Détermination d'un test spécifique en badminton chez les joueurs de haut-niveau : comparaison avec un test progressif de course à pied

Christophe Hausswirth, Jean-Marc Vallier, Philippe Le Van, Bruno Reine, Philippe Limouzin, Christophe Jeanjean

▶ **To cite this version:**

Christophe Hausswirth, Jean-Marc Vallier, Philippe Le Van, Bruno Reine, Philippe Limouzin, et al.. Détermination d'un test spécifique en badminton chez les joueurs de haut-niveau : comparaison avec un test progressif de course à pied. Science & motricité : Revue scientifique de l'Association des Chercheurs en Activités Physiques et Sportives, 2002, 47, pp.41-55. hal-01688380

HAL Id: hal-01688380
https://insep.hal.science//hal-01688380

Submitted on 19 Jan 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Détermination d'un test spécifique en badminton chez les joueurs de haut-niveau : comparaison avec un test progressif de course à pied

Christophe Hausswirth[1],

Jean-Marc Vallier[2], Philippe Le Van[3], Bruno Reine[4],

Philippe Limouzin[5], Christophe Jeanjean[5]

L'adresse institutionnelle :

1 Laboratoire de biomécanique et physiologie, INSEP, 75012 PARIS

Le nom et l'adresse de la correspondance : Christophe HAUSSWIRTH, Laboratoire de Biomécanique et de Physiologie, Institut National du Sport et de l'Education Physique,
11, avenue du Tremblay, 75012 Paris, France
Téléphone : 33 1 41 74 43 85
Fax : 33 1 41 74 45 35
e-mail : christophe.hausswirth@insep.fr

1 Laboratoire de biomécanique et physiologie, INSEP, 75012 PARIS

2 Laboratoire d'ergonomie sportive et performance, Université de Toulon-Var

3 Département médical, INSEP

4 Laboratoire d'Informatique Appliquée au Sport, INSEP

5 Fédération française de badminton

Détermination d'un test spécifique en badminton chez les joueurs de haut-niveau : comparaison avec un test progressif de course à pied

Résumé

L'objectif de ce travail était de comparer deux tests physiologiques progressifs (course à pied sur piste *vs*. badminton) en terme de fréquences cardiaques (FC) et de lactatémies (La) enregistrées au cours et après les différents tests. L'ensemble des expérimentations a été effectué sur des joueurs de badminton de haut-niveau de pratique. Les valeurs de FC ont été relevées pour les neuf sujets au cours des deux tests. Les valeurs de consommation maximale d'oxygène ($\dot{V}O_2max$) et de seuil ventilatoire (S_V) ont été déterminées lors du test sur piste. Au cours de ces deux épreuves de courte durée (8-9 minutes), l'intensité de l'exercice était augmentée toutes les 30 secondes (i.e. 0,5 $km.h^{-1}$ toutes les 30 secondes en course à pied) jusqu'à l'arrêt de l'exercice. Les résultats ne révèlent aucune différence dans les durées d'exercice relevées lors des deux tests mais montrent une très bonne corrélation ($P<0.01$) du test de badminton avec le classement mondial des joueurs. Par ailleurs, ce résultat n'étant pas retrouvé lors du test de course à pied, on en conclut à une pertinence plus importance du test de badminton, activité nécessitant des déplacements et des sauts caractéristiques d'un mode de locomotion particulier.

Titre courant : Test progressif et badminton

Mots clés : Badminton – Fréquence cardiaque – Exercices maximaux – Lactatémie – Course à pied

Determination of a specific badminton test in high-level players: comparison with an incremental running field test

Abstract

The aim of the present study was to compare two incremental tests (track run *vs*. badminton) in terms of heart rate (HR) and lactatemias (La) recorded during and after the different tests. Experiments as a whole were conducted on high-level badminton players. HR values were recorded on 9 players during the tests. Oxygen uptake ($\dot{V}O_2max$) values and the ventilatory threshold (V_T) were determined after the track running test. During the both testing procedure of short duration (8-9 minutes), the level of the exercise was increased each 30 seconds (e.g. 0,5 $km.h^{-1}$ each 30 seconds in running) until exhaustion. Results revealed no difference in total duration of exercise but showed a high correlation ($P<0.01$) between the badminton test and the world ranking of the players. In other respects, this result was not determined for the running test; we conclude that the badminton test was more accurate than a classic running test for badminton high-level players. This activity should linked many specific ways of moving on the court including characteristics jumps which reflects a particular locomotion.

Running head: Incremental test and badminton

Key words: Badminton – Heart rate – Maximal exercises – Lactatemia – Running

Introduction

L'aptitude physique d'un individu comprend plusieurs composantes ; dans ce cadre, de nombreuses études ont pu montrer que la consommation maximale d'oxygène ($\dot{V}O_2max$) est un bon indice de l'aptitude bioénergétique aux exercices sollicitant prioritairement la source d'énergie aérobie. Cependant, il est bien établi qu'aucune variable physiologique isolée ne peut être un indicateur unique associé à la performance réalisée au cours de la réalisation de sports intermittents tel que le badminton (Lei, Deng, & Lu, 1993). Le badminton est un sport technique qui demande un apport énergétique important. Une excellente condition physique est nécessaire pour conserver une position optimale sur le terrain tout au long des matches. A haut-niveau de performance, le badminton nécessite l'intervention étroite des systèmes aérobie et anaérobie, leur implication dépendant de la nature des matches (long ou court), de la durée des phases de jeu (sets de longue ou courte durée). Ce sport, grandissant en terme de popularité, a été officiellement inclus dans le programme des jeux olympiques de Barcelone en 1992. En dépit du nombre grandissant de joueurs internationaux, les recherches associées à la performance des joueurs de badminton restent peu nombreuses dans la littérature scientifique (Docherty & Boyd, 1982 ; Majumdar, Khanna, Malik, Sachdeva, Arif, & Manchal, 1997).

