient moins tendance à augmenter leur fréquence respiratoire.

V 8 - TESTS DE FLACK

Il s'agit d'un test fort discuté actuellement et l'une des seules utilités qu'on lui reconnaisse encore, est d'être un reflet de la motivation des sujets (246). A notre connaissance, il n'a jamais été utilisé comparativement à différentes altitudes.

A) Durée

Si elle diminue de façon nette pour 3 groupes sur 4 à 3820 m, on ne peut en tirer aucune conclusion car pour le groupe restant, les guides, c'est à cette altitude que les meilleurs résultats ont été enregistrés (apnée maxi. 104" et 102"). En effet, au sein de cette population, dès le premier jour, il s'est créé une compétition pour savoir lequel détiendrait le record de durée, alors que, par ailleurs, l'intérêt pour les autres tests était des plus limités. Les faibles résultats des cabiniers à ce test ne reflètent pas non plus leurs performances réelles sur le cyclo-ergomètre qui sont, compte-tenu du niveau de sportivité moyen, satisfaisantes. Ces deux faits expliquent les écarts existant entre les populations. Dans ce contexte, il nous paraît difficile de retenir ce test comme critère de performance éventuelle en altitude.

B) La FC par 5 secondes

Les différents calculs entrepris pour essayer de mettre en évidence des modifications de la FC sous apnée ne montrent rien de concluant si ce n'est des diminutions significatives entre la FC à 50% et en fin de test presque uniquement pour les cabiniers. Or, nous l'avons dit, ceci ne reflète pas leurs performances réelles. De plus, les sujets ayant eu des apnées très longues en altitude n'ont pas présenté, durant les 20 à 30 dernières secondes, de modification de leur FC.

V 9 - LES RESULTATS BIOLOGIQUES

De l'ensemble des résultats biologiques, acide lactique, glycémie, acides gras libres, il ne ressort rien de bien significatif. Il semble bien qu'en aigu, les variations, qu'il s'agisse des valeurs de repos ou à l'effort, demeurent discrètes. Les résultats des comparaisons entre groupes nous paraissent fort critiquables car les régimes les plus divers étaient observés avant les tests.

Sujets soit . à jeun,

- . ayant pris . 1 à 2 cafés noirs
 - . un petit déjeuner copieux
 - . un "casse-croute" (chocolat, fruits, etc....) quelques instants avant les épreuves
 - . un "Pastis" ou un "petit coup de rouge",
histoire de se donner du coeur à l'ouvrage ! ...

Dans ces conditions, toute conclusion serait plus le reflet des écarts de régime que de l'action de l'hypoxie.

Toutefois, on peut retenir :

- 1) une augmentation de la glycémie après effort : résultat classique en raison de l'augmentation des catécholamines due aux "stress" de l'hypoxie et de l'exercice musculaire (7-196-207).
- 2) une baisse de l'acide lactique à 3800 m bien que NS.
- 3) une tendance à l'augmentation de l'acide lactique au repos.

CONCLUSIONS

CONCLUSIONS

Au cours de ce travail qui s'est prolongé sur 5 ans, nous avons étudié trois populations :

- de référence : sujets relativement sportifs, alpinistes occasionnels, pour la plupart,
 - des cabiniers et employés du téléphérique de l'Aiguille du Midi,
 - des guides de haute montagne et des médecins, six mois après une expédition himalayenne avec séjour prolongé à plus de 5000 m
- et les résultats d'ensemble des trois groupes.

Compte-tenu de la quantité et de la diversité des informations recueillies sur le terrain, il ne nous a pas été possible, sous peine d'aboutir à un travail fleuve, d'exploiter en détail chaque paramètre. Nous avons donc conduit une étude d'approche globale afin de sérier les données et de permettre, par la suite, des études plus fines - des variables aléatoires

- des rapports entre les différents paramètres

Sur le plan cardiaque, on retient :

- la classique augmentation de la fréquence cardiaque (FC) de repos en altitude,
- une baisse de la FC maximale sauf pour les cabiniers chez lesquels l'écart est très faible,
- une absence de modification de la période de récupération sauf
 - . allongement du temps nécessaire pour obtenir un rythme stable à environ 110/minute : qui passe de 3' à 1035 m à 3'30" à 2320 m et à environ 4'30" à 3820 m,
 - . une diminution de l'amplitude totale de variation du fait d'une baisse de la FC maximale en altitude,
 - . le rapport : $\frac{FC \text{ max} + FC \text{ récupération } 1' + FC \text{ récupération } 2'}{FC \text{ repos}}$ diminue en altitude. De plus, il suit l'évolution de la VO_2 maximale et semble également donner un certain reflet du niveau d'entraînement des sujets.

Au niveau respiratoire :

- accroissement discret du débit ventilatoire de repos (VE) à 3820 m sauf chez les cabiniers qui hyperventilent dès 2320 m,
- le VE maximum n'est pas significativement modifié.

Au niveau de la consommation d'oxygène (VO₂):

- au repos, la VO₂ s'accroît très modérément à 2320 m et à 3820 m. Sans doute, est-ce le reflet de l'augmentation du travail respiratoire et cardiaque,
- à l'effort maximum, la baisse est de l'ordre de
 - . 10 % à 2320 m sauf pour les cabiniers pour lesquels la VO₂ maximale demeure stable,
 - . 20 % à 3820 m pour la population générale.

L'étude de la période d'installation d'un effort musculaire de 105 W montre :

- une augmentation de FC à 3820 m pour un même niveau de travail submaximal
- une augmentation de VE, dès 2320 m, sauf pour la population de référence,
- une augmentation discrète de VO₂ a priori liée à un accroissement du travail ventilatoire et cardiaque.

La régression FC/VO₂

Le normogramme classique d'Astrand, qui permet d'estimer la VO₂ maximale, ne peut s'appliquer en altitude en raison des modifications qui interviennent - dans le transport de l'O₂
- dans la FC maximale.

A partir de cette constatation et de nos résultats, nous proposons la construction d'un abaque qui permettrait d'estimer la VO₂ maximale en altitude en se servant des résultats de plaine.

Sur le plan biologique, on retient :

- augmentation discrète de l'acide lactique de repos,
- après effort, l'acide lactique augmente discrètement au sein de la population de référence, alors qu'il baisse dans les autres populations. Il s'agit peut-être du reflet d'une limitation volontaire de l'effort maximal en altitude.

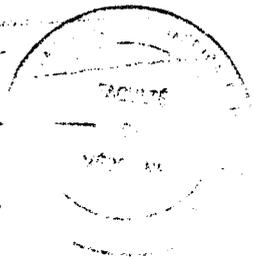
- La glycémie et les acides gras libres ne présentent pas de variations significatives par rapport à leurs valeurs de plaine, dans des conditions identiques.

Enfin, il semble ressortir de l'ensemble des résultats
- que les cabiniers présentent un certain degré d'adaptation cardio-respiratoire puisque :

- . leur FC maximale est pratiquement atteinte à 3820 m lors d'un effort maximum,
 - . ils hyperventilent au repos dès 2320 m,
 - . ils n'ont pas de baisse de VO_2 à 2320 m
- qu'il soit possible d'estimer la VO_2 maximale d'un sujet en altitude en aigu à partir de ses valeurs de plaine. Pour que cette possibilité devienne éventuellement une réalité, il reste à la vérifier
- . sur un échantillonnage plus large et tiré au sort,
 - . à des altitudes moyennes et hautes : pourquoi pas en caisson de décompression ?

COMMISSION D'EMBRANCO

le Doyen.



Le Président de thèse.

J. Gauthier

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - ABBRECHT P., LITTLE J.
"Plasma erythropoietin in men on mice during acclimatization to different altitude".
J. appl. Physiol., 1972, 32, 54-58.
- 2 - ADAMS W.H., STANG L.J.
"Hémoglobin levels in persons of Tibetan ancestry living at high altitude".
Proc. soc. Exp. Biol. Med., 1975, 149, 1036-1047.
- 3 - ALEXANDER J., HARTLEY L., LIDELSKI M.
"Reduction of stroke volume during exercise in man following ascent to 3100 m altitude".
J. appl. Physiol., 1967, 23, 849-858.
- 4 - ALEXANDER J.M., NYBY M.D., JASBERG K.A.
"Effect of angiotensin on hypoxic pulmonary vasoconstriction in isolated dog lung".
J. appl. Physiol., 1976, 41, 84-90.
- 5 - ANDERSON C.H., Mc CALLY, FORRELL G.L.
"The effects of atrial stretch on aldosterone secretion".
Endocrinology, 1959, 64, 202.
- 6 - ASMUSSEN E., CONSOLAZIO C.
"The circulation at rest and work on Mount Evans (4300 m)".
Am. J. Physiol., 1941, 132, 555-563.
- 7 - ASTRAND P.O., RODAHL K.
"Manuel de Physiologie de l'exercice musculaire".
Masson et cie édit., Paris, 1973.

- 8 - AYRES P.J., HUNTER R.C., WILLIAMS E.S., RUNDO J.
"Aldosterone excretion and potassium retention in subjects living at high altitude".
Nature, 1961, 191, 78-83.
- 9 - BANCHERO N., GIMENEZ M., ROSTAMI A., EBY S.H.
"Effects of simulated altitude on O₂ transport in dogs".
Resp. Physiol., 1976, 27, 305-311.
- 10 - BECKER E.L., SCHILLING J.A., HARVEY R.B.
"Renal function in man acclimatized to high altitude".
J. appl. Physiol., 1957, 10, 79-80.
- 11 - BERT P.
"La pression barométrique - recherches de physiologie expérimentale".
Masson Edit., Paris, 1878.
- 12 - BHARANDWAJ H.
"Effect of prolonged stay at high altitude on body fat content. An anthropomorphic evaluation".
Hum. Biol. USA, 1972, 44, 303-310.
- 13 - BHARANDWAJ H., MOLHOTTA M.S.
"Body composition changes after 4 weeks acclimatization to high altitude :anthropometric and roentgenogrammetric evaluation".
Z. Morph. Anthropol. (D), 1974, 65, 285-295.

- 14 - BIDARET Y., DROUET L., DURAND J.
"Débit sanguin dans les muscles squelettiques chez les sujets résidants et transplantés en altitude" (3800 m).
J. Physiol., Paris, 1975, 70, 333.
- 15 - BIGER P.L., RIVOLIER J.
"Recherches expérimentales complémentaires sur l'acclimatement à l'altitude en montagne".
Presse thermale et climatique, 1957, 94, 107.
- 16 - BLUME F.D., PACE N.
"Effect of translocation to 3800 m altitude on glycolysis in mince".
J. appl. Physiol., 1967, 23, 75-82.
- 17 - BREHANT B.
"Adaptation et acclimatement respiratoires à l'altitude en montagne".
Thèse méd. Bordeaux II, 1972/72.
- 18 - BRESARD B.
"Evaluation du "stress des hautes altitudes" à l'occasion d'une expédition française à l'Himalaya (tentative d'ascension du mont Dhaulagiri 8172 m).
Thèse méd. Dijon, 1979.
- 19 - BRUN C., KNUDSEN E.O.E., RAASCHOU F.
"On cause of post-syncopal oliguria".
Acta med. Scand., 1945, 122, 486-492.

20 - BULSTRODE C.J.R.

"A preliminary study into factors predisposing mountaineers to high altitude pulmonary oedema".

J. Royal Nav. Med. Serv., 1975, 61, 101-110.

21 - BURRI P.H., WEIBEL E.R.

"Environmental oxygen tension and lung growth"

Resp. Physiol., 1971, 11, 247-255.

22 - BURRUS S.K., DILL D.B., BURK D.L., FREELAND D.V., ADAMS W.C.

"Observation at sea level and altitude on basal metabolic rate and related cardio pulmonary function".

Hum. Biol. USA, 1973, 46, 4, 677-683.

23 - BUSKIRK E.R., KOLLIAS J., AKERS R.F., PROKOP E.K., PICON-REATEGUI E.

"Maximal performance at altitude and on return from altitude in conditioned runners".

J. appl. Physiol., 1967, 23, 259-266.

24 - CASSIN S., GILBERT R.D., JOHNSON E.M.

"Capillary development during exposure to chronic hypoxia".

Tech. Report., 66, 16-26. San Antonio, Texas : Brooks A.F.B.

25 - CERRETELLI P.

"Métabolisme oxydatif et anaérobique chez le sujet acclimaté à l'altitude".

Colloque médecine et haute montagne, Grenoble, juin 1976, 211-235. Edit. Fédération française de la montagne, Paris.

26 - CHAVEZ A.

"Pression arterial en altura".

Br. Thesis, Univ. Nacion. Mayor San Marcos. Fac. Med. Lima, 1965.

- 27 - CHRISTENSEN E., FROBES W.
"Der kreislauf in grossen Höhen".
Skand. Arch. Physiol., 1937, 76, 75-87.
- 28 - COLIN J.
"Physiopathologie liée à l'altitude et aux vols dans l'atmosphère et l'espace".
Encyclopédie médico-chirurgicale, 1981, *Paris intoxications*,
16506 A 10³.
- 29 - CONSOLAZIO C.F., NELSON R.A., MATOUSH L.O., HANSEN J.E.
"Energy metabolism at high altitude (3475 m)".
J. appl. Physiol. 1966, 21, 1732-1740.
- 30 - CONSOLAZIO C.F., MATOUSH L.O., JOHNSON H.L., DAWS T.A.
"Protein and water balance of young adults during prolonged exposure to high altitudes (4300 m)".
Am. J. clin. nutr., 1968, 21, 154-160.
- 31 - CONSOLAZIO C.F., JOHNSON H.L., KRZYWICKI H.J., DAWS T.A.
"Metabolic aspects of acute altitude exposure (4300 m) in adequately nourished humans".
Am. J. clin. Nutr., 1972, 25, 23-30.
- 32 - COUDERT J., ANTEZANA G., DURAND J.
"L'oedème aigu du poumon de la haute altitude".
Colloque médecine et Haute Montagne, Grenoble, 11-12 juin 1976,
Edité par Fédération Française de la Montagne, Paris, p. 261-277.
- 33 - CRAWFORD R.D., SEVERINGHAUS J.W.
"C.S.F., pH and ventilatory acclimatization to altitude".
J. appl. Physiol., 1976, 45, 275-281.

- 34 - CRUZ J.C., BANCHERE N., SIME F., PENALOZA D., GAMBOA R., MARTICORENA E.
"Correlation between pulmonary artery pressure and level of altitude".
Dis. Chest., 1964, 46, 446-451.
- 35 - CRUZ J.C., GROVER R.F., REEVES J.T., MAHER J.T., CYNERMAN A.,
DENNISTON J.C.
"Sustained venoconstriction in man supplemented with CO₂ at high altitude".
J. appl. Physiol., 1976, 40, 96-102.
- 36 - CUMMING S.
"Discorders of the respiratory system".
Oxford, 1973 : Black Well, Scientific publication, p. 236.
- 37 - CUNNINGHAM W.I., BECKER F., KREUZER F.
"Catecholamines in plasma and urine at high altitude".
J. appl. Physiol., 1965, 10, 79-85.
- 38 - CUNNINGHAM D.A., MAGEL J.R.
"The effect of moderate altitude on post-exercise blood lactate".
Int. Z. Angew. Einsch. Arbeits. Physiol., 1970, 29, 94-99.
- 39 - DARYAO-SINGHKOCHMAR R.C., KACKER S.K.
"Effects of high altitude on inner ear function"
J. Laryngol. Otol. G.B., 1976, 90, 12, 1113-1119.
- 40 - DE GRAFF A.C.Jr, GROVER R.F., JOHNSON R.I.Jr.
"Diffusing capacity of the lung in caucasians native to 3100 m".
J. appl. Physiol., 1970, 29, 71-80.

- 41 - DEMPSEY J.A., FORSTER H.V., BIRNBAUM M.L., REDDAN W.G., THODEN J., GROVER R.F.
"Control of exercise hyperpnea under varying duration of exposure to moderate hypoxia"
Resp. Physiol. (Netherland) 1972, 16, 2, 213-220.
- 42 - DEMPSEY J.A., FORSTER H.V., DO PICO G.A.
"Ventilatory acclimatization to moderate hypoxemia in man"
J. Clin. Invest., 1974, 53, 1091-1097.
- 43 - DEMPSEY J.A., THOMSON J.M., FORSTER H.V.
"Dissociation de l'Hb O₂ chez l'homme lors d'un exercice musculaire prolongé en hypoxie chronique"
J. appl. Physiol., 1975, 38, 1022-1029.
- 44 - DIEMER K., HENN R.
"Kapillarvermehrung in der Hirnvinde der Ratte unter chronischem Sauerstoff-mangel"
Die Natur Wissenschaft, 1965, 52, 135-145,
- 45 - DILL D.B., MYHRE L.G., BROWN D.K., BURRUS K., GEHLSSEN G.
"Work capacity in chronic exposure to altitude"
J. appl. Physiol., 1967, 23, 555-560.
- 46 - DILL D.B., ADAMS W.C.
"Maximal oxygen uptake at sea level and at 3090 m altitude in high school champion runners"
J. appl. Physiol., 1971, 30, 854-859.

- 47 - DOUGLAS C., HOLDANE J., HENDERSON Y., SCHNEIDER E.
"Physiological observations made on Pikes Peak, Colorado, with special reference to adaptation to low barometric pressures".
Phil. Trans. R. Soc. Lond. Ser. B 203, 185-318, 1913.
- 48 - DURAND J., MARTINAUD J., PRADEL M., MASSON M.
"Influence de l'altitude sur les résistances et capacités vasculaires cutanées de l'homme".
J. *Physiol., Paris*, 1967, 59 suppl., 400-401.
- 49 - DURAND J.
"Adaptation circulatoire à l'altitude".
D.G.R.S.T., 73-71 082, 1975, CNRS.
- 50 - DURAND J., MENSCH-DECHENE J.
"Seuil de l'action vasomotrice de l'hypoxie sur la circulation pulmonaire de l'homme".
Bull. soc. Ecophysiol. (FRA), 1979, 4 n° 2, 125-128.
- 51 - DURAND J., CARLIER Y., COUDERT J.
"Adaptation de l'homme à l'altitude (aspects circulatoires)".
(Inst. Bolivien de biologie d'altitude La Paz).
D.G.R.S.T. (FRA) 78.7.2262 3-4 p. 1980.
- 52 - EATON J.W., BREWER G.J., GROVER R.F.
"Role of red cell 2, 3 diphosphoglycenate in the adaptation of man to altitude".
J. Lab. Clin. Med., 1969, 73, 603-607.
- 53 - EBY S.H., BANCHERO N.
"Capillary density of skeletal muscle in Andean dogs".
Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 1976, 151, 795-802.

54 - EPSTEIN M., SARUTA T.

"Effect of simulated high altitude on renin-aldosterone and Na homéostasis in normal man".

J. appl. Physiol., 1972, 33, 204-210.

55 - EPSTEIN M., SARUTA T.

"Effects of an hypoxic hypobaric environment on renin-aldosterone in normal man".

J. appl. Physiol., 1972, 34, 49-55.

56 - ETERRADOSSI J., MATHEVON P., TANCHE M.

"Coût énergétique de l'activité physique en montagne".

La Presse Thermale et climatique, 1981, 118 n° 2, 85-88.

57 - FAULKNER J.A., DANIELS J.T., BALKE B.

"Effects of training at moderat altitude on physical performance capacity".

J. appl. Physiol., 1967, 23, 85-89.

58 - FAULKNER J.A., KOLLIAS J., FAVOUR C.B.

"Maximum aerobic capacity and running performance at altitude".

J. appl. Physiol., 1968, 24, 685-691.

59 - FAURA J., RAMOS J., REYNAFARJE C., ENGLISH E., FINNE P., FINCH C.A.

"Effect of altitude on erythropoiesis".

Blood, 1969, 33, 668-672.

60 - FENCL V., GABEL R.A., WOLFE D.

"Composition of cerebral fluids in goats adapted to high altitude".

J. appl. Physiol., 1979, 47, 508-513.

- 61 - FINCH C.A., LENFANT C.
"Oxygen transport in man".
N. Engl. J. Med., 1972, 286, 407-412.
- 62 - FORBES W.H.
"Blood, sugar and glucose tolerance at high altitudes".
Am. J. Physiol., 1936, 116, 309-316.
- 63 - FORSTER H.V., DEMPSEY J.A., CHOSEY L.W.
"Incomplete compensation of CSF (H+) in man during acclimatization to high altitude (4300 m)".
J. appl. Physiol., 1975, 38, 1067-1073.
- 64 - FOUILLOT J.P., BARRAULT D.
"Physiopathologie et altitude".
Tempo médical nov. 1973, 23 bis 11.
- 65 - FRAYSER R., RENNIE I.D., GRAY G.W., HOUSTON C.S.
"Hormonal and electrolyte response to exposure to 17,500 ft".
J. appl. Physiol., 1975, 38, 635-641.
- 66 - FRISANCHO A.R., VELASQUEZ T., SANCHEZ J.
"Influence of developmental adaptation on lung function at high altitude".
Hum. Biol., 1973, 45, 583-590.
- 67 - GABEL R.A., WEISKOPF R.B.
"Ventilatory interaction between hypoxia and H+ at chemoreceptors of man".
J. appl. Physiol., 1975, 39, 292-298.

68 - GAMBY F.

"Pression artérielle et altitude".

Etudes des variations de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle observée chez 8 sujets lors d'un séjour de 37 jours entre 1800 m et 5000 m.

Thèse méd. Grenoble, 1979/44.

69 - GERLACH E., DUHM J., DEUTICKE B.,

"Metabolism of 2,3 diphosphoglycerate in red blood cells under various experimental conditions

dans "Red Cell metabolism and function". Edité par G.J. Brewer.

70 - GIEU J.D., HOUDES Y.

"La thermorégulation de l'homme en altitude".

Colloque médecine et haute montagne, Grenoble, 11-12 juin 1976

Edité par Fédération Française de la Montagne, Tome III, 317-323, Paris.

71 - GILL M.B., PUGH L.G.C.F.

"Basal metabolism and respiration in man living at 5800 m".

J. appl. Physiol., 1964, 19, 949-954.

72 - GOULD A.B., GOODMAN S.A.

"The effect of hypoxie on the renine-angiotensinogene system".

Lab. Invest., 1970, 22, 443-450.

73 - GRANDPIERRE R.

"Adaptation de l'organisme au climat d'altitude".

Arch. Biol. Therm. Clim., 1956, I, 137-144.

74 - GREENLEAF J.E., BERNAUER E.M., ADAMS W.C., JUHOS L.

"Fluid-electrolyte shifts and VO_2 max in man at simulated altitude (2287 m).

J. appl. Physiol., 1978, 44, 652-658.

75 - GROLLMAN A.

*"Physiological variations of the cardiac output of man".
VII. The effect of high altitude on the cardiac output and
its related functions : an account of experiments conducted
on the summit of Pikes Peak Colorado".
Am. J. Physiol., 1930, 93, 19-40.*

76 - GROVER R.F.

*"Basal oxygen uptake of man at high altitude".
J. appl. Physiol., 1963, 18, 909-915.*

77 - GROVER R.F., REEVES J.T., GROVER E.B., LEATHERS J.E.

*"Muscular exercise in young men native to 3100 m altitude".
J. appl. Physiol., 1967, 22, 555-564.*

78 - GROVER R.F., LUFŠCHANOWSKI R., ALEXANDER J.K.

*"Decreased coronary blood flow in man following ascent to high
altitude"
dans Hypoxia, High Altitude and the Heart.
Ed. par J.H.K. Vogel Aspen. Colorado Advances in Cardiology,
5, 32, Basel. S. Karger, 1970.*

79 - GUERRA-GARCIA R.

*"Testosterone metabolism in men exposed to high altitude".
Acta. Endoc. Panama, 1971, 2, 55-62.*

80 - GUYON G.

*"Physiologie et pathologie de l'homme vivant à haute altitude".
Thèse méd. Lyon uni. Cl. B. 1979/108.*

- 81 - HAAS F., BERGOFKY E.H.
"Role of the mast cell in the pulmonary pressure response to hypoxia".
J. Clin. Invest., 1972, 51, 3154-3160.
- 82 - HANDSCHUH R.
"Influence de l'entraînement en moyenne altitude sur la réponse biologique à l'exercice et la performance athlétique lors du retour au niveau de la mer".
Thèse méd. Paris Cochin Port-Royal, 1979/132.
- 83 - HANNON J.P., CHINN K.S.K., SHIELDS J.L.
"Alteration in serum and extracellular electrolytes during high altitude exposure".
J. appl. Physiol., 1972, 31, 266-272.
- 84 - HANNON J.P., SUDMAN D.M.
"Basal metabolic and cardiovascular function of women during altitude acclimatization".
J. appl. Physiol., 1973, 34, 471-476.
- 85 - HANNON J.P., KLAIN G.J., SUDMAN D.M., SULLIVAN F.J.
"Nutritional aspects of high altitude exposure in women".
Am. J. Clin. Nutr., 1976, 22, 604-610.
- 86 - HANSEN J.E., VOGEL J.A., STELTER G.P., CONSOLAZIO C.F.
"Oxygen uptake in man during exhaustive work at sea level and high altitude".
J. appl. Physiol., 1967, 23, 511-522.
- 87 - HANSEN J.E., STELTER G.P., VOGEL A.J.
"Arterial pyruvate, lactate pH and PCO_2 during work at sea level and high altitude".
J. appl. Physiol., 1967, 23, 523-530.

- 88 - HANSON E.L., O'CONNOR N.E., DRINKER P.A.
"Hemodynamic response to controlled ventilation during hypoxia in man and animals".
Surg. Forum USA, 1972, 23, 207-213.
- 89 - HARRIS P., CASTILLO Y., GIBSON D., HEATH D., ARIAS-STELLA J.
"Succinic and lactic dehydrogenase activity in myocardial homogenates from animals at high and low altitudes".
J. Mol. Cell. Cardiol., 1970, 1, 189-198.
- 90 - HARRIS P., HEATH D.
"The human pulmonary circulation. Its form and function in health and disease".
Sec. Edition.
Edit. Churchill Livingstone, London, 1977.
- 91 - HARTLEY L.H., ALEXANDER J.K., MODELSKI M., GROVER R.F.
"Subnormal cardiac output at rest and during exercise in resident at 3100 m altitude".
J. appl. Physiol., 1967, 23, 839-848.
- 92 - HARTROFT P.M., BISCHOFF M.B., BUCCI T.J.
"Effects of chronic exposure to high altitude on the juxta glomerular complex and adrenal cortex of dogs, rabbits, and rats".
Fed. Proc. : Fed. Am. Soc. Exp. Biol., 1962, 28, 1234-1244.
- 93 - HEATH D., WILLIAMS D.R.
"Man at high Altitude".
Edit. Churchill Livingstone Edinburgh London and New-York, 1981.

- 94 - HERMANSEN L., SALTIN B.
"Blood lactate concentration during exercise at acute exposure to altitude".
dans Exercice et Altitude. Edit. Margaria R., Amsterdam Excerpta Med. Found., 1967.
- 95 - HOGAN R., KOTCHEN T., BOYD A., HARTLEY L.
"Effect of altitude on renin aldosterone system on metabolism of water and electrolytes".
J. appl. Physiol., 1973, 35, 385-390.
- 96 - HOON R.S., SHARMA S.C., BALASUBRAMANIAN V., CHADHA K.S., MATEW O.P.
"Urinary catecholamine excretion on acute induction to high altitude (3658 m)".
J. appl. Physiol., 1976, 41, 631-636.
- 97 - HOON R., BALASUBRAMANIAN V., MATEW O., HARTLEY L.
"Effect of high altitude exposure for 10 dogs stroke volume and cardiac output".
J. appl. Physiol., 1977, 42, 722-727.
- 98 - HOON R.S., SHARMA S.C., BALASUBRAMANIAN V., CHADHA K.S.
"Urinary catecholamine excretion in induction to high altitude (3658 m) by air and road".
Am. J. Physiol., 1977, 42, 728-732.
- 99 - HORNBEIN J.
"Adrenal cortical response to chronic hypoxia".
J. appl. Physiol., 1962, 17, 246-248.
- 100 - HOUSTON C.S., RILEY R.L.
"Respiratory and circulation changes during acclimatization to high altitude".
Am. J. Physiol., 1947, 149, 565-571.

