

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Abdelhamid Ibn Badis. Mostaganem
Institut d'Education Physique et Sportive



Mémoire présenté et soutenu publiquement en vue de

L'obtention du grade de Master en Sciences et Technologie du Mouvement Humain

Spécialité Entraînement et Préparation Physique

THEME

Elaboration d'un nouveau test d'évaluation de la vitesse maximale aérobie (VMA)

PRESENTE PAR

Benhammou Saddek

.....
Devant un jury composé de

Pr. Bengoi Ali

.....
Président

.....
Dr. Mokkedes Moulay Idriss

.....
Directeur de recherche

.....
Dr. Ghoul Adda

.....
Membre du Jury

-Mai 2016-

DEDICACES

BISMILLAH

A la famille BENHAMMOU,

Ma défunte grand-mère

« Rahimmaha ALLAH »

Mes chers parents

Mes frères et mes sœurs

Mes beaux parents

Mon épouse

Ma très chère petite fille : Meriem Haoua

REMERCIEMENTS

AL HAMDOULILLAH

Avant tout, je remercie ALLAH le Miséricordieux, le Tout Puissant, le Dieu des terres et des cieux.

Ce n'est qu'après la réalisation de la majorité de ce travail que l'on se rend compte de l'impact de notre entourage sur ce dernier. Avant d'entrer dans le vif du sujet et les analyses scientifiques, je voudrais donc remercier les personnes qui me sont chères et sans qui ce projet n'aurait sans doute pas abouti.

Je souhaite exprimer ma gratitude envers mes parents pour m'avoir inculqué la valeur du travail. L'éducation que vous m'avez offerte est un héritage dont je vous serai toujours reconnaissant.

Je n'oublierais jamais ma défunte grand mère qui nous a jamais manqué de ses prières sincères et pieuses pensées.

Je ne remercierai jamais assez ma femme, qui tout au long de ces années, a su être une oreille attentive, un support incroyable et un motivateur hors pair. Tu es indispensable au maintien de l'équilibre dans ma vie et à mon succès.

Ma dette de reconnaissance va à mon encadreur MOKKEDES Moulay Idriss pour l'intérêt qu'il a manifesté à mon égard, pour ses conseils, encouragements et amitiés. Ses qualités en tant que chercheur et en tant que personne m'ont aidé sur le plan de la recherche ainsi que sur le plan humain.

Je suis très reconnaissant au professeur BENGOUA Ali, président du conseil scientifique de l'institut, de m'avoir donné l'occasion de présenter un résumé de ce travail dans un colloque de dimension international à Valenciennes en France.

Je remercie également ZERF Mohammed et BENSIKADDOUR Habib professeurs à l'institut d'éducation physique et sportive, pour leurs multiples conseils et encouragements au démarrage de ce projet.

Un énorme merci aux trente-deux athlètes qui ont participé de manière bénévole à la collecte de données de la présente étude. Sans eux, l'avancé scientifique sur le sujet n'aurait pas été possible. En espérant que ces échanges vous ont donné des pistes de solutions ou de nouvelles idées afin de vous améliorer en tant qu'individu et athlète.

Je suis également reconnaissant envers toutes les personnes qui, à un moment ou à un autre, ont contribué à la réalisation de cette recherche.

Pour finir « ALHAMDOULILAH » pour avoir achevé une tâche si lourde.

SOMMAIRE

Dédicaces.....	2
Remerciements.....	3
Sommaire.....	4
Liste des tableaux.....	7
Liste des figures.....	8
Liste des principales abréviations.....	9

PRESENTATION DE LA RECHERCHE

Introduction.....	11
Problématique.....	13
Objectifs de l'étude.....	13
Hypothèse.....	13
Importance de la recherche.....	14
Tâche.....	14

PREMIERE PARTIE : revue de la littérature

CHAPITRE 1

La vitesse maximale aérobie

1.1. Définition de la VMA.....	18
1.2. Evaluation de la VMA.....	19
1.2.1. Méthode d'évaluation au laboratoire.....	19
1.2.2. Méthode d'évaluation sur le terrain.....	20
1.3. La détermination de la VMA, quelle utilité ?.....	22
1.4. Variations de la VMA.....	22
1.5. VMA et évaluation de l'endurance aérobie.....	24
1.6. VMA et extrapolation de VO2 Max.....	26
1.7. Distance de la compétition et % de la VMA sollicités.....	27
1.8. Prédiction de la performance en fonction de la VMA.....	28

DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE

<h3 style="margin: 0;">CHAPITRE 1</h3> <h4 style="margin: 0;">Matériels et méthodes</h4>
--

1.1. Les participants à l'étude.....	31
1.1.1 Critères d'inclusion.....	31
1.1.2 Critères de non inclusion.....	31
1.2. Matériels	32
1.3.Méthodes.....	32
1.3.1. Méthode d'analyse bibliographique.....	33
1.3.2. Méthode expérimentale.....	33
1.3.2.1.Test de Léger et Boucher (1980, révisé en 1984).....	33
1.3.2.2.Test VAM-EVAL (Cazorla, 1990).....	35
1.3.3. Méthode statistique	36

<h3 style="margin: 0;">CHAPITRE 2</h3> <h4 style="margin: 0;">Description du protocole du test proposé</h4>

2.1. Pour qui ? Et pourquoi ?.....	38
2.2. Protocole du test proposé.....	38
2.2.1. Objectifs du test	38
2.2.2. Matériel mis en place.....	38
2.2.3. Déroulement.....	39
2.2.4. Le choix de la durée.....	40
2.3. Niveau de validité.....	44
2.4. Niveau de fidélité.....	44
2.5. Niveau d'accessibilité.....	45
2.6. Niveau de pertinence.....	46

CHAPITRE 3

Présentations des résultats

3.1. Résultats.....	48
3.1.1. La vitesse maximale aérobie.....	48
3.1.2. La fréquence cardiaque.....	50
3.1.3. Lactatémie.....	51
3.1.4. Test-retest.....	52

CHAPITRE 4

Discussion et conclusion

4.1. Discussion.....	54
4.1.1. La vitesse maximale aérobie.....	54
4.1.2. La fréquence cardiaque.....	55
4.1.3. Le lactate.....	55
4.2. Conclusion.....	56
Résumé.....	58
Abstract.....	60
BIBLIOGRAPHIE.....	62
ANNEXE.....	65

LISTE DES TABLEAUX

N	Titres	Page
01	principaux tests de VMA	21
02	Synthèse des résultats des principales études portant la durée limite de maintien d'un pourcentage de la vitesse aérobie maximale	25
03	Équation de prédiction de VO ₂ max en fonction de la vitesse de course et résultat à partir de l'hypothèse d'une VAM de 20 km/h	26
04	Pourcentages de la VMA susceptibles d'être maintenus pendant les différentes distances de compétition et corrélation entre VMA et vitesses auxquelles ont été réalisées ces performances	27
05	Performances potentielles selon différentes distance de course en mètres	28
06	Mesures anthropométriques des sujets évalués	31
07	Variables mesurées	32
08	Temps limites moyens en fonction de l'intensité pour une population sportive modérément entraînée	41
09	Données de références	41
10	Organisation complète du test proposé	42
11	Tableau de correspondance	43
12	Degré argumentée du niveau d'accessibilité	45
13	La différence du temps cumulé entre les trois protocoles du test	45
14	Pertinence du choix d'un test	46
15	L'analyse de données de VMA	48
16	L'analyse de données de FC	50
17	L'analyse de données de lactate	51

LISTE DES FIGURES

N	Titres	Page
01	Différentes conditions expérimentales susceptibles de surestimer ou de sous estimer la vitesse aérobie maximale à l'issue d'épreuves triangulaires habituellement utilisées	23
02	Descriptif du test du Léger et Boucher	35
03	Descriptif du test du Vam-Eval	36
04	Moyenne de VMA atteinte à VO2max	48
05	Comparaison des valeurs de VMA pour chacun des tests	49
06	Moyenne de F.C max	50
07	Moyenne du lactate	51
08	Procédure test re-test (VMA)	52

LISTE DES PRINCIPALES ABREVIATIONS

Bt/min : Battements par minute

D : Distance

E.A : Endurance aérobie

FC max : Fréquence cardiaque maximale

I.E.A : Indice d'endurance aérobie

IMC : Indice de masse corporelle

LA : Lactate

PMA : Puissance maximale aérobie

PMT : Paramètres métaboliques transitionnelles

R : Coefficient de corrélation

T : Temps

Tlim : La durée limite de maintien de la vitesse maximale aérobie

VMA : Vitesse maximale aérobie

VO2Max : Consommation maximale d'oxygène

PRESENTATION DE LA RECHERCHE

- *Introduction*
- *Problématique*
- *Objectifs de l'étude*
- *Hypothèse*
- *Importance de la recherche*
- *Tâche*

Introduction

De nombreuses épreuves d'évaluation de la VMA ont été mise au point par les scientifiques du sport. ces épreuves sont de réalisation plus ou moins complexe, certaines demandant un matériel relativement lourd, d'autres sollicitant moins de moyens et pouvant être programmées sur le terrain. La vitesse maximale aérobie (VMA) est définie comme étant la vitesse minimale qui sollicite la consommation maximale d'oxygène (Di Prampero *et al*, 1986 ; Lacour *et al*, 1991 ; Léger et Boucher, 1980 ; Péronnet et Thibault, 1987). C'est la vitesse du VO₂max (Turpin, 2002). Elle est devenue depuis quelques années une des indications physiologiques les plus recherchées et évaluées par les entraîneurs. Quelques soient les procédés d'entraînement utilisés, la connaissance de la VMA est toujours nécessaire pour organiser les charges utiles des exercices. La VMA est utilisée comme référence pour planifier les intensités d'entraînements et pour mesurer l'endurance aérobie d'une personne (Péronnet 1988, Péronnet *et al*. 1991, Billat et Koralztein 1996). Cette donnée est fondamentale pour l'entraîneur en permettant d'individualiser l'entraînement (Ferré & Leroux, 1996).

L'utilisation des tests est une action très utile lorsqu'elle répond à certaines exigences. La mesure est une chose nécessaire en milieu d'entraînement sportif, et les tests nous offrent un instrument d'évaluation des différentes qualités physiologiques. De plus, le type de travail musculaire effectué au cours du test doit être le plus proche possible de celui réalisé par l'athlète au cours de l'exercice de sa discipline (Desnus, *et al* 1990). Il semble alors préférable de choisir le test en relation avec l'entraîneur et il devrait porter sur les épreuves valides, reproductibles et précises.

C'est dans cette quête que s'accumulent nombres de publications et méthodes d'évaluation plus ou moins rigoureuses et scientifiquement exactes, nombreux sont les praticiens qui, aujourd'hui, s'interrogent avant de choisir le test correspondant le mieux à leurs besoins et à leurs moyens. Un test d'évaluation de la VMA doit mesurer la vitesse limite qui correspond au pic de la consommation maximale d'oxygène (VO₂max) ; elle est mesurée en km/h. La VMA dépend des facteurs physiologiques et

biomécaniques, mais aussi et surtout du protocole du test censé l'obtenir (cazorla, 1990).

