

Université de Limoges
Faculté de Médecine

Année 2017

Thèse N°

Thèse pour le diplôme d'état de docteur en Médecine

présentée et soutenue publiquement
le 28 septembre 2017
par

GERBAUD Guillaume

né(e) le 4 mai 1989, à Châteauroux

**Le protocole d'épreuve d'effort de la fédération française de
cyclisme permet d'obtenir le plateau de VO₂ chez les cyclistes à
haut niveau de pratique.**

A propos d'une série de 24 cyclistes du Limousin.

Examineurs de la thèse :

M. le Professeur SALLE Jean-Yves
Mme le Professeur DUMOITIER Nathalie
M. le Professeur MONTEIL Jacques
M. le Professeur DAVIET Jean-Christophe
M. le Docteur DELUCHE Laurent
M. le Docteur BORDES Jérémie

Président
Juge
Juge
Directeur de thèse
Membre invité
Membre invité





Université de Limoges
Faculté de Médecine

Année 2017

Thèse N°

Thèse pour le diplôme d'état de docteur en Médecine

présentée et soutenue publiquement
le 28 septembre 2017
par

GERBAUD Guillaume

né(e) le 4 mai 1989, à Châteauroux

**Le protocole d'épreuve d'effort de la fédération française de
cyclisme permet d'obtenir le plateau de VO₂ chez les cyclistes à
haut niveau de pratique.**

A propos d'une série de 24 cyclistes du Limousin.

Examineurs de la thèse :

M. le Professeur SALLE Jean-Yves
Mme le Professeur DUMOITIER Nathalie
M. le Professeur MONTEIL Jacques
M. le Professeur DAVIET Jean-Christophe
M. le Docteur DELUCHE Laurent
M. le Docteur BORDES Jérémie

Président
Juge
Juge
Directeur de thèse
Membre invité
Membre invité



Professeurs des Universités - praticiens hospitaliers

ABOYANS Victor	CARDIOLOGIE
ACHARD Jean-Michel	PHYSIOLOGIE
ALAIN Sophie	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE
ARCHAMBEAUD Françoise	MEDECINE INTERNE
AUBARD Yves	GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE
AUBRY Karine	O.R.L.
BEDANE Christophe	DERMATO-VENEREOLOGIE
BERTIN Philippe	THERAPEUTIQUE
BESSEDE Jean-Pierre	O.R.L.
BORDESSOULE Dominique	HEMATOLOGIE
CAIRE François	NEUROCHIRURGIE
CHARISSOUX Jean-Louis	CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE et TRAUMATOLOGIQUE
CLAVERE Pierre	RADIOTHERAPIE
CLEMENT Jean-Pierre	PSYCHIATRIE d'ADULTES
COGNE Michel	IMMUNOLOGIE
CORNU Elisabeth	CHIRURGIE THORACIQUE et CARDIOVASCULAIRE
COURATIER Philippe	NEUROLOGIE
DANTOINE Thierry	GERIATRIE et BIOLOGIE du VIEILLISSEMENT
DARDE Marie-Laure	PARASITOLOGIE et MYCOLOGIE
DAVIET Jean-Christophe	MEDECINE PHYSIQUE et de READAPTATION
DESCAZEAUD Aurélien	UROLOGIE
DES GUETZ Gaëtan	CANCEROLOGIE
DESSPORT Jean-Claude	NUTRITION
DRUET-CABANAC Michel	MEDECINE et SANTE au TRAVAIL



DUMAS Jean-Philippe	UROLOGIE
DURAND-FONTANIER Sylvaine	ANATOMIE (CHIRURGIE DIGESTIVE)
ESSIG Marie	NEPHROLOGIE
FAUCHAIS Anne-Laure	MEDECINE INTERNE
FAUCHER Jean-François	MALADIES INFECTIEUSES
FEUILLARD Jean	HEMATOLOGIE
FOURCADE Laurent	CHIRURGIE INFANTILE
GAINANT Alain	CHIRURGIE DIGESTIVE
GUIGONIS Vincent	PEDIATRIE
JACCARD Arnaud	HEMATOLOGIE
JAUBERTEAU-MARCHAN M. Odile	IMMUNOLOGIE
LABROUSSE François	ANATOMIE et CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES
LACROIX Philippe	MEDECINE VASCULAIRE
LAROCHE Marie-Laure	PHARMACOLOGIE CLINIQUE
LIENHARDT-ROUSSIE Anne	PEDIATRIE
LOUSTAUD-RATTI Véronique	HEPATOLOGIE
MABIT Christian	ANATOMIE
MAGY Laurent	NEUROLOGIE
MARIN Benoît	EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE de la SANTE et PREVENTION
MARQUET Pierre	PHARMACOLOGIE FONDAMENTALE
MATHONNET Muriel	CHIRURGIE DIGESTIVE
MELLONI Boris	PNEUMOLOGIE
MOHTY Dania	CARDIOLOGIE
MONTEIL Jacques	BIOPHYSIQUE et MEDECINE NUCLEAIRE
MOREAU Jean-Jacques	NEUROCHIRURGIE
MOUNAYER Charbel	RADIOLOGIE et IMAGERIE MEDICALE



NATHAN-DENIZOT Nathalie	ANESTHESIOLOGIE-REANIMATION
NUBUKPO Philippe	ADDICTOLOGIE
PARAF François	MEDECINE LEGALE et DROIT de la SANTE
PLOY Marie-Cécile	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE
PREUX Pierre-Marie	EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE de la SANTE et PREVENTION
ROBERT Pierre-Yves	OPHTALMOLOGIE
SALLE Jean-Yves	MEDECINE PHYSIQUE et de READAPTATION
SAUTEREAU Denis	GASTRO-ENTEROLOGIE ; HEPATOLOGIE
STURTZ Franck	BIOCHIMIE et BIOLOGIE MOLECULAIRE
TEISSIER-CLEMENT Marie-Pierre	ENDOCRINOLOGIE, DIABETE et MALADIES METABOLIQUES
TREVES Richard	RHUMATOLOGIE
TUBIANA-MATHIEU Nicole	CANCEROLOGIE
VALLEIX Denis	ANATOMIE
VERGNENEGRE Alain	EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE de la SANTE et PREVENTION
VERGNE-SALLE Pascale	THERAPEUTIQUE
VIGNON Philippe	REANIMATION
VINCENT François	PHYSIOLOGIE
WEINBRECK Pierre	MALADIES INFECTIEUSES
YARDIN Catherine	CYTOLOGIE et HISTOLOGIE

PROFESSEUR ASSOCIE DES UNIVERSITES A MI-TEMPS DES DISCIPLINES MEDICALES

BRIE Joël CHIRURGIE MAXILLO-FACIALE ET STOMATOLOGIE

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

AJZENBERG Daniel PARASITOLOGIE et MYCOLOGIE

BARRAUD Olivier BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE



BOURTHOUMIEU Sylvie	CYTOLOGIE et HISTOLOGIE
BOUTEILLE Bernard	PARASITOLOGIE et MYCOLOGIE
CHABLE Hélène	BIOCHIMIE et BIOLOGIE MOLECULAIRE
DURAND Karine	BIOLOGIE CELLULAIRE
ESCLAIRE Françoise	BIOLOGIE CELLULAIRE
HANTZ Sébastien	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE
JESUS Pierre	NUTRITION
LE GUYADER Alexandre	CHIRURGIE THORACIQUE et CARDIOVASCULAIRE
LIA Anne-Sophie	BIOCHIMIE et BIOLOGIE MOLECULAIRE
MURAT Jean-Benjamin	PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE
QUELVEN-BERTIN Isabelle	BIOPHYSIQUE et MEDECINE NUCLEAIRE
RIZZO David	HEMATOLOGIE
TCHALLA Achille	GERIATRIE et BIOLOGIE du VIEILLISSEMENT
TERRO Faraj	BIOLOGIE CELLULAIRE
WOILLARD Jean-Baptiste	PHARMACOLOGIE FONDAMENTALE

P.R.A.G.

GAUTIER Sylvie	ANGLAIS
-----------------------	---------

PROFESSEUR DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE

BUCHON Daniel

DUMOITIER Nathalie

PROFESSEURS ASSOCIES A MI-TEMPS DE MEDECINE GENERALE

MENARD Dominique

PREVOST Martine

MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE A MI-TEMPS DE MEDECINE GENERALE

HOUDARD Gaëtan



PAUTOU-GUILLAUME Marie-Paule

PROFESSEURS EMERITES

ADENIS Jean-Paul du 01.09.2015 au 31.08.2017

ALDIGIER Jean-Claude du 01.09.2016 au 31.08.2018

MERLE Louis du 01.09.2015 au 31.08.2017

MOULIES Dominique du 01.09.2015 au 31.08.2017

VALLAT Jean-Michel du 01.09.2014 au 31.08.2017

VIROT Patrice du 01.09.2016 au 31.08.2018

Le 1^{er} septembre 2016



Assistants Hospitaliers Universitaires – Chefs de Clinique

Le 1^{er} novembre 2016

ASSISTANTS HOSPITALIERS UNIVERSITAIRES

CHARISSOUX Aurélie	ANATOMIE ET CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES
CHARPENTIER Mathieu	ANESTHESIOLOGIE-REANIMATION
CHUFFART Etienne	ANATOMIE
COUDERC Sylvain	PHARMACOLOGIE FONDAMENTALE
DUCHESNE Mathilde	ANATOMIE ET CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES
FAYE Pierre-Antoine	BIOCHIMIE et BIOLOGIE MOLECULAIRE
FREDON Fabien	ANATOMIE
GAUTHIER François	ANESTHESIOLOGIE-REANIMATION
KASPAR Claire	ANESTHESIOLOGIE-REANIMATION
LARRADET Matthieu	BIOPHYSIQUE et MEDECINE NUCLEAIRE
LEGRAS Claire	ANESTHESIOLOGIE-REANIMATION
MARQUET Valentine	HISTOLOGIE, EMBRYOLOGIE et CYTOGENETIQUE
OLOMBEL Guillaume	IMMUNOLOGIE

CHEFS DE CLINIQUE - ASSISTANTS DES HOPITAUX

ARDOUIN Elodie	RHUMATOLOGIE
ASSIKAR Safaë	DERMATO-VENEREOLOGIE
BAUDONNET Romain	OPHTALMOLOGIE
BIANCHI Laurent	GASTROENTEROLOGIE (A compter du 12 novembre 2015)
BIDAUT-GARNIER Mélanie	OPHTALMOLOGIE (à compter du 11 mai 2016)
BLOSSIER Jean-David	CHIRURGIE THORACIQUE et CARDIOVASCULAIRE
BOUSQUET Pauline	PEDIATRIE (à compter du 09 janvier 2017)



CASSON-MASSELIN Mathilde	RADIOLOGIE et IMAGERIE MEDICALE
CHAMPIGNY Marie-Alexandrine	PEDIATRIE
CHATAINIER Pauline	NEUROLOGIE
CHRISTOU Niki	CHIRURGIE DIGESTIVE
COMPAGNAT Maxence	MEDECINE PHYSIQUE et de READAPTATION
CROSSE Julien	PEDIATRIE
DANTHU Clément	MALADIES INFECTIEUSES
DARNIS Natacha	PEDOPSYCHIATRIE
DELUCHE Elise	CANCEROLOGIE
DIJOUX Pierrick	CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE et TRAUMATOLOGIQUE
EVENO Claire	CHIRURGIE THORACIQUE et CARDIOVASCULAIRE
GARDIC Solène	UROLOGIE
GONZALEZ Céline	REANIMATION
HOUMAÏDA Hassane	CHIRURGIE THORACIQUE et CARDIOVASCULAIRE (A compter du 02 novembre 2015)
KENNEL Céline	HEMATOLOGIE
LACHATRE Denis	RADIOLOGIE et IMAGERIE MEDICALE
LAFON Thomas	MEDECINE d'URGENCE
LATHIERE Thomas	OPHTALMOLOGIE
LAVIGNE Benjamin	PSYCHIATRIE d'ADULTES
LE BIVIC Louis	CARDIOLOGIE
LE COUSTUMIER Eve	MEDECINE INTERNE A
LEGROS Emilie	PSYCHIATRIE d'ADULTES
LEPETIT Hugo	GASTROENTEROLOGIE
MARGUERITTE François	GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE



MARTINS Elie	CARDIOLOGIE
MESNARD Chrystelle	GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE
PAPON Arnaud	GERIATRIE et BIOLOGIE du VIEILLISSEMENT
PETITALOT Vincent	CARDIOLOGIE
RAMIN Lionel	ORL
ROUSSELLET Olivier	NEUROLOGIE
SAINT PAUL Aude	PNEUMOLOGIE
SALLE Henri	NEUROCHIRURGIE
SCOMPARIN Aurélie	O.R.L. (SURNOMBRE du 01-11-2016 au 20-02-2017 inclus)
TAÏBI Abdelkader	ANATOMIE
USSEGLIO-GROSSO Julie	CHIRURGIE MAXILLO-FACIALE et STOMATOLOGIE
VAYSSE VIC Mathieu	CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE
VITAL Pauline	MEDECINE INTERNE B

CHEF DE CLINIQUE – MEDECINE GENERALE

RUDELLE Karen

PRATICIEN HOSPITALIER UNIVERSITAIRE

BALLOUHEY Quentin	CHIRURGIE INFANTILE (du 1er mai 2015 au 30 avril 2019)
CROS Jérôme	ANESTHESIOLOGIE-REANIMATION (du 1er mai 2014 au 31 octobre 2018)
LERAT Justine	O.R.L. (du 1er mai 2016 au 31 octobre 2020)
MATHIEU Pierre-Alain	CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE et TRAUMATOLOGIQUE (du 1er mai 2016 au 31 octobre 2020)



Dédicaces :

A **mes collègues**, merci pour ces heures de travail passées ensemble, la richesse de nos échanges est un bonheur au quotidien.