- 101 - HULTGREN H., KELLY J., MILLER H.
"Pulmonary circulation in acclimatized man at high altitude".
J. appl. Physiol., 1965, 20, 233-238.
- 102 - HURTADO A., ROTTA A, MERINO C., PONS J.
"Studies of myohemoglobin at high altitude".
Am. J. Med. Sci., 1937, 194, 708-720.
- 103 - HURTADO A.
"Animals in high altitudes : resident man".
In Handbook of physiology, section 4 : adaptation to environment.
Washington : Am. Physiol. Soci. p. 843, 1964.
- 104 - HURTADO A.
"Some physiologic and clinical aspects of life at high altitudes".
Dans Aging of the lung, p. 257. Edit. : L. Cander and J.H. Mayer
New York Grune and Stratton.
- 105 - HURTADO A.
"L'influence de l'altitude sur l'homme".
Rev. Med. Aer., 1972, 11, 43-157.
- 106 - JANOWSKI A.H., WHITTEN B.W., SCHIELD J.L., HANNON J.P.
"Electrolyte patterns and regulation in man during acute exposure to high altitude".
Fed. Proc. : Fed. Am. Soc. Exp. Biol., 1969, 28, 1185-1195.
- 107 - JOHNSON H.L., CONSOLAZIO C.F., BURK R.F., DAWS T.A.
"Glucose - 14 C - UL metabolism in man after abrupt altitude exposure (4300 m)".
Aerosp. Med. 1974, 45, 8, 849-854.

- 108 - JUNG R.C., DILL D.B., HORTON R., HORVATH S.K.
"Effect of age on plasma aldosterone levels and hemo concentration at altitude."
J. appl. Physiol., 1971, 31, 593-599.
- 109 - KARPOVICH P., SINNING W.E.
"Physiologie de l'exercice musculaire".
Vigot Frères édit., Paris, 1975.
- 110 - KAY J.M., WAYMIR J.C., GROVER R.F.
"Lung mast cell hyperplasia and pulmonary histamin-forming capacity in hypoxic rats".
Am. J. Physiol., 1974, 226, 178-189.
- 111 - KEARNEY M.S.
"Ultrastructural changes in the heart at high altitude:"
Pathologia et Microbiologia, 1973, 39, 258-265.
- 112 - KLAUSEN K.
"Cardiac output in man in rest and work during and after acclimatization to 3.800 m altitude".
J. appl. Physiol., 1966, 21, 609-616.
- 113 - KLAUSEN K., ROBINSON S., MICHAEL E.D., MYHRE L.G.
"Effect of high altitude on maximal working capacity".
J. appl. Physiol., 1966, 21, 1191-1194.
- 114 - KLAUSEN K.
"Exercise under hypoxic condition".
Méd. and Science Sports, 1961, 1, 43-48.

- 115 - KOBRICK J.L., APPLETON B.
"Effects of extended hypoxia on visual performance and retinal vascular state".
J. appl. Physiol., 1971, 31, 357-361.
- 116 - KOLLIAS U., BUSKIRK E.R., AKERS F., PROKOP E.R., BAKER P.T.,
PICON-REATEGUI E.
"Work capacity of long-time residents and newcomers to altitude".
J. appl. Physiol., 1968, 24, 792-799.
- 117 - KREUZER F., VAN LOOKEREND CAMPANGNE P.
"Resting pulmonary diffusing capacity for CO and O₂ at high altitude".
J. appl. Physiol., 1965, 20, 519-524.
- 118 - KRZYWICKI H.J., CONSOLAZIO C.F., MATOUSH L.O., JOHNSON H.L.,
BARNHART R.A.
"Body composition changes during exposure to altitude".
Fed. Proc.: Fed. Am. Soc. Exp. Biol., 1969, 28, 1190-1198.
- 119 - KYPSON J., HATT G.
"Myocardial metabolism and performance in hypoxia : effect of epinephrine".
J. appl. Physiol., 1978, 45, 791-796.
- 120 - LACOMBE J.
"Effets de l'entraînement en altitude pour les coureurs de demi-fond".
Thèse med. Bordeaux II, 1979/288.
- 121 - LAHIRI J.
"Dynamic aspects of regulation of ventilation in man during acclimatization to high altitude".
Resp. Physiol. (Netherland), 1972, 16, 245-252.

- 122 - LEFRANCOIS R., GAUTIER H., HELLOT H.F., VINCENT J., PASQUIS P., DENIS P.
"Evolution du transfert alvéolo-capillaire chez l'homme lors de l'acclimatation à la haute altitude".
C.R. Soc. Biol., 1978, 172, n° 2, 348-351.
- 123 - LEFRANCOIS R.
"Etude des mécanismes de régulation de la respiration au repos et pendant l'exercice musculaire au cours de l'acclimatation à haute altitude et chez l'homme né à haute altitude".
D.G.R.S.T. 6 801 286, 1973, GICNRS.
- 124 - LENFANT C., TORRANCE J., ENGLISH E., FINCH C.A.
"Effects of altitude on oxygen binding by hemoglobin and on organic phosphate levels".
J. clin. Invest., 1968, 47, 2652-2658.
- 125 - LENFANT C., TORRANCE J.D., REYNAFARJE C.
"Shift of the O₂-Hb dissociation curve at altitude : mechanisms and effects".
J. appl. Physiol., 1971, 30, 625-631.
- 126 - LENFANT C., SULLIVAN K.
"Adaptation to high altitude".
N. Engl. J. Med., 1971, 284, 1298-1309.
- 127 - LONGMUIR I.S., PASHKO L.
"The role of facilitated diffusion of oxygen in tissue hypoxia".
Int. J. Biometeo. 1977, 21, 179-183.
- 128 - LOZANO R., MONGE M.C.
"Renal function in high altitude natives and in natives with chronic mountain sickness".
J. appl. Physiol., 1965, 20, 1026-1031.

- 129 - MACKISSON P.C.B., MONK-JONES M.E., FORTHERBY K.
*"A^s study of various indices of adrenocortical activity during
23 days at high altitude".*
J. Endocrinol. 1963, 26, 555-560.
- 130 - MAHER J.T., DENNISTON J.C., WOLFE D.L., CYMERMANN A.
*"Mechanism of the attenuated cardiac response to B-adrenergique
stimulation in chronic hypoxia".*
J. appl. Physiol., 1978, 44, 647-651.
- 131 - MARBACH, WEIL,
"Rapid enzymatic measurement of blood lactate and pyruvate".
Clinical Chemistry, 1967, 13 n° 4.
- 132 - MARKARYAN S.S., DROZDOVA N.T., SIDELMIKOV I.A.,
*En Russe "Influence de l'excitation de l'appareil vestibulaire
en hypoxie sur certaines fonctions de l'analyseur visuel".*
Kom. Biol. Med. S.S.S.R., 1973, 7, 2, 75-82.
- 133 - MARTICORENA E., RUIZ L., SEVERINO J., GALVEZ J., PENALOZA D.
*"Systemic blood pressure in white men born at sea level : changes
after long residence at high altitude".*
Am. J. Cardiol., 1969, 23, 364-370.
- 134 - MARTICORENA E., SEVERINO J., CHAVEZ A.
"Presión arterial sistémica en el nativo de altura".
Arch. Inst. Biol. Andina, 1967, 2, 18-30.
- 135 - MARTIN L.G., WESTENBERGER G.E., BULLARD R.W.
*"Thyroidal changes in the rat during acclimatization to simulated
high altitude".*
Am. J. Physiol., 1971, 221, 1057-1062.

- 136 - MARTIN-LALANDE J.
"Quelques aspects de l'acclimatement respiratoire de courte durée à moyenne altitude".
Presse Thermale et climatique, 1961, 3.
- 137 - MARTINEAUD J.P., DURAND J., COUDERT J., SEROUSSI S.
"La circulation cutanée au cours de l'adaptation à l'altitude".
Pflügers Archiv. Eur. J. Physiol., 1969, 310, 264-276.
- 138 - MASTER A., DUBLIN L., MARKS H.
"The normal blood pressure range and its clinical implications".
J. Am. Med. Assoc., 1950, 143, 1464-1470.
- 139 - Mc DONALD R.K., KELLY V.C.
"Effects of altitude anoxia on renal function".
Am. J. Physiol., 1948, 159, 193-198.
- x 140 - Mc MANUS B.M., HORVATH S.M., BOLDUAN N., MILLER J.C.
"Metabolic and cardiorespiratory responses to long-term work under hypoxic conditions".
J. appl. Physiol., 1974, 36, 177-182.
- 141 - MILLER J., HORVATH S.
"Cardiac output during sleep at altitude".
Aviat. Space Environ. Med., 1977, 48, 621-624.
- 142 - MONCLOA F., DONAYRE J., SOBREVILLA L.A., GUERRA-GARCIA R.
"Endocrine studies at high altitude : II Adrenal cortical function in sea level natives exposed to high altitudes (4300 m) for two weeks".
J. clin. Endocrinol. Metabolism, 1965, 26, 1640-1647.

- 143 - MONCLOA F., BETETA L., VELAZCA I., GOMEZ C.
"ACTH stimulation and dexamethazone inhibition in newcomers to high altitude".
Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 1966, 122, 1029-1035.
- 144 - MONCLOA F., VELASCA I, BETETA L.
"Plasma cortisol concentration and disappearance rat of 4.14 C cortisol in newcomers to high altitude".
J. clin. Endocrinol. Metabolism., 1968, 28, 379-384.
- 145 - MONG M.C., MONGE C.C.
"High Altitude diseases, mechanisms and management".
Springfield, Illinois : Charles C. Thomas.
- 146 - MONGE C., CAZORLA A., WHITTEMBURY G., SAKETE Y., RIZO-PATRON C.
"Description de la dinamica circulatoria en el corazon y pulmones des habitants del nivel del mar y de las grandes altimas por medio de la tecnica de dilucion del colorant."
Anal. Fac. Med. Milan, 1956, 39, 498-511.
- 147 - MONGE C.C., WHITTENBURY J.
"Increased hemoglobin-oxygen affinity at extremely high altitudes".
Science, 1974, 186, 843-854.
- 148 - MORET P., COVARRUBIAS E., COUDERT J.
"Adaptation de la circulation coronaire et du metabolisme du myocarde à l'hypoxie chronique des hautes altitudes".
Arch. Mal. Coeur. 1971, 64, 1424-1430.
- 149 - NAIR C.S., MALHOTRA M.S., GOPINATH P.M.
"Effect of altitude and cold acclimatization on the basal metabolism in man".
Aerospace Medicine USA, 1971, 42 10, 1056-1068.

- 150 - NELSON M.L., CONS J.M.
"Pituitary hormones and growth retardation in rats raised at simulated high altitude" (3800 m).
Env. Physiol. Biochim., 1975, 5, 273-280.
- 151 - NOBLE R.R., TAYLOR N.B.G.
"Antidiuretic substances in human urine after haemorrhage, fainting, dehydration and acceleration".
J. Physiol., 1953, 122, 220-228.
- 152 - NOUJAREDE J.M.D.
"Acclimatement de l'organisme humain à l'hypoxie en haute montagne".
Thèse méd. Bordeaux II, 1979/522.
- 153 - OU L.C., TENNEY S.M.
"Properties of mitochondria from hearts of cattle acclimatized to high altitude".
Resp. Physiol., 1970, 8, 151-161.
- 154 - PACE N., GRISWOLD R.L., GRUNBAUM B.W.
"Increase in urinary norepinephrine excretion during 14 days sejour at 3800 meters elevation".
Fed. Proc ; Fed. Am. Soc. Exp. Biol., 1964, 23, 521-531.
- 155 - PAULI H.G., TRUNIGER B., LARSEN J.K., MULHAUSEN R.O.
"Renal function during prolonged exposure to hypoxia and carbon monoxide. 1 glomerular filtration and plasma flow".
Scand. J. Clin. Lab. Invest., 1968, 22, Suppl 103, 55-65.
- 156 - PENALOZA D., SIME F., BANCHERO N., GAMBOA R.
"Pulmonary hypertension in healthy man born and living at high altitude".
Medicina Thoracalis, 1962, 19, 449-456.

- 157 - PENALOZA D., SIME F., BANCHERE N., GAMBOA R., CRUZ J., MARTICORENA E.
"Pulmonary hypertension in healthy men born and living at high altitude".
Am. J. Cardiol., 1963, 11, 150-158.
- 158 - PENALOZA D.
Dans *"High Altitude Physiology Cardiac and respiratory aspects"*
p. 169-172.
Ciba Foundation Symposium.
Edit. R. Porter et J. Knight : Edimburgh London : Churchill Livingstone, 1971.
- *159 - PENNEY D., THOMAS M.
"Hematological alterations and response to acute hypobaric stress"
J. appl. Physiol., 1975, 39, 1034-1042.
- 160 - PICON-REATEGUI E.
"Studies on the metabolism of carbohydrates at sea level and at high altitude".
J. Clin. Endocrinol. Metabolism, 1962, 11, 1148-1156.
- 161 - PICON-REATEGUI E., BUSKIRK E.R., BAKER P.T.
"Blood glucose in high altitude natives and during acclimatization to altitude".
J. appl. Physiol., 1970, 29, 560-568.
- 162 - PRANAB-KUMARNAB, RABINDRA NATH SEN, UDAY SANKAR RAY
"Optimal rate of work for mountaineers".
J. appl. Physiol., 1978, 44, 952-955.
- 163 - PUGH L.
"Physiological and medical aspects of the Himalayan scientific and mountaineering expedition 1960-61".
Br. Med. J., 1962, 2, 622-627.

164 - PUGH L.G.C., GILLS M.B., LAHIRI S., MILLEDGE J.S., WARD M.P.,
WEST J.B.

"Muscular exercise at great altitude".

J. appl. Physiol., 1964, 19, 431-440.

165 - PUGH L.G.C.E.

"Cardiac output in muscular exercise at 5800 m".

J. appl. Physiol., 1964, 19, 441-447.

166 - PUGH L.G.C.E.

"Athletes at altitude".

J. Physiol., 1967, 192, 619-628.

167 - RAHN H., OTIS A.B.

"Man's respiratory response during and after acclimatization to high altitude".

Am. J. Physiol., 1949, 157, 445-450.

168 - RAMSOE K., JARNUM S., PREISIG R., TAUBER J., TYGOTY N., WESTERGAARD H.

"Liver function and blood flow at high altitude".

J. appl. Physiol., 1970, 28, 725-727.

169 - RASTOGI G.K., MALHOTRA M.S., SRIVASTAVA M.C., SAWHNEY R.C., DUA G.L.,
SRIDHARAN K., HOON R.S.

"Study of the pituitary. Thyroid functions at high altitude in man".

J. Clin. Endocrinol. Metabolism, 1977, 44, 452-460.

170 - RATTNER B.A., GRUENAU S.P., ATLAND P.D.

"Cross-adaptative effect of cold, hypoxia or physical training or decompression sickness in mice".

J. appl. Physiol., 1979, 47, 412-417.

- 171 - RAYNAUD J., MARTINEAUD J.P., COUDERT., TILLIOUS M.C., MARCONNET P.
"Consommation d'oxygène au repos et à l'exercice au cours de l'acclimatation à l'altitude".
J. Physiol., Paris, 1969, 61 Suppl. 1, 167.
- 172 - RAYNAUD J., MARTINEAUD J.P., BORDACHARD J., TILLOUS M.C., DURAND J.
"Oxygen deficit and debt in submaximal exercise at sea level and high altitude".
J. appl. Physiol., 1974, 37, 43-48.
- 173 - REEVES J., LEATHERS J., EISEMAN B., SPENCER F.
"Alveolar hypoxia versus hypoxemia in the development of pulmonary hypertension".
Med. Thoracalis, 1962, 19, 561-572.
- 174 - REEVES J.T., GROVER R.F.T., COHN J.E.
"Regulation of ventilation during exercise at 10,200 ft in athletes born at low altitude".
J. appl. Physiol., 1967, 22, 546-554.
- 175 - REYMERS J.C., MITHOEFER J.C.
"The carbon monoxid diffusing capacity in permanent residents at high altitudes".
Resp. Physiol., 1969, 6, 233-241.
- 176 - RENNIE D., FRAYSER R., GRAY G., HUSTON C.
"Urine and plasma proteins in men at 5400 m".
J. appl. Physiol., 1972, 32, 369-376.
- 177 - REYNAFARJE C.
"Myoglobin content and enzymatic activity of muscle and altitude adaptation".
J. appl. Physiol., 1962, 17, 301-309.

- 178 - REYNAFARGE C., RAMOS J., FAURA J., VILLAVENCIO D.
"Humoral control of erythropoietic activity in man during and after altitude exposure".
Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 1964, 116, 649-652.
- 179 - REYNAFARGE C., VELASQUEZ T.
"Metabolic and physiological aspects of exercise at high altitude. Kinetics of blood lactate, oxygen consumption and oxygen debt during exercise and recovery breathing air".
Fed. Proc. : 1966, 25, 1397-1399.
- 180 - REYNAFARJE C.
"Physiological patterns : hematological aspects".
Life at high altitudes, p. 32-33, Scientific publication n° 140.
Pan American Health Organization Washington, 1966.
- 181 - RICHARDSON D., KONTOS H., SHAPIRO W., PATTERSON J.
"Role of hypocopia in the circulatory response to acute hypoxia in man".
J. appl. Physiol., 1966, 21, 22-26.
- 182 - RIVOLIER J.
"Expédition française à l'Himalaya, aspect médical".
Actualité scientifique et industrielle, Hermann edit., Paris, 1959, 23.
- 183 - ROTTA A.
"Physiologic condition of the heart in natives of high altitudes".
Am. Heart. J., 1947, 33, 669-676.
- 184 - ROTTA A., CANEPA A., HURTADO A., VELASQUEZ T., CHAVEZ R.
"Pulmonary circulation at sea level and at high altitudes".
J. appl. Physiol., 1956, 9, 328-333.

- 185 - ROY S.B., GULERIA J.S., KHANNA P.K., TALWAR J.R., MANCHANDA S.C.,
PANDE J.N., KAUSHIK V.S., SUBBA P.S.
*"Immediate circulatory response to high altitude hypoxia
in man"*.
Nature, 1968, 217, 1177-1178.
- 186 - RUDOLPH A.M., DRORBAUGH J.E., AULD P.A.M., RUDOLPH A.J., NADAS A.S.,
SMITH C.A., HUBBEEL J.P.
*"Studies on the circulation in the neonatal period. The circula-
tion in the respiratory distress syndrom"*.
Pediatrics, 1961, 27, 551-560.
- 187 - RUIZ L., PENALOZA D.
"Altitude and hypertension".
Mayo. Clin. Proc., 1977, 52, 442-450.
- 188 - SALTIN B.R., GROVER F., HARTLEY L.H., BLUMQUIST G., JOHNSON R.L.
*"Maximal oxygen uptake and cardiac output after 2 weeks at
4300 m"*.
J. appl. Physiol., 1968, 25, 400-409.
- 189 - SCHNARTZ D.
*"Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biolo-
gistes"*.
Flammarion médecine-sciences, Paris, 1963, p. 156 et suivantes.
- 190 - SELKURT E.E.
*"Influence of hypoxia on renal circulation and on excretion of
electrolytes and water"*.
Am. J. Physiol., 1953, 172, 700-705.

- 191 - SEVERING HAUS J.W., CHIODI H., EGER E., BRANDSTATER B., HORBEIN T.F.
"Cerebral blood flow in man at high altitude. Role of cerebro-spinal fluid pH in normalisation of flow in chronic hypocapnia".
Cir. Res. 1968, 10, 272-276.
- 192 - SIME F., PENALOZA D., RUIZ L., GONZALES N., COVARRUBIAS E.,
POSTIGO R.
"Hypoxemia, pulmonary hypertension and low cardiac output in newcomers at low altitude".
J. appl. Physiol., 1974, 36, 561-565.
- 193 - SINGH I., KHANNA P.L., SRIVASTAVA M.C., LAL M., ROY S.B.,
SUBRAMANYAM C.S.V.
"Acute mountain sickness".
N. Engl. J. Med., 1969, 280, 175-185.
- 194 - SINGH I., CHOCHAN I.S., LAL M., KHANNA P.K., SRIVASTAVA M.C., NANDAR R.B
LAMBA J.S., MALHOTRA M.S.
"Effects of high altitude stay on the incidence of common diseases in man".
Int. J. Biometrol ,1977, 21, 93-105.
- 195 - SIRI W.E., WAN DYKE D.C., WINCHELL H.S., POLLYCORE M., PARKER H.G.,
CLEVELAND A.S.
"Early erythropoietin blood and physiological responses to severe hypoxia in man".
J. appl. Physiol., 1966, 21, 73-80.
- 196 - SIRI W.E., CLEVELAND A.S., BLANCHE P.
"Adrenal gland activity in mount Everest climbers".
Fed. Proc. : Fed. Amer. Soc. Exp. Biol., 1969, 28, 1251-1260.

- 197 - SLATER J.D.H., TUFFLEY R.E., WILLIAMS E.S., EDWARDS R.H.T., EKINS R.P.,
SONKSEN P.H., BERESFORD C.H., MC LAUGHLIN M.
*"Potassium retention during the respiratory alkalosis of mild
hypoxia in man :its relationship^{to} aldosterone secretion and
other metabolic changes"*.
Clin. Sci. mol. Med., 1969, 37, 311-321.
- 198 - SMOLICHEV E.P.
"The effect of high altitude on the protein of human blood".
Bull. Exp. Biol. Med., 1961, 503, 1053-1060.
- 199 - SOBREVILLA L.A., MIDGLEY A.R.
"Gonadotropins".
Edit. E. Rosemberg. Los Altos California : Geron x, p. 367-68.
- 200 - SPATH J.A., DAUGHERTY R.M.Jr., SCOTT J.B., HADDY F.J.
*"Effect of acute local renal hypoxia on renin activity in renal
venous plasma"*.
Proc. Soc : Exp. Biol. Med., 1971, 137, 484-490.
- 201 - STENBERG J., EKBLUM B., MESSIN R.
"Hemodynamic responses to work at simulated altitude 4000 m."
J. appl. Physiol., 1966, 21, 1589-1594.
- 202 - STICKNEY J.C., VAN LIERE E.J.
"Basal metabolit rat at high altitude".
Physiol. Rev., 1935, 33, 13-19.
- 203 - STIEGLITZ P., GIRARDET P., ETERADOSSI J., MOREL F., MOIGNET B.,
PELLETEUR Y.
*"L'alpinisme hivernal. Etude clinique biologique d'un raid
alpin hivernal"*.
Nouvelle presse médicale, 1973, 44, 2965.

- 204 - STOCK M.J., NORGAN N.G., FERRETA-LUZZI A., EVANS L.
"Effect of altitude on dietary induced thermogenesis at rest and during light exercise in man".
J. appl. Physiol., 1978, 45, 345-349.
- 205 - STOCK J.M., CHAPMAN C., STIRLING J.M., CAMPBELL I.T.
"Effects of exercise, altitude, and food on blood hormone and metabolite levels".
J. appl. Physiol., 1978, 45, 350-354.
- 206 - SURKS M.I., CHINN K.S.K., MATOUSH L.O.
"Altérations in body composition in man after acute exposure to high altitude".
J. appl. Physiol., 1966, 21, 1741-1747.
- 207 - SURKS M., HENRY J., BECKVITT C., CHIDSEY P.
"Changes in plasma thyroxine concentration and metabolism, catecholamine excretion and basal oxygene consumption in man during exposure to high altitude".
J. Clin. Endocrinol., 1967, 27, 789-799.
- 208 - SUTTON J., YOUNG J., LAZARUS L.
"Hormonal response to altitude".
Lancet, 1970, 2, 1194, 1202.
- 209 - SUTTON J.R., VIOL G.W., GRAY G.W., Mc FADDEN M., KEANE P.M.
"Renin, aldosterone, electrolyte and cortisol response to hypoxie decompression".
J. appl. Physiol., 1977, 43, 421-427.
- 210 - TANCHE M.
"Vie, travail et altitude"
dans Précis de physiologie du travail. Notions d'ergonomie, 2e édition.
Scherrer J. et col. Masson éd., Paris, 1981, p. 307-325.

- 211 - TAPPAN D.V., REYNAFARJE B.
"Tissue pigment manifestations of adaptation to high altitude".
Am. J. Physiol., 1957, 190, 99-102.
- 212 - TENNEY S.M., RAHN H., STROUD R.C., MITHOEFFER J.C.
"Adaptation to high altitude : changes in lung volumes during the first seven day at Mount Evans, Colorado".
J. Appl. Physiol., 1953, 5, 607-615.
- 213 - TERZIOGLU M., GOKAN N., KAYSERILIOGLU A.
"Respiratory and cardiovascular response to moderate exercise at mild-altitude".
Schweiz. Z. Sportmed., 1966, 14, 35-48.
- 214 - TIMIRAS P.S., PACE N.G., HUANG C.A.
"Plasma and urine 17 hydroxycorticosteroid and urine 17 ketosteroid levels in man during acclimatization to high altitude".
Fed. Proc : Fed. Am. Soc. Exp. Biol., 1957, 16, 340-348.
- 215 - TUCKER C.E., JAMES W.E., BERRY M.A., JOHNSTONE C.J., GROVER R.F.
"Depressed myocardical function in the goat at high altitude".
J. appl. Physiol., 1976, 41, 356-363.
- 216 - TUCKER A., Mc MURTRY I.F., ALEXANDER A.F., REEVES J.T., GROVER R.F.
"Lung mast cell density and distribution in chronically hypoxic animals".
J. appl. Physiol., 1977, 42, 176-181.
- 217 - ULLMAN E.A.
"Renal water and cation excretion at moderate altitude".
J. Physiol., 1953, 170, 58-66.

218 - VALDIVIA E.

"Total capillary bed in striated muscle of guinea pigs native to the Peruvian Mountains".

Am. J. Physiol., 1958, 194, 585-593.

219 - VARENE P., JACQUEMIN C., DURAND J., RAYNAUD J.

"Energy balance during moderate exercise at altitude".

J. appl. Physiol., 1973, 34, 633-638.

220 - VOGEL J.A., HANSEN J.E., HARRIS C.W.

"Cardiovascular responses in man during exhaustive work at sea level and high altitude".

J. appl. Physiol., 1967, 23, 531-539.

221 - VOGEL J.A., HARRIS C.W.

"Cardiopulmonary responses of resting man during early exposure to high altitude".

J. appl. Physiol., 1967, 22, 1124-1128.

222 - VOGEL J.A., HARTLEY L.H., CRUZ J.C., HOGAN R.P.

"Cardiac output during exercise in sea level residents at sea-level and high altitude".

J. appl. Physiol., 1974, 36, 169-172.

223 - VOGEL J.A., HARTLEY L.H., CRUZ J.C.

"Cardiac output during exercise in altitude natives at sea level and high altitude.

J. appl. Physiol., 1974, 36, 173-176.

224 - WAGNER J.A., MILES D.S., HORWATH S.M., REYBURN J.A.

"Maximal work capacity of women during acute hypoxia".

J. appl. Physiol., 1979, 47, 1223-1227.

225 - WARD M.

"Mountain Medicine. A clinical study of cold and high altitude".
Edit. Crosby Lockwood Staples, London, 1975.

226 - WEBER J.

"L'adaptation cardiopulmonaire à l'altitude moyenne".
Rev. med. suisse romande, 1975, 95, 903-910.

227 - WEIDMANN H., ROSKAMM H., HUMMEL P.

"On the behaviour of the blood pressure to exposure high altitude of 2320 and 3457 m above sea level".
Schweiz Z. Sportmed., 1968, 16, 16-22.

228 - WEIDMANN H., ROSKAMM H., HUMMEL P.

"Altitude physiology and pathology of the heart and blood circulation system".
New results. Fortsch. Med., 1972, 90, 381-384.

229 - WEIL J.V. and al

"Venoconstriction in man upon ascent to high altitude, study an potential mecanisms".
Fed. Proc., 1969, 28, 1160-1164 (symposium on altitude an cold).

230 - WEIR E.K., TUCKER A., REEVES J.T., WILL D.H., GROVER R.F.

"The genetic factor influencing pulmonary hypertension in cattle at high altitude".
Cardiovascular Research, 1974, 8, 745-751.

231 - WEISKOPF R.B., GABEL R.A., FENCL V.

"Alkaline shift in lumbar and intracranial CSF in man after five days at high altitude".
J. appl. Physiol., 1976, 41, 93-98.

232 - WEST J.B.

"Diffusina capacity of the lung for carbon monoxide at high altitude".

J. appl. Physiol., 1962, 17, 421-429.

233 - WEST J.B., LAHIRI S., GILL M.B., MILLEDGE J.S., PUGHL G.C.E.,
WARD M.P.

"Arterial oxygen saturation during exercise at high altitude".

J. appl. Physiol., 1962, 17, 617-621.

234 - WILLIAMS A., HEATH D., KAY J.M., SMITH P.

"Lung mast cells in rats exposed to acute hypoxia, and chronic hypoxie with recovery".

Thorax, 1977, 32, 287-295.

235 - WILLIAMS E.S.

"Electrolyte regulation during the adaptation of humans to life at high altitudes".

Proc. R. Soc. Med., 1966, 165, 266-274.

236 - WILLIAMS E.S.

"Mountaineering and the endocrine system".

Dans : Mountain Medicine and physiology, p. 38.

Edit. C. Clarke, M. Ward, E. Williams, London : Alpine Club, 1975.

