



Elaboration d'indices de suivi de l'entraînement pour le demi-fond

Christine Hanon, Bruno Gajer, Chantalle Thépaut-Mathieu, José Marajo,
Patrice Binelli, Philippe Dupont

► To cite this version:

Christine Hanon, Bruno Gajer, Chantalle Thépaut-Mathieu, José Marajo, Patrice Binelli, et al..
Elaboration d'indices de suivi de l'entraînement pour le demi-fond. [Rapport de recherche] Projet
de Recherche n° 243, Institut National du Sport et de l'Education Physique (INSEP). 1999. hal-
01961065

HAL Id: hal-01961065

<https://insep.hal.science/hal-01961065>

Submitted on 19 Dec 2018

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.



DEPARTEMENT DES SCIENCES DU SPORT

Laboratoire de Biomécanique et de Physiologie

**ELABORATION D'INDICES DE SUIVI DE L'ENTRAINEMENT
POUR LE DEMI-FOND**

Christine Hanon*, Bruno Gajer*, Chantalle Thépaut-Mathieu*

José Marajo**, Patrice Binelli**, Philippe Dupont**

***Laboratoire de Biomécanique et de Physiologie -INSEP**

****Fédération Française d'Athlétisme**

Rapport de Recherche

Pour le Ministère de la Jeunesse et des Sports

et la Fédération Française Athlétisme

AS
E2
—
HAN

Mars 1999

SUIVI DE L'ENTRAÎNEMENT DES COUREURS DE DEMI-FOND ESPOIR

C.HANON, B.GAJER, C. THEPAUT- MATHIEU (Laboratoire de Biomécanique et de Physiologie -INSEP) et J.MARAJO, P. BINELLI, P. DUPONT (F.F.A)

A la demande de l'équipe nationale de demi-fond, 21 coureurs de demi-fond représentant l'élite française des 19/21 ans sur 800, 1500, 5000m et 3000m steeple se sont vu proposer des tests destinés à évaluer certaines qualités physiques.

Le contenu de ces tests est le fruit d'une étroite collaboration entre les entraîneurs nationaux de demi-fond et les membres du Laboratoire de Biomécanique et de Physiologie de l'INSEP.

Mis en place en octobre 1997 à Cap-Breton, puis reconduits en avril 1998 à Manosque lors des stages nationaux, ces tests doivent être reprogrammés au cours de la saison 1999.

L'article ci-dessous a pour but de présenter les résultats du test physiologique, les autres tests physiques seront présentés ultérieurement.

Les buts de ce test sont les suivants:

- aider les entraîneurs dans le choix des vitesses de développement de la capacité aérobie
- mesurer l'écart qui existe entre le niveau des athlètes et la norme internationale (estimée par les entraîneurs nationaux) dans ce secteur énergétique
- mettre l'accent sur un point fort ou un point faible
- mesurer l'influence de progrès dans le secteur aérobie sur la performance chronométrique (ce qui ne sera effectué qu'à l'issue de la saison 1999).

I- HYPOTHESE THEORIQUE:

L'hypothèse qui sous-tend la mise en place de ces tests est basée à la fois sur les travaux de Wasserman (1979), de Rieu (1993) et de Wipp (1995) et sur l'observation d'expérimentations préalables effectuées au laboratoire de l'INSEP.

Nous partons du principe qu'au plus l'exercice est facile pour l'athlète évalué, au plus les paramètres physiologiques reflétant l'adaptation à l'effort vont rester stables dans le temps. A l'inverse, au plus l'exercice est difficile, au plus les paramètres ventilatoires vont dériver,

N° d'entrée36294.....
INSTITUT NATIONAL DU SPORT
ET DE L'ÉDUCATION PHYSIQUE
Classement ...A.S.E2.HAN...

N° 36294
Cote ASE2 HAN

témoignant d'une participation accrue du métabolisme anaérobie. La dérive de chacun des paramètres sera appréciée par le calcul de la pente de la droite ajustée aux données relevées au cours du test.

---> Signification de la dérive des paramètres ventilatoires:

pour chacun des athlètes et pour chaque effort, les pentes de VE (débit ventilatoire), VE/VO_2 (équivalent respiratoire en O_2), VE/VCO_2 (équivalent respiratoire en CO_2), Fr (fréquence respiratoire) et VO_2 (consommation d'oxygène) ont été déterminées. La dérive des différents paramètres dans le temps semble illustrer le fait qu'à partir d'une certaine vitesse, le métabolisme aérobie n'est plus capable seul de fournir l'énergie suffisante à la contraction musculaire. Le métabolisme anaérobie participe ainsi plus ou moins et par ce fait aboutit à la production d'ions H^+ et à une baisse du pH.

Pour limiter cette baisse du pH, les ions H^+ sont dans un premier temps neutralisés par les bicarbonates qui, jouant leur rôle "tampon" se trouvent transformés en acide carbonique, puis en CO_2 et en H_2O . Cette augmentation de CO_2 dans le sang active la ventilation: par voie de conséquence, le débit ventilatoire augmente proportionnellement plus que ne le fait VO_2 .

Les capacités du système tampon seront peu à peu dépassées, ce qui aura pour conséquence de représenter une stimulation supplémentaire de la ventilation, représentée entre autres par une baisse du pH.

Une augmentation progressive de VE/VO_2 au cours d'un test type "footing" par exemple, signifie que sous l'effet de la durée, le métabolisme anaérobie participe de plus en plus à la production d'énergie nécessaire à la contraction musculaire.

Si l'entraînement a été bien conduit, la dérive de VE/VO_2 (entre autres) pour un même effort devrait diminuer à la fin de l'hiver, signifiant une moindre sollicitation du métabolisme anaérobie et (ou) une moindre sensibilité de l'organisme à cette participation. Ceci se traduit par une plus grande aisance à l'effort considéré.

----> utilisation des valeurs de pente:

L'examen des paramètres ventilatoires associé au fait de faire durer l'exercice, devrait nous permettre d'être plus précis que si nous examinions la seule valeur de la lactatémie et devrait nous amener à individualiser la notion de "seuil anaérobie".

Ainsi, nous nous proposons d'examiner si la valeur des pentes observées peut être reconnue comme un indicateur de l'état du sujet lors d'une course à une vitesse donnée. Autrement dit, savoir si dans le cas considéré, l'athlète se trouve en dessous (pente = 0) ou plus ou moins au dessus (pente plus ou moins éloignée de 0) du seuil de transition aérobie/anaérobie ou de ce que nous appellerons "l'état stable".

II - Protocole

Echauffement: 10 min à 14 (13) km.h⁻¹ puis 5 min à 15 (14) km.h⁻¹ pour les garçons (filles)

+ 10 min à V1

r = 2 min

+ 6 min à V2

V1 = 16 km.h⁻¹ pour les filles et 18 km.h⁻¹ pour les garçons

V2 = 18 km.h⁻¹ pour les filles et 20 km.h⁻¹ pour les garçons

Contrôle de la vitesse

---> les vitesses d'échauffement sont respectées en courant à côté d'une bicyclette munie d'un compteur de vitesse. Les vitesses des tests (V1 et V2) sont régulées à l'aide d'un appareil émetteur de BIPS permettant de contrôler la vitesse tous les 25m.

Paramètres évalués

Lors du test, les sujets sont équipés:

- d'un cardiofréquencemètre
- du K4 (turbine -batterie - boîtier récepteur) permettant d'observer l'évolution des paramètres ventilatoires tels que VE, Fr, VE/VO₂, VE/VCO₂, VO₂.

Par ailleurs, un prélèvement sanguin (lobe de l'oreille) effectué après l'échauffement et après chaque effort permet de déterminer les valeurs de lactatémie.

L'ensemble de l'appareillage pèse 800g.

III -RESULTATS

1- Les paramètres ventilatoires:

Il a été remarqué une évolution différente de ces paramètres selon la spécialité des athlètes.

A V1, la grande majorité des spécialistes de 1500, 3000 et 5000m montre une stabilité des paramètres ventilatoires. Une grande partie des coureurs de 800m hommes et femmes ne sont plus en zone strictement aérobie. L'effort est néanmoins poursuivi jusqu'à son terme, mais les paramètres ventilatoires dérivent avec une pente plus ou moins forte.

A V2, selon les spécialités et le niveau dans le secteur aérobie, les profils diffèrent. Certains (les spécialistes de 5000-3000m steeple en général et quelques coureurs de 1500 présentent encore des pentes nulles ou très faibles. Si l'on se réfère aux valeurs de la lactatémie et aux valeurs de dérive, tous les coureurs de 800 sont assez nettement au dessus de leur zone de transition aérobie/anaérobie.