A **mes compagnons de route**, merci pour ces heures de sport, d'entraînement et de compétition, de joies et de larmes, de souffrance et d'allégresse, ces longs moments passés ensemble ont beaucoup apporté à ma vie et à mon travail, merci aussi d'avoir été acteur dans cette thèse.

A **François Trarieux et au comité de cyclisme du Limousin**, merci pour votre aide, pour votre soutien humain et matériel, pour la richesse de nos échanges.

A **mes parents**, merci d'avoir toujours été là pour moi, merci de m'avoir permis de m'épanouir, merci de m'avoir toujours encouragé et soutenu dans mes projets.

A **ma sœur**, merci pour ces années de vie étudiante commune, merci de ta patience et de ton écoute.

A **ma famille**, merci pour toutes ses heureuses années.

A **Emilie**, merci de ton écoute, de ton soutien dans les bons et les mauvais moments, tu as vécu au plus près la période étudiante de ma vie, ta présence m'a enrichie tous les jours, tu es mon bonheur au quotidien.



Rien n'est jamais perdu tant qu'il reste quelque chose à trouver
Pierre Dac



Remerciements

Au **Pr Jean-Yves Salle**, président, responsable du service de médecine physique et de réadaptation, merci pour vos enseignements, votre expertise, votre soutien et votre confiance, vous suscitez toujours mon plus grand respect.

Au **Pr Nathalie Dumoitier**, responsable de l'enseignement de médecine générale, merci pour votre pédagogie et votre contribution à ma formation.

Au **Pr Jacques Monteil**, responsable du service de médecine nucléaire, merci pour votre disponibilité et vos conseils, à vocation professionnelle comme personnelle, merci de nous faire l'honneur d'être membre de ce jury.

Au **Pr Jean-Christophe Daviet**, directeur de thèse, responsable du service de médecine du sport, merci pour votre implication, vos connaissances, votre disponibilité, merci pour vos enseignements, votre grande contribution à ma formation, ainsi que votre confiance depuis plusieurs années, sans vous ma vie professionnelle n'aurait pas été aussi riche.

Au **Dr Laurent Deluche**, cardiologue du sport à la Clinique Chénieux, merci pour ton aide précieuse et le temps passé ensemble à réaliser les épreuves d'effort, merci de ta patience, de ton expertise.

Au **Dr Jérémie Bordes**, praticien hospitalier de médecine physique et de réadaptation et médecin du sport, merci pour ton importante contribution à ma formation, merci de ton expertise et de ta présence.

Au **Dr Armand Megret**, médecin fédéral national de la fédération française de cyclisme, merci pour votre écoute, vos conseils et votre apport à ce travail, j'espère que notre collaboration sera riche.

Au **Dr Maxence Compagnat**, chef de clinique de rééducation, merci pour ton aide et tes connaissances qui m'ont beaucoup apportées pour la rédaction de cette thèse.



Droits d'auteurs

Cette création est mise à disposition selon le Contrat :

« **Attribution-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de modification 3.0 France** »

disponible en ligne : <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>



Table des matières

CONTEXTE.....	19
I. INTRODUCTION.....	20
I.1. Le Certificat d'absence de contre-indication à la pratique du sport (CACI).....	20
I.2. Le suivi médical réglementaire (SMR).....	22
I.3. L'épreuve d'effort.....	25
I.3.1. Définition de l'épreuve d'effort physiologique à visée bioénergétique.....	26
I.3.2. Problème des épreuves d'effort infra maximales.....	27
I.3.3. Critères de maximalité.....	27
I.4. Problématique.....	28
I.5. Objectif.....	28
II. MATERIEL ET METHODE.....	29
II.1. Type d'étude.....	29
II.2. Population.....	29
II.3. Mesure des données anthropométrique.....	29
II.4. Epreuve d'effort.....	29
II.4.1. Protocole.....	29
II.4.2. Matériel sportif.....	30
II.4.3. Matériel d'enregistrement à visée cardiologique.....	31
II.4.4. Matériel d'enregistrement des échanges gazeux.....	31
II.4.5. Critères de maximalité.....	31
II.4.6. Analyse des résultats de l'épreuve d'effort.....	32
II.5. Analyse statistique.....	32
III. RESULTATS.....	33
III.1. Population.....	33
III.2. Données de la population.....	34
III.3. Résultats (tableau 3).....	34
III.4. Résultats sur le critère de jugement principal (tableau 4).....	35
III.5. Résultats sur le critère de jugement secondaire (tableau 5).....	35
IV. DISCUSSION.....	36
V. CONCLUSION.....	40
Références bibliographiques.....	41
Annexes.....	44
Serment d'Hippocrate.....	54

Table des illustrations

Figure 1 : nombre d'évènements cardio vasculaire (y) en fonction du temps (x) sur une épreuve d'effort maximale à intensité croissante, suivi d'une phase de récupération.	26
Figure 2 : installation d'un cycliste lors de l'épreuve d'effort	30
Figure 2 : Diagramme de flux	33
Figure 3 : plateau de VO ₂ obtenu lors d'une épreuve d'effort, volume en ordonnée en litre, temps en abscisse en minute : seconde, en rouge VCO ₂ (en litre par minute), en bleu VO ₂ (en litre par minute)	36



Table des tableaux

Tableau 1 : application pratique du certificat d'absence de contre-indication à la pratique du sport, source Pr François Carré.....	21
Tableau 2 : données morphologiques, cm : centimètre, kg : kilogramme, IMC : indice de masse corporelle	34
Tableau 3 : atteinte des critères de maximalité (VO ₂ max : débit maximal d'oxygène consommé, QR : quotient respiratoire qui correspond à VCO ₂ /VO ₂ , FC : fréquence cardiaque, FMT : fréquence cardiaque maximale théorique)	34
Tableau 4 : VO ₂ atteint aux différents critères de maximalité, en pourcentage et en valeur absolue (en millilitre par minute par kilogramme.....	35
Tableau 5 : puissance atteinte en watts aux différents critères de maximalité, en pourcentage et en valeur absolue, P : puissance, PMA : puissance maximale aérobie.....	35
Tableau 6 : Zones de travail en Watts en pourcentage de la PMA pour 3 valeurs différentes de PMA	37



CONTEXTE

En France, l'activité physique et le sport de loisir ou de compétition occupent une place de plus en plus importante. Le médecin se retrouve donc confronté à des sujets demandeurs de suivi et d'accompagnement quant à leur pratique. Il peut s'agir d'examens d'aptitude, de conseils, de suivi biologique ou encore de la délivrance d'un certificat médical(1).

En ce sens, le médecin généraliste est soumis dans sa pratique quotidienne à la délivrance de certificats médicaux attestant de l'absence de contre-indication à la pratique du sport (CACI). Il existe des mises à jour récentes qui sont à développer, le CACI remplaçant le certificat de non contre-indication à la pratique du sport (CNCI).

D'autre part, il est parfois nécessaire d'avoir recours à des examens complémentaires comme l'électrocardiogramme (ECG) ou l'épreuve d'effort, afin d'autoriser la délivrance de la licence (1).

Il existe aussi des catégories de population sportive notamment de haut niveau déjà soumise à des examens complémentaires obligatoires dans le cadre du suivi médical réglementaire (SMR).

Nous allons reprendre les recommandations en partant du cas général puis cibler vers le sportif de haut niveau.



I. INTRODUCTION

I.1. Le Certificat d'absence de contre-indication à la pratique du sport (CACI)

Il existe une actualité récente quant à la délivrance des certificats médicaux et des licences sportives avec une mise à jour de la part du législateur(1,2).

Les dispositions du code du sport relatives au certificat médical ont été modifiées par la loi n°2016-41 du 26 janvier 2016 de modernisation de notre système de santé ainsi que par le décret n°2016-1157 du 24 août 2016 relatif au certificat médical attestant de l'absence de contre-indication à la pratique du sport.

Désormais deux cas de figures sont distingués : l'obtention de la licence et le renouvellement de licence. Il existe aussi de nombreuses exceptions à la règle générale.

Premièrement, concernant l'obtention de la licence dans une fédération sportive, celle-ci nécessite la présentation d'un certificat médical. Ce certificat mentionne l'absence de contre-indication à la pratique du sport et mentionne éventuellement des contre-indications. Il peut concerner un sport ou plusieurs qui sont en liens. Si besoin, il convient d'y ajouter la mention « en compétition » si la pratique de celle-ci est envisagée. Il existe une exception pour la pratique du sport scolaire qui ne nécessite pas de certificat médical pour le renouvellement ou l'obtention sauf dans certaines disciplines à contraintes particulières qui ne font pas exception. Ces disciplines exposent à un risque particulier en lien direct avec la pratique et nécessitent un examen orienté. Ces disciplines présentent également des contres indications plus nombreuses. Il s'agit de l'alpinisme, la plongée subaquatique, la spéléologie, les disciplines sportives, pratiquées en compétition, pour lesquelles le combat peut prendre fin par K-O (Ex : Boxe anglaise), les disciplines sportives comportant l'utilisation d'armes à feu ou à air comprimé (Tir, Ball-trap, Biathlon), les disciplines sportives, pratiquées en compétition, comportant l'utilisation de véhicules terrestres à moteur (Sport auto et motocyclisme), les disciplines sportives aéronautiques pratiquées en compétition à l'exception de l'aéromodélisme, le parachutisme, le rugby à XV, le rugby à XIII et le rugby à VII.

Deuxièmement, concernant le renouvellement de la licence, celui-ci s'entend comme la délivrance d'une nouvelle licence, sans discontinuité dans le temps avec la précédente, au sein de la même fédération. Le certificat est triennal pour les licences en compétition, c'est-à-dire tous les 3 ans.

Concernant les licences dites « loisirs », c'est-à-dire sans compétition sportive, le législateur prévoit en fonction des fédérations un renouvellement variable au moins tous les 3 ans.

Lorsqu'il ne se retrouve pas l'année du renouvellement du certificat médical, le sportif ou son représentant légal doit remplir un nouveau questionnaire appelé QS-SPORT (ANNEXE 1) disponible sur un formulaire Cerfa. Celui-ci est obligatoire à compter du 1^{er} juillet 2017. Le patient ne l'envoie pas à la fédération mais doit cocher sur la demande de licence qu'il a répondu non aux neuf questions que comporte ce questionnaire. S'il répond oui à une question, il doit consulter pour bénéficier d'un certificat médical d'absence de contre-indication à la pratique du sport.

Concernant les sportifs non licenciés souhaitant participer à une compétition, ils doivent fournir un certificat médical de moins de un an. Si le sportif est licencié, il doit présenter sa licence en règle selon les nouvelles dispositions citées ci-dessus.

Il existe une liste de disciplines à contraintes particulières nécessitant la production annuelle d'un certificat médical. Il est subordonné à la réalisation d'un examen médical spécifique dont les caractéristiques seront fixées par arrêté des ministres chargés de la santé et des sports (non disponible à ce jour).

Il s'agit de (2) :

1° Les disciplines sportives qui s'exercent dans un environnement spécifique :

- a) L'alpinisme ;
- b) La plongée subaquatique ;
- c) La spéléologie ;

2° Les disciplines sportives, pratiquées en compétition, pour lesquelles le combat peut prendre fin par K-O (Ex : Boxe anglaise) ;

3° Les disciplines sportives comportant l'utilisation d'armes à feu ou à air comprimé (Tir, Ball-trap, Biathlon) ;

4° Les disciplines sportives, pratiquées en compétition, comportant l'utilisation de véhicules terrestres à moteur (Sport auto et motocyclisme) ;

5° Les disciplines sportives aéronautiques pratiquées en compétition à l'exception de l'aéromodélisme. ;

6° Le parachutisme

7° Le rugby à XV, le rugby à XIII et le rugby à VII.