237 - WITTENBERG J.B.

"Myoglobin facilitated diffusion of oxygen".

J. Gen. Physiol., 1966, 49, 57-67.

238 - WOOD J.E., ROY S.B.

"The relationship of peripheral venomotor responses to high altitude pulmonary oedema in man".

Am. J. Med. Sci., 1970, 259, 56-65.

239 - WYSS-DUNANT E.

"Observations sur la fréquence du pouls dans les hautes altitudes et manifestations du "shock" d'acclimatation".

Bull. Sc. Med. Hop. Paris, 1953, 69, 576-608.

240 - ZAKHEIM R.M., MATTIOLI L., MOLteni A., MULLIS K.B., BARTLEY J.

"Prevention of pulmonary vascular changes of chronic alveolar hypoxia by inhibition of angiotensin I - converting enzyme in the rat".

Lab. Invest., 1975, 33, 57-62.

241 - ZELTER M.

"Le volume sanguin pulmonaire

- nouvelle méthode de mesure

- influence de l'exercice en altitude".

Thèse med. Paris Pitié-Salpêtrière, 1976/305.

ANNEXE BIBLIOGRAPHIQUE

242 - AIVAZIAN S.

"Etude statistique des dépendances".

Editions Mir. Moscou, 1970, p. 137-143.

243 - CYMERMAN A., PANDOLF K.B., YOUNG A.J., MAHER J.T.

"Energy expenditure during load carriage at altitude".

J. app. Physiol., 1981, 51, 14-18.

244 - HARTLEY H.

"Effects of high altitude environment of the cardiovascular system of man".

JAMA, 1971, 215, 241-244.

245 - LEVITAN M.L., BUNGO M.W.

"Measurement of cardiopulmonary performance during acute exposure to a 2440 m equivalent atmosphere".
Aviat. Space Environ. Med., 1982, 53, 639-642.

246 - LONJARET R.A.

"Place du test de FLACK dans l'appréciation de l'aptitude physique du sportif".
Thèse Méd. Lyon 1. Uni. Cl. Bernard, 1981, 189.

247 - RICHALET J.P., HERRY J.P., LARMIGNOT P., RATHAT C., KEROMES A.

"Modification de la pression artérielle à l'exercice en hypoxie chronique".
J. physiol., Paris : à paraître.

248 - RICHALET J.P., HERRY J.P., RATHAT C.

Résultats de l'expédition médicale française dans l'Himalaya, 1981.
Communication personnelle.

249 - THIBAUDIER J.M.

"Adaptation du système d'échanges gazeux chez l'homme lors de l'ascension à haute altitude".
Thèse méd. Lyon 1, 1980.

250 - VIEILLEFOND H., POIRIER J.L., DEMANGE J.

"Adaptation respiratoire à l'exercice musculaire modéré en moyenne altitude".
Médecine du sport, 1977, 51, 42.94-45.97.

R E S U L T A T S



cabiniers : sujets 1 à 11



référence : sujets 12 à 27



guides + après expédition : sujets 27 à 37



générale : sujets 1 à 37

MOYENNES ETC.....

32	33	34	n	= nombre de sujets
18.8551503	17.1100355	14.9079689	m	= moyenne
11.3624517	10.1113221	10.9127271	V	= variance
3.37082359	3.17983052	3.3034417	SD	= écart type
.595883054	.553537443	.566535578	SDM	= écart type de la moyenne
.178774687	.185845934	.221588985	CV	= coefficient de variation

FC REPOS DE 1 A 37
VALEURS :

95	85	96			
78	73	95			
77	78	87		MOYENNES ETC....	
87	80	90	9	11	11
78	75	90	78.1111111	74.4545455	82.5454546
79	82	89	113.111112	56.2727262	141.872729
78	68	78	10.6353708	7.50151493	11.9110339
55	60	55	3.5451236	2.26179185	3.59131185
0	71	75	.136156952	.100752948	.144296666
0	67	77			
76	80	76			

74	79	82			
102	78	94			
70	82	86			
88	89	97		MOYENNES ETC....	
72	86	100	14	12	15
79	68	73	70.4285714	72.25	75.7333333
0	60	61	250.10989	160.022727	216.352382
48	0	60	15.8148629	12.650009	14.7089219
56	0	76	4.22669991	3.65174305	3.79782729
82	0	78	.224551806	.17508663	.194219919
44	43	48			
81	75	79			
68	66	67			
64	66	63			
58	75	72			

62	61	60			
65	68	65			
64	60	76			
55	58	62		MOYENNES ETC....	
72	69	75	9	10	10
68	65	71	67.1111111	68.8	72.9
68	74	75	42.1111116	85.0666658	72.544444
75	73	83	6.48930749	9.22315921	8.51730263
75	0	0	2.1631025	2.91661903	2.69340758
0	70	86	.0966949791	.134057547	.116835427
0	90	76			

MOYENNES ETC....		
32	33	36
71.65625	71.9393939	77.0277778
163.716734	101.808712	160.88492
12.795184	10.0900303	12.6840419
2.26189035	1.75644883	2.11400699
.178563405	.140257372	.164668413

FC MAXIMALE DE 1 A 37

VALEURS :

204	188	183
184	175	180
170	168	165
178	174	171
186	181	179
186	185	185
174	178	171
171	180	164
0	182	189
0	185	192
178	168	160

MOYENNES ETC....

9	11	11
181.222222	178.545455	176.272727
109.444447	44.8727241	115.018186
10.46157	6.69871063	10.7246532
3.48719001	2.01973725	3.2336046
.0577278542	.0375182367	.0608412507

198	183	188
200	181	186
192	196	188
190	197	190
201	192	194
185	186	176
0	182	190
170	0	168
187	0	182
185	0	183
158	158	151
189	183	178
183	185	174
187	186	185
180	182	176

MOYENNES ETC....

14	12	15
186.071429	184.25	180.6
131.917577	98.2045455	117.828567
11.4855378	9.90982067	10.8548868
3.06963908	2.86071881	2.80271971
.0617264985	.053784644	.0601045779

176	170	165
190	185	176
168	167	166
180	170	166
187	187	178
177	172	166
188	192	172
185	178	178
181	0	0
0	188	182
0	182	178

MOYENNES ETC....

9	10	10
181.333333	179.1	172.7
49.0000041	79.4333286	41.7888912
7.00000029	8.91253772	6.46443279
2.33333343	2.81839189	2.04423314
.0386029428	.049762913	.0374315738

MOYENNES ETC....

32	33	36
183.375	180.787879	177.083333
102.048387	77.2348442	101.735718
10.1019002	8.78833569	10.0864125
1.78578053	1.52985288	1.68106876
.0550887535	.0486113104	.0569585649

INSTALLATION FC 1' DE 1 A 37

VALEURS :

120	118	130
112	102	110
120	115	125
100	110	108
105	115	130
120	125	138
115	122	115
94	105	94
0	120	128
0	100	123
116	130	133

MOYENNES ETC....

9	11	11
111.333333	114.727273	121.272727
91.2499988	92.6181828	171.818181
9.55248653	9.62383411	13.1079434
3.18416218	2.90169516	3.95219365
.0858007772	.0838844494	.10808649

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
101	0	105
100	0	100
117	0	125
88	82	93
117	117	115
125	126	132
97	101	108
104	105	118

MOYENNES ETC....

8	5	8
106.125	106.2	112
153.267857	280.700002	169.142857
12.3801396	16.754104	13.0054934
4.37704034	7.49266311	4.59813627
.116656204	.157759925	.116120476

92	92	95
112	115	124
111	105	105
101	112	111
120	112	124
108	106	111
115	132	0
107	120	136
113	0	0
0	112	137
0	108	124

MOYENNES ETC....

9	10	9
108.777778	111.4	118.555556
67.9444428	107.822221	198.277778
8.24284192	10.383748	14.0811143
2.74761397	3.28362942	4.69370475
.075776892	.093211382	.118772285

MOYENNES ETC....

26	26	28
108.846154	111.807692	117.75
98.4553836	130.881537	181.305556
9.92246863	11.4403469	13.4649751
1.9459562	2.24363662	2.54464112
.0911604891	.102321644	.114352231

INSTALLATION FC 2' DE 1 A 37

VALEURS :

130	118	134
112	100	126
125	120	135
107	110	118
120	118	145
125	128	148
128	125	125
96	105	100
0	131	136
0	116	140
115	130	137

MOYENNES ETC....

9	11	11
117.555556	118.272727	131.272727
124.277778	102.618181	184.218185
11.1479944	10.1300632	13.5727
3.71599812	3.05432898	4.09232302
.0948317101	.0856500349	.103393144

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
101	0	129
100	0	102
117	0	129
99	92	96
126	122	138
129	127	138
93	105	110
102	115	122

MOYENNES ETC....

8	5	8
108.375	112.2	120.5
185.696429	195.700002	258.857143
13.6270477	13.9892817	16.089038
4.81788891	6.25619695	5.68833393
.125739771	.124681655	.133518987

96	88	102
115	113	130
111	103	125
103	109	116
116	118	133
110	126	121
126	148	146
116	134	145
106	0	0
0	123	151
0	122	127

MOYENNES ETC....

9	10	10
111	118.4	129.6
75.75	276.71111	224.93333
8.70344759	16.6346359	14.9977775
2.9011492	5.26033374	4.74271368
.0784094378	.140495235	.115723592

MOYENNES ETC....

26	26	29
112.461538	117.153846	127.724138
131.458461	178.055386	223.921182
11.4655336	13.3437396	14.9639962
2.24857614	2.61692264	2.77874433
.101950709	.113899287	.117158718

INSTALLATION FC 3' DE 1 A 37

VALEURS :

139	125	142
108	108	120
145	125	135
110	110	120
132	122	152
130	130	148
135	135	132
98	105	107
0	126	136
0	115	138
115	129	140

MOYENNES ETC....

9	11	11
123.555556	120.909091	133.636364
261.777778	98.0909095	176.454547
16.1795482	9.9040855	13.2836195
5.39318272	2.98619414	4.00516198
.13094958	.0819134891	.0994012344

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
108	0	122
101	0	105
118	0	131
108	96	105
129	132	138
136	127	144
94	110	113
104	111	126

MOYENNES ETC....

8	5	8
112.25	115.2	123
205.928571	208.700002	212.571429
14.3502115	14.4464529	14.5798295
5.07356595	6.46065015	5.15474816
.127841528	.125403237	.118535199

94	93	107
113	113	131
108	106	129
104	111	117
122	120	136
109	131	121
132	154	0
120	135	148
102	0	0
0	124	153
0	121	127

MOYENNES ETC....

9	10	9
111.555556	120.8	129.888889
134.527778	285.288888	209.86111
11.5986111	16.890497	14.4865838
3.86620368	5.34124412	4.82886127
.103971613	.139821995	.111530585

MOYENNES ETC....

26	26	28
115.923077	119.769231	129.392857
216.633846	180.504614	202.173282
14.7184865	13.4352006	14.2187651
2.88653269	2.63485961	2.68709403
.126967701	.112175727	.109888331

INSTALLATION FC 4' DE 1 A 37

VALEURS :

140	130	145
110	0	120
145	130	138
112	110	124
135	129	155
125	140	155
140	140	138
96	108	113
0	138	132
0	125	137
124	133	142

MOYENNES ETC....

9	10	11
125.222222	128.3	136.272727
273.194446	128.233332	179.218185
16.5285948	11.3240157	13.3872396
5.5095316	3.58096819	4.03640462
.131994102	.0882620086	.0982385831

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
108	0	129
109	0	115
122	0	0
104	91	105
128	136	139
140	126	144
99	112	117
103	112	130

MOYENNES ETC....

8	5	7
114.125	115.4	125.571429
206.125	288.799999	193.285715
14.357054	16.9941166	13.9027233
5.07598513	7.59999999	5.25473549
.12580113	.147262709	.110715658

100	98	108
113	116	139
108	110	131
106	117	117
127	118	143
110	132	122
136	155	0
124	136	148
104	0	0
0	130	152
0	127	131

MOYENNES ETC....

9	10	9
114.222222	123.9	132.333333
145.694446	248.322221	216.000003
12.0703954	15.758243	14.6969386
4.02346515	4.98319398	4.89897952
.105674668	.127185173	.111059989

MOYENNES ETC....

26	25	27
118	123.96	132.185185
220.48	212.456666	198.849002
14.848569	14.5758933	14.101383
2.91204396	2.91517866	2.71381242
.12583533	.117585457	.106678997

DFC 4'-REPOS DE 1 A 37
VALEURS :

45	45	49
32	0	25
68	52	51
25	30	34
57	54	65
46	58	66
62	72	60
41	48	58
0	67	57
0	58	60
48	53	66

MOYENNES ETC....

9	10	11
47.1111111	53.7	53.7272727
189.6111111	135.788889	178.018181
13.7699351	11.652849	13.3423454
4.58997836	3.68495439	4.02286851
.292286357	.216999049	.248334686

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
60	0	69
53	0	39
40	0	0
60	48	57
47	61	60
72	60	77
35	46	54
45	37	58

MOYENNES ETC....

8	5	7
51.5	50.4	59.1428571
147.714286	102.3	142.47619
12.1537766	10.1143462	11.936339
4.29700893	4.52327315	4.5115121
.235995662	.200681473	.201822151

38	37	48
48	48	74
44	50	55
51	59	55
55	49	68
42	67	51
68	81	0
49	63	65
29	0	0
0	60	66
0	37	55

MOYENNES ETC....

9	10	9
47.1111111	55.1	59.6666666
120.6111111	186.988889	77.499999
10.982309	13.6743881	8.8034084
3.66076968	4.32422119	2.9344694
.23311505	.248174012	.14754315

MOYENNES ETC....

26	25	27
48.4615385	53.6	57.1111111
144.898461	141.166667	133.410257
12.0373777	11.881358	11.5503358
2.36072399	2.37627159	2.22286316
.248390333	.221667126	.202243234

INSTALLATION DFC 4'-1' DE 1 A 37

VALEURS :

20	12	15
-2	0	10
25	15	13
12	0	16
30	14	25
5	15	17
25	18	23
2	3	19
0	18	4
0	25	14
8	3	9

MOYENNES ETC....

9	10	11
13.8888889	12.3	15
131.861411	63.1222222	37.2
11.4830793	7.94494948	6.09918028
3.82769311	2.51241363	1.83897205
.826781713	.645930852	.406612018

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
7	0	24
9	0	15
5	0	0
16	9	12
11	19	24
15	0	12
2	11	9
-1	7	12

MOYENNES ETC....

8	5	7
8	9.2	15.4285714
35.7142857	47.2	37.2857143
5.97614305	6.87022562	6.10620294
2.11288564	3.0724583	2.30792778
.747017881	.746763654	.395772413

8	6	13
1	1	15
-3	5	26
5	5	6
7	6	19
2	26	11
21	23	0
17	16	12
-9	0	0
0	18	15
0	19	7

MOYENNES ETC....

9	10	9
5.44444444	12.5	13.7777778
87.0277778	78.5	37.1944445
9.32886798	8.86002258	6.09872483
3.10962266	2.80178515	2.03290828
1.71346555	.708801806	.442649383

MOYENNES ETC....

26	25	27
9.15384616	11.76	14.7037037
93.4953847	62.69	34.8319088
9.66930115	7.91770169	5.90185639
1.89630597	1.58354034	1.13581279
1.05631021	.673273953	.401385699

INSTALLATION DFC 4'-2' DE 1 A 37

VALEURS :

10	12	11
-2	0	-6
20	10	3
5	0	6
15	11	10
0	12	7
12	15	13
0	3	13
0	7	-4
0	9	-3
9	3	5

MOYENNES ETC....

9	10	11
7.66666667	8.2	5
56.25	23.2888889	46.4
7.5	4.82585629	6.81175455
2.5	1.52606975	2.05382127
.97826087	.58851906	1.36235091

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
7	0	0
9	0	13
5	0	0
5	-1	9
2	14	1
11	-1	6
6	7	7
1	-3	8

MOYENNES ETC....

8	5	7
5.75	3.2	6.28571429
11.0714286	51.2	20.5714286
3.32737563	7.15541754	4.53557368
1.17640494	3.2	1.71428572
.578674023	2.23606798	.72156854

4	10	6
-2	3	9
-3	7	6
3	8	1
11	0	10
0	6	1
10	7	0
8	2	3
-2	0	0
0	7	1
0	5	4

MOYENNES ETC....

9	10	9
3.22222222	5.5	4.55555556
29.1944445	9.16666667	11.7777778
5.40318836	3.02765036	3.43187671
1.80106279	.957427108	1.1439589
1.67685156	.550481883	.753338791

MOYENNES ETC....

26	25	27
5.53846154	6.12	5.18518519
34.0184615	24.44333333	26.6951567
5.83253474	4.94401996	5.1667356
1.14385417	.988803991	.994338728
1.05309655	.807846398	.996441865

INSTALLATION DFC 4'-3' DE 1 A 37

VALEURS :

1	5	3
2	0	0
0	5	3
2	0	4
3	7	3
-5	10	7
5	5	6
-2	3	6
0	12	-4
0	10	-1
9	4	2

MOYENNES ETC....

9	10	11
1.66666667	6.1	2.63636364
16	13.43333333	10.8545455
4	3.6651512	3.29462372
1.33333333	1.15902258	.993366427
2.4	.60084446	1.24968486

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	7
8	0	10
4	0	0
-4	-5	0
-1	4	1
4	-1	0
5	2	4
-1	1	4

MOYENNES ETC....

8	5	7
1.875	.2	3.71428572
15.8392857	11.7	14.2380952
3.97986001	3.42052628	3.77334007
1.407093	1.52970586	1.42618849
2.12259201	17.1026314	1.01589925

6	5	1
0	3	8
0	4	2
2	6	0
5	-2	7
1	1	1
4	1	0
4	1	0
2	0	0
0	6	-1
0	6	4

MOYENNES ETC....

9	10	9
2.66666667	3.1	2.44444444
4.75	7.65555556	10.27777778
2.17944947	2.76686746	3.2058973
.726483157	.874960317	1.0686324
.817293552	.892537892	1.3115034

MOYENNES ETC....

26	25	27
2.07692308	3.72	2.85185185
11.2738462	14.96	10.9002849
3.35765486	3.86781592	3.30155795
.658490294	.773563184	.635385124
1.61664864	1.03973546	1.15768915

RECUPERATION FC 30'' DE 1 A 37

VALEURS :

197	180	180
172	168	162
160	154	145
168	155	155
175	170	166
170	170	175
166	161	158
163	166	132
0	175	170
0	154	166
159	160	134

MOYENNES ETC....

9	11	11
170	164.818182	158.454545
131	76.7636374	248.87273
11.4455231	8.76148603	15.7757006
3.81517438	2.64168743	4.7565527
.0673266067	.0531584921	.0995597859

176	163	174
0	0	174
0	187	0
174	187	186
0	0	0
0	0	0
0	0	0
154	0	147
176	0	168
165	0	166
138	0	141
0	173	166
170	168	170
178	175	166
160	174	165

MOYENNES ETC....

9	7	11
165.666667	175.285714	165.727273
173.499996	80.9047655	153.418178
13.1719397	8.99470764	12.3862092
4.39064658	3.39967993	3.73458259
.0795086905	.0513145505	.074738508

145	150	138
159	165	160
150	150	150
165	150	147
180	175	174
165	155	154
165	171	156
165	165	158
165	0	0
0	178	176
0	174	165

MOYENNES ETC....

9	10	10
162.111111	163.3	157.8
101.361112	125.788887	137.511109
10.0678256	11.2155645	11.7265131
3.35594187	3.5466729	3.70824904
.062104476	.0686807378	.074312503

MOYENNES ETC....

27	28	32
165.925926	166.892857	160.75
135.686612	113.136245	183.16129
11.6484597	10.6365523	13.5337094
2.24174711	2.01011944	2.39244443
.0702027703	.0637328193	.0841910383

RECUPERATION 1' DE 1 A 37

VALEURS :

187	175	173
160	153	150
147	136	138
150	136	134
162	159	152
156	160	155
155	156	140
147	151	127
0	165	159
0	135	156
145	140	117

MOYENNES ETC....

9	11	11
156.555556	151.454545	145.545455
166.277773	177.07273	257.472725
12.8948739	13.3068678	16.0459567
4.2982913	4.0121716	4.83803796
.0823661215	.0878604716	.110247048

150	144	141
178	148	163
0	178	166
159	176	172
174	176	175
164	164	156
0	138	0
145	0	142
168	0	156
163	0	161
118	117	134
159	158	158
162	156	161
172	161	157
153	163	158

MOYENNES ETC....

13	12	14
158.846154	156.583333	157.142857
239.974358	315.901519	131.670331
15.4911058	17.7736186	11.4747693
4.2964597	5.13080175	3.0667611
.0975226997	.113509007	.0730212594

141	132	127
151	153	144
134	131	130
155	138	134
164	152	159
148	144	147
158	162	141
158	145	150
151	0	0
0	167	166
0	164	144

MOYENNES ETC....

9	10	10
151.111111	148.8	144.2
85.1111123	168.62222	149.733335
9.2255684	12.9854619	12.2365573
3.07518947	4.1063636	3.86953919
.0610515556	.087267889	.0848582339

MOYENNES ETC....

31	33	35
155.935484	152.515152	149.8
173.795699	222.257578	202.988234
13.1831597	14.9083057	14.2473939
2.36776537	2.59520291	2.40824912
.0845423975	.0977496697	.0951094388

RECUPERATION FC 1'30'' DE 1 A 37

VALEURS :

175	175	170
156	132	135
134	125	135
140	115	120
150	151	138
147	145	143
150	140	132
138	136	120
0	155	148
0	123	140
132	127	105

MOYENNES ETC....

9	11	11
146.888889	138.545455	135.090909
175.86111	296.072725	285.090913
13.2612635	17.2067639	16.8846354
4.42042117	5.18803453	5.09090913
.0902809165	.124195803	.124987207

138	0	0
166	130	0
0	0	154
157	0	0
0	0	0
0	0	150
0	0	0
135	0	125
161	0	142
156	0	161
112	111	121
150	146	150
159	144	153
164	147	143
145	154	148

MOYENNES ETC....

11	6	10
149.363636	138.666667	144.7
257.254544	245.466663	160.900002
16.0391566	15.6673758	12.6846365
4.83598767	6.39617937	4.01123425
.107383276	.112985883	.087661620

127	121	119
133	138	134
118	120	117
142	125	123
154	142	140
133	130	132
153	151	122
148	132	132
159	0	0
0	150	154
0	155	135

MOYENNES ETC....

9	10	10
140.777778	136.4	130.8
192.444442	163.822226	124.622222
13.8724346	12.7993057	11.163432
4.62414488	4.04749584	3.5301872
.0985413667	.0938365519	.08534734

MOYENNES ETC....

29	27	31
145.931034	137.777778	136.806452
210.566499	218.948716	214.56129
14.5109097	14.7969158	14.6479108
2.69460828	2.84766777	2.63084244
.0994367628	.107396969	.107070322



RECUPERATION 2' DE 1 A 37
VALEURS :

153	158	156
144	120	125
129	116	115
135	114	115
143	150	140
134	134	137
140	130	127
132	128	107
0	144	140
0	118	142
112	125	102

MOYENNES ETC....

9	11	11
135.777778	130.636364	127.81818
132.944443	211.654547	281.36363
11.5301536	14.548352	16.773897
3.84338454	4.38649319	5.0575203
.0849192983	.111365256	.13123248

130	135	136
164	125	134
0	156	145
156	150	147
145	147	150
139	139	137
0	113	0
126	0	117
147	0	132
150	0	154
99	96	112
141	139	143
138	127	147
153	130	138
139	142	132

MOYENNES ETC....

13	12	14
140.538462	133.25	137.42857
262.935893	277.113636	141.64835
16.2152981	16.6467305	11.901611
4.49731453	4.80549717	3.1808394
.11537979	.124928559	.08660216

119	118	113
133	127	128
108	108	113
133	120	115
142	138	127
123	129	125
138	150	116
122	129	127
129	0	0
0	144	147
0	130	127

MOYENNES ETC....

9	10	10
127.444444	129.3	123.8
110.777777	154.899998	106.62222
10.5251023	12.4458828	10.325803
3.50836742	3.93573371	3.2653058
.0825858067	.0962558607	.08340713

MOYENNES ETC....

31	33	35
135.354839	131.181818	130.514286
200.636557	207.778408	200.43361
14.1646234	14.4145208	14.1574577
2.54404147	2.50924599	2.39304713
.104648076	.109882002	.108474392

RECUPERATION FC 2'30" DE 1 A 37
VALEURS :

147	155	150
138	115	118
120	112	112
132	108	112
140	142	137
123	128	132
135	128	120
130	125	110
0	137	135
0	107	129
111	117	101

MOYENNES ETC....

9	11	11
130.666667	124.909091	123.272727
123.499997	229.690909	211.418181
11.1130553	15.1555571	14.5402263
3.70435175	4.56957238	4.38404318
.0850488923	.121332698	.117951688

130	130	0
162	125	0
0	0	138
149	0	0
0	0	0
0	0	129
0	0	0
112	0	110
125	0	127
141	0	145
89	94	0
136	131	137
0	125	137
0	123	129
122	129	115

MOYENNES ETC....

9	7	9
129.555556	122.428571	129.666667
454.277774	165.95238	127.749997
21.3137931	12.8822506	11.3026544
7.10459768	4.86903306	3.76755148
.164514698	.105222584	.087167000

92	111	104
130	118	123
107	103	104
126	114	104
134	118	113
121	119	123
120	139	112
118	126	123
94	0	0
0	131	133
0	125	108

MOYENNES ETC....

9	10	10
115.777778	120.4	114.7
225.694443	106.266666	104.455557
15.0231303	10.3085724	10.2203501
5.00771008	3.25985684	3.2319585
.129758323	.0856193725	.089105057

MOYENNES ETC....

27	28	30
125.333333	122.678571	122.333333
294.846153	161.337301	177.67816
17.1710848	12.7018621	13.3295971
3.30457681	2.40042631	2.43364034
.137003336	.103537741	.108961284

RECUPERATION FC 3^e DE 1 A 37
VALEURS :

144	150	151
130	120	110
112	111	115
115	108	110
133	141	135
127	125	120
126	128	120
115	113	109
0	134	130
0	100	129
111	104	99

MOYENNES ETC....

9	11	11
123.666667	121.272727	120.727273
125.500001	253.818181	214.818183
11.2026783	15.9316723	14.6566771
3.73422611	4.80357992	4.41915441
.0905874953	.131370611	.121403199

120	122	123
160	120	130
0	138	135
144	0	0
135	141	141
115	115	125
0	98	0
104	0	101
127	0	123
134	0	140
85	90	103
126	123	134
118	120	129
135	114	127
118	120	112

MOYENNES ETC....

13	11	13
124.692308	118.272727	124.846154
344.564104	219.018181	161.974358
18.562438	14.7992628	12.7269147
5.148294	4.46214564	3.52981104
.148865943	.125128279	.101940783

89	107	101
114	116	112
99	96	100
112	111	99
126	113	112
114	118	119
115	133	104
114	122	120
81	0	0
0	126	126
0	119	104

MOYENNES ETC....

9	10	10
107.111111	116.1	109.7
207.611112	105.877779	90.9000015
14.4087165	10.2896928	9.53414923
4.80290551	3.25388658	3.01496271
.134521212	.0886278453	.0869111142

MOYENNES ETC....

31	32	34
119.290323	118.625	119.058824
289.546238	187.854839	189.450981
17.0160582	13.7060147	13.7641193
3.05617428	2.42290398	2.36052699
.142644079	.115540693	.115607722

RECUPERATION FC 3'30" DE 1 A 37
VALEURS :

148	145	145
118	110	115
112	110	112
110	104	108
129	135	131
116	120	118
125	125	110
97	112	102
0	138	126
0	107	120
110	108	107

MOYENNES ETC....

9	11	11
118.333333	119.454545	117.636364
209.749999	202.872726	155.054547
14.4827483	14.2433397	12.4520901
4.82758277	4.2945285	3.75444642
.122389422	.119236481	.105852389

0	112	0
0	0	0
0	0	121
138	0	0
0	0	0
0	0	122
0	0	0
93	0	96
125	0	115
131	0	131
83	84	0
0	118	125
114	112	120
126	112	117
110	122	104

MOYENNES ETC....

8	6	9
115	110	116.777778
362.857143	179.2	115.444443
19.0488095	13.3865604	10.7445076
6.73477119	5.46504041	3.58150252
.165641822	.121696004	.092008152

78	96	95
112	110	112
96	94	94
108	101	94
114	112	109
113	114	119
112	124	106
116	111	121
85	0	0
0	125	121
0	118	102

MOYENNES ETC....

9	10	10
103.777778	110.5	107.3
196.194443	115.166667	119.12222
14.0069427	10.7315734	10.914312
4.66898089	3.39362147	3.4514087
.13497054	.0971183109	.10171773

MOYENNES ETC....