2- F.C et paramètres ventilatoires:

Il existe une dérive de la F.C, même quand les paramètres ventilatoires sont stables. Il est possible de supposer que les phénomènes de thermorégulation (lutte contre l'augmentation de la température corporelle) sont à l'origine de cette dérive. En d'autres termes, aussi au cours d'un effort relativement facile, la F.C peut dériver de 175 en début à 180 en fin de footing.

3- Pentes des paramètres et lactatémie:

L'analyse des résultats montre qu'il existe une corrélation positive entre le coefficient de pente de VE/VO_2 et la valeur de la lactatémie relevée après l'effort ($p < 0.01$). Cette corrélation existe également de manière significative avec VE/VCO_2 , VE et Fr .

Les pentes sont stables pour des valeurs de lactatémie variables selon les sujets. Néanmoins, en tenant compte des deux paramètres nous avons pu guider les entraîneurs dans le choix des allures de développement du secteur aérobie.

4 La comparaison du test octobre 1997 et avril 1998:

Cette comparaison montre une diminution des pentes, donc un progrès du secteur aérobie chez la grande majorité des coureurs. Les progrès sont très sensibles chez 2 coureurs.

Cette diminution des pentes est effective pour tous les paramètres ventilatoires investigués, mais elle n'est statistiquement significative que pour VE/VO_2 , VE/VCO_2 et Fr , et ce uniquement à V_2 .

Par ailleurs, il est intéressant de noter que VO_2 pour une même vitesse a baissé de 5 ml d' $O_2 \cdot mn^{-1} \cdot kg^{-1}$ en moyenne, passant de 70,11 à 65,21 à 18 km.h⁻¹ et de 76,4 à 69,48 à 20 km.h⁻¹. Cette observation est vraie pour tous les athlètes, exception faite d'un coureur, blessé pendant 4 mois sur les 5 mois qui séparent les tests. Ceci semblerait témoigner de l'amélioration de coût énergétique (économie de course) après un cycle d'entraînement où ces vitesses sont couramment utilisées. Mais ces résultats demandent à être confirmés.

IV- DISCUSSION

---> Choix d'efforts rectangulaires (vitesse stable)

Le test proposé présente quelques originalités par rapport à la majorité des tests de laboratoire ou de terrain. En effet, ces derniers comportent des efforts triangulaires ou progressifs, chaque effort subissant l'influence de celui qui l'a précédé.

Cette forme d'exercice progressif ne correspond en rien aux efforts d'entraînement et de compétition auxquels l'athlète est soumis usuellement.

Par ailleurs, le test devait représenter un type d'effort facilement reproductible dans l'entraînement.

---> Choix des vitesses:

Nous avons choisi de ne pas proposer des vitesses individualisées (telle qu'aurait pu être la vitesse au seuil anaérobie ou à un % de VMA) Dans ce cas en effet, il aurait fallu:

- déterminer cette vitesse au préalable au cours du stage (ce qui aurait transformé le stage en session de tests et n'aurait pas laissé beaucoup de place pour l'entraînement).
- ou demander aux athlètes de venir au stage avec ce résultat préalable et l'on sait la difficulté d'obtenir des résultats comparables sur l'ensemble du pays.

Se posait par ailleurs la question du choix de la vitesse aux stages ultérieurs: aurait-il fallu reprendre la même vitesse pour comparer ou réévaluer cette vitesse au seuil?

Enfin, l'équipe nationale souhaitait pouvoir comparer les athlètes entre eux, et ce indépendamment de leur spécialité.

Les vitesses proposées aux athlètes sont des vitesses dont les entraîneurs savaient qu'elles étaient voisines du seuil anaérobie. Elles sont jugées par les entraîneurs comme des vitesses objectifs qu'il convient de maintenir sans fatigue en fin de cycle de développement de la capacité aérobie, cet objectif semblant un repère incontournable pour espérer briller au plan international.

Les résultats des tests semblent renforcer cette idée. En effet, les spécialistes de 1500 et plus qui ont présenté des profils de pente stables à 20 km.h⁻¹ ont réussi une brillante saison estivale.

V-BILAN:

Le test ainsi conduit semble avoir répondu aux critères qui nous avaient été fixés: rapidité de la mise en oeuvre du test, validité des paramètres choisis, caractère opérationnel des résultats. Néanmoins, nous nous proposons de modifier légèrement la procédure expérimentale du test en diminuant légèrement les durées d'effort, en demandant une fin d'effort plus intense qui nous permettrait d'appréhender VO₂ max. Une prise en compte de paramètres mécaniques simples (amplitude, fréquence des foulées) pour estimer les liens de ces derniers avec les progrès sur l'économie de course paraît également souhaitable.

BILANS INDIVIDUELS

Dans les 10 jours qui ont suivi chacun des déplacements en stage, chacun des entraîneurs des athlètes testés ont reçu un compte-rendu présenté sous la forme suivante (cf pages suivantes).

Les commentaires ont été rédigés conjointement avec l'entraîneur national de la discipline et l'expérimenteur.

(Dans nos exemples et par soucis de discrétions, ceux-ci ont été supprimés).

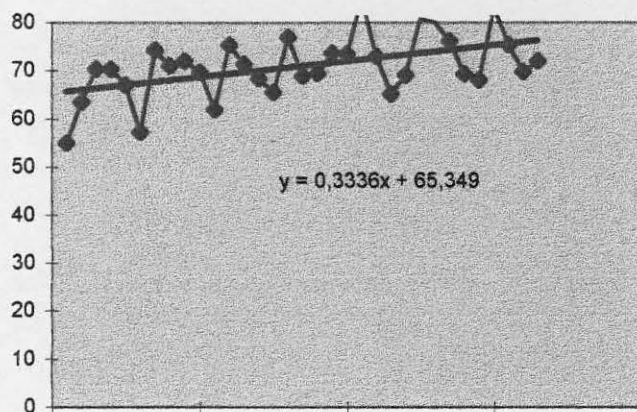
Ainsi, une trentaine d'athlètes ont-ils été testés pendant les 2 ans qui correspondent au suivi espoir. Pour certains d'entre eux, cela représente 4 tests (automne et printemps des 2 saisons). Dans ce cas, les progrès réalisés dans le secteur testés ont-ils pu être mis en évidence.

RESULTATS DES PARAMETRES PHYSIOLOGIQUES

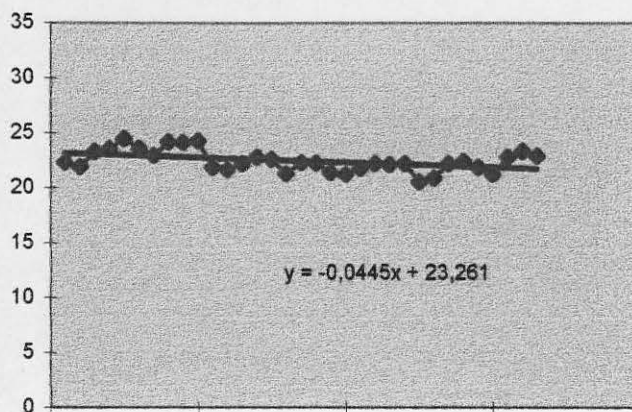
NOM	Lacasse
Prénom	Florian

DATE	déc-98
------	--------

Evolution de VO2 à 18 km/h

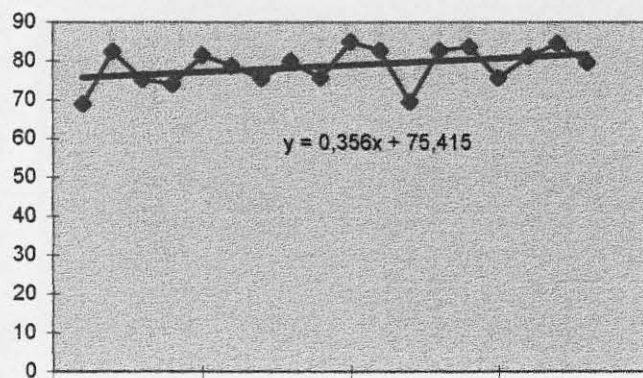


Evolution de VE/VO2 à 18 km/h

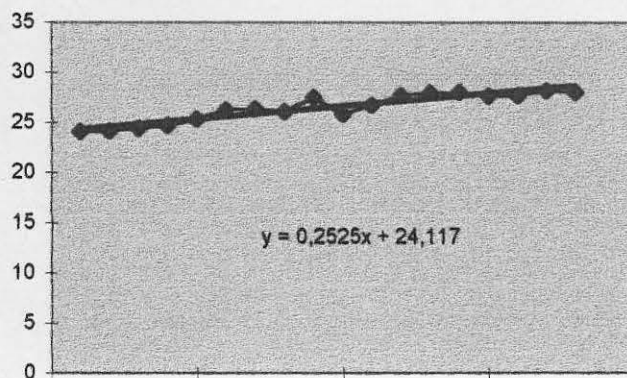


F.C. fin	188
Lactate fin	5,2
Q.R. fin	1,03
VO2 moy.	71,86

Evolution de VO2 à 20 km/h



Evolution de VE/VO2 à 20 km/h



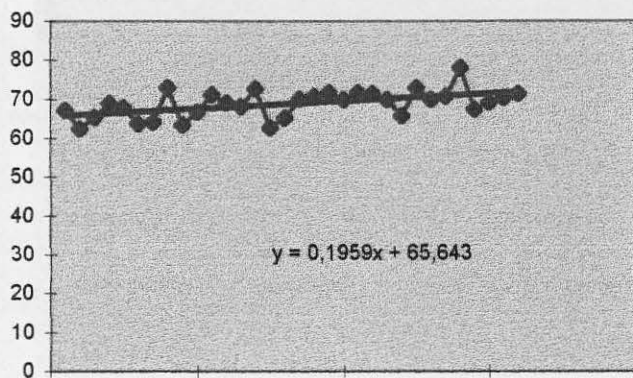
F.C. fin	196
Lactate fin	10
Q.R. fin	1,14
VO2 moy.	78,79