En pratique : (Pr François Carré)

Tableau 1 : application pratique du certificat d'absence de contre-indication à la pratique du sport, source Pr François Carré

pratique sportive	situation	CACI
compétition officielle adultes	licencié même sport	OUI 1ere visite puis tous les 3 ans avec auto questionnaire dans l'intervalle
	licencié autre sport	OUI 1ere visite puis tous les 3 ans avec auto questionnaire dans l'intervalle
	non licencié	OUI visite annuelle
	disciplines spéciales	OUI visite annuelle
compétition officielle enfants	licencié compétitions scolaires uniquement	NON
	licencié compétitions civiles	OUI 1ere visite puis tous les 3 ans avec auto questionnaire dans l'intervalle
	non licencié	OUI annuel
	disciplines spéciales	OUI annuel
loisir sans compétitions	licencié	OUI 1ere licence puis selon fédération



I.2. Le suivi médical réglementaire (SMR)

Il existe une catégorie de sportif chez qui la délivrance de la licence sportive est soumise à un parcours plus complet. Il s'agit des sportifs de haut niveau (SHN) et des membres des filières d'accession au haut niveau. Le simple CACI n'est donc pas suffisant dans cette population particulière qui nécessite d'autres examens et un autre suivi, conformément à la loi (Arrêté du 11 février 2004 fixant la nature et la périodicité des examens médicaux prévus aux articles L. 3621-2 et R. 3621-3 du code de la santé publique) (2-4).

Selon les dispositions de l'article L.3621-2 du code de la Santé Publique, les fédérations sportives ont l'obligation d'organiser la surveillance médicale de leurs sportifs de haut niveau. Cette surveillance porte le nom de suivi médical réglementaire (SMR).

Pour être inscrits sur la liste des sportifs de haut niveau ou sur la liste des sportifs Espoirs prévues aux articles 2 et 11 du décret du 29 avril 2002, les sportifs doivent effectuer les examens suivants (3,4) :

1. Un examen médical réalisé, selon les recommandations de la Société française de médecine du sport et des autres sociétés savantes concernées, par un médecin diplômé en médecine du sport.
2. Une recherche par bandelette urinaire de protéinurie, glycosurie, hématurie, nitrites.
3. Un électrocardiogramme standardisé de repos avec compte rendu médical.
4. Une échocardiographie transthoracique de repos avec compte rendu médical.
5. Une épreuve d'effort d'intensité maximale (couplée, le cas échéant, à la mesure des échanges gazeux et à des épreuves fonctionnelles respiratoires) réalisée par un médecin, selon des modalités en accord avec les données scientifiques actuelles, en l'absence d'anomalie apparente à l'examen clinique cardio-vasculaire de repos et aux deux examens précédents. Cette épreuve d'effort vise à dépister d'éventuelles anomalies ou inadaptations survenant à l'effort, lesquelles imposeraient alors un avis spécialisé.

Chez les sportifs licenciés ayant un handicap physique ou mental ne permettant pas la réalisation de cette épreuve d'effort dans des conditions habituelles, une adaptation méthodologique est à prévoir.

6. Un examen dentaire certifié par un spécialiste.
7. Un examen par imagerie par résonance magnétique du rachis cervical, dans le but de dépister un canal cervical étroit, pour les disciplines suivantes :
 - football américain ;
 - plongeon de haut vol ;
 - rugby à XV (uniquement pour les postes de première ligne à partir de 16 ans) ;
 - rugby à XIII (uniquement pour les postes de première ligne).

Une information des sportifs est à prévoir lors de l'examen médical quant au risque de développer ou d'aggraver (si préexistant) :

- un canal cervical étroit lors de la pratique des disciplines citées au précédent alinéa ;

- des pathologies du rachis lombaire, notamment une lyse isthmique avec ou sans spondylolisthésis lors de la pratique de certaines disciplines.

Les examens ci-dessus doivent être réalisés dans les six mois qui précèdent la première inscription sur la liste des sportifs de haut niveau ou sur la liste des sportifs Espoirs.

Détaillons la périodicité et la nature de ces examens (1,3,4) :

1° Deux fois par an :

a) Un examen médical réalisé par un médecin diplômé en médecine du sport comprenant :

- un entretien ;
- un examen physique ;
- des mesures anthropométriques ;
- un bilan diététique, des conseils nutritionnels, aidés si besoin par des avis spécialisés coordonnés par le médecin selon les règles de la profession ;
- une recherche par bandelette urinaire de protéinurie, glycosurie, hématurie, nitrites.

2° Une fois par an :

a) Un examen dentaire certifié par un spécialiste ;

b) Un examen électrocardiographique standardisé de repos avec compte rendu médical ;

c) Un examen biologique pour les sportifs de plus de quinze ans, mais avec autorisation parentale pour les mineurs, comprenant :

- numération-formule sanguine ;
- réticulocytes ;
- ferritine.

3° Deux fois par an chez les sportifs mineurs et une fois par an chez les sportifs majeurs, un bilan psychologique est réalisé, lors d'un entretien spécifique, par un médecin ou par un psychologue sous responsabilité médicale.

Ce bilan psychologique vise à :

- détecter des difficultés psychopathologiques et des facteurs personnels et familiaux de vulnérabilité ou de protection ;
- prévenir des difficultés liées à l'activité sportive intensive ;
- orienter vers une prise en charge adaptée si besoin.

4° Une fois tous les quatre ans, une épreuve d'effort maximale telle que précisée précédemment.

5° Les candidats à l'inscription sur la liste des sportifs de haut niveau ou sur la liste des sportifs Espoirs qui ont bénéficié de l'échocardiographie alors qu'ils étaient âgés de moins de quinze ans doivent renouveler cet examen entre dix-huit et vingt ans.



Selon les disciplines, les sportifs sont soumis aux examens suivants (4) :

1° Un examen ophtalmologique annuel effectué par un spécialiste pour les disciplines suivantes :

- sports mécaniques ;
- sports aériens (sauf aéromodélisme) ;
- disciplines alpines (ski alpin et acrobatique, snowboard) et ski-alpinisme ;
- sports de combats (pieds-poings).

2° Un examen ORL annuel effectué par un spécialiste pour les disciplines suivantes :

- sports aériens (sauf aéromodélisme) ;
- sports sous-marins.

3° Un examen biologique, trois fois par an, comprenant :

Numération-formule sanguine, réticulocytes, ferritine pour les disciplines suivantes :

- athlétisme (courses uniquement) ;
- aviron ;
- biathlon ;
- course d'orientation ;
- cyclisme ;
- natation ;
- pentathlon moderne ;
- roller skating ;
- ski de fond ;
- triathlon.

Dans notre étude, la population est composée de cyclistes licenciés à la fédération française de cyclisme (FFC). Celle-ci prévoit en plus des examens légaux explicités précédemment une épreuve d'effort annuelle pour les sportifs soumis au SMR (3). Ceci concerne :

- Coureurs de 1ère catégorie route (faisant partie des 300 premiers seniors du classement national par points FFC pour les hommes et 25 premières pour les femmes)
- Coureurs de 1ère catégorie VTT, BMX, Piste, Cyclo-Cross
- Coureurs professionnels requalifiés en 1ère catégorie
- Coureurs étrangers de 1ère catégorie (avec 8 points au classement UCI) titulaire d'une attestation d'appartenance délivrée au titre d'un club français
- Coureurs inscrits sur la liste ministérielle des Sportifs de Haut Niveau (Hors « Reconversion »)
- Coureurs inscrits sur liste des « Sportifs collectifs nationaux »
- Coureurs inscrits sur liste « Espoirs » ministérielle.



Ce règlement est aussi applicable à tous les coureurs français membres d'un groupe sportif français ou étranger, ainsi qu'aux coureurs étrangers membres d'un groupe sportif français.

Concernant les cyclistes professionnels hommes, ils sont soumis au règlement de l'union cycliste internationale (UCI) qui prévoit en plus des examens cités précédemment une échographie cardiaque tous les 2 ans. L'épreuve d'effort est annuelle.

I.3. L'épreuve d'effort

Les épreuves d'efforts comprennent toutes un ECG d'effort. Il est possible d'y ajouter la mesure des échanges gazeux. Il y a donc deux formats de réalisation d'épreuve qui s'adresse à des sujets différents (4)

Premièrement, il y a l'épreuve d'effort à visée cardiologique sous surveillance d'un cardiologue et qui correspond à un ECG d'effort.

Deuxièmement, il est possible d'ajouter à l'ECG d'effort la mesure des échanges gazeux. Nous obtenons ainsi l'épreuve d'effort physiologique à visée bioénergétique. Il est recommandé que celle-ci soit réalisée par un médecin qualifié.

L'évaluation de l'aptitude physique selon la société française de médecine du sport (SFMES) a pour objectif de répondre à deux questions (5,6) :

- le sujet a-t-il les aptitudes physiques pour les exigences de son activité sportive dont on connaît les trois contraintes principales : effort physique, contraintes thermiques et stress psychologique ?
- ces exigences peuvent-elles aggraver ou créer des complications d'une affection sous-jacente connue ou méconnue ?

En dehors de cette double mission de diagnostic et de dépistage, l'évaluation de l'aptitude physique doit permettre de guider la préparation physique du sujet.

L'activité sportive, spécialement chez les sujets de plus de 35 ans, exige une surveillance médicale stricte (7). Cinq affections cardiovasculaires peuvent remettre en question l'aptitude aux efforts physiques intenses : la maladie coronaire, l'hypertension artérielle, les troubles du rythme cardiaque, les affections valvulaires et les cardiomyopathies. Les épreuves d'effort, avec profil tensionnel d'effort, constituent l'approche la plus diffusée du dépistage de ces affections.

Etant donné la faible prévalence de la mort subite estimée selon les études chez le patient sportif de 1/73000 (Cantwell 1993) à 1/200000 (8–11), l'intérêt médical de dépistage du risque cardio vasculaire est discuté chez les patients de moins de 30 ans et n'est pas recommandé par les sociétés savantes (5,7,12). Il convient donc de ne les réaliser que dans le cadre du suivi des sportifs de haut niveau.



Selon plusieurs études, le risque de survenue d'un évènement cardio vasculaire est maximum pour des intensités maximales ainsi que lors du début de la phase de récupération(8–11,13–17). Il ressort de ses études que le risque d'accident cardio-vasculaire augmente avec l'intensité de l'effort en suivant une loi normale pour redescendre progressivement durant la phase de récupération. Ce risque est supérieur au sujet sous maximal, mais inférieur au risque au repos de la population générale, le sport étant un facteur protecteur au repos.

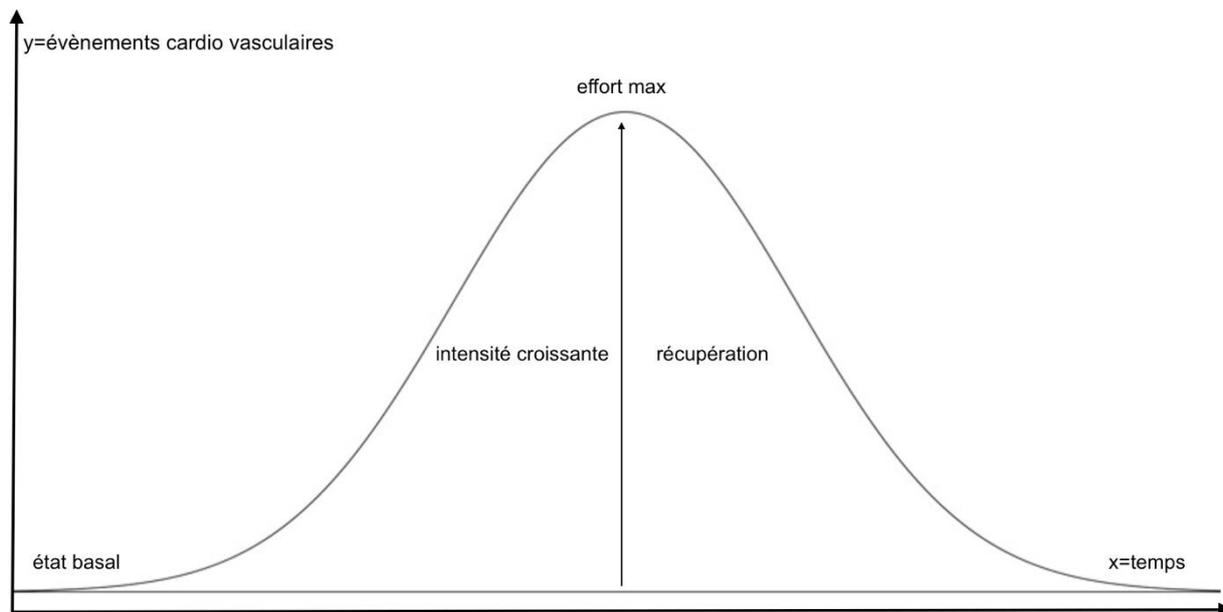


Figure 1 : nombre d'évènements cardio vasculaire (y) en fonction du temps (x) sur une épreuve d'effort maximale à intensité croissante, suivi d'une phase de récupération.