26	27	30
112.269231	114.037037	113.933333
273.084614	173.344728	145.167816
16.525272	13.1660442	12.0485607
3.24087247	2.53380638	2.19975617
.147193241	.115454106	.105750972

RECUPERATION FC 4' DE 1 A 37
VALEURS :

144	135	151
114	102	102
112	102	103
104	103	105
132	130	127
112	120	118
123	118	110
100	112	101
0	136	120
0	102	122
109	101	102

MOYENNES ETC....

9	11	11
116.666667	114.636364	114.636364
196.250001	195.454547	232.454547
14.0089258	13.980506	15.2464602
4.66964192	4.21528115	4.5969807
.120076507	.121955246	.132998463

0	0	119
139	0	112
0	134	120
131	0	0
129	135	136
111	111	121
0	92	0
100	0	96
113	0	112
126	0	128
81	73	79
118	115	119
111	115	122
125	107	110
109	114	108

MOYENNES ETC....

12	9	13
116.083333	110.666667	114
245.174241	370.750001	207.333333
15.6580408	19.2548696	14.3990741
4.52008703	6.41828985	3.9935846
.134886209	.173989785	.126307667

74	96	93
109	108	108
96	94	94
103	100	88
114	112	104
111	113	111
98	124	100
114	107	113
76	0	0
0	124	115
0	118	99

MOYENNES ETC....

9	10	10
99.4444445	109.6	102.5
234.027777	114.711112	84.7222222
15.2979665	10.7103274	9.20446752
5.09932215	3.38690289	2.9107082
.153834299	.0977219649	.0897996831

MOYENNES ETC....

30	30	34
111.266667	111.766667	110.823529
273.719539	210.391952	198.755792
16.5444716	14.5048941	14.0980776
3.02059342	2.64821923	2.41780036
.148692075	.129778355	.127211953

RECUPERATION FC 4' 30'' DE 1 A 37

VALEURS :

144	138	145
0	0	0
0	0	0
0	0	0
128	126	125
114	118	117
117	113	107
0	105	100
0	130	117
0	102	122
111	99	102

MOYENNES ETC....

5	8	8
122.8	116.375	116.875
181.699998	199.696429	212.410714
13.4796142	14.1313987	14.5743169
6.02826672	4.99620392	5.15279917
.109768845	.121429849	.124700038

0	0	0
139	0	0
0	0	0
130	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	91
107	0	108
119	0	123
71	72	81
117	113	117
106	110	119
120	103	114
104	118	106

MOYENNES ETC....

9	5	8
112.555556	103.2	107.375
374.277778	333.700002	211.696429
19.3462601	18.2674575	14.5497914
6.44875336	8.16945533	5.14412807
.171881876	.177010247	.13550446

66	94	92
111	105	106
95	101	96
100	96	92
112	109	106
110	109	111
95	119	102
113	104	110
75	0	0
0	122	117
0	114	93

MOYENNES ETC....

9	10	10
97.4444445	107.3	102.5
288.277777	84.8999986	79.6111111
16.9787449	9.21411953	8.92250588
5.65958162	2.91376043	2.8215441
.174240255	.0858725026	.0870488378

MOYENNES ETC....

23	23	26
108.869565	109.565217	108.423077
377.027668	187.347824	184.653846
19.4172003	13.6875061	13.5887397
4.04876615	2.85404233	2.6649711
.178352878	.124925651	.125330696

RECUP.FCMAX-FC30" DE 1 A 37
VALEURS :

7	8	3
12	7	18
10	14	20
10	19	16
11	11	13
16	15	10
8	17	13
8	14	32
0	7	19
0	31	26
19	8	26

MOYENNES ETC....

9	11	11
11.2222222	13.7272727	17.8181818
15.6944444	50.2181818	67.1636363
3.96162144	7.08647881	8.19534236
1.32054048	2.13665375	2.47098869
.353015772	.516233555	.459942683

22	20	14
0	0	12
0	9	0
16	10	4
0	0	0
0	0	0
16	0	21
11	0	14
20	0	17
20	0	10
0	10	12
13	17	4
9	11	19
20	8	11

MOYENNES ETC....

9	7	11
16.3333333	12.1428571	12.5454545
20.75	20.4761905	29.2727273
4.55521679	4.52506249	5.41042765
1.5184056	1.71031286	1.63130531
.278890824	.372652205	.431265971

31	20	27
31	20	16
18	17	16
15	20	19
7	12	4
12	17	12
23	21	16
20	13	20
16	0	0
0	10	6
0	8	13

MOYENNES ETC....

9	10	10
19.2222222	15.8	14.9
65.4444444	22.1777778	44.7666667
8.08977407	4.70932881	6.6907897
2.69659136	1.48922053	2.11581348
.420855298	.298058785	.449046288

MOYENNES ETC....

27	28	32
15.5925926	14.0714286	15.09375
42.7122507	32.6613757	49.0554436
6.53546102	5.71501318	7.00395914
1.25775006	1.08003597	1.23813675
.41913883	.406143069	.464030419

RECUP FCMA-FC1' DE 1 A 37
VALEURS :

17	13	10
24	22	30
23	32	27
28	38	37
24	22	27
30	25	30
19	22	31
24	29	37
0	17	30
0	50	36
33	28	43

MOYENNES ETC....

9	11	11
24.6666667	27.0909091	30.7272727
25.5000001	105.490909	71.6181818
5.04975248	10.2708768	8.46275263
1.68325083	3.09678586	2.55161592
.204719695	.379126323	.275415026

48	39	47
22	33	23
0	18	22
31	21	18
27	16	19
21	22	20
0	44	0
25	0	26
19	0	26
22	0	22
40	41	17
30	25	20
21	29	13
15	25	28
27	19	18

MOYENNES ETC....

13	12	14
26.7692308	27.6666667	22.7857143
80.6923078	90.7878789	64.6428572
8.98288972	9.52826736	8.04007819
2.49140535	2.75057386	2.14880128
.33556772	.344395206	.352856096

35	38	38
39	32	32
34	36	36
25	32	32
23	35	19
29	28	19
30	30	31
27	33	28
30	0	0
0	21	16
0	18	34

MOYENNES ETC....

9	10	10
30.2222222	30.3	28.5
25.6944444	41.1222223	60.5
5.06896877	6.4126611	7.7781746
1.68965626	2.02786149	2.45967478
.167723231	.21163898	.272918407

MOYENNES ETC....

31	33	35
27.1612903	28.2727273	26.9142857
50.6731182	77.6420455	74.2571429
7.11850534	8.81147238	8.61725844
1.2785213	1.53388046	1.45658253
.262082738	.311659795	.320174146

RECUP FC MAX-FC1'30" DE 1 A 37
VALEURS :

29	13	13
28	43	45
36	43	30
38	59	51
36	30	41
39	40	42
24	38	39
33	44	44
0	27	41
0	62	52
46	41	55

MOYENNES ETC....

9	11	11
34.3333333	40	41.1818182
44.2500002	188.2	135.163636
6.65206737	13.7186005	11.6259897
2.21735579	4.13631369	3.50536778
.193749535	.342965013	.2823088

60	0	0
34	51	0
0	0	34
33	0	0
0	0	0
0	0	26
0	0	0
35	0	43
26	0	40
29	0	22
46	47	30
39	37	28
24	41	21
23	39	42
35	28	28

MOYENNES ETC....

11	6	10
34.9090909	40.5	31.4
114.890909	64.7	64.2666668
10.7187177	8.04363102	8.01664935
3.23181499	3.28379861	2.53508712
.307046601	.198608173	.255307304

49	49	46
57	47	42
50	47	49
38	45	43
33	45	38
44	42	34
35	41	50
37	46	46
22	0	0
0	38	28
0	27	43

MOYENNES ETC....

9	10	10
40.5555556	42.7	41.9
111.777778	41.1222221	46.9888886
10.572501	6.41266108	6.85484418
3.52416701	2.02786149	2.16769206
.260691806	.150179416	.1636001

MOYENNES ETC....

29	27	31
36.4827586	41.1111111	38.2580645
93.4014776	100.641026	101.664516
9.664444	10.0320001	10.0828823
1.7946422	1.93065932	1.81093912
.264904419	.244021624	.263549201

RECUP.FCMAX-FC2' DE 1 A 37

VALEURS :

51	30	27
40	55	55
41	52	50
43	60	56
43	31	39
52	51	48
34	48	44
39	52	57
0	38	49
0	67	50
66	43	58

MOYENNES ETC....

9	11	11
45.4444445	47.9090909	48.4545455
91.2777777	133.290909	83.8727274
9.55394043	11.5451682	9.15820547
3.18464681	3.48099919	2.76130284
.210233408	.240980741	.189006117

68	48	52
36	56	52
0	40	43
34	47	43
56	45	44
46	47	39
0	69	0
44	0	51
40	0	50
35	0	29
59	62	39
48	44	35
45	58	27
34	56	47
41	40	44

MOYENNES ETC....

13	12	14
45.0769231	51	42.5
110.076923	82.9090909	64.4230765
10.491755	9.10544293	8.02639875
2.90988929	2.62851496	2.1451453
.232752244	.178538097	.188856441

57	52	52
57	58	48
60	59	53
47	50	51
45	49	51
54	43	41
50	42	56
63	49	51
52	0	0
0	44	35
0	52	51

MOYENNES ETC....

9	10	10
53.8888889	49.8	48.9
35.6111107	33.7333335	38.9888886
5.96750457	5.80804042	6.24410831
1.98916819	1.83666365	1.97456042
.110737198	.116627318	.127691376

MOYENNES ETC....

31	33	35
47.7419355	49.6060606	46.2
93.8645165	81.371212	69.0470587
9.68837017	9.02059932	8.30945599
1.74008265	1.57028478	1.40455442
.202932078	.181844702	.179858355

RECUP.FCMAX-FC2'30" DE 1 A 37

VALEURS :

57	33	33
46	60	62
50	56	53
46	66	59
46	39	42
63	57	53
39	50	51
41	55	54
0	45	54
0	78	63
67	51	59

MOYENNES ETC....

9	11	11
50.5555555	53.6363637	53
94.277778	154.054545	78
9.70967446	12.4118711	8.83176087
3.23655815	3.74231996	2.66287609
.192059495	.231407767	.166636998

68	53	0
38	56	0
0	0	50
41	0	0
0	0	0
0	0	47
0	0	0
58	0	58
62	0	55
44	0	38
69	64	0
53	52	41
0	60	37
0	63	56
58	53	61

MOYENNES ETC....

9	7	9
54.5555556	57.2857143	49.2222222
130.027778	25.2380954	80.4444443
11.4029723	5.02375312	8.9690827
3.80099078	1.8988002	2.98969423
.209015786	.0876964385	.182216127

84	59	61
60	67	53
61	64	62
54	56	62
53	69	65
56	53	43
68	53	60
67	52	55
87	0	0
0	57	49
0	57	70

MOYENNES ETC....

9	10	10
65.5555555	58.7	58
155.277778	36.2333332	64.2222222
12.4610504	6.01941303	8.01387686
4.15368348	1.90350553	2.53421036
.19008382	.102545367	.138170291

MOYENNES ETC....

27	28	30
56.8888889	56.3571429	53.5333333
158.564102	80.0158734	81.7747128
12.5922239	8.94515922	9.04293718
2.42337462	1.69047619	1.65100689
.221347685	.158722724	.168921616

RECUP.FCMAX-FC3' DE 1 A 37
VALEURS :

60	38	32
54	55	70
58	57	50
63	66	61
53	40	44
59	60	65
48	50	51
56	67	55
0	48	59
0	85	63
67	64	61

MOYENNES ETC....

9	11	11
57.5555556	57.2727273	55.5454546
31.7777778	180.618182	116.472727
5.6371782	13.4394264	10.7922531
1.8790594	4.05213953	3.25398675
.0979432505	.234656652	.194295883

78	61	65
40	61	56
0	58	53
46	0	0
66	51	53
70	71	51
0	84	0
66	0	67
60	0	59
51	0	43
73	68	48
63	60	44
65	65	45
52	72	58
62	62	64

MOYENNES ETC....

13	11	13
60.9230769	64.8181818	54.3076923
119.410256	76.5636368	65.2307694
10.9275	8.75006496	8.07655679
3.03074319	2.63824385	2.24003382
.17936553	.13499399	.148718468

87	63	64
76	69	64
69	71	66
68	59	67
61	74	66
63	54	47
73	59	68
71	56	58
100	0	0
0	62	56
0	63	74

MOYENNES ETC....

9	10	10
74.2222223	63	63
151.194446	42.6666667	56.8888889
12.2961151	6.53197265	7.54247234
4.09870502	2.06559112	2.38513918
.165666221	.103682106	.119721783

MOYENNES ETC....

31	32	34
63.8064516	61.65625	57.2647059
144.427957	106.297379	88.9278076
12.0178183	10.310062	9.43015417
2.15846389	1.82257869	1.6172581
.188348012	.167218441	.164676549

RECUP. FC MAX-FC ^{330"} DE 1 A 37
VALEURS :

56	43	38
66	65	65
58	58	53
68	70	63
57	46	48
70	65	67
49	53	61
74	68	62
0	44	63
0	78	72
68	60	53

MOYENNES ETC....

9	11	11
62.8888889	59.0909091	58.6363637
66.8611107	132.290909	94.6545452
8.17686436	11.5017785	9.72905675
2.72562145	3.4679167	2.93342098
.130020811	.194645482	.165921898



0	71	0
0	0	0
0	0	67
52	0	0
0	0	0
0	0	54
0	0	0
77	0	72
62	0	67
54	0	52
75	74	0
0	65	53
69	73	54
61	74	68
70	60	72

MOYENNES ETC....

8	6	9
65	69.5	62.1111111
85.7142857	33.1	74.3611116
9.258201	5.75325995	8.62328891
3.27326836	2.34875854	2.87442964
.142433862	.0827807186	.138836494



98	74	70
78	75	64
72	73	72
72	69	72
73	75	69
64	58	47
76	68	66
69	67	57
96	0	0
0	63	61
0	64	76

MOYENNES ETC....

9	10	10
77.5555556	68.6	65.4
137.527778	33.155556	73.8222218
11.7272238	5.75808614	8.59198591
3.9090746	1.82086672	2.71702451
.151210622	.0839371158	.131375931



MOYENNES ETC....

26	27	30
68.6153846	64.925926	61.9333334
134.166154	93.1481472	84.3402297
11.5830115	9.65132878	9.18369369
2.27161544	1.85739909	1.6767054
.168810705	.148651384	.148283536



RECUP. FC4' DE 1 A 37
VALEURS :

60	53	32
70	73	78
58	66	62
74	71	66
54	51	52
74	65	67
51	60	61
71	68	63
0	46	69
0	83	70
69	67	58

MOYENNES ETC....

9	11	11
64.5555556	63.9090909	61.6363637
78.5277781	115.090909	142.654545
8.86159004	10.7280431	11.9438078
2.95386335	3.23462671	3.60119355
.137270758	.167864117	.193778593

0	0	69
61	0	74
0	62	68
59	0	0
72	57	58
74	75	55
0	90	0
70	0	72
74	0	70
59	0	55
77	85	72
71	68	59
72	70	52
62	79	75
71	68	68

MOYENNES ETC....

12	9	13
68.5	72.6666667	65.1538462
41	113.500001	65.9743596
6.40312424	10.6536379	8.1224602
1.84842275	3.55121264	2.25276513
.0934762663	.146609696	.124665859

102	74	72
81	77	68
72	73	72
77	70	78
73	75	74
66	59	55
90	68	72
71	71	65
105	0	0
0	64	67
0	64	79

MOYENNES ETC....

9	10	10
81.8888889	69.5	70.2
197.111111	32.7222222	48.4000009
14.0396264	5.7203341	6.95701092
4.67987548	1.80892848	2.20000002
.17144727	.0823069655	.0991027197

MOYENNES ETC....

30	30	34
71.3333334	68.4	65.5
143.747126	94.8689651	92.1363636
11.9894589	9.74007008	9.59876886
2.18896571	1.77828537	1.64617528
.168076527	.142398685	.146546089

RECUP. FCMAx-FC4' --30" DE 1 A 37

VALEURS :

60	50	38
0	0	0
0	0	0
0	0	0
58	55	54
72	67	68
57	65	64
0	75	64
0	52	72
0	83	70
67	69	58

MOYENNES ETC....

5	8	8
62.8	64.5	61
41.7000003	133.714286	122.285714
6.45755374	11.5634893	11.0582871
2.88790583	4.08831087	3.90969491
.102827289	.179278905	.181283396



0	0	0
61	0	0
0	0	0
60	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	77
80	0	74
66	0	60
87	86	70
72	70	61
77	75	55
67	83	71
76	64	70

MOYENNES ETC....

9	5	8
71.7777778	75.6	67.25
81.9444434	82.3000006	58.7857143
9.05231702	9.07193478	7.66718425
3.01743901	4.05709257	2.71075895
.126115872	.119999137	.114010175



110	76	73
79	80	70
73	66	70
80	74	74
75	78	72
67	63	55
93	73	70
72	74	68
106	0	0
0	66	65
0	68	85

MOYENNES ETC....

9	10	10
83.8888889	71.8	70.2
239.611111	32.6222213	56.4000006
15.4793769	5.71158659	7.50999341
5.15979231	1.80616227	2.37486844
.184522374	.0795485596	.106979961



MOYENNES ETC....

23	23	26
74.5652174	70.0869565	66.4615385
194.711461	90.4466397	86.3384614
13.9539049	9.51034383	9.2918492
2.9095903	1.98304377	1.82228155
.187136917	.135693491	.139807916



FC-THEORIQUE/FC MAX DE 1 A 37

VALEURS :

.950980392	1.03191489	1.06010929
1.04891304	1.10285714	1.07222222
1.08823529	1.10119048	1.12121212
1.06179775	1.0862069	1.10526316
1.02150538	1.04972376	1.06145251
.967741936	.972972973	.972972973
1.01724138	.994382022	1.03508772
1.08187135	1.02777778	1.12804878
0	1.08241758	1.04232804
0	1.07567568	1.03645833
1.08988764	1.1547619	1.2125

MOYENNES ETC....

9	11	11
1.0364638	1.06180737	1.07705956
2.62704866E-032	.77244097E-033	.96936002E-03
.0512547428	.0526539739	.0630028573
.0170849143	.0158757705	.0189960762
.0494515515	.0495890076	.0584952399

.994949495	1.07650273	1.04787234
.98	1.08287293	1.05376344
.994791667	.974489796	1.01595745
1.01578947	.979695431	1.01578947
.970149254	1.015625	1.00515464
1.02702703	1.02150538	1.07954545
0	1.0989011	1.05263158
1.13529412	0	1.14880952
1.01069519	0	1.03846154
1.03783784	0	1.04918033
1.21518987	1.21518987	1.27152318
1.00529101	1.03825137	1.06741573
1.03278689	1.02162162	1.0862069
1.00534759	1.01075269	1.01621622
1.08888889	1.07692308	1.11363636

MOYENNES ETC....

14	12	15
1.03671702	1.05102758	1.07081094
4.5107377E-034	.29963995E-034	.60837979E-03
.0671620257	.0655716399	.0678850483
.0179498064	.018928902	.0175278441
.0647833732	.0623881247	.0633959232

1.04545455	1.08235294	1.11515152
1	1.02702703	1.07954545
1.02976191	1.03592814	1.04216868
1.03333333	1.09411765	1.12048193
1.04278075	1.04278075	1.09550562
1.05084746	1.08139535	1.12048193
.973404255	.953125	1.06395349
1.01081081	1.0505618	1.0505618
1.05524862	0	0
0	1.0106383	1.04395604
0	1.03296703	1.05617978

MOYENNES ETC....

9	10	10
1.02684908	1.0410894	1.07879862
7.33426754E-041	.68746558E-031	.01791881E-03
.0270818529	.0410787729	.0319048399
9.02728428E-03	.0129902486	.0100891963
.0263737423	.0394574884	.0295744166

MOYENNES ETC....

32	33	36
1.03387044	1.05160928	1.07493904
2.77874307E-032	.88944956E-033	.2521772E-03
.0527137845	.0537536004	.0570278633
9.31856861E-039	.35730075E-039	.50464389E-03
.0509868377	.0511155632	.0530521835



(FCREPOS+FCMAX+FCRECUPI'-200)/10
VALEURS :

DE 1 A 37

28.6	24.8	25.2
22.2	20.1	22.5
19.4	18.2	19
21.5	19	19.5
22.6	21.5	22.1
22.1	22.7	22.9
20.7	20.2	18.9
17.3	19.1	14.6
0	21.8	22.3
0	18.7	22.5
19.9	18.8	15.3

MOYENNES ETC....

9	11	11
21.5888889	20.4454546	20.4363636
9.70611113	4.18672703	10.9265455
3.11546323	2.04614932	3.30553256
1.03848774	.616937232	.996655565
.144308642	.100078446	.161747589

22.2	20.6	21.1
28	20.7	24.3
0	25.6	24
23.7	26.2	25.9
24.7	25.4	26.9
22.8	21.8	20.5
0	18	0
16.3	0	17
21.1	0	21.4
23	0	22.2
12	11.8	13.3
22.9	21.6	21.5
21.3	20.7	20.2
22.3	21.3	20.5
19.1	22	20.6

MOYENNES ETC....

13	12	14
21.4923077	21.3083333	21.3857143
15.6341022	14.7717423	11.9290106
3.95399825	3.84340244	3.45383998
1.0966418	1.10949472	.923077562
.183972717	.180370861	.161502203

17.9	16.3	15.2
20.6	20.6	18.5
16.6	15.8	17.2
19	16.6	16.2
22.3	20.8	21.2
19.3	18.1	18.4
21.4	22.8	18.8
21.8	19.6	21.1
20.7	0	0
0	22.5	23.4
0	23.6	19.8

MOYENNES ETC....

9	10	10
19.9555556	19.67	18.98
3.59777756	8.18011098	6.15733306
1.89678084	2.86008933	2.4813974
.632260281	.904439659	.784686757
.0950502649	.145403626	.130737482

MOYENNES ETC....

31	33	35
21.0741935	20.5242424	20.4
10.3319793	9.14751976	10.3982351
3.21433964	3.02448669	3.22462946
.577312442	.526495554	.545061861
.152524918	.147361673	.158070071

(FCMAX+RECUP1'+RECUP2')/FCREPOS DE 1 A 37

VALEURS :

5.72631579	6.12941177	5.33333334
6.25641026	6.1369863	4.78947369
5.79220779	5.38461538	4.8045977
5.32183908	5.3	4.66666667
6.2948718	6.53333334	5.23333333
6.02531646	5.84146342	5.35955056
6.01282051	6.82352942	5.61538462
8.18181818	7.65	7.23636364
0	6.91549296	6.50666667
0	6.53731344	6.36363637
5.72368421	5.4125	4.98684211

MOYENNES ETC....

9	11	11
6.1483649	6.24224055	5.53598624
.671256955	.544099371	.683809501
.819302725	.737630918	.826927749
.273100908	.22240409	.249328097
.133255384	.118167653	.149373158

6.45945946	5.84810127	5.67073171
5.31372549	5.82051282	5.13829787
0	6.46341463	5.80232558
5.73863637	5.87640449	5.24742268
7.22222223	5.9883721	5.19
6.17721519	7.19117647	6.42465754
0	7.21666667	0
9.1875	0	7.11666667
8.96428572	0	6.18421053
6.07317073	0	6.38461538
8.52272728	8.62790698	8.27083333
6.03703704	6.4	6.06329114
7.10294118	7.09090909	7.19402985
8	7.22727273	7.61904762
8.13793103	6.49333334	6.47222222

MOYENNES ETC....

13	12	14
7.1489886	6.68700588	6.34131087
1.68488327	.684223726	.886264641
1.29803054	.827178171	.941416295
.360008896	.23878577	.251604088
.181568416	.123699333	.148457679

7.03225807	6.88524591	6.75
7.29230769	6.83823529	6.89230769
6.40625	6.76666667	5.38157895
8.50909092	7.37931035	6.69354839
6.84722223	6.91304348	6.18666667
6.58823529	6.84615385	6.16901409
7.11764706	6.81081081	5.72
6.2	6.19178082	5.48192771
6.14666667	0	0
0	7.12857143	5.75581395
0	5.28888889	5.90789474

MOYENNES ETC....

9	10	10
6.90440866	6.70487075	6.09387522
.526131143	.336813	.290262312
.72534898	.580355926	.538759977
.241782993	.183524658	.170370864
.105055917	.0865573622	.0884100765

MOYENNES ETC....

31	33	35
6.78747786	6.54416437	6.01751295
1.17653067	.547019345	.736723067
1.08467999	.739607561	.858325735
.194814277	.128749151	.145083529
.159806044	.113017877	.142637954



VE REPOS DE 1 A 37
VALEURS :

54	121	127
141	140	178
102	131	140
125	134	154
107	98	119
65	156	129
86	97	126
111	159	139
0	118	137
0	253	252
89	151	98

MOYENNES ETC....

9	11	11
97.7777778	141.636364	145.363636
761.694443	1805.25455	1656.85454
27.5988124	42.4882872	40.7044782
9.19960413	12.8107006	12.272862
.282260581	.299981489	.280018299

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
94	0	139
179	0	256
132	0	149
139	131	110
84	64	96
70	67	86
221	231	146
136	107	117

MOYENNES ETC....

8	5	8
131.875	120	137.375
2540.98214	4639	2828.55357
50.4081556	68.1102048	53.1841478
17.8219743	30.4598096	18.8034358
.382241938	.56758504	.387145753

104	89	82
0	106	112
125	182	197
78	0	146
82	84	89
0	150	0
49	49	63
65	66	69
0	0	0
0	146	0
0	113	124

MOYENNES ETC....

6	9	8
83.8333334	109.444444	110.25
741.366666	1859.52778	2025.64286
27.2280493	43.1222423	45.0071423
11.1158046	14.3740808	15.9124278
.324787864	.394010335	.408228048

MOYENNES ETC....

23	25	27
106	125.72	132.592593
1659.09091	2367.46	2173.78917
40.7319397	48.6565515	46.623912
8.49319653	9.7313103	8.97277606
.384263582	.387023158	.351632856

VE MAXIMUM DE 1 A 37

VALEURS :

918	1271	885
1387	1587	1214
1354	1334	1070
1811	1929	1503
1536	1754	1505
1475	1421	1585
1119	1409	1432
1440	2076	2095
0	1493	1001
0	1365	1835
1485	1191	1672

MOYENNES ETC....

9	11	11
1391.66667	1530	1436.09091
64351.5003	78627.6	135671.091
253.675975	280.406134	368.335569
84.5586583	84.5456306	111.057353
.182282138	.183271983	.256484855

1265	1292	1153
1249	1382	1275
1508	1404	1360
1692	1422	1234
1452	1454	1613
1516	1821	1457
0	1831	1594
1450	0	1816
1252	0	2320
1189	0	1865
1480	1774	1490
1553	1772	1422
1626	1810	1680
2421	2554	2340
1914	2056	2414

MOYENNES ETC....

14	12	15
1540.5	1714.33333	1668.86667
102630.577	127377.515	167297.552
320.360074	356.899867	409.020235
85.6198313	103.028117	105.608571
.207958503	.208185806	.245088624

1304	1281	1338
1444	1451	1557
1808	1423	1389
1520	1368	1786
1228	1622	1500
1496	1538	0
1028	1343	0
1488	1605	1506
1560	0	0
0	1879	0
0	1429	1994

MOYENNES ETC....

9	10	7
1430.66667	1493.9	1581.42857
49260.0003	30447.4332	53544.6194
221.94594	174.491929	231.397103
73.98198	55.1791928	87.4598842
.155134627	.116802951	.146321565

MOYENNES ETC....

32	33	33
1467.75	1586.09091	1572.72727
76827.742	86825.2728	136396.267
277.178177	294.661285	369.318653
48.9986422	51.2939458	64.2901255
.188845633	.185778308	.234826889

INSTALLATION VE1' DE 1 A 37

VALEURS :

197	0	313
519	397	311
200	247	250
217	331	298
210	290	326
187	371	379
318	327	323
252	381	463
0	292	0
0	282	361
315	381	334

MOYENNES ETC....

9	10	10
268.333334	329.9	335.8
11269.5	2624.32223	3207.73335
106.157901	51.2281391	56.6368551
35.3859671	16.19976	17.9101462
.395619508	.155283841	.168662463

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
204	0	429
336	0	481
355	0	395
383	447	582
211	0	306
295	281	326
336	343	348
415	296	297

MOYENNES ETC....

8	4	8
316.875	341.75	395.5
5802.125	5620.91667	9716.28572
76.1716811	74.9727728	98.5712216
26.9307561	37.4863864	34.8501896
.240384003	.219378999	.249231913

264	236	203
117	338	344
213	322	346
325	439	435
204	300	284
362	415	0
186	329	0
186	270	205
261	0	0
0	297	0
0	210	277

MOYENNES ETC....

