



## AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : [ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr](mailto:ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr)

## LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

[http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg\\_droi.php](http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php)

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

UNIVERSITE HENRI  
POINCARÉ  
NANCY I  
2009

FACULTE DE MEDECINE  
DE NANCY

N° 104

**THÈSE**

Pour obtenir le grade de

**DOCTEUR EN MEDECINE**

Présentée et soutenue publiquement

dans le cadre du troisième cycle du DES de pneumologie par

**Hélène JUNGSMANN**

Le 15 octobre 2009

**LA REHABILITATION RESPIRATOIRE CHEZ LES  
PATIENTS ATTEINTS DE BRONCHOPNEUMOPATHIE  
CHRONIQUE OBSTRUCTIVE :  
INTÉRÊT D'UN SUIVI PAR LE TEST D'ENDURANCE**

Examineurs de la thèse :

M. le Professeur François CHABOT  
M. le Professeur François MARCHAL  
Mme. le Professeur Eliane ALBUISSON  
M. le Docteur Laurent MOREAU

Président  
Juge  
Juge  
Juge

UNIVERSITE HENRI  
POINCARÉ  
NANCY I  
2009

FACULTE DE MEDECINE  
DE NANCY

N°

## THÈSE

Pour obtenir le grade de

**DOCTEUR EN MEDECINE**

Présentée et soutenue publiquement

dans le cadre du troisième cycle du DES de pneumologie par

**Hélène JUNGSMANN**

Le 15 octobre 2009

**LA REHABILITATION RESPIRATOIRE CHEZ LES  
PATIENTS ATTEINTS DE BRONCHOPNEUMOPATHIE  
CHRONIQUE OBSTRUCTIVE :  
INTÉRÊT D'UN SUIVI PAR LE TEST D'ENDURANCE**

Examineurs de la thèse :

M. le Professeur François CHABOT  
M. le Professeur François MARCHAL  
Mme. le Professeur Eliane ALBUISSON  
M. le Docteur Laurent MOREAU

Président  
Juge  
Juge  
Juge

UNIVERSITÉ HENRI POINCARÉ, NANCY 1  
FACULTÉ DE MÉDECINE DE NANCY

-----

**Président de l'Université : Professeur Jean-Pierre FINANCE**  
**Doyen de la Faculté de Médecine : Professeur Henry COUDANE**

Vice Doyen *Recherche* : Professeur Jean-Louis GUEANT

Vice Doyen *Pédagogie* : Professeur Annick BARBAUD

Vice Doyen *Campus* : Professeur Marie-Christine BÉNÉ

Asseseurs :

du 1<sup>er</sup> Cycle :

du 2<sup>ème</sup> Cycle :

**BRONOWICKI**

du 3<sup>ème</sup> Cycle :

**BOLLAERT**

Filières professionnalisées :

**CHOSEROT**

Prospective :

FMC/EPP :

**KORWIN**

**M. le Professeur François ALLA**

**M. le Professeur Jean-Pierre**

**M. le Professeur Pierre-Edouard**

**M. le Professeur Christophe**

**M. le Professeur Laurent BRESLER**

**M. le Professeur Jean-Dominique DE**

**DOYENS HONORAIRES**

Professeur Adrien DUPREZ – Professeur Jean-Bernard DUREUX

Professeur Jacques ROLAND – Professeur Patrick NETTER

=====

**PROFESSEURS HONORAIRES**

Pierre ALEXANDRE – Daniel ANTHOINE – Alain BERTRAND – Pierre BEY – Jean BEUREY  
Jacques BORRELLY – Michel BOULANGE – Jean-Claude BURDIN – Claude BURLET – Daniel BURNEL  
Claude CHARDOT – Jean-Pierre CRANCE – Gérard DEBRY – Jean-Pierre DELAGOUTTE  
Emile de LAVERGNE – Jean-Pierre DESCHAMPS – Michel DUC – Jean DUHEILLE – Adrien DUPREZ  
Jean-Bernard DUREUX – Gabriel FAIVRE – Gérard FIEVE – Jean FLOQUET – Robert FRISCH  
Alain GAUCHER – Pierre GAUCHER – Hubert GERARD – Jean-Marie GILGENKRANTZ  
Simone GILGENKRANTZ – Oliéro GUERCI – Pierre HARTEMANN – Claude HURIET – Christian JANOT  
Jacques LACOSTE – Pierre LANDES – Alain LARCAN – Marie-Claire LAXENAIRE – Michel LAXENAIRE  
Jacques LECLERE – Bernard LEGRAS – Michel MANCIAUX – Jean-Pierre MALLIÉ – Pierre MATHIEU  
Pierre NABET – Jean-Pierre NICOLAS – Pierre PAYSANT – Francis PENIN – Gilbert PERCEBOIS  
Claude PERRIN – Guy PETIET – Luc PICARD – Michel PIERSON – Jean-Marie POLU – Jean PREVOT  
Antoine RASPILLER – Michel RENARD – Jacques ROLAND – René-Jean ROYER – Paul SADOUL  
Daniel SCHMITT – Jean SOMMELET – Danièle SOMMELET – Michel STRICKER – Gilbert THIBAUT  
Augusta TREHEUX – Hubert UFFHOLTZ – Gérard VAILLANT – Paul VERT – Colette VIDAILHET  
Michel VIDAILHET – Michel WAYOFF – Michel WEBER