I.3.1. Définition de l'épreuve d'effort physiologique à visée bioénergétique

L'épreuve doit être maximale, progressive, individualisée, elle doit conduire à l'épuisement du sujet dans un délai de 15 à 20 minutes. Un échauffement de quelques minutes à intensité modérée permet au sportif de se familiariser avec le matériel (12).

Les épreuves d'effort les plus couramment utilisées en médecine du sport sont triangulaire, c'est à dire avec une augmentation progressive de la charge, avec un incrément et une durée des paliers variables (fréquemment de 10 à 30 watts par minutes avec des paliers de 1 à 3 minutes selon les équipes (12)).

Il s'en suit une période de récupération d'en moyenne 5 minutes.

I.3.2. Problème des épreuves d'effort infra maximales

Il paraît indispensable, dans un bilan d'aptitude initial, de réaliser des épreuves d'effort maximales. Chez tous les sportifs soumis à des exercices intenses, l'épreuve doit être maximale, car il est difficilement concevable d'autoriser des exercices maximaux et supra maximaux dans des séances d'entraînement sans aucune surveillance médicale, et de réaliser, en milieu médical, des épreuves d'aptitude qui ne seraient que sous-maximales pour des raisons de sécurité (6).

Les bilans d'aptitudes et de renouvellement de licence sont principalement réalisés hors saison sur du matériel hospitalier. Ces deux facteurs peuvent s'avérer limitant dans une population de sportif de haut niveau habitués à leur matériel et peu motivés à cette période de l'année.

Il convient donc d'avoir pour ces épreuves d'effort chez le sportif des critères de maximalités fiables et validés.

I.3.3. Critères de maximalité

L'épreuve d'effort est classiquement menée jusqu'à épuisement du sujet, caractérisé, sur cycloergomètre, par l'impossibilité de maintenir une cadence de pédalage suffisante pour poursuivre l'augmentation incrémentielle de la puissance (en général la limite basse est fixée à une cadence de 50 tours par minute) (7).

Au vu de la subjectivité de l'épuisement motivant l'arrêt de l'épreuve d'effort (sportifs peu motivés en intersaison ou matériel peu adapté), il convient de s'assurer de l'obtention des critères de maximalité (18–20).

Il s'agit de (7,12):

- L'obtention d'un plateau de consommation d'oxygène (VO_2) permettant de déterminer le VO_{2max} . La définition du plateau consiste en l'absence d'élévation du VO_2 malgré l'augmentation de la puissance sur ergo cycle ou de la vitesse sur tapis. Au vu de la difficulté à obtenir ce plateau (18,19,21–23). On retient une augmentation inférieure à 150 ml/minute alors qu'une augmentation de la puissance justifierait une augmentation supérieure du VO_2 (7,12).
- Une lactatémie supérieure à 8mmol/L
- Un quotient respiratoire ($QR = VCO_2/VO_2$) supérieur à 1,10
- Une fréquence cardiaque supérieure à 90 % de la fréquence cardiaque maximale théorique selon la formule d'Astrand ($FMT = 220 - \text{âge}$)

L'épreuve peut être considérée maximale si 3 critères sur 4 sont atteints (7,12). Dès lors il est possible d'analyser cette épreuve pour la programmation de l'entraînement et la détermination de la puissance maximale aérobie (12).

Le plateau de VO_2 max est considéré comme le critère majeur par de nombreuses études, anciennes comme récentes (18–27).

Cependant, plusieurs études ont montré que ce plateau n'est pas obtenu et expose donc au risque d'épreuve sous maximale (5,18,19,21,23,26,28). Par exemple, un plateau n'est observé que dans 17% des 71 sujets en bonne santé de Day et al (27). Rossister et al ne retrouvent aucun plateau de VO₂max dans leur étude sur 7 hommes en bonne santé (22).

I.4. Problématique

Devant la constatation que le maximum d'évènement cardio respiratoire se produisent à un effort max et dans la période de récupération, que les sportifs sont des patients supra physiologiques et vont au maximum sur le terrain, il est indispensable qu'une épreuve d'effort de laboratoire de dépistage soit maximale (8–11,13,15,16,29,30).

Le critère majeur de maximalité est le plateau de VO₂. Il n'est cependant que peu retrouvé en médecine. D'autres critères, dit secondaires, ont donc fait leur apparition, mais est-ce que les critères secondaires sont adaptés pour le cycliste de haut niveau.

Hypothèse :

Nous faisons l'hypothèse que l'obtention des critères secondaires ne permet pas la maximalité de l'épreuve d'effort et qu'il faut rechercher un plateau de VO₂max dans la population des sportifs.

Grâce à un test adapté il est possible d'obtenir un plateau de VO₂ chez le cycliste à haut niveau de pratique. Ce VO₂max est le meilleur critère de maximalité d'une épreuve d'effort, y compris face aux critères secondaires.

I.5. Objectif

Objectif principal : Montrer que le test de laboratoire proposé par la fédération française de cyclisme permet d'obtenir un plateau de VO₂ donc un VO₂max chez des cyclistes entraînés.

Objectif secondaire : Montrer que dans la population des cycliste entraînés, le plateau de VO₂ est le critère majeur de maximalité de l'épreuve d'effort.



II. MATERIEL ET METHODE

II.1. Type d'étude

Il s'agit d'une étude prospective (2017), mono centrique, avec réalisation d'une épreuve d'effort physiologique à visée métabolique.

II.2. Population

24 sujets ont été retenus pour participer à l'étude, tous des cyclistes de bon niveau pratiquant un volume hebdomadaire de sport de 12 à 20 heures (moyenne 13,5 heures +/- 3 heures). Leur kilométrage annuel moyen est de 17300 km +/- 3500 km. Ils étaient tous volontaire et ont signé un accord pour réaliser l'étude. 22 hommes et 2 femmes ont été retenus. 10 étaient des mineurs membres d'une filière d'accession au haut niveau, 9 hommes et une femme (un accord parental avait été obtenu). 11 étaient des cyclistes élités répertoriés par la fédération française de cyclisme dont un cycliste professionnel, 10 hommes et 1 femme. 3 étaient des cyclistes vétérans, pratiquant assidus et de bon niveau.

Les sujets avaient de 16 à 50 ans, les données morphologiques sont répertoriées dans le tableau 1.

II.3. Mesure des données anthropométrique

Le poids et la masse grasse ont été mesuré avec une balance à impédancemétrie de marque TANITA modèle BF-522.

II.4. Epreuve d'effort

II.4.1. Protocole

Chaque épreuve d'effort a été réalisé à la Clinique Chénieux en 2 après-midis en 2017, de 12h à 20h, à une température moyenne de 24°C. Il leur était demandé de terminer leur repas environ 3 heures avant l'épreuve et de ne pas réaliser d'entraînement intense la veille.

Le protocole utilisé est celui validé par la commission médicale de la fédération français de cyclisme (FFC), élaboré par R. Richard. Il est différent pour les hommes et les femmes mais est construit de la même manière. Les hommes devaient accomplir 6 minutes à 100 watts (W), 2 minutes à 150W, 2 minutes à 200W puis un incrément de 25W par minute jusqu'à épuisement, avec ensuite 5 minutes de récupération à puissance libre. Les femmes accomplissaient 6 minutes à 80W, 2 minutes à 120W, 2 minutes à 160W puis un incrément de 20W par minute jusqu'à épuisement. La fréquence de pédalage était laissée libre mais il était précisé aux sportifs que l'efficacité maximale se situe entre 90 et 110 tours par minutes (ANNEXE 2).

Les critères d'exclusions étaient : un défaut d'enregistrement d'un des paramètres lors de l'épreuve, un problème de matériel sportif lors de l'épreuve.

II.4.2. Matériel sportif



Figure 2 : installation d'un cycliste lors de l'épreuve d'effort

Les sportifs étaient convoqués avec leur propre matériel. Ils montaient leur propre vélo sur un home trainer de la marque BKOOL de type trainer pro (ANNEXE 4). Une roue POWERTAP (ANNEXE 3.2), qui est un capteur de puissance, était au préalable fixée sur le vélo des sportifs. Un compteur GARMIN EDGE 810 (ANNEXE 3.1) était placé sur la potence pour fournir aux sportifs les données de temps, de cadence de pédalage et de puissance en temps réel.

Les homes trainer BKOOL trainer pro présente l'avantage d'être d'une grande stabilité même lors d'effort à puissance extrême. Ils sont reconnus comme offrant un coup de pédale souple et proche de celui retrouvé sur le terrain. Le home trainer BKOOL était relié en wifi à un ordinateur qui pour des raisons pratiques simulait une pente à 1,5% permettant d'offrir un éventail de puissance suffisant pour réaliser un incrément de 80 à 500W.



Le capteur de puissance utilisé était une roue POWERAP, qui est un système de mesure validé par de nombreuses études (31,32). Il s'agit de l'enregistrement de la puissance en Watts et de la cadence en tour par minute dans le moyeu de la roue arrière. La même roue a été utilisée pour chaque sportif après un étalonnage et la vérification de la pression dans la chambre à air qui était fixée à 8 bars pour tout le monde (même pression que sur le terrain).

Un compteur de type GARMIN EDGE 810 était placé sur la potence du vélo des sportifs et était relié en temps réel avec la roue POWERAP. Le sportif visualisait en direct le temps, la puissance instantanée, la puissance moyenne sur le pallier, ainsi que la cadence de pédalage. Le compteur permettait également de recueillir les données de temps, de puissance et de cadence.

Les sportifs n'avaient donc pas une résistance imposée comme c'est le cas avec la plupart des ergo cycle mais choisissaient eux même leur développement (plateaux à l'avant et pignons à l'arrière) afin d'obtenir la puissance demandée sur le pallier à la cadence qu'ils souhaitaient. Ces conditions se rapprochaient de celles rencontrées sur le terrain et étaient motivantes selon les déclarations des sportifs car proche de leur pratique sur le terrain.

II.4.3. Matériel d'enregistrement à visée cardiologique

Des électrodes étaient réparties sur le thorax des sportifs afin d'enregistrer l'ECG d'effort sur un appareil de la marque SCHILLER (ANNEXE 3.4).

II.4.4. Matériel d'enregistrement des échanges gazeux

Un appareil de mesure portable des échange gazeux, modèle METAMAX 3B CORTEX a été utilisé (ANNEXE 3.3). L'appareil était étalonné selon le protocole du constructeur, une première fois en début de séance, et entre chaque sportif. Un masque ajusté à la taille du patient était utilisé. L'appareil permettait la mesure de VO₂, VCO₂, VE, QR, FR, FC (au moyen d'une ceinture de la marque POLAR). Les mesures étaient faites en cycle à cycle.

II.4.5. Critères de maximalité

Le critère de maximalité reposant sur la mesure de l'acide lactique n'a pas été mesuré lors de cette étude.

Il s'agissait donc de rechercher 3 critères :

- Un plateau de VO₂ (augmentation de moins de 150mL/min de la consommation d'oxygène entre deux paliers, à la condition que l'incrément soit supérieur à 15W)
- Une fréquence cardiaque maximale supérieure à 90% de la fréquence cardiaque maximale théorique (FMT)



- Un quotient respiratoire ($QR=VCO_2/VO_2$) de fin d'effort supérieur à 1,10

Toutes les données ont été centralisé dans le logiciel d'analyse du METAMAX.

II.4.6. Analyse des résultats de l'épreuve d'effort

Afin de juger de la maximalité des épreuves d'effort menées jusqu'à épuisement, nous nous sommes intéressés à la valeur de VO_2 pour chacun des critères de maximalité pour chaque sportif.

Nous avons donc recherché le VO_2 au plateau, le VO_2 à 90% de la FMT, le VO_2 à $QR=1,10$. Au préalable, nous avons recherché le nombre de sportif ayant atteint chaque critère.

Critère de jugement principal :

Le VO_2 en L/min/kg aux critères de maximalité.

Critère secondaire :

La puissance en watts aux critères de maximalité.

II.5. Analyse statistique

Concernant les 2 épreuves d'effort exclues pour erreur de mesure de l'appareil, les données n'ont pas été utilisées ni remplacées. Nous n'avons pas eu de données aberrantes.

Concernant les statistiques descriptives, les variables à décrire étaient des effectifs avec des pourcentages, des moyennes avec des écarts types. La description s'est faite globalement, sans sous-groupe.

La comparaison des moyennes de VO_2 et de puissance a été effectué avec un test T de Student, le niveau de significativité a été fixé pour un $p<0,05$.