Des investigations scientifiques (Mader, Liesen, Heck, Philippe, Schuerch, & Hallmann, 1976 ; Keul, Dickhut, Berg, Lehmann, & Hubert, 1981) ont pu démontrer l'insuffisance des tests standardisés pratiqués sur ergocycle ou tapis roulant afin de prédire avec une grande précision de mesure la performance dans différents sports. Pour les sports cycliques dont les ergomètres de laboratoire existent, des relations entre la performance réalisée en laboratoire et celle obtenue en compétition sont souvent relatées (Nicholson & Sleivert, 2001) ; c'est le cas des ergomètres d'aviron mais également de cyclisme. Pour les sports impliquant des mouvements non-rythmiques – comme le tennis, le squash ou encore le

badminton – les relations entre la performance réalisée en compétition et les tests d'évaluation en laboratoire semblent peu envisageables du fait du caractère plurifactoriel composant ces activités (aspects techniques, stratégiques, modalités spécifiques du déplacement et des récupérations…). Ces conclusions ont conduit quelques chercheurs à mettre en place des estimations valides des déterminants physiologiques de la performance en squash (Steininger & Wodick, 1987 ; Chin, Wong, So, Siu, Steininger, & Lo, 1995). Un système de programmation spécifique contrôlé par des diodes lumineuses intermittentes a été mis en place par Steininger & Wodick (1987) ; l'allumage des diodes correspondait à l'attaque de l'adversaire en jeu de squash. Les résultats de cette étude n'ont montré aucune corrélation significative entre les valeurs physiologiques obtenues lors du test de terrain et celles enregistrées à partir d'un test triangulaire conduit sur tapis roulant ($r = 0,52$, $P>0,05$). Ces auteurs conclurent à la spécificité du test de squash et à l'inexactitude de la relation entre le test de laboratoire et la performance en situation de jeu. Comparativement à l'activité de squash, la préparation physique des joueurs de badminton se fait soit en course à pied à des intensités de course précises établies à partir des tests de laboratoire effectués sur tapis roulant, soit au moyen de déplacements spécifiques au badminton effectués sur le terrain mais sans contrôle précis de l'intensité.

L'objectif de cette étude était de développer un test d'évaluation bioénergétique de terrain spécifique à l'activité badminton afin d'utiliser les résultats de ce test pour fixer l'intensité d'une séance de préparation physique effectuée sur le terrain de badminton. Dans ce cadre, notre hypothèse de travail était d'établir une corrélation d'ordre physiologique entre un test spécifique terrain et un test « classique » de course à pied réalisé sur piste.

Matériels et méthodes

Sujets.

Les sujets de cette expérimentation étaient au nombre de neuf, de sexe masculin (âge : 23,1 ± 3,8 ans ; masse : 71,1 ± 6,8 kg ; taille : 179,5 ± 5,4 cm), tous membres de l'Equipe de France de Badminton (simple, double). A l'examen clinique de pré-inclusion, chaque sujet n'a présenté aucune contre-indication médicale à la pratique des tests avec notamment un examen médical et biologique propre à l'Institut National du Sport et de l'Education Physique (INSEP). Afin de participer à cette étude, ils ont été informés de la nature des possibles problèmes associés à l'expérimentation. Tous les sujets étaient volontaires et motivés par la réalisation de l'expérimentation.

Test sur piste.

Les neuf sujets ont réalisé une épreuve maximale de détermination de la vitesse maximale aérobie (VMA) sur piste. Au cours de ces tests, les paramètres gazeux et respiratoires étaient enregistrés pendant toute la durée des tests au moyen d'un système télémétrique de type Cosmed $K4_{RQ}$® (Rome, Italie) validé scientifiquement (Hausswirth, Bigard, & Le Chevalier, 1997). La consommation d'oxygène ($\dot{V}O_2$), le débit ventilatoire ($\dot{V}_E$) et la fréquence respiratoire (FR) ont été les principaux paramètres pris en considération. Après un échauffement de 6 minutes à 10 $km.h^{-1}$, l'épreuve débutait à 11 $km.h^{-1}$ puis était incrémentée de 0,5 $km.h^{-1}$ toutes les 30 secondes, c'est-à-dire de 1 $km.h^{-1}$ toutes les minutes en moyenne. Nous avons pu vérifier pour chaque individu l'atteinte des critères de $\dot{V}O_2max$ proposés par Astrand & Rhyming (1954), i.e. une atteinte d'un plateau de $\dot{V}O_2$ malgré une augmentation de l'intensité de l'exercice, une fréquence cardiaque correspondant à 90% de la fréquence cardiaque maximale théorique, un quotient respiratoire supérieur à 1,08, et une lactatémie post-exercice supérieure ou égale à 8 mM. La lactatémie pré et post-exercice a été analysée à partir de l'appareil Lactate Pro® (Arkray - Monitor, Anglet, France) validé

récemment par Dyne, Boston, Martin, & Logan (2000). La vitesse maximale aérobie était la vitesse la plus élevée complètement réalisée par les sujets. Le seuil ventilatoire a été obtenu d'après la méthode de calcul proposée par Beaver, Wasserman, & Whipp (1986), méthode basée sur la recherche systématique du point de rupture de la relation $\dot{V}CO_2/\dot{V}O_2$. Tous les tests ont été réalisés aux mêmes instants de la journée, après un repas standardisé. Les sujets n'ont pas effectué d'entraînement épuisant dans les deux jours précédant le test.

Test sur terrain de badminton.

Description fonctionnelle du dispositif.

Un tableau lumineux piloté par informatique a été élaboré par le Laboratoire d'Informatique Appliquée au Sport de l'INSEP (B. Reine). Le dispositif est constitué d'une plaquette rectangulaire de 30 x 20 cm, où sont disposées 6 diodes lumineuses. Cette plaquette est accrochée sur le filet orientée vers le joueur. Chaque diode correspond à un emplacement sur le terrain (figure 1). L'allumage, la séquence d'allumage et la durée d'allumage de ces diodes sont pilotés par un logiciel spécifique. Le joueur est positionné initialement au centre du terrain (rond B). Au premier allumage d'une des diodes, il se déplace vers la zone correspondante sur le terrain et exécute un coup de raquette sans volant, puis se replace au centre du terrain. L'extinction de la première diode entraîne l'allumage d'une deuxième qui indique au joueur de se déplacer dans la zone correspondante. L'allumage de ces diodes s'enchaîne ainsi jusqu'à la fin du test. L'allumage des diodes lumineuses se fait selon une séquence programmée que l'expérimentateur détermine avant la passation du test. Par exemple, la séquence suivante 5163 indique que le joueur se déplacera successivement vers la zone 5, la zone1, la zone 6 et la zone 3 du terrain. Entre chaque zone, le joueur testé a la consigne de repasser par le centre du terrain (rond B). A la fin de la séquence, le joueur recommence son déplacement vers la zone indiquée au début de la séquence et ainsi de suite. Un nombre important de séquences ont été testées en pré-expérimentation dans le but de ne retenir que la séquence la plus pertinente pour les évaluations. La durée d'allumage des

diodes détermine la vitesse de déplacement du joueur. Cette durée est fonction du palier et des zones de déplacement du joueur.