=====

**PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS  
PRATICIENS HOSPITALIERS**

(Disciplines du Conseil National des Universités)

**42<sup>ème</sup> Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Anatomie)**

Professeur Gilles GROSDIDIER

Professeur Pierre LASCOMBES – Professeur Marc BRAUN

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Cytologie et histologie)**

Professeur Bernard FOLIGUET

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Anatomie et cytologie pathologiques)**

Professeur François PLENAT – Professeur Jean-Michel VIGNAUD

**43<sup>ème</sup> Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDICALE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Biophysique et médecine nucléaire)**

Professeur Gilles KARCHER – Professeur Pierre-Yves MARIE – Professeur Pierre OLIVIER

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Radiologie et imagerie médicale)**

Professeur Denis REGENT – Professeur Michel CLAUDON

Professeur Serge BRACARD – Professeur Alain BLUM – Professeur Jacques FELBLINGER

Professeur René ANXIONNAT

-----

**44<sup>ème</sup> Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Biochimie et biologie moléculaire)**

Professeur Jean-Louis GUÉANT – Professeur Jean-Luc OLIVIER – Professeur Bernard NAMOUR

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Physiologie)**

Professeur François MARCHAL – Professeur Philippe HAOUZI – Professeur Bruno CHENUÉL

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Biologie Cellulaire (type mixte : biologique))**

Professeur Ali DALLOUL

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Nutrition)**

Professeur Olivier ZIEGLER

-----

**45<sup>ème</sup> Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Bactériologie – virologie ; hygiène hospitalière)**

Professeur Alain LOZNIEWSKI

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Maladies infectieuses ; maladies tropicales)**

Professeur Thierry MAY – Professeur Christian RABAUD

-----

**46<sup>ème</sup> Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Épidémiologie, économie de la santé et prévention)**

Professeur Philippe HARTEMANN – Professeur Serge BRIANÇON

Professeur Francis GUILLEMIN – Professeur Denis ZMIROU-NAVIER – Professeur François ALLA

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Médecine et santé au travail)**

Professeur Christophe PARIS

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Médecine légale et droit de la santé)**

Professeur Henry COUDANE

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication)**

Professeur François KOHLER – Professeur Éliane ALBUISSON

-----

**47<sup>ème</sup> Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Hématologie ; transfusion)**

Professeur Thomas LECOMPTE – Professeur Pierre BORDIGONI

Professeur Pierre LEDERLIN – Professeur Jean-François STOLTZ – Professeur Pierre FEUGIER

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Cancérologie ; radiothérapie)**

Professeur François GUILLEMIN – Professeur Thierry CONROY

Professeur Didier PEIFFERT – Professeur Frédéric MARCHAL

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Immunologie)**

Professeur Gilbert FAURE – Professeur Marie-Christine BENE

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Génétique)**

Professeur Philippe JONVEAUX – Professeur Bruno LEHEUP

-----

**48<sup>ème</sup> Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE,  
PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (*Anesthésiologie et réanimation chirurgicale*)**

Professeur Claude MEISTELMAN – Professeur Hervé BOUAZIZ

Professeur Paul-Michel MERTES

**2<sup>ème</sup> sous-section : (*Réanimation médicale*)**

Professeur Henri LAMBERT – Professeur Alain GERARD

Professeur Pierre-Édouard BOLLAERT – Professeur Bruno LÉVY – Professeur Sébastien GIBOT

**3<sup>ème</sup> sous-section : (*Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique*)**

Professeur Patrick NETTER – Professeur Pierre GILLET

**4<sup>ème</sup> sous-section : (*Thérapeutique*)**

Professeur François PAILLE – Professeur Gérard GAY – Professeur Faiez ZANNAD

-----

**49<sup>ème</sup> Section : PATHOLOGIE NERVEUSE ET MUSCULAIRE, PATHOLOGIE MENTALE,  
HANDICAP et RÉÉDUCATION**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (*Neurologie*)**

Professeur Gérard BARROCHE – Professeur Hervé VESPIGNANI

Professeur Xavier DUCROCQ

**2<sup>ème</sup> sous-section : (*Neurochirurgie*)**

Professeur Jean-Claude MARCHAL – Professeur Jean AUQUE

Professeur Thierry CIVIT

**3<sup>ème</sup> sous-section : (*Psychiatrie d'adultes*)**

Professeur Jean-Pierre KAHN – Professeur Raymund SCHWAN

**4<sup>ème</sup> sous-section : (*Pédopsychiatrie*)**

Professeur Daniel SIBERTIN-BLANC

**5<sup>ème</sup> sous-section : (*Médecine physique et de réadaptation*)**

Professeur Jean-Marie ANDRE – Professeur Jean PAYSANT

-----

**50<sup>ème</sup> Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE et CHIRURGIE  
PLASTIQUE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (*Rhumatologie*)**

Professeur Jacques POUREL – Professeur Isabelle VALCKENAERE – Professeur Damien LOEUILLE