9	10	7
235.3333333	315.6	299.142857
5739.50001	5109.59999	6915.14284
75.7594879	71.4814661	83.1573379
25.2531626	22.6044243	31.4305194
.32192417	.226493872	.27798537

MOYENNES ETC....

26	24	25
271.846154	325.916667	344.64
8200.69539	3856.25364	7264.15667
90.557691	62.098741	85.2300222
17.7598244	12.6758524	17.0460044
.333121104	.190535641	.247301596

INSTALLATION VE2' DE 1 A 37

VALEURS :

321	404	589
588	442	535
330	345	479
333	491	482
373	426	259
175	501	602
407	510	577
349	467	649
0	405	500
0	0	532
277	593	823

MOYENNES ETC....

9	10	11
350.333333	458.4	547.909091
12238.25	4857.82223	18663.0909
110.626624	69.6980791	136.612924
36.8755414	22.0404679	41.1903462
.315775331	.15204642	.249335019



0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
449	0	703
345	0	457
426	0	568
0	560	723
324	320	417
392	396	472
372	402	378
401	367	417

MOYENNES ETC....

7	5	8
387	409	516.875
1924	8176	17796.9821
43.8634244	90.4212364	133.40533
16.5788161	40.4376063	47.1659069
.113342182	.221078818	.258099793



387	321	375
282	433	512
363	488	466
569	0	614
339	421	493
350	537	0
316	342	759
207	545	556
289	0	0
0	537	0
0	551	500

MOYENNES ETC....

9	9	8
344.666667	463.888889	534.375
9914.25002	7938.36114	12961.9821
99.570327	89.0974812	113.850701
33.190109	29.6991604	40.2523014
.288888763	.192066426	.213053944



MOYENNES ETC....

25	24	27
358.56	450.166667	534.703704
8198.84003	6555.53625	15630.9858
90.5474463	80.9662661	125.023941
18.1094893	16.5271699	24.0608686
.252530807	.179858422	.233819104



INSTALLATUON VE3' DE 1 A 37

VALEURS :

377	433	488
604	531	608
481	495	498
497	524	543
445	463	646
362	596	701
488	586	579
359	508	716
0	443	498
0	453	573
0	672	1005

MOYENNES ETC....

8	11	11
451.625	518.545455	623.181818
7098.26786	5535.47275	22172.1636
84.2512188	74.4007578	148.903202
29.7873041	22.4326725	44.8960047
.186551273	.143479722	.238940222

0	0	0
---	---	---

0	0	0
---	---	---

0	0	0
---	---	---

0	0	0
---	---	---

0	0	0
---	---	---

0	0	0
---	---	---

0	0	0
---	---	---

514	0	778
-----	---	-----

311	0	407
-----	---	-----

397	0	629
-----	---	-----

583	605	813
-----	-----	-----

301	304	602
-----	-----	-----

435	384	510
-----	-----	-----

356	428	416
-----	-----	-----

404	394	509
-----	-----	-----

399	340	443
-----	-----	-----

378	472	562
-----	-----	-----

266	537	671
-----	-----	-----

523	510	655
-----	-----	-----

382	458	540
-----	-----	-----

321	727	0
-----	-----	---

392	696	0
-----	-----	---

444	652	670
-----	-----	-----

315	0	0
-----	---	---

0	530	0
---	-----	---

0	508	588
---	-----	-----

MOYENNES ETC....

8	5	8
412.625	423	583
9445.41072	12418	23296
97.1875029	111.43608	152.630272
34.3609712	49.8357302	53.9629503
.235534693	.26344227	.261801496

MOYENNES ETC....

25	26	26
413.36	509.576923	601.846154
7637.49	11188.0138	17429.2555
87.3927343	105.773408	132.019906
17.4785469	20.743872	25.8912336
.211420394	.207571032	.219358228

INSTALLATION VE 4 DE 1 A 37

VALEURS :

388	483	0
591	0	580
488	619	654
502	487	569
559	539	702
364	545	778
537	692	737
366	540	739
0	441	473
0	524	627
471	689	1084

MOYENNES ETC....

9	10	10
474	555.9	694.3
7129	7239.87772	27404.9
84.4334058	85.087471	165.544254
28.1444686	26.9070209	52.3496896
.178129548	.153062549	.23843332

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
523	0	764
358	0	481
394	0	0
553	624	853
394	393	665
444	386	504
449	455	464
438	406	488

MOYENNES ETC....

8	5	7
444.125	452.8	602.714286
4368.41072	9885.70003	24915.9048
66.0939537	99.4268578	157.847727
23.3677414	44.4650425	59.6608329
.148818359	.219582283	.261894783

417	371	227
408	509	589
352	565	657
539	506	652
443	502	0
384	781	0
431	712	0
499	637	648
311	0	0
0	552	0
0	0	680

MOYENNES ETC....

9	9	6
420.444445	570.555556	575.5
4875.52779	15195.2778	30061.1
69.8249798	123.269127	173.381372
23.2749932	41.0897091	70.7826486
.166074212	.216051051	.301270846

MOYENNES ETC....

26	24	23
446.269231	539.916667	635.434783
5583.00464	11965.8188	27733.8024
74.7195065	109.388385	166.534688
14.6537008	22.3288106	34.724883
.167431455	.202602349	.262079907

DVE 4'-REPOS DE 1 A 37
VALEURS :

334	362	0
450	0	402
386	488	514
377	353	415
452	441	583
299	389	649
451	595	611
255	381	600
0	323	336
0	271	375
382	538	986

MOYENNES ETC....

9	10	10
376.222222	414.1	547.1
4918.44445	10134.5444	36107.6556
70.1316223	100.670475	190.020145
23.3772075	31.8347993	60.0896461
.186410101	.243106676	.34732251

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
429	0	625
179	0	225
262	0	0
414	493	743
310	329	569
374	319	418
228	224	318
302	299	371

MOYENNES ETC....

8	5	7
312.25	332.8	467
7897.92857	9712.20003	33987.6667
88.8702908	98.5504948	184.357443
31.4203926	44.0731211	69.6805637
.284612621	.296125285	.394769685

313	282	145
0	403	477
227	383	460
461	0	506
361	418	0
0	631	0
382	663	0
434	571	579
0	0	0
0	406	0
0	0	556

MOYENNES ETC....

6	8	6
363	469.625	453.833334
7201.2	18224.5536	24955.7666
84.8598845	134.998347	157.973943
34.6439028	47.7291232	64.4925922
.233773787	.287459881	.348088012

MOYENNES ETC....

23	23	23
350.521739	415.73913	498.391305
6783.44269	14331.0198	31645.8854
82.361658	119.712238	177.892904
17.1735928	24.9617271	37.0932347
.234968759	.287950373	.356934206

INSTALLATION DVE 4'-1' DE 1 A 37
VALEURS :

191	0	0
72	0	269
288	372	404
285	156	271
349	249	376
177	174	399
219	365	414
114	159	276
0	149	0
0	242	266
156	308	750

MOYENNES ETC....

9	9	9
205.666667	241.555556	380.555556
7946	7998.77777	23377.5278
89.1403388	89.4358864	152.897115
29.7134463	29.8119621	50.965705
.43342142	.37024976	.401773441

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
319	0	335
22	0	0
39	0	0
170	177	271
183	0	359
149	105	178
113	112	116
23	110	191

MOYENNES ETC....

8	4	7
127.25	126	207.142857
10301.9286	1164.66667	15968.4762
101.498417	34.127213	126.366436
35.8851094	17.0636065	47.7620235
.797629993	.270850897	.610044864

153	135	24
291	171	245
139	243	311
214	67	217
239	202	0
22	366	0
245	383	0
313	367	443
50	0	0
0	255	0
0	0	403

MOYENNES ETC....

9	9	6
185.111111	243.222222	273.833334
10363.8611	12469.1944	22632.1667
101.803051	111.665547	150.43991
33.9343502	37.2218491	61.4168363
.549956456	.459109148	.549384944

MOYENNES ETC....

26	22	22
174.423077	221.227273	296.272727
9848.33385	10075.4221	24693.0649
99.238772	100.376402	157.140272
19.4623244	21.4003208	33.5024185
.56895437	.453725261	.530390607

INSTALLATION DVE 4'-2' DE 1 A 37

VALEURS :

67	79	0
3	0	45
158	274	175
169	-4	87
186	113	443
189	44	176
130	182	160
17	73	90
0	36	-27
0	0	95
194	96	261

MOYENNES ETC....

9	9	10
123.666667	99.2222222	150.5
5690.5	7049.69445	16946.2778
75.4354028	83.9624586	130.17787
25.1451343	27.9874862	41.165857
.609989781	.84620619	.864969235

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
74	0	61
13	0	24
-32	0	0
0	64	130
70	73	248
52	-10	32
77	53	86
37	39	71

MOYENNES ETC....

7	5	7
41.5714286	43.8	93.1428572
1578.95238	1065.7	5905.47619
39.7360338	32.6450609	76.8470962
15.0188091	14.5993151	29.0454722
.95584961	.745321025	.825045511

30	50	-148
126	76	77
-11	77	191
-30	0	38
104	81	0
34	244	0
115	370	0
292	92	92
22	0	0
0	15	0
0	0	180

MOYENNES ETC....

9	8	6
75.7777778	125.625	71.6666667
9632.69445	14233.9821	15161.0667
98.1462911	119.306254	123.130283
32.7154303	42.1811305	50.2677277
1.29518566	.949701521	1.71809698

MOYENNES ETC....

25	22	23
83.44	96.2272728	112.478261
6642.59	8620.75542	13219.17
81.5020859	92.8480233	114.974649
16.3004172	19.7952651	23.9738716
.976774759	.964882622	1.02219441

INSTALLATION DVE 4'-3' DE 1 A 37
VALEURS :

11	50	0	MOYENNES ETC....		
-13	0	-28	8	10	10
7	124	156	22.75	38.6	57.6
5	-37	26	1667.64286	3368.48889	4106.48889
114	76	56	40.8367832	58.0386845	64.0818921
2	-51	77	14.4379831	18.3534435	20.2644736
49	106	158	1.79502344	1.50359286	1.11253285
7	32	23			
0	-2	-25			
0	71	54			
0	17	79			

0	0	0			
0	0	0			
0	0	0			
0	0	0			
0	0	0	MOYENNES ETC....		
0	0	0	8	5	7
0	0	0	31.5	29.8	26.2857143
9	0	-14	1970.85714	1179.7	1530.90476
47	0	74	44.3943369	34.3467612	39.1267781
-3	0	0	15.6957683	15.3603386	14.7885321
-30	19	40	1.40934403	1.15257588	1.48851873
93	89	63			
9	2	-6			
93	27	48			
34	12	-21			

18	31	-216			
30	37	27			
86	28	-14			
16	-4	-3			
61	44	0	MOYENNES ETC....		
63	54	0	9	9	6
39	16	0	40.4444445	23.6666667	-22.6666667
55	-15	-22	800.777778	488.25	10691.0667
-4	0	0	28.2980172	22.0963798	103.397614
0	22	0	9.4326724	7.36545993	42.2118993
0	0	92	.69967625	.933649851	-4.56165946

MOYENNES ETC....		
25	24	23
31.92	31.1666667	27.1304348
1383.49333	1739.53623	5625.75494
37.1953403	41.7077479	75.0050328
7.43906804	8.51355838	15.6396305
1.16526755	1.33821651	2.76460858

VO2 REPOS DE 1 A 37

VALEURS :

182	323	357
305	303	450
278	320	308
285	330	304
300	300	357
159	316	267
205	226	329
282	437	393
0	391	441
0	433	519
314	354	214

MOYENNES ETC....

9	11	11
256.666667	339.363637	358.090909
3398.00001	3818.05454	7777.4909
58.2923667	61.7904082	88.1900839
19.4307889	18.6305091	26.5903108
.227113117	.182077281	.246278478



0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
229	0	377
359	0	468
240	0	324
304	522	323
291	203	338
208	223	264
425	487	395
456	303	309

MOYENNES ETC....

8	5	8
314	347.6	349.75
8439.42857	22067.8	3900.5
91.8663626	148.552348	62.4539831
32.479664	66.4346295	22.0808175
.292568034	.427365787	.1785675



358	253	224
0	245	248
265	326	330
236	0	307
233	232	259
0	271	0
182	141	151
202	201	186
0	0	0
0	329	0
0	232	240

MOYENNES ETC....

6	9	8
246	247.777778	243.125
3841.2	3422.19444	3432.69643
61.9774153	58.4995252	58.5892177
25.3021738	19.4998417	20.7144166
.251940713	.236096738	.240983929



MOYENNES ETC....

23	25	27
273.826087	308.04	321.555556
5712.42291	8547.12335	7667.71794
75.5805723	92.4506536	87.5655066
15.7596388	18.4901307	16.8519896
.276016698	.300125482	.272318438



VO2 MAXIMALE DE 1 A 37
VALEURS :

2889	3094	2243
3425	3444	2680
2739	2378	1749
3110	2886	2213
3159	3345	2709
2616	2788	2501
2666	3158	2514
3856	4363	4198
0	4092	2985
0	3620	3229
3954	2605	3050

MOYENNES ETC....

9	11	11
3157.11111	3252.09091	2733.72727
247269.613	368639.491	414015.417
497.262117	607.156892	643.440299
165.754039	183.064691	194.00455
.157505422	.186697392	.235371065

3721	3576	2623
3721	3603	2690
3310	2999	2308
3105	2761	2222
2660	2880	2490
3360	3260	2355
0	3890	3640
3485	0	2776
4061	0	4285
3220	0	3465
3516	3610	2936
3766	3500	2964
3415	3536	3111
4259	4804	4286
5799	3989	3610

MOYENNES ETC....

14	12	15
3671.28572	3534	3050.73333
533640.682	304242.545	452194.923
730.507141	551.581858	672.454403
195.236246	159.227967	173.62698
.198978559	.156078624	.220423855

4276	2734	2584
4147	2499	2300
2997	3513	2723
4401	2629	2871
3842	4145	3219
3240	2581	0
3210	2477	1683
3699	2535	2754
4613	0	0
0	3540	0
0	2395	2385

MOYENNES ETC....

9	10	8
3825	2904.8	2564.875
335250.5	362877.955	208992.41
579.008204	602.393522	457.156871
193.002735	190.493558	161.62936
.151374694	.207378657	.17823748

MOYENNES ETC....

32	33	34
3569.90625	3249.36364	2833.85294
447117.184	389328.177	403892.613
668.668218	623.96168	635.525463
118.204958	108.617787	108.991718
.18730694	.192025809	.224261977

VO2/PQIDS REPOS DE 1 A 37

VALEURS :

2.63768116	4.68115942	5.17391305
3.7654321	3.74074074	5.55555556
4.79310345	5.51724138	5.31034483
4.83050848	5.59322034	5.15254238
4.41176471	4.41176471	5.25
2.56451613	5.0967742	4.30645161
3.25396825	3.58730159	5.22222222
3.71052632	5.75	5.17105263
0	5.66666667	6.39130435
0	6.09859155	7.30985916
4.61764706	5.20588236	3.14705882

MOYENNES ETC....

9	11	11
3.84279418	5.03175845	5.27184588
.782409934	.690308577	1.09722879
.884539391	.830848107	1.04748689
.294846464	.25051013	.315829181
.230181308	.165120825	.198694521

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
3.63492064	0	5.98412698
4.1744186	0	5.44186047
3.28767123	0	4.43835617
4.75	8.15625	5.046875
3.93243243	2.74324325	4.56756757
3.35483871	3.59677419	4.25806452
4.94186047	5.6627907	4.59302326
6.08	4.04	4.12

MOYENNES ETC....

8	5	8
4.26951776	4.83981163	4.80623425
.898114008	4.56412443	.408360323
.947688772	2.13638115	.639030769
.335058578	.955418696	.225931495
.221966232	.441418245	.132958723

4.77333334	3.37333333	2.98666667
0	3.76923077	3.81538462
3.73239437	4.5915493	4.64788732
3.52238806	0	4.58208955
2.58888889	2.57777778	2.87777778
0	3.66216216	0
2.63768116	2.04347826	2.1884058
2.92753623	2.91304348	2.69565217
0	0	0
0	4.38666667	0
0	3.05263158	3.15789474

MOYENNES ETC....

6	9	8
3.36370368	3.37443037	3.36896983
.693171595	.683397517	.797948811
.832569273	.826678606	.893279806
.339894982	.275559535	.315822104
.247515642	.244983157	.265149245

MOYENNES ETC....

23	25	27
3.86623964	4.39673098	4.57007175
.856054688	1.89375467	1.41619831
.925232235	1.37613759	1.19004131
.192924257	.275227518	.229023556
.239310627	.312991083	.260398824



VO2/POIDS MAXIMUN DE 1 A 37

VALEURS :

41.8695652	44.8405797	32.5072464
42.2839506	42.5185185	33.0864198
47.224138	41	30.1551724
52.7118645	48.9152542	37.5084746
46.4558824	49.1911765	39.8382353
42.1935484	44.967742	40.3387097
42.3174603	50.1269841	39.9047619
50.7368421	57.4078947	55.2368421
0	59.3043478	43.2608696
0	50.9859155	45.4788732
58.1470588	38.3088235	44.8529412

MOYENNES ETC....

9	11	11
47.1044789	47.9606579	40.1971406
33.0856248	42.4118136	50.3153441
5.75201051	6.5124353	7.09333097
1.91733683	1.96357313	2.13871976
.122111753	.13578703	.176463571

50.9726027	48.9863014	35.9315068
52.4084507	50.7464789	37.887324
55.1666667	49.9833334	38.4666667
50.9016393	45.2622951	36.4262295
45.862069	49.6551724	42.9310345
56	54.3333333	39.25
0	52.5675676	49.1891892
55.3174603	0	44.0634921
47.2209302	0	49.8255814
44.109589	0	47.4657534
54.9375	56.40625	45.875
50.8918919	47.2972973	40.0540541
55.0806452	57.0322581	50.1774194
49.5232558	55.8604651	49.8372093
77.32	53.1866667	48.1333334

MOYENNES ETC....

14	12	15
53.2651929	51.7764516	43.7009196
62.0314039	13.995258	28.1495178
7.87600178	3.74102366	5.30561192
2.10495002	1.07994051	1.36990311
.147863949	.0722533805	.121407329

57.0133334	36.4533333	34.4533333
63.8	38.4461539	35.3846154
42.2112676	49.4788732	38.3521127
65.6865672	39.238806	42.8507463
42.6888889	46.0555555	35.7666667
43.7837838	34.8783784	0
46.5217391	35.8985507	24.3913044
53.6086957	36.7391305	39.9130435
67.8382353	0	0
0	47.2	0
0	31.5131579	31.381579

MOYENNES ETC....

9	10	8
53.6836123	39.590194	35.3116752
107.456988	35.3294134	31.8433837
10.3661463	5.94385509	5.64299422
3.45538209	1.87961202	1.99509974
.193097033	.150134528	.159805339

MOYENNES ETC....

32	33	34
51.6501726	46.811715	40.5934042
70.6596434	53.994957	45.1485056
8.40592908	7.34812609	6.71926377
1.48597236	1.27914456	1.15234423
.162747357	.156971948	.165525999

INSTALLATION VO2 1' DE 1 A 37
VALEURS :

616	0	840
1092	1062	967
584	674	563
562	859	660
673	949	1006
537	991	888
701	1047	876
725	1444	1301
0	1006	0
0	996	1369
1280	1068	808

MOYENNES ETC....

9	10	10
752.222223	1009.6	927.8
66624.9444	37309.1557	63634.6223
258.118082	193.155781	252.259038
86.0393608	61.0812211	79.7713121
.34314073	.191319117	.271889457

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
585	0	960
833	0	878
915	0	996
1000	1120	1402
815	0	985
816	868	890
820	1176	1278
1477	824	784

MOYENNES ETC....

8	4	8
907.625	997	1021.625
66726.2679	31246.6667	44375.4107
258.314281	176.767267	210.654719
91.32789	88.3836335	74.4776903
.284604634	.177299164	.206195736

1099	528	452
476	899	876
760	1284	746
1172	990	519
675	1201	0
854	916	0
786	977	0
662	787	704
737	0	0
0	1017	0
0	590	758

MOYENNES ETC....

9	10	6
802.333333	918.9	675.833333
47007.7501	56634.7666	25446.5667
216.812707	237.980601	159.5198
72.2709025	75.2560739	65.1236858
.27022772	.258984222	.23603423

MOYENNES ETC....

26	24	24
817.384615	969.708333	896.083333
59261.8462	42780.1287	62512.0798
243.437561	206.833577	250.024159
47.7420336	42.2197272	51.0359676
.297824985	.213294627	.279018869

INSTALLATION VO2 2° DE 1 A 37

VALEURS :

1277	1189	1816
1744	1301	1419
1345	1308	1263
1110	1320	1057
1486	1428	751
528	1475	1500
1229	1632	1502
1227	1790	1959
0	1632	1771
0	0	1812
1155	1673	1712

MOYENNES ETC....

9	10	11
1233.44444	1474.8	1505.63636
107237.278	39324.6219	134590.055
327.471034	198.304367	366.865173
109.157011	62.709347	110.614012
.265493136	.134461871	.243661206



0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
1487	0	1427
1459	0	1423
1385	0	1276
0	1268	1585
1423	1262	1826
1307	1404	1362
1365	1700	1574
1823	1281	1343

MOYENNES ETC....

7	5	8
1464.14286	1383	1477
28634.4763	34800	31410.2857
169.217246	186.547581	177.229472
63.9581072	83.4266145	62.6600808
.115574273	.134886176	.119992872



1797	1060	1080
1313	1158	1191
1306	1734	1280
2361	0	1501
1300	1788	0
1026	1453	0
1530	938	1422
914	1505	1444
1292	0	0
0	1796	0
0	1207	1188

MOYENNES ETC....

9	9	7
1426.55556	1404.33333	1300.85714
188228.028	107179.75	24873.4761
433.852542	327.383185	157.713272
144.617514	109.127728	59.6100137
.304125935	.233123559	.121237964



MOYENNES ETC....

25	24	26
1367.56	1429.25	1441.69231
116418.09	60330.0218	76352.2219
341.200953	245.621705	276.319058
68.2401906	50.1373205	54.1906258
.249496149	.171853563	.19166299



INSTALLATION VO2 3' DE 1 A 37
VALEURS :

1417	1290	1411
1661	1479	1501
1557	1351	1161
1421	1285	1180
1432	1489	1709
1016	1656	1657
1407	1766	1444
1182	1728	2111
0	2055	1700
0	1646	1747
0	1877	1917

MOYENNES ETC....

8	11	11
1386.625	1602	1594.36364
41160.2679	61719	84697.8543
202.879935	248.43309	291.028958
71.7288888	74.9053949	87.7485325
.146312042	.155076835	.182536124

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
1597	0	1536
1453	0	1437
1405	0	1422
1840	1666	1737
1281	1229	1720
1401	1351	1456
1354	1692	1724
1919	1227	1546

MOYENNES ETC....

8	5	8
1531.25	1433	1572.25
54724.2143	53036.5	18340.7857
233.932072	230.296548	135.428157
82.7074773	102.991747	47.8810841
.152771965	.160709385	.0861365286

1737	1176	1151
1600	1224	1265
899	1881	1739
1942	1291	1557
1374	1740	0
1015	1696	0
1658	1763	0
1900	1632	1774
1328	0	0
0	1681	0
0	1287	1287

MOYENNES ETC....

9	10	6
1494.77778	1537.1	1462.16667
136017.195	68552.1002	69850.567
368.80509	261.82456	264.292579
122.93503	82.7961958	107.896993
.246729043	.170336712	.180754072

MOYENNES ETC....

25	26	25
1471.84	1544.53846	1555.56
77099.7231	61815.2982	58155.9234
277.668369	248.626825	241.155393
55.5336738	48.759732	48.2310786
.188653909	.160971599	.155028024

INSTALLATION VO2 4' DE 1 A 37
VALEURS :

1432	1385	0
1616	0	1579
1600	1501	1325
1305	1201	1207
1654	1614	1812
992	1570	1764
1419	1870	1715
1138	1683	2171
0	1720	1641
0	1822	1877
1816	1923	2090

MOYENNES ETC....

9	10	10
1441.33333	1628.9	1718.1
69296.2498	50641.4332	91183.878
263.241809	225.036515	301.966684
87.7472695	71.1627945	95.4902498
.182637703	.138152443	.175756175

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
1632	0	1467
1608	0	1630
1325	0	0
1513	1721	1789
1479	1478	1587
1442	1363	1497
1612	1902	1918
1890	1357	1456

MOYENNES ETC....

8	5	7
1562.625	1564.2	1620.57143
28136.5536	57384.7004	30664.2853
167.739541	239.551039	175.112208
59.3048835	107.130482	66.1861934
.107344719	.153146042	.108055841

1817	928	1260
1306	1333	1285
1220	1936	1789
1907	1246	1580
1521	1908	0
1174	1881	0
1681	1791	0
1912	1546	1880
1176	0	0
0	1670	0
0	0	1368

MOYENNES ETC....

9	9	6
1523.77778	1582.11111	1527
98910.4447	122040.861	70239.2
314.50031	349.343472	265.026791
104.833437	116.447824	108.196734
.206395128	.220808431	.17356044

MOYENNES ETC....

26	24	23
1507.19231	1597.875	1638.56522
64348.1619	73007.4185	68001.8931
253.669395	270.19885	260.771726
49.7486613	55.1541093	54.3746637
.168305925	.169098866	.159146382

INSTALLATION DVO24'-VO2 REPOS DE 1 A 37

VALEURS :

1250	1062	0			
1311	0	1129		MOYENNES ETC....	
1322	1181	1017		9	10
1020	871	903		1184.66667	1285.9
1354	1314	1455		53516.2502	50838.3221
833	1254	1497		231.335796	225.473551
1214	1644	1386		77.1119318	71.3009973
856	1246	1778		.19527501	.17534299
0	1329	1200			
0	1389	1358			
1502	1569	1876			

0	0	0			
0	0	0			
0	0	0			
0	0	0			
0	0	0		MOYENNES ETC....	
0	0	0		8	5
0	0	0		1248.625	1216.6
1403	0	1090		13460.8393	18847.3001
1249	0	1162		116.020857	137.28547
1085	0	0		41.0195674	61.3959285
1209	1199	1466		.0929188965	.112843555
1188	1275	1249			
1234	1140	1233			
1187	1415	1523			
1434	1054	1147			

1459	675	1036			
0	1088	1037			
955	1610	1459			
1671	0	1273			
1288	1676	0		MOYENNES ETC....	
0	1610	0		6	8
1499	1650	0		1430.33333	1374.375
1710	1345	1694		77574.2664	121585.411
0	0	0		278.521573	348.690996
0	1341	0		113.705956	123.280884
0	0	1128		.19472494	.253708774

MOYENNES ETC....

23	23	23	
1271	1301.6087	1308.52174	
51528.9091	66590.522	64988.4429	
226.9998	258.051394	254.928309	
47.3327302	53.8074353	53.156227	
.17859937	.198255739	.194821608	

INSTALLATION DVD24-1 DE 1 A 37
VALEURS :

816	0	0
524	0	612
1016	827	762
743	342	547
981	665	806
455	579	876
718	823	839
413	239	870
0	714	0
0	826	508
536	855	1282

MOYENNES ETC....

9	9	9
689.111111	652.222223	789.111111
49205.6111	50920.1944	53693.8611
221.823378	225.655034	231.719359
73.9411261	75.2183447	77.2397862
.32189784	.345978757	.293646047

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
1047	0	507
775	0	752
410	0	0
513	601	387
664	0	602
626	495	607
792	726	640
413	533	672

MOYENNES ETC....

8	4	7
655	588.75	595.285715
46644	10294.9167	13967.238
215.972221	101.463869	118.18307
76.3577108	50.7319344	44.6690018
.329728581	.172337781	.198531675

718	400	808
830	434	409
460	652	1043
735	256	1061
846	707	0
320	965	0
895	814	0
1250	759	1176
439	0	0
0	653	0
0	0	610

MOYENNES ETC....

9	9	6
721.444445	626.666667	851.166667
80784.0278	50094.4999	88376.5666
284.225312	223.818006	297.281965
94.7417706	74.6060021	121.364854
.393967012	.357156393	.349264106

MOYENNES ETC....

26	22	22
689.807693	630.227273	744.363636
55405.2016	40492.9459	57012.814
235.383095	201.228591	238.773562
46.162423	42.9020798	50.9066945
.341230024	.319295276	.320775425

INSTALLATION DVD2 4'-2' DE 1 A 37

VALEURS :

155	196	0
-128	0	160
255	193	62
195	-119	150
168	186	1061
464	95	264
190	238	213
-89	-107	212
0	88	-130
0	0	65
661	250	378

MOYENNES ETC....

