

**Réflexion sur l'évaluation de qualités physiques
et le suivi des sportifs dans les structures de
haut niveau:**

**Bilans médicaux, épreuves d'effort en
laboratoire et tests de terrain,**

L'exemple du Handball



Martin Buchheit
Décembre 2003

Sommaire

Introduction	3
A. Analyse de l'activité	4
1. Exemple de démarche appliquée à l'activité Handball.....	4
1.1 Les indicateurs externes:	4
1.1.1 Distance parcourue.....	4
1.1.2. Représentation en nombre et en durée des différentes actions motrices.....	4
1.1.3. Rapport temps d'effort – temps de pause	6
1.1.4. Modalité des tirs conduisant à des buts.....	6
1.2. Les indicateurs internes.....	7
1.2.1. Fréquence cardiaque et lactates.....	7
1.2.2. Dépense énergétique	7
1.3. Bilan des facteurs physiologiques déterminant dans la performance en HB	10
1.4. Evaluation physique du handballeur	11
B. Suivi et évaluation des sportifs.....	11
1. Examen médical	11
1.1 Examen cardiologique.....	11
1.2 Examen morphologique	11
1.3 Exemple d'examen morfo-statique	12
2. L'épreuve d'effort	12
2.1 Présentation	12
2.2. Comparaison des paramètres recueillis: Ergocycle vs Tapis roulant.....	12
2.3 Coûts moyens des différentes interventions:.....	12
3. Les tests de terrain.....	15
3.1 Présentation	15
3.2 Coût financier des tests	17
C. Conclusions et propositions d'organisation	18
1. Coûts prévisionnels selon les propositions.....	18
2. Commentaires sur l'organisation du suivi	19
Glossaire	20
Bibliographie.....	21

Introduction

Dans le cadre du suivi des athlètes, la plupart des sportifs présents dans des structures sportives de haut niveau (Pôles France et Régionaux, Centre de formation...) sont amenés à effectuer régulièrement des bilans médicaux et des tests d'évaluation physique. Ces tests comportent une visite médicale, une épreuve d'effort dans un service spécialisé, et de divers tests de terrain. La fréquence de l'examen médical varie en fonction des structures et des disciplines, mais il semblerait que chaque athlète effectue en moyenne une à deux visites annuelles. Les épreuves d'effort sont réalisées à l'aide d'un appareillage sophistiqué exigeant d'être manipulé par un personnel qualifié (médecins, techniciens...), ce qui en explique leur coût élevé (env. 100€ par athlète). A l'inverse, les tests de terrain restent à l'initiative des entraîneurs et sont beaucoup plus abordables.

Les objectifs du suivi de l'athlète sont nombreux et répondent à des demandes diverses: en premier lieu, il s'agit de s'assurer que l'athlète ne présente aucune contre-indication à l'effort et la pratique du sport de haut niveau, et qu'il tolère correctement les charges d'entraînement. Ensuite, d'un point de vue physiologique, l'épreuve d'effort et les tests de terrain permettent de mesurer les capacités physiques des sportifs (VO_2 max, seuils ventilatoires, qualités de vitesse et détente...), parfois en vue d'une évaluation singulière (détection) mais plus souvent en vue d'évaluer les effets de l'entraînement et la progression des athlètes grâce notamment à la répétition des différents tests au fil de la saison ou des années.

Ainsi, plus loin que la fonction préventive de la visite médicale (bilan d'aptitude cardio-respiratoire), la mise en place de ces tests doit permettre aux entraîneurs d'obtenir des valeurs physiologiques précises servant de bases au travail physique à l'entraînement. Dès lors se pose la question de la pertinence des informations mesurées et recueillies lors de l'épreuve de l'effort en laboratoire et leur transversalité vis à vis des facteurs de la performance dans la discipline considérée. A l'inverse, bien que les nombreux tests de terrain permettent justement la mesure des qualités physiques des athlètes dans les conditions spécifiques de la discipline, l'absence d'un regard médical en limite également l'utilisation exclusive.

Ce document est ainsi une réflexion sur la pertinence, la place et l'apport des épreuves d'effort en laboratoire et des tests de terrain pour le suivi des athlètes et l'optimisation de la performance, illustrée ici dans le cas de l'activité Handball. Il s'agira ensuite de proposer des choix et une stratégie optimale permettant de répondre parallèlement aux obligations médicales et fédérales, et aux demandes des entraîneurs et préparateurs physiques, tout en tenant compte également des coûts financiers et des calendriers sportifs.

A. Analyse de l'activité

1. Exemple de démarche appliquée à l'activité Handball

De manière générale, l'optimisation de l'entraînement passe par la caractérisation des facteurs de la performance dans l'activité concernée, afin d'être en mesure de les développer spécifiquement de façon pertinente. Outre les facteurs technico-tactiques et psychologiques, des qualités physiques certaines sont indispensables pour atteindre le haut niveau.

Pour cerner ces qualités physiques spécifiques, une excellente connaissance de l'activité et une observation avisée sont indispensables. L'analyse en compétition des indices internes au sportif (fréquence cardiaque, lactates...) en parallèle des indices externes, tels que les durées d'effort, les temps de pause, les vitesses de course, le nombre de sprint, de sauts..., peuvent permettre une estimation des ressources énergétiques et des qualités physiques impliquées dans l'effort en Handball.

1.1 Les indicateurs externes:

1.1.1 Distance parcourue

Tableau 1. Estimation de la distance totale parcourue lors des matchs de l'équipe nationale espagnole lors des championnats du monde de 1982 (ref)

<i>Poste</i>	<i>Distance (m)</i>
Aile gauche	3557
Aile droite	4083
Arrière gauche	3464
Arrière droit	2857
Pivot	3531

D'autres études et analyses complètent ces données: 4151m en moyenne pour Grosgeorges (1990), 6500m pour Hamouda (1981) et enfin 5800 ± 500 m (Buchheit, 2000). A noter qu'en général, en seconde mi-temps, la fatigue aidant, les joueurs parcourent environ 10% de distance en moins.

1.1.2. Représentation en nombre et en durée des différentes actions motrices

Les tableaux 2 et 3 présentent distinctement les répartitions des principales actions motrices du handballeur lors d'un match, pour les trois profils de poste (Ailier, Arrières et Pivot). Il apparaît que l'activité se compose d'un très grand nombre d'actions brèves et explosives (1 contre 1, sprint, fixation, neutralisation défensive...), réparties sur une durée moyenne de l'ordre de 10% du temps de jeu total, alors que plus d'une demi-heure de jeu est finalement consacrée à des périodes à très faible intensité (marche, arrêt...).