L'étude se concentre sur l'évaluation indépendante de trois tests ; test proposé, test de Léger-Boucher (1980) et test de Vam-Eval (Cazorla, 1990) et pouvoir ensuite comparer les résultats obtenus par les mêmes sujets au test proposé par rapport au test de Vam-Eval, et Léger-Boucher, ce dernier seul ayant bénéficié d'une procédure de validation et qui de ce fait sera utilisé comme test de référence pour confirmer le niveau de validité du test proposé. Le test de Léger et Boucher est reproductible, indépendamment du sexe et du niveau de performance, chez l'adulte (Léger & Boucher, 1980), comme chez l'enfant pour des tests réalisés en milieu scolaire (Billat & al, 2001). Ce test à été validé pour déterminer la VMA (Berthoin, 1996).

Il s'agit d'avoir la preuve expérimentale que le test proposé mesure effectivement la VMA et l'estime au plus près. Pour ce faire, nous passerons ce test au tamis méthodologique constitué par quatre critères d'appréciation : la validité, la fidélité, l'accessibilité et la pertinence. La validation de ce test s'appuiera sur les comparaisons simultanées des vitesses obtenues en fin des tests et sur les résultats des paramètres physiologiques recueillis au cours et à l'issue des trois épreuves. La comparaison des tests s'appuie sur des protocoles bien définis, qu'il n'est pas question de remettre en cause (cazorla, 1990) : vitesse maximale aérobie (VMA), la fréquence cardiaque (FC), lactate (LA).

Un certain nombre d'études concernant les tests de terrain susceptibles d'évaluer la VMA, (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. En d'autres termes :

Problématique

1. Un test à protocole rectangulaire (test proposé) résiste-t-il aux critiques méthodologiques et aux expertises expérimentales en termes de validité, fidélité, pertinence et accessibilité ?

2. Est-ce que le test proposé estime la même valeur de la VMA comparativement aux tests de Léger-Boucher et Vam-Eval ?

3. Quelque soit les variables mesurées, y a-t-il une relation entre le test proposé et le test de Léger-Boucher et Vam-Eval ?

4. Pour déterminer la VMA, doit-on opter pour un test de type triangulaire ou pour un test rectangulaire ?

L'établissement d'une éventuelle concordance entre les résultats de ce test et le test de Léger-Boucher et Vam-Eval pourrait permettre de répondre à ses questions.

L'objet de cette revue de question est :

1. D'élaborer un nouveau protocole de test (test proposé) afin d'améliorer la fiabilité d'estimation de la VMA sur des exercices intermittents, de façon plus précise, plus simple et moins coûteuse.
2. De comparer le test proposé avec deux tests triangulaires de course linéaire les plus fréquemment utilisés: (Léger&Boucher, 1980), Vam-Eval (Cazorla, 1990).
3. De tenter de mettre en évidence le degré de validité de ce nouveau test.

Hypothèse

En fonction du protocole utilisé, on peut supposer que la VMA obtenue à partir de ce test se rapproche le plus de la VMA référence du test de Léger-Boucher et test de Vam-Eval. En d'autre terme, le test proposé estime la même valeur de la VMA par rapport aux tests de Léger-Boucher et Vam-Eval. Par ailleurs, les différences de VMA mesurées entre les protocoles rectangulaires et triangulaires sont peu importantes.

Importance de la recherche

Cette recherche permet de projeter l'attention des entraîneurs et des préparateurs physiques vers un nouveau test de VMA.

Tâche

Afin d'atteindre notre objectif et de vérifier l'hypothèse de cette recherche, nous nous sommes fixés les tâches suivantes :

- Analyse des sources bibliographique relative à notre thème de recherche.
- Réalisation des mesures anthropométriques et physiologiques.
- L'étude expérimentale et la réalisation des tests.
- Analyse et interprétation des résultats.
- Conclusion

PREMIERE PARTIE
Revue de la littérature

CHAPITRE 1

La vitesse maximale aérobie

Présentation du chapitre

Réaliser une performance aérobie revient à courir le plus rapidement possible sur une distance donnée ou à maintenir la plus grande vitesse possible en un temps donné. Le principal index physiologique des qualités aérobie de l'enfant comme de l'adulte, et certainement le plus étudié, est la VMA (Van Praagh, 2008).

Dans ce chapitre nous nous sommes intéressés aux l'importance de la VMA dans l'entraînement sportif, et comment cette référence physiologique contribuer à expliquer l'évolution de la performance aérobie.

1.1 Définition de la VMA

1.2 Evaluation de la VMA

1.2.1 Méthode d'évaluation au laboratoire

1.2.2 Méthode d'évaluation sur le terrain

1.3. La détermination de la VMA, quelle utilité?

1.4. Variations de la VMA

1.5. VMA et l'évaluation de l'endurance aérobie

1.6. VMA et extrapolation de VO₂ Max

1.7. Distance de la compétition et % de VMA sollicités

1.8. Prédiction de la performance en fonction de la VMA

Dans un premier temps, définissons les termes les plus couramment employés dans le milieu sportif. Nous venons d'utiliser quatre concepts qui seront ensuite largement repris dans la présente étude, aussi, afin d'éviter toute éventuelle ambiguïté ou erreur d'interprétation il convient d'en proposer préalablement les définitions que nous leur attribuerons.

VO₂max : la consommation maximale d'oxygène correspond au moment à partir duquel une personne ne peut plus augmenter son VO₂ pour faire face à la demande croissante de l'organisme liée à l'augmentation de l'intensité de l'exercice. Il peut être interprété comme une consommation ; L/mn ou ml/mn/kg (Praagh, 2008).

La capacité aérobie : représente la quantité totale d'énergie potentielle susceptible d'être fournie par voie oxydative. Comme elle dépend des réserves totales de substrats utilisables: glycogène, glucose circulant, acides gras libres, voire même dans certaines circonstances, acides aminés... et bien sûr, de la totalité de l'oxygène utilisé pour leur combustion, son évaluation directe est impossible. Par contre on peut indirectement en apprécier l'importance par l'évaluation de ses deux composantes que sont : la puissance maximale et l'endurance aérobie.

La puissance aérobie maximale (PMA) : correspond à la puissance atteinte à la consommation maximale d'oxygène (VO₂max), qui est la quantité maximale d'oxygène qu'un organisme peut utiliser par unité de temps au cours d'un exercice musculaire intense et d'une durée égale ou supérieure à trois minutes. La PMA fait généralement référence à la VMA (vitesse maximale aérobie). Elle est exprimée en Watts tandis que la VMA est exprimée en Km/h. On parle davantage de VMA car la majorité des sports fait référence aux vitesses plutôt qu'aux watts.

L'endurance aérobie (E.A) : est la fraction ou le pourcentage de VO₂ max ou de la PMA, ou de la VMA susceptible d'être maintenu au cours d'une épreuve d'une durée donnée. Par exemple fixer un pourcentage de la VMA (85, 90, 95, ou 100 %) et chronométrer la durée maintenue à cette vitesse (Cazorla, 2001).

L'évaluation de l'endurance aérobie nécessite donc de connaître préalablement la vitesse maximale aérobie.

1.1. Définition de la VMA

La vitesse maximale aérobie est définie comme étant la vitesse minimale qui sollicite la consommation maximale d'oxygène (Di Prampero *et al*, 1986 ; Lacour *et al*, 1991 ; Léger et Boucher, 1980 ; Péronnet et Thibault, 1987). Le temps de maintien de cette VMA a été mesuré en laboratoire et sur le terrain dans le cadre de la modélisation de la relation vitesse-durée (Billat *et al*, 1995).

La vitesse maximale aérobie, c'est la vitesse de déplacement du sujet correspondant à 100% du VO₂max. Elle est mesurée en km/h (Chapitoux, 2005).

La vitesse aérobie maximale est la vitesse limite atteinte à VO₂ max. Elle résulte de l'interaction de trois facteurs : 1-de VO₂ max, 2-du rendement de la locomotion (course, cyclisme, natation...) encore défini comme efficacité ou économie du course et 3-de la motivation pour pouvoir l'atteindre VO₂ max au cours d'une épreuve intense et prolongée (Cazorla, 2001).

La VMA correspond à la vitesse que l'on obtient lorsque l'organisme est à son niveau de consommation maximale d'oxygène .Dans cette condition, tous les éléments qui interviennent dans la fourniture d'oxygène aux cellules sont à leur rendement maximal (Lacrampe, 2007).

La vitesse maximale aérobie est l'intensité de travail que l'on développe au cours d'un effort dont la dépense énergétique correspondant à la consommation d'oxygène maximale ou puissance maximale aérobie (Gacon, 1990).

La vitesse maximale aérobie ; vitesse de déplacement (course à pied, nage) exprimée en km/h ou en m/mn ou m/s obtenue quand le sujet atteint son VO₂max, la fréquence cardiaque alors est maximale. La connaissance de cette donnée est particulièrement importante pour déterminer le travail en endurance aérobie, elle permet à l'entraîneur de cibler ses objectifs et de doser ses exercices d'entraînement (Leroux, 2006).

1.2. Evaluation de la VMA

Nombreux sont les praticiens qui, aujourd'hui, s'interrogent avant de choisir le test correspondant le mieux à leurs besoins et à leurs moyens. L'entraîneur qui désire chiffrer la condition physique de ses athlètes à sa disposition différents tests, deux grandes catégories sont à considérer :

- la première regroupe les tests à pratiquer en laboratoire,
- la seconde, ceux qui peuvent être réalisés sur le terrain.

1.2.1 Méthode d'évaluation au laboratoire

En laboratoire on utilise trois méthodes pour imposer des exercices de puissance déterminée : la course sur tapis roulant, le travail sur bicyclette ergométrique et la montée et descente d'une marche step-test (Astrand, 1986). Ces tests en laboratoire demeurent les meilleurs de tous. Ils permettent de déterminer de façon précise différents paramètres déterminants l'état de la condition physique du joueur. L'intensité du travail fourni est exprimée en watts et déterminée dans le cas de l'ergo-cycle par une force de freinage dans le pédalier multipliée par un nombre de tours par minute (Taelman, 1991).

1.2.2 Méthode d'évaluation sur le terrain

Les tests d'évaluation de la VMA sur le terrain se fondent généralement sur les mêmes principes que ceux utilisés au laboratoire. Ils sont aussi variés par leurs modes et leurs protocoles. Ils comptent des épreuves en paliers vitesse progressive croissante, interrompue ou non de périodes de récupération (protocole triangulaire). En outre il existe des épreuves d'un seul palier, le plus intense possible et dont la durée et ou la distance est variable (protocole rectangulaire). Plusieurs batteries de test sont à disposition des sportifs pour évaluer leur VMA. Il est important de toujours réaliser les tests afin de pouvoir comparer les progrès dans le temps.