**2<sup>ème</sup> sous-section : (*Chirurgie orthopédique et traumatologique*)**

Professeur Daniel MOLE

Professeur Didier MAINARD – Professeur François SIRVEAUX – Professeur Laurent GALOIS

**3<sup>ème</sup> sous-section : (*Dermato-vénéréologie*)**

Professeur Jean-Luc SCHMUTZ – Professeur Annick BARBAUD

**4<sup>ème</sup> sous-section : (*Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique*)**

Professeur François DAP – Professeur Gilles DAUTEL

-----

**51<sup>ème</sup> Section : PATHOLOGIE CARDIORESPIRATOIRE et VASCULAIRE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (*Pneumologie*)**

Professeur Yves MARTINET – Professeur Jean-François CHABOT – Professeur Ari CHAOUAT

**2<sup>ème</sup> sous-section : (*Cardiologie*)**

Professeur Etienne ALIOT – Professeur Yves JUILLIERE – Professeur Nicolas SADOUL

Professeur Christian de CHILLOU

**3<sup>ème</sup> sous-section : (*Chirurgie thoracique et cardiovasculaire*)**

Professeur Jean-Pierre VILLEMOT

Professeur Jean-Pierre CARTEAUX – Professeur Loïc MACÉ

**4<sup>ème</sup> sous-section : (*Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire*)**

Professeur Denis WAHL

-----

**52<sup>ème</sup> Section : MALADIES DES APPAREILS DIGESTIF et URINAIRE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Gastroentérologie ; hépatologie)**

Professeur Marc-André BIGARD – Professeur Jean-Pierre BRONOWICKI

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie digestive)**

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Néphrologie)**

Professeur Michèle KESSLER – Professeur Dominique HESTIN (Mme) – Professeur Luc FRIMAT

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Urologie)**

Professeur Philippe MANGIN – Professeur Jacques HUBERT – Professeur Luc CORMIER

-----

**53<sup>ème</sup> Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE et CHIRURGIE GÉNÉRALE .**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Médecine interne)**

Professeur Denise MONERET-VAUTRIN – Professeur Jean-Dominique DE KORWIN

Professeur Pierre KAMINSKY – Professeur Athanase BENETOS – Professeur Gisèle KANNY

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie générale)**

Professeur Patrick BOISSEL – Professeur Laurent BRESLER

Professeur Laurent BRUNAUD – Professeur Ahmet AYAV

-----

**54<sup>ème</sup> Section : DÉVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNÉCOLOGIE-  
OBSTÉTRIQUE,  
ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Pédiatrie)**

Professeur Pierre MONIN

Professeur Jean-Michel HASCOET – Professeur Pascal CHASTAGNER

Professeur François FEILLET – Professeur Cyril SCHWEITZER

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie infantile)**

Professeur Michel SCHMITT – Professeur Pierre JOURNEAU

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale)**

Professeur Michel SCHWEITZER – Professeur Jean-Louis BOUTROY

Professeur Philippe JUDLIN – Professeur Patricia BARBARINO

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Endocrinologie et maladies métaboliques)**

Professeur Georges WERYHA – Professeur Marc KLEIN – Professeur Bruno GUERCI

-----

**55<sup>ème</sup> Section : PATHOLOGIE DE LA TÊTE ET DU COU**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Oto-rhino-laryngologie)**

Professeur Claude SIMON – Professeur Roger JANKOWSKI

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Ophtalmologie)**

Professeur Jean-Luc GEORGE – Professeur Jean-Paul BERROD – Professeur Karine ANGIOI-DUPREZ

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie)**

Professeur Jean-François CHASSAGNE – Professeur Etienne SIMON

=====

**PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS**

**64<sup>ème</sup> Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE**

Professeur Sandrine BOSCHI-MULLER

=====

**MAÎTRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS  
HOSPITALIERS**

**42<sup>ème</sup> Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Anatomie)**

Docteur Bruno GRIGNON – Docteur Thierry HAUMONT

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Cytologie et histologie)**

Docteur Edouard BARRAT

Docteur Françoise TOUATI – Docteur Chantal KOHLER

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Anatomie et cytologie pathologiques)**

Docteur Béatrice MARIE

-----

**43<sup>ème</sup> Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDICALE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Biophysique et médecine nucléaire)**

Docteur Marie-Hélène LAURENS – Docteur Jean-Claude MAYER

Docteur Pierre THOUVENOT – Docteur Jean-Marie ESCANYE – Docteur Amar NAOUN

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Radiologie et imagerie médicale)**

Docteur Damien MANDRY

-----

**44<sup>ème</sup> Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET  
NUTRITION**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Biochimie et biologie moléculaire)**

Docteur Jean STRACZEK – Docteur Sophie FREMONT

Docteur Isabelle GASTIN – Docteur Marc MERTEN – Docteur Catherine MALAPLATE-ARMAND

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Physiologie)**

Docteur Nicole LEMAU de TALANCE – Docteur Christian BEYAERT

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Nutrition)**

Docteur Didier QUILLIOT – Docteur Rosa-Maria RODRIGUEZ-GUEANT

-----

**45<sup>ème</sup> Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Bactériologie – Virologie ; hygiène hospitalière)**