9	9	10
207.888889	113.333333	243.5
59870.1111	19523	100973.389
244.683696	139.724729	317.763102
81.561232	46.5749098	100.485516
1.17699266	1.23286526	1.30498194

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
145	0	40
149	0	207
-60	0	0
0	453	204
56	216	-239
135	-41	135
247	202	344
67	76	113

MOYENNES ETC....

7	5	7
105.571429	181.2	114.857143
9277.95238	33989.7	33361.8095
96.3221283	184.362957	182.652155
36.4063424	82.449621	69.0360253
.912388224	1.01745561	1.59025508

20	-132	180
-7	175	94
-86	202	509
-454	0	79
221	120	0
148	428	0
151	853	0
998	41	436
-116	0	0
0	-126	0
0	0	180

MOYENNES ETC....

9	8	6
97.2222222	195.125	246.333333
153987.194	103858.982	32994.6667
392.412022	322.271597	181.644341
130.804007	113.940216	74.1559918
4.03623794	1.65161613	.737392454

MOYENNES ETC....

25	22	23
139.4	158.5	205.086956
76365.1667	50039.2143	61629.9012
276.342481	223.694466	248.253703
55.2684962	47.6918205	51.7644755
1.98237074	1.41132155	1.21048022

INSTALLATION DVO2 4'-3' DE 1 A 37
VALEURS :

15	95	0
-45	0	78
43	150	164
-116	-84	27
222	125	103
-24	-86	107
12	104	271
-44	-45	60
0	-335	-59
0	176	130
0	46	173

MOYENNES ETC....

8	10	10
7.875	14.6	105.4
9856.98214	24180.9333	8002.93333
99.2823356	155.502197	89.4591155
35.1016064	49.1741124	28.2894562
12.6072807	10.6508354	.848758211

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
35	0	-69
155	0	193
-80	0	0
-327	55	52
198	249	-133
41	12	41
258	210	194
-29	130	-90

MOYENNES ETC....

8	5	.7
31.375	131.2	26.8571429
34141.9822	10025.7	17461.8095
184.775491	100.128418	132.14314
65.3280015	44.7787897	49.9454124
5.88925869	.763173915	4.92022331



80	-248	109
-294	109	20
321	55	50
-35	-45	23
147	168	0
159	185	0
23	28	0
12	-86	106
-152	0	0
0	-11	0
0	0	81

MOYENNES ETC....

9	9	6
29	17.2222222	64.83333334
32525	18314.4444	1577.36667
180.346888	135.33087	39.7160757
60.1156293	45.1102901	16.21402
6.2188582	7.8579215	.612587285



MOYENNES ETC....

25	24	23
23	39.875	70.9130435
23787.8333	19867.5924	9562.9921
154.233049	140.952447	97.7905522
30.8466098	28.7717978	20.3907397
6.70578473	3.53485761	1.37902066



VO2MAX/VO2REPOS DE 1 A 37

VALEURS :

15.8736264	9.57894737	6.28291317
11.2295082	11.3663366	5.95555556
9.85251799	7.43125	5.67857143
10.9122807	8.74545455	7.27960526
10.53	11.15	7.58823529
16.4528302	8.82278482	9.3670412
13.004878	13.9734513	7.64133738
13.6737589	9.9839817	10.6819338
0	10.4654731	6.76870748
0	8.36027713	6.22157996
12.5923567	7.35875706	14.2523364

MOYENNES ETC....

9	11	11
12.6801952	9.74879216	7.97434701
5.42252416	3.79007908	6.61592306
2.32863139	1.94681255	2.57214367
.776210464	.586986068	.775530496
.183643181	.19969782	.322552263

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
15.2183406	0	7.36339523
11.3119777	0	9.15598291
13.4166667	0	10.6944444
11.5657895	6.91570882	9.08978328
12.9415808	17.2413793	8.76923078
16.4182692	15.8565022	11.7840909
10.0211765	9.86447639	10.8506329
12.7171053	13.1650165	11.6828479

MOYENNES ETC....

8	5	8
12.9513633	12.6086167	9.92380105
4.37478512	18.0650843	2.45452477
2.0915987	4.25030403	1.5666923
.739491812	1.90079375	.553909376
.161496412	.33709519	.1578722

11.9441341	10.8063241	11.5357143
0	10.2	9.27419355
11.309434	10.7760736	8.25151515
18.6483051	0	9.35179153
16.4892704	17.8663793	12.4285714
0	9.52398524	0
17.6373626	17.5673759	11.1456954
18.3118812	12.6119403	14.8064516
0	0	0
0	10.7598784	0
0	10.3232759	9.9375

MOYENNES ETC....

6	9	8
15.7233979	12.2705814	10.8414291
10.6542124	10.2210543	4.43071758
3.26407911	3.19703836	2.10492698
1.33255471	1.06567945	.74420407
.207593748	.260544978	.194155859

MOYENNES ETC....

23	25	27
13.5683935	11.2286012	9.40146883
7.51294963	9.80464435	5.98191937
2.74097604	3.13123687	2.44579627
.571533012	.626247374	.470693711
.202011833	.278862596	.260150441



FCV02 DU SUJET :1

ALTITUDE 1
130 1432
164 1521
179 2334

ALTITUDE 2
130 1385
166 2289
170 2407
176 2795

ALTITUDE 3
142 1411
170 2243

FCV02 DU SUJET :2

ALTITUDE 1
110 1616
155 3110
168 3280

ALTITUDE 2
115 1479
136 2555
143 2671
170 3184
175 3444

ALTITUDE 3
120 1579
165 2620
172 2698

FCV02 DU SUJET :3

ALTITUDE 1
145 1600
165 2236
175 2739

ALTITUDE 2
130 1501
148 1976
160 2114
165 2378

ALTITUDE 3
138 1325
155 1739
170 1749

FCV02 DU SUJET :4

ALTITUDE 1
112 1305
175 2480
179 3110

ALTITUDE 2
110 1201
158 2235
165 2886

ALTITUDE 3
124 1207
160 1838
175 2213

FCV02 DU SUJET :5

ALTITUDE 1
135 1654
151 2158
176 2591
179 2821

ALTITUDE 2
129 1614
156 2407
171 2870
175 3125

ALTITUDE 3
155 1812
165 2118
175 2387
179 2709

FCV02 DU SUJET :6

ALTITUDE 1
130 996
149 1382
175 2175
179 2534

ALTITUDE 2
140 1570
158 2243
163 2783

ALTITUDE 3
155 1764
168 2178
178 2490

FCV02 DU SUJET :7

ALTITUDE 1
140 1419
160 2038
168 2487
178 2666

ALTITUDE 2
140 1870
152 2308
157 2518
171 3000

ALTITUDE 3
138 1715
158 2026
168 2514

FCV02 DU SUJET :8

ALTITUDE 1
140 2973
158 3172
164 3355
170 3856

ALTITUDE 2
105 1683
156 2928
171 4000
179 4363

ALTITUDE 3
113 2171
150 3843
160 4027
168 4198

FCV02 DU SUJET :9

ALTITUDE 1
0 0

ALTITUDE 2
138 1720
179 3065

ALTITUDE 3
132 1641
172 2418
179 2985

FCV02 DU SUJET :13

ALTITUDE 1	
140	1394
165	2128
175	2540
179	3010

ALTITUDE 2	
105	1109
125	1360
135	1660
150	1940
167	3280
178	3412

ALTITUDE 3	
120	895
125	1088
150	1515
160	1752
179	2080

FCV02 DU SUJET :14

ALTITUDE 1	
112	1134
125	1568
152	1941
166	2345
177	2598

ALTITUDE 2	
115	800
130	1054
145	1452
160	1614
175	1826

ALTITUDE 3	
125	800
140	1083
158	1426
179	1893

FCV02 DU SUJET :15

ALTITUDE 1	
115	887
125	1266
134	1539
150	1884
160	2113
179	2592

ALTITUDE 2	
120	936
125	1131
135	1392
165	1890

ALTITUDE 3	
120	893
130	1304
140	1461
160	1901

FCV02 DU SUJET :16

ALTITUDE 1	
178	2315
ALTITUDE 2	
178	2270

ALTITUDE 3	
174	1650

FCV02 DU SUJET :17

ALTITUDE 1	
161	2410
170	2770
179	3160

ALTITUDE 2	
160	2410
171	2510
174	2730
179	2900

ALTITUDE 3	
172	2355

FCV02 DU SUJET :18

ALTITUDE 1	
0	0
ALTITUDE 2	
135	2360
155	2830
160	2980
175	3630
179	3890

ALTITUDE 3	
150	2255
160	2330
175	3000
179	3140

FCV02 DU SUJET :19

ALTITUDE 1	
108	1632
144	2661
156	2852
159	2938

ALTITUDE 2	
0	0

ALTITUDE 3	
129	1467
151	2044
153	2381
157	2496
168	2776

FCV02 DU SUJET :10

ALTITUDE 1	
0	0

ALTITUDE 2	
125	1822
158	2692
165	2907
170	3151

ALTITUDE 3	
137	1877
172	2698
179	2970

FCV02 DU SUJET :11

ALTITUDE 1	
124	1816
148	2766
163	3371
174	3954

ALTITUDE 2	
133	1923
148	2315

ALTITUDE 3	
142	2019
158	2447
160	3046

FCV02 DU SUJET :12

ALTITUDE 1	
125	1170
132	1430
150	1910
170	2520
179	2990

ALTITUDE 2	
100	1090
115	1350
142	1720
160	2310
170	2735
179	3080

ALTITUDE 3	
120	915
132	1235
168	1405
179	2080

FCV02 DU SUJET :26

ALTITUDE 1	
103	1890
143	2878
154	4102
167	5400
172	5773

FCV02 DU SUJET :23

ALTITUDE 1	
128	1539
138	2482
158	2536
176	2871

ALTITUDE 2	
112	1357
128	1879
145	2440
159	3009
170	3534
176	3768

FCV02 DU SUJET :20

ALTITUDE 1	
109	1608
153	2534
168	2774
176	3534

ALTITUDE 2	
136	1478
148	2193
174	3040

ALTITUDE 3	
130	1456
142	1818
154	2514
165	2725
172	3257
176	3610

ALTITUDE 2	
0	0

ALTITUDE 3	
115	1630
153	3151
159	3431
166	3519
172	3799

ALTITUDE 3	
138	1587
157	2140
170	2682
176	2964

FCV02 DU SUJET :21

ALTITUDE 1	
122	1325
149	2219
168	2519
174	2637

FCV02 DU SUJET :24

ALTITUDE 1	
141	1442
153	2025
174	2498

FCV02 DU SUJET :27

ALTITUDE 1	
100	1817
123	2108
140	2351
156	3485
162	3786
168	3942

ALTITUDE 2	
0	0

ALTITUDE 2	
125	1363
155	2225
171	2667
176	2788
178	3169

ALTITUDE 2	
129	1726
152	2275
162	2353
166	2700

ALTITUDE 3	
131	1422
157	2292
170	2734
176	3424

ALTITUDE 3	
142	1497
168	2359
172	2496
176	3111

ALTITUDE 3	
108	1260
137	1806
151	2110
160	2450
165	2584

FCV02 DU SUJET :22

ALTITUDE 1	
110	1513
125	2347
132	2494
138	2879
146	2985
152	3337

FCV02 DU SUJET :25

ALTITUDE 1	
0	0

FCV02 DU SUJET :28

ALTITUDE 1	
113	1306
141	2498
164	2698
179	3545

ALTITUDE 2	
100	1666
130	2676
141	3032
147	3102
158	3610

ALTITUDE 2	
112	1902
146	3176
158	3715
174	4387
179	4804

ALTITUDE 2	
116	1333
147	1740
161	2074
173	2229

ALTITUDE 3	
105	1789
140	2936

ALTITUDE 3	
117	1918
155	3359
165	3808
172	4051
178	4286

ALTITUDE 3	
139	1285
153	1759
170	2034
175	2277
176	2300

FCV02 DU SUJET :29

ALTITUDE 1

108	1220
130	1861
147	2285
160	2496
168	2997

ALTITUDE 2

110	1936
127	2493
148	3318
167	3513

ALTITUDE 3

131	1789
151	2123
157	2571
166	2723

FCV02 DU SUJET :30

ALTITUDE 1

106	1907
134	2763
160	3236
174	4028
179	4401

ALTITUDE 2

117	1246
132	1877
158	2336
165	2629

ALTITUDE 3

117	1580
152	2275
160	2687
166	2871

FCV02 DU SUJET :31

ALTITUDE 1

122	1521
143	2046
167	2695
176	3115
179	3133

ALTITUDE 2

118	1908
142	2472
178	3672
179	3874

ALTITUDE 3

178	3219
-----	------

FCV02 DU SUJET :32

ALTITUDE 1

110	1174
134	1731
167	2320
174	2650
176	2870

ALTITUDE 2

131	1881
162	1602
165	2403
169	2581

ALTITUDE 3

0	0
---	---

FCV02 DU SUJET :33

ALTITUDE 1

136	1681
174	2676

ALTITUDE 2

155	1791
179	2148

ALTITUDE 3

0	0
---	---

FCV02 DU SUJET :34

ALTITUDE 1

124	1912
163	2574
179	3699

ALTITUDE 2

136	1546
155	2238
178	2535

ALTITUDE 3

148	1880
172	2833
178	2754

FCV02 DU SUJET :35

ALTITUDE 1

104	1176
128	2211
144	3144
159	3453
168	4119
179	4613

ALTITUDE 2

0	0
---	---

ALTITUDE 3

0	0
---	---

FCV02 DU SUJET :36

ALTITUDE 1

0	0
---	---

ALTITUDE 2

130	1670
163	2409
170	2779
179	3173

ALTITUDE 3

0	0
---	---

FCV02 DU SUJET :37

ALTITUDE 1

0	0
---	---

ALTITUDE 2

127	1312
164	1865
176	2177
179	2395

ALTITUDE 3

131	1368
170	2198
175	2385



	MOY X	MOY Y	PENTE	ORD A ORIG.
SUJET 1				
ALTI 1	157	1762	15.71	-715
ALTI 2	160	2219	28.3	-2324
ALTI 3	156	1827	29.71	-2809
SUJET 2				
ALTI 1	144	2668	29.85	-1641
ALTI 2	147	2666	29.49	-1694
ALTI 3	152	2299	22.09	-1068
SUJET 3				
ALTI 1	161	2191	37.08	-3804
ALTI 2	150	1992	23.2	-1506
ALTI 3	154	1604	13.49	-479
SUJET 4				
ALTI 1	155	2298	23.3	-1322
ALTI 2	144	2107	27.3	-1835
ALTI 3	153	1752	19.32	-1204
SUJET 5				
ALTI 1	160	2306	24.17	-1568
ALTI 2	157	2504	31.71	-2500
ALTI 3	168	2256	34.82	-3612
SUJET 6				
ALTI 1	158	1771	30.15	-3001
ALTI 2	153	2198	48.64	-5277
ALTI 3	167	2144	31.57	-3130
SUJET 7				
ALTI 1	161	2152	34.13	-3360
ALTI 2	155	2424	36.56	-3244
ALTI 3	154	2085	25.04	-1790
SUJET 8				
ALTI 1	158	3339	25.57	-702
ALTI 2	152	3243	35.22	-2137
ALTI 3	147	3559	38.1	-2070
SUJET 9				
ALTI 1	0	0	0	0
ALTI 2	158	2392	32.8	-2808
ALTI 3	161	2348	25.45	-1751
SUJET 10				
ALTI 1	0	0	0	0
ALTI 2	154	2643	28.41	-1748
ALTI 3	162	2515	25.19	-1584
SUJET 11				
ALTI 1	152	2976	42.12	-3438
ALTI 2	140	2119	26.13	-1553
ALTI 3	153	2504	45.43	-4463



	MOY X	MOY Y	PENTE	ORD A ORIG.
SUJET 12				
ALTI 1	151	2004	32.11	-2852
ALTI 2	144	2047	24.55	-1497
ALTI 3	149	1408	15.63	-933
SUJET 13				
ALTI 1	164	2268	37.96	-3988
ALTI 2	143	2126	34.65	-2840
ALTI 3	146	1466	19.56	-1407
SUJET 14				
ALTI 1	146	1917	21.3	-1202
ALTI 2	145	1349	17.41	-1176
ALTI 3	150	1300	20.18	-1737
SUJET 15				
ALTI 1	143	1713	25.67	-1980
ALTI 2	136	1337	20.23	-1421
ALTI 3	137	1389	24.02	-1913
SUJET 16				
ALTI 1	178	2315	0	2315
ALTI 2	178	2270	0	2270
ALTI 3	174	1650	0	1650
SUJET 17				
ALTI 1	170	2780	41.66	-4304
ALTI 2	171	2637	25.15	-1664
ALTI 3	172	2355	0	2355
SUJET 18				
ALTI 1	0	0	0	0
ALTI 2	160	3138	34.6	-2427
ALTI 3	166	2681	32.76	-2759
SUJET 19				
ALTI 1	141	2520	25.67	-1119
ALTI 2	0	0	0	0
ALTI 3	151	2232	34.46	-2993
SUJET 20				
ALTI 1	151	2612	25.29	-1220
ALTI 2	0	0	0	0
ALTI 3	153	3106	38.09	-2723
SUJET 21				
ALTI 1	153	2175	24.98	-1654
ALTI 2	0	0	0	0
ALTI 3	158	2468	40.78	-3997

SUJET 22				
ALTI 1	133	2592	41.55	-2969
ALTI 2	135	2817	32.64	-1596
ALTI 3	122	2362	32.77	-1652
SUJET 23				
ALTI 1	150	2357	22.87	-1075
ALTI 2	152	2237	39.73	-3830
ALTI 3	160	2343	36.01	-3428
SUJET 24				
ALTI 1	156	1988	30.93	-2837
ALTI 2	161	2442	30.8	-2518
ALTI 3	164	2365	41.11	-4399
SUJET 25				
ALTI 1	0	0	0	0
ALTI 2	153	3596	42.17	-2891
ALTI 3	157	3484	38.92	-2643
SUJET 26				
ALTI 1	147	4008	56.34	-4320
ALTI 2	148	2664	37.91	-2959
ALTI 3	156	2563	45.18	-4508



	MOY X	MOY Y	PENTE	ORD A ORIG.
SUJET 27				
ALTI 1	141	2914	33.73	-1859
ALTI 2	152	2263	23.48	-1312
ALTI 3	144	2042	23.04	-1282
SUJET 28				
ALTI 1	149	2511	31.11	-2132
ALTI 2	149	1844	16.03	-550
ALTI 3	162	1931	25.92	-2286
SUJET 29				
ALTI 1	142	2171	27.52	-1754
ALTI 2	138	2815	28.94	-1179
ALTI 3	151	2301	27.52	-1863
SUJET 30				
ALTI 1	150	3267	32.03	-1557
ALTI 2	143	2022	26.45	-1761
ALTI 3	148	2353	25.63	-1460
SUJET 31				
ALTI 1	157	2502	28.82	-2036
ALTI 2	154	2981	31.67	-1905
ALTI 3	178	3219	0	3219
SUJET 32				
ALTI 1	152	2149	23.53	-1433
ALTI 2	156	2116	12.56	147
ALTI 3	0	0	0	0
SUJET 33				
ALTI 1	155	2178	26.18	-1881
ALTI 2	167	1969	14.87	-515
ALTI 3	0	0	0	0
SUJET 34				
ALTI 1	155	2728	29.59	-1869
ALTI 2	156	2106	23.17	-1518
ALTI 3	166	2489	32.15	-2849
SUJET 35				
ALTI 1	147	3119	45.33	-3545
ALTI 2	0	0	0	0
ALTI 3	0	0	0	0
SUJET 36				
ALTI 1	0	0	0	0
ALTI 2	160	2507	29.35	-2204
ALTI 3	0	0	0	0
SUJET 37				
ALTI 1	0	0	0	0
ALTI 2	161	1937	19.19	-1163
ALTI 3	158	1983	22.41	-1574



SUJETS 1 A 37 ALTI 1
151 2488 25.86 -1429

N-2=125, L=.707104394 ET PL=3.001

SUJETS 1 A 37 ALTI 2
151 2383 26.64 -1661

N-2=129, L=.70710438 ET PL=3.001

SUJETS 1 A 37 ALTI 3
155 2266 25.58 -1705

N-2=115, L=.707103941 ET PL=3.001



SUJETS 1 A 11 ALTI 1
156 2404 24.01 -1361

N-2=30, L=.707097053 ET PL=3.219

SUJETS 1 A 11 ALTI 2
152 2445 29.39 -2044

N-2=37, L=.707098002 ET PL=3.143

SUJETS 1 A 11 ALTI 3
157 2313 19.61 -773

N-2=32, L=.707096581 ET PL=3.143



SUJETS 12 A 26 ALTI 1
149 2404 25.09 -1358

N-2=52, L=.707100837 ET PL=3.071

SUJETS 12 A 26 ALTI 2
150 2411 29.79 -2064

N-2=53, L=.707101334 ET PL=3.071

SUJETS 12 A 26 ALTI 3
153 2265 29.81 -2322

N-2=56, L=.70710116 ET PL=3.071



SUJETS 27 A 37 ALTI 1
149 2664 29.86 -1793

N-2=39, L=.707099683 ET PL=3.143

SUJETS 27 A 37 ALTI 2
153 2275 18.89 -618

N-2=35, L=.70709817 ET PL=3.143

SUJETS 27 A 37 ALTI 3
155 2204 21.99 -1215

N-2=23, L=.707093268 ET PL=3.219

V02REPOS/FCREPOS DE 1 A 37

VALEURS :

1.91578947	3.8	3.71875
3.91025641	4.15068493	4.73684211
3.61038961	4.1025641	3.54022989
3.27586207	4.125	3.37777778
3.84615385	4	3.96666667
2.01265823	3.85365854	3
2.62820513	3.32352941	4.21794872
5.12727273	7.28333334	7.14545455
0	5.50704225	5.88
0	6.46268657	6.74025974
4.13157895	4.425	2.81578947

MOYENNES ETC....

9	11	11
3.38424072	4.63940901	4.46724717
1.09484974	1.53675001	2.22073429
1.04635068	1.23965722	1.49021284
.34878356	.373770714	.449316075
.30918329	.267201536	.333586385

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
4.77083334	0	6.28333333
6.41071429	0	6.15789474
2.92682927	0	4.15384615
6.90909091	12.1395349	6.72916667
3.59259259	2.70666667	4.27848101
3.05882353	3.37878788	3.94029851
6.640625	7.37878788	6.26984127
7.86206897	4.04	4.29166667

MOYENNES ETC....

8	5	8
5.27144724	5.92875547	5.26306605
3.71826845	15.2819908	1.41397403
1.92828122	3.90921869	1.1891064
.681750363	1.74825575	.4204126
.36579731	.659365817	.225934159

5.77419355	4.14754099	3.73333333
0	3.60294118	3.81538462
4.140625	5.43333334	4.34210526
4.29090909	0	4.9516129
3.23611111	3.36231884	3.45333333
0	4.16923077	0
2.67647059	1.90540541	2.01333333
2.69333334	2.75342466	2.24096386
0	0	0
0	4.7	0
0	2.57777778	3.15789474

MOYENNES ETC....

6	9	8
3.80194045	3.627997	3.46349517
1.41188696	1.23470766	.982019417
1.1882285	1.111174	.990968929
.485092253	.370391334	.350360425
.312532117	.306277542	.286118178

MOYENNES ETC....

23	25	27
4.14962552	4.53316998	4.40563736
2.63234629	4.31706732	2.00013761
1.62245071	2.07775536	1.41426221
.338304358	.415551071	.27217489
.390987258	.458344904	.321011944

VO2MAX/FCMAX DE 1 A 37
VALEURS :

14.1617647	16.4574468	12.2568306
18.6141304	19.68	14.8888889
16.1117647	14.1547619	10.6
17.4719101	16.5862069	12.9415205
16.983871	18.480663	15.1340782
14.0645161	15.0702703	13.5189189
15.3218391	17.741573	14.7017544
22.5497076	24.2388889	25.597561
0	22.4835165	15.7936508
0	19.5675676	16.8177083
22.2134832	15.5059524	19.0625

MOYENNES ETC....

9	11	11
17.4992208	18.1788043	15.5739465
9.85535943	9.82191872	16.2557779
3.13932468	3.13399405	4.03184548
1.04644156	.94493476	1.21564715
.17939797	.17239825	.258883994

18.7929293	19.5409836	13.9521277
18.605	19.9060774	14.4623656
17.2395833	15.3010204	12.2765957
16.3421053	14.0152284	11.6947368
13.2338309	15	12.8350516
18.1621622	17.5268817	13.3806818
0	21.3736264	19.1578947
20.5	0	16.5238095
21.7165775	0	23.543956
17.4054054	0	18.9344262
22.2531646	22.8481013	19.4437086
19.9259259	19.1256831	16.6516854
18.6612022	19.1135135	17.8793104
22.7754011	25.827957	23.1675676
32.2166667	21.9175824	20.5113636

MOYENNES ETC....

14	12	15
19.8449967	19.2913879	16.9610188
18.9983413	12.0362892	14.6637402
4.35870867	3.46933555	3.82932634
1.16491389	1.00151091	.98872781
.219637661	.179838567	.22577219

24.2954546	16.0823529	15.6606061
21.8263158	13.5081081	13.0681818
17.8392857	21.0359282	16.4036145
24.45	15.4647059	17.2951807
20.5454546	22.1657754	18.0842697
18.3050848	15.005814	0
17.0744681	12.9010417	9.78488373
19.9945946	14.241573	15.4719101
25.4861879	0	0
0	18.8297872	0
0	13.1593407	13.3988764

MOYENNES ETC....

9	10	8
21.0907607	16.2394427	14.8959404
9.67212452	11.0075479	7.25944784
3.11000394	3.31776249	2.69433625
1.03666798	1.04916862	.952591717
.147458121	.20430273	.180877218

MOYENNES ETC....

32	33	34
19.5356184	17.9956948	16.0263593
14.955702	11.9076623	13.4619495
3.86726028	3.45074807	3.66905295
.683641491	.600698136	.629237388
.197959451	.191754089	.228938643



INSTALLATION V02/FC 1' DE 1 A 37

VALEURS :

5.13333333	0	6.46153846
9.75	10.4117647	8.79090909
4.86666667	5.86086957	4.504
5.62	7.80909091	6.11111111
6.40952381	8.25217392	7.73846154
4.475	7.928	6.43478261
6.09565218	8.58196721	7.61739131
7.71276596	13.752381	13.8404255
0	8.38333334	0
0	9.96	11.1300813
11.0344828	8.21538462	6.07518797

MOYENNES ETC....

9	10	10
6.78860275	8.91549653	7.8703889
5.17843435	4.39776428	7.65465618
2.27561736	2.09708471	2.76670493
.758539118	.663156413	.87490892
.335211448	.235217938	.351533446

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
5.79207921	0	9.14285714
8.33	0	8.78
7.82051282	0	7.968
11.3636364	13.6585366	15.0752688
6.96581197	0	8.56521739
6.528	6.88888889	6.74242425
8.45360825	11.6435644	11.83333333
14.2019231	7.84761904	6.6440678

MOYENNES ETC....

8	4	8
8.68194646	10.0096522	9.34389609
7.78794441	10.1325257	7.99435511
2.79068888	3.18316285	2.82742906
.986657515	1.59158143	.999647132
.321435854	.318009335	.302596373

11.9456522	5.73913044	4.75789474
4.25	7.81739131	7.06451613
6.84684685	12.2285714	7.1047619
11.6039604	8.83928572	4.67567568
5.625	10.7232143	0
7.90740741	8.64150943	0
6.83478261	7.40151515	0
6.18691589	6.55833334	5.17647059
6.5221239	0	0
0	9.08035714	0
0	5.46296297	6.11290323

MOYENNES ETC....

9	10	6
7.52474325	8.24922712	5.81537038
6.79930802	4.55296648	1.22735459
2.60754828	2.13376814	1.10786037
.869182759	.674756733	.452282101
.346529867	.258662795	.190505556

MOYENNES ETC....

26	24	24
7.62598791	8.82024355	7.84780333
6.62644475	5.21583719	7.55153545
2.57418818	2.28382075	2.74800572
.504839836	.466182957	.560934319
.337554715	.258929442	.350162409

INSTALLATION VO2/FC&DE 1 A 37

VALEURS :

9.82307693	10.0762712	13.5522388
15.5714286	13.01	11.2619048
10.76	10.9	9.35555556
10.3738318	12	8.95762712
12.3833333	12.1016949	5.17931034
4.224	11.5234375	10.1351351
9.6015625	13.056	12.016
12.78125	17.047619	19.59
0	12.4580153	13.0220588
0	0	12.9428571
10.0434783	12.8692308	12.4963504

MOYENNES ETC....