Tableau 2. Récapitulatif de la représentation moyenne (\pm écart type) en nombre et en durée des différentes actions motrices du handballeur en fonction des postes lors de 7 matchs du championnat de France de première division (2001-2002). *Les abréviations sont reprises dans le glossaire.*

Postes / Actions	AILIERS		ARRIERES		PIVOTS / 3 de DEFENSE	
	Nombre d'actions	Tps total	Nombre d'actions	Tps total	Nombre d'actions	Tps total
Arrêt de position	90 \pm 43	6'30" \pm 3'37"	41 \pm 25	2'21" \pm 1'32"	49 \pm 30	02'38" \pm 2'15"
Arrêt passif	3 \pm 5	20" \pm 12"	4 \pm 3	33" \pm 26"	2 \pm 2	29" \pm 23"
Marche	227 \pm 61	26'09" \pm 9'25"	217 \pm 74	21'16" \pm 10'20"	111 \pm 40	8'24" \pm 3'49"
Course lente	75 \pm 19	4'18" \pm 1'25"	93 \pm 34	4'55" \pm 1'45"	73 \pm 19	3'29" \pm 1'10"
Course rapide	31 \pm 13	52" \pm 24"	20 \pm 11	31" \pm 16"	27 \pm 15	46" \pm 22"
Sprint	12 \pm 4.9	11" \pm 9"	5 \pm 2	5" \pm 4"	4 \pm 2	6" \pm 43"
Positio ^{nt} Off +	8 \pm 5	14" \pm 12"	8 \pm 4	14 \pm 12		
Positim ^{nt} Off -	30 \pm 13	1'08" \pm 41"	29 \pm 13	1'03" \pm 35"		
Engagement	31 \pm 25	22" \pm 18"	34 \pm 16	41" \pm 23"		
Fixation	16 \pm 10	9" \pm 6"	23 \pm 12	19" \pm 11"		
1 c 1	6 \pm 4	6" \pm 8"	10 \pm 8	12" \pm 6"		
Démarquage					14 \pm 10	22" \pm 13"
Montée au poste					17 \pm 9	18" \pm 10"
Bloc					31 \pm 23	1'06" \pm 50"
Ecran					4 \pm 2	5" \pm 3"
Passe	58 \pm 19	46" \pm 14"	104 \pm 26	1'42" \pm 49"	18 \pm 12	18" \pm 13"
Tir	5 \pm 2	11" \pm 7"	8 \pm 7	13" \pm 11"	3 \pm 2	4" \pm 2"
Rentrée de joueur	5 \pm 2	9" \pm 5"	5 \pm 4	8" \pm 6"		
Dép ^{nt} Deff a/ Contrôl	30 \pm 12	46" \pm 23"	65 \pm 31	2'57" \pm 1'16"	72 \pm 26	4'50" \pm 4'20"
Dép ^{nt} Deff s/ Contrôl	77 \pm 13	3'01" \pm 1'30"	86 \pm 24	5'03" \pm 2'22"	52 \pm 38	2'23" \pm 2'10"
Dissuasion	23 \pm 15	27" \pm 20"	11 \pm 3	13" \pm 9"	2 \pm 0	3" \pm 2"
Neutralisation	5 \pm 2	8" \pm 6"	12 \pm 8	22" \pm 18"	9 \pm 6	16" \pm 11"
Contre	2 \pm 1	2" \pm 2"	4 \pm 3	6" \pm 3"	8 \pm 5	11" \pm 6"

(D'après le travail d'étude d'Emmanuel Dott, maîtrise Staps, Strasbourg, septembre 2002).

Tableau 3. Données complémentaires sur les actions de jeu relevées en match

ACTIONS / AUTEURS	Gallet (2001) (1 mi-temps d'une joueuse)	Grossgeorges (1990) (Match complet)	Hamouda (1981) (Match complet)
Engagements forts	(14)		
Débordements ac dribble	(4)		
Débordements ss dribble	(16)		
Démarrages		44	
Changements rythmes		190	
Changements directions		279	
Sauts		79	24-26
Réception de balles		90	
Passes	(43)	177	102
Tir	(12)	8.8	12

1.1.3. Rapport temps d'effort – temps de pause

Tableau 4. Valeurs moyennes de la durée d'un effort et de la récupération y faisant suite lors de matchs de niveau national et international.

	<i>Durée d'effort</i>	<i>Durée de pause</i>
Alexander (1989)	9"	10"
Buchheit (2000)	12" ± 63	9" ± 5"
Gallet (2001)	Tps d'attaque moyen: 18"	
Nombres d'attaque d'une durée : ...	0 à 5": 3	
	5 à 10": 5	
	10 à 15": 9	
	15 à 20" : 9	
	20 à 30": 7	
	> 30": 4	

1.1.4. Modalité des tirs conduisant à des buts

La figure 1 montre la répartition des tirs lors des championnats du monde de 2001. On observe ainsi que la moitié des tirs effectués (contre attaques, tir à l'aile..., ou tir de loin) font appel à des qualités de vitesse (montée de balle, contre attaque) et d'explosivité importantes (détente et vitesse de tir pour shooter de loin).

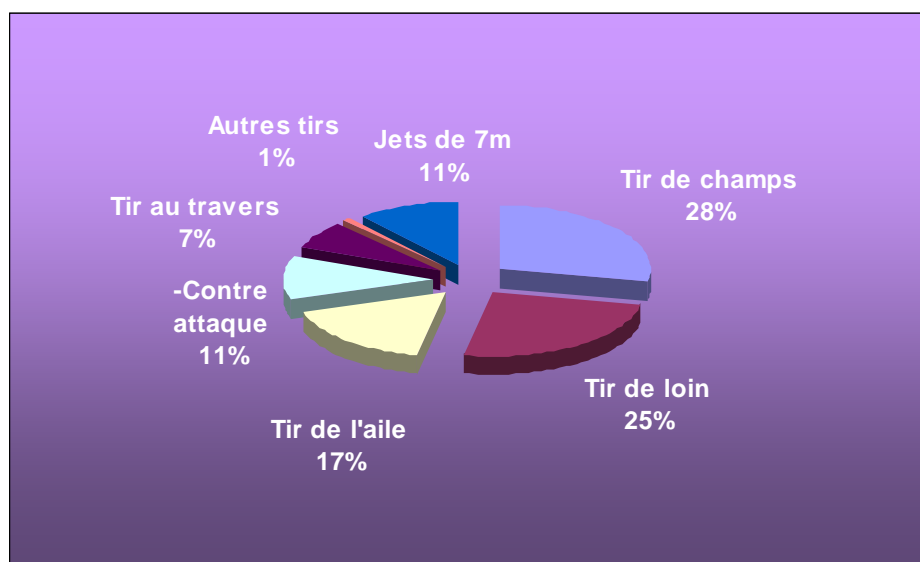


Figure 1. Répartition des tirs réussis lors des championnats du monde 2001.