L'expérimentateur indique pour chaque palier le temps d'allumage d'une diode. Cette durée correspond au temps de déplacement le plus long pour un changement de zone. Le changement de zone le plus long correspond à un déplacement du joueur de la zone 1 à la zone 6 ou de la zone 2 à la zone 5 (déplacement en arrière sur la plus longue distance). Le temps d'allumage des diodes pour les autres changements de zones est multiplié par un coefficient qui rend compte de la vitesse de déplacement des joueurs d'une zone à une autre (e.g. il faut deux fois plus de temps pour un joueur pour se déplacer de la zone 1 à la zone 6, que de la zone 6 à la zone 3).

Réalisation technique du dispositif lié au test.

Le dispositif lié au test est constitué d'un dispositif électronique et d'un logiciel qui fonctionne sur ordinateur PC dans l'environnement Windows. Le choix du pilotage du système par un ordinateur a permis de mettre au point et d'adapter plus facilement le logiciel, notamment dans la phase d'élaboration des protocoles de tests. Le test a nécessité un ordinateur portable, un câble de 10 mètres, et un dispositif de visualisation.

La partie électronique était pilotée à travers une interface standard, l'interface parallèle du PC. Le dispositif de visualisation était quant à lui relié par un câble au micro-ordinateur.

Le logiciel de pilotage du test a été élaboré pour fonctionner dans l'environnement des systèmes d'exploitation Windows PC. Le logiciel est développé en langage de programmation C++. Ce logiciel prend comme entrée un certain nombre de paramètres comme les séquences d'allumage des diodes, les zones à atteindre, la durée des paliers, la durée d'allumage des diodes par palier. Ces paramètres peuvent être sauvegardés et retrouvés avant le passage d'un test par un sujet. L'exécution du programme réalise l'allumage et le séquençage des diodes en fonction des paramètres entrés. De plus, des coefficients ont été déterminés d'après des mesures de la durée des déplacements des joueurs en situation réelle

de jeu. Ces mesures ont été faites à partir d'enregistrement vidéo de matches de compétition (i.e. championnats du monde 2000).

Protocole.

Les neuf joueurs de l'Equipe de France ont été soumis à un test triangulaire mené jusqu'à épuisement et dont la séquence de déplacement fut réalisée par les entraîneurs de l'INSEP (C. Jeanjean et P. Limouzin). Après plusieurs sessions de pré-tests, la séquence retenue fut la suivante : « 2 3 5 6 1 4 1 5 6 5 1 2 6 4 2 1 6 5 3 1 ». L'incrément entre chaque palier était fixé toutes les 30 secondes, et ce pour une variation d'allumage de 50 ms entre chaque palier. Après un échauffement standardisé en situation de jeu, le début de l'épreuve était fixé à 3000 ms pour le premier palier. Le second palier de 2950 ms intervenait donc au bout de 30 secondes de test. Le test était arrêté lorsque le joueur n'avait plus le temps de se déplacer d'une zone à une autre et lorsque le geste était dégradé de façon manifeste. La fréquence cardiaque a été enregistrée durant toute la durée des tests et des prélèvements sanguins au lobule de l'oreille étaient réalisés avant, à la fin et 3 minutes après le test dans le but de mesurer la lactatémie.

Statistiques

La passation des tests (piste ou terrain) a été tirée au sort par les sujets afin de ne pas introduire un effet d'ordre. D'autre part, plusieurs phases d'apprentissage au test de terrain ont été réalisées pour ne pas induire un biais de type « habileté spécifique » lors des évaluations.

La vitesse au seuil ventilatoire a été obtenue à partir d'une extrapolation des différentes valeurs encadrant cette zone de travail. Plusieurs paramètres ont été associés à cette intensité, à savoir le fréquence cardiaque et la consommation d'oxygène, mais également le débit ventilatoire.

Les valeurs représentent la moyenne ± l'écart type à la moyenne. La comparaison entre les différents indices obtenus a été réalisée à partir d'un test paramétrique pour des échantillons

appariés (*t de Student*). Une analyse de régression nous a permis d'estimer le coefficient de corrélation. Le seuil significatif a été fixé à $p<0.05$.

Résultats

Les résultats de ce travail ne révèlent aucune différence significative dans les durées d'exercice relevées lors des deux tests (voir tableau 1). Les valeurs de $\dot{V}O_2max$ étaient de 62,8 $mL.min^{-1}.kg^{-1}$ pour l'ensemble de la population testée sur le test de course. Les résultats montrent une FCmax significativement plus élevée lors du test de course comparée au test de badminton. A l'inverse, les lactatémies post-exercise et 3 minutes après l'exercice étaient significativement plus importantes lors du test de badminton en comparaison avec le test de course à pied (tableau 1).

Les valeurs de FC sont significativement plus faibles lors du test de course et ce jusqu'au palier 5 (figure 2). Cette différence est significative également pour FCmax en faveur d'une valeur moyenne plus faible pour le test de badminton ($p<0.05$). En récupération, toutes les valeurs enregistrées (1, 2 et 3 minutes) sont significativement plus faibles après le test de badminton en comparaison avec le test de course ($p<0.01$).

Aucune corrélation positive n'a été montrée entre l'ordre de classement mondial 2001 et la moyenne des facteurs de performance obtenue lors du test de piste (figure 3).

Une corrélation positive a été déterminée ($p<0.01$, r=0,88) entre l'ordre de classement mondial 2001 et le facteur de performance en badminton, relevé lors du test (figure 4).

Nous avons pu relever également une corrélation positive ($p<0.01$, r=0,99) entre les valeurs moyennes de consommation d'oxygène mesurées lors du test triangulaire de course à pied (piste) et celles extrapolées à partir de la fréquence cardiaque mesurée lors du test de badminton (figure 5).

