

ETUDE DU SEUIL ANAEROBIE ET DE LA VITESSE MAXIMALE AEROBIE DES ATHLETES DE DEMI FOND ET FOND ALGERIENS

BOUFAROUA Mokhtar Maitre de confé B ENS/STS Rachid HARAIGUE

ملخص

على الرغم من بعض النتائج والأرقام القياسية التي حققها كل من السيدة بنيدة مراح، حسبية بولمرقة، السيد مرسل وسعيد قرني، خلال السنوات السيدة 2000/1990 علينا أن نعترف بأن سباق المسافات الطويلة والنصف الطويلة بالنسبة للجزائريين ما زالت دون المستوى العالمي. بالفعل، فإن تقدم الأمة يعتبر دليل على النجاح المستمر، للأسف، إن الحال ليس كذلك والدليل على ذلك الجزائر لم تفز في كل من اولمبياد اثينا 2004، بكين عام 2008 وبطولة العالم في برلين في 2009 والأدلة، بأي ميدالية، والأسوأ من ذلك، لم يتم الوصول إلى الدور النهائي. وهذه الملاحظة تقودنا إلى دراسة هذه الظاهرة لشرح أسباب الركود هذه المنافسة الواعدة بالميداليات. المتغيرات المستخدمة هي العتبة اللاهوائية، والسرعة القصوى الهوائية، معدل ضربات القلب والدم تركيز اكتات التي تم تسجيلهم خلال تجربة أجريت ميدانيا(ألعاب القوى). ولقد كان تقييم الاختبار باستعمال بروتوكول المسار الثلاثي على الميدان ألعاب القوى تم قياس معدل ضربات القلب ومستويات اكتات في نهاية كل مستوى لتقدير سرعة عتبة اللاهوائية والتمارين الرياضية. ولقد سمحت نتائج التحاليل بإظهار عينتنا تبين فعلا معطيات ذو قيمة متوسطة بالمقارنة مع القيم التي أعلن عنها في الأدبيات المماثلة للسكان (جوسلين وآخرين (1984

الكلمات الهامة : VO₂max، والقدرة الهوائية، والعتبة اللاهوائية، والسرعة القصوى الهوائية

Abstract

Despite some titles and records made during the years 1990/2000 by Mrs., Benida Merah, Miss H. Bulmarka, MM. N. Morceli and Said Guerni, we must recognize that the Algerians long distance and middle distance remain below the mondial level. Indeed, the progress of a nation is evidence of continued success, unfortunately, this is not the case, the Olympic games of Athens 2004, Beijing 2008 and world championships in Berlin in 2009 are evidence, Algeria has won no medals, even worse, there was no finalist.

This observation leads us to study the phenomenon to explain the reasons for the stagnation of the discipline suppliers of medals. The variables used are the anaerobic threshold, maximal aerobic velocity, heart rate and blood lactate concentration recorded during a test performed on the classical field (athletics track).

The test was evaluated using a protocol on a triangular track and field

Heart rate and lactate levels were measured at the end of each level to estimate the anaerobic threshold speed and Aerobics. The analysis results

have shown that our sample does present average data compared to values reported in the literature for similar populations (Jousse et al 1984).

INTRODUCTION

Le demi-fond et fond mondial a suscité un énorme engouement lors des grandes manifestations sportives de ces dernières années. Les performances se sont considérablement améliorées durant les années 1990 /2011.

De gros progrès ont été réalisés aussi bien dans le domaine de l'entraînement que dans celui de la médecine sportive. Ce qui a permis la réalisation des performances de très haut niveau et la chute vertigineuse de records du monde plus particulièrement dans les courses de demi-fond et les courses de fond.

L'introduction des sciences du sport a contribué de son côté à une meilleure organisation de l'entraînement avec pour effet une plus grande efficacité et une évaluation plus objective des différentes étapes.

Cette évolution a relancé la réflexion autour des résultats limites dans ces disciplines.

En effet, des athlètes comme El GUERROUDJ (1500m), BEKELE (5000m et 10. 000m) et GUEBRESSELASSE (10. 000 m et Marathon) et d'autres ont franchi, par leurs résultats respectifs, le seuil de l'impossible.

Ces résultats remettent en cause la notion des limites humaines. Ce phénomène qui a touché les courses et particulièrement les épreuves de demi et de fond dont le 5000m (13' 00" en 2001, contre 12' 53" 69 en 2008), 10. 000m et marathon hommes mais aussi sur 1500m et 800m (en effet la moyenne des dix (10) premiers en 1996 est de 3' 31" 44 contre 3' 30" 54 en 2002, 3' 30" 33 en 2006, 3' 30"52 en 2007 et 3' 31" 76

en 2008 et sur 800m, une moyenne de 1' 43" contre 1' 43" 42 en 2006 et 1' 43" 01 en 2008, ce qui ferait admettre d'après ce constat, que les progrès sont plus sensibles dans les disciplines à dominante aérobie.

En recherchant les raisons, il est possible d'émettre quelques hypothèses.

Certaines relevant du domaine géopolitique, c'est à dire que le choix répond aux conditions géographiques (exemple : le choix du Kenya et l'Ethiopie pour les courses de demi-fond et les courses de fond n'est pas fortuit car cette spécialité ne demande pas beaucoup de moyens par rapport aux conditions sociales et géographiques dans lesquelles ils vivent et il serait possible (elles mêmes conséquentes aux conditions de

vie aussi) d'apporter des résultats aux pays par rapport aux qualités de leurs athlètes.

D'autres sont éventuellement, économique - social et enfin, les plus importantes seraient du domaine purement sportif donc relatives à la méthodologie de l'entraînement sans oublier celles qui sont essentiellement de nature physique et psychophysiologiques.

Ces facteurs sont complémentaires et il serait difficile de les classer par ordre croissant d'influence car :

1/ Sur le plan géopolitique, les courses de demi-fond et fond ont un caractère universel puisque la majorité des pays présentent des coureurs lors des compétitions internationales contrairement aux autres épreuves (sprint, sauts, lancers).

2/ Sur le plan méthodologique, l'approche de l'entraînement est beaucoup plus professionnelle dans les pays riches en talents (Kenya, Ethiopie, Maroc en plus des pays développés) qui ont acquis de l'expérience d'anciens athlètes et entraîneurs étrangers pour mettre un système de détection pour la découverte et la sélection de jeunes talents.

3/ Sur le plan sportif : la conception de l'entraînement sportif a subi des changements dont la plus importante le concept de la bioénergétique humaine et il est désormais impératif de concevoir la performance sportive comme le produit de plusieurs facteurs dont les programmes et les procédés d'entraînement qui sont considérés comme parmi les facteurs de la réalisation de la performance.

D'autre part, beaucoup de jeunes coureurs présentent de bonnes capacités athlétiques et voyant qu'il est difficile de progresser dans leur spécialité, tentent de participer à des épreuves plus longues où une meilleure plage de progression est possible.

Donc, Les résultats réalisés et la nette progression des performances dans les courses de demi fond et de fond mondial sont dus en plus du renouvellement de l'effectif, à des jeunes athlètes possédant des capacités individuelles particulièrement physiques et physiologiques sans omettre l'apport de nouveaux procédés et méthodes qui constituent un support significatif de développement des capacités et aptitudes des athlètes. Dans ce cadre, il est important de citer le grand apport des Allemands de l'ex RDA et des Russes qui avaient réalisé un grand pas dans la recherche scientifique de la course à pied et essentiellement sa préparation par l'intermédiaire de l'entraînement sportif qui s'est rationalisé grâce à l'avancée technologique et à la recherche scientifique.