1.2. Les indicateurs internes

1.2.1. Fréquence cardiaque et lactates

L'observation des indices physiologiques tels que la fréquence cardiaque ou les taux de lactates sanguins (Tableau 5) permettent d'estimer l'intensité de l'effort soutenu par l'organisme, et ainsi nous informe sur les processus énergétiques mis en jeu lors d'une compétition (Tableau 5, Figures 2, 3 et 4).

<i>Auteurs</i>	<i>FC moyenne</i>	<i>% FC max</i>	<i>Lactates (mmoles)</i>
Bolek et Liska (1981)	176.5 ± 8		
Delamarche (1987)	176 +/- 13	90	4 à 9.3
Lupo (1996)		145 -190	< 4
Colli (1997)			9 +/- 1.8
Loftin (1996)	183.1 ± 10	85 dont 67% > à 80 %	
Cuesta (1991)			10
Buchheit (2000)	172 ± 9	82 – 88 %	2 à 7.5

Tableau 5. Valeurs moyennes (\pm écart type) de fréquence cardiaque et de concentration sanguine en lactate relevées lors de match de niveau national.

1.2.2. Dépense énergétique

Les mesures de dépenses énergétiques effectuées lors de matchs de Nationale 3 masculine (Buchheit, 2003) par accélérométrie (RT3, Stayhealthy, USA) ont rapporté une valeur moyenne de 1354 ± 156 Kcal. Sachant qu'un homme sédentaire consomme quotidiennement 2500 Kcal en moyenne (Riché, 1998), la dépense équivalente à un match complet paraît assez conséquente (1/2 de la dépense de repos journalier (24h) lors d'un match (1h40 avec l'échauffement)).

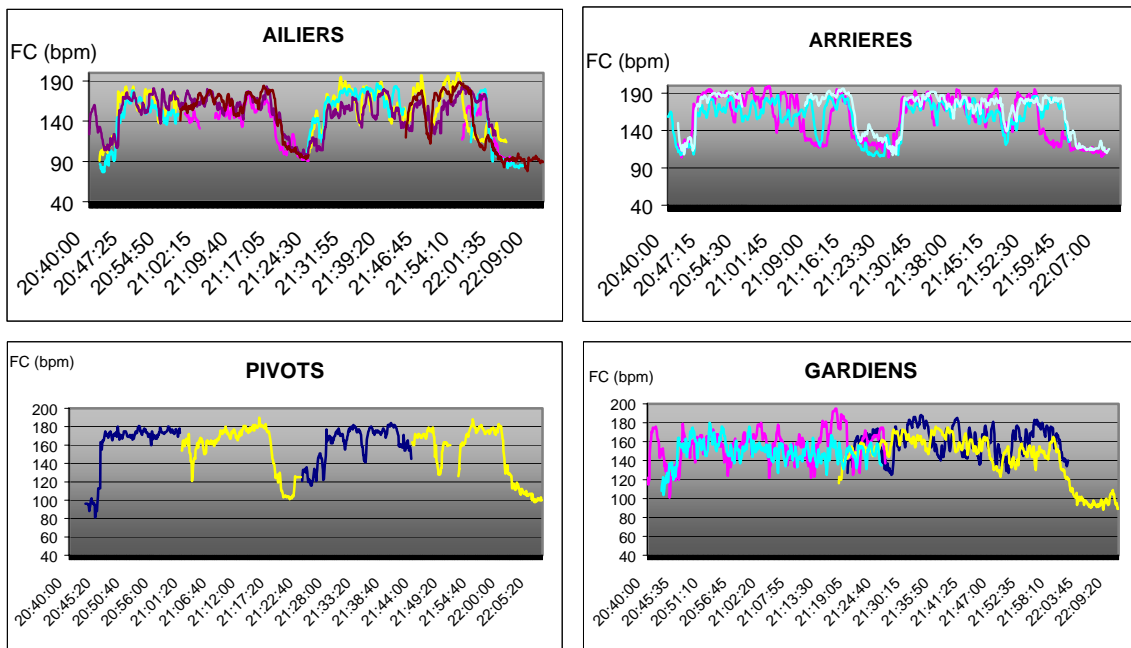


Figure 2. Tracés représentatifs de fréquence cardiaques relevées chez différents joueurs lors d'un match de championnat de France (N3 masculine, saison 2002-2003). Chaque couleur représente un joueur différent.

Remarques: les joueurs de champs atteignent quasiment tous une FC très proche de leur max lors du match (± 3 à 6 bpm).

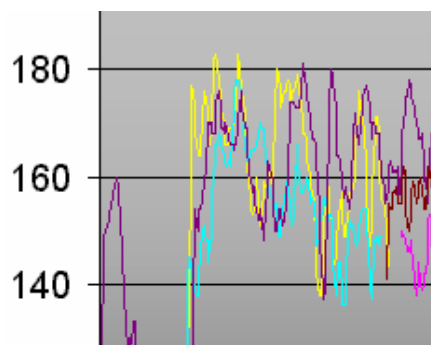


Figure 3. La nature intermittente de l'activité, mise en avant ici par le tracé de FC sur une période de 15min, requière ainsi de bonnes qualités de récupération à un niveau d'effort important ($> 90\%$ FC réserve). Chaque couleur représente un autre joueur.

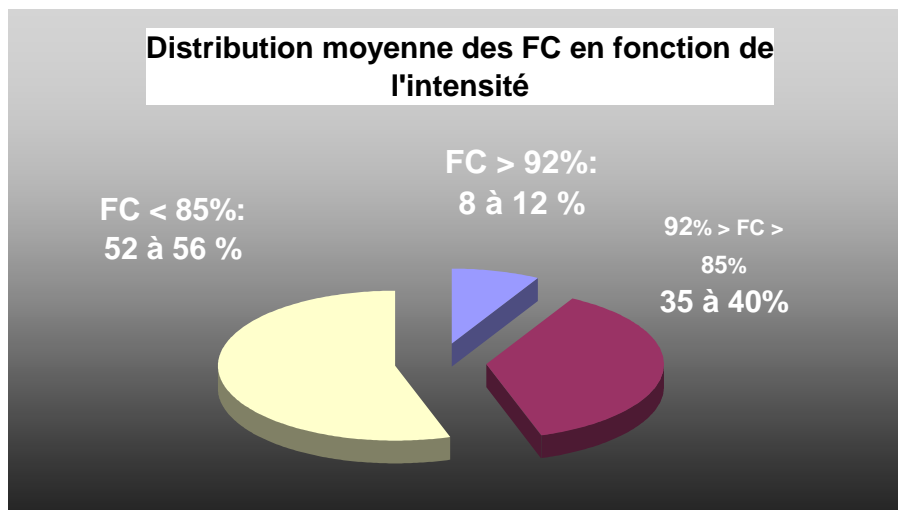


Figure 4. Les joueurs atteignent une intensité (FC > 92%) permettant de solliciter VO_2max pendant 8 à 12% du temps de jeu (Billat, 2001), ce qui représente entre 5 et 7 min pour un joueur effectuant toute la partie. Une intensité proche du seuil anaérobie (ou légèrement supérieure - 92% > FC > 85%) est ensuite soutenue pendant 20 à 25 min; la demi-heure restante étant composée des efforts de plus faible intensité (récupération essentiellement...).