RESULTATS DES PARAMETRES PHYSIOLOGIQUES

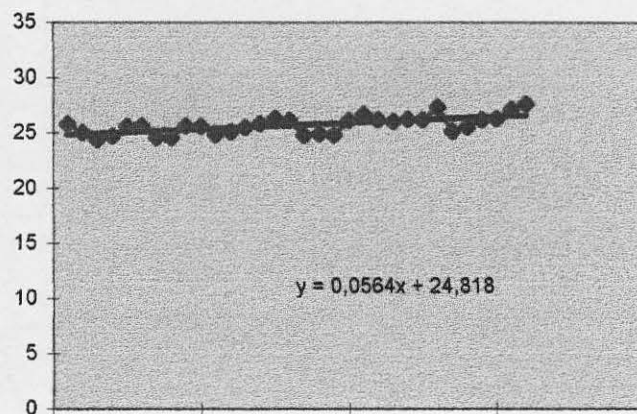
NOM Jarmuszeiwicz
Prénom Quentin

DATE déc-98

Evolution de VO2 au cours d'un effort à 18 km.h-1

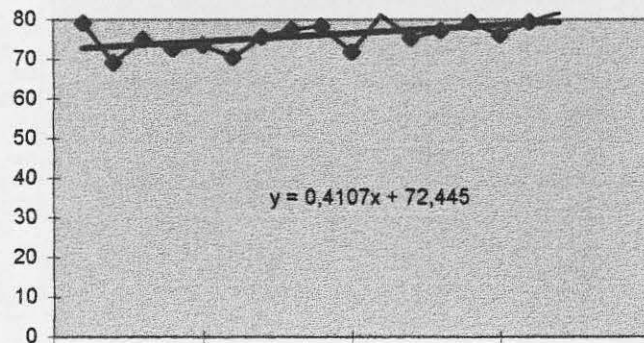


évolution de VE/VO2 à 18 km.h-1

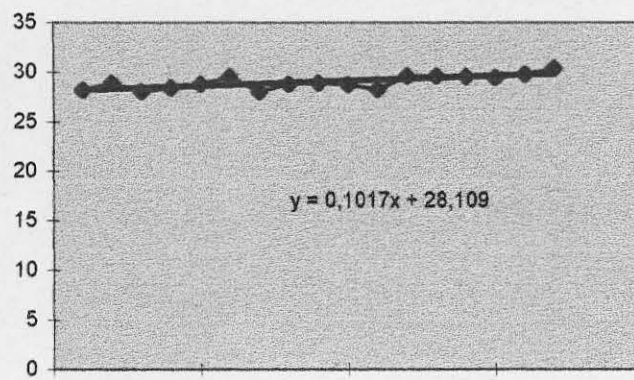


F.C. fin	180
Lactate fin	2,4
Q.R. fin	1,01
VO2 moy.	68,81

Evolution de VO2 au cours de l'effort à 20 km.h-1



Evolution de VE/VO2 (20 km.h-1)



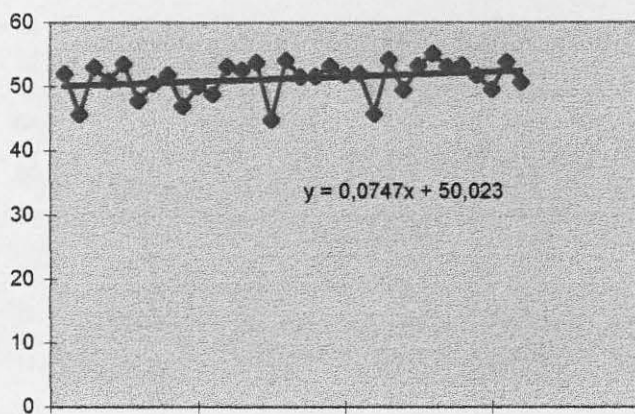
F.C. fin	187
Lactate fin	6
Q.R. fin	1,1
VO2 moy.	76,14

RESULTATS DES PARAMETRES PHYSIOLOGIQUES

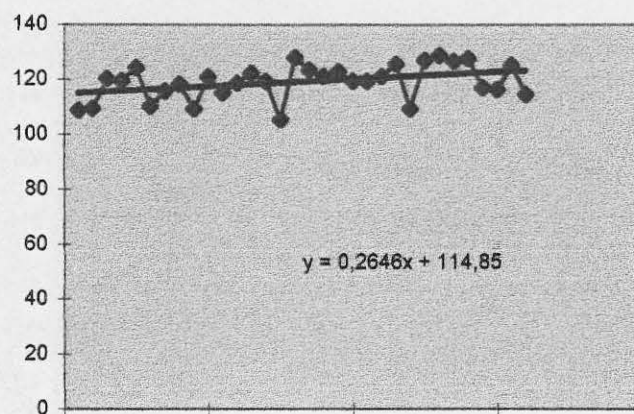
NOM	CHOUKI
Prénom	Foued

DATE	déc-98
------	--------

Evolution de Fr à 18 km/h



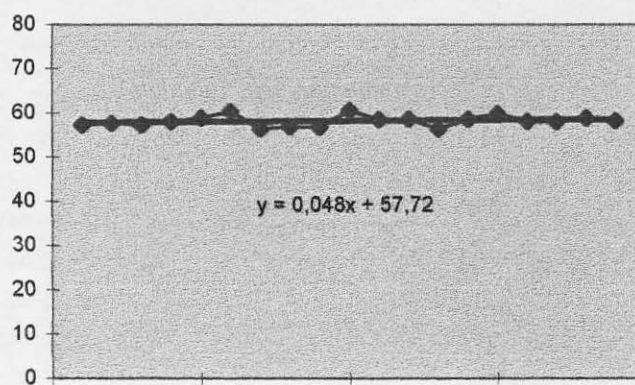
Evolution de VE à 18 km/h



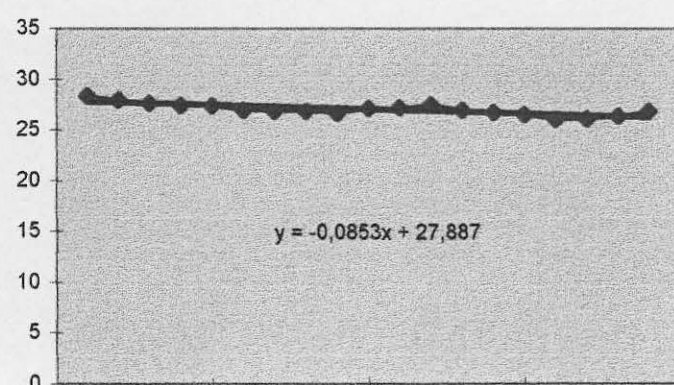
F.C. fin	175
Lactate fin	5
Q.R. fin	1
VO2 moy.	

Problème avec le K4 (VO2) dans la seconde moitié de l'effort. Les pentes de VE/VO2 et VO2 ne sont pas présentées et sont remplacées par Fr et VE.