Docteur Francine MORY – Docteur Véronique VENARD

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Parasitologie et mycologie)**

Docteur Nelly CONTET-AUDONNEAU – Docteur Marie MACHOUART

-----

**46<sup>ème</sup> Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Epidémiologie, économie de la santé et prévention)**

Docteur Alexis HAUTEMANIÈRE

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication)**

Docteur Pierre GILLOIS – Docteur Nicolas JAY

-----

**47<sup>ème</sup> Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Hématologie ; transfusion)**

Docteur François SCHOONEMAN

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Cancérologie ; radiothérapie : cancérologie (type mixte : biologique))**

Docteur Lina BEZDETNYA épouse BOLOTINE

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Immunologie)**

Docteur Anne KENNEL – Docteur Marcelo DE CARVALHO BITTENCOURT

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Génétique)**

Docteur Christophe PHILIPPE

-----

**48<sup>ème</sup> Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE,  
PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (*Anesthésiologie et réanimation chirurgicale*)**

Docteur Gérard AUDIBERT

**3<sup>ème</sup> sous-section : (*Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique*)**

Docteur Françoise LAPICQUE – Docteur Marie-José ROYER-MORROT – Docteur Nicolas GAMBIER

**4<sup>ème</sup> sous-section : (*Thérapeutique ; médecine d'urgence ; addictologie*)**

Docteur Patrick ROSSIGNOL

-----

**50<sup>ème</sup> Section : RHUMATOLOGIE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (*Rhumatologie*)**

Docteur Anne-Christine RAT

-----

**54<sup>ème</sup> Section : DÉVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNÉCOLOGIE-  
OBSTÉTRIQUE,**

**ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION**

**5<sup>ème</sup> sous-section : (*Biologie et médecine du développement et de la reproduction*)**

Docteur Jean-Louis CORDONNIER

=====

**MAÎTRES DE CONFÉRENCES**

**5<sup>ème</sup> section : SCIENCE ÉCONOMIE GÉNÉRALE**

Monsieur Vincent LHUILLIER

-----

**32<sup>ème</sup> section ; Chimie Organique, Minérale, Industrielle**

Monsieur Franck DALIGAULT

-----

**40<sup>ème</sup> section : SCIENCES DU MÉDICAMENT**

Monsieur Jean-François COLLIN

-----

**60<sup>ème</sup> section : MÉCANIQUE, GÉNIE MÉCANIQUE ET GÉNIE CIVILE**

Monsieur Alain DURAND

-----

**61<sup>ème</sup> section : GÉNIE INFORMATIQUE, AUTOMATIQUE ET TRAITEMENT DU SIGNAL**

Monsieur Jean REBSTOCK – Monsieur Walter BLONDEL

-----

**64<sup>ème</sup> section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE**

Mademoiselle Marie-Claire LANHERS

Monsieur Franck DALIGAULT

-----

**65<sup>ème</sup> section : BIOLOGIE CELLULAIRE**

Mademoiselle Françoise DREYFUSS – Monsieur Jean-Louis GELLY  
Madame Ketsia HESS – Monsieur Pierre TANKOSIC – Monsieur Hervé MEMBRE  
Monsieur Christophe NEMOS – Madame Natalia DE ISLA

-----

**66<sup>ème</sup> section : PHYSIOLOGIE**

Monsieur Nguyen TRAN

-----

**67<sup>ème</sup> section : BIOLOGIE DES POPULATIONS ET ÉCOLOGIE**

Madame Nadine MUSSE

=====

**MAÎTRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS**

**Médecine Générale**

Professeur associé Alain AUBREGÉ  
Docteur Francis RAPHAEL  
Docteur Jean-Marc BOIVIN  
Docteur Jean-Louis ADAM  
Docteur Elisabeth STEYER

=====

**PROFESSEURS ÉMÉRITES**

Professeur Daniel ANTHOINE – Professeur Pierre BEY – Professeur Michel BOULANGE  
Professeur Jean-Pierre CRANCE – Professeur Jean-Pierre DELAGOUTTE – Professeur Jean FLOQUET  
Professeur Jean-Marie GILGENKRANTZ – Professeur Simone GILGENKRANTZ  
Professeur Alain LARCAN – Professeur Pierre MATHIEU – Professeur Jean-Pierre NICOLAS  
Professeur Guy PETIET – Professeur Luc PICARD – Professeur Michel PIERSON  
Professeur Jacques ROLAND – Professeur Danièle SOMMELET – Professeur Michel STRICKER  
Professeur Gilbert THIBAUT – Professeur Paul VERT – Professeur Colette VIDAILHET  
Professeur Michel VIDAILHET

=====

**DOCTEURS HONORIS CAUSA**

Professeur Norman SHUMWAY (1972)  
*Université de Stanford, Californie (U.S.A)*  
Professeur Paul MICHELSSEN (1979)  
*Université Catholique, Louvain (Belgique)*  
Professeur Charles A. BERRY (1982)  
*Centre de Médecine Préventive, Houston (U.S.A)*  
Professeur Pierre-Marie GALETTI (1982)  
*Brown University, Providence (U.S.A)*  
Professeur Mamish Nisbet MUNRO (1982)  
*Massachusetts Institute of Technology (U.S.A)*  
Professeur Mildred T. STAHLMAN (1982)  
*Wanderbilt University, Nashville (U.S.A)*  
Harry J. BUNCKE (1989)  
*Université de Californie, San Francisco (U.S.A)*  
Professeur Daniel G. BICHET (2001)  
*Université de Montréal (Canada)*  
Professeur Brian BURCHELL (2007)  
*Université de Dundee (Royaume-Uni)*

