

# Conditions de non contre-indication à la plongée sous-marine de loisir pour les sujets prenant un traitement médicamenteux bêta-bloquant : Recommandations pour la FFESSM

**B. BROUANT, R. KRAFFT, V. LAFAY, B. LEMMENS, F. ROCHE, G. FINET, B. GRANDJEAN.** Groupe de travail "bêta-bloquants et plongée" de la Commission Médicale et de Prévention de la Fédération Française d'Etudes et de Sports Sous-Marins.  
Propositions validées par le Comité Directeur National de la FFESSM du 3-4 février 2007 .

Résumé : L'usage des bêta-bloquants est déconseillé chez le plongeur mais la notion de contre-indication temporaire aboutit parfois à des comportements inadéquats de suspension ou de non-prescription. Pourtant ce type de traitement peut être parfaitement toléré sans retentissements périphérique, respiratoire ou sur les capacités physiques, gênants ou dangereux.

La pratique de la plongée sous bêta-bloquant pourrait être admise dans les conditions suivantes :

- prescription pour une pathologie compatible avec la pratique de la plongée.
- choix de la molécule et de la posologie adaptées au sujet.
- parfaite tolérance respiratoire si besoin vérifiée par un pneumologue.
- capacités physiques conservées démontrées par un test d'effort sous traitement atteignant un objectif en METs ou en Watts correspondant aux valeurs théoriques de VO2 maximale ou de PWC.

Le certificat médical de non contre-indication pourrait être délivré et renouvelé sous réserve de la réalisation d'un ECG annuel chez les sujets de plus de 40 ans.

La plongée est à exclure définitivement si le traitement est motivé par des troubles du rythme paroxystique, une insuffisance cardiaque ou toute pathologie à risque de syncope voire de mort subite. Des conditions particulières de pratique sont applicables en cas de coronaropathie.

## Conditions allowing for recreational scuba diving in subjects taking beta blockers : French underwater federation guidelines.

Abstract : The use of beta blockers is usually not advised in underwater divers but temporary, even short-term suspension, may lead to harmful consequences. This therapeutic class is, in fact, often well tolerated without adverse or even dangerous peripheral, respiratory or physical side-effects.

Scuba diving under beta-blocking agents is possible if the following conditions are respected :

- when prescribed for a health problem compatible with underwater diving.
- by choosing a molecule and dosage best suited for the subject.
- if respiratory tolerance is optimal, verified, if needed, by a pneumologist.
- conserved physical capacity demonstrated by effort testing under treatment. The subject should be capable of reaching METs or watts corresponding to maximal theoretical VO2 or PWC values.

If these conditions are met, a certificate of non contraindications can be delivered or renewed as long as a yearly EKG is realised in individuals over 40 years-old.

The counterindication must remain absolute in paroxysmal arrhythmias, congestive-heart failure or risk of syncope even sudden-death. Specific conditions must be allowing in subject with coronary artery disease.

## INTRODUCTION

**L'usage des bêta-bloquants, par voie général ou locale (collyres), reste à déconseiller chez le plongeur en première intention.** Toutefois, il n'est pas envisageable de priver un patient d'un bénéfice thérapeutique ou de l'exposer à un risque (en interrompant transitoirement ou définitivement un traitement ou en l'évitant) au seul motif de la pratique d'une activité de loisir. De plus, un mauvais contrôle de la tension artérielle systémique peut entraîner la survenue d'un œdème pulmonaire aigu lors de la plongée sous marine <sup>(1)</sup>, et l'interruption intempestive d'un traitement bêta-bloquant peut révéler ou déstabiliser une coronaropathie <sup>(2)</sup>.

Le médecin fédéral peut être confronté à la demande :

- d'un sujet prenant déjà un traitement bêta-bloquant, bien équilibré et toléré, et désirant pratiquer la plongée sous-marine.
- d'un plongeur présentant une indication potentielle de bêta-bloquant sans autre alternative thérapeutique au moins équivalente.

Il est donc nécessaire de disposer de critères d'évaluation qui permettront au médecin fédéral de prendre une décision de non contre-indication à la pratique de la plongée sous-marine de loisir si le traitement est parfaitement toléré et n'entraîne pas de risque particulier.