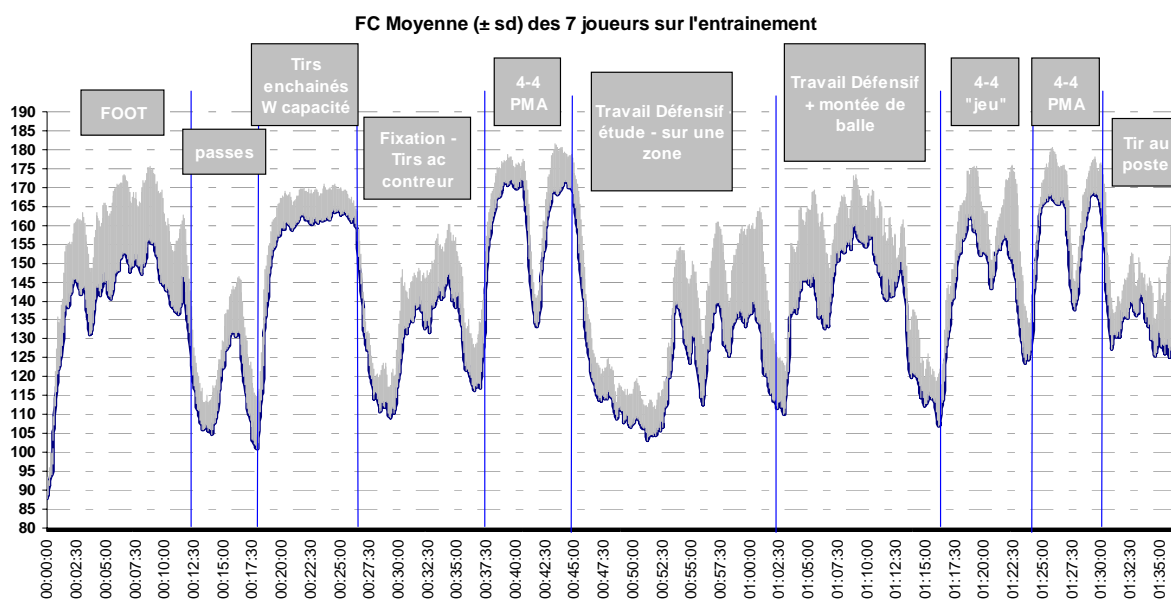


Figure 5. Exemples de fréquences cardiaques moyennes (± écart type) de 7 joueurs lors d'un entraînement en club (axée sur le développement de la PMA sous forme jouée). Ces séances, sollicitant en moyenne 65 à 72% la FC de réserve sur une durée totale de 1h35 à 2h, comprenant certaines périodes de jeu en continu (à 80-90% sur 10 à 15'), ce qui permet aisément le travail de la capacité aérobie.

1.3. Bilan des facteurs physiologiques déterminant dans la performance en handball

L'analyse des indicateurs exposés précédemment nous permet de tirer le bilan suivant sur les exigences physiologiques de l'activité:

- L'effort en handball se caractérise par une **alternance** d'un très grand nombre **d'actions très brèves et explosives** (+ de 300), entrecoupées de périodes plus calmes de **récupération** (d'une durée supérieure à 25' voire 30' au total !). (Tableau 2). Ces efforts brefs ne dépassent guère les 2-3 sec, et ne représentent qu'un temps total de 10% du temps de match.
- Ces efforts constituent les éléments déterminant de la performance, puisque c'est ici que se fait la différence en match (but marqué après un démarrage plus rapide, attaquant stoppé par le défenseur plus vif...). **Ces qualités devront donc être l'objet n°1 de la préparation physique.**
- D'un point de vue pratique, il s'agit donc de réaliser près de 300 actions explosives, tout en parcourant 4 km en une heure (Tableau 1). L'enjeu est donc bel et bien d'être capable de **réitérer ces efforts explosifs** dans le temps, en préservant la qualité (vitesse, précision) et l'efficacité, et non pas de se préparer à de la course à pieds (dont la vitesse moyenne de déplacement serait logiquement de 4 à 5 Km/h !!)
- Au niveau des intensités d'efforts atteints, la succession rapprochée des efforts brefs et violents amène le handballeur à solliciter sa VO_2max entre 5 et 10 min par match (Figure 2 et 4, Tableau 5). Ceci justifie ainsi **le travail de puissance maximale aérobie**, destiné à développer celle-ci (surtout chez les jeunes) mais surtout à améliorer la tolérance et l'adaptation de l'organisme à cette intensité d'effort. De même, ce travail va dans le sens de **l'amélioration des qualités de récupération à haute intensité d'effort, et donc une amélioration des capacités à réitérer des efforts explosifs dans une situation de récupération incomplète.**
- Le développement de la **PMA** devra d'ailleurs se faire de façon spécifique à l'activité, c'est à dire de manière **intermittente** (Tableau 4 et Figure 3)(Billat, 2000).
- Les **niveaux de FC relevés sur un match**, dont la moyenne se situe aux alentours du **seuil anaérobie** (Figure 4) pourraient nous encourager à travailler **la capacité aérobie** à cette intensité clé, comme notamment dans les sports d'endurance. Cependant, cette intensité est rarement soutenue linéairement, mais est atteinte par l'accumulation d'efforts à intensité largement supérieure et des périodes de récupération à intensité inférieure (Figure 3). Ainsi, hormis éventuellement chez les jeunes et les joueurs présentant de réelles carences, le développement de la capacité aérobie ne doit pas constituer un objectif majeur de la préparation, **les intensités moyennes retrouvées lors des entraînements suffisant à la travailler sur le long terme** (Figure 5).
- Enfin, le tableau 4 présente également des **taux de lactates** relevés en match comparables, voire inférieurs aux taux produits lors d'un effort à VO_2max (8-10 mmol/L), et bien loin des valeurs caractérisant des efforts "lactiques" (400m où $[La] > 15-20$ mmol/L). Bien que les efforts brefs et violents soient d'intensité supra maximale, la participation modérée du métabolisme anaérobie lactique s'explique de part la courte durée des efforts violents (< 10") et leur nature intermittente (Figure 3) qui en permet l'élimination rapide afin d'en prévenir son accumulation. Ceci ne justifie ainsi ni une évaluation, ni un travail spécifique du système anaérobie lactique chez le handballeur, **le travail de PMA suffisant à en travailler la tolérance.**