Discussion

La validité des tests de laboratoire et/ou de terrain obtenue à partir d'ergomètres spécifiques est incontestable à ce jour dans les sports impliquant des mouvements simples, rythmiques comme en cyclisme, en aviron ou en course à pied. Ces tests sont moins pertinents dans les sports où les informations à traiter sont plurielles, ainsi que dans les sports non-rythmiques dans lesquels les changements d'allure et différentes vitesses de réaction sont mises à contribution dans le mouvement à effectuer. Ce manque de validité lié aux difficultés d'interprétation est due principalement à la simplicité des tests pratiqués. Pour des activités plus spécifiques comme le badminton la nature de la performance dépend de plusieurs paramètres incluant la vitesse de déplacement, la précision des coups joués, la hauteur des sauts effectués, la rapidité d'exécution du geste associé aux différents changements de direction ainsi qu'à la diversité des coups. Depuis les travaux de Chin et al., (1985), les tests de terrain pour les sports de raquettes, plus spécifiquement pour le badminton, sont devenus plus prédominants. Cependant, la faible corrélation entre les données obtenues à partir de tests classiques de terrain et le classement mondial des joueurs ($r = 0{,}65$, $p>0.05$) indique qu'il y a des facteurs essentiels responsables du succès chez les joueurs de badminton de haut-niveau ; ces facteurs incluent des habiletés techniques et perceptives, des jugements tactiques et mentaux sur le court (Roper, 1985).

La part de l'évaluation devient donc primordiale lorsque l'activité ne répond plus aux critères classiques et continus de dépense énergétique. De ce fait, le test mis en place a été développé pour tenir compte de la capacité du joueur à répondre aux éventualités de jeu retrouvées lors d'une situation réelle de match de badminton. La forte corrélation obtenue entre le temps limite obtenu lors du test de badminton et le classement mondial des joueurs français ($r = 0.90$; $p<0.05$, figure 4) renforce le fait que les habiletés requises pour atteindre une durée importante sont liées à l'expertise ainsi qu'au niveau du joueur. Concernant les valeurs de lactatémies, nous avons pu montrer que le test de badminton induit une lactatémie

post-exercice significativement plus élevée que celle observée lors du test de course à pied (tableau 1). Ces valeurs concordent complètement avec celles de 10,4 mM relevées à la fin d'un test spécifique de badminton (Chin et al., 1995). De plus, ces valeurs sont également plus élevées une minute après l'arrêt du test. Ces résultats peuvent s'expliquer par un éventuel recrutement musculaire plus important lors du test de badminton en comparaison avec le test de course (Steininger & Wodick, 1987). Ces valeurs plus élevées après le test de badminton peuvent également rendre compte d'une motivation plus importante en phase terminale pour réaliser le geste bien que le déplacement soit rapide. Ces joueurs « élite » sont davantage habitués à se dépasser dans des circonstances peu éloignées de leur condition de jeu comparée à un exercice de course à pied qu'ils ne pratiquent que deux fois par semaine en période d'entraînement. Ces résultats de lactatémies peuvent aussi servir indirectement de critères d'atteinte de consommation maximale d'oxygène lors du test triangulaire de badminton. Un autre critère d'atteinte est la fréquence cardiaque obtenue en phase terminale de test (tableau 1). Nous avons pu montrer que la fin du test de badminton est obtenue pour une fréquence cardiaque de 188 batt.min^{-1} en comparaison avec les 193 batt.min^{-1} enregistrés à la fin du test de course (p=0.025). Par conséquent, le test de badminton sollicite une FCmax significativement moins importante que le test course. Cela peut s'expliquer par les doubles contraintes techniques et visuelles pour lesquelles le déplacement est associé. Les joueurs doivent non seulement repérer l'allumage de la diode et y associer l'endroit où ils doivent se déplacer, et d'autre part sont obligés d'effectuer un geste différent en fonction de la position où ils se trouvent (coup droit « sauté » pour les coups en fond de court). La complexité des situations proposées associée à la diversité des coups à jouer dans un ordre logique mais dispersé font que les contraintes liées à la tâche à réaliser limitent l'atteinte de la fréquence cardiaque maximale enregistrée lors du test de course. Ces résultats ont été mis en évidence par Steininger & Wodick (1987) ; ces auteurs ont pu montrer que lors d'un test triangulaire progressif de squash, les valeurs moyennes de FCmax étaient atteintes lors du test de

laboratoire en course à pied en comparaison avec le test spécifique sur le terrain de squash. Le second facteur d'explication concernant ces différences de FCmax est dans l'interprétation de l'évolution de la fréquence cardiaque tout au long des deux tests (figure 2). En effet, bien que les durées des deux tests ne soient pas significativement différentes (cf. tableau 1), la dépense énergétique totale est plus importante lors du test de badminton comparée au test de course, comme en témoignent les valeurs significativement plus élevées de fréquence cardiaque en badminton jusqu'au palier 5. Du palier 6 au palier 8, les valeurs de FC entre les deux tests ne sont pas significativement différentes, la différence devenant de nouveau significative lors du dernier palier (i.e. palier 9). La moindre FCmax obtenue lors du test de badminton *vs*. le test de course tient donc également au fait que la fréquence cardiaque relevée avant l'atteinte du seuil ventilatoire est toujours plus importante lors du test de badminton, provoquant de ce fait une atteinte plus précoce de la FCmax. Bien que la fréquence cardiaque moyenne obtenue lors du test de badminton est de 178,4 batt.min^{-1} contre seulement 169,2 batt.min^{-1} pour le test de piste, les valeurs relevées en récupération passive montraient des données significativement plus élevées après la course à pied en comparaison avec les valeurs enregistrées après le test de badminton (figure 2) : ceci est vérifié 1 minute, 2 minutes et 3 minutes après l'arrêt de l'exercice. Ceci peut être expliquer par la spécificité du test pratiqué : en effet, les joueurs « élite » étant davantage entraînés dans la modalité proche du jeu global, ils répondent avec une meilleure efficacité en récupération lorsqu'ils ont pratiqué au préalable un test qui se rapproche de leur modalité d'entraînement. De plus, le peu de séances de course à pied effectuées par semaine (n=2) font que ces joueurs ne sont pas physiologiquement capables d'avoir des récupérations aussi pertinentes que celles observées dans le test de badminton. La différence après 3 minutes de récupération est encore de l'ordre de 20 batt.min^{-1} (p<0,01). Ces résultats sont à rapprocher de ceux relevés par Steininger & Wodick (1987) : la spécificité du test de squash proposé par ces auteurs engendrait des récupérations post-exercice significativement plus importantes que celles enregistrées lors d'un test de

course à pied effectué sur tapis roulant. Ces auteurs mettent ces résultats au profit d'une préparation plus spécifique à la tâche motrice considérée, tâche reliée à un environnement plus habituel.