De très nombreuses études bioénergétiques ont été réalisées Keul (1978), Astrand et Rodhall (1980), Fox et Matthews (1984), Wasserman (1984) ont ainsi permis de mieux maîtriser ces aspects en mettant à la disposition des entraîneurs des méthodes et des techniques d'entraînement pour les aider à construire des séances permettant aux athlètes d'atteindre leurs limites physiques et physiologiques et particulièrement la capacité aérobie représentée par le vo_{2max} et qui constitue, selon toutes les recherches, le critère le plus important pour une bonne capacité physique du sportif.

Celui-ci a suscité un grand intérêt chez les chercheurs à élargir leur recherche et ont pu constituer une base de données intéressantes en démontrant que la capacité aérobie est représentée non seulement par le vo_{2max} , facteur constituant une base pour l'amélioration des qualités (Platonov 1988) et permet de juger de l'aptitude d'un sujet à réaliser des exercices intenses et prolongés, mais aussi par l'existence d'autres déterminants de la performance que sont aussi importants pour la réalisation de résultats de haut niveau à savoir le Seuil Anaérobie (S. An), le Seuil Aérobie (S. A) et la Vitesse Maximale Aérobie (V. M. A). En plus, ces chercheurs ont permis d'expliquer la différence de performances entre les athlètes qui représentent les mêmes valeurs de Vo_{2max} , ce qui a été d'un grand apport aux entraîneurs.

Ces paramètres (seuil anaérobie, vitesse maximale aérobie) représentent selon les chercheurs des éléments qui permettent de mesurer en termes de vitesse et de volume des athlètes, ce qui est plus objectif et plus concret.

En Algérie, malgré l'existence de potentialités (les résultats des différents championnats scolaires), nous assistons à une stagnation inexpliquée de cette discipline en général et des courses de demi-fond et de fond en particulier. Les résultats exceptionnels obtenus par Mme MERRAH, Mlle BOULMERKA et MM. MORCELLI et SAID GUERNI et MAKHLOUFI ont fait naître l'espoir d'une nouvelle dynamique pouvant donner aux courses de demi-fond et de fond leur véritable mission. Il n'en fut rien, les résultats réalisés jusqu'à présent ne reflètent nullement les moyens humains. En effet, la progression d'une nation est la preuve d'une réussite continue, malheureusement, ce n'est pas le cas, les jeux olympiques d'ATHÈNES en 2004, de

PEKIN en 2008 et les championnats du monde à Berlin en 2009 en sont la preuve, l'Algérie n'a ramené aucune médaille.

Ce qui nous laisse perplexe et nous demander les raisons de la faiblesse de ces résultats lors des compétitions internationales puisque les

performances de nos jeunes ont démontré que des athlètes d'un certain nombre de régions (Chlef, Batna, Tiaret, Sétif) possèdent des aptitudes permettant la réalisation des résultats de haut niveau grâce à leurs qualités apparemment innées mais qui sont inexploitées.

Ce qui nous a obligés à nous poser la question suivante :

La faiblesse de nos performances lors des compétitions internationales ne serait elle pas due à la préparation des qualités de base et de l'(orientation du travail préférentiellement vers des paramètres importants pour personnaliser l'entraînement tels que la capacité Anaérobie et Aérobie, Vo₂max et VMA sachant que la demi fond et fond mondial a progressé essentiellement ces dernières années dans le domaine de la vitesse et de l'endurance ?

Nous nous sommes proposés à travers cette étude :

*D'estimer les valeurs du seuil anaérobie et de la VMA des athlètes algériens de demi-fond et de fond à travers le test progressivement croissant adapté proposé par Léger et Boucher (1980) afin d'évaluer les paramètres physiologiques et V. M. A).

Ceux-ci étant des exigences physiologiques élevées du sport de compétition de haut niveau et des éléments importants de la réussite sportive pourrait-nous indiquer éventuellement les raisons de la faiblesse des résultats de coureurs de demi-fond et de fond algériens.

Ce qui nous amènera à mieux connaître l'aptitude aérobie de nos athlètes principalement leurs seuil anaérobie et la vitesse maximale aérobie, l'évolution des données après un deuxième test et nous renseignera en tant soit peu sur l'orientation de l'entraînement et nous aiderait éventuellement à expliquer cette stagnation. La

connaissance de données physiologiques pourrait nous indiquer la portée et l'implication de ces paramètres, ce qui nous aiderait à une meilleure prise en charge.

Pour la réalisation de ces objectifs, nous tenterons dans un premier temps de démontrer l'importance des différentes composantes de la capacité aérobie et anaérobie.

Le premier chapitre consistera en un rappel des réactions physiologiques décrites chez l'athlète. Sont également présentées dans ce premier chapitre, l'origine, la nature et l'importance relative des substrats énergétiques et de l'oxygène, leur cheminement depuis le milieu extérieur jusqu'aux muscles en activité. De même que sont décrits les différents systèmes et fonctions chargés de leur utilisation et de leur transport. Il est aussi consacré à l'étude des qualités physiologiques de base des athlètes, il s'agit respectivement de la capacité aérobie, du seuil

anaérobie, de la capacité anaérobie ainsi que le paramètre de la vitesse maximale aérobie.

Les chapitres suivants seront consacrés à la méthodologie d'investigation ainsi qu'à l'analyse, l'interprétation et la discussion des résultats et enfin aux recommandations théoriques et pratiques.

I/ Problématique, hypothèse et objectif

Au vu de ces études, il apparaît nettement que le demi fond et de fond mondial a essentiellement progressé ces dernières années grâce aux progrès réalisés dans le domaine de la bio énergétique.

Ainsi, la consommation maximale d'oxygène (VO_{2max}), le seuil anaérobie, la capacité aérobie et la puissance maximale aérobie (vitesse maximale aérobie) sont considérés actuellement comme les indicateurs du potentiel physiologique chez les coureurs de fond et de demi fond (Costill et Fox, 1969 ; Astrand et Rodal, 1980 ; Foster, 1983).

Ces paramètres physiologiques, particulièrement le seuil anaérobie et la vitesse maximale aérobie présentent des éléments importants qui permettent de mesurer en terme plus concret les résultats des athlètes.

En Algérie, les résultats restent généralement moyens au niveau international et n'ont pu donner les résultats escomptés à l'exception des résultats obtenus par Mme BENIDA MERAH, Mlle BOULMERKA, M. MORCELLI et dernièrement MAKHLOUFI.

Pourtant, l'athlète Algérien possédant des qualités physiques, qui suscitent l'attention particulièrement dans les jeunes catégories (grâce aux résultats réalisés à cette période mais préserver rarement dans les catégories supérieures.

Ce constat nous a incités à réfléchir sur les raisons de ce recul sachant que la progression d'un pays dans le domaine sportif et particulièrement en athlétisme, est la réussite continue dans les grandes compétitions internationales

Effectivement, les performances des athlètes Algériens étaient absentes de cette évolution et il est probable que cette différence provienne éventuellement du manque de développement d'un certain nombre de facteurs physiologiques connaissant que les courses de demi fond et de fond ont progressé ces dernières années dans le domaine de la vitesse et de l'endurance grâce aux efforts de la recherche scientifique et particulièrement la physiologie de l'effort. Cette dernière a pu appréhender d'une manière plus précise d'autres paramètres aussi importants pour une meilleure préparation de l'athlète par rapport aux

objectifs et les aptitudes de chacun, il s'agit du Seuil Anaérobie et de la vitesse maximale aérobie.

