



Université Victor Segalen Bordeaux 2

Faculté des Sciences du sport et de l'éducation physique

Mémoire Master 2

Ingénierie des interventions en entraînement sportif

2008-2009

Etude comparée de quatre tests de terrain pour

déterminer la Vitesse Aérobie Maximale (V.A.M.) :

LEGER-BOUCHER, VAM-Eval, TUB 2, Test de Buchheit

REMERCIEMENTS

A Georges Cazorla pour son aide, ses précieux conseils au cours des expérimentations mais aussi lors du traitement des résultats ainsi que pour sa grande patience.

A l'US Talence d'athlétisme pour répondre présent à chaque fois que je le demande et plus particulièrement à Jean-Louis Alliot, tuteur de terrain émérite, toujours à l'écoute.

A Jany, Menhdi, Nicolas, Olivier, Mathieu, Francis, Frédéric, David et Michel pour leur gentille participation et leur bonne humeur.

A Emmanuelle, pour me soutenir et me supporter au quotidien.

SOMMAIRE

Introduction	-3-
Etat de la question	-5-
Présentation du lieu de stage	-7-
Protocole expérimental	-8-
& Description des protocoles des quatre tests.....	-8-
• Test de Léger et Boucher (1980, révisé en 1984).....	-8-
• Test de VAM-Eval (Cazorla et Léger, 1993).....	-10-
• Test de l'université de Bordeaux 2, ou TUB 2 (Cazorla, 1990).....	-10-
& Caractéristiques des sujets expérimentaux.....	-13-
& Méthode d'expérimentation et matériels utilisés.....	-14-
• Variables mesurées.....	-15-
• Statistiques utilisées.....	-16-
Présentation des résultats	-17-
& Graphique n°1 : Moyenne de VO ₂ max pour chacun des tests.....	-17-
& Graphique n°2 : Moyenne de F.C. max pour chacun des tests.....	-17-
& Graphique n°3 : Moyenne de vitesse maximale atteinte à VO ₂ max pour chacun des tests.....	-18-
& Graphique n°4 : Moyenne du lactate pour chacun des tests.....	-18-
& Tableau n°2 : Moyenne et écart-type des 19 concentrations sanguines relevées après chacun des quatre tests.....	-19-
& Graphique n°5 : Concentration du lactate au repos pour les 9 sujets.....	-20-
& Graphique n°6 : Delta des concentrations du lactate au cours des quatre tests	-21-
Discussion	-22-
& Le VO ₂ max.....	-22-
& La F.C. max.....	-22-
& La vitesse maximale atteinte à VO ₂ max.....	-22-
& Le lactate.....	-23-
& La glycolyse lactique.....	-24-
Conclusion	-27-
Bibliographie	-28-
Annexes	-30-

La Vitesse Aérobie Maximale (V.A.M.) est une des références physiologiques les plus recherchées et évaluées par les entraîneurs pour élaborer des contenus et les programmations de l'entraînement.

C'est dans cette quête que s'accumulent nombres de publications et méthodes d'évaluation plus ou moins rigoureuses et scientifiquement exactes.

Notre étude a pour objectif de comparer trois des tests triangulaires de course linéaire les plus fréquemment utilisés : Léger et Boucher (Léger&Boucher, 1980), VAM-Eval (Cazorla, Léger, 1993) TUB 2 (Cazorla, 1990) et un test de course en navettes : le test de Buchheit (Buchheit, 2008), pour tenter de mettre en évidence leurs avantages, leurs limites et leur degré de validité.

Un test d'évaluation de la V.A.M. doit mesurer la vitesse limite atteinte à consommation maximale d'oxygène : VO_2 max.

La V.A.M. résulte de l'interaction de trois facteurs : le VO_2 max, l'économie de locomotion utilisée et de la motivation pour pouvoir atteindre VO_2 max au cours d'un exercice intense et prolongé.

Plus que la connaissance du VO_2 max, celle de la V.A.M. est indispensable pour doser les vitesses de course les plus favorables au développement physiologique.

G. Cazorla, *Actes du Colloque International de la Guadeloupe*, 1990, propose une grille de comparaison des différents tests V.A.M. existants et définit dès lors les critères d'un test de terrain : la pertinence, la validité, la fidélité et l'accessibilité d'un test.

Notre comparaison se concentre sur l'analyse de la validité de chacun des tests étudiés. Il s'agit d'avoir la preuve expérimentale que chacun des tests sélectionnés mesure effectivement la V.A.M. et l'estime au plus près.

Ces travaux ont été organisés dans le cadre d'un mémoire de fin d'étude au sein du master 2 Ingénierie des interventions en entraînement sportif de la faculté des sciences du sport et de l'activité physique de l'Université Victor Segalen Bordeaux 2 et mis en œuvre au cours du stage de professionnalisation réalisé en 2008 au sein de l'U.S Talence Athlétisme.

La validation de chaque test s'appuiera sur les comparaisons simultanées des vitesses obtenues en fin de tests et sur les résultats des paramètres physiologiques et biologiques recueillis au cours et à l'issue des quatre épreuves.

Au terme de cette étude nous pensons pouvoir déterminer le ou les tests validé(s) directement sur le terrain, capable(s) de mesurer une V.A.M. significative sur le plan scientifique et statistique.

Pour ce faire, nous ferons dans un premier temps, un état de la question qui permettra de vérifier la pertinence de notre étude.

Il s'agira dès lors de présenter le protocole expérimental détaillé de chacun des tests comparés. Pour terminer, nous expliquerons et discuterons les résultats préalablement présentés.

Etat de la question

Un certain nombre d'études concernant les tests de terrain susceptibles d'évaluer la V.A.M. (Daniels et al, 1984 ; Cazorla, 1990 ; Hourcade, 1997) ont montré la préférence donnée aux tests dits triangulaires pour obtenir une vitesse terminale qui dépend cependant du protocole et des caractéristiques propres au test concerné.

Ainsi les V.A.M. obtenues peuvent présenter des différences qu'il serait quelques fois hasardeux de réinvestir sans précautions dans la gestion de contenu et de programmation de l'entraînement.

Si l'on considère les protocoles expérimentaux de chaque test, le test Léger et Boucher est le seul « test progressif de course sur piste » à avoir actuellement bénéficié d'une validation directe (Léger-Boucher, 1980). Autrement dit, seul ce test a fait l'objet d'une mesure directe de la consommation d'oxygène. La mesure du $VO_2\text{max}$ au cours du test Léger et Boucher a été comparée avec celle directement mesurée lors d'un test de course progressive en laboratoire sur tapis roulant. Les résultats obtenus se sont avérés semblables avec des coefficients de corrélation de l'ordre de $r = 0,96$. (Léger- Boucher, 1980),

Mercier et Léger (1986), ont par ailleurs confirmé la validité de ce test, non seulement pour prédire le $VO_2\text{max}$, mais aussi la performance en course en pied.

En effet, parmi les tests les plus utilisés, le VAM-Eval et le TUB 2, bénéficient indirectement mais *a priori* du niveau de validation du test de Léger et Boucher. Cazorla (1990) précise que « l'épreuve de course progressive à paliers de 1 mn : VAM-Eval (Cazorla et Léger, 1993) fonde indirectement (sa) validation sur l'exacte similitude de la pente vitesse-durée constituant l'incrémentation de l'épreuve de course sur piste de Léger et Boucher. »

Le TUB 2 n'a pas non plus, fait l'objet d'une validation directe.