Si toutefois la FCmax est plus importante lors du test de course sur piste, les valeurs de lactatémies post-exercice sont plus significativement plus faibles que celles relevées lors du test de badminton (tableau 1 ; respectivement 8,9 mM *vs*. 10,4 mM). Ceci rend compte d'une spécificité des groupes musculaires engagés ainsi que d' une très forte motivation dans l'exécution d'un test nouveau relié à leur pratique habituel. De plus, bien que la fréquence cardiaque soit plus faible 3 minutes après pour le test de badminton, les valeurs de lactatémies sont encore significativement supérieures à celles relevées lors du test de course sur piste (respectivement 10,1 mM *vs*. 6,7 mM). Les différents déplacements liés au jeu (déplacements avant et arrière, appuis chassés, reprises d'appuis, sauts en fond de court…) font de ce test un exercice énergétiquement plus contraignant et peut faciliter une acidose métabolique plus précoce et ainsi provoquer l'arrêt de l'exercice. En relation avec ces résultats, Smekal, 1995) ont pu montré en tennis qu'il existait une corrélation positive entre les paramètres de FC et de lactatémies avec le nombre de coups frappés ; plus le nombre de coups était important et plus la lactatémie était élevée. En reliant ces résultats à notre étude, la modalité du test de badminton, induisant des séries de coups à vide, fait probablement augmenter la lactatémie pendant l'exercice qui se traduit par des valeurs plus élevées en post-exercice (*vs*. le test de course).

Dans notre étude, nous avons pu montrer qu'il n'y avait pas de corrélation ($p>0.05$; r=0,58, figure 3) entre le classement mondial obtenu lors de la saison 2001 et la moyenne des facteurs de performance identifiés à partir de la $\dot{V}O_2max$, de la $\dot{V}O_2$ calculée au seuil ventilatoire ainsi que de la vitesse aérobie maximale atteinte lors du test de course sur piste. Cette valeur moyenne rend compte du niveau d'aptitude aérobie moyen par joueur sur la période expérimentale. La performance en badminton identifiée à partir du classement sur une

saison n'est pas reliée aux facteurs de la performance maximale aérobie en course à pied. De ce fait, les tests continus en protocole court (i.e. palier de 1 minute) ne sont pas pertinents pour évaluer les capacités des joueurs de badminton : ces résultats ont été précédemment observés pour des joueurs de squash (Steininger & Wodick, 1987) ou des joueurs de tennis (Ferrauti, Bergeron, Pluim, & Weber, 2001). Ces auteurs ont pu mettre en évidence que les activités de « raquette » comme le tennis sollicitait de façon plus importance la glycolyse ainsi que la glycogénolyse, résultats appuyés par une plus forte stimulation su système sympatho-adrénergique lors de mouvements tennistiques comparés à un test continu de course à pied. C'est pourquoi en proposant un test de raquette plus proche du terrain les corrélations sont plus importantes (squash : $p<0.05$; r=0,90, Steininger & Wodick, 1987). Nos résultats obtenus lors du test de badminton (figure 4) objectivent une corrélation positive entre le niveau mondial des joueurs testés et la performance réalisée au test de badminton ($p<0.01$; r=0,88). Par conséquent, le test proposé montre qu'il est davantage relié au niveau de chacun comparé à un test de course sur piste. La prise en considération des paramètres du jeu (déplacements, sauts …) assure la pertinence du test de badminton et se rapproche ainsi de la réalité de cette activité.

La consommation d'oxygène, estimée sur le terrain de badminton à partir de la fréquence cardiaque mesurée pendant le test et de la relation $FC/\dot{V}O_2$ établie à partir du test sur piste donne une valeur moyenne identique à celle réellement mesurée ($p<0.01$; r=0,99, figure 5). Ces valeurs extrapolées ont été récemment proposées pour l'activité tennis comparée à la $\dot{V}O_2$ mesurée à partir d'un test de course à pied en laboratoire (Dansou, Oddou, Delaire, & Therminarias, 2001). Cependant, des fluctuations individuelles apparaissant selon les joueurs, la valeur extrapolée peut être minorée ou majorée par rapport à la valeur réellement mesurée. La FC mesurée sur le terrain inclut toutes les phases de déplacement, y compris les déplacements ponctués par des sauts plus exigeant d'un point de vue énergétique qu'une course continue sur piste. De plus, le travail actif des membres supérieurs associé à un

stress plus important (e. g. coût attentionel) lors du test de badminton devrait majorer la FC lors du test.

En conclusion, le test de badminton proposé semble solliciter $\dot{V}O_2max$ puisque la corrélation avec le test de course à pied à partir des valeurs extrapolées de $\dot{V}O_2$ est significative. Cependant, ce test correspondant à des exigences de déplacements différentes d'un test classique de course, les valeurs moyennes de FC sont plus élevées jusqu'au seuil ventilatoire environ (65% de $\dot{V}O_2max$) et des valeurs de lactatémies plus élevées sont relevées en récupération. La fiabilité du test est décrite par la forte corrélation existant entre la performance réalisée et le classement des joueurs eu niveau mondial, résultat non retrouvé pour le test de course sur piste. Cette étude vient donc compléter les différentes données déjà acquises dans le domaine du tennis et du squash. De nombreuses perspectives de travail peuvent être envisager à partir de ce type d'outil, en utilisant par exemple sur le court des analyseurs télémétriques des échanges gazeux respiratoires et évitant ainsi différentes extrapolations. D'autres modalités de tests sont donc à prévoir dans le but de venir conforter différents protocoles proches de l'activité.

Bibliographie

Beaver, W.L., Wasserman, K., & Whipp, B.J. (1986). A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *J Appl Physiol, 60*, 2020-2027.

Chin, M.K., Wong, A.S.K., So, R.C.H., Siu, O., Steininger, K., & Lo, D.L.T. (1995). Sport specific fitness testing of elite badminton players. *Br J Sports Med,* 29, 153-157.

Dansou, P., Oddou, M.F., Delaire, M., & Therminarias, A. (2001). Dépense énergétique au cours d'un match de tennis, du laboratoire au terrain. *Science et Sports, 16*, 16-22.

Docherty., D., & Boyd, D.G. (1982). Relationship of disembedding ability to performance in volleyball, tennis, and badminton. *Perceptual and motor skills, 54*, 1219-1224.

Ferrauti, A., Bergeron, M., Pluim, B.M., & Weber, K. (2001). Physiological responses in tennis and running with similar oxygen uptake. *Eur J Appl Physiol, 85*, 27-33.