1.4. Evaluation physique du handballeur

D'un point de vue physiologique, l'évaluation physique du Handballeur va donc s'organiser autour de facteurs de la performance précédemment énumérés:

1. Qualités d'explosivité et vitesse (étendues par la suite aux qualités de force).
2. Qualités de puissance maximale aérobie (PMA), objectivée en vitesse de course (VMA).
3. Qualités de répétition des efforts supra-maximaux en situation de récupération incomplète.

Pourront bien entendu s'y greffer des tests complémentaires des qualités physiques générales, telles que tests de coordination, d'équilibre, etc.. Autant de qualités également prépondérantes pour l'atteinte du haut niveau.

B. Suivi et évaluation des sportifs

1. Examen médical

1.1 Examen cardiologique

Il est effectué avant, pendant et après l'épreuve d'effort (récupération).
Sont mesurés et surveillés:

- fréquence cardiaque et rythme cardiaque
- pression artérielle
- monitoring du segment ST et sa sous-dépression à l'ECG (dérivation appropriée: V5) accompagnant les éventuelles ischémies myocardiques.
- autres critères ECG (troubles du rythme, de la conduction ou anomalies congénitales)
- la symptomatologie clinique (époussement, douleur thoracique...)

Au repos, l'ECG permet d'objectiver des troubles du rythme et/ou de la conduction, ou encore de détecter des anomalies congénitales exposant à une mort subite (Syndrome de Wolf Parkinson White, syndrome de Brugada...). Par contre, certaines anomalies ne peuvent survenir ou ne se démasquer qu'à l'effort (ischémie coronarienne, extra-systoles chronodépendantes...). Un premier examen cardiologique complet à l'effort est donc primordial.

Par contre, chez les sportifs sains, en l'absence d'événements particuliers, de plaintes lors de l'interrogatoire clinique (surtout une symptomatologie d'effort), ou d'anomalies sur l'ECG de repos, il ne paraît pas nécessaire de répéter ce type de test.

1.2 Examen morphologique

Les paramètres classiques sont mesurés: taille, poids, % masse grasse, taille assis, envergure, empan...

1.3 Exemple d'examen morpho-statique proposé par les kinésithérapeutes de la FFHB:

1. Podoscope : En charge bipodal avec grippe des orteils. Pieds plats ou creux
2. Axe achille- calcanéum : Varus ou valgus.
3. Genoux : Varus ou valgus.
4. Axe patellaire : interne ou externe.
5. EIAS : vérifier hauteur et noter la plus basse.
6. Déformations postérieures : en dynamique pour déceler des courbures en rotation.
7. EIPS : vérifier hauteur et noter la plus basse.
8. Mastoïdes : vérifier hauteur et noter en dessinant l'inclinaison de la tête.
9. Profil : forme thorax, du rachis (raideurs, courbures).

(se référer au glossaire pour la définition des termes)

2. L'épreuve d'effort

2.1 Présentation

Le Tableau 6 présente l'ensemble des paramètres recueillis lors de l'épreuve d'effort et du bilan médical. Les valeurs exprimées en Watt sont relatives aux épreuves effectuées sur ergocycle, alors que les valeurs exprimées en Km/h renvoient aux tests sur tapis roulant.

2.2. Comparaison des paramètres recueillis: Ergocycle vs Tapis roulant

Le test sur **ergocycle** représente la forme d'épreuve **la plus pertinente chez les sujets novices** lors de leur première visite. Sécurisant et se déroulant sans problème d'apprentissage technique, il permet **l'observation de tous les paramètres cardiaques** et de détecter de façon optimale toute éventuelle contre-indication à la pratique de l'activité (Tableau 7). Il permet également au sujet de se familiariser avec le matériel souvent impressionnant au début (masque de l'ergospiromètre, prises de lactates...) dans une position plus confortable. Cependant, plus loin que l'aspect médical et les possibilités de suivi de qualités physiques générales (VO₂max, etc.), les données recueillies ne sont **d'aucune utilité pratique pour l'entraîneur de terrain**.

Le test sur **tapis roulant** est **beaucoup plus complet** en terme de **transférabilité des données** recueillies envers la discipline Handball. En effet, les valeurs physiologiques sont ainsi toutes **réutilisables sur le terrain** à l'entraînement, qu'il s'agisse de la **VMA** comme des valeurs des paramètres physiologique en fonction de l'intensité de l'effort (FC max, FC au seuil, lactate éventuellement...)(Tableau 7). Par contre, l'enregistrement ECG étant limité (impossible d'utiliser un ECG 12 dérivations nécessaire à la surveillance du segment ST), cet **examen seul ne peut suffire**.

2.3 Coûts moyens des différentes interventions:

Examen médical complet: 38€

Bilan morpho-statique: env 30€

Epreuve d'effort complète (VO₂ + lactates): env 100€

Epreuve d'effort complète (VO₂ + lactates) + échocardiographie : env 150€

Epreuve d'effort cardiologique (sans VO₂): env 75€

Examen	Paramètres	En pratique...pour le Hand
Spirométrie	CV	∅ mais Contre Ind.
	VEMS	∅ mais Contre Ind.
	Tiffeneau	∅ mais Contre Ind.
	VMM	∅ mais permet de juger de la nature maximale de l'épreuve d'effort
Ventilatoire	VE	∅
	VO2	∅ mais permet de juger de la nature maximale de l'épreuve d'effort, utile pour le suivi
	Seuil Ventilatoire 1	∅
	Seuil Ventilatoire 2	∅, utile pour le suivi
Cardiologie	ECG repos et effort	∅ mais Contre Ind.
	PA repos et effort	∅ mais Contre Ind.
	Echographie repos	∅ mais Contre Ind.
	FC max	Paramétrage de travail en %
	FC au SV1	∅
	FC au SV2	Eventuellement travail de capacité avec cardio-fréquencemètre
Métabolique	Test Ruffier	Qualités de récupération cardiaque
	Lactates max	∅ mais détection surmenage et permet de juger de la nature maximale de l'épreuve d'effort
	Seuil Lactique 1	∅, utile pour le suivi
	Seuil Lactique 2	∅, utile pour le suivi
Morpho-statique	Cf détails 1.3	Axer / adapter le travail de musculation
Antropométrie	Taille	Selon poste
	Poids	Economie de course, aisance...
	% masse grasse	
	Envergure	Selon poste
	Empan	Tenue de la balle
Performance	PMA (Watt)	∅
	VMA (Km/h)	Valeur de référence pour le travail de course à pieds (PMA) , utile pour le suivi
	Puissance au SV1	∅
	Vitesse au SV1	∅
	Puissance au SV2	∅
	Vitesse au SV2	Eventuellement pour travail de capacité, utile pour le suivi
	Puissance au SL 1	∅
	Vitesse au SL 1	∅
	Puissance au SL 2	∅
	Vitesse au SL2	Eventuellement pour travail de capacité, utile pour le suivi