La validation du test s'appuie sur la synthèse de nombreuses études publiées (Bottin et coll., 1968 ; Maksud et Coutts, 1971 ; Mc Ardle et coll., 1972 ; Whipp et Wasserman, 1972 ; Fernandez et coll., 1974 ; Froelicher et coll., 1974 ; Stamford, 1976 ; Pollock et coll., 1976 ; Whipp et coll., 1972 et 1981 ; Davis et coll., 1982 ; Fairshter et coll., 1983 ; Wasserman et coll., 1987).

Les deux versions du protocole (en laboratoire et sur terrain) permettent une vitesse stable pendant trois minutes au cours de chaque palier. L'arrêt d'une minute précise entre deux paliers, est aussi codifié.

Le test de Buchheit est une course navette à paliers de 30''/15'' élaboré spécifiquement pour les handballeurs dont la VAM obtenue n'a pas fait l'objet d'une validation directe.

L'intérêt de la réalisation de ce test et de sa comparaison avec trois tests de même spécificité (tests progressifs de course sur piste) est de vérifier les propriétés que l'on prête aux tests spécifiques d'évaluation de la V.A.M.

Comparer les résultats obtenus par les mêmes sujets à ces quatre tests constitue l'objet de la présente étude.

Présentation du lieu de stage

Le stage s'est déroulé sur le stade municipal Pierre-Paul Bernard à Talence, sur la plaine des sports de Thouars. L'objectif final de ce stage était la réalisation de ce mémoire.

Le travail de terrain s'est déroulé sur une saison sportive complète entre septembre et juillet durant les périodes d'entraînement de l'U.S. Talence Athlétisme, avec toutefois des expérimentations spécifiques au sujet du mémoire, de mai à juillet.

Pour ce faire un projet logistique et humain a été mis en place pour déboucher sur l'organisation de sessions d'expérimentations en fonction des modalités définies pour le déroulement de la batterie de tests.

La majeure partie du stage a été consacrée à la planification des modalités de déroulement de chaque test et à la recherche d'athlètes volontaires.

Mon intervention dans le club a aussi consisté à l'animation de l'école d'athlétisme ainsi que l'entraînement des poussins et benjamins. Cette intervention m'a permis de mettre en acte les connaissances et compétences acquises au cours de ma formation en matière d'éducation physique et de gestion d'un groupe.

Mon intégration au sein de l'équipe d'entraîneur était propice à une collaboration optimale tant avec les dirigeants, les entraîneurs des différentes catégories d'athlètes et de disciplines, qu'avec les athlètes de tout âge. Dès lors la mobilisation des athlètes autour de mon projet était acquise. Nous avons convenu d'un échantillon minimum de dix athlètes. Huit athlètes ont finalement passé les quatre tests et un autre athlète n'a pu en passer que trois.

Protocole expérimental

Cette étude se concentre sur l'évaluation croisée des données chronométriques, physiologiques et biologiques pour tenter de valider indépendamment chacun des tests et pouvoir ensuite comparer ces derniers entre eux.

Le protocole expérimental a pour cadre un stage de fin d'étude universitaire. L'ensemble des expérimentations a fait l'objet d'un accompagnement et d'un suivi.

La comparaison des tests s'appuie sur des protocoles bien définis, qu'il n'est pas question de remettre en cause (Cazorla, 1990).

Il s'agit simplement de mettre en œuvre ces protocoles pour apprécier le niveau de validation des différents tests par rapport au test de Léger-Boucher, seul ayant bénéficié d'une procédure de validation et qui de ce fait sera utilisé comme test de référence.

2 Description des protocoles des quatre tests

Pré-requis valables pour l'ensemble des tests :

- Test à protocole triangulaire.
- La vitesse est imposée par des « bips » sonores.
- Les sujets évalués doivent s'efforcer de passer devant chaque borne au moment même où est émis le bip.

Au cours de nos expérimentations, nous avons choisi de faire commencer l'ensemble des tests à 8 km/h.

Le test se termine lorsque le sujet évalué n'est plus capable de suivre la vitesse imposée.

• Test de Léger et Boucher (1980, révisé en 1984)

Il s'agit du test progressif de course sur piste élaboré par l'Université de Montréal.

Des bornes sont placées tous les 50 m sur une piste d'athlétisme. On augmente la vitesse (incrémentation) de 1km/h toutes les 2 min.

Le dernier palier complété donne la V.A.M. et permet d'extrapoler son VO_2 max (équation de prédiction du VO_2 max de Léger et Mercier, 1983).

Principal avantage :

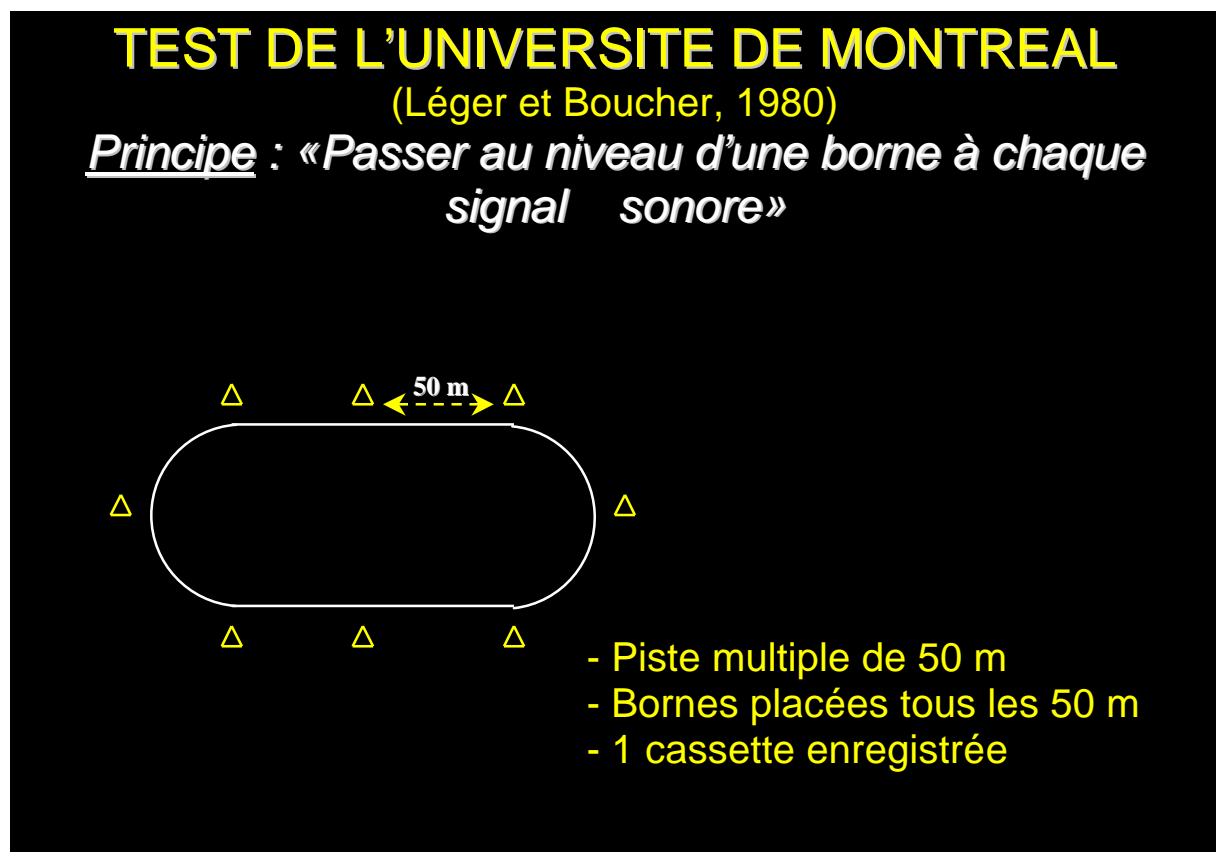
C'est le test de référence pour l'ensemble des autres tests progressifs de course sur piste.

