



HAL
open science

Estimation du seuil anaérobie chez le poney

J.P. Valette, Eric Barrey, C. Garbasi, R. Wolter, M. Jouglin

► **To cite this version:**

J.P. Valette, Eric Barrey, C. Garbasi, R. Wolter, M. Jouglin. Estimation du seuil anaérobie chez le poney. *Annales de zootechnie*, 1989, 38 (4), pp.229-236. <hal-00888706>

HAL Id: hal-00888706

<https://hal.science/hal-00888706v1>

Submitted on 11 May 2020

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.



HAL Authorization

Estimation du seuil anaérobie chez le poney

J.P. Valette, E. Barrey, C. Garbasi et R. Wolter

avec la collaboration technique de M. Jouglin

*Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, laboratoire de physiologie sportive INRA,
7, avenue du Général-de-Gaulle, 94704 Maisons-Alfort Cedex, France*

(reçu le 20 février 1989; accepté le 12 juillet 1989)

Résumé — Chez le poney, le seuil anaérobie, état d'équilibre entre vitesses de production et de disparition de l'acide lactique dans le compartiment sanguin, est variable selon le type d'entraînement auquel l'animal est soumis. Par rapport à un exercice modéré (au pré), ce seuil s'abaisse en endurance (vers 2–2,5 mmol.l⁻¹) et augmente en sprint (autour de 3,5 mmol.l⁻¹). Ce seuil reste une valeur susceptible de fluctuations importantes dont la connaissance peut permettre l'orientation vers une discipline et un entraînement approprié.

seuil anaérobie — V₄ — endurance — sprint — lactatémie

Summary — **Estimation of anaerobic threshold in the pony** — Six ponies were trained first for endurance for 6 months, then they were left for 2 months in a meadow and finally were trained for 5 weeks. They were tested on a treadmill to determine their anaerobic threshold (L_{seuil}) and to compare it with the conventional 4 mmol.l⁻¹ reference (Fig. 1) by incremental or constant speeds tests (Fig. 2).

It appears (Table I) that in the pony, the anaerobic threshold steady state between production and metabolization rate of lactic acid, varies according to animals and type of training. With endurance training, it decreases to 2–2.5 mmol.l⁻¹, while with speed training it increases up to 3.5 mmol.l⁻¹.

The 4 mmol.l⁻¹ value (Table II) does not seem to correspond to a threshold, because of the accumulation of lactic acid during prolonged exercise. The determination of the true threshold, which is an individual, variable value, is of importance in the management of a specific training.

anaerobic threshold — V₄ — endurance — speed — blood lactate

INTRODUCTION

L'appréciation de la valeur sportive d'un animal athlète tel que le cheval, nécessite une étude multifactorielle (Barrey *et al.*, 1989) des paramètres susceptibles d'être influencés par l'entraînement, notamment les caractéristiques du métabolisme énergétique.

L'adaptation physiologique à un exercice d'endurance et de résistance, repose essentiellement sur le concept de seuil anaérobie et sur l'étude de la zone de transition aéro-anaérobie, décrits chez l'athlète humain par Wasserman et McIlroy (1964) puis précisés par Mader *et al.* (1976), Kindermann *et al.* (1979) et Rieu *et al.* (1986).

Ce seuil correspond à un état d'équilibre entre les vitesses de production et de

disparition de l'acide lactique dans le compartiment sanguin (Brooks, 1985). Cet équilibre serait permis, entre autres, par le couplage des fibres hypo- et hyperaérobies (Di Prampero, 1986). Au-delà de ce seuil, la lactatémie croît suivant un modèle exponentiel (Fig. 1), la couverture des besoins énergétiques se faisant alors majoritairement par voie anaérobie, parallèlement à un recrutement croissant des fibres à contraction rapide.