Donc, nous nous sommes proposés à travers cette étude:

De réaliser une étude et d'estimer les valeurs du seuil anaérobie et de la vitesse anaérobie maximale des athlètes de demi-fond et de fond Algériens à travers le test à charge progressivement croissant adapté de Léger et Boucher (1980) pour évaluer les paramètres physiologiques (Seuil Anaérobie et Vitesse Maximale Aérobie) dont l'impact sur les résultats. Ce qui nous amènera à mieux connaître l'aptitude aérobie de nos athlètes et principalement leurs Seuil anaérobie et leur vitesse maximale Aérobie. L'analyse des résultats nous fournira les explications sur les faiblesses des résultats et permettrait ainsi d'orienter le travail sur une meilleure prise en charge technique.

Matériels et méthodes :

Echantillon:

Douze (12) athlètes volontaires de la sélection nationale algérienne dont cinq pratiquent les épreuves de 800m et le 1500m au niveau international et sept (07) les courses de 5000m/10000m au niveau national et international ont pris part à cette étude. Leurs caractéristiques sont présentées sur le tableau 1.

Tableau 1: Age et caractéristiques biométriques des athlètes (n=12).

	Age (ans)	Poids (kg)	Taille (cm)
Moyenne	30,1	64,93	175,67
Ecart type	5,1	3,59	4,77

DEROULEMENT DE L'EXPERIMENTATION :

Compte tenu des difficultés que nous avons rencontrées pour rassembler tous les athlètes avec lesquels nous avons travaillé pendant les deux tests, nous étions dans l'obligation de retenir les données des athlètes ayant réalisés régulièrement les deux épreuves dans les mêmes conditions.

Les tests se sont déroulés pendant un stage de préparation selon les périodes suivantes :

- Novembre 2006, début de la période de développement I.
- Mars 2007, période de pré compétition.

Epreuve

Léger et Boucher (1980) ont développé un test de terrain permettant de déterminer de manière indirecte les paramètres physiologiques (Seuil Anaérobie, Fréquence cardiaque) et V. M. A. Ce test suppose que l'athlète atteigne son V. M. A au dernier palier qu'il effectue en entier, de ce fait la vitesse correspondant à ce palier comme étant la vitesse maximale aérobie (V. M. A).

C'est une épreuve maximale à charge progressivement croissante sur piste en tartan.

Après un échauffement de 10 à 15' à une vitesse habituelle selon la charge atteinte dans les différents paliers soit : 2 km/h, puis à l'approche du seuil d'accumulation des lactates de 1km/h et de 0,5km/h.

Ce protocole étant un compromis permettant de limiter la durée de l'épreuve et de terminer avec plus de précision possible le seuil d'accumulation du lactate et de la vitesse maximale aérobie ainsi que la mesure de la fréquence cardiaque à chaque palier grâce au cardio – fréquence mètre.

Le test est arrêté à l'épuisement du sujet.

Des prélèvements sanguins ont été effectués entre chaque palier pour 12 athlètes par le médecin.

Protocole

L'épreuve se déroule sur une piste d'athlétisme de 400 m en tartan synthétique balisée tous les cent (100) mètres.

La vitesse de course est indiquée à l'athlète par des coups de sifflet selon un tableau de marche préalablement établi sur lequel figure des temps de passage.

C'est une épreuve à charge progressivement croissante avec incrémentation de la vitesse par palier de 800m jusqu'à 20km/h puis on ajoute la vitesse de 1km/h jusqu'à 23km/h puis de 0,5km/h.

Les paliers courses débutent à 12km/h pour permettre à chaque athlète d'atteindre une vitesse limite personnelle objective.

Moyens humains et Matériels

Moyens humains

1 médecin+04 enquêteurs

Moyens matériels

- La lactatémie a été mesurée au moyen d'un analyseur de lactate par biocapteurs de type Microzym. L
- Le dosage est effectué par micro méthode enzymatique à partir de prélèvement capillaire du doigt.
- Un cardio fréquence mètre "sport tester" PE3000 a été utilisé pour mesurer la fréquence cardiaque à la fin de chaque étape.
- Un sifflet
- Des cônes
- Un Chronomètre.

STATISTIQUES:

Le traitement statistique de nos résultats a été effectué au moyen de logiciels **Stat et Statistica version 6**. Nous avons calculé pour l'ensemble des variables étudiées, les moyennes arithmétiques et les écarts types.

Les comparaisons de deux moyennes ont été effectuées au moyen du test t de student pour les séries appariées. Les liaisons entre les variables ont été évaluées par calcul des régressions linéaires.

Le seuil de probabilité de 0,05 a été retenu comme niveau de signification dans notre analyse statistique.

RESULTATS ET INTERPRETATION

Statistiques descriptives 2006

Tableau 2 : résultats descriptifs des tests des athlètes algériens de demi-fond et de fond de la saison sportive 2006/ 2007

2 006	Poids	Taille	VMA	V.SAN	FC /VMA	FC / SAN	lact / VMA	lact / SAN
Moyenne	64,58	175,92	22,00	19,73	187,58	179,17	6,75	4,91
Écart-type	3,37	4,34	0,85	0,80	6,65	6,48	1,19	0,99
Variance	11,36	18,81	0,73	0,64	44,27	41,97	1,41	0,98
CV	5,22	2,47	3,88	4,06	3,55	3,62	17,58	20,20
Amplitude	12,00	16,00	3,00	2,70	24,00	21,00	3,70	3,60
Minimum	59,00	169,00	20,00	18,00	178,00	170,00	5,20	3,80
Maximum	71,00	185,00	23,00	20,70	202,00	191,00	8,90	7,40
Nb. d'observations	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00