Hausswirth, C., Bigard, A.X., & Le Chevalier, J.M. (1997). The Cosmed K4 telemetry system as an accurate device for oxygen uptake measurements during exercise. *Int J Sports Med, 18,* 449-453.

Keul, J., Dickhut, H., Berg, A., Lehmann, H., & Huber, G. (1981). Allgemeine and sport artspezifische Leistungsdiagnostik im Hochleistungsbereich. *Leitungssport, 11,* 382-390.

Lei, R.R., Deng, S.X., & LU L.F. (1993). Study on the physiological function, physical quality and mental characteristics of the Chinese badminton players. *Chin Sports Sci Technol*, *29*, 28-38.

Mader, A., Liesen, H., Heck, H., Philippe, H., Schuerch, P.M., & Hallmann, W. (1976). Zur Beurteilung der sportartspezifischen Leistung fahigkeit im Labour. *Sportarst und Sportmedizin, 27*, 80-88.

Majumdar, P., Khanna, G.L., Malik, V., Sachveda, S., Arif, M.D., & Manchal, M. (1997). Physiological analysis to quantify training load in badminton. *Br J Sports med, 31*, 342-345.

Nicholson, R.M., & Sleivert, G.G. (2001). Indices of lactate threshold and their relationship with 10-km running velocity. *Med Sci Sports Exerc, 33*, 339-342.

Pyne, D.B., Boston, T., Martin, D.T., & Logan, A. (2000). Evaluation of the Lactate Pro blood lactate analyser. *Eur J Appl Physiol, 82,* 1112-1116.

Roper, P. (1985). Badminton and the skills of the game. *Salisbury, Crowood press*.

Smekal, G., Baron, R., Pokan, R., Diminger, K., & Bachl, N. (1995). Metabolic and cardiorespiratory reactions in tennis-players in laboratory testing and under sport-specific conditions. *Wien Med Wschr, 145*, 611-615.

Steininger, K., & Wodick, R.E. (1987). Sports-specific fitness in squash. *Br J Sports Med, 21*, 23-26.

Paramètres	**Test sur piste**	**Test de badminton**	***p***
Consommation maximale d'oxygène, $\dot{V}O_2max$ ($mL.kg^{-1}.min^{-1}$)	62,8 ± 4,1		
Débit ventilatoire maximal, $\dot{V}Emax$ ($L.min^{-1}$)	147,9 ± 9,8		
Durée du test (secondes)	505 ± 75	487 ± 61	*NS*
Vitesse maximale aérobie ($km.h^{-1}$)	18,25		
Seuil ventilatoire, S_V ($mL.kg^{-1}.min^{-1}$)	40,2 ± 2,9		
% de $\dot{V}O_2max$ à S_V	64,0 ± 3,5		
Fréquence cardiaque maximale FC ($batt.min^{-1}$)	193,4 ± 5,8	188,3 ± 4,8	*0,025*
FC au seuil ventilatoire, ($batt.min^{-1}$)	157,1 ± 10,4		
% FCmax à SV	81,2 ± 6,8		
Lactatémie de repos, LA0 (mM)	1,0 ± 0,1	1,2 ± 0,1	*NS*
Lactatémie post-exercice, LA1 (mM)	8,9 ± 0,9	10,4 ± 1,1	*0,042*
Lactatémie 3 minute après, LA2 (mM)	6,7 ± 0,7	10,1 ± 0,9	*0,031*

Tableau 1 – Caractéristiques physiologiques et performances réalisées lors des deux sessions de tests triangulaires maximaux conduits sur piste et en badminton. Les valeurs sont

moyennées (± écart type). S_V=seuil ventilatoire calculé suivant la méthode de Beaver *et coll.* (1986). Le seuil statistique est fixé à $p<0,05$. NS=non significatif.