Cette notion de seuil anaérobie, situé chez l'athlète humain à 4 ± 1 mmol.l⁻¹ (Mader *et al.*, 1976) a donné lieu, selon les disciplines et les méthodologies d'évaluation à des définitions et déterminations particulières (Hollman, 1985) telles que l'IAT (Individual Anaerobic Threshold) de Keul *et al.* (1979) et l'OBLA (Onset of Blood Lactate Accumulation) de Sjodin et Jacobs (1981). La référence 4 mmol.l⁻¹, justifiée

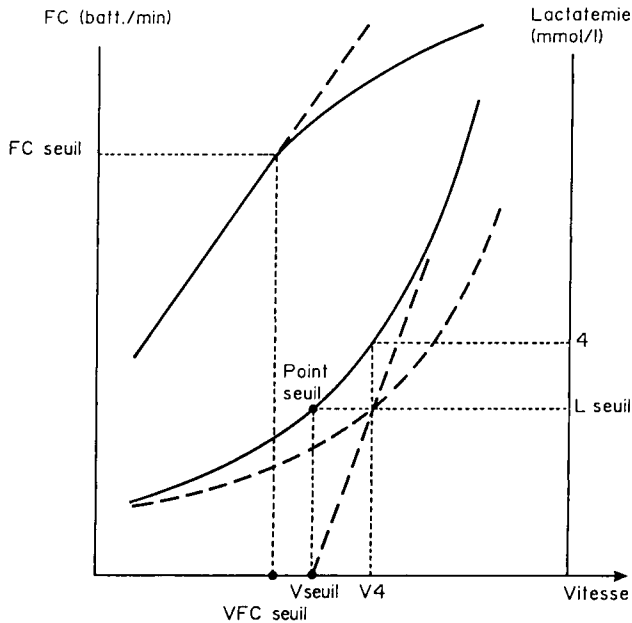


Fig. 1. Détermination graphique des seuils.

chez l'homme (Heck *et al.*, 1985), sert à la conduite de l'entraînement en endurance chez celui-ci.

Chez le cheval, la plupart des auteurs ont utilisé le paramètre V_4 (vitesse induisant une lactatémie de 4 mmol.l^{-1}) pour évaluer l'effet de l'entraînement (Wilson *et al.*, 1983), l'état de forme (Bayly, 1986; Sloet Van Oldruitenborgh-Oosterbaan *et al.*, 1987) ou l'intérêt d'une ration alimentaire adaptée à l'effort long (Wolter *et al.*, 1987), sans préjuger de la réalité de cette valeur comme seuil anaérobie chez le cheval. Saibene *et al.* (1985) et Ceretelli (1987) préfèrent utiliser la vitesse d'accumulation du lactate ($\Delta La/\Delta t$) énoncée par Margaria *et al.* (1963). Blanc *et al.* (1987) comme Michaux (1988) estiment le «seuil d'accumulation du lactate» d'après la position du point de rupture de la linéarité dans la relation lactatémie vs vitesse.

A l'instigation de Persson (1983), le paramètre V_{200} (vitesse induisant une fréquence cardiaque de $200 \text{ batt./min}^{-1}$) qui ne correspond aucunement à un seuil mais reflète le fonctionnement cardiaque lors d'un effort situé au-delà du seuil anaérobie, s'avère d'un abord aisé pour la conduite de l'entraînement sur le terrain. Ce paramètre V_{200} a été repris par de nombreuses équipes (Wilson *et al.*, 1983; Bayly, 1986; Evans & Rose, 1987; Valette & Wolter, 1987). Une estimation du seuil cardiaque anaérobie (Conconi *et al.*, 1982; Persson, 1983; Rose & Evans, 1987) pour-

rait se situer au point de déflexion (Fig. 1) de la relation fréquence cardiaque vs vitesse.

Le but du présent travail a été de déterminer les seuils lactique et cardiaque chez le poney, leurs particularités individuelles et leurs évolutions en fonction du type d'entraînement.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Six poneys de conformations différentes (140 à 220 kg) sont entraînés en aérobie, à 65% de leur fréquence cardiaque maximale (130 – $140 \text{ batt./min}^{-1}$) 3 fois par semaine pendant 6 mois; puis ils sont mis au pré pendant 2 mois, avant de reprendre un entraînement, essentiellement en anaérobie ($200 \text{ batt./min}^{-1}$), 2 fois par semaine pendant 5 semaines. Les épreuves de contrôle ont lieu sur tapis roulant après 10 min d'échauffement au petit trot à la vitesse de $1,9$ – $2,5 \text{ m/s}$. La fréquence cardiaque (FC) est enregistrée en continu au moyen d'un cardiofréquencemètre (Horse Tester).

Le protocole consiste en 2 séries d'épreuves (Fig. 2).