Principaux inconvénients :

L'augmentation trop importante de la vitesse entre deux paliers pénalise les athlètes en fin de course.

L'ajustement de la vitesse de course entre les bornes est délicat, étant donnée la distance importante (50m) entre deux.

Photo n°1 : Descriptif du test Léger et Boucher



• **Test VAM-Eval (Cazorla et Léger, 1993)**

C'est un test progressif de course sur piste.

« L'unique objectif du VAM-Eval (Cazorla-Léger, 1993) est d'obtenir précisément la V.A.M. mais avec de grands groupes de sujets et ce, en utilisant l'enregistrement sonore et en suivant exactement le protocole de l'épreuve de course progressive navette à paliers de une minute de Léger et coll. (1983). La seule différence est le remplacement des allers et retours par une course continue sur piste d'athlétisme », ou sur terrain aménagé.

Il existe une parfaite analogie des pentes de progression des vitesses en fonction des paliers retenus à la fois pour l'épreuve navette et pour l'épreuve sur piste.

Des bornes repères sont placées tous les 20 m sur une piste d'athlétisme ou sur un terrain aménagé.

Associant les protocoles des deux épreuves (Léger et Boucher, 1980 et Léger et coll., 1983), le VAM-Eval en supprime les inconvénients.

En effet, la course est continue autour d'une piste, supprime donc les allers et retours, très progressive, elle inclue l'échauffement.

L'augmentation de la vitesse n'est que de 0,5 km/h par paliers d'une minute.

L'ajustement est plus précis : les « bips » sonores correspondent aux passages devant les bornes repères placées tous les 20 m et non tous les 50 m.

La V.A.M correspond à la vitesse au demi km/h près (donc plus précise que le Léger-Boucher) atteinte au dernier palier.

• Test de l'Université de Bordeaux 2, ou TUB 2 (Cazorla, 1990)

Il s'agit d'un test à protocole mixte : rectangulaire pour chaque palier et triangulaire pour l'ensemble du test.

Des bornes sont placées tous les 20m sur une piste d'athlétisme.

C'est un test de courses progressivement accélérées à chaque palier de 3 min.

Il prévoit une période de récupération d'1 minute entre chaque palier pour réaliser les prélèvements sanguins.

L'incrémentation diffère selon la spécialisation des sportifs.

Nous avons fait le choix de l'incrémentation « sports collectifs » en fonction du niveau de V.A.M. estimé : 8-10-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22 (km/h).

Les 3 minutes que dure chaque palier permettent d'obtenir un plateau stable des principaux paramètres physiologiques (Fréquence Cardiaque (FC) et VO₂) pour notre étude, à partir de 1min 30 après chaque arrêt de 1 min.

La V.A.M. correspond à la vitesse atteinte au dernier palier totalement complété.

Avantages :

Il détermine les vitesses limites correspondant à la sollicitation prépondérante du métabolisme aérobie.

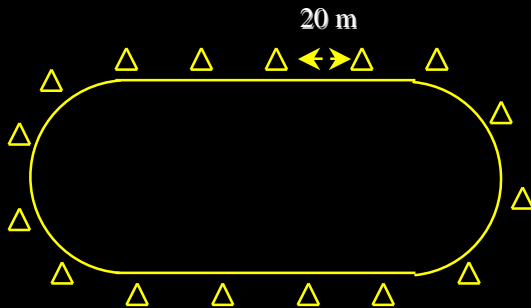
Il établit les cinétiques individuelles FC-Lactatémie (Taux de lactate en mmol par litre par kg)-Vitesse de course, utiles à la définition de « plages » d'entraînement en fonction du métabolisme sollicité.

Inconvénient :

Jusqu'à aujourd'hui, G. Cazorla (1990) affirme que le TUB 2 surestime la V.A.M et conseillent de compléter le test par le VAM-Eval.

Notre étude a aussi pour objet de vérifier, par l'essai de validation directe et par comparaison cet état de fait.

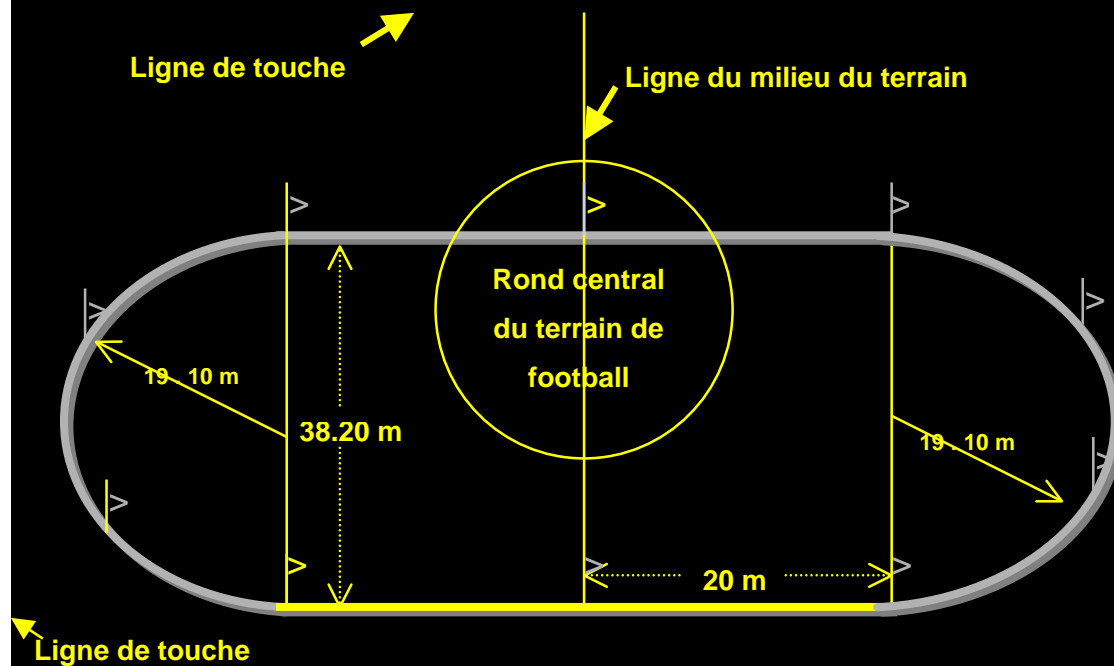
1-TEST VAMEVAL ET.... 2-TEST DE L'UNIVERSITE DE BORDEAUX 2 (TUBII)



- Piste multiple de 20 m
- Bornes placées tous les 20 m
- 1 cassette enregistrée

1-TEST VAMEVAL et.... 2-TEST DE L'UNIVERSITE DE BORDEAUX 2 (TUBII)

Comment tracer une piste de 200 m sur un terrain de football



• Test de Buchheit (Buchheit, 2008)

C'est un test à protocole triangulaire, de course navette sur terrain de 40m.