Toutes les analyses ont été réalisées avec le logiciel MICROSOFT EXCEL.



III. RESULTATS

III.1. Population

24 cyclistes avaient réalisé l'épreuve d'effort. 2 épreuves ont été rejeté pour des erreurs d'enregistrement de l'appareil METAMAX (absence de donnée sur la ventilation). 22 épreuves d'effort ont donc été inclus.

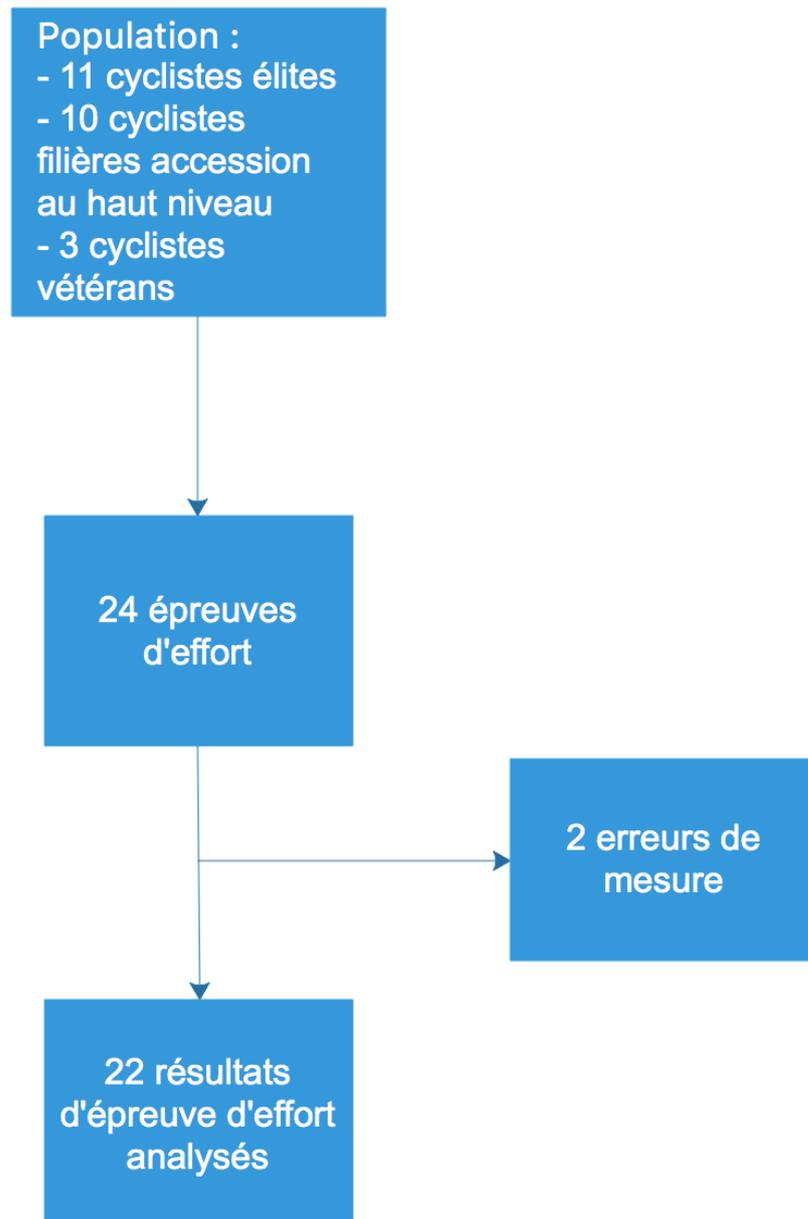


Figure 3 : Diagramme de flux

III.2. Données de la population

Les caractéristiques morphologiques sont résumées dans le tableau 2.

Tableau 2 : données morphologiques, cm : centimètre, kg : kilogramme, IMC : indice de masse corporelle

Tableau 2	Âge (année)	Taille (cm)	Poids (kg)	IMC	Masse grasse (%)
Moyenne	23,5	176,1	65,3	21,1	7,9
Écart type	9,2	6,7	6	1,4	4,3
Minimum	16	158	48	18,1	2,5
Maximum	50	188	74,5	23,4	24,9

Les résultats des épreuves d'effort pour la puissance maximale aérobie (PMA) et le VO₂max sont les suivantes : PMA moyenne : 384,35 watts (+/- 56,5, minimum : 236, maximum 449), VO₂max moyen : 69,95 ml/min/kg (+/- 5,7, minimum 54, maximum : 78)

III.3. Résultats (tableau 3)

Sur les 22 épreuves d'effort des 22 sportifs, 100% ont atteint le plateau de VO₂ qui définit le VO₂max (soit 22/22).

91% ont atteint les 3 critères de maximalité (soit 20/22) et répondaient donc à la définition d'une épreuve maximale.

4,5% n'ont pas atteint le QR>1,10 (soit 1 sur 22).

4,5% n'ont pas atteint le 90% de la FMT (soit 1/22).

18% ont atteint la FMT (soit 4/22).

Tableau 3 : atteinte des critères de maximalité (VO₂max : débit maximal d'oxygène consommé, QR : quotient respiratoire qui correspond à VCO₂/VO₂, FC : fréquence cardiaque, FMT : fréquence cardiaque maximale théorique)

Tableau 3	Nombre de sportifs	Pourcentage
1 critère = Plateau VO ₂ max	22	100
1critère = QR >1,10	21	95,5
1critère = FC>0,90FMT	21	95,5
2 critères = QR>1,1 et 0,9FMT	20	91
3 critère = VO ₂ max, QR>1,1, 0,9FMT	20	91



III.4. Résultats sur le critère de jugement principal (tableau 4)

1- Le VO₂ à 90% de la FMT est égal à 85% du VO₂ au plateau de VO₂max.

2- Le VO₂ à QR = 1,10 est égal 92% du VO₂ au plateau de VO₂max

3- Le VO₂ aux deux critères, 90% de FMT et QR=1,10, est égal à 93% du VO₂ au plateau de VO₂max.

Tableau 4 : VO₂ atteint aux différents critères de maximalité, en pourcentage et en valeur absolue (en millilitre par minute par kilogramme)

Tableau 4	En % de VO ₂ max	En ml/min/kg
VO ₂ plateau VO ₂ max	100	69,95
VO ₂ à 0,9FMT	85	59,45
VO ₂ à QR>1,1	92	64,7
VO ₂ 2critères	93	65,4

Cette différence est statistiquement significative avec $p = 0,000007$.

III.5. Résultats sur le critère de jugement secondaire (tableau 5)

1- La puissance à 90% de la FMT est égale à 83% de la puissance maximale aérobie (PMA).

2- La puissance à QR = 1,10 est égale à 92% de la PMA.

3- La puissance aux 2 critères, 90% de la FMT et QR=1,10, est égale à 93% de la PMA.

Tableau 5 : puissance atteinte en watts aux différents critères de maximalité, en pourcentage et en valeur absolue, P : puissance, PMA : puissance maximale aérobie

Tableau 5	En % de PMA	En watts
PMA	100	384,35
P à 0,9FMT	83	320,55
P à QR>1,1	92	351,85
P 2 critères	93	355,9

Cette différence est statistiquement significative avec $p = 0,000008$.



IV. DISCUSSION

Notre travail a permis de confirmer nos hypothèses. En effet nous avons pu montrer que le test de laboratoire proposé par la fédération française de cyclisme permet d'obtenir systématiquement un plateau de VO₂ donc un VO₂max chez des cyclistes entraînés et que l'utilisation des autres critères entraîne une sous-estimation du VO₂ max et de la PMA.

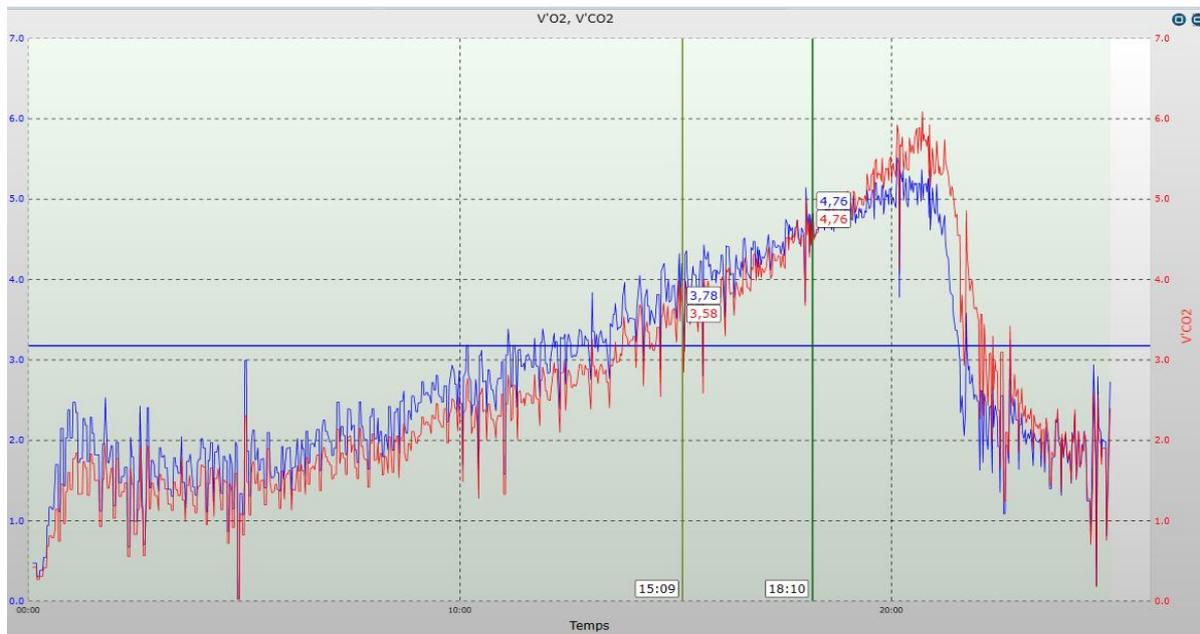


Figure 4 : plateau de VO₂ obtenu lors d'une épreuve d'effort, volume en ordonnée en litre, temps en abscisse en minute : seconde, en rouge VCO₂ (en litre par minute), en bleu VO₂ (en litre par minute)

Si l'on utilise individuellement les 2 critères 90% de la FMT et $QR > 1,10$, le VO₂ est sous-estimé par rapport au VO₂max de référence obtenue au plateau de VO₂. En combinant les résultats sur les deux critères associés, nous obtenions une sous-estimation de 7% du VO₂ par rapport au plateau soit 4,5ml/min/kg (65,4 contre 69,95). Une différence importante de 7% sur la valeur de VO₂ induit un effort sous maximal si l'on s'en tient aux 2 critères 90% de la FMT et $QR > 1,10$. Ceci signifie clairement que lorsque l'on n'atteint pas un plateau de VO₂max, mais un pic de VO₂, il n'y a pas de certitude que l'épreuve soit maximale.

Sur le critère de jugement secondaire qui était la PMA, en associant les deux critères secondaires, nous avons obtenu une sous-estimation de 7% soit 28,5watts (355,9 contre 384,35). Une différence importante de 7% sur la valeur de PMA induit comme pour le VO₂ un effort sous maximal si l'on s'en tient aux 2 critères 90% de la FMT et $QR > 1,10$. Ceci signifie que lorsque l'on n'atteint pas un plateau de VO₂max, mais un pic de VO₂, il n'y a pas de certitude que l'épreuve soit maximale avec dans notre étude une erreur de 7% à l'obtention des 2 autres critères.

Une erreur de 28,5 watts signifie que le sportif franchit au moins 1 palier de moins puisque ceux-ci sont de 25 watts. L'épreuve n'est donc clairement pas maximale. Du point de vue du suivi de l'entraînement, 28,5 watts de différence représentent une importante modification de la charge d'entraînement. En effet, les cyclistes utilisant un capteur de puissance pour paramétrer leurs entraînements réalisent des séances avec des exercices en pourcentage de

PMA. Un tel écart modifie donc complètement l'intensité du travail et donc, se ressent sur la progression et le suivi. Par exemple, l'échelle de référence ESIE (F. GRAPPE) est exprimée en pourcentage de la PMA et permet de dégager 7 zones de travail (ANNEXE 5).

Tableau 6 : Zones de travail en Watts en pourcentage de la PMA pour 3 valeurs différentes de PMA

tableau 6	% PMA	PMA 371,5W	PMA 400W
erreur 7%		28,5W	
intensité 1	50	185,75	200
intensité 2	60	222,9	240
intensité 3	70	260,05	280
intensité 4	80	297,2	320
intensité 5	100	371,5	400
intensité 6	150	557,25	600
intensité 7	250	928,75	1000

Dans notre travail, 100% des sportifs ont atteint leur plateau de VO₂max. Ce résultat est supérieur à la littérature (18,19,21,23,24,27,28) mais des conditions optimales étaient réunies pour l'obtenir.