Tableau 6. Données physiologiques recueillies lors de l'épreuve d'effort et de l'examen médical complémentaire. Contr. Ind = Cas de contre indication si anormal. L'ensemble des termes et abréviations est repris dans le glossaire.

Type de test	Ergocycle		Tapis roulant	
Implications	Conditions matérielles	Conséquences pratiques	Conditions matérielles	Conséquences pratiques
Cardiologique	Possibilité d'utilisation d'un ECG 12 dérivations	Surveillance possible de tous les troubles cardiaques, y compris surveillance du segment ST	Cardio-fréquencemètre ou télémétrie permettant analyse QRS (mais pas ST)	Surveillance des troubles du rythme limités, et surveillance ST impossible
Métabolique	La puissance mécanique développée permettant de solliciter la VO ₂ max est exprimée en Watt (PMA)	Les valeurs des paramètres physiologiques (Seuil ventilatoires, FC max, VO ₂ max), ne sont pas transposables en course à pieds lors de l'entraînement en Handball.	La puissance mécanique développée permettant de solliciter la VO ₂ max est exprimée en Km/h (VMA)	Permet de connaître les vitesses de course et fréquences cardiaques associées aux intensités correspondantes à des repères physiologiques (Seuils) dans des conditions similaires à l'activité Handball.
Pratique		Ne pose aucun problème de passation (pas de période d'apprentissage) est plus sécurisant en cas de malaise		Les sujets ont besoin d'une période d'adaptation (1 au minimum)

Tableau 7. Test sur ergocycle vs test sur tapis roulant

3. Les tests de terrain

3.1 Présentation

Le Tableau 8 présente les principaux tests de terrain mis en place dans les différentes structures de haut niveau en Handball en France. Aisément mis en place dans toutes salles de sport ou pistes d'athlétisme, ces tests sont accessibles à tout entraîneur avisé ou préparateur physique.

Capacités physiques	Tests	Matériel	En pratique... pour le Hand
Vitesse ⁽¹⁾	Pose du premier appui	Optojump 5 mètres	Capacité démarrage
	5 m	Cellules photo - électriques	
	10m		Vitesse lancée
	30 m		Vitesse coordination
4 x 5 m			
Endurance de vitesse	12 x 20 m, r = 25"	Cellules photo-électriques + cardio-fréquencemètres	Capacité de répétition des efforts explosifs en situation de récupération incomplète
Explosivité membres inférieurs	CMJ + bras (Saut vertical avec l'aide des bras) ⁽²⁾	Tapis de Bosco	Détente et vitesse lancée
	SJ (Saut vertical départ bloqué à 90° sans les bras) ⁽²⁾	Tapis de Bosco	Détente / démarrage
	6 rebonds en pieds, mains aux hanches ⁽³⁾	Tapis de Bosco	Réactivité et force des appuis (mollets)
Explosivité membres supérieurs	Tir à 7 m	Radar	Vitesse de tir arrêté
	Tir à 9 m		Vitesse de tir lancé
Force / Explosivité / Puissance	Tests divers en musculation (membres sup. ou jambes)	Poids et barres, éventuellement Acceltech ou ergopower	Axer / adapter le travail de musculation
Aérobie	VMA Léger - Boucher	Sur piste 400 m, 1 sifflet	Valeur de référence pour le travail continu
	VMA intermittente (NIB)	En salle, un lecteur CD	Valeur de référence pour le travail intermittent
	FC max	Cardio-fréquencemètres	Paramétrage de travail en % FC réserve
	ITR		Qualités de récupération
	R-R ⁽⁴⁾		

Tableau 8. Principaux tests de terrain utilisés pour l'évaluation des qualités physiques du Handballeur.

Les tests d'explosivité sont pratiqués en début de séance, avant le test aérobie s'ils ont lieu lors de la même séance d'entraînement. Ils font suite à un échauffement standardisé, comprenant:

- *une mise en route cardiovasculaire*
- *une séquence de proprioception*
- *une séquence de mobilisation articulaire des membres inférieurs et des épaules*
- *une courte séquence de stretching actif*
- *des gammes athlétiques diverses, et notamment sollicitations des ischiaux jambiers*
- *quelques accélérations progressives sur 20-30m*
- *3-5 départs type cellule pour vérifier le placement de chacun*
- *2 séquences de tapping sur place*

Les essais sont espacés de 45" minimum, mais jamais de plus de 1'30"

Organiser les tests en circuit, où chacun alterne un test de course avec un test de saut.

La meilleure performance des 3 à 5 essais consécutifs est prise en compte. Si une valeur s'écarte objectivement de toute les autres, elle est supprimée.

⁽¹⁾La hauteur des cellules est réglée au niveau des genoux des sportifs, voire à mi-cuisse, mais pas plus haut.

Départ en appuis sur jambe avant (le sportif doit être capable de décoller le pieds arrière sans problème).

Le pied avant est le plus près possible de la ligne de départ, mais sans la toucher.

Les bras sont placés de manière à ce que la cellule ne soit pas déclenchée par leurs mouvements avant ceux des jambes.

Tout départ suite à une bascule des épaules d'arrière en avant donne lieu à l'annulation de la performance.

Tout déplacement du pied avant lors du départ donne lieu à l'annulation de la performance.

⁽²⁾Impact en plante de pied

⁽³⁾Départ comme en SJ. Sauter. Impact jambes tendues, sur plante de pieds, puis enchaînement de 6 bonds en pieds. Très peu de flexion de genou sur les sauts suivants, travail du pied exigé (pointes de pieds remontées en l'air, impact bref en plante, pas de cassure du bassin –saut carpé interdit-).