## RISQUES LIÉS AU TRAITEMENT

Aucun accident de plongée directement lié à l'usage d'un traitement bêta-bloquant n'a été rapporté à ce jour. La contre-indication a été **basée sur un principe de précaution** lié aux effets indésirables potentiellement gênants en plongée :

- **bradycardie excessive ou troubles conductifs,**
- **désadaptation à l'effort,**
- **bronchospasme,**
- **refroidissement des extrémités ou acrosyndrome au froid.**

Il existe cependant de **grandes variations individuelles de susceptibilité**. La tolérance est généralement bonne si la prescription a été adaptée aux besoins du patient dans le respect des contre-indications. Le choix des propriétés pharmacologiques de la molécule (17 molécules disponibles en France) peut être déterminant <sup>(2, 3)</sup>. La tolérance est souvent meilleure s'il y a eu une phase de titration pour rechercher la posologie la plus adaptée.

Concernant les effets indésirables :

● La bradycardie est dose dépendante et l'effet chronotrope négatif est variable selon les molécules.

**Les études réalisées chez des mammifères aquatiques <sup>(4)</sup> n'ont pas montré d'amplification de la bradycardie réflexe en plongée** mais uniquement une atténuation de la tachycardie post-immersion.

L'effet dromotrope négatif est également dose-dépendant et variable selon les molécules. Les bêta-bloquants peuvent révéler ou aggraver un trouble conducteur préexistant. Si les voies de conduction sont saines, il n'y a pas de trouble pathologique aux posologies usuelles <sup>(3)</sup>.

● La désadaptation à l'effort est le plus souvent lié à un effet bêta 1 cardio-freinateur (dose dépendant) trop intense ou à une insuffisance de réserve chronotrope pouvant démasquer une dysfonction sinusale sous-jacente. Il y a aussi un effet bêta 2 par limitation de la broncho-dilatation, de la vaso-dilatation périphérique, de la libération d'insuline et de glucagon, de la lipolyse et de la glycogénolyse.

Des mesures comparatives de VO<sub>2</sub> maximales ont montré que **l'utilisation de molécules bêta 1 selectives a moins d'impact sur les capacités sportives d'un sujet**. Les effets sont également dépendant du degré d'entraînement du sujet <sup>(5)</sup>.

● L'exacerbation de l'hyper-réactivité bronchique peut être limitée par l'utilisation de molécules bêta 1 selectives. Cependant, même les plus sélectives conservent un effet bêta 2 résiduel bronchique et restent **contre-indiquées chez les patients présentant une atteinte obstructive respiratoire** <sup>(2)</sup>.

● Le refroidissement des extrémités peut également être limité par l'utilisation de molécules bêta 1 selectives ou ayant une activité sympathomimétique intrinsèque. Certains bêta-bloquants ont même un effet vaso-dilatateur périphérique accessoire mais restent **contre-indiqués dans la maladie de Raynaud** <sup>(2)</sup>. Cet effet peut ne pas gêner pour un plongeur pratiquant exclusivement en eau chaude (piscine ou mers exotiques).

## PRATIQUE DE LA PLONGEE SOUS BETA-BLOQUANTS

En **plongée professionnelle**, l'usage de **bêta-bloquants sélectifs est toléré** sous réserve d'un contrôle de la capacité d'adaptation à l'effort <sup>(6)</sup>. Il existe des normes d'aptitudes professionnelles avec un bilan d'admission complet qui comporte, entre autres, une exploration de la fonction respiratoire, un ECG de repos et un ECG d'effort. Ces examens sont systématiquement répétés lors des visites de révision.

En **plongée loisir**, l'usage des bêta-bloquants est **généralement contre-indiqué** formellement <sup>(7)</sup> ou au moins **déconseillé**. Certains auteurs les citent comme une contre-indication à évaluer <sup>(8, 9)</sup> ou nécessitant des précautions vis à vis des efforts <sup>(10)</sup>, mais sans donner de critères de décision.

Les **seules recommandations** disponibles sont celles de **Bove** <sup>(11)</sup> reprises par Caruso pour le DAN (*Divers Alert Network*) en Amérique. Les bêta-bloquants ne sont pas formellement contre-indiqués sous réserve d'une parfaite tolérance et surtout de la vérification des capacités physiques par un **test d'effort sous traitement**.