Evolution de VO2 à 20 km/h



Evolution de VE/VO2 à 20 km/h



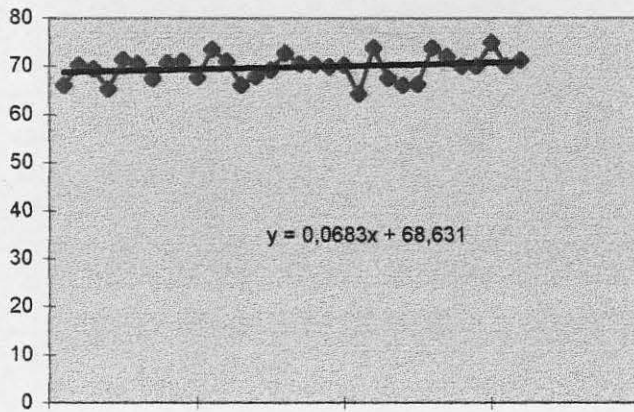
F.C. fin	187
Lactate fin	10,4
Q.R. fin	1,19
VO2 moy.	58,19

RESULTATS DES PARAMETRES PHYSIOLOGIQUES

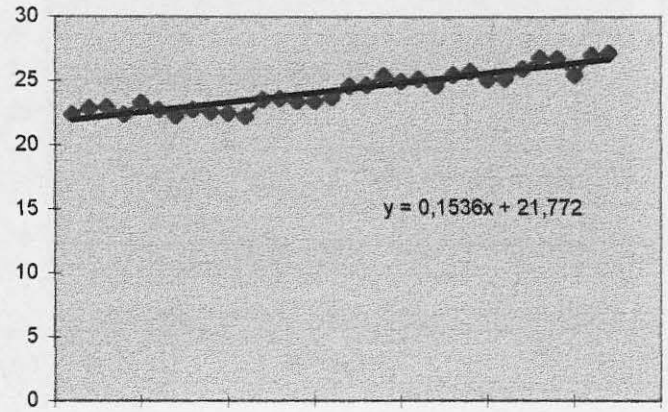
NOM	BAALA
Prénom	Mehdi

DATE	déc-98
------	--------

Evolution de VO2 à 18 km/h

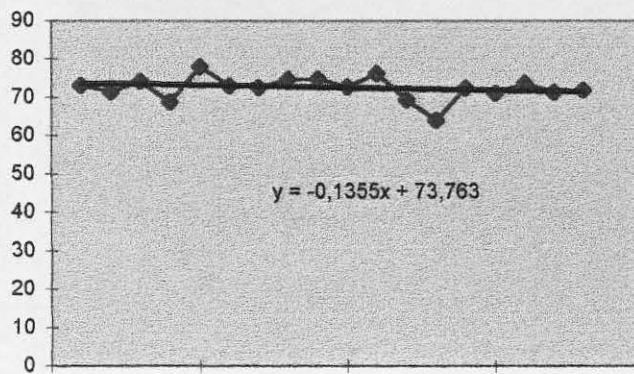


Evolution de VE/VO2 à 18 km/h

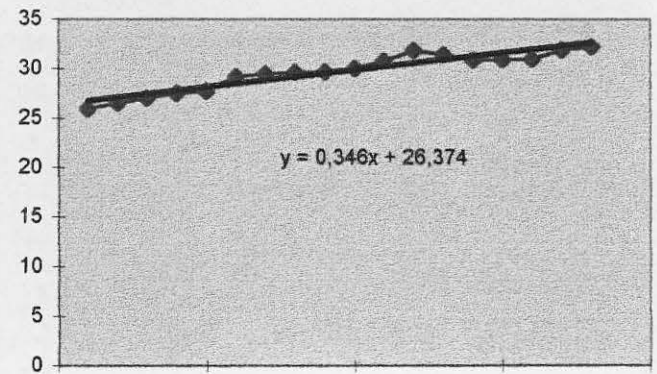


F.C. fin	189
Lactate fin	5,2
Q.R. fin	1,06
VO2 moy.	69,75

Evolution de VO2 à 20km/h



Evolution de VE/VO2 à 20 km/h



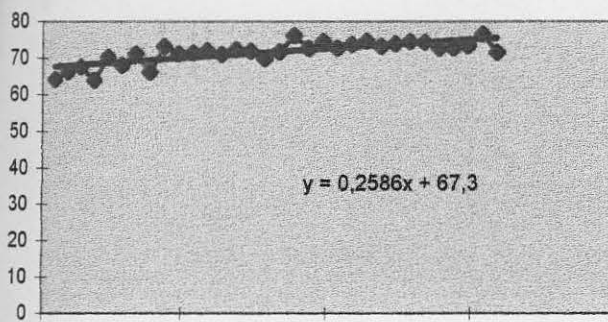
F.C. fin	199
Lactate fin	8,5
Q.R. fin	1,2
VO2 moy.	72,47

RESULTATS DES PARAMETRES PHYSIOLOGIQUES

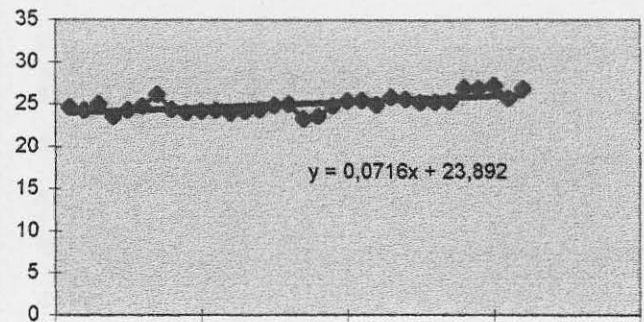
NOM	Aissat
Prénom	nicolas

DATE	déc-98
------	--------

Evolution de VO2 à 18 km.h-1

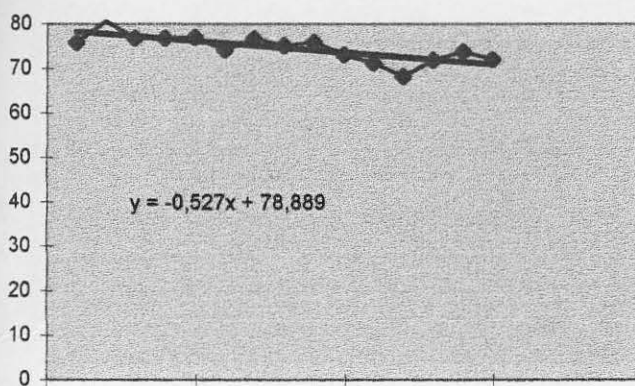


Evolution de VE/VO2 à 18 km.h-1

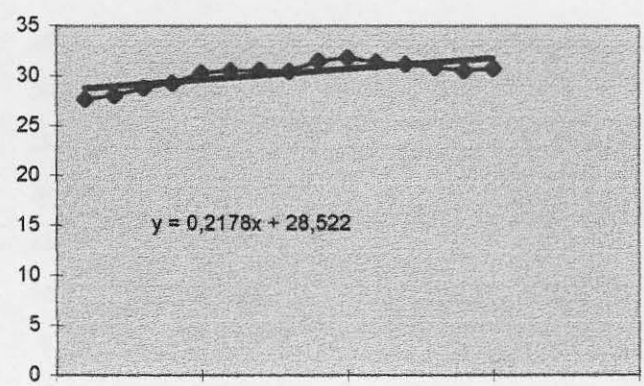


F.C. fin	182
Lactate fin	6,5
Q.R. fin	1,02
VO2 moy.	71,56

Evolution de VO2 à 20 km.h-1



Evolution de VE/VO2 à 20 km.h-1



F.C. fin	188
Lactate fin	9,3
Q.R. fin	1,08
VO2 moy.	74,67

La vitesse n'a pas été respectée jusqu'à la fin, ce qui rend les résultats difficiles à interpréter