Epreuves tests par paliers

Des épreuves test ET_1 , ET_2 , ET_3 , comportant 6 paliers de vitesses croissantes (de 2 à 7 m/s), adaptées à chaque animal afin que les 2 derniers paliers s'effectuent à une fréquence car-

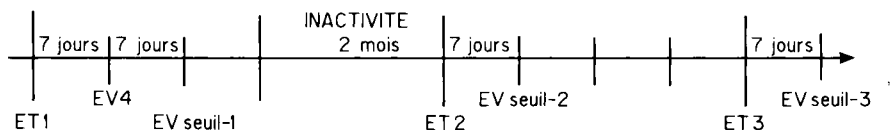


Fig. 2. Chronologie des épreuves.

diague supérieure à 200 batt.min⁻¹. Chaque palier d'effort dure 3 min avec un intervalle de repos de 2 min au cours duquel sont effectuées les prises de sang.

L'étude des relations entre vitesse (*V*), lactatémie (*L_a*) et fréquence cardiaque (*FC*) définit un certain nombre de critères physiologiques qui évaluent l'aptitude à l'effort (Valette & Wolter, 1988), en particulier *V₄*.

Pour chaque individu, les lactatémies et les fréquences cardiaques obtenues aux paliers successifs permettent de construire, par interpolation les courbes *La* et *FC* vs vitesse.

La traduction graphique (Fig. 1), réalisée par la méthode des Splines cubiques (Dony, 1986) conduit à estimer les caractéristiques du seuil lactique au-delà duquel le métabolisme est essentiellement anaérobie avec accumulation d'acide lactique. L'extension de la branche supérieure de l'exponentielle sur l'axe des abscisses, indique la vitesse seuil (*V_{seuil}*). Le point

seuil de la courbe (point de courbure maximale) projeté sur l'axe des ordonnées détermine la lactatémie seuil (*L_{seuil}*). De même, la fréquence seuil (*FC_{seuil}*) est déterminée graphiquement au point de déflexion de la courbe *FC* vs vitesse (Conconi, 1982).

Epreuves à vitesse constante

En alternance avec les épreuves par paliers, des épreuves sont effectuées à vitesses constantes (Fig. 2) différentes pour chaque poney, appelées *EV₄* (10 min à la vitesse *V₄* déterminée lors de *ET₁*) ou *EV_{seuil}* (2 phases successives de 10 min aux vitesses seuil déterminées par l'épreuve test immédiatement précédente), ponctuées par un prélèvement sanguin.

Les échantillons de sang obtenus lors des différentes épreuves servent au dosage de

Tableau 1. Résultats des épreuves test, à paliers de vitesses croissantes.

<i>Poney</i>	1	2	3	4	5	6	<i>m ± t s/Vn</i>
Epreuve test							
<i>ET₁</i>							
<i>V₄</i>	6,2	5,55	5,0	5,3	5,1	5,3	5,4 ± 0,40
<i>V_{seuil}</i>	5,1	4,9	4,5	4,6	4,3	4,2	4,6 ± 0,3
<i>L_{seuil}</i>	2,1	2,3	2,9	2,4	2,6	2,1	2,4 ± 0,3
<i>FC_{seuil}</i>	152	176	185	166	174	169	170 ± 11
<i>ET₂</i>							
<i>V₄</i>	5,7	4,8	4,55	5,35	3,55	3,45	4,55 ± 0,85
<i>V_{seuil}</i>	4,6	4,8	4,2	4,0	3,5	4,3	4,2 ± 0,4
<i>L_{seuil}</i>	2,1	4,0	4,0	2,2	3,6	3,5	3,2 ± 0,8
<i>FC_{seuil}</i>	134	153	131	121	135	166	140 ± 16
<i>ET₃</i>							
<i>V₄</i>	4,95	4,3	3,55	4,45	3,75	3,35	4,05 ± 0,55
<i>V_{seuil}</i>	4,6	4,6	4,3	4,8	3,6	3,7	4,3 ± 0,5
<i>L_{seuil}</i>	3,0	3,3	3,5	3,4	3,9	3,3	3,4 ± 0,3
<i>FC_{seuil}</i>	180	180	165	185	190	175	179 ± 9

V₄ et *V_{seuil}* en m.s⁻¹; *L_{seuil}* en mmol.l⁻¹; *FC* en batt.min⁻¹.

Tableau II. Lactatémies (mmol.l⁻¹) obtenues pour l'épreuve, à vitesse constante V₄ (EV₄).
Blood lactate levels at constant speed V₄ test.