⁽⁴⁾Indice "Rendement de Récupération" nécessitant la macro Excel disponible avec le test. Les valeurs de FC enregistrées à 5" d'intervalle sont exportées depuis le logiciel Polar sur forme de texte, puis traitées.

Les tests détaillés dans le Tableau 8 sont à la portée de tous et rapides à mettre en place. Par contre, la mesure de certains paramètres y est plus difficile (paramètres ventilatoires – seuils, Vo2 – métaboliques – lactates -), voire impossible (surveillance ECG à l'effort), ce qui en limite finalement aussi l'utilisation exclusive.

3.2 Coût financier des tests

Le matériel de test, destiné à l'évaluation de haut niveau, est assez cher (Tableau 9). Cependant, une fois l'investissement matériel effectué, les tests de terrain génèrent des très faibles frais (piles et entretien essentiellement...).

Capacités physiques	Détails / matériel	Prix moyen
Vitesse	Optojump 5 mètres	> 5000 €
	Cellules photo électriques	2000 € pour 2 paires (minimum)
Explosivité membres inférieurs	Tapis de Bosco	1500 €
Explosivité membres supérieurs	Radar	200 €
Force / Explosivité / Puissance	Poids et barres, éventuellement Acceltech ou ergopower	Matériel classique de musculation – > 1000 € pour les capteurs de vitesse
Aérobic	Sur piste 400 m, 1 sifflet	-
	En salle, un lecteur CD	-
	Cardio-fréquencemètres	de 150 à 250 € pièce

Tableau 9. Prix moyen des différents appareils utilisés pour les batteries de tests physiques sur le terrain en handball.

Mesures	Epreuve d'effort	Tests de Terrain
Aptitude cardio-respiratoire	+++	+
Qualités d'explosivité et vitesse	∅	+++
VMA	+++ si sur tapis	++
VMA intermittente	∅	+++
Qualités de récupération	++	+
Qualités de réitération des efforts supra-maximaux	∅	+++
Suivi médical	+++	∅
Suivi des aptitudes physiques	++	+++
Rapport coût financier / utilisation des données à l'entraînement	+	+++

Tableau 10. Comparatifs des caractéristiques offertes par les tests de laboratoire et tests de terrain.

C. Conclusions et proposition d'organisation

L'évaluation physique et le suivi médical des sportifs font partie intégrante de l'optimisation de l'entraînement de haut niveau. Cependant, face aux coûts financiers et aux exigences spécifiques des disciplines, il est impératif d'en estimer le réel intérêt et leur pertinence. Le Tableau 10 dresse le bilan des avantages et inconvénients des tests en laboratoire comparés aux tests de terrain.

Cette réflexion, partant de l'analyse de l'activité, de ses exigences physiologiques, et des précautions médicales incontournables, aura permis de proposer certaines pistes à suivre pour l'organisation du suivi des Handballeurs (Tableau 11).

- 1) La **visite médicale** (examen clinique + bilans morphologiques et morphostatiques) doit être l'incontournable élément central du suivi du joueur tout au long de sa carrière.
- 2) Les tests physiques de **terrain** et l'épreuve d'effort en **laboratoire** apportent des **données complémentaires**, mais ne peuvent suffire seuls.
- 3) La **première** épreuve d'effort devrait obligatoirement s'effectuer sur **ergocycle**, afin de permettre la surveillance de l'ensemble des pathologies cardiaques à l'effort, et d'accoutumer les sportifs dans une condition sécurisée aux protocoles des tests d'effort en laboratoire.
- 4) Par la suite, en **l'absence d'événements particuliers**, un test sur **tapis roulant**, beaucoup plus pertinent en terme de transférabilité des données sur le terrain, pourra suffire, à condition que le suivi cardiaque soit assuré lors de l'effort par télémétrie et le test soit également complété d'un ECG de repos.
- 5) L'intérêt des tests de terrain n'étant plus à démontrer, il serait judicieux d'en privilégier l'utilisation. Plus loin que des outils d'évaluation des qualités du sportif, ils peuvent aussi permettre de récolter des éléments pertinents pour le suivi des athlètes au fil de la saison (Hoffman, 2000).

1. Coûts prévisionnels selon les propositions (Tableau 11)

Coût du suivi annuel proposé (Tableau 11 - 1^{ère} année):

Bilans médicaux: 3 x 38€

Bilans morpho-statiques: 2 x 30€

Epreuve d'effort sur tapis avec VO2: 1 x 100€

Epreuve d'effort sur erocycle avec VO2: 1 x 100€

Tests de Terrain: 4 x 0 €

Total par sportif: env 375€

Coût du suivi annuel proposé (Tableau 11 - 2^{ème} année et plus):

Bilans médicaux: 2 x 38€

Bilans morpho-statiques: 1 x 30€

Epreuve d'effort sur tapis avec VO2: 1 x 100€

Tests de Terrain: 3 x 0 €

Total par sportif: env 205€

2. Commentaires sur l'organisation du suivi

L'examen de sélection en structure:

- Une épreuve destinée à dépister toute contre indication à l'effort (donc sur ergocycle, et avec VO2 pour s'assurer du caractère maximal de l'effort),
- Un bilan médical de non contre-indication
- Un bilan morpho-statique complet
- Une batterie de tests de terrain incluse dans les tests de sélection à l'entrée de la structure, complémentaire aux tests spécifiques de la discipline.

Août – Septembre / reprise de l'entraînement

- Une batterie de tests de terrain, indispensable à la programmation des premières séances d'entraînement physique

Noël / fatigue de fin d'année

- Une visite médicale de contrôle
- Un bilan morpho-statique afin de contrôler la bonne tolérance des charges de travail.

Janvier / reprise de l'entraînement

- Une batterie de tests de terrain, indispensable au réajustement de la programmation des séances d'entraînement physique

Mars – Avril / dernière ligne droite

- Une batterie de tests de terrain, indispensable au réajustement de la programmation des séances d'entraînement physique

Juin – Juillet / Fin de saison

- Une visite médicale de bilan de saison pour le suivi.
- Une épreuve d'effort annuelle sur tapis roulant destinée au suivi des performances du sportif dans des conditions proches de la discipline. Les compétitions terminées, et les contraintes liées à la scolarité souvent allégées (révisions, etc..), il est également plus facile de programmer les épreuves d'effort dans les services spécialisés.