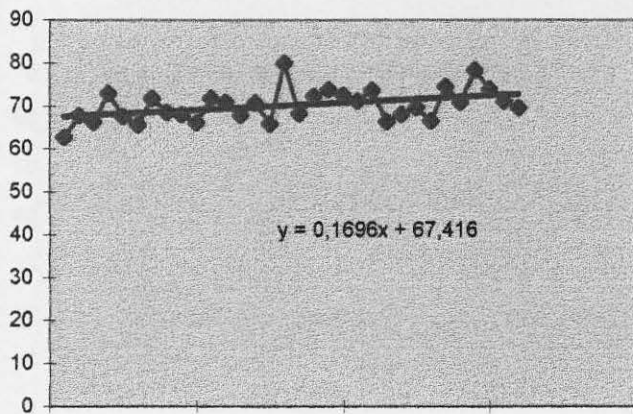
RESULTATS DES PARAMETRES PHYSIOLOGIQUES

NOM

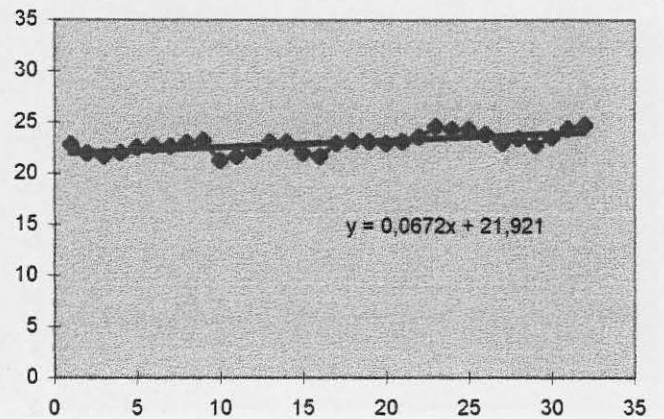
Prénom

DATE mars-98

Evolution de VO₂ à 18 km/h

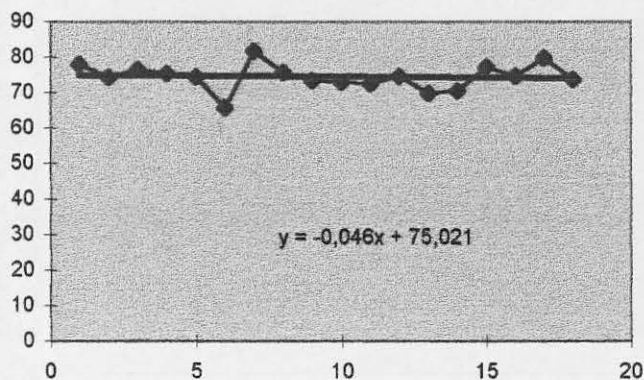


Evolution de VE/VO₂ à 18 km/h

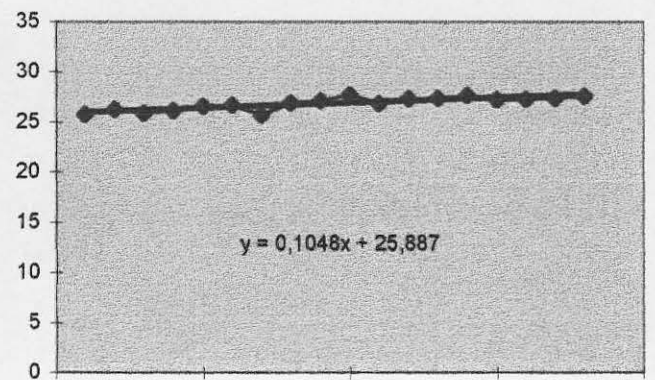


F.C. fin	195
Lactate fin	3,3
Q.R. fin	1,07
VO ₂ moy.	70,21

Evolution de VO₂ à 20 km/h



Evolution de VE/VO₂ à 20 km/h



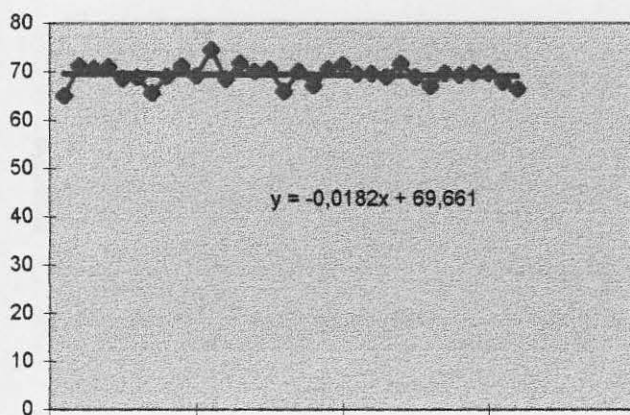
F.C. fin	201
Lactate fin	8,4
Q.R. fin	1,17
VO ₂ moy.	74,37

RESULTATS DES PARAMETRES PHYSIOLOGIQUES

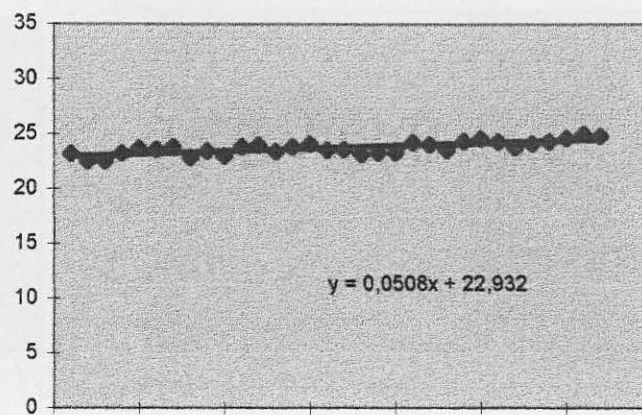
NOM	Villain
Prénom	Katel

DATE	déc-98
------	--------

Evolution de VO2 à 16 km/h

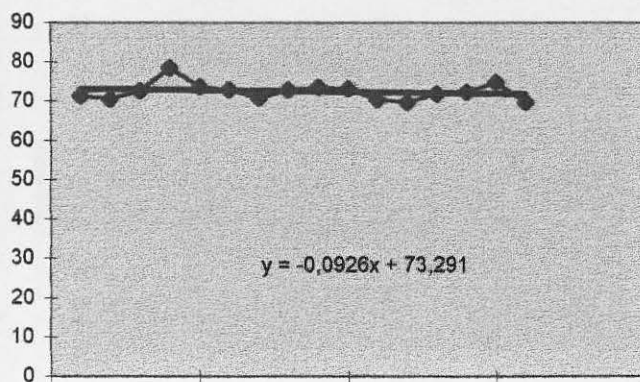


Evolution de VE/VO2 à 16 km/h

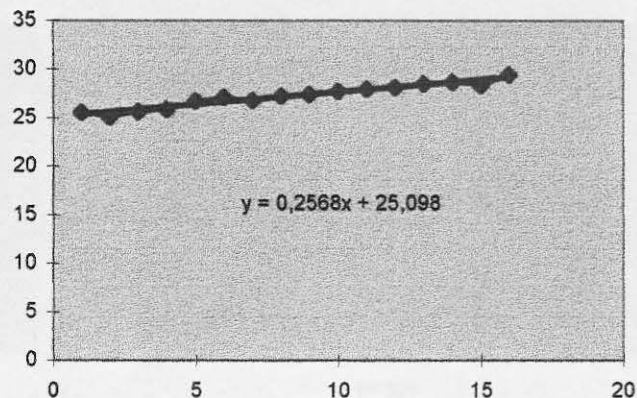


F.C. fin	189
Lactate fin	7,4
Q.R. fin	1,02
VO2 moy.	69,36

Evolution de VO2 à 18 km/h



Evolution de VE/VO2 à 18 km/h



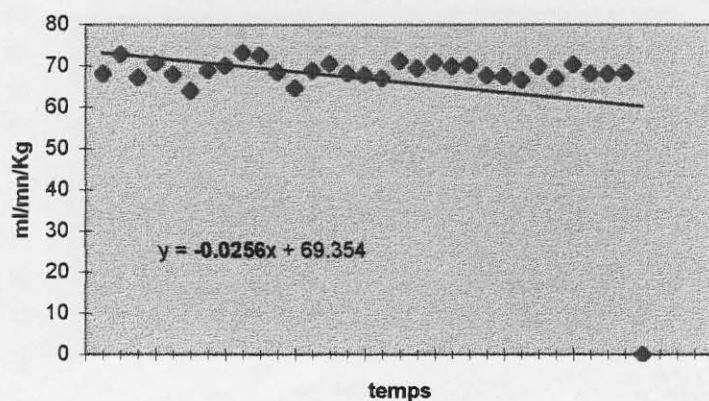
F.C. fin	
Lactate fin	10,5
Q.R. fin	1,13
VO2 moy.	72,5

RESULTATS DES PARAMETRES PHYSIOLOGIQUES

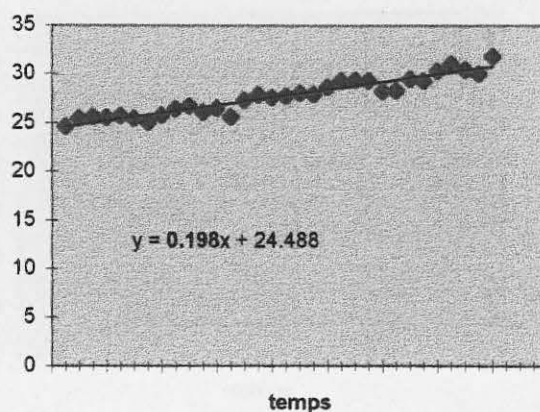
NOM	FOUQUET
Prénom	Virginie

DATE	oct-97
------	--------

FOUQUET VO2 Kg (16 Km/h)