De nombreux spécialistes ont développé des protocoles permettant de mesurer la VMA. Pour cela, Plusieurs tests de piste ont été élaborés. Voici les plus utilisés sans doute par les entraîneurs spécialistes (Vaussenat, 1994) ; (Thiebaud & Sprumont, 1998) ; (Dellal, 2008)

Tableau 1 : principaux tests de VMA

Test	Allure	Course	Paliers	Incrément de vitesse	Estimation de la VMA
Test de Léger-Boucher	Progressive	Continue	2min	1km/h	Dernier palier Complété
Test VAM-EVAL	Progressive	Continue	1min	0.5km/h	Dernier palier Complété
Cooper	Constante	Continue	12 min	-	Plus grande distance parcourue
Demi-Cooper	Constante	Continue	6 min	-	Plus grande distance parcourue
45-15 de Gacon	Progressive	Intervalle	45''	0.5 km/h	Vitesse de dernier palier réalisé
30-15 Bueit	Progressive	Intervalle	1 min	0.5 km/h	Vitesse de dernier palier réalisé
Tube2	Progressive	Intervalle	3 min	2km/h	Vitesse de dernier palier réalisé
Test navette	Progressive	Aller-retour (20m)	1min	0.5 km/h	Vitesse de dernier palier réalisé
Yo-Yo test	Progressive	Aller-retour (20m)	1min	0.5 km/h	Vitesse de dernier palier réalisé
Test de Conconi 1982	Progressive	Continue	200m	0.5km/h	Dernier palier Complété
Le test de Brue	Progressive	Continue	30 secondes	0.3 km/h	Vitesse de dernier palier réalisé
Test 5min de Brikci	Constante	Continue	5min	-	Plus grande distance parcourue
CAT test	Constante	Continue	1500-3000m	-	Minimum du temps réalisé

1.3. La détermination de la VMA, quelle utilité?

La VMA est un véritable outil de mesure des capacités du sportif et un atout pour construire une programmation d'entraînement. C'est un indice pertinent à évaluer et à développer à l'entraînement. En effet, en course à pied la majorité des séances d'entraînement sont basées sur des pourcentages de la VMA du coureur. Cette valeur sera bien évidemment à réévaluer régulièrement, ce qui permet à la fois d'apprécier la progression mais également de réajuster les allures d'entraînement, afin d'arriver au top de la forme le jour J. Outre la possibilité d'évaluer l'endurance aérobie, la connaissance de la VMA s'avère aussi très utile pour au moins quatre raisons :

- Elle autorise l'extrapolation de VO₂ max.
- Elle permet de prédire les performances potentielles de course, à la condition bien sûr de s'entraîner correctement.
- Elle donne des indications sur les intensités à envisager dans les séances d'entraînement.
- Elle permet aussi de mieux gérer les vitesses utiles d'entraînement (Cazorla, 2001).

1.4. Variation de la VMA

La VMA varie avec l'âge, le sexe ainsi que le degré d'entraînement physique, Elle augmente pendant l'enfance et l'adolescence pour atteindre le maximum vers 20 ans et se stabilise entre 20 et 30 ans pour décroître progressivement et ne plus représenter à 60 ans qu'environ 70% de la valeur observée chez le jeune adulte.

La VMA est un très bon indicateur de la performance en demi-fond chez l'adulte (Lacour *et al*, 2003), comme chez l'adolescent (Almarwaey *et al*, 2003) : ces derniers auteurs soulignent que la VMA est un bon indicateur de la performance aérobie

(Praagh, 2008). La VMA dépend non seulement de multiples interactions biomécaniques et physiologiques mais aussi du protocole du test censé l'obtenir. Au nombre des interactions, le VO₂ max, le rendement énergétique encore défini comme l'économie de course et la motivation en sont les principaux facteurs. (Sjödén et Svendenhag, 1985 ; Daniels, 1985 ; Ouvrier-Bufferet, 1988 ; Peronnet, 1988 ; Morgan *et al*, 1989 ; Lacour, 1990).

Un autre point et non des moindres est que la VMA peut aussi varier en fonction du protocole du test. D'une manière générale, plus l'augmentation de la vitesse des paliers est brutale et de courte durée, plus la VMA a des chances d'être surestimée. Dans ce cas, une part importante de la VMA est liée à la production anaérobie de l'énergie. A l'inverse, plus la durée du protocole est importante, plus la VMA risque d'être sous estimée probablement à cause des effets de la fatigue qui limitent la poursuite de l'exercice.

La VMA résulte de l'interaction de VO₂Max, de l'économie de course de la motivation... mais aussi :

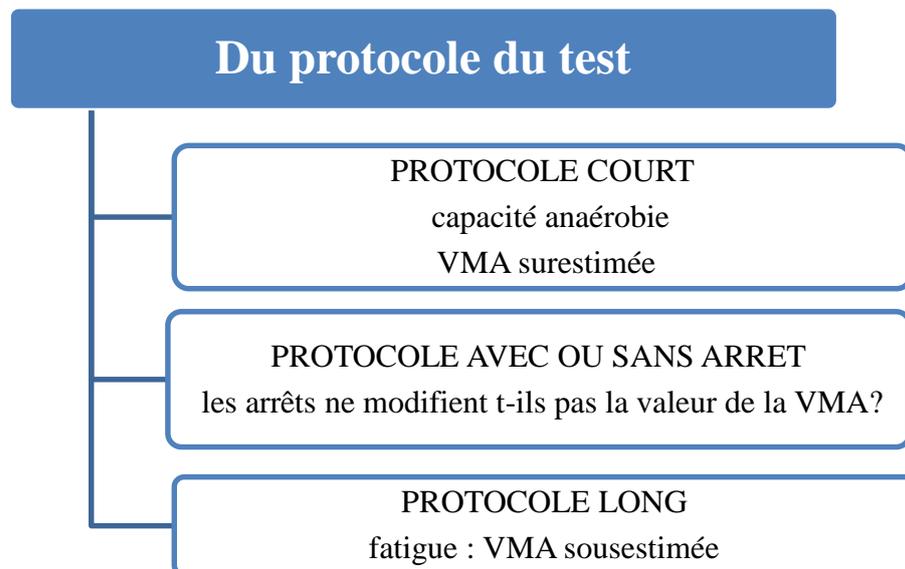


Figure 1 : Différentes conditions expérimentales susceptibles de surestimer ou de sous estimer la vitesse aérobie maximale à l'issue d'épreuves triangulaires habituellement utilisées (Cazorla, 2001).

1.5. VMA et l'évaluation de l'endurance aérobie

Parmi les nombreuses techniques susceptibles d'évaluer l'endurance aérobie nous ne retiendrons que celles utilisant la durée limite maintenue à un pourcentage de VO₂ max ou de VMA, l'indice d'endurance aérobie de (Cazorla, 1990). Il semble que les premiers travaux ayant permis de mettre en évidence les aspects curvilinéaires de la relation entre le pourcentage de VO₂ max utilisé et la durée d'une course, soient à attribuer à Costill et Fox(1969) et à Astrand et Rodhal (1970). C'est à partir de ce modèle que Saltin (1973) proposa une équation de forme linéaire utilisable uniquement pour des durées comprises entre 30 et 300 minutes :

$$\% \text{ VO}_2 \text{ max} = 0.94 - 0.001 t \text{ (min)}$$

Une autre façon d'appréhender l'endurance aérobie est de chronométrer la durée de maintien d'un pourcentage donné de la VMA. Nombreuses sont les études qui ont envisagé de mesurer directement cette durée au cours d'un protocole rectangulaire de course sur tapis roulant ou sur piste à des pourcentages de VMA (Tableau 2).

Tableau 2 : Synthèse des résultats des principales études portant la durée limite de maintien d'un pourcentage de la vitesse aérobie maximale : On remarquera la disparité de ces durées.

Références	Course	% VMA	EA (min)	
Costill (1970)	Tapis roulant	95	30	
Costill <i>et al.</i> (1973)	Tapis roulant	86	56.3	
Higgs (1973)	Tapis roulant	100	4.63	
Volkov <i>et al.</i> (1975)	Tapis roulant	100	5.4	
Briggs (1977)	Tapis roulant	95	8.6	
Reybrouck <i>et al.</i> (1986)	Tapis roulant	91	22.9	
Péronnet <i>et al.</i> (1987)	Piste	100	7	
Lacour <i>et al.</i> (1990)	Piste	100	8.7	
Padilla <i>et al.</i> (1992)	Piste	100	Homme	8.4
			Femme	7
Ramsbottom (1992)	Piste	90	Homme	18.7
		82	Femme	21.8
Billat <i>et al.</i> (1994-1995)	Tapis roulant	100	6.7	

Pour obtenir l'indice d'endurance aérobie de Cazorla, commencer par évaluer la VMA. Calculer ensuite la vitesse moyenne maintenue sur une distance ou une durée donnée :

$$\text{I.E.A} = \frac{\text{vitesse moyenne tenue pendant la durée choisie}}{\text{VMA}} \times 100$$

Plus le pourcentage obtenu tend vers 100, meilleures et l'endurance spécifique du sujet (Cazorla, 2001).

Prenons un exemple : un sujet dans la VMA a été mesuré à 18.3km/h qui a parcourue en 12min 2700m, soit 13.5km/h vitesse moyenne.son I.E.A est :

$$(13.5 \times 100) / 18.3 = 73.77 \%$$

1.6. VMA et extrapolation de VO2 Max

Nombreux sont les auteurs qui ont proposé des équations de prédictions de VO2 max ($\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$) à partir de la connaissance de la VMA. (Tableau 3).

Tableau 3 : Équation de prédiction de VO2 max en fonction de la vitesse de course et résultat à partir de l'hypothèse d'une VAM de 20 km/h.

Références	Equation de prédiction $V = \text{VMA}$	VO2Max prédite avec une VMA 20km/h
Astrand, 1952	$Y = 2.93.V + 9.33$	67.9
Balke, 1963	$Y = 2.86.V + 10.2$	67.4
Margaria et al 1963	$Y = 3.33.V + 3.5$	70.1
Shephard, 1963	$Y = 2.98.V + 7.6$	67.2
Pugh, 1970	$Y = 2.979.V + 4.245$	63.8
Costill et al. 1973	$Y = 4.2.V - 15,24$	68.7
Costill et al. 1973	$Y = 3.4.V - 5.24$	62.7
Mc Miken et Daniel 1976	$Y = 2.867.V + 5.363$	62.7
Bransford et Howley 1977	$Y = 3.40.V - 0.51$	67.5
ACSM, 1980	$Y = 3.3478.V + 3.275$	70.2
Léger et Mercier 1983	$Y = 2.209 + 3.163.V + 0.000525 542 V^3$	65.7
Léger et Mercier 1983	$Y = 3.5 V$	70

Celle de Léger et Mercier (1983) qui résume l'ensemble des équations précédentes pour calculer une équation moyenne **VO2 max= 3,5 X VMA (km/h)** s'avère la plus simple, chaque accélération correspond à une augmentation du cout énergétique de 3.5 ml/kg/min (Billat, 2003).

1.7. Distance de la compétition et % de VMA sollicités

Plusieurs études : (Thibaut & Mercier, 1981); (Léger *et al*, 1985) ; (Villaret, 1988) ; (Montmayeur & Villaret, 1990) ; ont permis de préciser à quels pourcentages de VMA se couraient les différentes distances de compétitions. A titre indicatif, voici les pourcentages qui peuvent être tenus en compétition en fonction de la distance, ces indications constituent d'excellentes orientations pour cerner les objectifs chronométriques sur une distance.