La plongée peut être autorisée sans **aucune réserve** si le sujet effectue une démonstration conséquente à **13 METs** (*Metabolic Equivalent Term*). En dessous de cette performance, il doit y avoir des restrictions à la pratique. Ceci correspond à un pic de VO<sub>2</sub> maximale de plus de 40 ml/mn/kg (ce qui est supérieur aux normes de plongée professionnelle<sup>(6)</sup>). Cette exigence ne tient pas compte de critères d'âge, de sexe ou de gabarit et peut paraître excessive. Elle est en fait extrapolée de mesures de consommation d'O<sub>2</sub> en plongée réalisées par l'US Navy <sup>(12)</sup>. D'autre part, il faut noter que le certificat médical de non contre-indication n'est pas obligatoire car les organismes anglo-saxons admettent des décharges de responsabilité en dehors de l'Europe.

## CRITERES D'EVALUATIONS

### 1) Indication du traitement

Il faut d'abord s'assurer que l'indication du traitement bêta-bloquant n'est pas liée à une pathologie qui en elle-même contre-indique la pratique de la plongée sous-marine.

Parmi les indications des bêta-bloquants on peut distinguer en fonction des recommandations actuelles de la FFESSM <sup>(13)</sup> :

● **Indications compatibles avec la pratique de la plongée sous-marine :**

- **Hypertension artérielle** systémique contrôlée par le traitement.
- Migraines et algies de la face.
- Tremblements essentiels.
- Hyperthyroïdie, une fois stabilisée, ou intolérance aux traitements thyroïdiens substitutifs.
- Terrain neuro-dystonique avec tachycardie sinusale ou manifestations fonctionnelles cardiaques.
- Glaucome chronique à angle ouvert (collyres).

- **Conditions particulières de pratique :**

- **Coronaropathies.** Des critères d'évaluations tenant compte de la prescription de bêta-bloquants sont en cours d'élaboration pour la FFESSM. La possibilité de substitution par le vérapamil est à réserver aux problèmes d'intolérance (généralement respiratoire) et ne suffit pas à autoriser la pratique de la plongée.

- **Contre-indications formelles à la pratique de la plongée :**

- **Insuffisance cardiaque** étant donné le risque majeur d'œdème pulmonaire aigu <sup>(1)</sup>.
- Toutes pathologies avec **risque de syncope** : troubles du rythme ventriculaire graves même chez les patients implantés d'un défibrillateur automatique, cardiomyopathies obstructives, syndrome du QT long, syncopes vasovagales, troubles du rythme supra-ventriculaires paroxystiques...

- **Contre-indications relatives nécessitant une évaluation spécialisée au cas par cas :**

- Troubles du rythme supra-ventriculaires bien tolérés et bien stabilisés par le traitement.
- Prévention des hémorragies digestives chez les patients atteints de cirrhose hépatique <sup>(14)</sup>.

## 2) Phase de titration ou d'adaptation

En l'absence de publication d'études en situation, il n'y a pas lieu de recommander ou d'exclure l'usage de certains types de bêta-bloquants pour la pratique de la plongée.

- Chez un **patient traité de longue date**, même un bêta-bloquant non sélectif peut être parfaitement toléré et ne sera **pas à remettre en cause** de manière systématique.

- Pour la **mise en route d'un traitement**, le médecin traitant reste libre de sa prescription.

Chez le plongeur, on pourra cependant **préférer les molécules ayant des propriétés bêta 1 selectives** ou ayant une activité sympathomimétique intrinsèque pour limiter l'impact respiratoire et sur l'adaptation à l'effort. Outre le choix de la molécule, une phase de **titration pour rechercher la posologie optimale** pourra également favoriser la tolérance en débutant avec ¼ de posologie usuelle et en augmentant la dose par palier.

L'effet du traitement est généralement apprécié par le ralentissement de la fréquence de repos. Nous avons cependant convenu de ne pas donner de valeurs de fréquence cardiaque cibles ou limites tant les variations de tolérance inter-individuelles peuvent être marquées.

Si l'effet cardio-freinatoire n'est pas satisfaisant (de manière excessive ou insuffisante), malgré l'ajustement de posologie, il ne faut pas hésiter à changer de molécule.

Lorsqu'il existe des effets périphériques, il faut préférer des molécules bêta 1 selectives, ayant une activité sympathomimétique intrinsèque ou un effet vaso-dilatateur.

## 3) Recherche de signes d'intolérance respiratoire

La recherche de signe d'intolérance respiratoire est primordiale pour éviter le risque de broncho-spasme en plongée.

Il faut rechercher tous les signes objectifs et subjectifs en tenant compte du terrain. L'interrogatoire doit être précis surtout chez des sujets traités de longue date qui peuvent négliger ou banaliser des symptômes qu'ils estiment anodins.