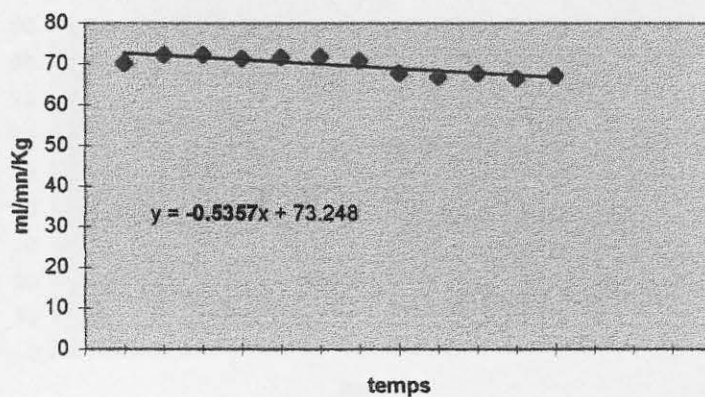
FOUQUET VE/VO2 (16 Km/h)



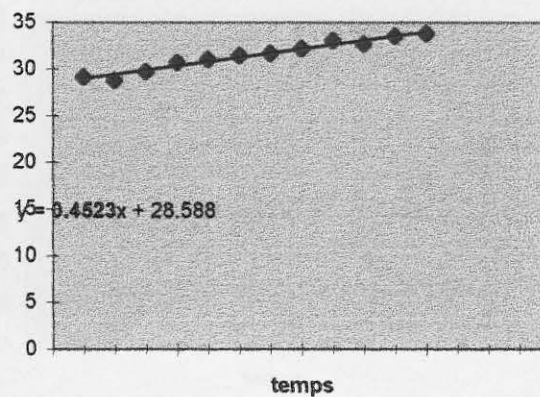
F.C. fin	197
Lactate fin	12
Q.R. fin	1,02
VO2 moy.	68,93

Le seuil anaérobie semble nettement dépassé. La F.C est déjà maximale. A vérifier par un autre test de terrain ou par une épreuve de laboratoire. L'économie de course est assez moyenne.

FOUQUET VO2 Kg (18 Km/h)



FOUQUET VE/VO2 (18 Km/h)



F.C. fin	198
Lactate fin	13,4
Q.R. fin	1,06
VO2 moy.	69,76

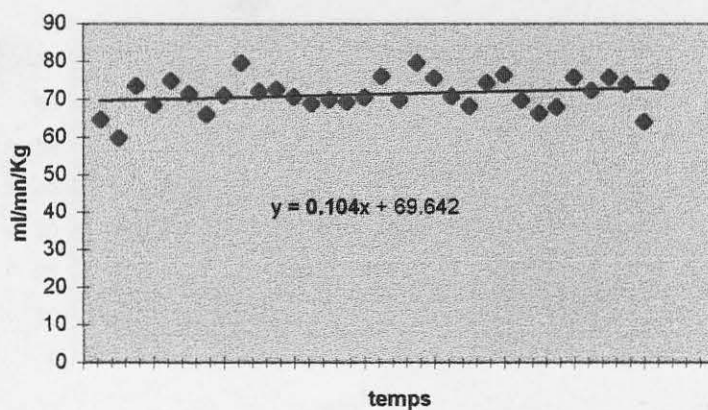
VO2 max (69.7 mlO2/mn/kg) est atteint à cette vitesse ce qui semble indiquer que la VMA est voisine de 18 km/h. A vérifier.

RESULTATS DES PARAMETRES PHYSIOLOGIQUES

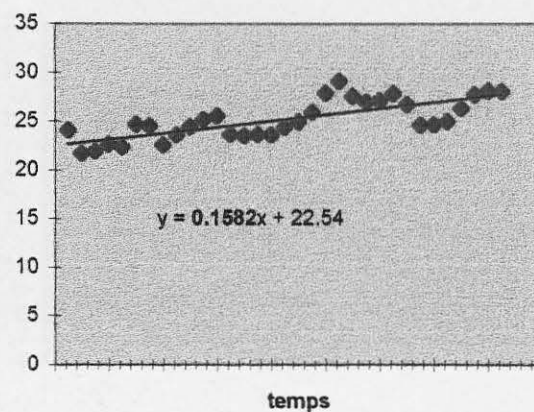
NOM	TALLIN
Prénom	Jean-Gilles

DATE	octobre 1997
------	--------------

TALIN VO2 Kg (18 Km/h)



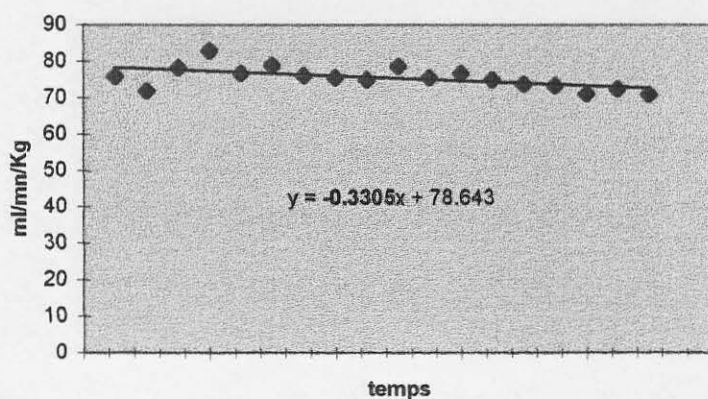
TALIN VE/VO2 (18 Km/h)



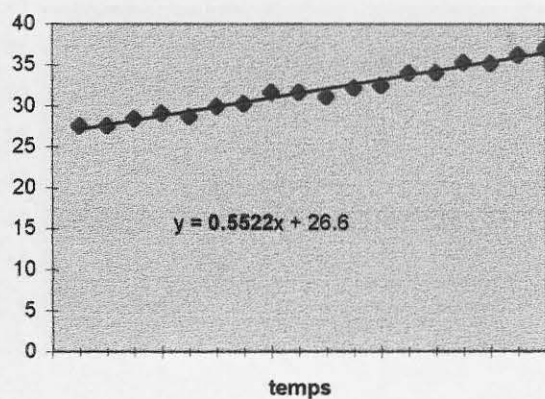
F.C. fin	
Lactate fin	7,2
Q.R. fin	1,01
VO2 moy.	74,17

Seuil anaérobie légèrement inférieur à 18 km/h au vu des pentes et des valeurs de lactatémie

TALIN VO2 Kg (20 KM/h)



TALIN VE/VO2 (20 Km/h)



F.C. fin	
Lactate fin	12
Q.R. fin	1,14
VO2 moy.	75,5

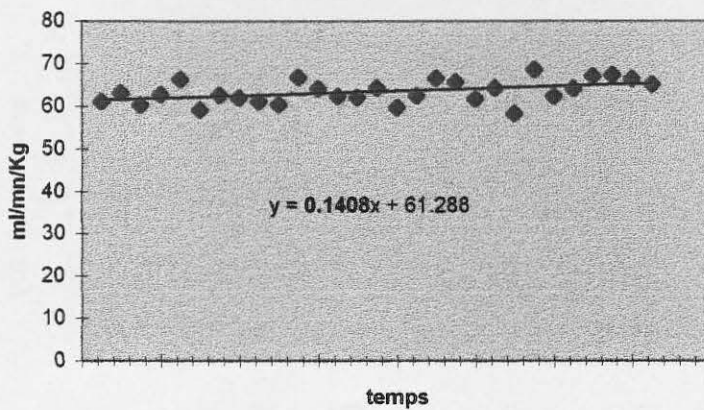
Vitesse largement supérieure au seuil anaérobie. VMA supérieure à 20, vraisemblablement voisine de 21km/h
VO2max atteint au cours de l'effort à 20:78mlO2/mn/kg

RESULTATS DES PARAMETRES PHYSIOLOGIQUES

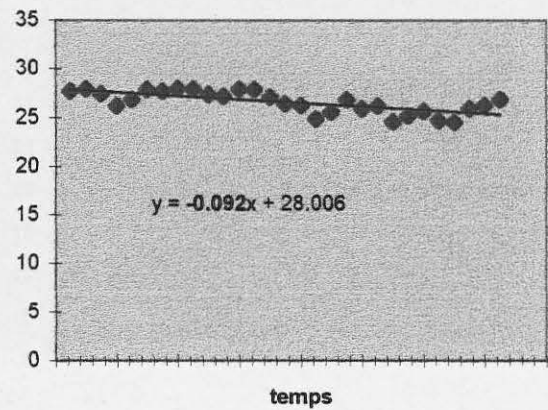
NOM	Michard
Prénom	Luc

DATE	oct-97
------	--------

MICHARD VO2 Kg (18 Km/h)