Des bornes sont placées tous les 20m.

La vitesse d'incréméntation est de 0,5 km/h par minute.

Le test consiste à courir 30'' à la vitesse donnée puis à s'arrêter pendant 15'', soit à la borne à laquelle retentit le « bip », soit à marcher jusqu'à la borne suivante.

On l'appelle pour cette raison le 30-15.

Le 30-15 est un test intermittent de terrain en course navette permettant d'estimer la consommation maximale d'oxygène ($VO_2\max$) (et de déterminer une Vitesse Aérobie Maximale Intermittente (V30-15IFT), révélateur de la capacité anaérobie.

Avantages :

Il permet une évaluation aisée et efficace de la condition physique du joueur de sports collectifs (Buchheit, 2008).

Il n'est pas perçu comme les autres tests d'évaluation de la V.A.M, souvent redoutés pour la difficulté de l'effort.

Les sujets interrogés considèrent ce test comme étant moins pénible en raison de la diversité de l'effort à fournir avec les allers et retours et les plages de récupération.

Inconvénients :

Il semblerait que la V.A.M. soit surestimée en raison de la part importante de la glycolyse anaérobie. Ce pré-requis constitue un des paramètres discriminants de ce test auquel notre étude doit répondre.

Ces tests ont été mis en œuvre dans le cadre d'une expérimentation dont le but est de procéder à la mesure sur le terrain de la consommation d'oxygène au moyen d'un matériel et d'outils spécifiques.

Les tests se sont voulu les plus semblables possibles (randomisés).

2 Caractéristiques des sujets expérimentaux

Huit athlètes ont réalisés l'ensemble des tests et un autre trois d'entre eux (exception faite du VAM-Eval). Cet échantillon d'une femme et huit hommes est restreint et ne permet

pas de tirer des conclusions généralisables mais permet toutefois de mettre en lumière les grandes lignes d'une analyse à plus grande échelle.

Ces athlètes sont des sportifs pratiquant la course à pied de façon régulière à raison d'au moins trois entraînements par semaine depuis au minimum seize semaines consécutives. L'âge et le niveau de cet échantillon est variable mais peu important et doit simplement être relativisé pour avoir des résultats comparables. La caractéristique principale est bien l'entraînement régulier afin de mesurer une V.A.M significative, c'est-à-dire qui n'évolue pas durant les quelques semaines de passage des tests.

Tableau n°1 : Rappel des principales caractéristiques anthropométriques des sujets évalués

	Taille (cm)	Poids (kg)	% Graisse	M.Maigre (kg)
Sujet 1	170	83	20,25	66,2
Sujet 2	160	54	22,04	42,1
Sujet 3	172	62	13,9	53,4
Sujet 4	175	60	15,3	50,8
Sujet 5	169	66	12,8	57,6
Sujet 6	186	71	8	65,3
Moyenne	172	66	15,38	55,9
Ecart-type	8,51	10,10	5,13	9,17

2 Méthode d'expérimentation et matériels utilisés

L'expérimentation répond à deux objectifs :

- Mesure et validation directe sur le terrain de chacun des tests
- Comparaison des quatre tests

Afin d'éviter l'habitude, d'interférer sur la qualité des résultats, chaque sujet a effectué les quatre tests selon un ordre aléatoire mais dans des conditions logistiques et climatiques de passage les plus semblables possibles.

- **Variables mesurées**

Les critères discriminants pour la validation des tests sont la fréquence cardiaque, le VO_2 , 19 concentrations sanguines, plus particulièrement le lactate et le glucose, étudiés en fonction de la vitesse du sujet.

Le VO_2 a été mesuré directement sur chaque sujet au moyen d'un analyseur d' O_2 , CO_2 directement porté par les sujets, le Metamax (société Cortex, Allemagne), photo n°4. Cet appareil peut aussi transmettre et recueillir les différentes mesures par téléométrie.

La fréquence cardiaque a été enregistrée en continu au moyen de cardio-fréquencemètre CFM type Team System (Société Polar Finland).

Les mesures biologiques sont issues de micro prélèvements (35 μ L) sanguins réalisés au niveau de la pulpe d'un doigt avant et après chaque épreuve. Leur analyse bénéficie de la technique de spectrométrie infrarouge à transformée de Fourier (IR-TF) récemment validée. Benezzedine-Boussaidi et al. (2009)

Photo n°4 : Appareil Metamax



• Statistiques utilisées

Le traitement statistique des données de terrain s'organise autour de l'étude des moyennes, écart-types et pourcentages de quatre variables : vitesse maximale atteinte à VO₂ max, VO₂ max, F.C max, lactate après l'effort.

L'analyse consiste à croiser les moyennes et écart-type des différents paramètres et à en effectuer la représentation graphique.

La comparaison s'effectue au moyen d'outils d'analyse statistiques, utilisés a posteriori.

Le critère discriminant de la précision et de la valeur d'un test par rapport à un autre est le test d'égalité des espérances : observations pairées dit *test de Student*.

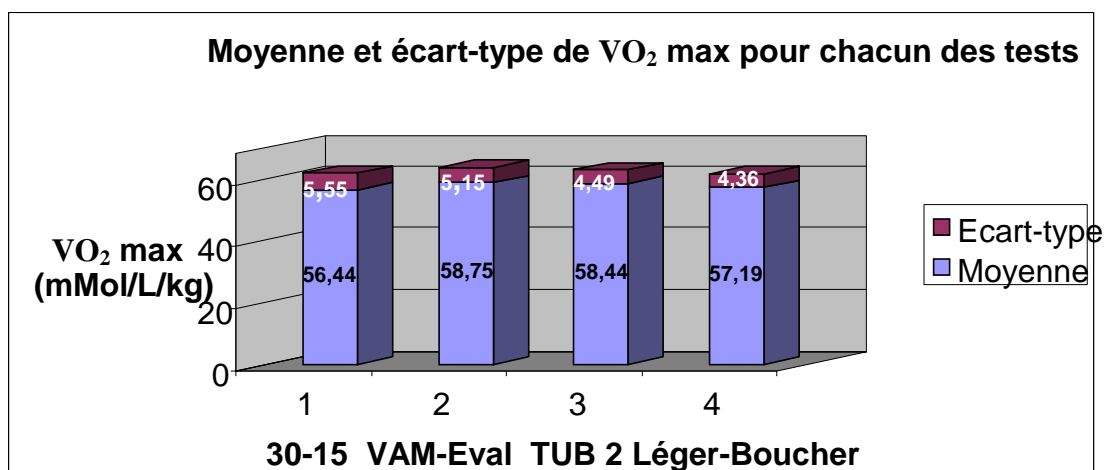
Cet outil statistique permet de dire s'il existe ou non des différences significatives entre les quatre tests comparés.

On observera une différence significative entre 2 variables lorsque la p. value sera, après un ajustement de Bonferroni, inférieure à 0,002 ($p < 0,002$), soit 0,05 divisé par le nombre de comparaisons croisées (24 au total).