**Au moindre doute il faut demander un avis pneumologique spécialisé :**

- Si le **diagnostic d'asthme** est retenu, la **contre-indication aux bêta-bloquants est formelle** quel que soit le niveau de gravité de cet asthme <sup>(2, 15)</sup>. Même l'utilisation des molécules les plus bêta 1 selectives n'évite pas la survenue d'un bronchospasme de manière imprévisible.

Concernant la pratique de la plongée, il faut alors se référer à l'arbre décisionnel retenu par la FFESSM pour les asthmatiques <sup>(13)</sup>.

- S'il s'agit d'une bronchopathie chronique (BPCO) avec un **syndrome obstructif modéré** (VEMS > 70% des valeurs théoriques), la tolérance doit être appréciée selon les critères pneumologiques usuels. Si l'indication de bêta-bloquant est formelle, le médecin ayant réalisé l'évaluation respiratoire pourra proposer, en accord avec le médecin traitant, de recourir aux **molécules bêta 1 selectives** en recherchant la mieux tolérée. **L'évaluation devra être complétée sous le nouveau traitement** sans le remettre en cause dans le seul but de permettre la pratique de la plongée.

## 4) Evaluation à l'effort

Il ne semble pas adapté de fixer une valeur absolue de performance. Les normes établies pour les plongeurs militaires ou professionnels concernent des sujets sélectionnés, entraînés, généralement jeunes et masculins <sup>(6, 11)</sup>. Cela n'a plus grand rapport avec la population des plongeurs de loisir qui est vieillissante et en cours de féminisation. De plus il y a une grande diversité des pratiques liées aussi bien aux conditions locales qu'à la motivation et aux capacités des pratiquants.

La plongée reste cependant une activité à grandes contraintes énergétiques <sup>(1)</sup>. Il est donc primordial qu'un patient sous bêta-bloquant, désireux pratiquer la plongée, puisse faire la démonstration de la conservation de ses capacités physiques sous ce traitement.

**L'épreuve d'effort médicalisé** nous paraît être le moyen le plus objectif pour réaliser cette évaluation. Idéalement, il faudrait réaliser 2 tests d'effort comparatifs (avec et sans traitement, chaque sujet étant son propre témoin) mais cela serait trop contraignant.

Aussi nous proposons de **se référer à une capacité physique normale théorique pour l'âge, le sexe et le gabarit** sans tenir compte de la fréquence cardiaque. Le niveau d'effort atteint étant un facteur pronostic validé qui n'est pas altéré si le test est réalisé sous bêta-bloquant <sup>(16)</sup>.

On évite ainsi de donner une valeur de performance. Celle ci pourrait être physiologiquement inaccessible à certains patients et cela inciterait à la dissimulation ou à des interruptions de traitement injustifiées médicalement (ce qui serait contraire à notre but).

On peut prévoir un **objectif en équivalent métabolique** (1 MET = 3,5 ml d'O<sub>2</sub> /mn/kg) à partir des équations de calcul de la **VO<sub>2</sub> maximale théorique** en fonction de l'âge, du sexe et du gabarit <sup>(17, 18)</sup>. L'utilisation des METs, pour estimer la capacité physique <sup>(19, 20)</sup>, permet de comparer directement les résultats des test d'effort réalisés sur tapis roulant ou sur cycle ergométrique.

Sinon l'objectif peut être donné **en watts**, pour les **tests sur cycle uniquement**, par conversion de la valeur en METs <sup>(21)</sup> ou en utilisant des équations de calcul de **puissance maximale théorique ou PWC maximale** (*Physical Working Capacity*) généralement intégrés aux logiciels de test d'effort <sup>(22)</sup>.

En pratique, le **médecin réalisant l'examen jugera, en fonction de son expérience et des données de son logiciel d'ECG d'effort**, si le test a été maximal en puissance, **sous bêta-bloquants**, en montrant une **capacité physique estimée normale pour l'âge**. On pourra alors considérer que le traitement est bien toléré et compatible avec des efforts potentiellement nécessaires en cours d'une plongée à vocation récréative.

**Si les capacités physiques du sujet sont insuffisantes :**

- soit le médecin ayant réalisé le test d'effort **estime que le traitement est mal adapté** et décide, en accord avec le médecin traitant, de diminuer la posologie ou de choisir une molécule moins cardio-freinatrice (si les capacités physiques semblent limitées par un défaut de réserve chronotrope). C'est lui qui proposera alors la réalisation éventuelle d'une **nouvelle évaluation à l'effort**.