Tableau 4 : Pourcentages de la VMA susceptibles d'être maintenus pendant les différentes distances de compétition et corrélation entre VMA et vitesses auxquelles ont été réalisées ces performances selon (Léger *et al* ; 1985).

Distances	% de VMA	Corrélation VAM – Performance
800m	120 à 125	r = 0.72 (n = 40)
1000m	105 à 115	r = 0.92 (n = 105)
1500m	101 à 111	r = 0.92 (n = 105)
2000m	98 à 102	r = 0.95 (n = 71)
3000m	95 à 100	r = 0.98 (n = 69)
5000m	90 à 95	r = 0.98 (n = 69)
10000m	85 à 90	r = 0.88 (n = 108)
20000m	80 à 88	r = 0.88 (n = 108)
42195m	75 à 84	r = 0.85 (n = 108)

1.8. Prédiction de la performance en fonction de la VMA

A partir de la VMA, on peut en déduire approximativement ses performances futures car on sait d'après des études qu'un marathon se court, selon son niveau d'entraînement, entre 75 et 84% de la VMA et un 10Km entre 85et 90% de la VMA. Voici un tableau qui permet de se faire une idée de ses potentielles performances en fonction de sa VMA. Le tableau 5 est une base de travail par rapport à une performance dans le cas où le sujet s'entraînerait spécifiquement pour une épreuve. Donc si on a une VMA de 20km/h, on ne va pas forcément mettre 2h39 à un marathon. Ce ne sera uniquement possible qu'à l'issu d'un entraînement spécifique (Cazorla, 2001).

Tableau 5 : Performances potentielles (h : min : s) selon différentes distance de course en mètres (d'après Mercier et Léger, 1982)

VMA km ·h ⁻¹	VO2max ml.min ⁻¹ kg ⁻¹	800 m	1000 m	1500 m	2000 m	3000 m	5000 m	10000 m	15000 m	20000 m	30000 m	42195 m
14	49.0	2:59	3:56	6:30	9:05	14:28	25:20	56:15	1:27:23	1:59:22	3:15:43	4:54:07
15	52.5	2:46	3:38	5:59	8:20	13:16	23:11	50:47	1:18:46	1:47:29	2:53:20	4:17:48
16	56.0	2:35	3:24	5:32	7:43	12:15	21:23	46:17	1:11:42	1:37:45	2:35:33	3:49:28
17	59.5	2:26	3:11	5:09	7:10	11:23	19:50	42:30	1:05:47	1:29:38	2:21:05	3:26:44
18	63.0	2:17	2:59	4:50	6:42	12:38	18:30	39:18	1:00:47	1:22:46	2:09:06	3:08:06
19	66.5	2:10	2:49	4:32	6:17	9:58	17:20	36:33	56:29	1:16:52	1:59:57	2:52:34
20	70.0	2:03	2:40	4:17	5:56	9:23	16:18	34:10	52:45	1:11:45	1:50:18	2:39:23
21	73.5	1:57	2:32	4:03	5:36	8:52	15:23	32:04	49:29	1:07:17	1:42:49	2:28:05
22	77.0	1:51	2:25	3:50	5:19	8:24	14:34	30:12	46:36	1:03:20	1:36:17	2:18:16
23	80.5	1:46	2:18	3:39	5:07	7:59	13:50	28:33	44:01	59:30	1:30:32	2:09:41
24	84.0	1:42	2:12	3:29	4:49	7:36	13:10	27:04	41:43	56:41	1:25:26	2:02:06
25	87.5	1:37	2:06	3:20	4:36	7:15	12:34	25:44	39:39	53:51	1:20:53	1:55:21

DEUXIEME PARTIE
ETUDE EXPERIMENTALE

CHAPITRE 1

Matériels et méthodes

Présentation du chapitre

Dans ce 1^{er} chapitre réservé à notre partie expérimentale, nous présenterons les techniques communes utilisées au cours de notre protocole, pour réaliser nos différentes études. Nous préciserons également les caractéristiques des participants, les procédures expérimentales, les conditions de réalisation, les variables mesurées, l'organisation et la programmation de l'expérimentation, ainsi que les fondements de l'analyse statistique des résultats.

1.4. Les participants à l'étude

1.1.3 Critères d'inclusion

1.1.4 Critères de non inclusion

1.5. Matériels

1.6. Méthodes

1.6.1. Méthode d'analyse bibliographique

1.6.2. Méthode expérimentale

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

1.6.2.2. Test VAM-EVAL (Cazorla, 1990)

1.6.3. Méthode statistique

1.1. Les participants à l'étude

Quinze athlètes de sexe masculin (16.13 +/- 1.09 ans), sont inclus dans cette étude. Les sujets ont participé à un protocole de test sur une période d'une semaine à soixante-douze heures d'intervalle dans des conditions stables et standards, dans le but d'éliminer tout élément parasite permettant de recueillir une performance optimale. L'âge et le niveau de cet échantillon est variable, la caractéristique principale est bien l'entraînement régulier afin de mesurer une VMA significative, c'est-à-dire qui n'évolue pas durant les quelques jours de passage des tests.

Tableau 6 : mesures anthropométriques des sujets évalués

n=32	Age (ans)	Poids (kg)	Taille (cm)	IMC (%)
Moyenne	16.13	64.4	169,33	22.40
Ecart-type	1.09	6.31	6.30	1.68

1.1.1. Critères d'inclusion

- Suivre un entraînement sportif au moins deux fois par semaine
- Être disponible pour toute la durée de l'étude
- Etre motivé pour passer tous les tests

1.1.2. Critères de non-inclusion

- Contre-indication médicale à la pratique d'une activité physique

1.2. Matériels

Les critères discriminants pour la validation du test proposé sont : la vitesse maximale aérobie (VMA), la fréquence cardiaque maximale (FC), et la lactatémie (LA). La fréquence cardiaque a été enregistrée au moyen d'un cardio- fréquence-mètre (Polar RS300x). Des micro-prélèvements sanguins au niveau du lobe de l'oreille/doigt étaient réalisés trois minutes après la fin de chaque test, pour mesurer la concentration en lactates sanguins à l'aide d'un Lactate Pro (LT-1710). Tous les tests sont réalisés dans des conditions de température (17 à 21°C) et d'hygrométrie similaires (60 à 80 %). La vitesse du vent sur piste était contrôlée avec un anémomètre portable (PCE-AM81), au départ de chaque test : au-dessus de 2 m/s les tests étaient reportés.

Tableau 7 : variables mesurées

Variables à mesurer	Unité de mesure	Instrument de mesure
La VMA	km/h	Test proposé Test de Léger-Boucher Test VAM-EVAL
FC max	b/m	cardio- fréquence-mètre (Polar RS300x)
Lactatémie	Mmol/L	Lactate Pro (LT-1710).

1.3. Méthodes

Afin de mener à bien notre recherche et parvenir à la concrétisation de notre objectif, nous avons utilisé les méthodes suivantes :

- Méthode d'analyse bibliographique
- Méthode expérimentale
- Méthode statistique

1.3.1. Méthodes d'analyse bibliographique

Cette méthode est basée sur le recueil d'information, elle nous a permis de prospecter, collecter, puis analyser une bibliographie scientifique et méthodologique correspondant à notre thème de recherche.

Elle nous a permis également de choisir les tests d'évaluation de la VMA les plus valables pour l'atteinte de nos objectifs.

1.3.2. Méthode expérimentale

L'étude se concentre sur l'évaluation indépendante de trois tests ; test proposé, test de Léger-Boucher (1980) et test de Vam-Eval (Cazorla, 1990), et pouvoir ensuite comparer les résultats obtenus par les mêmes sujets au test proposé par rapport au test de Vam-Eval, et Léger-Boucher, ce dernier seul ayant bénéficié d'une procédure de validation et qui de ce fait sera utilisé comme test de référence pour confirmer le niveau de validité du test de proposé. Le test de Léger et Boucher est reproductible, indépendamment du sexe et du niveau de performance, chez l'adulte (Léger & Boucher, 1980), comme chez l'enfant pour des tests réalisés en milieu scolaire (Billat & al, 2001). Ce test à été validé pour déterminer la VMA (Berthoin, 1996).

Au cours de nos expérimentations, nous avons choisi de comparer notre test avec deux tests triangulaires de course linéaire les plus fréquemment utilisés : test de Léger-Boucher (1980) et test de Vam-Eval (Cazorla, 1990).

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

La VMA peut être mesurée à l'aide de différents tests de terrain. Le test de course sur piste de l'Université de Montréal (léger et Boucher, 1980) est certainement la référence pour la mesure de la VMA (Van Praagh, 2008). 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 VMA et permet d'extrapoler son VO₂ max (équation de prédiction du VO₂ 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 bornes. Son inconvénient matériel réside dans la nécessité de disposer d'une installation puissante de sonorisation (Dellal, 2008).

Si l'on considère les protocoles expérimentaux de chaque test, le test de Léger-Boucher est le seul test progressif de course sur piste à avoir actuellement bénéficié d'une validation directe. Autrement dit, le test de Léger-Boucher a été validé directement par évaluation et analyse scientifique des courbes de vitesse maximale jusqu'à atteinte de la consommation maximale d'oxygène. La mesure du VO₂max au cours du test Léger-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 & Léger, 1986), ont par ailleurs confirmé la validité de ce test, non seulement pour prédire le VO₂max, mais aussi la performance en course à pied.

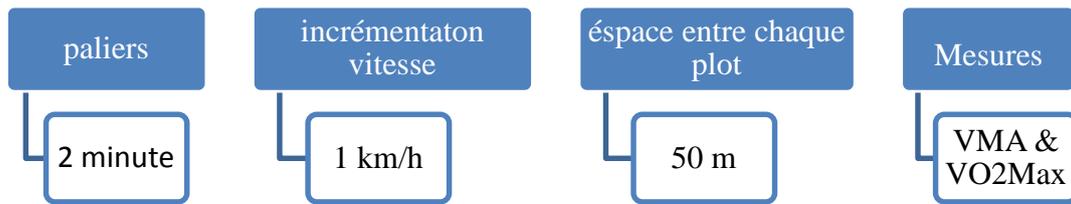


Figure 2 : Descriptif du test du Léger et Boucher

1.3.2.2. Test VAM-EVAL (Cazorla, 1990)

C'est un test progressif de course sur piste. Ce test est en fait une amélioration du test sur piste de Léger-Boucher. L'incrémentaton de la vitesse est en effet de 0.5km/h contre 1km/h par paliers pour le Luc-Léger, et la durée des paliers est d'une minute contre 2 pour ce dernier. En résulte une plus grande précision dans les VMA obtenues : Des bornes repères sont placées tous les 20 m sur une piste d'athlétisme ou sur un terrain aménagé.

Avantage :

Réglage de l'allure plus facile grâce aux plots tous les 20 mètres, et VMA plus précise car les paliers sont plus courts.

Inconvénients :

Pour la même raison que pour le test précédent, il nécessite une installation puissante de sonorisation (Cazorla, 2001).