Présentation et interprétation des résultats

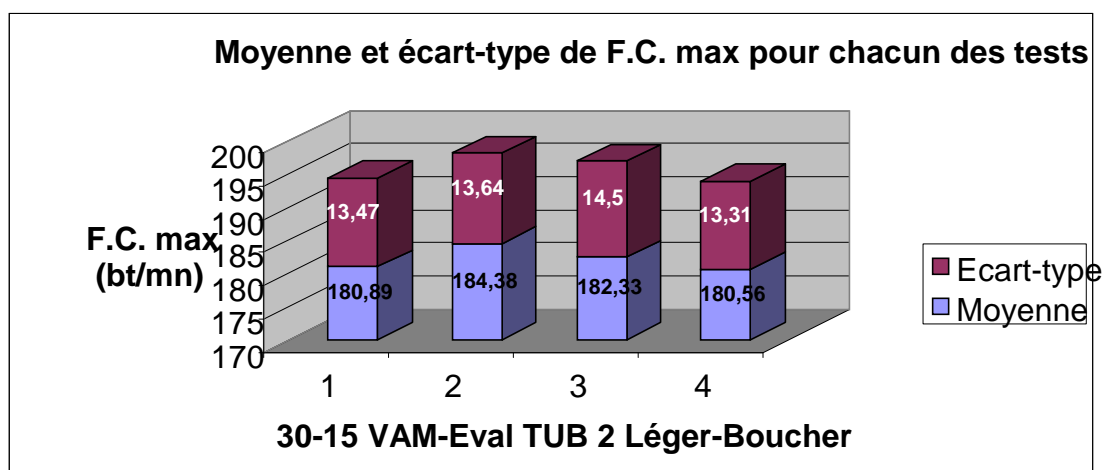
Comparaison graphique et statistique des quatre tests

Graphique n°1 :



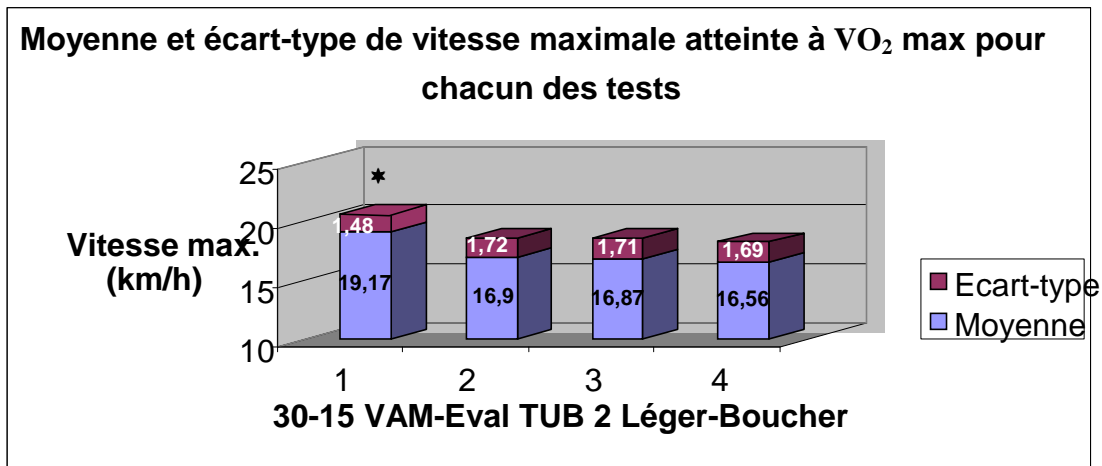
⇒ Aucune différences significatives constatées entre les quatre tests avec pour autant des coefficients de corrélations faibles ($r = 0,86$).

Graphique n°2 :



⇒ Pas de différences entre les quatre tests ($r = 0,98$).

Graphique n°3 :

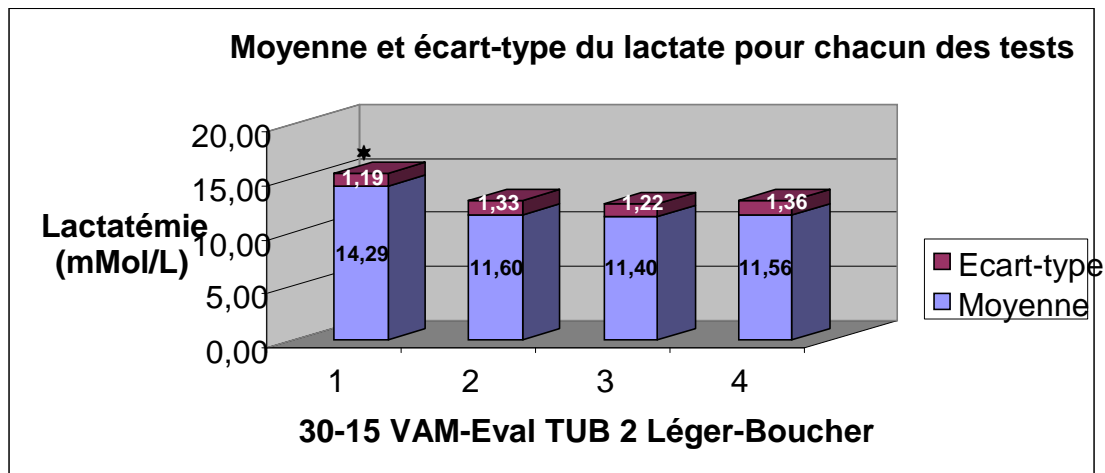


⇒ Différences significatives (★) entre le 30-15 et les trois autres tests ($p < 0,0000003$, annexe n°4).

La différence de près de 3km/h entre le 30-15 et le Léger-Boucher démontre une très nette surestimation de cette vitesse par le test de Buchheit.

Pas de différences significatives entre les tests 2, 3 et 4 ($r = 0,98$)

Graphique n°4



⇒ Différences significatives (★) très marquées entre le 30-15 et les trois autres tests ($p < 0,0000002$, annexe n°4).

Pas de différences significatives entre les trois autres tests. Les taux mesurés sont très proches ($r = 0,97$).

Tableau n°2 :

Moyenne et écart-type des 19 concentrations sanguines relevées après chacun des quatre tests.