- soit il n'y a pas d'autre traitement bêta-bloquant plus adapté à la pathologie du sujet et **il y a contre-indication à la pratique de la plongée**. Le traitement est à maintenir tant qu'il est médicalement satisfaisant sans le remettre en cause dans le seul but de permettre la pratique de la plongée.

Si on s'aperçoit que les mauvaises performances du sujet ne sont pas liées aux bêta-bloquants cela posera un problème éthique. Il faudra au moins essayer de motiver sur la nécessité d'un entraînement physique régulier.

## DECISION DE NON CONTRE-INDICATION

● **Pour un patient déjà traité par bêta-bloquant**, un certificat médical de non contre-indication à la pratique de la plongée sous-marine pourra être délivré si :

- **l'indication du traitement était compatible avec la pratique de la plongée**,

- **la tolérance respiratoire est bonne** (et si besoin a été vérifiée),

- **un test d'effort sous traitement a démontré une capacité physique normale pour l'âge**.

Sinon, il n'est pas éthiquement concevable de supprimer un traitement médicalement satisfaisant dans le seul but de permettre la pratique d'une activité de loisir.

La mise en évidence d'une gêne périphérique, respiratoire ou d'une limitation des capacités d'effort peut, par contre, justifier médicalement une modification ou un substitution du traitement bêta-bloquants. Cette adaptation incombe au médecin traitant en accord ou à la demande des spécialistes consultés. Il appartient alors au patient d'apporter la preuve que la gêne était uniquement liée au traitement et non constitutionnelle, ou par manque d'entraînement physique, s'il veut demander un nouvel avis auprès d'un médecin fédéral.

● **Pour un plongeur ayant une indication potentielle de bêta-bloquant, pour une pathologie compatible avec la pratique de la plongée**, il faudra insister sur la nécessité de **trouver la molécule et la posologie offrant la meilleure tolérance**, quitte à passer par plusieurs phases de titration.

Une fois le traitement établi, un certificat médical de non contre-indication à la pratique de la plongée sous-marine pourra être délivré si :

- **la tolérance respiratoire est bonne** (et si besoin a été vérifiée)

- **un test d'effort sous traitement a démontré une capacité physique normale pour l'âge**.

Sinon, il n'est pas éthiquement concevable de se passer d'un traitement médicalement nécessaire dans le seul but de permettre la pratique d'une activité de loisir tant qu'il n'y a pas d'alternative thérapeutique au moins équivalente.

Le **certificat médical** de non contre-indication à la pratique de la plongée sous-marine est **valable 1 an**.

Il pourra être **renouvelé annuellement**, en l'absence d'événement clinique, sous réserve que le patient ait un **suivi régulier** si possible auprès du médecin ayant initié le traitement bêta-bloquant. **A partir de 40 ans** ce suivi pourra être attesté par la **réalisation d'au moins 1 ECG annuel** chez un sujet considéré à risque.

La réalisation d'un nouveau test d'effort n'est pas systématique (tant que le traitement n'est pas modifié). Son éventuelle prescription est laissée à l'appréciation du médecin habituel du patient dans le cadre du suivi de sa pathologie.

## CONCLUSION

L'usage des bêta-bloquants doit rester une contre-indication temporaire, à la plongée sous-marine de loisir, à évaluer par le médecin fédéral.

Si le traitement est prescrit pour une pathologie contre-indiquant la plongée, cette contre-indication sera définitive.

Si le traitement est prescrit pour une pathologie compatible avec la pratique de la plongée :

- La contre indication pourra être levée si le traitement n'a pas de retentissement respiratoire et que le sujet fait la démonstration sous traitement d'une capacité physique normale pour son âge.
- La contre-indication persistera si le traitement a un retentissement respiratoire ou sur les capacités physiques du sujet. L'interruption transitoire ou définitive du traitement bêta-bloquant, dans le seul but de pratiquer la plongée sous-marine, est formellement à exclure (devant le risque de déstabilisation de la pathologie) tant qu'il n'y a pas d'alternative thérapeutique au moins équivalente ou une évolution de sa pathologie imposant de statuer définitivement.