En premier lieu les sportifs étaient tous volontaires et donc d'une grande motivation pour participer à ce travail. Durant l'enregistrement des épreuves d'effort, les sportifs étaient soumis à des encouragements appuyés dans les efforts les plus difficiles. D'autre part, ils étaient munis de leur propre matériel, leur propre vélo. Ceci est très important car les sensations sont les mêmes que sur le terrain. Toujours concernant les sensations, un home trainer BKOOOL était utilisé et permet grâce à sa construction et sa géométrie d'obtenir un coup de pédale proche du terrain (ANNEXE 4).

Le protocole utilisé est celui proposé par la fédération française de cyclisme (ANNEXE 2). Celui-ci est validé pour des gammes de puissance conformes à celles obtenues lors de l'étude. Ce protocole est retenu pour évaluer les élites et les filières d'accession au haut niveau de la FFC qui représentaient une grande majorité de la population étudiée. La construction du protocole permet par la phase d'échauffement puis l'incrément rapide d'obtenir entre 15 et 20 minutes l'épuisement des sportifs, ce qui est conforme aux recommandations de réalisation des épreuves d'effort (5,7,12). D'autre part, la population choisie regroupait uniquement des compétiteurs, des sportifs habitués aux efforts maximaux, et avec une bonne connaissance de leur capacité. Tout ceci leur permettait de s'investir au maximum de leur possibilité.

Concernant les données morphologiques, elles sont conformes à celles retrouvées dans la littérature chez les sportifs (18,19,33).

Concernant les résultats des épreuves d'effort, la PMA moyenne était de 384,35W, le VO₂max moyen de à 69,95ml/min/kg. Ces données sont conformes à la littérature (7,12,18–20,22,24,27,33).

De plus, il est à noter que 94,5 % des sportifs ont atteints 90% de leur FMT, et seulement 18% leur FMT. Ce résultat paradoxal pour une population habituée à être poussée au maximum

est cependant conforme à la littérature et peut s'expliquer par un frein vagal important pour une population pratiquant en moyenne de 12 à 20 heures de sport par semaine (34–36). Nous avons également obtenu un sportif qui n'a pas atteint un $QR > 1,10$. Au total, 91% des sportifs de l'étude ont atteint les 3 critères de maximalité, soit 20 sur les 22 sportifs, qui ont permis de réaliser l'analyse statistique sur les 3 critères.

Événements cardio vasculaire :

Nous n'avons pas eu d'anomalies ECG ou l'apparition de critères d'arrêt de l'épreuve d'effort. Vu la littérature et nos résultats, il apparaît que la justification des épreuves d'effort est physiologique à visée sportive plus que médicale à visée de dépistage (6,7,12,14,29).

Points forts :

Les cyclistes utilisaient leur propre matériel, ce qui a permis une très bonne adhésion de ceux-ci à l'étude, ceci est conforme à la littérature (37,38). Sur leur propre matériel, les sensations sont plus proches du terrain et nous l'espérons, le résultat également. De plus, le home trainer utilisé de la marque BKOOL offre un coup de pédale sans la sensation d'être « fixé » comme sur les modèles classiques. Il offrait de plus une grande stabilité y compris dans les intensités élevées.

Mesure puissance POWER TAP et échange gazeux METAMAX :

Le POWER TAP comme capteur de puissance offre une marge d'erreur de 2% et est validé par de nombreuses études (31,32). Cette valeur est relativement faible par rapport aux données de la littérature sur les ergo cycles (12). Ceci permet d'avoir confiance dans les résultats des puissances obtenues lors de l'étude. Seul le capteur de la marque SRM, modèle professionnel fait mieux avec une marge d'erreur de 0,5%.

Le METAMAX a été calibré selon les recommandations du constructeur durant l'étude. Nous avons eu 2 épreuves d'effort de l'étude lors desquels le signal entre le METAMAX et l'ordinateur qui permet le recueil des données a été perdu, ne permettant d'obtenir les données de ventilation nécessaire à l'analyse.

Protocole :

De nombreux protocoles d'épreuves d'effort existent même si la forme triangulaire (continue) paraît être la plus utilisée face aux épreuves rectangulaires (discontinues) (12).

Le protocole utilisé pour cette population de cycliste a été celui retenu par la fédération française de cyclisme. Notre choix s'est porté sur celui-ci pour plusieurs raisons. Il a été construit par un groupe d'expert pour les épreuves d'effort en collaboration avec la commission médicale de la fédération française de cyclisme. Il est connu de la population testée, la plupart des cyclistes ont déjà réalisé des épreuves d'effort avec ce protocole. Il est construit sur le format recommandé par les sociétés savantes avec une phase d'échauffement et un incrément rapide pour arriver à l'épuisement du sujet entre 15 et 20 minutes (5,7,12).

Limites :

Dans notre étude, nous n'avons pas pris en compte le quatrième critère de maximalité cité dans la littérature. Il s'agit de la lactatémie. Nous avons choisi de ne pas l'utiliser pour des raisons de disponibilité du matériel que nous n'avons pas à notre disposition, des difficultés de mesure en plein effort, à chaque pallier, avec un prélèvement sanguin capillaire. D'autre part, la littérature (7,12,18,19) recoupe une valeur seuil à 8mmol/L qui est sujet à variation

selon les articles et semble se positiver assez tôt dans l'épreuve d'effort, avant le plateau de VO2max, mais nous ne l'avons pas testé pour le vérifier.

Une limite est la difficulté de pouvoir organiser le plateau technique pour réaliser les épreuves d'effort dans les conditions favorables dans lesquelles nous les avons réalisés (matériel personnel, home trainer, Powertap). Notre échantillon était composé de 24 cyclistes initialement pour 22 retenus selon les critères d'inclusion et les erreurs de mesure. Dans la littérature, nous avons retrouvé des échantillons de taille variable allant de 7 à 71 sujets (18–22,24,26,33,38,39). Dans notre étude, la taille de l'échantillon nous a permis de conclure à une différence significative entre le VO2 aux différents critères et le VO2max.



V. CONCLUSION

Le protocole d'épreuve d'effort de laboratoire proposé par la fédération française de cyclisme permet d'obtenir un plateau de VO₂ donc un VO₂ max chez les cyclistes entraînés. Les autres critères de maximalité (QR et fréquence cardiaque théorique) sont discutables dans cette population particulière et ne semblent pas utiles à partir du moment où le plateau est systématiquement atteint.

Dans cette population particulière, le médecin généraliste ne devrait pas être faussement rassurer par une épreuve d'effort normale mais qui ne présente pas le critère de maximalité majeur, le plateau de VO₂.



Références bibliographiques

1. LOI n° 2016-41 du 26 janvier 2016 de modernisation de notre système de santé. 2016-41 janv 26, 2016.
2. <http://www.sports.gouv.fr/pratiques-sportives/pratique-securite/securite-sur-la-voie-publique/article/Le-certificat-medical>. 6. Certificat médical [Internet]. sports.gouv.fr. [cité 23 juill 2017]. Disponible sur: <http://www.sports.gouv.fr/pratiques-sportives/pratique-securite/securite-sur-la-voie-publique/article/Le-certificat-medical>
3. La Surveillance Médicale Réglementaire - SMR [Internet]. Fédération Française de Cyclisme. [cité 26 juill 2017]. Disponible sur: <https://www.fcc.fr/surveillance-medicale-reglementaire-smr/>
4. Arrêté du 11 février 2004 fixant la nature et la périodicité des examens médicaux prévus aux articles L. 3621-2 et R. 3621-3 du code de la santé publique.
5. J. Medelli *, P. Berteau (Rouen), F. Carré (Rennes), J.P. Eclache (Lyon), J.P. Fouillot (Paris), F. Friemel (Créteil), J. Mercier (Montpellier), J. Pastène (Lyon), M. Potiron (Nantes), R. Richard, (Strasbourg), D. Rivière (Toulouse), B. Sesboüé (Caen). Position de consensus de la Société Française de Médecine du Sport concernant la directive n°000149 du 3 avril 2001 sur les épreuves d'effort des sportifs de haut niveau [Internet]. [cité 21 juill 2017]. Disponible sur: https://www.sfmes.org/images/sfmes/pdf/consensus_9.pdf
6. Faut-il mettre le vélo au clou? *Cardiol* 1997. Broustet JP.;
7. J Medelli. Les épreuves d'effort en médecine du sport [Internet]. [cité 21 juill 2017]. Disponible sur: https://www.sfmes.org/images/sfmes/pdf/consensus_6.pdf
8. Fabre A, Sheppard MN. Sudden adult death syndrome and other non-ischaemic causes of sudden cardiac death. *Heart*. 1 mars 2006;92(3):316-20.
9. Wisten A, Forsberg H, Krantz P, Messner T. Sudden cardiac death in 15–35-year olds in Sweden during 1992–99. *Journal of Internal Medicine*. 1 déc 2002;252(6):529-36.
10. Maron BJ. Sudden Death in Young Athletes. *New England Journal of Medicine*. 11 sept 2003;349(11):1064-75.
11. Noronha SV de, Sharma S, Papadakis M, Desai S, Whyte G, Sheppard MN. Aetiology of sudden cardiac death in athletes in the United Kingdom: a pathological study. *Heart*. 1 sept 2009;95(17):1409-14.
12. P.Rochecongar, H.Monod, R.Amoretti,J.Rodineau. *Médecine du sport* (Masson) 2009.
13. Siscovick DS, Weiss NS, Fletcher RH, Lasky T. The Incidence of Primary Cardiac Arrest during Vigorous Exercise. *New England Journal of Medicine*. 4 oct 1984;311(14):874-7.
14. Maron BJ, Gohman TE, Aeppli D. Prevalence of sudden cardiac death during competitive sports activities in Minnesota High School athletes. *Journal of the American College of Cardiology*. 1 déc 1998;32(7):1881-4.
15. Corrado D, Basso C, Rizzoli G, Schiavon M, Thiene G. Does sports activity enhance the risk of sudden death in adolescents and young adults? *Journal of the American College of Cardiology*. 3 déc 2003;42(11):1959-63.

16. Maron BJ, Haas TS, Ahluwalia A, Murphy CJ, Garberich RF. Demographics and Epidemiology of Sudden Deaths in Young Competitive Athletes: From the United States National Registry. *The American Journal of Medicine*. 1 nov 2016;129(11):1170-7.
17. Skielboe AK, Bandholm TQ, Hakmann S, Mourier M, Kalleose T, Dixen U. Cardiovascular exercise and burden of arrhythmia in patients with atrial fibrillation - A randomized controlled trial. De Rosa S, éditeur. *PLOS ONE*. 23 févr 2017;12(2):e0170060.
18. Poole DC, Wilkerson DP, Jones AM. Validity of criteria for establishing maximal O₂ uptake during ramp exercise tests. *Eur J Appl Physiol*. 1 mars 2008;102(4):403-10.
19. Howley ET1, Bassett DR Jr, Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. [Internet]. [cité 21 juill 2017].
20. Brown SJ, Ryan HJ, Brown JA. Age-Associated Changes In VO₂ and Power Output - A Cross-Sectional Study of Endurance Trained New Zealand Cyclists. *J Sports Sci Med*. 1 déc 2007;6(4):477-83.
21. David C. Poole¹ and Andrew M. Jones². Measurement of the maximum oxygen uptake V̇O₂max: V̇O₂peak is no longer acceptable [Internet]. [cité 20 juill 2017].
22. Rossiter HB, Kowalchuk JM, Whipp BJ. A test to establish maximum O₂ uptake despite no plateau in the O₂ uptake response to ramp incremental exercise. *Journal of Applied Physiology*. 1 mars 2006;100(3):764-70.
23. DAVID R. BASSETT, JR. and EDWARD T. HOWLEY. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance [Internet]. [cité 21 juill 2017].
24. PEVELER WW, SHEW B, JOHNSON S, SANDERS G, KOLLOCK R. Comparison of Ventilatory Measures and 20 km Time Trial Performance. *Int J Exerc Sci*. 1 juill 2017;10(4):640-8.
25. Myers J, Walsh D, Sullivan M, Froelicher V. Effect of sampling on variability and plateau in oxygen uptake. *Journal of Applied Physiology*. 1 janv 1990;68(1):404-10.
26. Fernando G. BeltramiEmail the author Fernando G. Beltrami, Del P. WongCorrespondence information about the author Del P. WongEmail the author Del P. Wong, Timothy D. Noakes. High prevalence of false-positive plateau phenomena during VO₂max testing in adolescents [Internet]. [cité 11 juill 2017].
27. Day JR, Rossiter HB, Coats EM, Skasick A, Whipp BJ. The maximally attainable V̇O₂ during exercise in humans: the peak vs. maximum issue. *Journal of Applied Physiology*. 1 nov 2003;95(5):1901-7.
28. By A. V. HILL AND HARTLEY LUPTON. MUSCULAR EXERCISE, LACTIC ACID, AND THE SUPPLY AND UTILIZATION OF OXYGEN [Internet]. [cité 22 juill 2017].
29. Paz Suárez-Mier M, Aguilera B. Causas de muerte súbita asociada al deporte en España. *Revista Española de Cardiología*. 1 janv 2002;55(4):347-58.
30. Maron BJ, Gohman TE, Aeppli D. Prevalence of sudden cardiac death during competitive sports activities in Minnesota High School athletes. *Journal of the American College of Cardiology*. 1 déc 1998;32(7):1881-4.