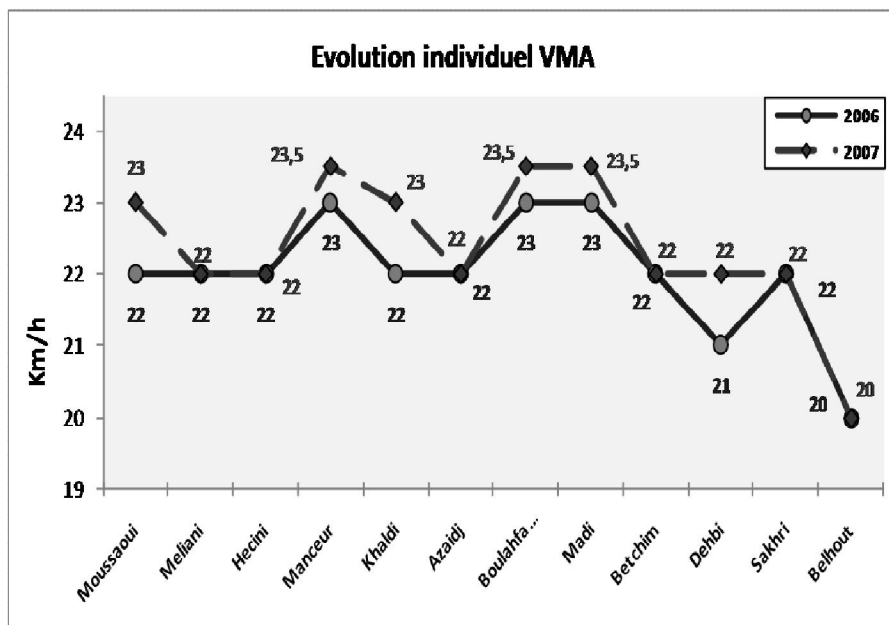
Statistiques descriptives 2007

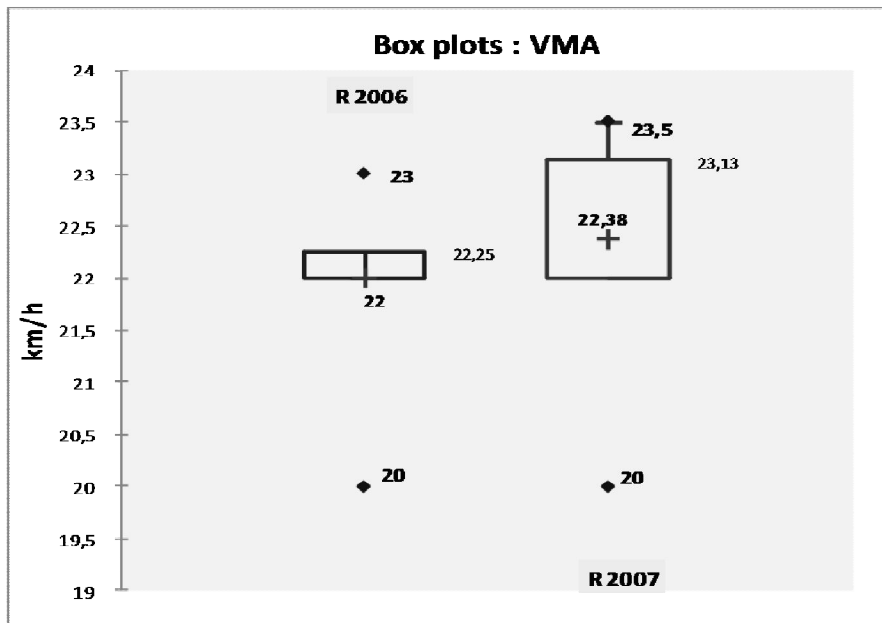
Tableau 3: résultats descriptifs des tests des athlètes algériens de demi-fond et de fond de la saison sportive 2007/2008

2 007	Poids	Taille	VMA	V.SAN	FC /VMA	FC / SAN	lact / VMA	lact / SAN
Moyenne	64,93	175,67	22,38	20,23	185,67	179,17	7,30	5,05
Écart-type	3,59	4,77	1,00	1,02	6,80	6,35	1,03	1,22
Variance	12,92	22,79	1,01	1,03	46,24	40,33	1,07	1,48
CV	5,54	2,72	4,48	5,03	3,66	3,54	14,16	24,10
Amplitude	13,00	17,00	3,50	3,50	23,00	22,00	3,31	4,60
Minimum	58,50	168,00	20,00	18,00	178,00	170,00	5,60	3,65
Maximum	71,50	185,00	23,50	21,50	201,00	192,00	8,91	8,25
Nb. d'observations	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00

VITESSE MAXIMALE AEROBIE

Fig 1 : Résultats et évolutions de la vitesse maximale aérobie des athlètes algériens de demi-fond et de fond





Valeur atypique inférieure	3 (2 en 2006 et 1 en 2007)
Valeur atypique supérieure	3 (2006)

Test d'égalité des moyennes (test t de student) : observations paires (test paramétrique)

VMA (km/h)	2006	2007
Moyenne	22	22,38
Variance	0,73	1,01
Observations	12	12
Coefficient corrélation Pearson	0,9	
Différence hypothétique moyennes	-	
Degré de liberté	11	
Statistique t	-3	s*
Valeur critique de t ($p = 0,05$)	2,2	
Valeur critique de t ($p = 0,01$)	3,05	

Interprétation du test

H_0 : La différence entre les moyennes est égale à 0.

H_a : La différence entre les moyennes est différente de 0.

Etant donné que la valeur observée T calculée est supérieure a la valeur critique T au niveau de signification $\alpha=0,05$, on doit rejeter

l'hypothèse nulle H_0 , et retenir l'hypothèse alternative H_a (différence significative ou progression de la VMA en 2007). Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H_0 alors qu'elle est vraie est inférieur à 1,21%.

Interprétation du test

H_0 : Le rapport entre les variances est égal à 1.

H_a : Le rapport entre les variances est différent de 1.

TEST D'EGALITE DES VARIANCES

VMA	2006	2007
Moyenne	22,00	22,38
Variance	0,73	1,01
Observations	12,00	12,00
Degré de liberté	11,00	11,00
F (Valeur observée)	0,723	
F (Valeur critique)	3,474	
alpha	0,05	

Etant donné que F calculée est inférieure à la valeur critique F, au niveau de signification seuil $\alpha=0,05$, on peut valider l'hypothèse nulle H_0 ou à l'homogénéité des variances. Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H_0 alors qu'elle est vraie est de 60,01%.

Test de normalité VMA

Test de Lilliefors

D	0,333
D (normalisé)	1,155
p-value	0,001
alpha	0,05

Interprétation du test

H_0 : L'ECHANTILLON SUIT UNE LOI NORMALE.

H_a : L'ECHANTILLON NE SUIT PAS UNE LOI NORMALE.

ETANT DONNE QUE LA P-VALUE CALCULEE EST INFERIEURE AU NIVEAU DE SIGNIFICATION $\alpha=0,05$, ON DOIT REJETER L'HYPOTHESE NULLE H_0 ,

ET RETENIR L'HYPOTHESE ALTERNATIVE H_A . LE RISQUE DE REJETER L'HYPOTHESE NULLE H_0 ALORS QU'ELLE EST VRAIE EST INFÉRIEUR A 0,06%.

Test de Wilcoxon signé / Test bilatéral non paramétrique

V	0
Espérance	10,5
Variance (V)	21,75
p-value (bilatérale)	0,032
alpha	0,05

Interprétation du test

H_0 : LES DEUX ECHANTILLONS SUIVENT LA MEME LOI DE DISTRIBUTION (DIFFERENCE NON SIGNIFICATIVE)

H_A : LES DISTRIBUTIONS DES DEUX ECHANTILLONS SONT DIFFÉRENTES (DIFFERENCE SIGNIFICATIVE)

ÉTANT DONNÉ QUE LA P-VALUE CALCULÉE EST INFÉRIEURE AU NIVEAU DE SIGNIFICATION $\alpha = 0,05$ ON DOIT REJETER L'HYPOTHESE NULLE H_0 , ET RETENIR L'HYPOTHESE ALTERNATIVE H_A . LE RISQUE DE REJETER L'HYPOTHESE NULLE H_0 ALORS QU'ELLE EST VRAIE EST INFÉRIEUR A 3,20%.