Poney	1	2	3	4	5	6	<i>m ± ts/Vn</i>
Lactatémie	8,25	10,1	5,9	8,2	7,7	8,85	8,2 ± 1,4

l'acide lactique (Analox). Les résultats sont traités par le test de Student et l'étude du coefficient de corrélation (Schwartz, 1969).

RÉSULTATS

Les données obtenues lors des 3 épreuves test (ET) sont indiquées dans le Tableau I. Le Tableau II rapporte les résultats relatifs aux lactatémies lors de

l'épreuve EV₄ (10 min à V₄). Le Tableau III récapitule les lactatémies : (a) en mmol.l⁻¹ et les fréquences cardiaques; (b) en batt.min⁻¹ constatées à chaque phase lors des 3 épreuves EV_{seuil} (2 séquences de 10 min à V_{seuil}).

V₄ et V_{seuil} se révèlent corrélées (*r*_{16ddl} = 0,66; *s* à 1%) et se situent pour les 2 premières épreuves test à des valeurs différentes (*t*_{1,1ddl} = 3,2; *s* à 1%). Les valeurs V_{seuil} sont inférieures aux valeurs V₄ (Tableau I). Les particularités de l'entraîne-

Tableau III. Lactatémies (a, mmol.l⁻¹) et fréquences cardiaques (b, batt.min⁻¹) obtenues pour les épreuves à vitesse constante V_{seuil}.

Poney		1	2	3	4	5	6	<i>m ± ts/Vn</i>
EV _{seuil} - 1								
phase 1	- a	1,9	1,2	3,7	1,7	1,4	1,2	1,9 ± 0,9
	- b	164	172	186	192	182	155	175 ± 14
phase 2	- a	2,4	1,3	3,8	1,9	2,1	1,3	2,1 ± 0,9
	- b	159	174	189	193	179	170	177 ± 13
EV _{seuil} - 2								
phase 1	- a	2,1	4,0	4,0	1,8	2,2	3,5	2,9 ± 1,0
	- b	149	178	142	124	134	155	147 ± 19
phase 2	- a	3,1	3,9	4,7	2,2	2,4	3,3	3,3 ± 0,9
	- b	153	170	135	135	138	143	146 ± 14
EV _{seuil} - 3								
phase 1	- a	3,4	3,7	4,0	3,2	4,2	2,7	3,5 ± 0,6
	- b	160	170	191	171	193	163	175 ± 14
phase 2	- a	3,4	4,3	3,6	3,1	3,9	3,0	3,6 ± 0,5
	- b	158	179	174	175	168	170	171 ± 7

ment avant ET_3 (travail anaérobie) tendent à inverser les priorités entre V_{seuil} et V_4 (Tableau I).

Les valeurs L_{seuil} varient de 2,4 à 3,6 mmol.l^{-1} (Tableau I) selon que l'entraînement privilégie les processus aérobie (ET₁) ou anaérobies (ET₃), tandis que V_4 passe de 5,40 à 4,05 m/s. Les valeurs V_4 et L_{seuil} sont d'ailleurs corrélées négativement ($r_{16\text{ddl}} = -0,78$; s à 1 p. 100); par contre, V_{seuil} n'est corrélée ni avec L_{seuil} ($r = -0,36$) ni avec FC_{seuil} ($r = 0,14$).

Les lactatémies observées lors de EV_4 (Tableau II) sont très nettement au-dessus des valeurs obtenues après 3 min à cette vitesse lors de ET_1 .

Les lactatémies augmentent légèrement ($t_{17\text{ddl}} = 2,35$; s à 5 p. 100) entre les 2 paliers de 10 min à V_{seuil} (Tableau III) tandis que les fréquences cardiaques du fait de leur plus grande dispersion restent stables ($t_{17\text{ddl}} = 0,44$; ns). Malgré tout, les valeurs finales des lactatémies observées après 20 min d'effort ne sont pas différentes des seuils estimés ($t_{17\text{ddl}} = 0,17$; ns). Il en est de même pour les fréquences cardiaques ($t_{17\text{ddl}} = 0,41$; ns).