31. Bertucci W, Duc S, Villerius V, Pernin JN, Grappe F. Validity and reliability of the PowerTap mobile cycling powermeter when compared with the SRM Device. *Int J Sports Med.* déc 2005;26(10):868-73.
32. Bouillod A, Pinot J, Soto-Romero G, Bertucci W, Grappe F. Validity, Sensitivity, Reproducibility and Robustness of the Powertap, Stages and Garmin Vector Power Meters in Comparison With the SRM Device. *Int J Sports Physiol Perform.* 14 déc 2016;1-26.
33. Jules A A C Heuberger, Joris I Rotmans, Pim Gal, Frederik E Stuurman, Juliëtte van 't Westende, Titiaan E Post, Johannes M A Daniels,, Matthijs Moerland, Peter L J van Veldhoven, Marieke L de Kam, Herman Ram, Olivier de Hon, Jelle J Posthuma, Jacobus Burggraaf, Adam F Cohen. Effects of erythropoietin on cycling performance of well trained cyclists: a double-blind, randomised, placebo-controlled trial [Internet]. [cité 14 juill 2017].
34. Baumert M, Brechtel L, Lock J, Hermsdorf M, Wolff R, Baier V, et al. Heart rate variability, blood pressure variability, and baroreflex sensitivity in overtrained athletes. *Clin J Sport Med.* sept 2006;16(5):412-7.
35. Aubert AE, Seps B, Beckers F. Heart rate variability in athletes. *Sports Med.* 2003;33(12):889-919.
36. Lucini D, Marchetti I, Spataro A, Malacarne M, Benzi M, Tamorri S, et al. Heart rate variability to monitor performance in elite athletes: Criticalities and avoidable pitfalls. *International Journal of Cardiology.* 1 août 2017;240:307-12.
37. Klika RJ, Alderdice MS, Kvale JJ, Kearney JT. Efficacy of cycling training based on a power field test. *J Strength Cond Res.* févr 2007;21(1):265-9.
38. Leirdal S, Ettema G. The relationship between cadence, pedalling technique and gross efficiency in cycling. *Eur J Appl Physiol.* déc 2011;111(12):2885-93.
39. Klika RJ, Alderdice MS, Kvale JJ, Kearney JT. Efficacy of cycling training based on a power field test. *J Strength Cond Res.* févr 2007;21(1):265-9.



Annexes

Annexe 1. Questionnaire QS-SPORT	45
Annexe 2. Protocole de la fédération française de cyclisme.....	46
Annexe 3. Appareils de mesure :	50
Annexe 3.1. Enregistrement des données de puissance : compteur GARMIN EDGE 810	50
Annexe 3.2. Mesure de la puissance : roue POWERTAP G3.....	50
Annexe 3.3. Mesures des échanges gazeux : METAMAX 3B CORTEX.....	51
Annexe 3.4. Enregistrement ECG d'effort : Electrocardiographe SCHILLER.....	51
Annexe 4. Matériel : home trainer de marque BKOOL	52
Annexe 5. Echelle d'Estimation Subjective de l'Intensité de l'Exercice (Echelle d'ESIE, GRAPPE et al, 1999)	53



Annexe 1. Questionnaire QS-SPORT



Renouvellement de licence d'une fédération sportive

Questionnaire de santé « QS – SPORT »

Ce questionnaire de santé permet de savoir si vous devez fournir un certificat médical pour renouveler votre licence sportive.

Répondez aux questions suivantes par OUI ou par NON*	OUI	NON
Durant les 12 derniers mois		
1) Un membre de votre famille est-il décédé subitement d'une cause cardiaque ou inexpliquée ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) Avez-vous ressenti une douleur dans la poitrine, des palpitations, un essoufflement inhabituel ou un malaise ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) Avez-vous eu un épisode de respiration sifflante (asthme) ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) Avez-vous eu une perte de connaissance ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) Si vous avez arrêté le sport pendant 30 jours ou plus pour des raisons de santé, avez-vous repris sans l'accord d'un médecin ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) Avez-vous débuté un traitement médical de longue durée (hors contraception et désensibilisation aux allergies) ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A ce jour		
7) Ressentez-vous une douleur, un manque de force ou une raideur suite à un problème osseux, articulaire ou musculaire (fracture, entorse, luxation, déchirure, tendinite, etc...) survenu durant les 12 derniers mois ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) Votre pratique sportive est-elle interrompue pour des raisons de santé ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9) Pensez-vous avoir besoin d'un avis médical pour poursuivre votre pratique sportive ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>*NB : Les réponses formulées relèvent de la seule responsabilité du licencié.</i>		

Si vous avez répondu NON à toutes les questions :

Pas de certificat médical à fournir. Simplement attestez, selon les modalités prévues par la fédération, avoir répondu NON à toutes les questions lors de la demande de renouvellement de la licence.

Si vous avez répondu OUI à une ou plusieurs questions :

Certificat médical à fournir. Consultez un médecin et présentez-lui ce questionnaire renseigné.



Annexe 2. Protocole de la fédération française de cyclisme



Procédure d'agrément FFC des Plateaux Techniques de Médecine du Sport
approuvé par le Bureau Exécutif de la FFC le 16 novembre 2011

Procédure d'agrément FFC des Plateaux Techniques de Médecine du Sport pour les licenciés relevant de la Surveillance Médicale Réglementaire

Protocole d'Evaluation des Coureurs Cyclistes de la FFC

Rappel des principaux objectifs :

- 1) Harmoniser les protocoles de tous les plateaux techniques pour les coureurs cyclistes route.
- 2) Permettre aux coureurs de changer de PTMS et de bénéficier de la comparaison de ses résultats à ses tests antérieurs (même si ces tests ont été effectués sur un autre PTMS).
- 3) Constituer une base de donnée afin de centraliser toutes les évaluations et de dégager un profil type.
- 4) Assurer un contrôle de qualité des mesures réalisées sur les PTMS.

Cadre du projet

Dans un premier temps le consensus ne porte que sur les coureurs cyclistes dames et hommes dans la catégorie route adulte.

La finalité de cette épreuve reste avant tout de s'assurer de l'absence de contre indication à la pratique du cyclisme en compétition elle est dissociée de la problématique du suivi de l'entraînement.

Si des PTMS jugent ce protocole réalisable chez d'autres coureurs ces données seront également colligées.

ARGUMENTAIRE

Les principales remarques à partir des réponses des PTMS

- Actuellement il existe une grande diversité des protocoles réalisés.
- Une remarque revient dans 50% des cas et concerne l'incrément de 50W trouvé trop important en fin d'effort.

Proposition

Avant tout peser et mesurer les cyclistes, donner une masse grasse.

Préciser la technique utilisée pour la mesure de la masse grasse. Si vous utilisez une pince à plis cutanés, préciser l'abaque et la méthode utilisée.

Indiquer l'heure du test et du dernier repas.

Indiquer la température de la pièce et si possible toujours travailler entre 18 et 22°

Indiquer sur le rapport la marque/modèle de l'ergocycle, l'analyseur du lactate et de l'ergospiromètre

La proposition est faite sur la base d'une cycliste ♀ qui va développer une puissance maximale d'au moins 200 W et pour un cycliste ♂ au moins 350 W. Les consignes ne concernent que les cyclistes adultes et vous êtes libres de ne pas appliquer ce protocole pour les autres catégories.



Echauffement

♀ 80 W pendant 6 minutes

♂ 100 W pendant 6 minutes

L'échauffement de 6 minutes constituerait le 1^{er} palier et ne serait pas dissocié du reste des mesures

Justificatif

Ce premier palier long conduit à un état stable et permet de vérifier l'exactitude des mesures.

Incrément

Les avis sont très partagés et vont de la rampe avec incrément toutes les minutes à ceux qui font des paliers de 3 minutes et qui trouvent que c'est encore trop court.

♀ 40 W toutes les 2 minutes au moins sur les deux premiers paliers (120 et 160 W), après les équipes pourraient choisir selon leurs préférences : soit continuer sur le même incrément toutes les 2 minutes (200 ; 240 ; 280 W etc.) soit passer à des paliers de 1 minute (incrément 20 W/min).

♂ 50 W toutes les 2 minutes au moins sur les deux premiers paliers (150 et 200 W), après les équipes pourraient choisir selon leurs préférences : soit continuer sur le même incrément toutes les 2 minutes (250 ; 300 ; 350 W etc.) soit passer à des paliers de 1 minute (incrément 25 W/min).

Justificatif

Faire systématiquement au moins 2 paliers de 2 minutes est encore un moyen pour valider le bon fonctionnement des ergospiromètres et s'assurer de la précision des mesures de $\dot{V}O_2$ et de VE lors de l'échauffement et sur ces 2 paliers.

$\dot{V}O_2$ attendu (mL/min) = $\dot{V}O_2$ repos (mL/min) (mesuré) + (12 × puissance W)

VE attendu (L/min) = 21,8 × $\dot{V}O_2$ (L/min) + 5 et/ou VE = 24,6 × $\dot{V}CO_2$ (L/min) + 3,2

Les PMT étant très partagés sur l'incrément laisser le choix sur une augmentation de 50W/2min (♀ 40W/2min) ou 25W/min (♀ 20W/2min) ne va pas entraîner des variations importantes des mesures sur les différents centres. Pour mémoire, le protocole d'exercice ne modifie pas la valeur du $\dot{V}O_{2max}$, par contre il peut influencer la valeur de la puissance maximale développée. On peut donc s'attendre à une puissance maximale développée peut être supérieure (à vérifier) avec le protocole 25W/min.

Fréquence de pédalage

La laisser libre et idéalement la noter pour tous les paliers, par contre obligatoirement la situer dans la zone 60 – 120 tours/min. Si la fréquence de pédalage est imposée (limitation de certains ergomètres) il est impératif de l'indiquer.

Justificatif

Le rendement va être influencé par la fréquence de pédalage. Pour autant on peut partir de l'hypothèse que spontanément le cycliste va se mettre à sa fréquence optimale et donc au coût métabolique le plus bas (ou à l'efficacité motrice optimale) et qu'il va rechercher le même compromis s'il est amené à changer de PMT.

Si par contre la fréquence de pédalage est imposée par l'ergomètre, il est important de le signaler.

Paramètres mesurés

Les paramètres à fournir dans le cadre de l'évaluation sont les suivants :

Consommation d'oxygène $\dot{V}O_2$

Rejet de CO_2 , $\dot{V}CO_2$

RER (QR) = $\dot{V}CO_2/\dot{V}O_2$

Ventilation minute VE et ses deux composantes (Fr et Vt)

Fréquence cardiaque FC et pression artérielle PAS /PAD

Il s'agit des paramètres consensuels que tous les centres sont susceptibles de fournir, bien entendu d'autres paramètres peuvent être mesurés. Idéalement une valeur moyennée de tous ces paramètres sur les 30 dernières secondes de chaque palier. Pour ceux qui opteraient pour un incrément toutes les minutes, le moyennage pourrait se faire sur 15 sec. lors des paliers de 1 minute. C'est cette valeur moyennée qui doit-être transmise dans le cadre de la base de données.

Critères de maximalité

4 critères retenus

- 1) Un plateau de VO_2 , est considéré comme plateau une augmentation de moins de 150 ml de la consommation d'oxygène entre deux paliers (à la condition que les paliers soient de plus de 15 W, ce qui est notre cas).
- 2) Une fréquence cardiaque atteinte au moins égale à 90% de la FMT,
- 3) Un RER (QR) de fin d'effort > à 1, 1
- 4) Une lactatémie maximale (elle peut être mesurée en récupération) > 8 mmol/l

Indiquer les critères obtenus

La valeur de VO_2 max donnée au sportif est la valeur moyennée sur les 15 dernières secondes du palier. Si cette valeur est exprimée en ml/kg/min le poids est bien le poids corporel mesuré avant la réalisation du test.

Lors du dernier palier toutes les « manœuvres » qui visent à augmenter ou à confirmer l'obtention du VO_2 max (par exemple un sprint final) sont possibles sous réserve que 1) le sujet reste en position assise, 2) les mains restent sur le guidon.