Au seuil $\alpha = 0.01$

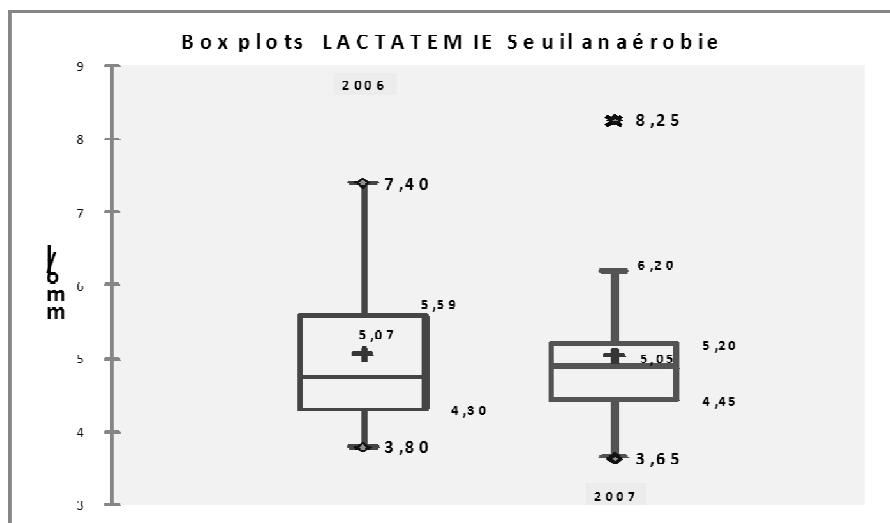
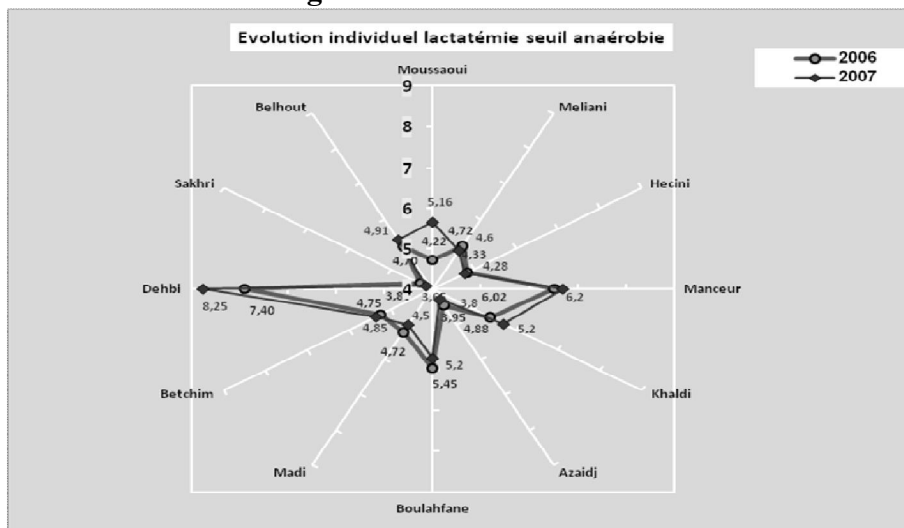
Étant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification au seuil $\alpha=0,01$, on peut valider l'hypothèse nulle H_0 . La différence est donc non significative. Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H_0 alors qu'elle est vraie est de 3,20%.

Conclusion

A $p = 0.05$, l'hypothèse nulle est rejetée (elle ne l'est pas à $p = 0,01$). S'il s'agit de rechercher des différences significatives de moyennes au seuil $p = 0.01$, nous pouvons utiliser les tests paramétriques. Dans le cas contraire, nous optons pour des traitements non paramétriques.

4. LACTATEMIE SEUIL ANAEROBIE

Fig2 : résultats et évolution individuelle de la lactatémie au seuil anaérobie des athlètes de demi-fond et fond algériens



Statistique box plots LACT V SAN	R 2006	R 2007
Nb. d'observations	12	12
Minimum	3,80	3,65
Maximum	7,40	8,25
Amplitude	3,60	4,60
1er Quartile	4,30	4,45
Médiane	4,74	4,88
3ème Quartile	5,59	5,20
Moyenne	5,07	5,05
Borne inf. de la moyenne (95%)	4,37	4,28
Borne sup. de la moyenne (95%)	5,76	5,82

Valeur atypique supérieure	2 (2006 /2007)
----------------------------	----------------

Test d'égalité des moyennes : observations paires (test paramétrique)

LACT SAN (mmol/l)	2006	2007
Moyenne	4,91	5,05
Variance	0,98	1,48
Observations	12,00	12,00
Coefficient corrélation Pearson	0,96	
Différence hypothétique moyennes	0	
Degré de liberté	11,00	
Statistique t	1,21	NS
Valeur critique de t (p = 0,05)	2,20	

Interprétation du test

H0 : La différence entre les moyennes est égale à 0.

H1 : La différence entre les moyennes est différente de 0.

Etant donné que le T calculée est inférieure à la valeur critique t au niveau de signification $\alpha=0,05$, on peut valider l'hypothèse nulle H0. Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est de 25,33%.

Test d'égalité des variances

lact / SAN	2006	2007
Moyenne	4,91	5,05
Variance	0,98	1,48
Observations	12,00	12,00
Degré de liberté	11,00	11,00
F (Valeur observée)	0,665	
F (Valeur critique)	3,474	
alpha	0,05	48

Interprétation du test :

H0 : Le rapport entre les variances est égal à 1.

Ha : Le rapport entre les variances est différent de 1.

Etant donné que F calculée est inférieure à la valeur critique F, au niveau de signification seuil $\alpha=0,05$, on peut valider l'hypothèse nulle H0 (homogénéité des variances). Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est de 50,29%.

Tests de normalité

Test de Lilliefors

D	0,263
D (normalisé)	0,91
p-value	0,022
alpha	0,05

Interprétation du test

H0 : L'échantillon suit une loi Normale.

H1 : L'échantillon ne suit pas une loi Normale.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha=0,05$, on doit rejeter l'hypothèse nulle H0, et retenir l'hypothèse alternative H1. Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est inférieur à 2,17%.

Test de Wilcoxon

V	18,000
Espérance	39,000
Variance (V)	162,375
p-value (bilatérale)	0,108
alpha	0,05

interprétation du test

H0 : Les deux échantillons suivent la même loi de distribution.

H1 : Les distributions des deux échantillons sont différentes.

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha=0,05$, on peut valider **l'hypothèse nulle H0**. Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est de 50,49%.

ETUDE COMPARATIVE DES VARIABLES BIOMETRIQUES ET EPREUVES PHYSIQUES ENTRE LES COUREURS DE 800, 1500 ET 5000m

Tableaux 5 a,b,c : étude comparative des variables biométriques et épreuves physiques entre les coureurs de 800m, 1500m 5000m

<i>Meliani</i>	66	176	22	19,8	178	173	5,6	4,6
<i>Hecini</i>	61	179	22	19,8	190	185	6,9	4,28
<i>Manceur</i>	66	176	23,5	21,5	201	192	7,72	6,1
<i>Moyenne</i>	64,3	177	22,50	20,37	189,67	183,33	6/4	4,99
<i>teart-type</i>	2,89	1/3	0,87	0,98	11,50	9,61	1,07	0,97

tableau a

1500m	Poids	Taille	VMA	V.SAN	FC /VMA	FC / SAN	lact / VMA	lact / SAN
Khaldi	62	178	23	20,7	180	177	6,52	5,2
Boulahfane	72	185	23,5	21,5	184	176	8,64	5,2
Madi	67	178	23,5	21,5	191	184	8,57	4,5
Moyenne	67	180,33	23,33	21,23	185,00	179,00	7,91	4,97
teart-type	5	4,04	0,29	0,46	5,57	4,36	1,20	0,40

tableau b

5000m	Poids	Taille	VMA	V.SAN	FC /VMA	FC / SAN	lact / VMA	lact / SAN
Azaidj	59	172	22	19,8	180	170	6,1	3,8
Betchim	66	172	22	19,8	189	179	7,65	4,85
Dehbi	67	168	22	19,8	191	186	8,91	8,25
Sakhri	65	176	22	19,8	181	176	6,8	3,65
Belhout	62	169	20	18	180	174	7,01	4,91
Moussaoui	68	179	23	20,7	183	178	7,18	5,16
Moyenne	64,5	172,67	21,83	19,65	184,00	177,17	7,28	5,10
teart-type	3,39	4,18	0,98	0,88	4,82	5,38	0,95	1,66

tableau c

Pour toutes les comparaisons étudiées, la preuve d'une différence entre les trois catégories de coureurs dans les mesures anthropométriques et les tests réalisés ne peut être apportée.