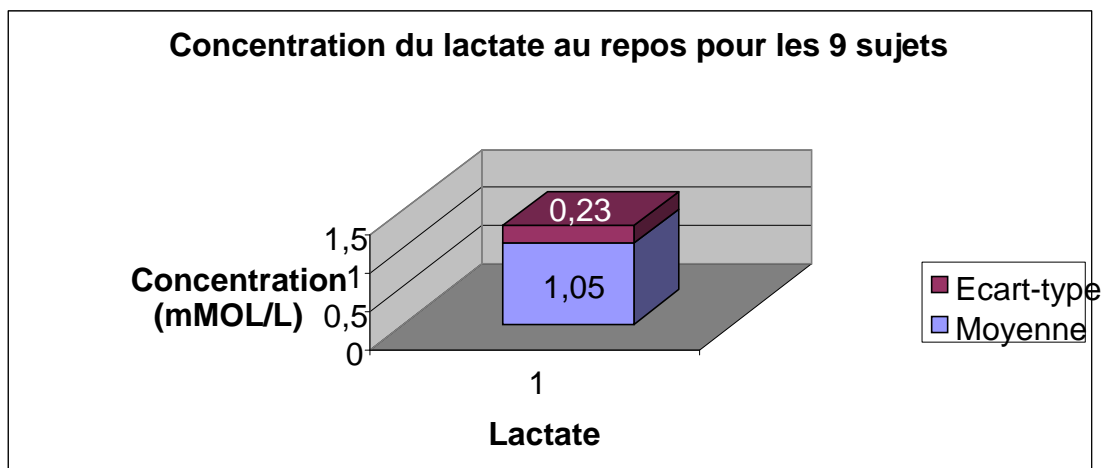
Paramètres sanguins	Valeurs de repos		Léger-Boucher		Vam-Eval		TUB2		30-15s	
	M*	E T*	M	E T	M	E T	M	E T	M	E T
Glucose mMol/L	5,10	0,21	1,00	0,40	1,06	0,46	1,10	0,49	0,87	0,22
Lactate mMol/L	1,05	0,23	10,52	1,27	10,45	1,21	10,24	1,02	13,24	1,01
Triglycérides mMol/L	1,08	0,31	0,23	0,08	0,20	0,07	0,24	0,12	0,29	0,12
Glycérol mMol/L	0,07	0,03	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02
Ac.Gras mMol/L Libres	6,52	1,17	1,17	0,62	1,26	0,59	1,27	0,67	1,23	0,37
Cholestérol total mMol/L	4,04	0,81	0,63	0,37	0,59	0,40	0,59	0,30	0,61	0,30
Ac.Aminés Totaux g/L	0,31	0,02	0,06	0,03	0,08	0,03	0,06	0,02	0,06	0,02
Urée mMol/L	5,21	0,79	1,08	0,41	1,19	0,39	1,13	0,38	1,14	0,47
Protéines Totales g/L	70,35	2,16	1,62	0,62	1,54	0,57	1,37	0,65	1,63	0,58
Albumine g/L	41,08	1,94	1,37	0,44	1,58	0,49	1,43	0,49	1,58	0,50
CRP mg/L	1,05	0,05	0,11	0,13	0,12	0,15	0,08	0,04	0,14	0,13
Transferrine g/L	2,93	0,44	0,54	0,23	0,54	0,24	0,52	0,29	0,52	0,27
Haptoglobine g/L	0,75	0,48	0,17	0,18	0,20	0,20	0,19	0,23	0,21	0,20
Orosomu- coïde g/L	0,84	0,17	0,16	0,04	0,17	0,04	0,17	0,04	0,17	0,05

IgA g/L	2,07	0,72	0,44	0,24	0,40	0,27	0,44	0,28	0,47	0,26
IgG g/L	11,28	2,26	1,18	0,50	1,20	0,44	1,41	0,39	1,31	0,45
IgM g/L	1,15	0,31	0,27	0,12	0,30	0,15	0,29	0,14	0,27	0,11
Apo-A1 g/L	1,56	0,34	0,32	0,13	0,30	0,10	0,34	0,13	0,36	0,16
Apo-B g/L	0,96	0,16	0,19	0,07	0,19	0,07	0,22	0,08	0,22	0,07

* M = Moyenne, E T = Ecart Type

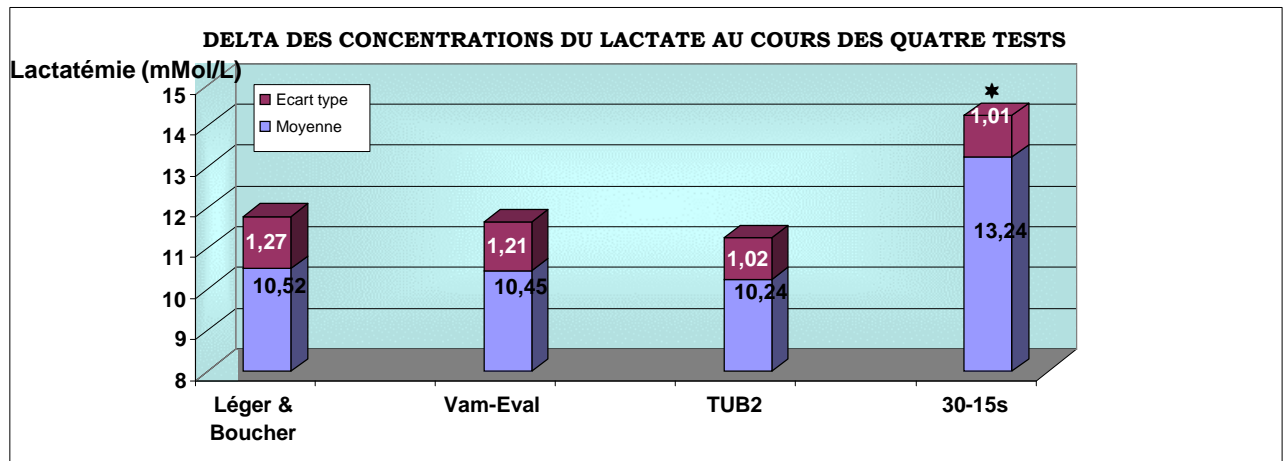
⇒ Le tableau n°2 montre que parmi ces 19 concentrations, **seul le lactate** prélevé après chacun des quatre tests, présente des différences suffisamment remarquables pour être étudié.

Graphique n°5 :



⇒ Les valeurs de repos servent de référence pour évaluer les conséquences de l'effort sur ce paramètre biologique et permettent de calculer le delta de concentration de lactate dans le muscle.

Graphique n°6 :



⇒ Le test de Buchheit entraîne une concentration accrue de lactate en comparaison avec les autres tests présentant entre eux des concentrations du même ordre de grandeur.

Différences significatives (*) très marquées entre le 30-15 et les trois autres tests ($p < 0,000001$, annexe n°4).

Les résultats graphiques et statistiques peuvent s'expliquer à la lumière des variables étudiées.

Discussion

Les résultats montrent que l'on peut dissocier le test de Buchheit des trois tests progressifs de course sur piste. De plus, ces trois tests ne présentant pas de différences significatives, ils peuvent être regroupés autour du test de référence, le test de Léger-Boucher pour être comparés au 30-15.

La comparaison des quatre tests a été effectuée autour de quatre variables : le VO₂ max, la F.C max, la vitesse maximale atteinte à VO₂ max et la lactatémie. L'analyse scientifique et statistique de ces variables permet de montrer s'il existe des différences significatives ou non entre les tests étudiés.

Le VO₂ max

Les VO₂ max obtenus ne montrent pas de différences significatives entre les tests. On peut toutefois noter une différence de près de 2mMol/L/kg entre le test de Buchheit et les autres tests qui affichent des valeurs sensiblement identiques. Ce dernier permet une économie de consommation d'oxygène néanmoins non significative. Les deux autres tests ne sont significativement pas différents du test de Buchheit.

La F.C max

De la même façon qu'avec la consommation maximale d'oxygène, la F.C max ne montre pas de différences significatives. La F.C obéit à des facteurs pluriels, intensité et durée de l'effort, qui peuvent expliquer ces difficultés de différenciation.

Ainsi le VO₂ max. et la F.C max ne représentent pas des paramètres fondamentaux pour définir les caractéristiques des tests d'évaluation de la V.A.M. et de son test de référence, le Léger-Boucher.

La vitesse maximale atteinte à VO₂ max

Elle ne varie pas significativement entre les trois tests triangulaires. On peut simplement constater une vitesse maximale légèrement inférieure pour le test de référence, le

Léger-Boucher, à 0,7 km/h près par rapport au VAM-Eval et à 0,66 km/h près par rapport au TUB 2.