En effet, parmi les tests les plus utilisés, le Vam-Eval, bénéficié indirectement mais a priori du niveau de validation du test de Léger-Boucher. Cazorla (1990) précise que l'épreuve de course progressive à paliers de 1 mn : Vam-Eval, fonde indirectement sa validation sur l'exacte similitude de la pente vitesse-durée constituant l'incrémentaton de l'épreuve de course sur piste de Léger -Boucher (cazorla, 1990).

Il faut noter que ses deux tests représentent évidemment assez bien une épreuve triangulaire maximale effectuée sur le stade. Leurs inconvénients résident dans la nécessité de disposer d'une installation puissante de sonorisation et aussi d'acquérir la cassette standard (Harichaux & Medelli, 2002).

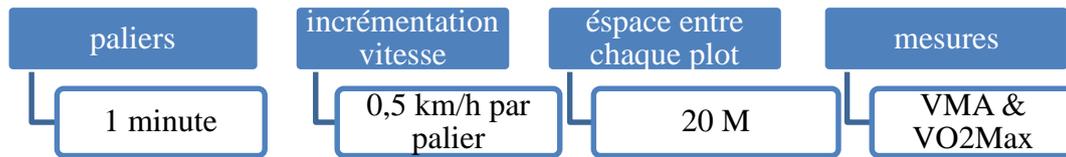


Figure 3 : Descriptif du test du Vam-Eval

1.3.3. Méthode statistique

Pour interpréter objectivement les résultats obtenus, nous avons eu recours à la méthode statistique. Le traitement statistique des données de terrain s'organise autour de l'étude des moyennes, écart-types et pourcentages de trois variables : vitesse maximale aérobie, F.C max, lactate après l'effort. Les données ont été modélisées à l'aide du logiciel (SPSS Statistics 20). Une analyse de variances (ANOVA) a été utilisée, Cet outil statistique permet de dire s'il existe ou non des différences significatives entre les trois tests comparés. . Le niveau de signification fut établi à $p < 0,05$

CHAPITRE 2

Description du protocole du test proposé

Présentation du chapitre

L'œil à toujours raison. Si un test confirme le jugement de l'œil, c'est un bon test. S'il infirme l'impression de l'œil, il faut le mettre de côté et ne pas en tenir compte. Cette affirmation d'Ottavio Bianchi, entraîneur de Naples montre l'importance relative qu'il faut accorder aux tests (Jandupeux, 1997).

Ce chapitre sera illustré uniquement pour la présentation complète du protocole du test proposé.

2.1. Pour qui ? Et pourquoi ?

2.2. Protocole du test proposé

2.2.1. Objectifs du test

2.2.2. Matériel mis en place

2.2.3. Déroulement

2.2.4. Le choix de la durée

2.3. Niveau de validité

2.4. Niveau de fidélité

2.5. Niveau d'accessibilité

2.6. Niveau de pertinence

2.1. Pour qui ? Et pourquoi ?

Ce test convient à un large échantillon de sujets, sportifs ou non, il s'adresse aussi bien aux sports individuels que collectifs. Ce test fournit de précieux renseignements sur les possibilités physiologiques aérobies d'aptitude à l'effort, particulièrement polyvalent et sécuritaire, en respectant les possibilités de chaque sujet.

La connaissance de la VMA s'avère aussi très utile pour au moins quatre raisons : Elle autorise l'extrapolation de VO₂ max et permet de prédire les performances potentielles de course, à condition bien sûr de s'entraîner correctement. Ainsi elle donne des indications sur les intensités à envisager dans les séances d'entraînement et le contrôle des effets de l'entraînement.

2.2. Protocole du test proposé

Les protocoles des tests doivent être parfaitement décrits et facilement reproductibles (Harichaux & Medelli, 2002). Il s'agit d'un test sur piste à protocole rectangulaire plus proche de la réalité sportive, où l'effort est maximal afin de pouvoir déterminer la VMA de façon plus précis.

2.2.1. Objectifs du test

Évaluer la VMA et l'estimation de la VO₂max (par extrapolation)

2.2.2. Matériel mis en place

- Piste 400m ou 200m
- sifflet
- Chronomètre

2.2.3. Déroulement

Parcourir la plus grande distance possible en 3x1 min avec 30s de récupération active après un bon échauffement. Donc, le point d'arrêt de la première minute sera le point de départ de la deuxième minute et ainsi de suite.. Vous divisez par 58 la distance obtenue.

$$\mathbf{VMA = distance parcourue / 58}$$

2.2.4. Le choix de la durée

La consommation d'oxygène atteinte 2 à 3 minutes après le début de l'exercice (Millet & Perrey, 2005). Le processus aérobie représente les sources énergétiques sollicitées par le métabolisme en fonction d'une intensité et d'une durée de course. Ainsi entre 2 et 9 minutes d'effort, on sollicite la puissance aérobie pour se situer entre 100 et 120% de VMA et au-delà de 9 minutes, on sollicite l'endurance aérobie (Cazorla, 2001). En effet, d'après Astrand et saltin (1961, dans Astrand et Rodhal, 1986), la durée de maintien d'une vitesse maximale aérobie serait comprise entre 2 et 8 minutes (Astrand, 1986), on considère que la vitesse qui peut maintenue pendant 7 minutes n'est pas très différente de la VMA réel (Hugues et Roland, 2003).

Tableau 8 : Temps limites moyens en fonction de l'intensité pour une population sportive modérément entraînée (Dupont & Bosquet, 2007)

Intensité (% VMA)	Temps limites moyens (min)
80%	40 à 60 min
85%	20 à 30 min
90%	14 à 16 min
92%	11 à 13 min
95%	8 à 10 min
100%	5 à 7 min

Tableau 9 : Données de références (Dellal, 2008)

Temps de maintien	Catégories
< 4 min	Faible
5 à 7 min	Moyen
> 8min	Elevé

Tableau 10 : Organisation complète du test proposé

	Sujets
Test	3x1'
Récupération	30''
Calcule VMA	D/58

(*D : distance*)

Tableau 11 : Tableau de correspondance

distance parcourue (m) en 3x1'	VMA km/h
464	8
493	8.5
522	9
551	9.5
580	10
609	10.5
838	11
667	11.5
696	12
725	12.5
754	13
783	13.5
812	14
841	14.5
870	15
899	15.5
928	16
957	16.5
986	17
1015	17.5
1044	18
1073	18.5
1102	19
1131	19.5
1160	20
1189	20.5
1218	21
1247	21.5
1276	22
1305	22.5
1334	23
1363	23.5
1392	24
1421	24.5
1450	25

Pour constituer un outil de mesure efficace, un test doit posséder plusieurs qualités (Thomas et coll, 1989):

- Niveau de validité - Niveau de fidélité -Niveau d'accessibilité - Niveau de pertinence.

2.3. Niveau de validité

Un test est valide quand il mesure correctement ce qu'il censé mesurer, ce pourquoi il a été créé (Reed, 1988). Pour mesurer la validité d'un test, il est fait appel à ce qui est nommé un coefficient de corrélation, expriment la relation et le niveau de concordance existants entre la mesure du test et celle d'un test dont la mesure est déjà reconnue et validée ex : VAMEVAL (Leroux, 2006). En effet, les vitesses soutenues pendant le test proposé diffèrent très peu de la VMA mesurée au cours des deux tests progressifs. Au niveau du groupe, l'écart n'excède pas 0.3 km/h et Le niveau de corrélation calculé entre les résultats de VMA obtenus par le test proposé et le test de Léger-Boucher et Vam-Eval ($p < 0.05$ $r = 0.94$), permet de vérifier et confirmer la validité de ce test.

2.4. Niveau de fidélité (reproductibilité) :

Un test est reproductible lorsque les résultats qu'il fournit sont constants et stables lors d'une procédure test - re-test à peu de jours d'intervalle, cette fidélité s'améliore pour des sujets habitués au test par apprentissage et connaissance de ses propres capacités (Kervio et al, 2004). Les résultats obtenus ne montrent aucune différence significative enregistrée par les mêmes sujets ($p < 0.05$ $r = 0.99$), passant deux fois le test proposé à soixante-douze heures d'intervalle dans des conditions stables et standards.

2.5. Niveau d'accessibilité

Les tests les plus accessibles sont ceux dont le protocole n'exige pas ou peu de compétence particulière, pas ou peu de matériel, dont la durée est la plus réduite possible, elles sont en revanche généralement plus simples et moins coûteuses (Astrand et Rodahl, 1980). L'accessibilité est donc liée aux caractéristiques habituelles de la pratique de l'activité physique sur les lieux où elle se déroule : stade, salle de sport et des matériels qui s'y trouvent déjà. En fonction de ces critères, le test proposé présente un excellent niveau d'accessibilité vu le peu de matériel utilisée, la durée réduite, qui autorise une évaluation collective et ne nécessite que peu d'évaluateurs. Par ailleurs, tous Les sujets interrogés considèrent le test proposé comme étant moins pénible en raison de la durée de l'effort à fournir et les plages de récupération.

Tableau 12 : Degré argumentée du niveau d'accessibilité

Test	Matériel	compréhension et réalisation du protocole	Durée	nombre d'évalués à la fois	Nombre évaluateurs
Test proposé	- une piste - chronomètre - un sifflet	Très facile	4'	possibilité d'évaluer un grand nombre de personnes	1

Tableau 13 : La différence du temps cumulé entre les trois protocoles du test

		Temps accumulé min		
VMA km/h		Léger-Boucher et VAMEVAL	Test proposé	Différence
Débutant	14 km/h	12'	4'	8 min
Entrainé	18 km/h	20'	4'	16 min
Elite	22 km/h	28'	4'	24 min

2.6. Niveau de pertinence

Le niveau de pertinence est dicté par l'objectif ou les objectifs que se fixe l'utilisateur d'un test donné (Cazorla, 2001). Il s'agit d'obtenir non seulement la VMA mais aussi les réponses cardiaques et le taux de lactate au cours d'intervalles de récupération. Dans ce cas le test proposé permet de répondre à ces différents objectifs.

Tableau 14 : pertinence du choix d'un test

Tests	Résultat	Objectifs		
		VMA	FCM	PMT
Test proposé	Plus grande distance parcourue	Oui	Oui	Oui
Test de Léger-Boucher	Dernier palier complété	Oui	Oui	Non
Test de Vameval	Dernier palier complété	Oui	Oui	Non

Aide à l'orientation de choix d'un test en fonction des objectifs de l'utilisateur.

VMA : vitesse maximale aérobie; FCM : fréquence cardiaque maximale ; PMT : paramètres métaboliques transitionnelles.

CHAPITRE 3

Présentations des résultats

Présentation du chapitre

Nous avons présentés nos résultats sous forme de moyennes, d'écart-type, coefficient de corrélation et d'une analyse de variances (ANOVA). L'analyse scientifique et statistique de ces variables permet de montrer s'il existe des différences significatives ou non entre les tests étudiés.