DISCUSSION

La valeur 4 mmol.l^{-1} ne semble pas correspondre, chez le poney, à un seuil, c'est-à-dire un état stable où la production d'acide lactique par certaines fibres musculaires égale la consommation de ce métabolite par d'autres fibres ou par le foie. En effet, il existe une discordance entre les lactatémies obtenues à la vitesse V_4 selon que la durée de l'exercice est de 3 min (ET₁) ou de 10 min (EV₄). Cette influence de la durée d'effort sur la lactatémie obtenue à la vitesse V_4 contredit la no-

tion même de seuil pour la valeur 4 mmol.l^{-1} qui devrait rester stable pendant une longue durée.

Par contre, les vitesses seuils déterminées graphiquement semblent bien estimer cet état stable puisque l'on observe peu de variations, que l'exercice dure 3, 10 ou 20 min. Les fluctuations de la lactatémie seuil entre les individus montrent que le point de plus grande courbure de la relation lactatémie vs vitesse n'est pas une constante biologique comme le laisse supposer la référence 4 mmol.l^{-1} peu spécifique, mais une donnée individuelle obtenue dans des conditions particulières. En effet, les caractéristiques de ce point (V_{seuil} , L_{seuil}) peuvent être modifiées en fonction de l'individu, des conditions de course et des modalités d'entraînement. Par rapport à une période d'activité moyenne (mise au pré), un entraînement en aérobie (endurance) abaisse la lactatémie seuil, tout en augmentant (V_{seuil} et V_4 alors qu'un entraînement en anaérobie (sprint) élève la lactatémie seuil tout en diminuant les valeurs V_{seuil} et V_4 . Dans ce dernier cas, contrairement à l'entraînement en endurance, V_{seuil} et V_4 sont presque confondues (Tableau I). Ces valeurs seuils dépendent donc non seulement de l'individu, mais aussi de leur niveau de préparation.

Malgré tout, le suivi de l'indice V_4 ou mieux son corrolaire FF_4 (fréquence des foulées induisant une lactatémie de 4 mmol.l^{-1}) peut suffire pour suivre la progression dans une discipline donnée, la courbe lactatémie vs vitesse (Fig. 1) se déplaçant vers la droite avec l'entraînement (Valette & Wolter, 1988), avec amélioration de V_{seuil} et V_4 , que la lactatémie seuil soit basse (endurance) ou élevée (sprint). La connaissance exacte de la lactatémie seuil d'un individu se justifie pour sa sélection vers un type particulier d'entraînement.

La FC_{seuil} estimée par la position du point de déflexion semble mieux corres-

pondre à la notion de seuil que le critère V_{200} . Par ailleurs, la détermination du seuil cardiaque au moyen d'un cardiofréquence-mètre, demande moins de technicité que le dosage du lactate sanguin et peut permettre de déterminer si l'animal est en forme (FC_{seuil} élevée) ou non (FC_{seuil} basse). En ce sens, le paramètre V_{seuil} (FC) obtenu d'après la relation FC vs vitesse (vitesse induisant la fréquence cardiaque seuil) serait intéressant à considérer (Fig. 1) pour les tests d'effort sur piste.