	Avant l'entrée en structure	Rentrée saison 1 Août - Septembre	Noël saison 1	Janvier saison 1	Mars – Avril saison 1	Fin de saison 1	Rentrées saison 2	Noël 2 etc..	Janvier saison 2	etc ...	Tous les 4 ans
Bilan médical (ECG repos, % grasse...)	😊		😊			😊	😊				
Bilan morpho-statique	😊		😊					😊			
Epreuve d'effort cardiologique sur ergocycle (avec VO2)	😊										
Epreuve d'effort cardiologique sur ergocycle (VO2 non obligatoire)											😊
Epreuve d'effort sur tapis roulant (avec VO2)						😊					
Tests de terrain	😊	😊		😊	😊		😊		😊		

Tableau 11. Proposition de calendrier pour l'organisation des tests de suivi des sportifs à partir de leur entrée en structure de haut niveau. Le détail est donné jusqu'à la période de Noël de la saison 2, le calendrier reprenant ensuite chaque année le même plan à partir du mois de janvier, et ainsi de suite. Noter qu'il peut être recommandé d'effectuer tous les 4 à 5 ans une échocardiographie et un suivi cardiologique poussé à l'effort (surveillance ischémique, etc..), dans quel cas la mesure simultanée de la VO₂ ne serait pas indispensable, mais à condition qu'il soit possible de s'assurer du caractère maximal de l'effort par d'autres critères objectifs (dans l'impossibilité d'observer le plateau de VO₂, il faut connaître la FC_{max} réelle par exemple).

Glossaire

Termes	Définition
Positio ^{nt} Off +	Positionnement offensif (activité intense)
Positim ^{nt} Off -	Positionnement offensif (activité modérée)
Dép ^{nt} Deff a/ Contrôl	Déplacement défensif avec contrôle de l'adversaire
Dép ^{nt} Deff s/ Contrôl	Déplacement défensif sans contrôle de l'adversaire
CV	Capacité vitale (pulmonaire)
VEMS	Volume expiratoire maximal seconde
Tiffeneau	VEMS/CV
VMM	Ventilation maximale minute
VE	Ventilation minute
EIPS	épine iliaque postéro-supérieure
EIAS	épine iliaque antéro-supérieure
VO ₂	Consommation d'Oxygène
VMA	Vitesse maximale aérobie. Plus petite vitesse de course permettant de solliciter la consommation maximale d'O ₂
VMA intermittente (NIB)	Vitesse maximale aérobie mesurée par un protocole intermittent. Spécifique à ce type d'effort, cette mesure sert de référence au travail de développement de la PMA en fractionné (30"-30", 10"-10", etc...)
Seuil Ventilatoire 1	Perturbation notable de la ventilation à l'effort marquant une modification des substrats énergétiques utilisés, contemporaine d'une augmentation des lactates sanguins
Seuil Ventilatoire 2	Perturbation notable de la ventilation à l'effort marquant une modification des substrats énergétiques utilisés, contemporaine d'une accentuation franche des lactates sanguins
ECG	Electrocardiogramme
PA	Pression Artérielle
FC	Fréquence cardiaque

Bibliographie

Bangsbö J

"The physiology of soccer with special reference to intense intermittent exercise"
Acta Physiologica Scandinavica Vol.151 Supplementum 619; 1994

Bayer C

"Hand Ball : la formation du joueur"
Vigot

Billat V.

"Interval Training for performance : a scientific and empirical practice"
Sports Med 2001; 31(1):13-31

Billat V.

"Methodologie de l'entraînement"
DeBoeck, 1998

Billat V.

"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 run"
Eur J Appl Physiol (2000)81: 188-196

Bolek E., Liska O. (1981).

"Intenzita zatizeni harenkaru pri soutezich turnajoveko typu."
Trenér, 7; 323-326.

Bosco C. (1997).

"La forza muscolare. Aspetti fisiologici ed applicazioni pratiche."
Società Stampa Sportiva, Roma.

Buchheit M

Mémoire présenté pour l'obtention du Diplôme Européen de préparation physique en sport collectif. Université de Lausanne – Turin- Lyon. Juin 2001.

Buchheit M.

Analyses sur le terrain, non publiées (2000, 2002, 2003)

Cardinale M., Colli R., Manzi V.

Allenare la specificità. Sport & Medicina, (Mars-Avril 2000), 35-39.

Cuesta G.,

Ballomano. Spanish Handball Federation, (1991)

Delamarche P., Gratas-Delamarche A., Beillot J., Dassonville J., Rochcongar P., Lessard Y.
Extend of lactic anaerobic metabolism in handballers. Int. J. Sports Med. 8., 55-59, (1987)

Delamarche P., Gratas-Delamarche A., Prioux J., Legall L., Rannou F.,

L'entraînement du joueur de handball sur des bases physiologiques, Approche du hand n°64, (2001)

Di Prampero PE, Capelli C, Pagliaro P, Antonutto G, Girardis M, Zamparo P, Soule RG. Energetics of best performances in middle-distance running. J Appl Physiol. 1993 May;74(5):2318-24.

Dubertrand H.

Descriptions, analyses et perspectives liées aux changements systématiques de joueur en handball, livre mémoire INSEP, (1993)

Freund H, Oyono-Enguelle S.

"The effect of supramaximal exercise on the recovery kinetics of lactate." Schweiz Z Sportmed. 1991 Jun;39(2):65-76

Gallet B.

Bilan des championnats du monde 2001, Approche du hand n° 61, (fév. 2001), pp. 5-11

Green HJ et al

"Anaerobic threshold, blood lactate and muscle metabolites in progressive exercise" J. Appl. Physiol. 54: 1032-1038, 1983

Grosgeorges B.

"Observation et entraînement en sports collectifs"
Insep Publications

Hermansen L

"Effect of metabolic changes on force generation in skeletal muscle during maximal exercise" Human muscle fatigue : physiological mechanisms. P75-88, 1981

Hoffman J., Kaminsky M. "Use of Performance Testing for Monitoring Overtraining in Elite Youth Basketball Players". NSCA Journal, 22:6, 54-62, 2000.

Juel C, Bangsbo J, Graham T, Saltin B.

Lactate and potassium fluxes from human skeletal muscle during and after intense, dynamic, knee extensor exercise. Acta Physiol Scand. 1990 Oct;140(2):147-59.

Kachouri M et al.

"Critical velocity of continuous and intermittent running exercise" Eur J Appl Physiol (1996) 73 :484-487

Lacour JR

"Biologie de l'exercice musculaire" Masson, 1992

Loftin M., Anderson P., Lytton L., Pittman P., Warren B.,

Heart rate response during handball single match-play and selected physical fitness component of experienced male Handball players, (1996)

Lupo S, Seriacopi D. (1996).

"Analisi dell'allenamento e della gara." Handball studi, 1; 21-35.

Morton RH., Fitz-Clarke J. et al

"Modeling Human Performance in running" J. Appl. Physiol. 69(3): 1171-1177, 1990

Riché Denis "Guide nutritionnel des sports d'endurance" Vigot, 1998