3.1. Résultats

3.1.1. La vitesse maximale aérobie

3.1.2. La fréquence cardiaque

3.1.3. Lactatémie

3.1.4. Test-retest

3.1. Résultats

3.1.1. La vitesse maximale aérobie

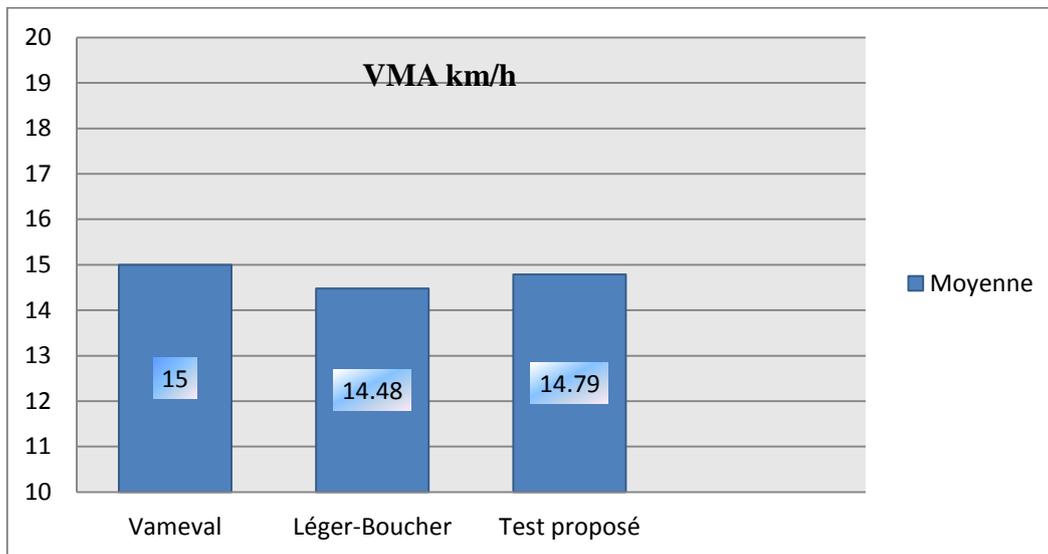


Figure 4 : Moyenne de VMA atteinte à VO2max

Tableau 15 : L'analyse de données de VMA

		n =	\bar{x}	F	Valeur de p =	<0,05 =*
VMA	Faible	14	13.7	0.334	0.717	
	Elevé	02	16.1			

Aucune différence significative constatée entre les trois tests, les VMA obtenues étaient parfaitement corrélées entre eux ($p < 0.05$ $r = 0.94$).

On peut simplement constater une vitesse maximale légèrement supérieure pour le test proposé à 0,31 km/h près par rapport au test de référence Léger-Boucher, et à 0.21 km/h inférieure par rapport au test de Vam-Eval.

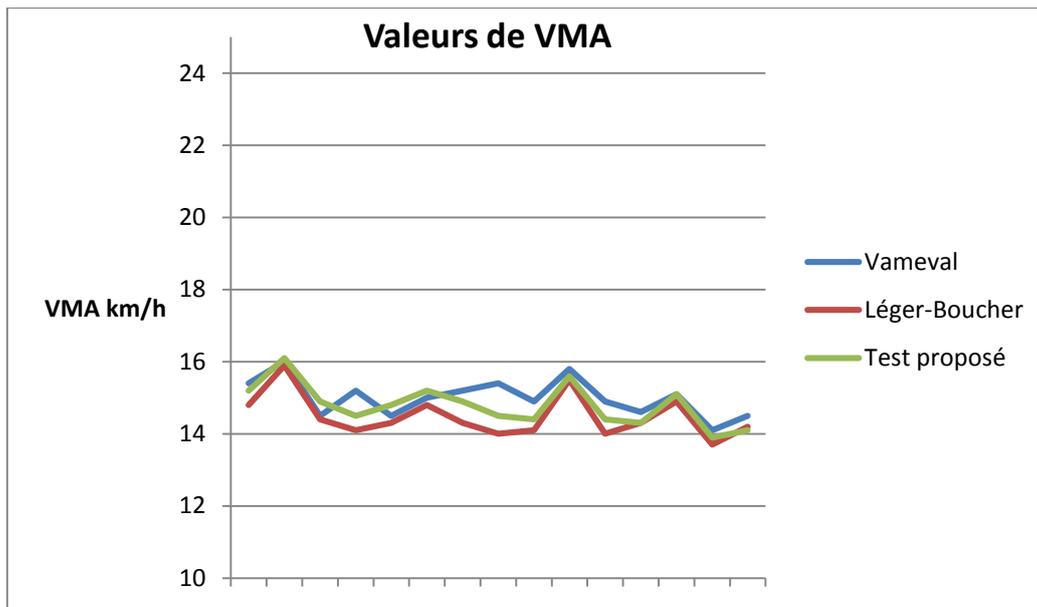


Figure 5 : Comparaison des valeurs de VMA pour chacun des tests.

Les vitesses obtenues par les trois tests sont très proches.

3.1.2. La fréquence cardiaque

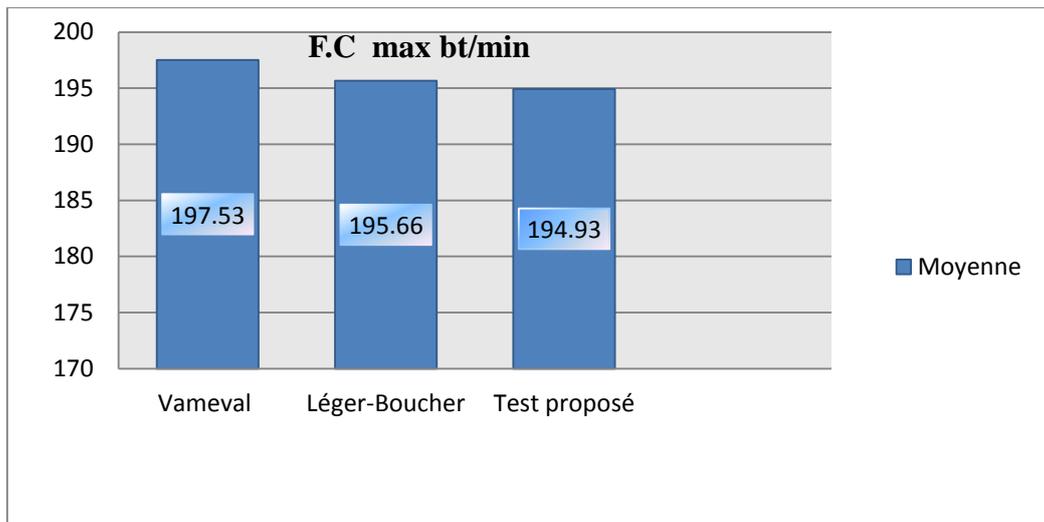


Figure 6 : Moyenne de F.C max

Tableau 16 : L'analyse de données de FC

		n =	\bar{x}	F	Valeur de p =	<0,05 =*
FC	Faible	01	192.33	4.224	0.060	
	Elevé	08	203.33			

La F.C. max n'était pas significativement différente entre les trois tests avec des coefficients de corrélations ($p < 0.05$ $r = 0.87$).

3.1.3. Lactatémie

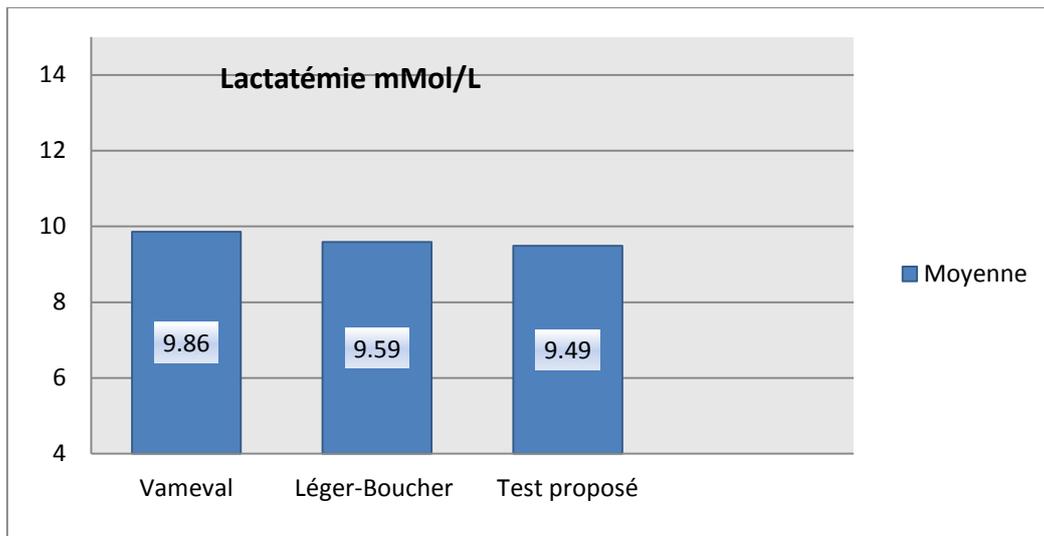


Figure 7 : Moyenne du lactate

Tableau 17 : L'analyse de données de lactate

		n =	\bar{x}	F	Valeur de p =	<0,05 =*
Lactate	Faible	03	8.36	0.498	0.609	
	Elevé	15	11.16			

Pas de différences significatives entre les trois tests. Les taux mesurés sont très proches ($p < 0.05$ $r = 0.96$) pourtant la cinétique de la lactatémie peut varier en fonction des protocoles : triangulaire, rectangulaire ou mixte, avec ou sans arrêts intermédiaires.

3.1.4. Test-re-test

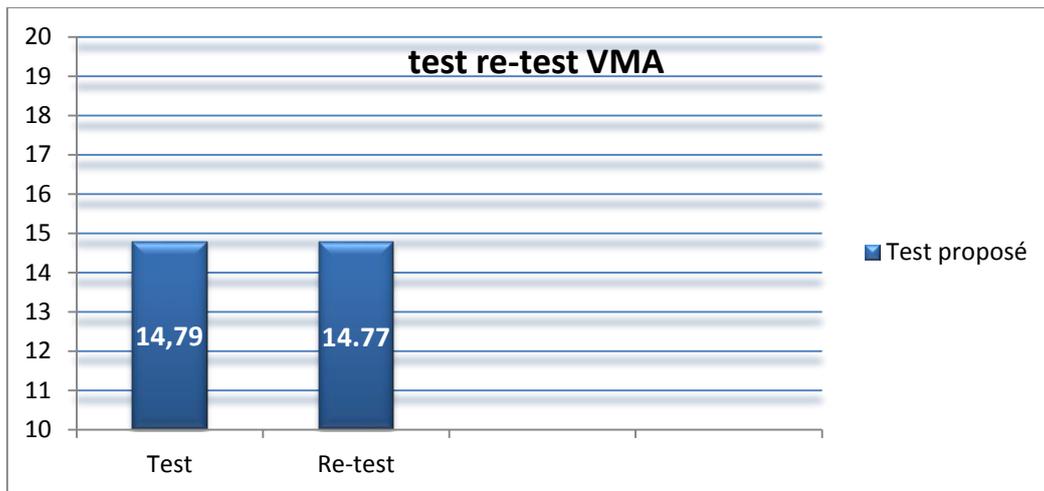


Figure 8: Procedure test re-test (VMA)

Les résultats obtenus ne montrent aucune différence significative enregistrée par les mêmes sujets ($p < 0.05$ $r = 0.99$), passant deux fois le test proposé à soixante-douze heures d'intervalle dans des conditions stables et standard.