RÉFÉRENCES

- Barrey E., Valette J.P. & Wolter R. (1989) Etude multifactorielle de l'aptitude à l'effort. *Ann. Zootech.* 38, 127-139
- Bayly W. (1986) From some practical aspects of performance in the horse. *Equine Sports Med. News* 5, 70-72
- Blanc P., Antonioni M.T., Villeneuve P., Virot P., Dalmay F. & Nicolas A. (1987) Aptitude physique du cheval : dosage du lactate au cours d'épreuves d'effort triangulaires. *Congrès de Chirurgie Equine et Médecine des Sports Equestres*, 25-28 mars, Genève, 290-292
- Brooks G.A. (1985) Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med. Sci. Sports Exerc.* 17, 22-31
- Ceretelli P. (1987) Blood lactate and exercise in the horse. Physiological significance and practical implications. *Congrès de Chirurgie Equine et Médecine des Sports Equestres*, 25-28 mars, Genève, 269
- Conconi F., Ferrari M., Droghetti P. & Condeca L. (1982) Determination of the anaerobic threshold by a non-invasive field test in turners. *J. Appl. Physiol.* 52, 869-873
- Di Prampero P. (1986) Evolution de la lactatémie au cours de l'effort en fonction du temps. *V^e Séminaire de Bioénergétique*, INSEP, Paris, 20-21 mars, 9-11
- Dony R. (1986) *Calcul des Parties Cachées : Approximation des courbes par la Méthode de Bézier et de B-splines*. Collection Méthode et Programme, Masson, Paris, 237 pp.
- Evans D.L. & Rose R.J. (1987) Maximum oxygen uptake in race horses: changes with training state and prediction from submaximal cardiorespiratory measurements. In : *Equine Exercise Physiology*, vol. 2, Proc. 2nd International Conference on Equine Exercise Physiology. ICEEP Publications, Davis, CA, USA, 52-67
- Heck H., Mader A., Hess S., Mucke S., Müller R. & Hollmann W. (1985) Justification of the 4 mmol/l lactate threshold. *Int. J. Sports Med.* 6, 117-130
- Hollmann W. (1985) Historical remarks on the development of the aerobic-anaerobic threshold up to 1966. *Int. J. Sports Med.* 6, 109-116
- Keul J., Simon G. & Berg A., Dickhuth H., Goertler L. & Kuber R. (1979) Bestimmung des individuellen anaeroben Schwelle zur Leistungsbewertung und Traininggestaltung. *Deutsch. Z. Sportmed.* 30, 212-218
- Kindermann W., Simon G., Keul J. (1979) The significance of the aerobic-anaerobic transition for determination of work load intensities during endurance training. *Eur. J. Appl. Physiol.* 42, 25-34
- Mader A., Liesen H., Heck H., Philippi H., Rost R., Schurch P.M. & Hollmann W. (1976) Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. *Sportartz. Sportmed.* 27, 80-88
- Margarita R., Aghemo P. & Sassi G. (1963) Lactic acid production in supramaximal exercise. *Pflügers Arch.* 326, 152-161
- Michaux J.M. (1988) Détermination des seuils anaérobie chez le cheval d'endurance. *Mémoire de Recherche pour le Concours d'Agrégation Vétérinaire*, ENV de Lyon, 80 pp.
- Persson S.G.B. (1983) Evaluation of exercise tolerance and fitness in the performance horse. In : *Equine Exercise Physiology*, Granta, Cambridge, 441-457
- Rieu M., Barrault D., Duvallet A. & Ferry A. (1986) La zone de transition «aérobie-anaérobie». *V^e séminaire de Bioénergétique*, Revue EPS, Paris, 59 pp.
- Rose R.J. & Evans D.L. (1987) Cardiovascular and respiratory function in the athletic horse. In : *Equine Exercise Physiology*, vol. 2, Proc. 2nd International Conference on Equine Exercise Physiology. ICEEP Publications, Davis, CA, USA, 1-24

- Saibene F., Cortili G., Gavazzi P., Sala A., Faina M. & Sardella F. (1985) Maximal anaerobic (lactic) capacity and power of the horse. *Equine Vet. J.* 17, 130-132
- Schwartz D. (1969) *Méthodes statistiques à l'Usage des Médecins et des Biologistes*. Coll. Médecine et Sciences, Flammarion, Paris, 318 pp.
- Sjodin B. & Jacob I. (1981) Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *Int. J. Sports Med.* 2, 23-26
- Sloet Van Oldruitenborgh-Oosterbaan M.M., Wensing T. & Breukink H.J. (1987) Standardized exercise test on a track to evaluate fitness and training of saddle horses. *In: Equine Exercise Physiology*, vol. 2, Proc. 2nd International Conference on Equine Exercise Physiology. ICEEP Publications, Davis, CA, USA, 68-76
- Valette J.P. & Wolter R. (1987) Lactate et rythme cardiaque : critères d'aptitude sportive chez le poney. *Congrès de Chirurgie Equine et Médecine des Sports Equestres*, Genève, 25-28 mars, 270-276
- Valette J.P. & Wolter R. (1988) Intérêt des mesures de lactatémie et de fréquence cardiaque comme critères d'aptitudes sportives. CEREO-PA, 14^e journée d'étude, 9 mars, 1-16
- Wasserman K. & McIlroy M.B. (1964) Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *Am. J. Cardiol.* 14, 844-852
- Wilson R.G., Isler R.B. & Thornton J.R. (1983) Heart rate, lactic acid production and speed during a standardized exercise test in standard-bred horses. *In: Equine Exercise Physiology*, Granta, Cambridge, 487-496
- Wolter R., Valette J.P., Ezzaouia M., Henry N., Grandjean R. & Jouglin M. (1987) Influence d'une surcharge en minéraux et/ou vitamines sur les aptitudes sportives du poney. CEREO-PA, 13^e journée d'étude, 11 mars, 111-121