Professeur Théodore H. SCHIEBLER (1989)  
*Institut d'Anatomie de Würzburg (R.F.A)*  
Professeur Maria DELIVORIA-PAPADOPOULOS (1996)  
*Université de Pennsylvanie (U.S.A)*  
Professeur Mashaki KASHIWARA (1996)  
*Research Institute for Mathematical Sciences de Kyoto (JAPON)*  
Professeur Ralph GRÄSBECK (1996)  
*Université d'Helsinki (FINLANDE)*  
Professeur James STEICHEN (1997)  
*Université d'Indianapolis (U.S.A)*  
Professeur Duong Quang TRUNG (1997)  
*Centre Universitaire de Formation et de Perfectionnement des  
Professionnels de Santé d'Hô Chi Minh-Ville (VIËTNAM)*  
  
Professeur Marc LEVENSTON (2005)  
*Institute of Technology Atlanta (USA)*  
*Institute of Technology, Atlanta (USA)*

## A NOTRE MAITRE ET PRESIDENT

Monsieur le Professeur François CHABOT

Professeur de Pneumologie

Nous sommes très sensibles à l'honneur que vous nous faites en acceptant de  
présider ce jury de thèse.

Nous vous remercions sincèrement de la qualité des enseignements que vous  
nous avez prodigués lors de notre formation.

Veillez trouver ici l'expression de notre profonde reconnaissance.

## A NOTRE MAITRE ET JUGE

Monsieur le Professeur François MARCHAL

Professeur de Physiologie

Vous nous faites l'honneur de participer à ce jury de  
thèse.

Nous tenions à vous remercier de l'intérêt que vous avez porté à ce travail.

Veillez trouver ici le témoignage de notre profonde reconnaissance.

## A NOTRE MAITRE ET JUGE

Madame le Professeur Eliane ALBUISSON

Professeur de Biostatistiques, Informatique médicale et Technologies  
de communication

Vous nous faites l'honneur de participer à ce jury de  
thèse.

Votre disponibilité, votre expérience et votre soutien nous ont  
été précieux à l'élaboration de ce travail.

Veillez trouver ici l'expression de notre profonde  
reconnaissance.

## A NOTRE JUGE

Monsieur le Docteur Laurent Moreau

Pneumologue

Pour avoir accepté de diriger ce travail.

Veillez trouver dans ce travail l'expression de notre  
profonde reconnaissance et notre sincère admiration pour  
vos compétences.

Veillez également recevoir l'expression de notre  
gratitude et de nos respectueux remerciements.

Remerciements profonds et sincères à tous ceux qui m'ont entourée, conseillée, suivie, lors de ces années d'internat, qui ont su me donner goût à cette belle spécialité et me donner confiance en moi.

Remerciements particuliers aux Docteurs Godbert, Corhut, Collignon, Couval, Champy et Kheir.

Un immense remerciement au Docteur Gomez, que je ne cesserai d'admirer pour ses compétences et ses qualités humaines.

Aux Docteurs Bavélélé et Valentin qui m'ont fait découvrir la pneumologie dans les « Hautes » Vosges, une spécialité à part entière ! J'ai hâte de vous y rejoindre.

Merci aux équipes paramédicales de la tour Drouet (1er, 2ème, 3ème, 6ème, 7ème et 8ème étages !), du service de pneumologie de Brabois, des services de pneumologie d'Epinal et de Remiremont.

A mes comparses de pneumologie avec un remerciement spécial à Jessica P et Hélène DLB, mes aînées et également à Amandine B (pardonne moi mes conseils !), Antoine G, Magali M et Pascale T.

A tous mes anciens co-internes : on a bien rigolé finalement ! Avec, par ordre d'apparition, Sandrine W, Benoît O, Cécile A, Céline K, Guillaume L, Seb G, Thibault H, Julien T, Raphaëlle P et (last but not least) Aurélie S.

Au monde associatif et syndical : le BDE Larib', l'ANEMF, enfin l'APIHNS et l'ISNIH. C'a été pour moi une véritable école de la vie. Merci à tous ceux que j'ai rencontré au fil des années dans ces structures, avec lesquels j'ai travaillé, plus que passionnément, malgré cet habituel sentiment d'un travail inachevé.

Un remerciement spécial à Stéphane (zuilan ! zuilan ! zuilan !), Christophe, Adeline, Hervé et à tous ceux qui m'ont supportée, mais aussi conseillée, suivie et aidée à l'APIHNS. Merci pour votre confiance et pour le travail accompli.

Aux « nancéens » : Iva, Julien, Sophie, Alex, Thomas, on s'est un peu perdu de vue, mais je n'oublie pas les moments passés avec vous !