Tableau 06 :Corrélation entre différentes variables Corrélations significatives entre les mesures biométriques et les performances réalisées aux tests (année 2007)

2007	Poids	Taille	VMA	V.SAN	FC /VMA	FC / SAN	lact / VMA	lact / SAN
Poids	1,00							
Taille	0,43	1,00						
VMA	0,52	0,70	1,00					
V.SAN	0,55	0,70	0,99	1,00				
FC/VMA	0,23	- 001	0,42	0,46	1,00			
FC / SAN	0,24	0,03	0,41	0,44	0,94	1,00		
lact / VMA	0,62	0,07	0,37	0,42	0,62	0,59	1,00	
lact / SAN	0,37	- 032	0,12	0,13	0,49	0,56	0,60	1,00

Des corrélations existent entre les différents facteurs de la performance et les paramètres anthropométriques (taille,/VMA : taille/FC. VMA ;FC. VAN/FC. VMA ; FC. SAN/LACT.

Discussion

Paramètres anthropométriques

Ces aspects occupent actuellement une place importante dans la performance.

De nombreux chercheurs ont essayé de mettre en place des modèles étalons pour chaque type d'épreuve en fonction de la distance pratiquée (Sjodin 1984).

Les paramètres les plus utilisés pour ces modèles sont essentiellement le poids et la taille de l'athlète à partir desquels beaucoup d'autres indices sont élaborés.

Cela permettrait de déterminer des normes adaptées à la spécialité et de développer une plus grande puissance de travail avec le meilleur rendement possible.

Nombreuses études chez les coureurs de distance soulignent l'existence d'un profil de coureurs de haut niveau ; mais cette tendance nous permet elle pas de considérer que les aspects anthropométriques augmenteraient les chances de meilleurs résultats en se référant à quelques études (Pollock et coll1997), on note que ces données ne sont plus d'actualité, les valeurs moyennes de la taille et du poids des coureurs ne diffèrent pas significativement.

Malgré les données moyennes de notre population sont relativement inférieures aux données du modèle. Ce qui pourrait être parmi les paramètres influent les résultats mais à aucun cas ne peuvent être à elles seules les raisons de la stagnation de notre demi-fond et fond.

Concernant l'âge des athlètes, différentes études réalisées notamment celles se rapportant aux athlètes des jeux olympiques montrent une augmentation de l'âge des coureurs avec la distance particulièrement entre 1500m et le marathon.

Costill(1984)a constaté que les meilleures performances des spécialités de moyennes et longues distances sont réalisées entre 27 et 32 ans.

Cette thèse est confirmée par Platonov (1988) qui situe l'âge moyen des meilleurs résultats entre 26 et 30 ans.

Cependant, l'étude des résultats des meilleurs athlètes de l'année 2010 des spécialistes du 800m, 1500m, 5000m jusqu'à marathon font apparaitre un rajeunissement des athlètes. Nous avons noté que la moyenne de l'âge est successivement de 23,4 ans sur 800m, 23,1 pour le 1500m, 25,9 ans pour le 5000m 24,1ans pour le 10000m et 24,1 ans pour le marathon, ce qui donne une moyenne de 24,3ans.

En plus, la majorité des records du monde appartiennent à des athlètes dont la moyenne d'âge ne dépasse pas 21 ans.

Notre échantillon est composé d'athlètes ayant les meilleures performances algériennes 2009/2010, se situe dans les intervalles d'âge citées par Costill(1984) semble être vieillissant dans la mesure où la moyenne d'âge est de 31,8ans, âge où lequel il est difficile de réaliser des performances de haut niveau.

La comparaison réalisée entre nos athlètes et les meilleurs athlètes mondiaux laissent apparaitre que nos athlètes sont loin à l'exception de tris athlètes dont les trois sont des anciens finalistes olympiques.

PARAMETRES PHYSIOLOGIQUES :

D'autres paramètres en plus des paramètres physiques, tels que les paramètres physiologiques ont une grande influence sur l'amélioration de la performance sportive. Ce sont les paramètres analysables que nous

avons voulu étudier en fonction de la situation particulière de chaque athlète, tels que seuil anaérobie, la fréquence cardiaque et la vitesse de course.

Dans le domaine de l'endurance qualité très importante, la mesure du seuil anaérobie donne avec une relative précision de l'intensité de l'effort engendrant le passage d'un métabolisme à dominante aérobie vers une prédominance de la voie anaérobie.

Le « Seuil Anaérobie » est déterminé par la méthode, basée sur la détermination de la courbe de la lactatémie obtenue lors d'une épreuve maximale à charge progressivement croissante proposée par Mader (1983) En effet, cet auteur considère la valeur de 4 mmol/l comme point correspondant au seuil anaérobie de cette courbe de lactate.

La mesure du seuil anaérobie implique une série de prélèvement sanguin pendant un exercice à charge progressivement croissante.

L'analyse de la courbe du lactate sanguin en fonction de la charge de nos athlètes montre que l'acide lactique commence à s'accumuler dans le sang à une charge de travail inférieur à trois mmol/l, la concentration sanguine moyenne du lactate sanguin commence à augmenter progressivement et se caractérise par trois zones :

- Une horizontale correspondant aux vitesses faibles où la lactatémie ne varie pas en fonction de la vitesse. L'exercice est strictement aérobie.
- Une partie verticale correspondant aux vitesses élevées où la lactatémie s'élève très rapidement lorsque la vitesse augmente. La participation du métabolisme anaérobie lactique s'accroît nettement.
- Une partie intermédiaire correspondant aux vitesses moyennes où la courbe change de pente, c'est cette partie où il y a la transition entre aérobie-anaérobie.

L'examen des courbes de notre population montrent :

. Les valeurs théoriques de 2 mmol/l citées par Keul correspondent à ces points.

. Seuils sont de plus en plus élevés des spécialistes du 800m au 10000m.

. Plus la distance est élevée, plus la vitesse atteinte au seuil anaérobie se rapproche de la vitesse réellement atteinte.

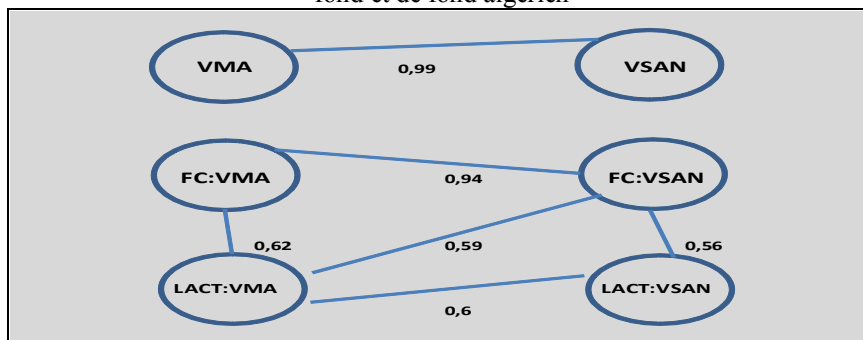
Néanmoins, Il est à noter que le taux de lactate sanguin des coureurs de fond présentent est plus haut que celui des coureurs de demi-fond (5.10 ± 1.66 contre 4.97 mmol/l, ce qui est en totale contradiction et ne

concorde pas avec les observations de Kenney et Hodgson (1985) qui soutiennent que les coureurs des courses de fond sont capables de développer une plus grande charge que les athlètes de demi-fond.

L'analyse des courbes individuelles illustrant la fréquence cardiaque en fonction de la charge fait ressortir que l'inflexion de la courbe apparaît chez la majorité des athlètes. La charge correspondante à ce point est, pour la majorité, proche de celle du seuil anaérobie.