## REFERENCES

- (1) BOUSSUGUES A, REGNARD J. *Physiologie cardio-vasculaire et bilan hydro-minéral*. Physiologie et médecine de la plongée (2<sup>ème</sup> ed.), Ellipse (Paris) 2006 : 113-139.
- (2) Vidal. *Le Dictionnaire* (82<sup>ème</sup> éd.). Vidal (Paris) 2006.
- (3) The Task Force on Beta-Blockers of the European Society of Cardiology. Expert consensus document on beta-adrenergic receptor blockers. *European heart Journal*, 2004, 25 : 1341-1362.
- (4) ELLIOTT NM, ANDREWS RD., JONES DR. Pharmacological blockade of the dive response: effects on heart rate and diving behaviour in the harbour seal (*Phoca vitulina*). *The Journal of Experimental Biology*, 2002, 20 : 3757-3765.
- (5) HEAD A & al. Exercise metabolism and beta-blocker therapy. *Sports Medecine*, 1999, 27 : 81-96.
- (6) BARRE Ph. *Aptitude médicale à l'hyperbarie professionnelle*. Traité de médecine hyperbare, Ellipse (Paris), 2002 : 678-701.
- (7) PACE T, MIFSUD J, CALI-CORLEO R, FENECH AG, ELLUL-MICALLEF R. Medication, recreational drugs and diving. *Malta Medical Journal*, march 2005, vol 17: 9-15.
- (8) WENDLING J. et coll. *Aptitude à la plongée* (2<sup>ème</sup> ed.). Société Suisse de Médecine Subaquatique et Hyperbare (Crissier) 1996 : p.74.
- (9) BONNIN JP, GRIMAUD C, HAPPEY JC, STRUB JM, CART P. *Pathologies spécifiques : Cardiologie*. Plongée sous-marine et milieu subaquatique : Accidents – Aspect médicaux. Masson (Paris) 2003 : 225-239.
- (10) FOSTER Ph. *Contre-indications à la pratique de la plongée sportive à l'air*. La plongée sous-marine à l'air : L'adaptation de l'organisme et ses limites. EDP Sciences (Grenoble) 1993 : 197-201.
- (11) BOVE AA. Cardiovascular disorders. *Bove and Davis' Diving Medicine* (4<sup>th</sup> ed), Saunders (Philadelphia) 2004 : 485-506.
- (12) LANPHIER, EH, DWYER JV. *Oxygen consumption in underwater swimming*. Washington, DC: U.S. Navy Experimental Diving Unit, formal report December 22, 1954 : 14-54.
- (13) Commission Médicale et de Prévention Nationale de la FFESSM Contre-indications (2005). Conditions particulières de pratique : Asthmatiques (2005). <http://medicale.ffessm.fr/>
- (14) MOLENAT F, BOUSSUGUES A. *Accidents et troubles digestifs en plongée*. Physiologie et médecine de la plongée (2<sup>ème</sup> ed.), Ellipse (Paris), 2006 : 256-262.
- (15) National Heart, Lung and Blood Institute. *Global Initiative for Asthma : Guidelines*. National Institute of Health publication N°02-3659 January 1995 (updated 2002 & 2004)
- (16) MYERS J, PRAKASH M, FROELICHER VF, DO D, PARTINGTON S, ATWOOD JE. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *New England Journal of Medecine*, march 2002, vol 346 : 793–801.
- (17) JONES NL. *Interpretation of stage 1 exercise test results, Normal standards*. *Clinical Exercise Testing* (4<sup>th</sup> ed.). Saunders (Philadelphia), 1997 : 124-149 & 243.
- (18) WASSERMAN K, HANSEN JE, SUE DY, STRINGER WW, WHIPP BJ. *Normal values*. Principles of Exercise Testing and Interpretation. (4<sup>th</sup> ed.). LWW (Philadelphia), 2005 : 160-182.
- (19) FROELICHER VF, MYERS J. Interpretation of hemodynamic response to exercise testing. *Exercice and the heart* (5<sup>th</sup> ed.), Saunders (Philadelphia), 2006 : 93-125.
- (20) American College of Sports Medicine. Metabolic calculations. *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription* (7<sup>th</sup> ed.), LWW (Baltimore) 2006 : 286-299.
- (21) FAIRSHTER RD, WALTERS J, SALNESS K, FOX M, MINH VD, WILSON AF. A comparison of incremental exercise tests during cycle and treadmill ergometry. *Medicine and Science in Sport Exercice*, 1983, vol 15 (6) : 549-554.
- (22) Schiller AG. Manuel d'utilisation de CS-200. *Réf 2.210213d (2001) : 3.31*