A mon amie de toujours, Estelle : ton soutien durant toutes ces années m'a été plus que précieux. Je suis certaine que nos rides ne faneront pas cette amitié précieuse.

A mes amies (de) Larib..., avec : Alice (tu es irremplaçable, je ne sais pas si le monde tournerait pareil sans toi !), Berivan (j'ai hâte de te revoir pleine de vie, riant, chantant et dansant !), Elodie (my sister !), Françoise (je ne crois pas qu'il y ait une seule personne sur cette Terre qui te ressemble ! tu es incroyable !), Kam (petit scarabée, où es-tu ?), Marion (tu es mon soleil ! indispensable !). Comment ne pas vous remercier ?! Vous avez rendue ma vie plus drôle, plus belle, plus pétillante. On se retrouve à la maison de retraite ! Mais avant ça, on n'a pas fini de rigoler...

A mon Cédric. Je t'ai choisi et j'ai bien fait ! Tous les jours ton cerveau tortueux me réserve des surprises. Je te remercie pour tout ce que tu m'as apporté et j'espère que nos années ensemble seront longues, heureuses, drôles, sportives, culturelles, familiales (bref, tout sauf médicales !).

Enfin, remerciements à ma famille : mes parents bien sûr, pour m'avoir fait aussi c... mais forte que je suis, pour toutes ces années de bonheur et d'insouciance, ma sœur, parce que j'espère qu'elle sera toujours là pour moi et moi pour elle.

A ma famille Alsacienne. A ma grand-mère, quelque part près du soleil grec, à ma grande tante pour son amour inconditionnel. A la Grèce, parce qu'elle fait partie de moi !

A tous ceux que j'ai oublié de citer...

## SERMENT

« Au moment d'être admis à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité. Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux. Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité. J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences. Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me sont confiés. Reçu à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs. Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré et méprisé si j'y manque ».

# TABLE DES MATIÈRES

<u>INTRODUCTION</u>	<i>p23</i>
<u>GÉNÉRALITÉS</u>	24
<u>A/ La bronchopneumopathie chronique obstructive</u>	24
I. Epidémiologie	24
II. Facteurs étiologiques de la maladie	26
1) Tabagisme	26
2) Facteurs génétiques	27
3) Exposition professionnelle	27
4) Pollution atmosphérique et pollution intérieure	28
5) Âge	28
6) Sexe	28
7) Infections	28
8) Hyperréactivité bronchique	29
9) Facteurs socioéconomiques	29
III. Diagnostic, classification	29
1) Classification de la BPCO en stades de gravité selon GOLD 2008	30
2) L'index de BODE	30
IV. Les manifestations systémiques de la maladie	33
1) L'inflammation	33
2) La dénutrition	33
3) L'atteinte musculaire	34
4) L'atteinte cardiovasculaire	34
5) L'ostéoporose	34
6) Les autres pathologies	34

V. La prise en charge de la maladie, patients en état stable	35
1) Sevrage tabagique	35
2) Réduction des autres facteurs de risque	36
3) Traitements pharmacologiques	36
4) Réhabilitation respiratoire	36
5) Oxygénothérapie, ventilation non invasive	36
6) Traitement chirurgical	37
7) Kinésithérapie respiratoire	38
8) Prise en charge nutritionnelle	38
VI. Le traitement des exacerbations	39
1) Définition de l'exacerbation	39
2) Signes de gravité, critères d'hospitalisation en réanimation	39
3) Les traitements	40
<b><u>B/ Le dysfonctionnement musculaire dans la BPCO</u></b>	<b>41</b>
I. La spirale du déconditionnement	41
II. Structure et fonction des muscles respiratoires et squelettiques	42
III. Les effets de la BPCO sur les muscles squelettiques	43
1) Les effets de la BPCO sur les muscles respiratoires	43
2) Les effets de la BPCO sur les muscles squelettiques hors muscles respiratoires	43
3) Les effets des traitements de la BPCO sur le dysfonctionnement musculaire	45
IV. Les effets des anomalies musculaires sur la tolérance à l'exercice	45
V. Le traitement du dysfonctionnement musculaire	46
<b><u>C/ La réhabilitation respiratoire</u></b>	<b>48</b>
I. Définition	48

II. Indications	48
III. Contre-indications	51
IV. Facteurs prédictifs de mauvaise réponse au traitement	52
V. Bénéfices attendus	53
VI. Contenu d'un stage de réhabilitation en centre	55
1) Réentraînement à l'effort	55
2) Éducation thérapeutique	59
3) Sevrage tabagique	60
4) Prise en charge psychosociale	60
5) Prise en charge nutritionnelle	61
6) Évaluations régulières et promotion d'une adhérence à long terme	61
VII. Les modalités de la réhabilitation respiratoire	61
1) Les intervenants	61
2) Modalités de réalisation	61
3) Place des réseaux de santé	65
<u>D/ Les épreuves d'exercice dans l'évaluation des patients atteints de BPCO</u>	67
I. L'épreuve d'effort maximale ou épreuve d'exercice fonctionnelle	67
1) Paramètres mesurés	68
2) Indications	69
3) Contre indications	70
4) Conditions de réalisation	70
5) Protocole	70
6) Critères d'arrêt	71
7) Interprétation	71
8) L'épreuve d'effort : une base pour le réentraînement	74