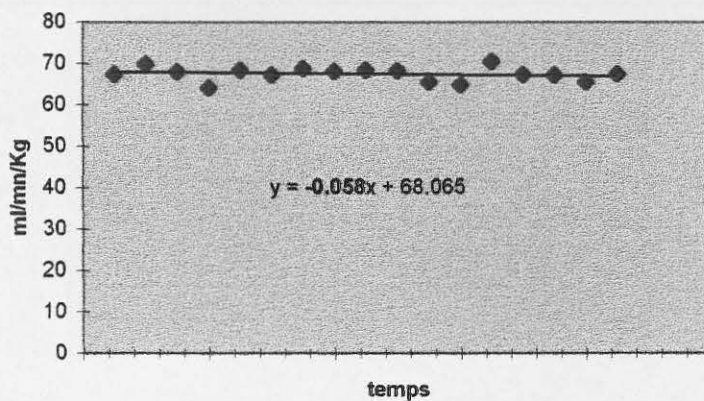
MICHARD VE/VO2 (18 Km/h)



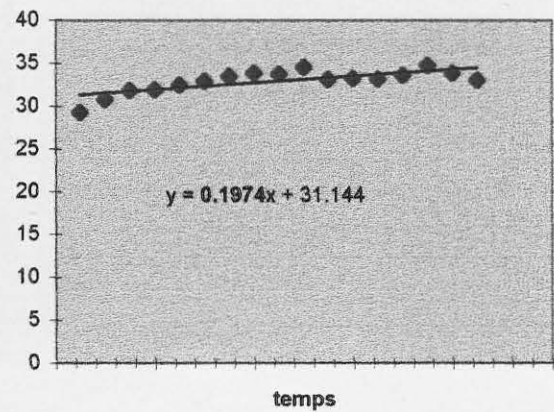
F.C. fin	
Lactate fin	4,1
Q.R. fin	0,98
VO2 moy.	63,4

Au vu des pentes des paramètres ventilatoires et des valeurs de lactatémie, le seuil anaérobie est supérieur à 18 km/h et sûrement proche de 19 km/h. Très bonne "économie de course" à cette vitesse.

MICHARD VO2 Kg (20 Km/h)



MICHARD VE/VO2 (20 Km/h)



F.C. fin	
Lactate fin	8,1
Q.R. fin	1,15
VO2 moy.	67,54

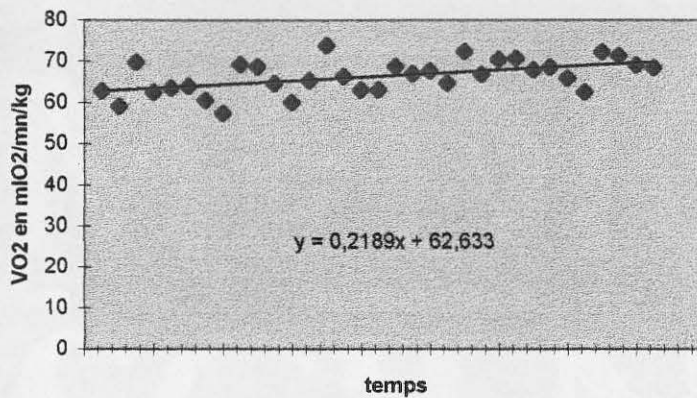
VMA largement supérieure à 20 km/h (22?). Au vu des qualités aérobies et du très bon coût énergétique, VO2 max n'est pas atteint au cours du test.

RESULTATS DES PARAMETRES PHYSIOLOGIQUES

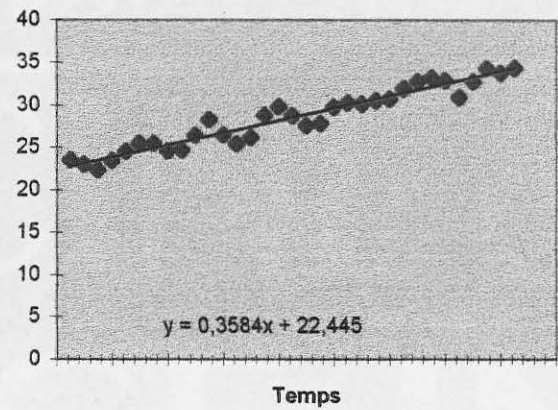
NOM	HOTYAT
Prénom	Mickaël

DATE	oct-97
------	--------

Hotyat Vo2/kg à 18 km/h



Hotyat VE/VO2 à 18 km/h



F.C. fin	
Lactate fin	12,2
Q.R. fin	1,09
VO2 moy.	66,35

Seuil très largement inférieur à 18 km/h.

A note: lactatémie en fin d'échauffement (10 min à 14 + 5 min à 15): 3.7 mmol/l

F.C. fin	
Lactate fin	
Q.R. fin	
VO2 moy.	

n'a pas couru à la vitesse de 20 km/h

Scandinavian Journal of
**MEDICINE &
SCIENCE IN
SPORTS**



**Abstracts of the 4th Scandinavian Congress
on Medicine and Science in Sports**

November 5-8, 1998, Lahti, Finland

Volume 8 · Number 5 · Part II · October 1998

MUNKSGAARD · COPENHAGEN

Moving young bones

Heidi Haapasalo: Tampere Research Center of Sports Medicine, The UKK-Institute, Tampere, Finland

The risk of developing skeletal fragility and increased fracture risk in later life is dependent on the maximum amount of bone mass achieved during childhood and adolescence (peak bone mass, PBM), and the amount and rate of bone loss thereafter. The higher the PBM, the more an individual may lose bone during aging and menopause without risk of osteoporosis and subsequent fractures. In other words, a high PBM in early adulthood is a protective factor against osteoporosis in later life.

Recent evidence shows that the bone mass increases dramatically during puberty, and the PBM is achieved soon after the completion of the longitudinal growth, in females probably as early as at the age of 18 in some skeletal sites. This indicates that any efforts to maximize the PBM should be done before that age. Although genetic factors have shown to determine 60–90% of the PBM, environmental factors as nutrition and physical activity may regulate PBM up to 40% and therefore may be crucial when optimizing the PBM to its genetic potential.

Cross-sectional studies of lifetime athletes in different sports have shown that athletes may have over 30% (weight-lifters, tennis player's dominant arm) higher bone mass in several skeletal sites when compared to sedentary controls. In the prospective exercise studies with sedentary adults, however, the effects of even vigorous exercise have remained only in few percents. In spite of the fact that the skeletal hypertrophy in competitive athletes may be caused by a positive selection to the sport, the differences over 30% between players and controls are very unlikely to be inborn. Therefore, these findings together have given an idea that the higher bone mass in lifetime athletes may be due to the fact that they have started regular training already

in childhood. This is also supported with findings from animal studies, which suggest that a growing skeleton may have a greater capacity to add new bone to skeleton than its mature counterpart, and with the fact that the adolescent growth spurt is the only time in life when the bone is added in substantial amounts to the inner and outer sides of the bone cortex by endosteal and periosteal apposition, the endosteal apposition fading away quickly thereafter.

There are a number of studies with child- and adolescent athletes, where the bone mass differences between athletes and sedentary controls have been very close to those found in the studies with adults. Further, studies with female tennis and squash players have shown that the side-to-side differences in bone mass between playing and non-playing arms are two- to three-fold higher in those players who had started playing before or during the menarche than in those players who had started after the puberty. On the other hand, in junior tennis players, significant side-to-side differences between arms were not found until the Tanner stages II and III. Together these findings suggest that there might be a relatively short period of life, the period of rapid longitudinal growth, when the effects of exercise on bone are maximal.

Recent longitudinal exercise studies with sedentary children and adolescent have supported the findings of the above mentioned studies; i.e. the effect of exercise has been larger in growing girls than their adult counterparts. Thus, it seems that the PBM may be significantly increased in loaded skeletal sites with suitable exercise regimens. If these about 1SD (10%) PBM increases could be sustained in adulthood, that would be associated with halving the fracture risk in later life.

Evolution of ventilatory parameters in elite athletes at intensities near anaerobic threshold throughout the base training period

C. Hanon¹, B. Gajer¹, C. Thépaut-Mathieu¹, J. Marajo², P. Binelli², P. Dupont², M. Wolff¹, D. Lehénaff¹: ¹Département des Sciences du Sport, INSEP, Paris, France, ²Fédération Française d'Athlétisme, Paris, France

A formal request from coaches in athletics has brought us to define a rectangular, easily reproducible, no-time consuming field test, aimed at characterising the adaptation of athletes to running intensities considered to be matching the anaerobic threshold.

Population. 11 young middle-distance runners belonging to France's elite, and specialists in distances ranging from 800 to 5000m (age: 20 ± 1.73 years, height: 179.66 ± 5.21 cm, weight: 65.12 ± 5.86 kg).