CHAPITRE 4

Discussion et conclusion

Présentation du chapitre

4.1. Discussion

4.1.1. La vitesse maximale aérobie

4.1.2. La fréquence cardiaque

4.1.3. Le lactate

4.2. Conclusion

4.1. Discussion

La comparaison des trois tests a été effectuée autour de trois variables : la vitesse maximale aérobie, la fréquence cardiaque maximale et la lactatémie.

4.1.1. La vitesse maximale aérobie

En fonction des protocoles utilisés, on peut constater cependant que les VMA obtenues à partir de test proposé se rapprochent le plus de la VMA référence du test de Léger-Boucher et test de Vam-Eval. Elle ne varie pas significativement entre les trois tests, ainsi on constate que c'est notre preuve expérimentale de ce test qui mesure effectivement ce qu'il est censé évaluer.

On peut simplement constater une vitesse maximale légèrement supérieure pour le test proposé à 0,31 km/h près par rapport au test de référence Léger-Boucher, et à 0.21 km/h inférieure par rapport au test de Vam-Eval. A titre individuel, les résultats sont très proches dans la mesure où un athlète seulement sur 15 à un écart plus de 0.5 km/h (0.6 km/h) comparativement au test référence. Autrement dit, en choisissant le test proposé, vous avez 93% chance d'estimer votre VMA avec un risque d'erreurs qui n'excède pas un 0.3 km/h. Quand on sait qu'un demi kilomètre/heure représente la variabilité qu'on observe chez un même coureur réalisant le même test de VMA à deux reprises, on comprend qu'estimer la VMA au cours de ce test est aussi efficace qu'un test progressif.

Avec le test proposé, la motivation des sujets semble supérieure, de fait que la durée totale de la réalisation du test est inférieure par rapport au test de Léger-Boucher et Vam-Eval au minimum de 8 min. Cette durée est bien définie pour le test proposé (4min). Dans ce sens, plus la durée du protocole est importante, plus la VMA risque d'être sous-estimée probablement à cause des effets de la fatigue qui limitent la poursuite de l'exercice (Cazorla, 2001).

4.1.2. La Fréquence cardiaque maximale

Quand le sujet atteint son VO₂max et ça VMA, la fréquence cardiaque alors est maximale (Leroux, 2006). De la même façon qu'avec la VMA, la F.C max ne montre pas de différences significatives entre les trois tests. Le port d'un cardio-fréquencemètre au cours des trois épreuves permet d'établir une courbe individuelle de la relation entre vitesse de course et FC. En général cette courbe parfaitement linéaire en fonction de l'intensité de l'exercice jusqu'à environ 90 -95% de VMA (Billat 2005), qui peuvent expliquer ces difficultés de différenciation.

4.1.3. Le lactate

La lactatémie est la concentration de lactate dans le sang. Aucune différence n'est à relever entre les trois tests, pourtant la cinétique de la lactatémie peut varier en fonction des protocoles : triangulaire, rectangulaire ou mixte, avec ou sans arrêts intermédiaires (Léger & al, 2001). Plusieurs chercheurs ont eu recours à des exercices réalisés à vitesse constante, l'intensité d'exercice induisant un état stable maximal de la lactatémie (Chassain 1986, Billat *et al*, 1994). L'un des indices supplémentaires d'atteinte de VO₂max est une lactatémie supérieure à 9 mmol chez l'adulte et 8 mmol chez l'enfant (Cazorla et Coll, 1984), Lacour et Flandrois (1977) préconisant une l'actatémie minimale de 8 mmol pour l'adulte (Billat, 2003). Tous les taux de lactatémie indiqués dans cette étude sont supérieurs à 8mmol, ce qui confirme l'atteinte de VO₂max par ce test.

Les différences de VMA, fréquence cardiaque et de lactatémie entre les trois tests ne sont pas significatives. Ceci suggère qu'une mesure de ses variables avec le test proposé est assez précise que le test de Léger-Boucher et Vam-Eval.

4.2. Conclusion

Les tests de terrain sont valides, fidèles et facile à mettre en place, de plus ils se déroulent dans conditions similaires à la compétition. La littérature a montré, durant ces vingt dernières années, que les différentes techniques de mesure de la VMA donnent des résultats relativement similaires. Le test proposé est élaboré pour faire un lien entre les potentialités de l'athlète et la méthode de mesure de la VMA. Autrement dit, vue la lourdeur du protocole d'un test progressif, on risque toujours la fatigue à mi-parcours, et l'augmentation trop importante de la vitesse entre deux paliers pénalise les athlètes en fin de course. Alors pourquoi ne pas utiliser un test adapté et fractionné pour estimer assez finement la VMA. Pour cela, le test proposé répond à ces différents objectifs.

La comparaison de ces trois tests permet d'affirmer que le test proposé semble bien mesure le même type de vitesse : VMA. De plus, cette comparaison ne montre statistiquement aucune différence significative quelque soit les variables mesurées, et si le plateau de consommation d'oxygène semblent plus net dans les protocoles rectangulaire, les différences de VO₂max mesurées entre les protocoles rectangulaires et triangulaires sont peu importantes (Vandewalle et Friemel, 1989), tout cela vient confirmer notre hypothèse.

En effet, l'étude comparative, montre une adaptation de ce test à tous les niveaux présenté pour évaluer la VMA, et la forte corrélation entre ce test et le test Léger-Boucher et Vam-Eval, tests les plus reconnus pour la mesure de la VMA, renforce la notion que le test proposé est une mesure à priori valide de la VMA. Ce test apparaît comme une épreuve de terrain fiable, spécifique et facilement utilisable pour estimer la VMA tout en évitant la lourdeur du protocole d'un test progressif. Avec la connaissance et la détermination exacte de la VMA, la gestion de l'entraînement devient moins aléatoire, plus intéressante, plus motivante et bien sûr plus efficace.

❖ *Cette étude a remporté le prix de la meilleure recherche lors de ma participation au congrès international de sciences et football de Valenciennes 2016. France.*

Résumé

La détermination de la VMA, est un facteur important du processus d'entraînement sportif. Elle permet de prescrire les intensités de travail, de prédire la performance, de classer les individus, et encore de vérifier l'effet des méthodes d'entraînement utilisées. Cela nécessite au préalable de choisir et d'utiliser des tests qui sont valides, fidèles, et accessibles.

Le but de cette étude est d'élaborer un nouveau protocole de test (test proposé) afin d'améliorer la fiabilité d'estimation de la VMA de façon plus précise, plus simple et moins coûteuses, et tenter de mettre en évidence leur degré de validité. Il s'agit d'un test à protocole rectangulaire plus proche de la réalité sportive, avec une équation pour calculer la VMA, et la signification physiologique sous-jacente.

Ce test consiste à parcourir la plus grande distance possible en 3 fois 1 minute avec 30" de récupération entre les courses, ainsi il est préférable d'utiliser le fractionné pour solliciter VO₂max et espérer l'améliorer (Billat, *et al.*, 2000).

quinze athlètes (16.13 +/- 1.09 ans), ont réalisé trois tests sur une période d'une semaine à soixante douze heures d'intervalle : test proposé, test de Léger-Boucher (1980) et test de Vam-Eval (Cazorla, 1990), et pouvoir ensuite comparer les résultats obtenus par les mêmes sujets au test proposé par rapport au test de Vam-Eval, et Léger-Boucher, ce dernier seul ayant bénéficié d'une procédure de validation et qui de ce fait sera utilisé comme test de référence pour confirmer le niveau de validité du test proposé. La comparaison des tests s'appuie sur des protocoles bien définis, qu'il n'est pas question de remettre en cause (Cazorla, 1990): la VMA, la fréquence cardiaque maximale (FC), et la lactatémie (LA).

Les résultats indiquent aucunes différences significatives constatées entre les trois tests avec de forts coefficients de corrélations ($p < 0.05$ $r = 0,94$), en ce qui concerne le premier paramètre étudié (VMA). Les vitesses obtenues sont très proches, on remarque une moyenne de VMA légèrement supérieure pour le test proposé à 0,21 km/h près par rapport au test de référence Léger-Boucher, et à 0.31 km/h inférieure par rapport au test de Vam-Eval. L'analyse des autres variables (FC et LA), ne montre aussi aucune différence significative entre les trois tests avec des coefficients de corrélations ($p < 0.05$ $r = 0.87$, $r = 0.96$).

L'étude comparative, montre une adaptation de ce test à tous les niveaux, et permet d'affirmer que c'est une épreuve de terrain fiable, spécifique et facilement utilisable. Autrement dit, et d'après les résultats obtenus, en choisissant le test proposé, vous avez plus de chance d'estimer votre VMA avec un risque d'erreurs qui n'excède pas un 0.3 km/h. La forte corrélation entre ce test et le test de Léger-Boucher et Vam-Eval, tests les plus reconnus pour la mesure de la VMA, renforce la notion que le test proposé est une mesure à priori valide de la VMA, avec l'avantage de faciliter la réalisation du test tout en évitant la lourdeur du protocole d'un test progressif.

Mots clés: Comparaison, mesure, proposition, test, vitesse maximale aérobie

Abstract

The determination of the maximal aerobic is an important factor of athletic training process. It allows to prescribe work intensities, to predict the performance, to classify individuals, and yet to verify the effect of the training methods used. This first requires beforehand to choose and to use tests which are valid, faithful, and accessible.

The purpose of this study is to develop a new protocol of test (proposed test) to improve the reliability of estimation of the MAS in a more precise, simpler and less expensive way, and try to highlight their degree of validity. It is a rectangular test protocol closer to the sports reality, with equations to calculate MAS and VO₂max and the underlying physiological meaning.

fifteen athletes (16.13 \pm 1.09 years), among, have realized three tests for a period of a week in Seventy-two hours of interval: proposed test, test of Léger –Boucher (1980) and test of Vam-Eval (Cazorla, 1990) and to compare the results obtained by the same subjects to the proposed test by report to the test of Vam-Eval, and Léger-Boucher. This last only one having benefited from a procedure of validation and which of this fact will be used as reference test to confirm the level of validity of the proposed test. The comparison of the tests leans on well defined protocols, which it is not useful to put back in doubt (Cazorla, 1990): maximal aerobic speed (MAS), maximum heart rate (HRmax), lactate (LA).

The results indicate no significant differences noticed between three tests with of strong coefficients of correlations ($p < 0.05$ $r = 0.94$) as regards the first studied parameter (MAS). The obtained speeds are very close, we notice an average of slightly superior MAS by the proposed test in 0, 26 km/h compared with the reference test Léger-Boucher, and in lower 0.24 Km/h compared with the test of Vam-Eval. The analysis of the other variables (heart rate and Lactate) also shows no significant difference between three tests with coefficients of correlations ($p < 0.05$ $r = 0.87$, $r = 0.96$).