Les résultats obtenus dans notre travail confirment une relation entre la vitesse de déflection (V. D) et le seuil au lactate mais on constate que l'analyse statistique de la droite de régression donne un coefficient de régression de 0. 56 (fig03) et la moins satisfaisante. Mais nous permet quand même d'avoir des données afin d'évaluer et de trouver les manques et les insuffisances de nos athlètes.

Fig 3 : corrélation entre les différents aspects physiologiques fed athlètes de demi-fond et de fond algérien



Corrélations significatives entre les performances réalisées aux tests

Pratiquement, on constate que :

1/ qu'au seuil de 4 mmol/l, il existe un flux de production de lactate qui s'accumule et donc, ne peut être plus consommé par d'autres cellules musculaires mieux oxygénées, ni par d'autres organes, mais ont pu avoir l'énergie pour terminer l'exercice.

2/ Un épuisement très rapide après la vitesse de déflection si l'intensité de l'effort continue à croître.

La réalisation de la performance n'est pas dû au seuil anaérobie et la fréquence cardiaque mais surement à d'autres paramètres indispensables et analysables en fonction de la situation particulière de chaque athlète en plus du seuil anaérobie, de la fréquence cardiaque, de la vitesse de course.

En effet, dans le domaine de l'endurance le seuil anaérobie nous a donné une relative précision de l'effort de nos athlètes mais il faut cependant signaler que la signification physiologique précise de paramètres seuil aérobie/ seuil anaérobie l'accumulation de lactate n'est pas encore établie((Davis et col 1983), ce qui prouve que d'autres facteurs peuvent aussi affecter la performance : la consommation maximale d'oxygène(Vo_2 max)apparaît comme l'un des indicateurs le plus important du potentiel de l'athlète de demi fond et de fond (Astrand et rhodall 1980). Elle est estimée suite à des tests en laboratoire et sur le terrain. La règle est simple, c'est de maintenir à un haut pourcentage ce vo_2 max le plus longtemps possible la plus grande vitesse soutenue.

Il permet une certaine prédiction de la performance chez les athlètes dans les épreuves intenses et soutenues. Les athlètes réussissant dans ce genre d'épreuves présentent des valeurs de Vo_2 max au dessus de la moyenne (Brikci 1995).

Des valeurs élevées de Vo_2 max sont primordiales pour certaines spécialités (courses de distance supérieures ou égales à 800m) mais pas toujours suffisantes.

La différence de performance des athlètes, malgré un vo_2 max identique peut s'expliquer par une vitesse différente (Morgan et al 1982). Donc, Il ne suffit pas d'avoir seulement un Vo_2 max élevé, il est essentiel d'avoir une vitesse maximale très développée (Asselin et al 1982).

Pour ce chercheur (Asselin 1982) l'aptitude aérobie serait mieux illustrée par la puissance maximale aérobie ou Vitesse maximale aérobie, cependant, la VMA est constante d'un athlète à un autre.

La vitesse maximale aérobie (VMA) est la vitesse de déplacement qui correspond à la consommation maximale d'oxygène. Pour chaque athlète, il existe une intensité à laquelle la consommation ne progresse plus. L'athlète atteint alors sa consommation maximale d'oxygène.

L'athlète doit cerner, en terme d'allure sa vitesse limite, référence à partir de laquelle il est possible de construire le développement de l'aptitude maximale aérobie, mais son évolution ne joue pas le même rôle en demi-fond et de fond.

Lors de notre étude, nous avons relevé une VMA d'une moyenne de 22,38km. Cette valeur comparée aux valeurs indiquées par Lacour et col(1989) pour 12 athlètes masculins appartenant à l'équipe de France de demi-fond qui était de 22,9km/h semble être un peu plus faible, mais, il serait important de signaler que cette valeur est certainement due en partie peut être aux résultats des athlètes de course de fond qui sont en majorité de niveau national dont les données sont faibles. Par contre,

nous avons noté que trois athlètes spécialistes du 800m ont obtenu une VMA de 23,5 km/h et un athlète de 1500m a obtenu une VMA de 23km/h, ce qui leur permettrait de les situer au niveau international mais pas de très haut niveau où la valeur est située quelquefois à 25/26km/h. (Davies et al 1979).

Ces résultats pourraient être aussi expliqués par une sous estimation de la VMA selon le test réalisé chez nos athlètes, au moment où l'effort est maximal, les athlètes pourraient avoir plus de difficultés à maintenir leur vitesse, ce qui donnerait une mesure de la VMA une fausse signification.

CONCLUSION

Concernant les données anthropométriques (poids, taille), il a été admis globalement que les paramètres, moyens chez nos athlètes (deux seulement peuvent être classés au niveau international), pourraient éventuellement être les conséquences du plafonnement des performances, mais il est vrai, ne sauraient avoir de grands effets sur les résultats car il se trouve des athlètes ne possédant pas de morphotype type, ont réalisé de grands résultats.

Pour ce qui est des données physiologiques où la capacité aérobie est beaucoup importante, il a suscité de nombreuses recherches.

La présente étude fait apparaître que les athlètes algériens généralement présentent des valeurs voisines du Seuil Anaérobie et la fréquence cardiaque, charge correspondant au Seuil Anaérobie particulièrement de ceux des courses de fond.

Le seuil anaérobie chez notre population correspond à une moyenne de 85 à 90%. Ces données sont moyennes à celles rapportées dans la littérature pour des populations similaires (Jousselin et coll1984), trios athlètes de demi-fond seulement présentent des résultats intéressants. Ce paramètre pourrait être déjà un facteur limitant la performance.

En effet, l'augmentation du lactate sanguin crée un déséquilibre entre la production de l'acide lactique par les fibres musculaires, se contractant dans des conditions anaérobies et la capacité de l'organisme à l'oxygéner (Mac Dougall 1988) c'est-à-dire soit à le transformer en glucide, soit à l'éliminer sous forme de CO_2 et H_2O . Au fur et à mesure

que la charge de travail augmente, ce déséquilibre s'accroît entraînant une accumulation rapide de l'acide lactique dans le sang jusqu'à l'interruption de l'exercice.

Le constat le plus important est l'augmentation du taux sanguin contrairement à ce que devrait y être, c'est-à-dire en augmentant l'intensité de la charge, le taux de lactate serait moins dense, ce qui reculerait la fatigue, ceci démontre que le seuil anaérobie qui constitue un critère d'appréciation de l'endurance, n'a nullement évolué.

Cette anomalie pourrait s'expliquer par l'entraînement éventuellement par son inefficacité, cause de déviation des objectifs recherchés et se traduit par des résultats insuffisants. Les faibles résultats pourraient s'expliquer par l'impertinence du mode d'entraînement utilisé pour le développement des différents paramètres

Cette faiblesse ne peut s'expliquer seulement par ce paramètre mais, aussi par un facteur de la réussite de la réalisation des performances de haut niveau qui est la vitesse maximale mesurée chez nos athlètes dont la valeur est moyenne pour la majorité des athlètes à l'exception de trois athlètes, il se trouve que ce sont deux finalistes des jeux olympiques 2008 et le troisième au championnat du monde.

Donc, généralement les résultats de nos athlètes ne sont pas les conséquences de leurs capacités et éventuellement pas de l'entraînement mais sont dus à d'autres facteurs.

Les paramètres physiologiques et particulièrement le seuil anaérobie et la vitesse maximale aérobie, sujets de notre étude peuvent être améliorée par l'entraînement dans des

proportions notables même chez les athlètes de niveau national et international comme les

nôtres mais, il peut rester aussi le même pendant plusieurs années malgré un entraînement sévère et régulier alors que leurs performances se sont améliorées.