II. Le test de marche de 6 minutes	75
1) Indications	76
2) Contre indications	77
3) Conditions de réalisation	77
4) Protocole	78
5) Critères d'arrêt	80
6) Interprétation	80
7) Limites du test	82
III. Le test de la navette	83
1) Conditions de réalisation	83
2) Protocole	83
IV. Le test de la navette en endurance	85
V. Le test d'endurance sur ergocycle	85
1) Conditions de réalisation	86
2) Protocole	86
3) Critères d'arrêt	86
4) Interprétation	86
<u>TRAVAIL PERSONNEL</u>	88
<u>A/ Matériel et méthode</u>	89
I. Présentation du Réseau Insuffisance respiratoire Lorraine	89
1) Champ d'activités	89
2) Principaux objectifs	89
3) Organisation du réseau	90
4) Financement du programme de réhabilitation respiratoire	91
II. Protocole réhabilitation respiratoire au sein du réseau	91
1) Critères d'inclusion	92
2) Critères d'exclusion	92
3) Bilan initial	92

4) L'appareillage à domicile, place des prestataires de service	94
5) La réhabilitation respiratoire en pratique à domicile	96
6) Le suivi médical et paramédical	96
III. Présentation des différents centres, description des stages hospitaliers initiaux	97
IV. Description de l'analyse statistique	98
<b><u>B/ Résultats</u></b>	99
I. Description de la population incluse	100
1) Données socio-démographiques	100
2) Exacerbations et hospitalisations	102
3) Dyspnée, données fonctionnelles respiratoires et stades de gravité de la BPCO	102
4) Capacités à l'effort	104
5) Qualité de vie, anxiété, dépression	105
II. Étude descriptive, étude comparative	106
1) Exacerbations	106
2) Évolution de la dyspnée, des épreuves fonctionnelles respiratoires et de la gazométrie artérielle	107
3) Évolution du score de BODE	109
4) Évolution des capacités à l'effort	109
5) Évolution de l'anxiété, de la dépression et de la qualité de vie	112
III. Analyse multivariée	116
IV. Analyse des abandons	118

<u>C/ Discussion</u>	<i>119</i>
I. La réhabilitation respiratoire à domicile : une thérapeutique efficace	<i>120</i>
1) Amélioration de la dyspnée	<i>120</i>
2) Stabilité des paramètres fonctionnels respiratoires au repos	<i>121</i>
3) Stabilité de la gazométrie artérielle	<i>121</i>
4) Le nombre d'exacerbations et d'hospitalisations	<i>121</i>
5) Évolution de l'épreuve d'épreuve maximale	<i>122</i>
6) Une nette amélioration de la qualité de vie	<i>123</i>
7) Une amélioration de l'anxiété et des symptômes dépressifs	<i>124</i>
8) Une amélioration des capacités à l'exercice	<i>125</i>
II. Intérêts et limites du test de marche de six minutes	<i>125</i>
1) Intérêts du test	<i>125</i>
2) Limites du test	<i>125</i>
3) Une amélioration statistiquement significative, avec un doute sur la signification clinique	<i>126</i>
4) Une corrélation médiocre avec l'évolution de la qualité de vie, une bonne corrélation avec celle de la dyspnée et de la dépression	<i>127</i>
III. Intérêts et limites du test d'endurance	<i>128</i>
1) Rappels physiopathologiques	<i>128</i>
2) La notion de puissance critique, les limites du test d'endurance	<i>130</i>
3) Une amélioration statistiquement et cliniquement significative du test d'endurance	<i>132</i>
4) Une bonne corrélation entre l'évolution du temps	<i>132</i>

d'endurance et celle de la qualité de vie	
IV. Étude des caractéristiques des patients ayant abandonné le programme	133
V. Les limites de l'étude	134
1) Des biais liés aux observateurs et aux habitudes de pratique	134
2) Des stages de réhabilitations hospitaliers variables	134
3) Un suivi médical difficile	135
4) Des examens à des jours différents	135
VI. Intérêts du réseau, intérêts de l'étude	136
1) Un réseau développé en Lorraine	136
2) Une large cohorte	137
3) Un programme de réhabilitation d'une durée exceptionnelle	137
4) Modifications à envisager et études futures	138
<u>D/ Conclusion</u>	139
<u>ABRÉVIATIONS</u>	140
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	142
<u>ANNEXES</u>	156
<u>RESUMÉ</u>	171

# INTRODUCTION

La bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO) est une maladie respiratoire chronique, lentement progressive, à manifestations extra pulmonaires, au risque d'évolution vers l'insuffisance respiratoire chronique. Elle représente une cause majeure de morbidité et de mortalité dans le monde. Cette maladie entraîne une limitation de la tolérance à l'exercice occasionnant un handicap souvent sévère.

La réhabilitation respiratoire est un programme de soins personnalisé, dispensé par une équipe multidisciplinaire à des patients atteints d'une maladie respiratoire chronique, symptomatiques, aux activités de la vie quotidienne réduites. L'objectif est de réduire les symptômes, d'optimiser les conditions physiques et psychosociales et de diminuer les coûts de santé. Son utilité dans la BPCO est largement prouvée et sa place est de mieux en mieux reconnue par les autorités de santé.