The comparative study, shows an adaptation of this test at every level, and allows asserting it is a reliable test, specific and easily usable. In other words, and according to the obtained results, by choosing the proposed test, you have more chance to estimate your MAS with a risk of errors which does not exceed 0.3 km/h. The strong

correlation between this test and the test of Léger-Boucher and Vam-Eval, tests the more recognized for the measurement of the MAS, Strengthen the notion that the proposed test is a valid measure of the MAS, with the advantage to facilitate the realization of the test, while avoiding the heaviness of the protocol of a progressive test.

Key words: Comparison, measure, testing, maximal aerobic speed

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BIBLIOGRAPHIE

Astrand, P. a. (1986). Précis de physiologie de l'exercice musculaire. Paris: Vigot.

Berthoin, S. P.-C. (1996). Comparison of maximal aerobic speed as assessed with laboratory and field measurements in moderately trained subjects. International Journal of Sports Medicine , 17, 525-529.

BILLAT, V. (2003). Physiologie et méthodologie de l'entraînement de la théorie à la pratique. Paris: de boeck.

Billat, V., & al. (2001). La vitesse à VO2 max, signification et applications en course à pied. De Boeck Supérieur, Staps (54), 47.45-61.

Billat, V., Slawinski, J., Bocquet, V., Demarle, A., Laffite, L., Chassaing, P., et al. (2000). Intermittent runs at the velocity associated with maximal oxygen uptake enables subjects to remain at maximal oxygen uptake for a longer time than intense but submaximal runs. Eur. J. Appl. Physiol , 81: 188-196.

BILLAT, Véronique. (2005). L'entraînement en plein nature, conseils et préparation aux sports outdoor (éd. 1er édition). Paris: de boeck.

Cazorla et Léger (1993). Comment évaluer et développer vos capacités aérobies. Epreuves de Course navette et épreuve VAM-Eval. Eds AREAPS : 123.

Cazorla, g. (1990). Test de terrain pour évaluer la capacité aérobie et la vitesse aérobie maximale. Actes du colloque international de la Guadeloupe (pp. 151-173). Guadeloupe: ACTSCHNG & AREAPS.

Cazorla, G. (2001). Tests de terrain pour évaluer l'aptitude aérobie et utilisation de leurs résultats dans l'entraînement. Bordeaux : Faculté des Sciences du Sport et de l'Éducation Physique, Université Victor Segalen Bordeaux 2.

Chapitoux, M. (2005). Pour une individualisation de la préparation physique. Paris: Publibook.

Dellal, A. (2008). De l'entraînement à la performance en football. Paris : de boeck .

Desnus, B., Fraisse, F., Handschuh, R., Jousselein, E., & Legros, P. (1990). Exploration du métabolisme énergétique chez le sportif de haut niveau : résultats par sport. Paris: Insep.

Dupont, G., & Bosquet, L. (2007). Méthodologie de l'entraînement. Paris: ellipses.

Emmanuel, Van Praagh. (2008). Physiologie du sport Enfant et adolescent. Bruxelles: de boeck.

Ferré, J., & Leroux, P. (1996). Préparation aux brevets d'état d'éducateur sportif, bases physiologiques de l'entraînement (Vol. 1). Paris: Amphora.

- Jandupeux, D. (1997). *Les sorciers du foot, les secrets des grands entraîneurs*. Monaco: Rocher
- Harichaux, P., & Medelli, J. (2002). *Test d'aptitude et tests d'efforts*. Paris: chiron.
- Lacrampe, J.-L. C. (2007). *Manuel pratique de l'entraînement*. France: amphora.
- Léger, L., & al. (2001). *Lactate et exercice : mythes et réalités*. De Boeck Supérieur, *Staps* (54), 69.63-76.
- Léger et Mercier (1983). *Coût énergétique de la course sur tapis roulant et sur piste*. *Motricité Humaine*, 2 : 66-69.
- Léger, L., & et Boucher, R. (1980). *An Indirect continuous running multistage Field Test*. *J.Appl.Sports Sci*, 5:77-84.
- Léger, L; Boucher, R. (1980). *An Indirect continuous running multistage Field Test*. *J.Appl.Sports Sci*, 5:77-84.
- Leroux, P. (2006). *Planification et entraînement pour atteindre la performance*. Paris: amphora.
- Mercier, & Léger. (1986). *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 (14).
- Millet, G., & Perrey, S. (2005). *Physiologie de l'exercice musculaire*. Paris: Ellipses.
- Praagh, E. V. (2008). *Physiologie du sport, Enfant et adolescent*. Bruxelles: de boeck.
- Taelman, R. S. (1991). *Football performance*. Paris: Amphora.
- Tardieu, Magaly; al. (2004). *Réponses physiologiques à l'exercice intermittent maximal sur piste et sur tapis roulant*. *Movement & Sport Sciences* (52), 128.127-139.
- Thiebaud, C., & Sprumont, P. (1998). *L'enfant et le sport, introduction à un traité de médecine du sport chez l'enfant*. Belgique: De Boeck.
- Turpin, B. (2002). *Préparation et Entraînement du Footballeur (Vol. Tome 2)*. Paris: Edition Amphora.
- Vaussehat, M. e. (1994). *Un cycle de course : les acquis*. *Revue EPS* (228), 46.
- Véronique Billat, J.-C. R.-P. (1995). *Hypoxémie et temps limite à la vitesse aérobie maximale chez des coureurs de fond*. *J.Appl.Physiol*, 102-111.

ANNEXE

Les résultats

1- Résultats de VMA pour chacun des tests

sujets	Test VAM Eval Km/h	Test Léger-Boucher Km/h	Test proposé Km/h
01	15.4	14.8	15.2
02	16	15.9	16.1
03	14.5	14.4	14.9
4	15.2	14.1	14.5
05	14.5	14.3	14.8
06	15	14.8	15.2
07	15.2	14.3	14.9
08	15.4	14	14.5
09	14.9	14.1	14.4
10	15.8	15.5	15.6
11	14.9	14	14.4
12	14.6	14.3	14.3
13	15.1	14.9	15.1
14	14.1	13.7	13.9
15	14.5	14.2	14.1
Moyenne	15	14.48	14.79

4. Résultats de FC pour chacun des tests

sujets	Test VAM Eval b/mn	Test Léger-Boucher b/mn	Test proposé b/mn
01	198	195	194
02	192	193	190
03	193	193	191
04	195	191	194
05	204	202	201
06	197	194	195
07	202	200	199
08	206	203	201
09	197	194	195
10	197	196	193
11	197	195	196
12	197	195	193
13	194	196	195
14	196	193	194
15	198	195	193
<i>moyenne</i>	<i>197.53</i>	<i>195.66</i>	<i>194.93</i>
<i>Ecart-type</i>	<i>3.42</i>	<i>3.25</i>	<i>2.92</i>

5. Résultats du lactate pour chacun des tests

sujets	Test VAM Eval (mMol/L)	Test Léger-Boucher (mMol/L)	Test proposé (mMol/L)
01	9.5	9.1	9.2
02	9.5	9.3	9.2
03	8.6	8.4	8.1
04	9.9	9.6	9.4
05	8.7	8.5	8.4
06	9.6	9.5	9.7
07	10.8	10.6	10.7
08	9.9	9.5	9.7
09	9.7	9.2	8.9
10	10.7	10.6	10.3
11	9.5	9.4	9.5
12	9	8.9	8.7
13	9.8	9.7	9.1
14	10.9	10.7	10.8
15	11.9	10.9	10.7
<i>moyenne</i>	9.86	9.59	9.49
<i>Ecart-type</i>	1.66	1.64	1.61

6. Résultats du test-re-test (test proposé)

Sujets	Test VMA	Re-test VMA
01	15.2	15.1
02	16.1	16
03	14.9	14.9
04	14.5	14.4
05	14.8	15.8
06	15.2	14.3
07	14.9	14.9
08	14.5	14.5
09	14.4	15.3
10	15.6	15.5
11	14.4	14.6
12	14.3	14.2
13	15.1	15
14	13.9	14
15	14.1	14.1
Moyenne	14.79	14.77
Ecart-type	2.44	2.51

7. Mesures anthropométriques

Sujets	Age (ans)	Poids (kg)	Taille (cm)	IMC
01	17	67	172	22.64
02	15	69	175	22.53
03	14	65	160	25.39
04	18	66	168	23.38
05	16	67	172	22.64
06	16	68	174	22.46
07	15	64	173	21.38
08	14	47	154	19.81
09	17	74	172	25.01
10	17	66	173	22.05
11	16	58	168	20.54
12	15	70	174	23.12
13	18	62	170	21.45
14	16	67	171	22.91
15	18	56	164	20.82
Moyenne	16.13	64.4	169.33	22.40
Ecart-type	1.09	6.31	6.30	1.68

cardiofréquencemètre (Polar RS300x)



Le cardiofréquencemètre Polar RS300X SD permet d'afficher et d'enregistrer la fréquence cardiaque ainsi les données d'exercice pendant une séance d'entraînement. L'accéléromètre S1, qui se fixe sur les lacets, mesure la vitesse, distance et allure de course. Le capteur GPS G1 mesure également la vitesse, distance et allure de course en course à pied mais également à vélo.

Lactate Pro (LT-1710)



De grandes performances dans un petit appareil !

Lactate pro (LT-1710) est un appareil de mesure portable, de la taille d'une carte de crédit, qui permet une mesure précise du taux de lactate sanguin.

Manipulation très simple

Le Lactate Pro™ fonctionne à l'aide de bandelettes réactives spécifiques et sur le principe d'une réaction enzymatique à partir de 5 μ L d'échantillon sanguin et selon un mode opératoire très simple, le taux de lactate sanguin est mesuré en seulement 60 secondes. Au moment du dépôt, la goutte de sang est aspirée automatiquement par la bandelette. Les risques d'erreur liés à la manipulation sont réduits et la qualité de la mesure est ainsi optimisée.

- Insérer la bandelette réactive dans l'appareil
- Recueillir 5 μ L de sang à l'aide d'un auto piqueur
- Dépôt de la goutte de sang sur la bandelette
- Affichage du résultat dans les 60 secondes

Anémomètre PCE-AM 81



léger anémomètre portable pour les débutants avec un indicateur en différentes unités (m/s, nœuds, km/h...) pour une utilisation dans le sport, le travail et les loisirs.

Cet anémomètre maniable avec un capteur en hélice est parfait pour déterminer la vitesse du vent (vitesse de l'air) en intérieur et à l'extérieur. Avec cet anémomètre léger et portable, vous pourrez réaliser une vérification rapide. Son hélice légère perçoit les plus petites vitesses de courant (courant de l'air).

Université
de Valenciennes
et du Hainaut-Cambresis

DeVisu

I3SAW

ATTESTATION DU 1^{ER} PRIX JEUNE CHERCHEUR

M. Saddek Benhammou

*Internationale Congress of Sciences and Football
"Image, Multimedia and New Technologies"*

1 au 4 Mars, 2016
Valenciennes, France

Dr Zoudji Bachir
President of Congress
DeVisu - UVHC / I3SAW

UNIVERSITE DE VALENCIENNES
ET DU HAINAUT - CAMBRESIS
AUDIOVISUEL