9	10	11
10.6179957	12.5042269	11.6826398
9.41133095	3.46497478	12.7883288
3.06778926	1.86144427	3.57607729
1.02259642	.588640364	1.07822787
.288923573	.148865203	.306101818

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
14.7227723	0	11.0620155
14.59	0	13.9509804
11.8376068	0	9.89147287
0	13.7826087	16.5104167
11.2936508	10.3442623	13.2318841
10.1317829	11.0551181	9.86956522
14.6774194	16.1904762	14.3090909
17.872549	11.1391304	11.0081967

MOYENNES ETC....

7	5	8
13.5893973	12.5023192	12.4792028
7.01820729	5.96288176	5.7158096
2.64918993	2.44190126	2.39077594
1.00129968	1.09205144	.84526694
.194945358	.195315863	.191580823



18.71875	12.0454545	10.5882353
11.4173913	10.2477876	9.16153847
11.7657658	16.8349515	10.24
22.9223301	0	12.9396552
11.2068966	15.1525424	0
9.32727273	11.531746	0
12.1428571	6.33783784	9.73972603
7.87931035	11.2313433	9.9586207
12.1886793	0	0
0	14.601626	0
0	9.89344263	9.35433071

MOYENNES ETC....

9	9	7
13.0632504	11.9863035	10.2831581
22.4334073	10.0577652	1.61221753
4.7363918	3.17139799	1.26973128
1.57879727	1.05713266	.479913315
.36257376	.264585156	.123476784



MOYENNES ETC....

25	24	26
12.3302798	12.3096082	11.5509526
14.132802	5.95667871	7.83609293
3.75936191	2.4406308	2.79930222
.751872382	.498191676	.548988333
.304888613	.198270389	.242343842



INSTALLATION VO2/FC 3' DE 1 A 37

VALEURS :

10.1942446	10.32	9.93661972
15.3796296	13.6944444	12.5083333
10.737931	10.808	8.6
12.9181818	11.6818182	9.8333333
10.8484848	12.204918	11.2434211
7.81538462	12.7384615	11.1959459
10.4222222	13.0814815	10.9393939
12.0612245	16.4571429	19.728972
0	16.3095238	12.5
0	14.3130435	12.6594203
0	14.5503876	13.6928571

MOYENNES ETC....

8	11	11
11.2971629	13.287202	12.0762088
4.92811562	4.103955	8.63379073
2.21993595	2.02582206	2.93833129
.784865882	.610808332	.885940216
.196503845	.152464158	.243315707

MOYENNES ETC....

8	5	8
13.9006093	12.7476881	12.9718819
9.21711935	11.8229657	4.57766242
3.03597091	3.43845398	2.13954725
1.07337781	1.53772337	.756444184
.2184056	.269731575	.164937306

MOYENNES ETC....

9	10	6
13.5136595	12.8029254	11.5536925
13.4845713	4.46879832	2.64537841
3.67213444	2.11395324	1.62646193
1.22404481	.668490712	.664000303
.271735013	.16511486	.140774209

MOYENNES ETC....

25	26	25
12.9282045	12.9971891	12.2374203
9.95104048	5.20657674	5.79227867
3.15452698	2.28179244	2.40671533
.630905396	.447496315	.481343065
.244003487	.175560456	.19666852



INSTALLATION V02/FC 4' DE 1 A 37

VALEURS :

10.2285714	10.6538462	0
14.6909091	0	13.1583333
11.0344828	11.5461538	9.60144928
11.6517857	10.9181818	9.73387097
12.2518519	12.5116279	11.6903226
7.936	11.2142857	11.3806452
10.1357143	13.3571429	12.4275362
11.8541667	15.5833333	19.2123894
0	12.4637681	12.4318182
0	14.576	13.7007299
14.6451613	14.4586466	14.7183099

MOYENNES ETC....

9	10	10
11.6031826	12.7282986	12.8055405
4.63606034	2.92680793	7.65446368
2.15315126	1.71079161	2.76667014
.717717086	.540999808	.874897918
.185565576	.134408506	.216052586

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
15.1111111	0	11.372093
14.7522936	0	14.173913
10.8606557	0	0
14.5480769	18.9120879	17.0380952
11.5546875	10.8676471	11.4172662
10.3	10.8174603	10.3958333
16.2828283	16.9821429	16.3931624
18.3495146	12.1160714	11.2

MOYENNES ETC....

8	5	7
13.969896	13.9390819	13.1414805
7.96403826	14.1231523	7.3724218
2.82206277	3.75807827	2.7152204
.99774986	1.6806637	1.02625685
.202010292	.269607302	.206614499

18.17	9.46938776	11.6666667
11.5575221	11.4913793	9.24460432
11.2962963	17.6	13.6564886
17.990566	10.6495727	13.5042735
11.976378	16.1694915	0
10.6727273	14.25	0
12.3602941	11.5548387	0
15.4193548	11.3676471	12.7027027
11.3076923	0	0
0	12.8461539	0
0	0	10.4427481

MOYENNES ETC....

9	9	6
13.416759	12.8220523	11.8695806
8.83065148	7.19069895	3.10537581
2.97164421	2.68154786	1.76220765
.99054707	.893849287	.719418261
.221487262	.20913562	.148464188

MOYENNES ETC....

26	24	23
12.9591785	13.0157028	12.6636197
7.60349254	6.33852767	6.10156553
2.75744312	2.51764328	2.47013472
.540779087	.513911782	.515058694
.21277916	.193431221	.195057558

SPR#0DVO2/DFC 4'-1' DE 1 A 37

VALEURS :

40.8	0	0
-262	0	61.2
40.64	55.1333334	58.6153846
61.9166667	0	34.1875
32.7	47.5	32.24
91	38.6	51.5294118
28.72	45.7222222	36.4782609
206.5	79.6666667	45.7894737
0	39.6666667	0
0	33.04	36.2857143
67	285	142.444444

MOYENNES ETC....

9	8	9
34.1418519	78.0411111	55.41891
15326.1634	7198.56567	1179.72479
123.798883	84.8443615	34.3471221
41.2662943	29.9970117	11.4490407
3.62601547	1.08717521	.619772602

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
149.571429	0	21.125
86.1111111	0	50.1333334
82	0	0
32.0625	66.7777778	32.25
60.3636364	0	25.0833333
41.7333333	0	50.5833333
396	66	71.1111111
-413	76.1428572	56

MOYENNES ETC....

8	3	7
54.3552512	69.6402117	43.7551588
49524.7475	31.8645328	329.786528
222.541564	5.64486783	18.1600256
78.6803244	3.25906596	6.8638445
4.09420541	.0810575915	.41503736

89.75	66.6666667	62.1538462
830	434	27.2666667
-153.333333	130.4	40.1153846
147	51.2	176.833333
120.857143	117.833333	0
160	37.1153846	0
42.6190476	35.3913044	0
73.5294118	47.4375	98
-48.7777778	0	0
0	36.2777778	0
0	0	87.1428572

MOYENNES ETC....

9	9	6
140.182721	106.257996	81.9186813
76877.8867	16361.2966	2883.9398
277.268619	127.911284	53.7023259
92.4228728	42.6370947	21.9238827
1.97790866	1.20378031	.655556523

MOYENNES ETC....

26	20	22
77.0678142	89.4785745	58.9349268
45634.7074	9795.01099	1463.33206
213.622816	98.9697479	38.2535235
41.894881	22.1303084	8.15567861
2.77188108	1.10607202	.649080699

DVO2/DFC 4'-2' DE 1 A 37
VALEURS :

15.5	16.3333333	0
64	0	-26.6666667
12.75	19.3	20.6666667
39	0	25
11.2	16.9090909	106.1
0	7.91666667	37.7142857
15.8333333	15.8666667	16.3846154
0	-35.6666667	16.3076923
0	12.5714286	32.5
0	0	-21.6666667
73.4444445	83.3333334	75.6

MOYENNES ETC....

7	8	10
33.1039683	17.0704816	28.1939927
686.487395	1040.42793	1585.47092
26.2009045	32.2556651	39.8179723
9.90301106	11.4040997	12.5915484
.791473224	1.889558	1.41228569

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
20.7142857	0	0
16.5555556	0	15.9230769
-12	0	0
0	-453	22.6666667
28	15.4285714	-239
12.2727273	41	22.5
41.1666667	28.8571429	49.1428572
67	-25.3333333	14.125

MOYENNES ETC....

7	5	6
24.815605	-78.6095239	-19.1070666
609.130427	44426.3168	11763.7256
24.6805678	210.775513	108.46071
9.32837781	94.2616749	44.2788995
.994558375	-2.68129741	-5.67647106



5	-13.2	30
3.5	58.3333333	10.4444444
28.6666667	28.8571429	84.8333334
-151.333333	0	79
20.0909091	0	0
0	71.3333334	0
15.1	121.857143	0
124.75	20.5	145.333333
58	0	0
0	-18	0
0	0	45

MOYENNES ETC....

8	7	6
12.9717803	38.5258503	65.7685186
5996.12657	2450.32036	2328.11409
77.4346601	49.5007108	48.2505347
27.3772866	18.70951	19.6981983
5.96947052	1.28487004	.733641805



MOYENNES ETC....

22	20	22
23.1459662	.659859307	25.5413017
2442.30247	12805.2453	5069.95425
49.4196567	113.160264	71.2036112
10.5363062	25.3034043	15.1806609
2.13513043	171.491502	2.78778318

DV02/DFC 4'-3' DE 1 A 37

VALEURS :

15	19	0			
-22.5	0	0			MOYENNES ETC....
0	30	54.6666667			7 9 9
-58	0	6.75			5.38571429 7.24894181 15.2724868
74	17.8571429	34.3333333			1646.83476 382.487927 3635.8798
4.8	-8.6	15.2857143			40.581212 19.5572986 60.298257
2.4	20.8	45.1666667			15.3382564 6.51909952 20.099419
22	-15	10			7.53497304 2.69795221 3.94816233
0	-27.9166667	14.75			
0	17.6	-130			
0	11.5	86.5			
<hr/>					
0	0	0			
0	0	0			
0	0	0			
0	0	0			
0	0	0			MOYENNES ETC....
0	0	0			7 5 5
0	0	0			-3.71785715 54.85 -19.5114286
0	0	-9.85714286			8362.3864 4255.6125 4778.41851
19.375	0	19.3			91.4460847 65.2350558 69.1261059
-20	0	0			34.5633712 29.1740039 30.9141344
81.75	-11	0			-24.5964493 1.18933557 -3.54285211
-198	62.25	-133			
10.25	-12	0			
51.6	105	48.5			
29	130	-22.5			
<hr/>					
13.3333333	-49.6	109			
0	36.3333333	2.5			
0	13.75	25			
-17.5	-7.5	0			
29.4	-84	0			MOYENNES ETC....
159	185	0			7 9 4
5.75	28	0			16.7119048 3.79444444 39.1875
3	-86	0			5082.07266 6670.04556 2259.89063
-76	0	0			71.2886573 81.6703469 47.538307
0	-1.83333333	0			26.9445798 27.223449 23.7691535
0	0	20.25			4.265741 21.5236639 1.21309874
<hr/>					
MOYENNES ETC....					
21	23	18			
6.1265873	16.2452381	10.9247355			
4600.71697	3773.54348	3704.55568			
67.8285853	61.4291745	60.8650613			
14.8014108	12.8088683	14.3460325			
11.0711856	3.78136499	5.57130757			

VO2REPOS/VEREPOS DE 1 A 37

VALEURS :

3.37037037	2.66942149	2.81102362
2.16312057	2.16428572	2.52808989
2.7254902	2.44274809	2.2
2.28	2.46268657	1.97402597
2.80373832	3.06122449	3
2.44615385	2.02564103	2.06976744
2.38372093	2.32989691	2.61111111
2.54054054	2.74842767	2.82733813
0	3.31355932	3.2189781
0	1.71146245	2.05952381
3.52808989	2.34437086	2.18367347

MOYENNES ETC....

9	11	11
2.69346941	2.47942951	2.49850287
.225086747	.207995456	.1829756
.47443308	.456065188	.427756472
.15814436	.137508828	.128973429
.176141997	.183939566	.171205116

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
2.43617021	0	2.71223022
2.00558659	0	1.828125
1.81818182	0	2.17449664
2.18705036	3.98473283	2.93636364
3.46428572	3.171875	3.52083333
2.97142857	3.32835821	3.06976744
1.92307692	2.10822511	2.70547945
3.35294118	2.8317757	2.64102564

MOYENNES ETC....

8	5	8
2.51984017	3.08499337	2.69854017
.431517716	.473625337	.272331917
.656900081	.68820443	.521854306
.232249251	.307774377	.184503359
.260691169	.223081332	.193383931



3.44230769	2.84269663	2.73170732
0	2.31132075	2.21428572
2.12	1.79120879	1.6751269
3.02564103	0	2.10273973
2.84146342	2.76190476	2.91011236
0	1.80666667	0
3.71428572	2.87755102	2.3968254
3.10769231	3.04545455	2.69565217
0	0	0
0	2.25342466	0
0	2.05309735	1.93548387

MOYENNES ETC....

6	9	8
3.04189836	2.41592502	2.33274168
.301419257	.230212551	.18364927
.549016628	.479804701	.428543195
.2241351	.1599349	.1515129
.180484869	.198600824	.183707951



MOYENNES ETC....

23	25	27
2.72397114	2.57768066	2.50865876
.330754975	.310194065	.213798946
.575113011	.556950685	.462383982
.119919352	.111390137	.0889858387
.211130361	.216066595	.184315216



VO2MAX/VEMAX DE 1 A 37

VALEURS :

3.14705882 2.4343037 2.53446328
 2.46935833 2.17013233 2.20757825
 2.02289513 1.7826087 1.63457944
 1.71728327 1.49611198 1.47238856
 2.05664063 1.90706956 1.8
 1.77355932 1.96199859 1.57791798
 2.38248436 2.24130589 1.75558659
 2.67777778 2.10163776 2.00381862
 0 2.74079036 2.98201798
 0 2.65201465 1.75967303
 2.66262626 2.18723762 1.82416268

MOYENNES ETC....

9 11 11
 2.32329821 2.15229192 1.95928967
 .221879075 .135119605 .2053356
 .471040418 .367586188 .453139714
 .157013473 .110831406 .136626764
 .20274643 .170788258 .231277549

2.94150198 2.76780186 2.27493495
 2.97918335 2.60709117 2.10980392
 2.19496021 2.13603989 1.69705882
 1.83510638 1.94163151 1.8006483
 1.83195592 1.98074278 1.54370738
 2.21635884 1.79022515 1.61633493
 0 2.12452212 2.28356336
 2.40344828 0 1.52863436
 3.24361023 0 1.84698276
 2.70815812 0 1.85790885
 2.37567568 2.03494927 1.9704698
 2.4249839 1.9751693 2.08438819
 2.100246 1.95359116 1.85178571
 1.75919042 1.88097103 1.83162393
 3.02978056 1.9401751 1.49544325

MOYENNES ETC....

14 12 15
 2.43172571 2.09440919 1.8528859
 .233623919 .0867869739 .0649293475
 .483346583 .29459629 .254812377
 .129179808 .0850426236 .0657922729
 .198766901 .140658421 .137521893

3.2791411 2.1342701 1.93124066
 2.87188366 1.72226051 1.47719974
 1.65763274 2.46872804 1.96040317
 2.89539474 1.92178363 1.6075028
 3.1286645 2.55548705 2.146
 2.1657754 1.67815345 0
 3.12256809 1.84437826 0
 2.4858871 1.57943925 1.82868526
 2.95705128 0 0
 0 1.88398084 0
 0 1.6759972 1.19608826

MOYENNES ETC....

9 10 7
 2.72933318 1.94644783 1.73530284
 .280193212 .113776879 .106692773
 .529332799 .337308284 .326638596
 .176444266 .106666245 .123457785
 .19394217 .173294284 .188231465

MOYENNES ETC....

32 33 33
 2.48493257 2.06886666 1.86341197
 .253743188 .111377972 .11938084
 .503729281 .333733385 .345515326
 .0890475975 .0580955253 .060146498
 .20271346 .161312177 .185420794

INSTALLATION VO2/VE1 DE 1 A 37

VALEURS :

3.12690355	0	2.68370607
2.10404624	2.67506297	3.10932476
2.92	2.72874494	2.252
2.58986175	2.59516616	2.2147651
3.20476191	3.27241379	3.08588957
2.87165775	2.67115903	2.34300792
2.20440252	3.20183486	2.7120743
2.87698413	3.79002625	2.80993521
0	3.44520548	0
0	3.5319149	3.79224377
4.06349206	2.80314961	2.41916168

MOYENNES ETC....

9	10	10
2.88467888	3.0714678	2.74221084
.338910396	.184343693	.238511541
.582160112	.429352644	.488376433
.194053371	.135773227	.154438188
.201811063	.139787448	.178095873

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0

MOYENNES ETC....

8	4	8
2.89542723	2.95172901	2.65684248
.279355644	.157818762	.328537751
.528541052	.397264097	.573182128
.186867481	.198632048	.202650485
.182543373	.134586913	.215738093

2.86764706	0	2.23776224
2.47916667	0	1.82536383
2.57746479	0	2.52151899
2.61096606	2.50559284	2.40893471
3.86255924	0	3.21895425
2.7661017	3.08896797	2.73006135
2.44047619	3.42857143	3.67241379
3.55903615	2.78378379	2.63973064

4.16287879	2.23728814	2.22660099
4.06837607	2.65976331	2.54651163
3.56807512	3.98757764	2.15606937
3.60615385	2.25512529	1.19310345

MOYENNES ETC....

9	10	6
3.52023605	2.94685025	2.38214898
.387555223	.450999594	.549677553
.622539334	.671565033	.741402424
.207513111	.21236751	.302676272
.176845906	.227892487	.311232602

3.30882353	4.00333333	0
2.35911602	2.20722892	0
4.22580645	2.96960486	0
3.55913979	2.91481482	3.43414634
2.82375479	0	0
0	3.42424243	0
0	2.80952381	2.73646209

MOYENNES ETC....

26	24	24
3.10798662	2.99958736	2.62373925
.404280401	.273051622	.334524892
.635830482	.522543416	.578381269
.124696617	.106663728	.118061582
.204579543	.1742051	.220441596

INSTALLATION VO2/VE2 DE 1 A 37

VALEURS :

3.97819315	2.94306931	3.08319185
2.96598639	2.94343891	2.65233645
4.07575758	3.79130435	2.63674322
3.33333333	2.68839104	2.19294606
3.98391421	3.35211268	2.8996139
3.01714286	2.94411178	2.49169435
3.01965602	3.2	2.60311958
3.51575931	3.83297645	3.01848999
0	4.02962963	3.542
0	0	3.40601504
4.16967509	2.82124789	2.08019441

MOYENNES ETC....

9	10	11
3.56215755	3.2546282	2.78239499
.248138643	.226043754	.212117344
.498135166	.475440589	.460561987
.166045055	.150347515	.138864664
.139840857	.146081383	.165527177

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0

MOYENNES ETC....

7	5	8
3.81908739	3.49456184	3.02894071
.310371422	.564285934	.78367249
.557109883	.751189679	.885252783
.210567743	.335942237	.312984123
.145875134	.214959618	.292264811

3.31180401	0	2.02987198
4.22898551	0	3.11378556
3.25117371	0	2.24647887
0	2.26428571	2.1922545
4.39197531	3.94375	4.37889688
3.33418368	3.54545455	2.88559322
3.66935484	4.22885572	4.16402117
4.54613467	3.49046322	3.2206235

4.64341085	3.30218069	2.88
4.65602837	2.6743649	2.32617188
3.59779614	3.55327869	2.74678112
4.14938489	0	2.44462541

MOYENNES ETC....

9	9	7
4.17118627	3.05798389	2.46345978
.379558099	.37648059	.107754309
.616082867	.613580141	.328259514
.205360956	.204526714	.124070434
.147699678	.200648585	.13325142

2.93142857	2.70577281	0
4.84177215	2.74269006	1.87351779
4.41545894	2.76146789	2.5971223
4.47058824	0	0
0	3.34450652	0
0	2.19056261	2.376

MOYENNES ETC....

25	24	26
3.85334824	3.23087276	2.77238804
.356847361	.344595652	.377964762
.597367024	.587022702	.614788388
.119473405	.119825507	.120569922
.155025444	.18169168	.22175409

INSTALLATION VO2/VE 3' DE 1 A 37

VALEURS :

3.75862069	2.97921478	2.89139344
2.75	2.78531074	2.46875
3.23700624	2.72929293	2.3313253
2.85915493	2.45229008	2.17311234
3.21797753	3.21598272	2.64551084
2.80662984	2.77852349	2.36376605
2.88319672	3.01365188	2.4939551
3.29247911	3.4015748	2.94832402
0	4.63882619	3.41365462
0	3.63355408	3.04886562
0	2.79315476	1.90746269

MOYENNES ETC....

8	11	11
3.10063313	3.12921604	2.60782909
.116727386	.362320337	.188945659
.341653897	.601930508	.4346788
.120792894	.181488877	.131060589
.11018843	.192358246	.166682242

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0

MOYENNES ETC....

8	5	8
3.8130045	3.47643911	2.849484
.452559636	.300842489	.54238647
.672725528	.548491102	.73646892
.237844391	.245292678	.260381084
.176429251	.157773827	.258456942

3.10700389	0	1.97429306
4.67202573	0	3.53071253
3.53904282	0	2.26073132
3.15608919	2.75371901	2.13653137
4.25581396	4.04276316	2.85714286
3.22068966	3.51822917	2.85490196
3.80337079	3.95327103	4.14423077
4.75	3.1142132	3.03732809

4.35338346	3.45882353	2.59819413
4.23280423	2.59322034	2.25088968
3.37969925	3.5027933	2.59165425
3.71319312	2.53137255	2.37709924
3.59685864	3.79912664	0
3.16199377	2.33287483	0
4.22959184	2.53304598	0
4.27927928	2.50306749	2.6477612
4.21587302	0	0
0	3.17169811	0
0	2.53346457	2.18877551

MOYENNES ETC....

9	10	6
3.90696407	2.89594873	2.44239567
.201286943	.281768638	.0387975218
.448650134	.530818837	.196970865
.149550045	.167859655	.0804130191
.114833443	.183297042	.0806465832

MOYENNES ETC....

25	26	25
3.61887111	3.10627151	2.64545464
.366347903	.339830347	.269839321
.605266804	.582949695	.519460606
.121053361	.114325841	.103892121
.167252932	.187668622	.196359672

INSTALLATION VO2/VE 4' DE 1 A 37

VALEURS :

3.69072165	2.86749483	0
2.73434856	0	2.72241379
3.27868853	2.42487884	2.02599388
2.59960159	2.4661191	2.12126538
2.9588551	2.99443414	2.58119658
2.72527473	2.88073395	2.26735219
2.6424581	2.70231214	2.32700136
3.10928962	3.11666667	2.93775372
0	3.90022676	3.46934461
0	3.47709924	2.99362041
3.85562633	2.79100145	1.92804428

MOYENNES ETC....

9	10	10
3.06609602	2.96209671	2.53739862
.21192235	.201908998	.244033466
.460350247	.449342851	.493997435
.153450082	.142094686	.156215705
.150142149	.151697563	.19468657

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
3.12045889	0	1.92015707
4.49162012	0	3.38877339
3.36294416	0	0
2.73598553	2.75801282	2.09730364
3.75380711	3.76081425	2.38646617
3.24774775	3.53108808	2.9702381
3.59020045	4.18021978	4.13362069
4.31506849	3.34236453	2.98360656

MOYENNES ETC....

8	5	7
3.57722906	3.5144999	2.84002366
.354667388	.276508038	.602598894
.595539577	.525840316	.776272435
.210555037	.235162938	.293403402
.166480694	.14962024	.273333088

4.35731415	2.50134771	5.55066079
3.20098039	2.61886051	2.18166384
3.46590909	3.42654867	2.72298326
3.5380334	2.46245059	2.42331289
3.43340858	3.80079681	0
3.05729167	2.40845071	0
3.90023202	2.51544944	0
3.83166333	2.42700157	2.90123457
3.78135048	0	0
0	3.02536232	0
0	0	2.01176471

MOYENNES ETC....

9	9	6
3.61846479	2.79847426	2.96527001
.156309168	.256784578	1.71279548
.395359542	.506739161	1.30873813
.131786514	.168913054	.534290103
.10926168	.181076942	.441355466

MOYENNES ETC....

26	24	23
3.4145723	3.01582229	2.74112052
.284290084	.290213591	.689128586
.533188601	.538714759	.830137691
.104566888	.10996469	.173095674
.156150918	.178629477	.302846112

DV02/DVE 4'-1' DE 1 A 37
VALEURS :

4.27225131	0	0
7.27777778	0	2.27509294
3.52777778	2.22311828	1.88613861
2.60701755	2.19230769	2.01845019
2.81088825	2.67068273	2.14361702
2.57062147	3.32758621	2.19548872
3.27853881	2.25479452	2.02657005
3.62280702	1.50314465	3.15217391
0	4.79194631	0
0	3.41322314	1.90977444
3.43589744	2.77597403	1.70933333

MOYENNES ETC....

9	9	9
3.7115086	2.79475306	2.14629325
2.08379981	.915057201	.172005711
1.44353726	.956586223	.414735712
.481179086	.318862074	.138245237
.388935447	.342279336	.19323348

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
3.28213166	0	1.51343284
35.2272728	0	0
10.5128205	0	0
3.01764706	3.39548023	1.42804428
3.6284153	0	1.67688022
4.20134228	4.71428572	3.41011236
7.00884956	6.48214286	5.51724138
17.9565218	4.84545455	3.51832461

MOYENNES ETC....

8	4	6
10.6043751	4.85934084	2.84400595
124.87341	1.5992027	2.61178489
11.1746772	1.26459587	1.61610176
3.95084501	.632297933	.65977078
1.05377989	.260240207	.568248375

4.69281046	2.96296296	33.6666667
2.85223368	2.5380117	1.66938776
3.30935252	2.68312757	3.35369775
3.43457944	3.82089552	4.88940092
3.53974895	3.5	0
14.5454546	2.63661202	0
3.65306123	2.12532637	0
3.99361023	2.06811989	2.65462754
8.78	0	0
0	2.56078431	0
0	0	1.51364764

MOYENNES ETC....

9	9	6
5.42231678	2.76620448	7.95790472
14.8468041	.338194391	160.150704
3.85315509	.581544832	12.6550664
1.28438503	.193848277	5.1664092
.710610471	.210232047	1.59025105

MOYENNES ETC....

26	22	21
6.42459344	3.15845369	4.00610015
48.9844716	1.37956797	47.4060881
6.99889074	1.17455012	6.88520792
1.3725954	.250414926	1.50247555
1.08939045	.371875047	1.71868093

DV02/DVE 4' -2' DE 1 A 37
VALEURS :

2.31343284	2.48101266	0
-42.6666667	0	3.55555556
1.61392405	.704379562	.354285714
1.15384615	29.75	1.72413793
.903225807	1.6460177	2.39503386
2.45502646	2.15909091	1.5
1.46153846	1.30769231	1.33125
-5.23529412	-1.46575343	2.35555556
0	2.44444445	4.81481482
0	0	.684210526
3.4072165	2.60416667	1.44827586

MOYENNES ETC....

9	9	10
-3.84375006	4.62567232	2.01631198
218.094912	90.391126	1.79334996
14.7680368	9.50742479	1.33916017
4.92267894	3.16914159	.423479629
-3.84209083	2.05536064	.664163176

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
1.95945946	0	.655737705
11.4615385	0	8.625
1.875	0	0
0	7.078125	1.56923077
.8	2.95890411	-.963709677
2.59615385	4.1	4.21875
3.20779221	3.81132076	4
1.81081081	1.94871795	1.5915493

MOYENNES ETC....

7	5	7
3.38725068	3.97941356	2.81379401
13.2261136	3.70249326	9.85344365
3.63677241	1.92418639	3.13901954
1.37457077	.860522314	1.18643786
1.07366497	.483535164	1.11558256

.666666667	-2.64	-1.21621622
-.0555555556	2.30263158	1.22077922
7.81818182	2.62337662	2.66492147
15.1333333	0	2.07894737
2.125	1.48148148	0
4.35294118	1.75409836	0
1.31304348	2.30540541	0
3.41780822	.445652174	4.73913044
-5.27272727	0	0
0	-8.4	0
0	0	1

MOYENNES ETC....

9	8	6
3.27763243	-.0159192965	1.74792705
32.3217847	14.3567054	3.90423518
5.68522513	3.78902434	1.97591376
1.89507504	1.3396224	.806663414
1.73455238	-238.014559	1.13043263

MOYENNES ETC....