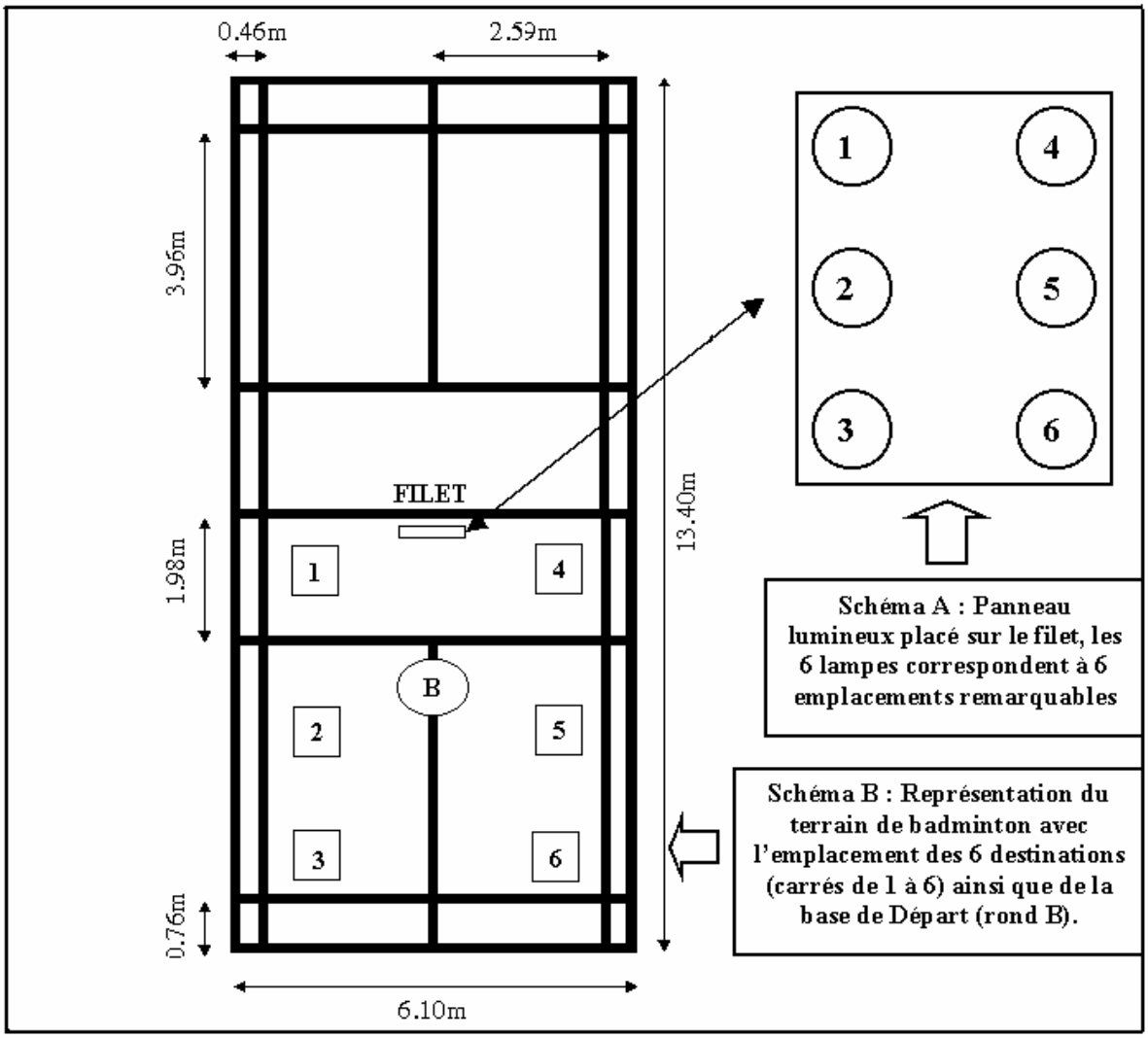

Figure 1. Schéma représentatif du tableau lumineux utilisé dans le cadre du test Badminton.

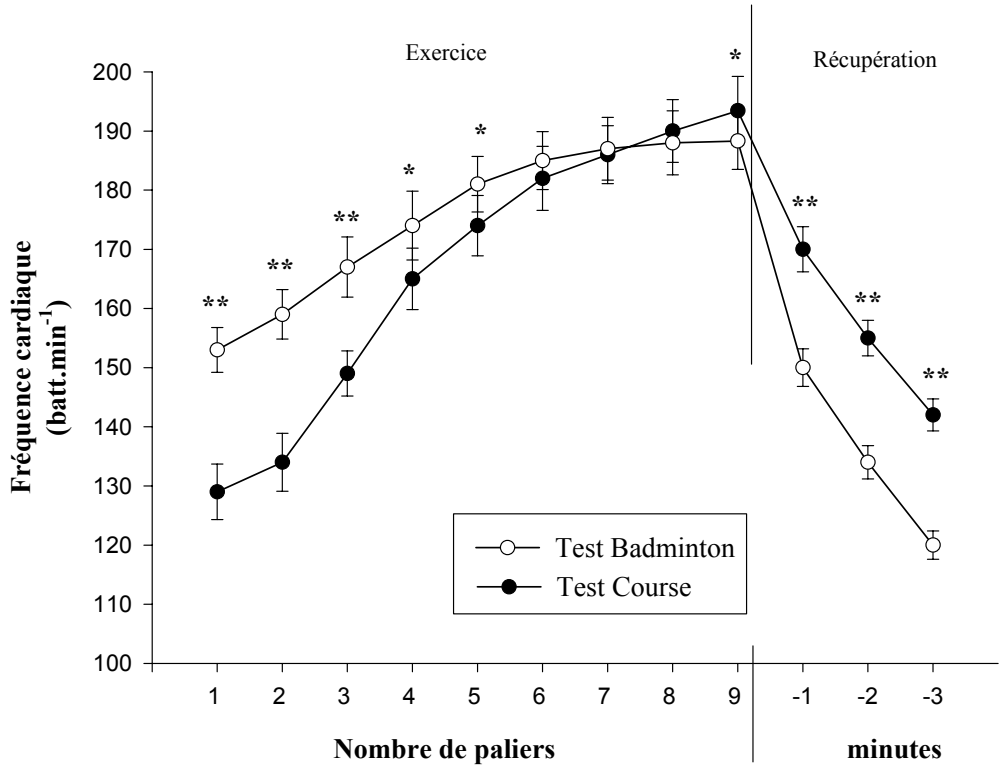

Figure 2. Valeurs de fréquence cardiaque obtenues lors des tests triangulaires de badminton et sur piste. Chaque palier de 1 minute comprend 2 sous-paliers de 30 secondes. Les valeurs indiquées sont donc les valeurs moyennes enregistrées sur 1 minute. De plus, ces valeurs sont moyennées ± écart type.

Différence significative avec le groupe correspondant * p<0,05, ** p<0,01.

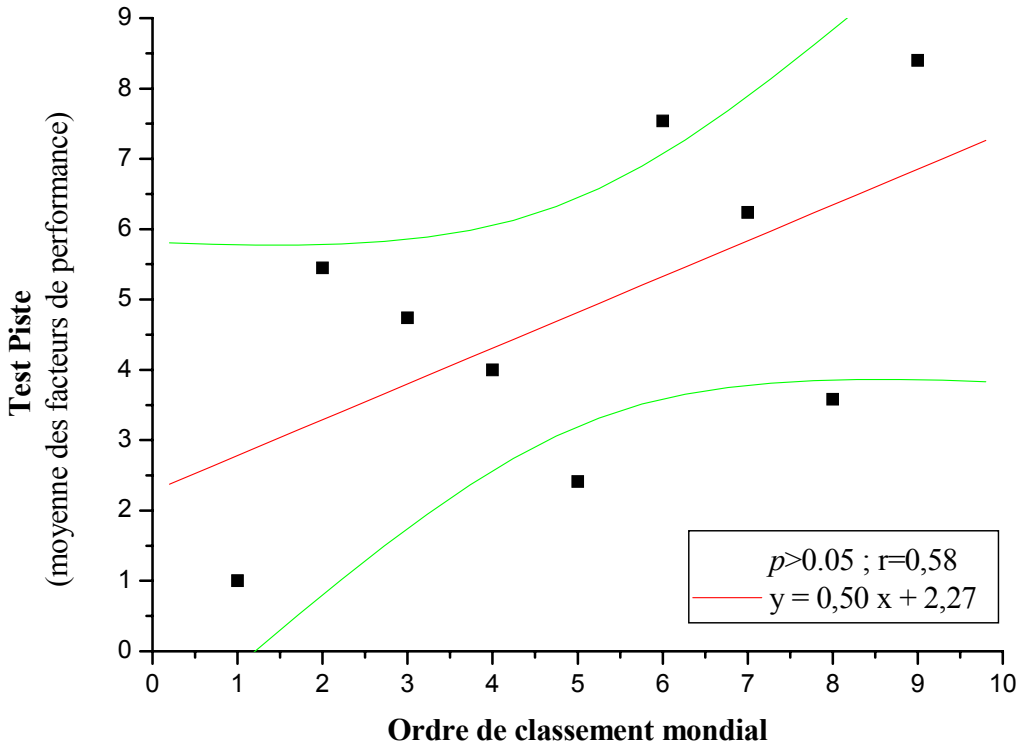

Figure 3. Corrélation entre le niveau mondial de chaque joueur (classement de 1 à 9 par rapport au rang mondial 2001) et la moyenne des facteurs de performance obtenue lors du test de piste ($\dot{V}O_2max$, vitesse aérobie maximale, vitesse au seuil ventilatoire).