Cette amélioration des résultats peut elle s'expliquer par seulement le développement deux indices, aussi importants qu'ils soient le seuil anaérobie et la vitesse anaérobie ? oui parce qu'il a été démontré déjà que des athlètes possédant le même $VO_2\text{max}$, peuvent avoir des résultats différents mais il est important de souligner la nécessité de veiller au développement simultané de tous les indices en tenant compte des particularités de leurs spécialités, de leur niveau de pratique et de leur période de préparation.

Nous avons constaté que malgré l'amélioration qui est intervenue au niveau de notre groupe pour certains indices, la lactatémie qui est très importante, et qui peut reculer le seuil de la fatigue, est devenue très dense, donc pourrait éventuellement limiter l'activité de l'athlète, ce qui pourrait être une raison parmi d'autres d'expliquer cette stagnation.

Mais, est-ce vraiment la conséquence de l'entraînement ? C'est une hypothèse, mais ne peut pas à lui seul être la source de mauvais résultats que traversent nos athlètes sur le plan international car les performances dans les courses de demi-fond et de fond résultent de l'interaction optimale de plusieurs facteurs. Ainsi, l'entraînement, n'est qu'un élément dans l'application du sport de haut niveau.

Avec le développement des connaissances qui sont beaucoup plus pointues au niveau physiologique et leur enrichissement par les données d'autres sciences comme la biomécanique ou la psychologie et d'autres éléments variés viendront fournir une explication plus globale de nos résultats.

La pratique sportive de haut niveau requiert généralement des connaissances scientifiques afin que l'orientation initiale, puis l'activité compétitive soient basés sur des principes solides et justes.

La mise en œuvre pour de l'entraînement de haut niveau nécessite l'intervention de plusieurs spécialistes.

Ainsi, on peut affirmer qu'une approche pluridisciplinaire est l'avenir de la démarche de l'optimisation de la performance sportive.

Toutefois, la connaissance des repères relève des responsables et de tout son environnement (physiologistes, médecins, entraîneurs etc. ...). C'est pourquoi, ces derniers doivent avoir une base commune de connaissances. Tous ces acteurs doivent travailler en synergie pour assurer la progression régulière de l'athlète.

En plus, l'état devra s'impliquer plus pour permettre la mise en place d'établissements et d'institutions pour la prise en charge de ces athlètes depuis leur jeune âge avec un encadrement compétent.

Cette opération ne peut se concrétiser sans la prise en charge et l'organisation du sport scolaire, véritable base de prospection et de sélection d'athlètes pour un renouvellement du sport algérien.

BIBLIOGRAPHIE

- ASSELIN L. CARTIER D. LEGER L. MASSICOTTE D., SOULIERE « Test d'évaluation de la condition physique de l'adulte (TECPA), capacité aérobie » Kino Quebec, 1982
- ASTRAND P.O., RODAHL K., « Précis de physiologie de l'exercice musculaire. » 3^{ème} édition Masson, Paris, 1994.
- BERG K., BELL W., « Physiological and anthropometric determinants of mile runtime. » J. Sp. Med 1980.
- BOHAIN L.Y., « Initiation à la course du 100 mètres au 100 kilomètres. », Vigot, collection sport + enseignement, Paris, 1985.
- BRANDET J.P., « La résistance; Perspective historique et terminologie en liaison avec l'endurance et la vitesse. », AEFA, n° 54, 1977.
- BRIKCI A., « Physiologie appliquée aux activités sportives ; Enseignement et recherche. », édition Abada, 1995.
- BRIKCI A., « La capacité aérobie », polycopie, INFS/STS, 1996.
- BRUE F., « Une variante de test progressif et maximal de Leger de Boucher : le test de VMA derrière cycliste (test VMA), Bull Med.Fr Athletisme 1985
- COLEMAN A.E., Validation of submaximal test of maximal oxygen intake. J.Sport.Med 1976.
- CONCONI F., FERRARI M., ZIGLIO P.G., DROGUETTI P., CODECA L., determination of the anaerobic threshold by a non invasive field test in runners. », J, Ap, Physiol., 1982.
- CORDELETTE R., La course à pied; du sprint au marathon Charon 2003.
- COUSTEAU J.P., ANJUERE J.P., CASTAIGNE A., CHARON O., CORMIER J.M. DOUARD H., JAIS J.M., JOURNET M., MORA B., PERNAT C., POTIRON M., JOSSE., STURBOIS X., « Cardiologie sportive », édition Masson, Paris, 1988.
- CREEF A.F., Le sport, édition Masson 1982. Paris.
- DESSONS, DRUT, DUBOIS, HERRARD, HUBICHE, LACOUR, MAIGROT, MONNERET, « Traité d'athlétisme : les courses. », édition n°3, Vigot, 1982.
- FARRELL P.A., WILMORE J.H., COYLE E.F., BILLINGS J.E., COSTILL D.L., « Plasma lactate accumulation and distance running performance. », Med., ScL, Sport, 1979.
- FLANDROIS R., Énergie de l'exercice musculaire chez l'homme. J.Physiol.Paris 1979.
- FOX E.L., MATHEWS D.K., « Interval training », traduit par MOTA P., BROWN P., LAHMY E., Édition Vigot, Paris, 1984.
- MARICHAUX P. ; MANDELLI J. « VO2max et performance », édition Shiron , 1990.
- KATCH V.L., MAC ARDLE W.D. , « Nutrition, masse corporelle et activité physique », 2^{ème} édition Vigot, 1987.
- MAC ARDLE W.D., KATCH V., « Physiologie de l'activité physique, Énergie, Nutrition et performance », 2^{ème} édition Vigot 1987.
- MAC DOUGAL J., WENGER H.A., GREEN H.J., « Évaluation Physiologique de l'athlète de haut niveau », Decarie et Vigot, 1988.
- MATVEIEV L.P., « Aspects fondamentaux de l'entraînement », Vigot, Paris, 1983.

- THODEN J.S., WILSON B.A., Mc DOUGAL J.D., « Evaluation de la capacité aérobie », In « Evaluation physiologique de l'athlète de haut niveau » Ed. Mc Dougal et All, Décarie, Vigot, 1988.
- THILL E., THOMAS r., « Manuel de l'Educateur Sportif », ed. Vigot 1989.
- WEINECK J., « Manuel de l'entraînement », éd. Vigot, Paris 1983.

REVUES

- ASTRAND P.O., RODAHL K., « La chaine de transport de l'oxygène, du facteur limitant l'endurance humaine », comptes rendus colloque St Etienne 1.
- RIKCI A., « Caractéristiques morpho-fonctionnelles des coureurs à pied ; profil du coureur », Médecine du travail, Medisport, juillet 1991, bimestre n°4.
- LEGER L., BOUCHER R., « An indirect continuous running multistage field test », the university of Montréal, track test. Can. Ap. Sp. Sci 1980.
- MARGARIA R., AGHEMO P., ROVELLI E., " Indirect determination of maximum O2 consumption in man", J.AP. Physiol. 1965.
- MERCIER D., LEGER L., « L'évaluation de la puissance aérobie-anaérobie maximale du coureur », track field J., 1982.
- PLATONOV V.N., « L'entraînement sportif, théorie et méthodologie », Ed. Revue EPS., Paris, 1988.
- STEPHAN H., « Bases physiologiques de l'entraînement », Colloque de demi-fond INSEP, Revue AEFA. 1979.
- VANDEWALLE H., FRIEMEL F., « Test d'évaluation de la puissance maximale des métabolismes aérobie et anaérobie », SCI. Et Sport, 1989.
- WEINECK J., « Manuel de l'entraînement », Ed. Vigot, Paris, 1983.