25	22	23
.744627844	2.79094383	2.18901044
99.1165982	44.7058154	4.49909291
9.95573193	6.68624076	2.12110653
1.99114638	1.42551132	.442281285
13.3700774	2.39569162	.96897963

DV02/DVE 4' -3' DE 1 A 37

VALEURS :

1.36363636	1.9	0
3.46153846	0	-2.78571429
6.14285715	1.20967742	1.05128205
-23.2	2.27027027	1.03846154
1.94736842	1.64473684	1.83928571
-12	1.68627451	1.38961039
.244897959	.981132075	1.71518987
-6.28571429	-1.40625	2.60869565
0	167.5	2.36
0	2.47887324	2.40740741
0	2.70588235	2.18987342

MOYENNES ETC....

8	10	10
-3.54067699	18.0970597	1.38140918
96.6982459	2757.04414	2.45364462
9.83352663	52.5075627	1.56641138
3.47667668	16.6043492	.495342772
-2.77730125	2.90144165	1.13392282

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
3.88888889	0	4.92857143
3.29787234	0	2.60810811
26.6666667	0	0
10.9	2.89473684	1.3
2.12903226	2.79775281	-2.11111111
4.55555556	6	-6.83333334
2.77419355	7.77777778	4.04166667
-.852941176	10.83333333	4.28571429

MOYENNES ETC....

8	5	7
6.66990851	6.06072015	1.17423086
76.2469452	11.6000541	18.1641614
8.73194968	3.40588522	4.26194338
3.08721041	1.52315818	1.61086319
1.30915584	.561960483	3.62956171

4.44444445	-8	-.50462963
-9.8	2.94594595	.740740741
3.73255814	1.96428571	-3.57142857
-2.1875	11.25	-7.66666667
2.40983607	3.81818182	0
2.52380952	3.42592593	0
.58974359	1.75	0
.218181818	5.73333333	-4.81818182
38	0	0
0	-.5	0
0	0	.880434783

MOYENNES ETC....

9	9	6
4.43678595	2.48751919	-2.48995519
176.739616	26.2386053	11.8254016
13.2943453	5.12236326	3.43880817
4.43144843	1.70745442	1.40388755
2.99639095	2.05922562	-1.38107231

MOYENNES ETC....

25	24	23
2.59859703	9.73591126	.308433767
128.711409	1143.87748	11.5427571
11.3451051	33.8212579	3.39746334
2.26902101	6.90373535	.708420077
4.36585779	3.4738667	11.015212

FLACK DUREE DE 1 A 37
VALEURS :

41	27	24
45	35	35
28	29	24
30	22	23
40	44	29
73	60	26
73	50	35
31	28	34
0	28	24
0	30	29
36	21	30

MOYENNES ETC....

9	11	11
44.1111111	34	28.4545455
299.111111	150.8	21.4727273
17.294829	12.2800652	4.63386743
5.76494301	3.70257895	1.3971636
.39207421	.361178387	.162851571

70	60	47
43	55	48
75	60	58
50	38	46
43	47	45
78	85	45
0	55	55
48	0	30
72	0	40
65	0	45
47	41	39
46	46	55
68	68	53
62	65	59
60	76	68

MOYENNES ETC....

14	12	15
59.0714286	58	48.8666667
158.532967	198.363636	88.1238099
12.5909876	14.0841626	9.3874283
3.36508297	4.06574754	2.42382356
.21314852	.24283039	.192102898

75	85	104
60	90	100
58	55	60
70	62	55
51	55	47
97	70	54
67	60	50
70	75	102
55	0	0
0	60	57
0	90	38

MOYENNES ETC....

9	10	10
67	70.2	66.7
189	195.955557	630.455556
13.7477271	13.9984126	25.1088741
4.5825757	4.42668676	7.94012315
.205189957	.199407588	.376444889

MOYENNES ETC....

32	33	36
57.09375	53.6969697	47.5833333
271.636089	395.842803	423.621429
16.4813861	19.8957986	20.5820657
2.91352498	3.46341399	3.43034429
.288672335	.370519952	.432547791

FLACK FC PAR 5° DEBUT DE 1 A 37
VALEURS :

9	8	9
8	7	8
8	8	8
7	8	8
8	8	9
7	7	8
8	6	7
8	7	7
0	7	8
0	9	11
8	7	8

MOYENNES ETC....

9	11	11
7.88888889	7.45454546	8.27272728
.361111118	.672727269	1.21818181
.600925219	.82019953	1.10371274
.200308406	.247299463	.332781912
.0761736193	.110026766	.133415826

10	8	9
9	7	8
9	9	9
9	9	9
7	8	10
8	8	8
0	6	6
5	0	7
6	0	7
7	0	8
5	5	5
7	7	9
7	7	8
6	6	6
7	7	6

MOYENNES ETC....

14	12	15
7.28571429	7.25	7.66666667
2.37362638	1.47727273	2.0952381
1.54065777	1.21543109	1.44749373
.41175811	.350864733	.373741274
.211462832	.167645667	.18880353

5	7	6
5	7	8
6	6	7
6	7	6
6	6	8
6	7	7
7	7	7
7	7	7
7	0	0
0	8	7
0	9	7

MOYENNES ETC....

9	10	10
6.11111111	7.1	7
.611111105	.76666667	.44444444
.781735956	.875595038	.666666667
.260578652	.276887463	.210818511
.127920429	.123323245	.0952380953

MOYENNES ETC....

32	33	36
7.125	7.27272728	7.66666667
1.72580645	.954545449	1.54285715
1.31369953	.977008418	1.24211801
.232231461	.170075335	.207019668
.184378881	.134338658	.162015392

FLACK FC PAR 5"A 50% DUREE DE 1 A 37

VALEURS :

13	12	12
8	7	7
9	9	9
9	10	8
9	9	9
9	10	6
10	8	8
9	7	7
0	9	8
0	12	12
8	9	8

MOYENNES ETC....

9	11	11
9.33333333	9.27272728	8.54545455
2.25000001	2.81818181	3.67272726
1.50000001	1.67874412	1.91643608
.500000001	.506160396	.57782722
.160714286	.181041032	.224263797

7	5	6
14	11	11
10	11	9
11	12	8
11	9	12
8	7	7
0	6	6
6	0	9
5	0	6
8	0	9
5	5	5
6	6	6
7	7	7
6	6	6
3	9	9

MOYENNES ETC....

14	12	15
7.64285714	7.83333334	7.73333333
8.70879121	6.15151515	4.20952382
2.95106611	2.48022482	2.05171241
.788705594	.715979233	.529749867
.3861208	.316624445	.265307639

10	9	7
6	4	5
5	6	8
5	4	4
5	6	5
6	6	7
6	6	5
10	7	10
9	0	0
0	10	9
0	8	6

MOYENNES ETC....

9	10	10
6.88888889	6.6	6.6
4.61111112	3.82222223	3.82222223
2.14734979	1.95505044	1.95505044
.715783263	.618241233	.618241233
.311712066	.296219764	.296219764

MOYENNES ETC....

32	33	36
7.90625	7.93939394	7.66666667
6.34576613	5.24621212	4.28571429
2.51908041	2.29046112	2.07019668
.445314711	.398718102	.34503278
.318618867	.288493194	.270025654

FLACK FC PAR 5"FIN DE 1 A 37
VALEURS :

12	11	13
6	6	6
7	4	4
8	6	7
4	3	4
8	6	4
10	8	8
7	5	5
0	7	6
0	11	6
6	6	5

MOYENNES ETC....

9	11	11
7.55555556	6.63636364	6.18181818
5.52777778	6.45454545	6.76363637
2.35112266	2.54057975	2.60069921
.783707554	.766013616	.784140315
.311178	.382827085	.420701342

4	4	5
13	7	6
9	11	8
9	12	3
7	7	9
8	7	7
0	3	4
6	0	4
5	0	5
7	0	5
4	3	4
6	6	6
7	7	7
8	6	4
5	8	8

MOYENNES ETC....

14	12	15
7	6.75	5.66666667
5.69230769	7.65909091	3.23809524
2.38585576	2.76750626	1.79947082
.637646773	.798910243	.464621369
.340836537	.410000928	.317553675

7	6	7
4	4	5
6	7	8
4	4	4
5	5	5
4	5	5
5	4	4
6	7	7
9	0	0
0	5	7
0	6	5

MOYENNES ETC....

9	10	10
5.55555556	5.3	5.7
2.77777778	1.34444444	2.01111112
1.66666667	1.15950181	1.41813649
.555555555	.366666666	.448454135
.3	.218773926	.248795876

MOYENNES ETC....

32	33	36
6.75	6.27272727	5.83333334
5.16129033	5.45454545	3.8
2.27184734	2.33549683	1.94935887
.401609665	.406557814	.324893145
.336569976	.372325582	.334175806

FLACK FCFIN-FC50%DUREE DE 1 A 37
VALEURS :

-1	-1	1
-2	-1	-1
-2	-5	-5
-1	-4	-1
-5	-6	-5
-1	-4	-2
0	0	0
-2	-2	-2
0	-2	-2
0	-1	-6
-2	-3	-3

MOYENNES ETC....

8	10	10
-2	-2.9	-2.6
1.71428571	3.21111111	4.71111111
1.30930734	1.79195734	2.17050941
.46291005	.566666667	.686375343
-.654653671	-.617916324	-.834811313

-3	-1	-1
-1	-4	-5
-1	0	-1
-2	0	-5
-4	-2	-3
0	0	0
0	-3	-2
0	0	-5
0	0	-1
-1	0	-4
-1	-2	-1
0	0	0
0	0	0
2	0	-2
2	-1	-1

MOYENNES ETC....

9	6	12
-1	-2.16666667	-2.58333333
4	1.36666667	2.99242424
2	1.16904519	1.72986249
.666666666	.477260702	.499368288
-2	-.53955932	-.669624191

-3	-3	0
-2	0	0
1	1	0
-1	0	0
0	-1	0
-2	-1	-2
-1	-2	-1
-4	0	-3
0	0	0
0	-5	-2
0	-2	-1

MOYENNES ETC....

7	7	5
-1.71428571	-1.85714286	-1.8
2.57142857	3.47619048	.7
1.60356745	1.86445447	.836660027
.606091527	.704697552	.374165739
-.935414347	-1.00393702	-.464811126

MOYENNES ETC....

24	23	27
-1.54166667	-2.39130435	-2.44444445
2.7807971	2.7944664	3.1025641
1.66757222	1.67166576	1.76140969
.340391754	.348566406	.338983453
-1.08166847	-.699060226	-.720576692

FLACK FCFIN-FCDEBUT DE 1 A 37
VALEURS :

3	3	4
-2	-1	-2
-1	-4	-4
1	-2	-1
-4	-5	-5
1	-1	-4
2	2	1
-1	-2	-2
0	0	-2
0	2	-5
-2	-1	-3

MOYENNES ETC....

9	10	11
-.333333333	-.9	-2.09090909
5	6.76666667	7.29090909
2.23606798	2.60128174	2.70016835
.745355992	.822597512	.814131388
-6.70820393	-2.89031304	-1.29138486

-6	-4	-4
4	0	-2
0	2	-1
0	3	-6
0	-1	-1
0.	-1	-1
0	-3	-2
1	0	-3
-1	0	-2
0	0	-3
-1	-2	-1
-1	-1	-3
0	0	-1
2	0	-2
-2	1	2

MOYENNES ETC....

8	9	15
-.5	-.666666667	-2
8.85714286	5.25	3.14285714
2.97609524	2.29128785	1.77281052
1.05220856	.763762616	.457737708
-5.95219048	-3.43693177	-.886405261

2	-1	1
-1	-3	-3
0	1	1
-2	-3	-2
-1	-1	-3
-2	-2	-2
-2	-3	-3
-1	0	0
2	0	0
0	-3	0
0	-3	-2

MOYENNES ETC....

8	9	8
-.625	-2	-1.625
2.83928572	2	2.83928572
1.68501802	1.41421356	1.68501802
.595743833	.471404521	.595743833
-2.69602883	-.707106781	-1.03693416

MOYENNES ETC....

25	28	34
-.48	-1.17857143	-1.94117647
5.09333334	4.74470899	4.17825312
2.25684145	2.1782353	2.04407757
.45136829	.411647777	.350556411
-4.70175302	-1.84819965	-1.05300966

FLACK FC50%DUREE/FCDEBUT DE 1 A 37
VALEURS :

1.44444444	1.5	1.33333333
1	1	.875
1.125	1.125	1.125
1.28571429	1.25	1
1.125	1.125	1
1.28571429	1.42857143	.75
1.25	1.33333333	1.14285714
1.125	1	1
0	1.28571429	1
0	1.33333333	1.09090909
1	1.28571429	1

MOYENNES ETC....

9	11	11
1.18231922	1.24242424	1.02882723
.0213760585	.0266446349	.0224392635
.146205535	.163231844	.149797408
.0487351784	.0492162528	.0451656179
.123659949	.131381728	.145600158

.7	.625	.66666667
1.55555556	1.57142857	1.375
1.11111111	1.22222222	1
1.22222222	1.33333333	.88888889
1.57142857	1.125	1.2
1	.875	.875
0	1	1
1.2	0	1.28571429
.83333333	0	.857142857
1.14285714	0	1.125
1	1	1
.857142857	.857142857	.66666667
1	1	.875
1	1	1
.428571429	1.28571429	1.5

MOYENNES ETC....

14	12	15
1.04444444	1.07457011	1.02100529
.0918747213	.0631101679	.0576778846
.303108432	.251217372	.240162205
.0810091358	.0725202086	.0620096146
.2902102	.233784069	.235221313

2	1.28571429	1.16666667
1.2	.571428571	.625
.83333333	1	1.14285714
.83333333	.571428571	.66666667
.83333333	1	.625
1	.857142857	1
.857142857	.857142857	.714285714
1.42857143	1	1.42857143
1.28571429	0	0
0	1.25	1.28571429
0	.88888889	.857142857

MOYENNES ETC....

9	10	10
1.14126984	.928174603	.951190477
.153679138	.0570058584	.0871189213
.392019308	.238758996	.295159146
.130673103	.0755022241	.0933375173
.343493969	.257235003	.310304984

MOYENNES ETC....

32	33	36
1.11045387	1.08615921	1.00400233
.087446536	.0622975084	.0529988517
.295713605	.249594688	.230214795
.0522752738	.0434488583	.0383691325
.266299765	.229795674	.229297073

FLACK FCFIN/FCDEBUT DE 1 A 37

VALEURS :

1.33333333	1.375	1.44444444
.75	.857142857	.75
.875	.5	.5
1.14285714	.75	.875
.5	.375	.444444444
1.14285714	.857142857	.5
1.25	1.33333333	1.14285714
.875	.714285714	.714285714
0	1	.75
0	1.22222222	.545454545
.75	.857142857	.625

MOYENNES ETC....

9	11	11
.957671958	.894660895	.753771481
.0755690579	.102504137	.0929161906
.274898268	.320162673	.304821572
.0916327561	.0965326779	.0919071619
.287048468	.357859245	.404395204

.4	.5	.555555556
1.44444444	1	.75
1	1.22222222	.888888889
1	1.33333333	.333333333
1	.875	.9
1	.875	.875
0	.5	.666666667
1.2	0	.571428571
.833333333	0	.714285714
1	0	.625
.8	.6	.8
.857142857	.857142857	.666666667
1	1	.875
1.33333333	1	.666666667
.714285714	1.14285714	1.33333333

MOYENNES ETC....

14	12	15
.970181406	.908796296	.748121693
.0666163453	.0720675245	.0497718808
.258101425	.268453952	.223096125
.0689805073	.0774959808	.0576031716
.26603419	.295395077	.298208335

1.4	.857142857	1.166666667
.8	.571428571	.625
1	1.166666667	1.14285714
.666666667	.571428571	.666666667
.833333333	.833333333	.625
.666666667	.714285714	.714285714
.714285714	.571428571	.571428571
.857142857	1	1
1.28571429	0	0
0	.625	1
0	.666666667	.714285714

MOYENNES ETC....

9	10	10
.913756614	.757738095	.822619048
.0708415216	.0414938429	.0525384228
.266160706	.203700375	.229212615
.0887202354	.0644157146	.0724833931
.291281838	.26882689	.278637621

MOYENNES ETC....

32	33	36
.950793651	.858309284	.770541727
.0663010009	.0730467953	.0610448017
.257489807	.270271707	.247072462
.0455181972	.0470482652	.0411787437
.270815657	.314888481	.320647739

FLACK FCFIN/FC50% DE 1 A 37

VALEURS :

.923076923 .916666667 1.083333333
 .75 .857142857 .857142857
 .777777778 .444444444 .444444444
 .888888889 .6 .875
 .444444444 .333333333 .444444444
 .888888889 .6 .666666667
 1 1 1
 .777777778 .714285714 .714285714
 0 .777777778 .75
 0 .916666667 .5
 .75 .666666667 .625

MOYENNES ETC....

9 11 11
 .800094967 .711544012 .723665224
 .0254197156 .0434234521 .0466160329
 .159435616 .208382946 .215907464
 .0531452053 .0628298221 .0650985497
 .199270865 .292860234 .298352687

.571428571 .8 .833333333
 .928571429 .636363636 .545454545
 .9 1 .888888889
 .818181818 1 .375
 .636363636 .777777778 .75
 1 1 1
 0 .5 .666666667
 1 0 .444444444
 1 0 .833333333
 .875 0 .555555556
 .8 .6 .8
 1 1 1
 1 1 1
 1.333333333 1 .666666667
 1.666666667 .888888889 .888888889

MOYENNES ETC....

14 12 15
 .966396104 .850252525 .749882155
 .0738027856 .0340789204 .0407138925
 .271666681 .184604768 .201776838
 .0726059745 .0532908063 .0520985557
 .281113179 .217117577 .269078064

.7 .666666667 1
 .666666667 1 1
 1.2 1.166666667 1
 .8 1 1
 1 .833333333 1
 .666666667 .833333333 .714285714
 .833333333 .666666667 .8
 .6 1 .7
 1 0 0
 0 .5 .777777778
 0 .75 .833333333

MOYENNES ETC....

9 10 10
 .82962963 .841666667 .882539683
 .0398456788 .0408179009 .0167582097
 .199613824 .202034405 .129453504
 .0665379414 .0638888886 .0409367924
 .240605949 .240040877 .146682927

MOYENNES ETC....

32 33 36
 .881158338 .801414579 .778720739
 .0537520763 .0409416164 .0383022745
 .23184494 .202340348 .195709669
 .0409847823 .0352229335 .0326182781
 .263113824 .252478996 .25132202

ACIDE LACTIQUE REPOS DE 1 A 37
VALEURS :

71	0	143
88	0	0
0	0	88
0	0	0
132	132	0
143	115	115
27	55	203
115	55	115
0	0	0
0	0	0
0	0	14

MOYENNES ETC....

6	4	6
96	89.25	113
1863.2	1612.25	3886.8
43.1648005	40.152833	62.3442059
17.621956	20.0764165	25.4519155
.449633338	.449891687	.551718636

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
88	110	99
188	55	143
0	231	330
0	0	0
88	0	0
0	0	44
0	0	0
0	0	0
0	99	29
0	0	0
115	71	115

MOYENNES ETC....

4	5	6
119.75	113.2	126.666667
2232.25	4814.2	11777.0667
47.246693	69.3844363	108.522194
23.6233465	31.0296632	44.3040004
.394544409	.612936717	.856754166

143	160	198
171	126	198
44	44	132
0	143	71
29	55	55
55	44	44
20	0	0
0	0	517
171	0	0
0	114	33
0	115	71

MOYENNES ETC....

7	8	9
90.4285714	100.125	146.555556
4648.61905	2120.41071	23243.2778
68.1807821	46.0479176	152.457462
25.7699134	16.2803974	50.8191541
.753973894	.459904296	1.04027078

MOYENNES ETC....

17	17	21
99.2941177	101.411765	131.285714
2887.09559	2514.75735	13424.9143
53.7317001	50.1473564	115.865932
13.0318514	12.1625204	25.2840193
.541136789	.494492494	.882547908

ACIDE LACTIQUE MAXI DE 1 A 37

VALEURS :

1072	572	374
946	0	841
913	759	643
0	0	0
1303	1232	891
858	1116	1260
715	1144	891
742	1017	1232
0	0	586
0	0	0
913	374	484

MOYENNES ETC....

8	7	9
932.75	887.714286	800.222223
35259.9286	105531.572	96030.4443
187.776273	324.856232	309.887793
66.388938	122.784115	103.295931
.201314685	.365946834	.387252172

968	759	550
1133	660	858
1138	1248	1001
814	1188	924
880	1100	1215
1133	1199	1446
0	1199	1430
1072	0	0
830	0	885
600	0	858
858	0	1171
0	1056	0
1001	1001	1171
973	0	0
946	1171	1028

MOYENNES ETC....

13	10	12
949.692308	1058.1	1044.75
24119.5641	39816.989	66100.5682
155.304746	199.541948	257.100308
43.0737865	63.1007045	74.2184659
.163531646	.188585151	.246087875

858	803	973
1001	1045	1116
973	946	913
456	688	456
814	572	600
704	313	315
1232	1188	643
458	484	402
831	0	0
0	1056	885
0	770	456

MOYENNES ETC....

9	10	10
814.111111	786.5	675.9
63024.8611	77562.2778	76746.7666
251.047528	278.50005	277.032068
83.6825092	88.0694486	87.605232
.308370103	.354100508	.409871383

MOYENNES ETC....

30	27	31
904.5	913.333333	854.774194
39548.9483	79409.1539	98863.4473
198.869174	281.796299	314.425583
36.3083775	54.231723	56.4725019
.219866417	.308536094	.367846369

GLYCEMIE REPOS DE 1 A 37
VALEURS :

450	420	460
550	0	405
620	0	530
520	0	520
595	0	503
550	413	400
568	507	560
575	395	527
0	562	398
0	447	0
560	340	460

MOYENNES ETC....

9	7	10
554.222223	440.571429	476.3
2339.19438	5428.9524	3627.78892
48.3652187	73.6814251	60.2311291
16.1217396	27.848961	19.0467554
.0872668341	.167240589	.126456286

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
666	627	649
815	527	533
0	0	643
497	0	0
615	0	508
572	0	493
0	0	585
340	465	515
447	553	0
530	379	530
480	530	510

MOYENNES ETC....

9	6	9
551.333333	513.5	551.777778
18899.0001	7067.9	3521.69451
137.473634	84.0708036	59.3438667
45.8245447	34.3217618	19.7812889
.249347583	.163721136	.107550302

470	520	480
480	340	510
620	620	560
590	0	0
560	580	520
500	490	580
500	390	540
400	370	580
440	0	0
0	520	560
0	590	530

MOYENNES ETC....

9	9	9
506.666667	491.111111	540
5075.00002	10461.1111	1125
71.2390344	102.279573	33.5410197
23.7463448	34.093191	11.1803399
.140603357	.208261574	.0621129994

MOYENNES ETC....

27	22	28
537.407408	481.136364	521.035715
8588.48142	8109.55195	3762.18381
92.6740602	90.0530508	61.3366433
17.8351312	19.1993749	11.591536
.172446563	.187167418	.117720612

GLYCEMIE APRES EFFORT DE 1 A 37

VALEURS :

480	470	455
500	0	600
1050	780	683
583	0	570
777	562	602
451	512	455
710	673	580
0	481	794
0	0	653
0	0	0
620	480	560

MOYENNES ETC....

8	7	10
646.375	565.428572	595.2
39430.5536	14001.9524	10228.6222
198.571281	118.329846	101.136651
70.2055496	44.7244778	31.9822173
.307207551	.209274613	.169920449

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0

MOYENNES ETC....

8	6	9
562.75	661.333333	724.333333
5559.35715	8902.26673	17197.5001
74.5610968	94.3518242	131.139239
26.3613286	38.518971	43.7130798
.132494175	.142669089	.18104819

638	488	871
621	710	838
0	738	755
561	0	0
574	0	599
559	0	559
0	0	618
442	655	762
467	737	907
0	0	0
640	640	610

540	540	510
530	360	490
610	510	660
640	440	670
560	500	690
560	0	0
490	540	550
350	470	600
470	0	0
0	730	460
0	530	520

MOYENNES ETC....

9	9	9
527.777778	513.333333	572.222223
7244.44451	9950.00005	7294.44438
85.1143027	99.749687	85.4075195
28.3714342	33.2498956	28.4691731
.161269205	.194317572	.149255859

MOYENNES ETC....

25	22	28
576.92	570.272727	629.321429
18117.41	13677.0649	15193.4855
134.600929	116.948984	123.261857
26.9201857	24.9336073	23.2943015
.23330952	.205075535	.195864707

ACIDES GRAS LIBRES REPOS DE 1 A 37
VALEURS :

0	0	490
1018	0	716
1226	924	0
0	0	868
986	829	593
0	672	420
724	646	855
620	786	820
0	641	717
0	1018	0
0	568	981

MOYENNES ETC....

5	8	9
914.8	760.5	717.777778
58969.2001	24380	34657.4445
242.835747	156.140962	186.1651
108.599448	55.2041665	62.0550334
.265452282	.20531356	.259363143

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
489	524	1082
349	454	349
0	560	1065
1044	0	0
1023	0	1232
1420	0	898
0	0	493
768	384	368
560	560	819
547	641	641
832	866	0

MOYENNES ETC....

9	7	9
781.333333	569.857143	771.888889
114288.5	23837.4761	106097.611
338.065822	154.393899	325.726283
112.688607	58.3554088	108.575428
.4326781	.270934393	.421985972

1160	485	975
319	580	650
450	468	450
736	494	981
756	130	666
486	601	845
377	334	887
547	585	1170
402	0	0
0	819	300
0	624	0

MOYENNES ETC....

9	10	9
581.444444	512	769.333333
69941.5278	33918.2222	76796.5001
264.464606	184.169005	277.121815
88.1548687	58.2393529	92.3739382
.454840714	.359705087	.360210331

MOYENNES ETC....

23	25	27
732.130435	607.72	753
95577.3913	37805.8767	67584.2308
309.155934	194.437334	259.969673
64.4634685	38.8874667	50.0311869
.422268928	.319945589	.34524525

ACIDES GRAS LIBRES EFFORT DE 1 A 37
VALEURS :

358	716	566
830	0	698
641	723	830
754	0	585
505	628	733
724	611	420
680	0	820
855	454	828
0	0	981
0	0	0
679	551	1150

MOYENNES ETC....

9	6	10
669.555555	613.833333	761.1
24423.2778	10411.7667	44720.7668
156.279486	102.038065	211.472851
52.093162	41.6568657	66.8735873
.233407795	.166230896	.277851598

0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
541	524	768
454	541	715
0	454	698
681	0	0
898	0	940
1232	0	773
0	0	718
534	702	468
618	818	702
0	0	0
450	586	0

MOYENNES ETC....

8	6	8
676	604.166667	722.75
71508.2857	17718.5666	16827.6429
267.410332	133.111106	129.721405
94.5438297	54.3423816	45.8634425
.395577415	.220321831	.179483092

840	754	690
0	624	700
468	1170	1295
528	559	962
773	213	1252
576	518	700
943	601	943
0	418	924
478	0	0
0	1313	377
0	767	0

MOYENNES ETC....

7	10	9
658	693.7	871.444445
36616.3333	109883.567	84561.0278
191.353948	331.486903	290.793789
72.3249941	104.825363	96.9312631
.290811471	.477853399	.333691713

MOYENNES ETC....

24	22	27
668.333333	647.5	786.518518
39864.058	55667.4048	50025.8747
199.659856	235.939409	223.664648
40.7553974	50.3024511	43.0442815
.298742927	.364385188	.284373022



S E R M E N T D ' H I P P O C R A T E

En présence des Maîtres de cette Faculté, de mes chers condisciples, devant l'effigie d'HIPPOCRATE.

Je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine.

Je donnerai mes soins à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail, je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les moeurs, ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Je garderai le respect absolu de la vie humaine.

Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'humanité.

Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leur père.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque.

Ce travail a porté sur 37 sujets de sexe masculin, d'âge moyen 30 ans (extrêmes 23 et 43), de condition physique, d'activité et de milieux différents (étudiants, guides, médecins, cabiniers), soumis sans période d'adaptation à un effort maximal à différentes altitudes (1035 m, 2320 m, 3820 m).

Les résultats confirment des notions déjà connues : à savoir

-au repos : Une augmentation de la FC du volume ventilé et du débit d'oxygène en altitude.

-à l'effort musculaire, à puissance stable : augmentation de FC, du volume ventilé et du débit d'oxygène.

. maximal : une baisse de FC maximale de la consommation maximale d'oxygène, avec un fort facteur individuel.

De plus les "cabiniers" soumis journalièrement à de grandes variations d'altitude présentent un degré certain d'adaptation sans les modifications hématologiques classiques.

Nous proposons un abaque permettant d'estimer la consommation maximale d'oxygène en altitude.

Mots clés.

Altitude, exercice musculaire.

Altitude, fréquence cardiaque.

altitude, volumes ventilés.

altitude, oxygène, consommation.