Material and methods. After a standardised and controlled warm-up, the tests included a 10-min run at $18 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ followed by a 6-min run at $20 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, with a 2-min rest in between. Speeds were monitored via an apparatus emitting signals at pre-calibrated time intervals giving feed-back information to the runners every 25 meters. Ventilatory parameters (VE , VO_2 , VCO_2 , VE/VO_2 , VE/VCO_2 , FR) and heart rate (HR) were recorded continuously by means of a gas exchange telemetric system (K4, Cosmed, Milan, Italy) experimentally validated (Hausswirth et al. 1997) and by a heart rate monitor (Baumann, BHL 6000) respectively. Capillary blood samples were collected at subjects' earlobes in 50 μl heparinised capillary tubes before warming up and after each bout. Wasserman et al. (1979) have previously outlined a different ventilatory evolution for intensities

of exercise either below or above the anaerobic threshold. Therefore to characterise the runners adaptation, we have determined the slope coefficient for each ventilatory parameter over the last 8 min and 4.5 min of the work-outs at $18 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ and $20 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ respectively. All subjects underwent the test twice, in October (O) 1997 and April (A) 1998.

Results. There is a positive correlation between the slope coefficient of VE/VO_2 and $[\text{La}^-]$ ($P < 0.01$). Since VO_2 stability may be interpreted either as a sign of easiness at the selected speed or as an indication that VO_2 max is presumably reached, the VO_2 slope coefficient has not been retained as a significant index characterising the effort. Besides, it is to be noted that VO_2 stability may still be accompanied with a rise in HR values. The comparison of the results from the October and April tests demonstrates that:

- $[\text{La}^-]$ values are slightly inferior in April, though not significantly (6.13 vs 5.67 at $18 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ and 9.52 vs 9.15 at $20 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$), – the slopes for all ventilatory parameters have flattened after the base-training period, though only the differences in VE/VO_2 , VE/VCO_2 , Fr values at $20 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ are significant ($P < 0.001$, specific t-test to compare regression coefficient)

- oxygen uptake values for the selected speeds are significantly lower in April compared to the previous October test (70.11 vs

Abstracts

65.21 ml · mn⁻¹ · kg⁻¹ at 18 km · h⁻¹ and 76.4 vs 69.48 ml · mn⁻¹ · kg⁻¹). This observation is valid for all subjects, apart from one who happened to be injured and therefore had been unable to train for four months.

Conclusion. It seems that the reduction in the VE/VO₂ slope and of the energy expenditure at the selected speeds be the most sensitive parameters to evaluate the effects of training. Finally,

a GDA (Geometric Data Analysis) demonstrated that the values of slope coefficients for VE/VO₂, VE, VE/VCO₂ were actually well reflecting the runners' speciality.

References. Hausswirth C. et al. Int J Sports Med (1997): 18: 449–53.

Wasserman K. et al. Bull Eur Physiopathol Respir 1979: 15: 27–47.

Mental health and swimming's social value

Manuela Hasse: Universidade Técnica de Lisboa, Faculdade de Motricidade Humana, Lisboa, Portugal

Introduction. The object of our work is the relation between swimming practice and its progressive and clear valorization. Once its activity started to be recognized by the end of the eighteen hundreds, as a valuable form of exercise, interest increased from the mental and therapeutic perspective. Swimming is presented since then, as a form of exercise recommended especially by physicians, and justified by the good results in general health and mental health in particular.

Material. Thesis presented at Lisbon's and Oporto's Schools of Medicine, publications on swimming, sporting periodicals and teaching publications were the researched material used to support this study. The research was conducted at the National Library Archives and Oporto's Local Government Library.

Method. The observed correlation between swimming and its positive influence in both general and mental health, and the knowledge obtained from our prior works, led us to choose the historical method of research.

Results. The study of swimming and cold baths in the sea, as a

graduate theme chosen by some physicians, illustrates the interest this form of exercise has stimulated.

In addition to the utilitarian properties evaluated, this form of exercise offers other factors which justify further analysis by specialists:

Improvement was noted at several functional levels with individuals that swam under medical supervision, including the breathing, circulatory and digestive system, sleep metabolics, appetite re-establishment, eye vivacity, physical capacity, effort resistance, and overall physical and psychological condition.

Conclusion. At the turn of the century, swimming rose in its significance, providing positive influence and benefits, while at the same time registering changes in the re-balance of the individual's functional breathing. The addition of a new coordination in functional breathing favored the nervous system, delaying signs of physical and psychological fatigue, and restoring sleep rhythms and appetite manifestations. These controlling factors support the recommendation of swimming as safe exercise.

Lymph flow dynamics in exercising human skeletal muscle

Eino Havas, Veikko Viikho: Likes-Research Center, Jyväskylä, Finland

The lymphatic system plays an important role in the maintenance of the extracellular homeostasis by transporting proteins and other macromolecules as well as lymph fluid from the tissue interstitium back into the circulation. Although it is well known that physical activity increases lymph flow, very little is known about the lymph flow in skeletal muscles, the tissue whose activity is most dramatically affected during exercise. We have studied the nature of the lymphatic transport in skeletal muscle tissue at rest and during different kinds of voluntary exercise using scintigraphy. The method involves an injection of radio-labelled tracer (human serum albumin, 99mTc-labelled) into the target muscle, and subsequent quantitation of the amount of the tracer by a gamma-camera at the injection site. The lymph flow is described as the fractional clearance rate of the tracer from the injection site (unit=%/min). Besides the injection (0.05–0.15 ml, 10–60 MBq) the method is a non-invasive one. The subjects are entirely free to participate in any physical activity after the injection, and except of six minor bruises no other complications have occurred in 202 injections so far.

Lymph flow from contracting muscles seems to be dependent on the degree of the deformation of the muscle during the contractions (Havas et al. 1997). Isometric contractions of stretched vastus lateralis muscles doubled the clearance rate from

resting 0.05±0.04 to 0.09±0.11%/min, whereas dynamic contractions elicited a clearance rate of 0.16±0.16%/min, and isometric contractions of unstretched muscles that of 0.20±0.15%/min ($P<0.05$). The lymph flow, however, is only in part dependent on the exercise intensity. Although bicycling at 165 W elicited a higher clearance rate than bicycling at 95 W (0.26±0.15 vs. 0.13±0.08%/min, respectively, $P<0.05$), exercising at 235 or 300 W did not cause a further rise in the clearance rate (0.20±0.07 and 0.19±0.08%/min, respectively). An analogous result was obtained from biceps brachialis muscles when elbow flexions were performed with loads varying between 10–40% of maximal load. The contractions with 30 and 40% load elicited higher clearance rates than contractions with 10 and 20% loads, (0.31±0.17 and 0.31±0.13 vs. 0.18±0.13 and 0.21±0.13%/min, respectively, $P<0.05$).

Our results confirm experimentally the current concept of the lymph flow mechanics in skeletal muscle (Mazzoni et al. 1990), and encourage for further studies clarifying the role of the lymphatic system in the maintenance of the *milieu interior* of skeletal muscle cells.

References. Havas E, et al. J Physiol 1997: 504: 233–9.

Mazzoni M, et al. Am J Physiol 1990: 259: H1860–8.

Résumé :

Sur la demande des entraîneurs nationaux de demi-fond en vue d'un suivi de l'entraînement, nous avons procédé à la mise en place de tests destinés à évaluer les adaptations des athlètes de demi-fond "élite espoir" à des vitesses de course déterminées par les entraîneurs comme des vitesses "standard" pour la réussite au plus haut niveau mondial.

Ainsi pendant 2 ans, une équipe de chercheurs de l'INSEP s'est-elle déplacée sur les lieux des stages nationaux afin de tester les trente athlètes considérés comme l'élite espoir du demi-fond (800 à 5000m).

Les athlètes devaient courir à vitesse constante sur 2 vitesses distinctes (16 et 18 km/h pour les féminines et 18 et 20 km/h pour les athlètes masculins). Les adaptations ventilatoires des athlètes au cours de ces deux efforts étaient retenues comme indice de suivi. Ces résultats étaient complétés par l'enregistrement des valeurs de fréquence cardiaque et par la détermination de la lactatémie sanguine.

Ces résultats ont été traités selon 2 stratégies

- la première consistait à rendre le plus rapidement possible un bilan individuel pour chaque athlète
- la seconde a permis de traiter statistiquement les résultats de l'ensemble des athlètes afin de mettre en avant la pertinence du test ainsi que les progrès réalisés avec l'entraînement et les liens éventuels avec la performance.

Il semble que les spécialistes de 1500 et 3000m steeple, capables en catégorie espoir de maintenir la seconde vitesse (20 km/h pour les garçons notamment) sans présenter de dérive notable de leur valeur de Vo_{2max} soient aujourd'hui situés dans les spécialistes mondiaux de leur discipline.

Le lien entre la performance sur 800 m et les résultats de ce test semble moins évident.