Le test de référence a fait l'objet d'une adaptation de l'incrémentation dans le VAM-Eval, dès lors la motivation des sujets semble supérieure pour réaliser un palier supplémentaire avec une augmentation de la vitesse de 0,5 km/h pour 1min en lieu et place d'une augmentation de 1 km/h pour 2min.

A contrario, on constate une très forte augmentation de la vitesse maximale au cours du 30-15 : + 2,90 km/h par rapport au test de référence. Cette différence est significative avec le Léger-Boucher.

Le lactate

Aucune différence n'est à relever entre les trois tests progressifs de course sur piste. Pourtant, la lactatémie est un paramètre discriminant puisque l'on note des différences significatives très marquées entre le 30-15 et les trois autres tests.

La lactatémie à l'effort, relevée après le passage du Test de Bucheit, semble montrer une concentration révélatrice, pour les sujets étudiés, d'une sollicitation anaérobie prononcée et comparativement bien supérieure aux trois autres tests (3mmol/L en moyenne).

C'est pourquoi on peut émettre l'hypothèse selon laquelle la vitesse maximale d'atteinte de VO_2 max ainsi que la lactatémie après un effort maximal sont des paramètres déterminants dans la validation d'un test d'évaluation de la V.A.M. Il est à noter d'ailleurs que le test de référence, le test de Léger-Boucher a été validé directement (Léger et Boucher, 1980) par évaluation et analyse scientifique des courbes de vitesse maximale jusqu'à atteinte de la consommation maximale d'oxygène.

L'analyse des quatre variables ne montre donc pas de différences significatives entre trois tests : Léger-Boucher, VAM-Eval, TUB 2. Ces trois tests sembleraient mesurer de façon comparable les paramètres choisis.

En conséquence, la V.A.M pourrait être évaluée indifféremment avec l'un de ces trois tests.

Par contre, on observe lors du passage du test de Buchheit, une utilisation spécifique des paramètres physiologiques (vitesse maximale, VO_2) et biologiques (lactate). Le test de Buchheit présente donc des différences significatives avec le VAM-EVAL, le TUB 2 et le Léger-Boucher pour trois des quatre paramètres étudiés.

Il s'agit désormais d'expliquer les différences constatées entre le 30-15 et les tests progressifs de course sur piste.

Ainsi plaçons-nous dans l'hypothèse selon laquelle les différences significatives constatées entre le 30-15 et les trois autres tests sont la conséquence d'une implication plus importante de la glycolyse lactique comme le laisse à penser la concentration supérieure de lactate lors du passage du 30-15.

La glycolyse lactique

Tout d'abord, montrons que le Léger-Boucher, le VAM-Eval et le TUB 2 font appel dans les mêmes proportions au processus aérobie pour ensuite définir la part des processus auxquels fait appel le test de Buchheit.

Le processus aérobie représente les sources énergétiques sollicitées par le métabolisme en fonction d'une intensité et d'une durée de course (Cazorla, Benezzedine-Boussaidi, 2005). Les sources énergétiques sollicitées sont dites très retardées avec une implication proportionnelle et dégressive de la glycolyse anaérobie et de la glycolyse aérobie par rapport à l'augmentation de la durée de l'effort.

Comme le montre la photo n°5, le processus aérobie commence à être sollicité à partir de deux minutes d'effort.

Ainsi entre 2 et 9 minutes d'effort, on sollicite la puissance aérobie pour se situer entre 120 et 100% de V.A.M (Cazorla, 2005) et au-delà de 9 minutes, on sollicite l'endurance aérobie avec un pourcentage dégressif de sollicitation de la V.A.M, proportionnel à la durée de l'effort.

Ces critères de durée et d'intensité d'effort définissant le processus aérobie sont-ils bien présent dans chacun des tests étudiés ?

En se référant au protocole de chaque test, on peut affirmer que le Léger-Boucher et le VAM-Eval, deux tests progressifs et continus de course sur piste font appel au processus aérobie.

Ces tests d'évaluation de la V.A.M, d'une durée moyenne totale de 20 minutes mais avec une sollicitation progressive et maximale de l'organisme à 100% de la V.A.M. pendant 1 à 2 minutes entre bien dans la catégorie des efforts aérobie. Ces tests sollicitent la puissance aérobie. En effet, on considère que la progressivité du pourcentage de V.A.M sur 20 minutes pour atteindre 100% de celle-ci sur le dernier palier de chacun des tests, correspond à un

effort à 100% de la V.A.M. pendant 9 minutes environ pour des sujets entraînés (ASTORINO and all., 2004).

Le TUB 2, test à protocole mixte : rectangulaire pour chaque distance et triangulaire pour l'ensemble du test, fait aussi appel au processus aérobie. Les trois minutes que dure chaque palier, permettent d'obtenir un plateau stable des principaux paramètres physiologiques à partir de 1min 30 après chaque arrêt de 1 min (Cazorla, 1990). La durée de récupération est donc adaptée à une sollicitation du processus aérobie pour un objectif d'évaluation de la V.A.M correspondant à la vitesse atteinte au dernier palier totalement complété. Ainsi de la même manière que le Léger-Boucher et le VAM-Eval, le TUB 2 s'inscrit dans la puissance aérobie.

Les protocoles de déroulement de ces trois tests sollicitent le processus aérobie. Il semble que les tests, avec des différences organisationnelles mais pas structurelles, concourent à trouver les mêmes résultats sans différences statistiques significatives.

Le Test de Buchheit présenterait donc des différences significatives avec les trois autres tests en raison d'une sollicitation métabolique différente ?

En effet, le 30-15 ne permet pas une sollicitation aérobie suffisante compte tenue de la durée de l'effort en continu demandée, qui n'excède pas 30 secondes (Buchheit, 2008).

Le principal paramètre qui en atteste est la vitesse maximale atteinte à VO_2 max.