Détermination des seuils

Seul le premier seuil pourrait faire l'objet d'un rendu consensuel, même si nous sommes sensibilisés au fait que la durée des premiers paliers complique la détermination. Dans ce cas la proposition serait celle d'une détermination ventilatoire reposant sur les 3 critères classiques.

- Première cassure de la ventilation
- Augmentation de l'équivalent respiratoire pour l' O_2 (VE/VO_2) alors que celui du CO_2 reste stable
- Décrochement sur la courbe de Beaver

Bien entendu toutes les autres mesures et analyses sont possibles et traduisent les habitudes des PMT. Elles ne rentrent par contre pas dans le cahier des charges.

Analyse de la cinétique du lactate

De manière optionnelle il est proposé de colliger également l'analyse des dosages du lactate.

4 points sont retenus, une mesure du repos qui précède l'échauffement, une mesure à la fin de l'effort et deux points en récupération à la 2^{ème} et 4^{ème} minute

Récupération

Les trois premières minutes sont actives, à la puissance d'échauffement (80 W ♀, 100 W ♂), à une fréquence de pédalage qui reste supérieure à 60 tours/min puis les trois suivantes passives toujours sur le vélo. La mesure des échanges gazeux est facultative lors de la récupération.

PROTOCOLE RETENU

Récapitulatif

A l'arrivée des coureurs

Mesurer :

- Poids,
- Taille,
- % de masse grasse.

Indiquer :

- L'heure du test
- L'heure du dernier repas
- La température de la pièce
- Les marques et modèles :
 - o Vélo,
 - o lactate,
 - o VO₂
 - o Plis Cutanés

Protocole du test :

Pour les femmes

- Echauffement 6 minutes à 80 W, puis sans interruption
- 120 W 2 min.
- 160 W 2 min.
- Puis au choix 20 W/min. ou 40 W/ 2min.
- Récupération, 3 min. à 80 W, 3 min. passives

Pour les hommes

- Echauffement 6 minutes à 100W, puis sans interruption
- 150 W 2 min.
- 200 W 2 min.
- Puis au choix 25 W/min. ou 50 W/ 2min.
- Récupération, 3 min. à 80 W, 3 min. passives

Indiquer les critères de maximalités

Moyenner le VO₂max sur 15 sec (c'est le moyennage réalisé à la fin de l'effort ou autour des valeurs les plus élevées si elles sont décalées par rapport à la fin de l'exercice).

Si possible compléter le tableau Excel ci-joint avec un moyennage de 30 sec (VO₂/VCO₂) sur la fin des paliers.

Annexe 3. Appareils de mesure :

Annexe 3.1. Enregistrement des données de puissance : compteur GARMIN EDGE 810



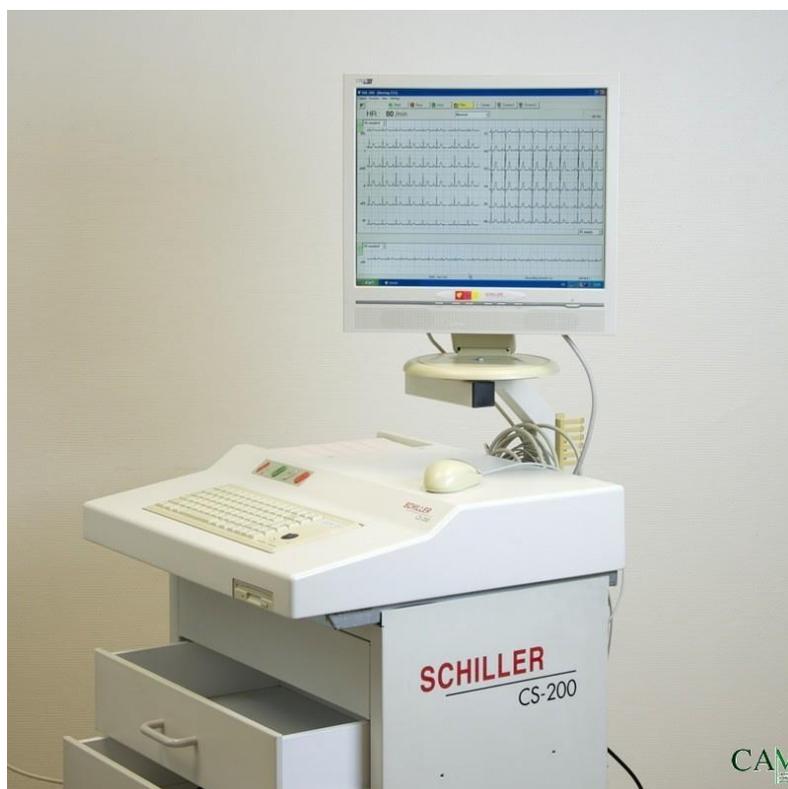
Annexe 3.2. Mesure de la puissance : roue POWERTAP G3



Annexe 3.3. Mesures des échanges gazeux : METAMAX 3B CORTEX



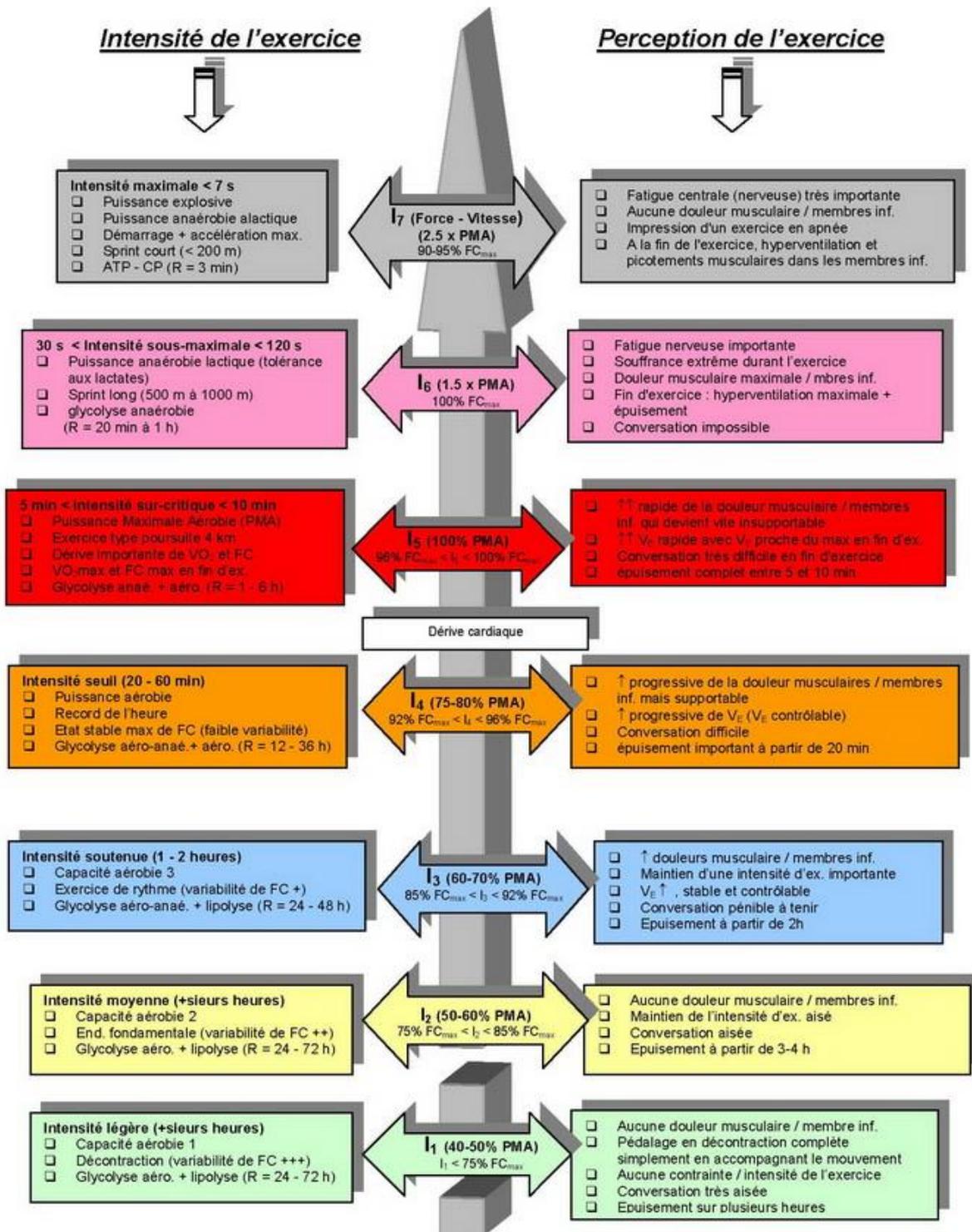
Annexe 3.4. Enregistrement ECG d'effort : Electrocardiographe SCHILLER



Annexe 4. Matériel : home trainer de marque BKOOL



Annexe 5. Echelle d'Estimation Subjective de l'Intensité de l'Exercice (Echelle d'ESIE, GRAPPE et al, 1999)



Serment d'Hippocrate

En présence des maîtres de cette école, de mes condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine.

Je dispenserai mes soins sans distinction de race, de religion, d'idéologie ou de situation sociale.

Admis à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser les crimes.

Je serai reconnaissant envers mes maîtres, et solidaire moralement de mes confrères. Conscient de mes responsabilités envers les patients, je continuerai à perfectionner mon savoir.

Si je remplis ce serment sans l'enfreindre, qu'il me soit donné de jouir de l'estime des hommes et de mes condisciples, si je le viole et que je me parjure, puissé-je avoir un sort contraire.



Le protocole d'épreuve d'effort de la fédération française de cyclisme permet d'obtenir le plateau de VO₂ chez les cyclistes à haut niveau de pratique.

Introduction : L'objectif était de montrer que le protocole d'épreuve d'effort proposé par la fédération française de cyclisme permet d'obtenir un plateau de VO₂ donc un VO₂max chez des cyclistes entraînés. Méthode : Nous avons réalisé une étude prospective en 2017 à Limoges sur 24 cyclistes entraînés et volontaires. Il s'agissait de sportifs de haut niveau, ou de membres de filières d'accès au haut niveau, ou de vétérans pratiquants à haut niveau. Le critère principal de jugement était le VO₂ en ml/min/kg aux critères de maximalité, le critère secondaire était la puissance en watts aux critères de maximalité. Résultats : 22 épreuves d'effort ont été analysées. Les caractéristiques de la population étaient : âge : 23,5 ans (+/- 9,6), taille : 176,1cm (+/- 6,7), poids : 65,3 kg (+/- 6), PMA : 382,9 watts (+/- 56,5), VO₂max : 70,1 ml/min/kg (+/- 5,7). 100% des cyclistes ont atteint le plateau de VO₂. Le VO₂ et la puissance aux 2 critères associés QR>1,1 et à 90% de la FMT, était à 93% du VO₂max obtenu au plateau. Discussion : les critères secondaires de maximalité QR>1,1 et 90% de la FMT sous-estimaient le VO₂ et la puissance de 7%. Si le plateau de VO₂ n'est pas obtenu, l'épreuve est donc sous maximale sur ces deux critères. Conclusion : le plateau de VO₂ est le critère de maximalité indispensable chez une population de cyclistes entraînés. Il est possible de l'obtenir en utilisant le protocole d'épreuve d'effort de la fédération française de cyclisme.

Mots-clés : épreuve d'effort, VO₂max, cyclisme, critères de maximalité

The stress test protocol of the French cycling federation provides the VO₂ level for cyclists with a high level of practice.

Introduction : The objective of this work was to show that the exercise test protocol proposed by the French cycling federation makes it possible to reach a plateau of VO₂ and therefore a VO₂max for trained cyclists. Method : We conducted a prospective study in 2017 in Limoges on 24 trained and volunteer cyclists. These were high-level athletes, members of high-level accreditation channels, or high-level veteran practitioners. The primary endpoint was VO₂ in ml / min / kg with maximum criteria, secondary criterion was wattage to maximum. RESULTS: Twenty-two stress tests were analyzed. The characteristics of the population were : age: 23.5 years (+/- 9.6), height: 176.1cm (+/- 6.7), weight: 65.3 kg (+/- 6), LDC : 382.9 watts (+/- 56.5), VO₂max: 70.1 ml / min / kg (+/- 5.7). 100% of cyclists reached the plateau of VO₂. The VO₂ and the power at the 2 associated criteria QR> 1,1 and at 90% of the FMT, is at 93% of the VO₂max obtained at the plateau. Discussion : the minority criterion QR> 1.1 and 90% of the FMT underestimates the VO₂ and the power of 7%. If the plateau of VO₂ is not obtained, the test is therefore under maximum on these two criteria. Conclusion : the plateau of VO₂ is the criterion of maximality indispensable in a population of trained cyclists. It could be reach by using the exercise test protocol of the French cycling federation.

Keywords : Stress test, VO₂max, cycling, maximality criteria