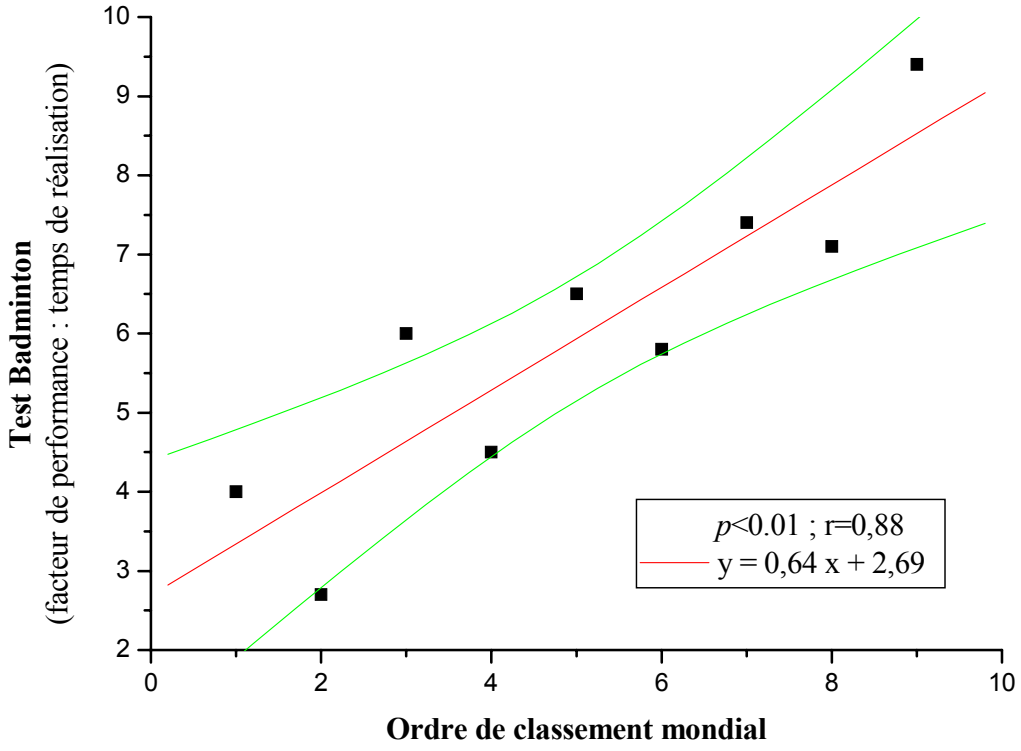

Figure 4. Corrélation entre le niveau mondial de chaque joueur (classement de 1 à 9 par rapport au rang mondial 2001) et le principal facteur de performance obtenue lors du test de badminton (temps de réalisation).

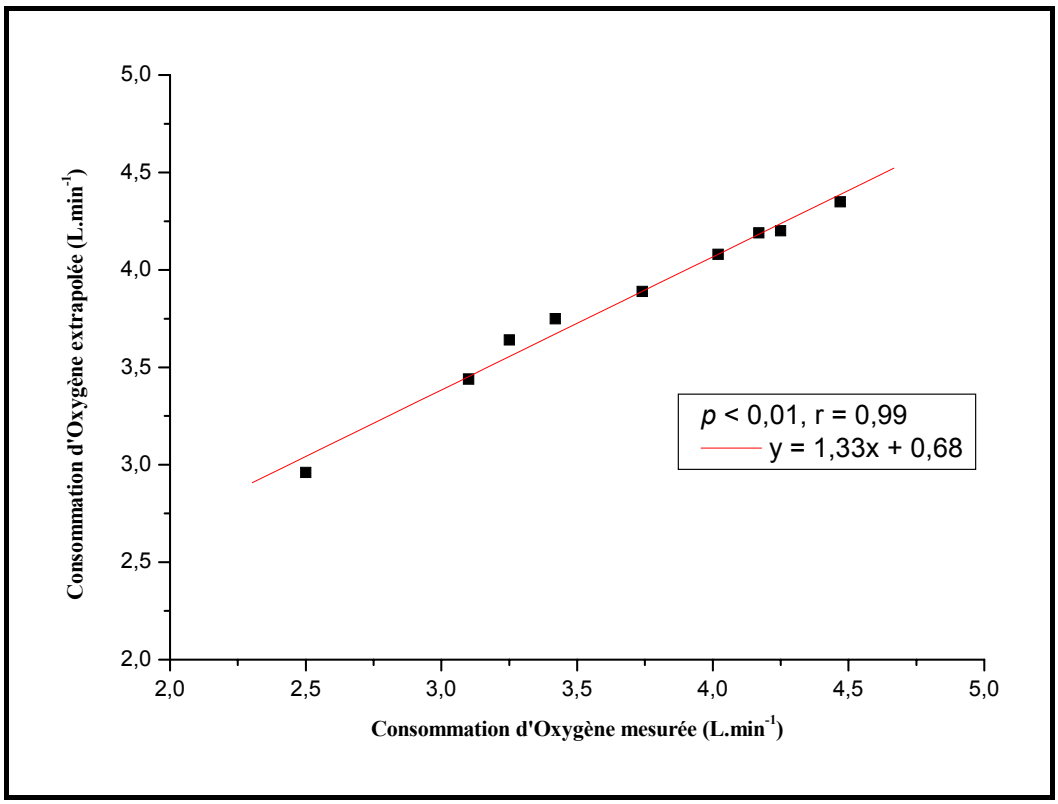

Figure 5. Corrélation entre les valeurs moyennes de consommation d'oxygène mesurées lors du test triangulaire de course à pied (piste) et celles extrapolées à partir de la fréquence cardiaque mesurée lors du test triangulaire de badminton (terrain).