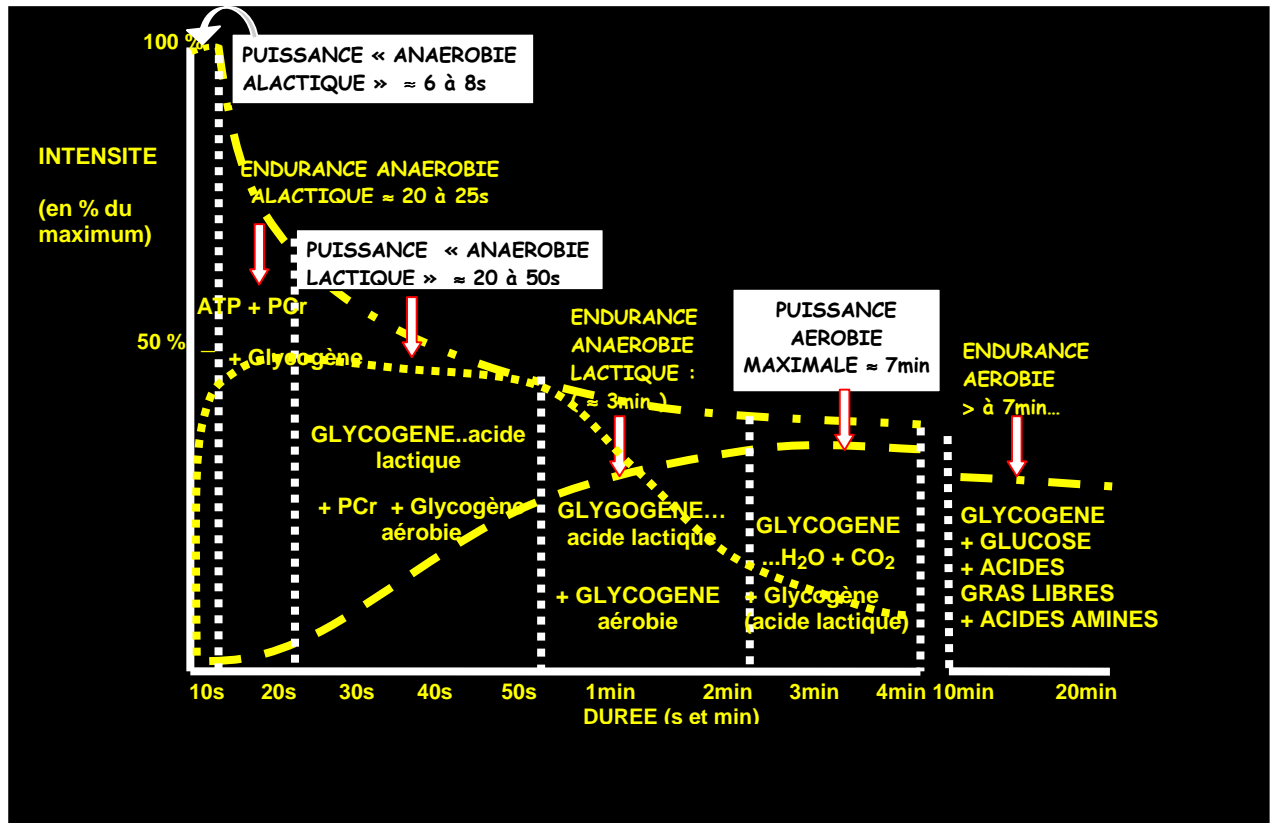
De plus, à cette sollicitation courte est associée une durée de récupération proportionnellement longue (moitié temps d'effort) et une contrainte musculaire inhérente aux changements de direction pour un travail majoritaire du métabolisme anaérobie (sa capacité) (Spencer and all., 2005).

L'effort demandé par ce test reproduit les exigences des efforts intermittents des sports collectifs.

Outre les critères de durée de sollicitation métabolique, les prélèvements sanguins prouvent l'engagement de la capacité anaérobie dans ce test. La lactatémie à l'effort relevée après le passage du Test de Buchheit montre une concentration révélatrice, pour les sujets étudiés, d'une sollicitation anaérobie prononcée et comparativement bien supérieure aux trois autres tests (3mMol/L en moyenne).

L'ensemble des indicateurs : chronométriques, biologiques et physiologiques démontrent bien la prépondérance du processus anaérobie dans le 30-15.

Photo n°5 : descriptif des différentes sources énergétiques



Conclusion

La comparaison de ces quatre tests permet d'affirmer que les trois tests triangulaires de course continue : Léger et Boucher (test référence), VAM-Eval et TUB 2 semblent bien mesurer le même type de vitesse que nous pouvons définir comme la V.A.M.

De plus, la comparaison de ces trois tests ne montre statistiquement aucune différence significative quelque soit les variables.

Par contre, le Test de Buchheit surestime la V.A.M.

En effet, non seulement l'analyse directe des différents paramètres mais aussi l'étude comparative, montre une inadaptation de ce test pour évaluer la V.A.M. Le 30-15 fournit des valeurs peu cohérentes avec l'effort aérobique mesuré. On observe des différences statistiquement significatives avec les trois autres tests.

Ces différences sont trop importantes (2,90 km/h et 3mMol/L) pour que la V.A.M mesurée par le 30-15 soit utilisable pour élaborer des programmes d'entraînement pour des athlètes de demi-fond.

Le test de Buchheit permet d'évaluer la condition physique et de planifier l'entraînement pour des sports collectifs, de type handball ou football (Buchheit, 2008).

D'autre part, cette étude confirme la validité a priori des trois tests par rapport au test de référence Léger-Boucher.

Enfin, nous avons tenté de faire la démonstration que ces résultats sont la conséquence d'une implication différente de la glycolyse aérobique entre les trois tests et le Test de Buchheit.

Bibliographie

- 1- Léger Boucher, *An Indirect Running Multistage Field Test: The University de MONTREAL Track Test, UM-TT*, 1980.
- 2- Cazorla et Léger, *Comment évaluer et développer vos capacités aérobies. Epreuves de course navette et épreuve VAM-Eval*. Eds AREAPS : 123, 1993.
- 3- Cazorla, *Test de terrain pour évaluer la capacité aérobie et la vitesse aérobie maximale*. Dans : « *Actes du colloque international de la Guadeloupe* ». Eds : ACTSCHNG & AREAPS : 151-173, 23 nov.1990.
- 4- Buchheit, *The 30-15 Intermittent Fitness Test: accuracy for individualizing interval training of young intermittent sport player*. J Strength Cond Res, second issue of the 2008 volume.
- 5- Daniels and al., *Elite and subelite female middle-and long-distance runners*. In : Landers DM (Ed). *Sport and Elite performers, Vol. 3. Proceedings of the 1984 Olympic Scientific Congress : 1984, Jul 19-23 : Oregon-Champaign (IL) : Human Kinetics : 57-72, 1984*.
- 6- Hourcade, *Etude comparative de deux tests de terrain : le test de l'Université Victor Segalen Bordeaux 2 (TUB₂) et le VAMEVAL*. Mémoire pour le diplôme de Maîtrise en STAPS. Faculté des Sciences du Sport et de l'Education Physique de Bordeaux, 1997.
- 7- Mercier et Léger, *Prédiction de la performance en course à pied à partir de la puissance aérobie maximale, Effet de la distance, du sexe et de la spécialité*, Revue des Sciences et Activités Physiques Vol.7- N°14- décembre 1986.
- 8- Léger et Mercier, *Coût énergétique de la course sur tapis roulant et sur piste*. Motricité Humaine, 2 : 66-69, 1983.
- 9- Buchheit, *Quels tests de terrain pour le suivi de la performance athlétique en sport collectif ?*, Sciences et sports, janv. 2008.
- 10- Bentley, Newell, Bishop, *Incremental test design and analysis. Implications for Performance Diagnostics in Endurances Athletes*, 2007.

11- Cazorla, Benzeddine-Boussaidi, Carré, *Pourquoi et comment évaluer l'aptitude aérobie sur le terrain ?*,2005.

12- Astorino and all. , *Reinvestigation of duration of VO2 max testing*, Official Journal of the American Society of Exercise Physiologists (A.S.E.P), 2004.

13- Spencer and all. , *Physiological and Metabolic Responses of Repeated- Sprint Activities. Specific to Field-Based Team Sports*, 2005.

(La bibliographie est notée par ordre d'apparition dans ce mémoire.)

Annexes

- 1- Synthèse des résultats chronométriques et physiologiques de terrain.
- 2- Synthèse des résultats biologiques.
- 3- Valeurs maximales des quatre variables.
- 4- Tests de student pour les quatre variables, comparaison croisée des quatre tests.
- 5- Justification de la pertinence de l'outil statistique.