Cependant, le meilleur moyen d'évaluer l'impact d'un tel programme est encore mal défini. D'autre part, son organisation est encore difficile en France.

En Lorraine, le réseau RIR (Réseau Insuffisance Respiratoire) associe en partenariat, sur la base du volontariat, les établissements de santé identifiés pour leur activité pneumologique, les pneumologues libéraux de Lorraine, des médecins généralistes volontaires, des kinésithérapeutes, infirmières, psychologues et des prestataires de service. Son champ d'activité concerne la prévention et le traitement de l'insuffisance respiratoire d'étiologies diverses. Il permet, entre autres, aux patients lorrains, de pouvoir bénéficier à domicile d'une réhabilitation respiratoire centrée sur le réentraînement à l'effort pendant un an.

Le test de marche de 6 minutes est une épreuve d'effort sous-maximale largement utilisée pour son intérêt dans l'évaluation pronostique des patients BPCO. Depuis quelques années, le test d'endurance sur ergocycle prend de l'ampleur puisqu'il semble supérieur pour détecter une amélioration des capacités à l'exercice après l'instauration d'un traitement.

Notre étude a pour objectif d'évaluer l'efficacité d'un tel programme sur les patients atteints de BPCO et d'évaluer l'intérêt d'un suivi par un test d'endurance sur ergocycle.

## A/ LA BRONCHOPNEUMOPATHIE CHRONIQUE OBSTRUCTIVE

La bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO) se définit comme une maladie chronique et lentement progressive caractérisée par une limitation des débits aériens non ou incomplètement réversible. Cette limitation est due à des phénomènes inflammatoires anormaux des voies aériennes secondaires à l'inhalation de particules ou de gaz toxiques (1-3).

L'étiologie largement prédominante est le tabagisme, mais d'autres facteurs environnementaux ou héréditaires ont à l'évidence un rôle important dans la genèse de cette affection.

Maladie respiratoire chronique, lentement progressive, à manifestations extra pulmonaires, au risque d'évolution vers l'insuffisance respiratoire chronique, la BPCO est une cause majeure de morbidité et de mortalité dans le monde.

### I) EPIDEMIOLOGIE

Sa prévalence est évaluée entre 5 et 10% (4-6) en fonction des critères utilisés pour définir l'obstruction bronchique. C'est également le chiffre qui est avancé en France. Cette prévalence augmente avec le tabagisme et l'âge. En Lorraine, on considère que 100 000 patients sont atteints de BPCO.

Le coût de la maladie est estimé, en France, à environ 3,5 milliards d'euros (3,5% de l'ensemble des dépenses de santé), la moitié étant dues aux hospitalisations (20% des malades concentrent 70% des coûts). Cette maladie est responsable de 16000 décès par an. L'offre de prise en charge de ces patients dans des structures dédiées à la réhabilitation respiratoire est des plus réduite.

Le profil de la population atteinte est actuellement en cours de changement : la proportion de femmes, atteintes de BPCO et décédées des conséquences de la maladie, a

considérablement augmenté (en rapport avec l'augmentation du tabagisme dans cette population). Depuis 2000, la mortalité par BPCO chez la femme dépasse celle de l'homme aux Etats-Unis (8). La maladie s'étend également dans la population des moins de 65 ans (7-9).

Important problème de santé publique, on estime que la BPCO deviendra en 2020 la 3<sup>ème</sup> cause de mortalité dans le monde juste après les maladies coronariennes et cardiovasculaires, et la 5<sup>ème</sup> cause de handicap (10).

La maladie est largement sous-estimée pour différentes raisons :

- Sous-estimation des symptômes par les patients :  
50 à 75% ne se savent pas malades  
37% des patients atteints d'une dyspnée sévère (5/5) et 53% des patients atteints d'une dyspnée modérément sévère (4/5) estiment leur état léger ou modéré (7).
- Maladie sous-diagnostiquée par les professionnels de santé : dans l'étude du National Health and Nutrition Examination Survey, 63% des patients ayant réalisé des examens de la fonction respiratoire montrant une maladie obstructive n'ont jamais eu de diagnostic posé (11).

Maladie sous diagnostiquée, mais également sous traitée puisqu'on estime que moins de 50% des patients symptomatiques reçoivent un traitement (12)

L'OMS a avancé certains arguments justifiant le dépistage de cette maladie :

- elle constitue un problème de santé publique important,
- l'histoire naturelle en est connue
- il existe des facteurs de risque identifiés
- des traitements efficaces sont disponibles
- les moyens de détection précoce sont assez simples et faciles à mettre en œuvre.

Cependant, le dépistage dans la population générale reste controversé. Actuellement, il est recommandé de réaliser une spirométrie en présence de symptômes suggérant l'existence d'une BPCO :

- toux chronique (présente depuis plus de 2 mois) intermittente ou quotidienne ;
- expectoration chronique, intermittente ou quotidienne ;
- dyspnée, généralement une dyspnée d'effort s'aggravant avec les années.

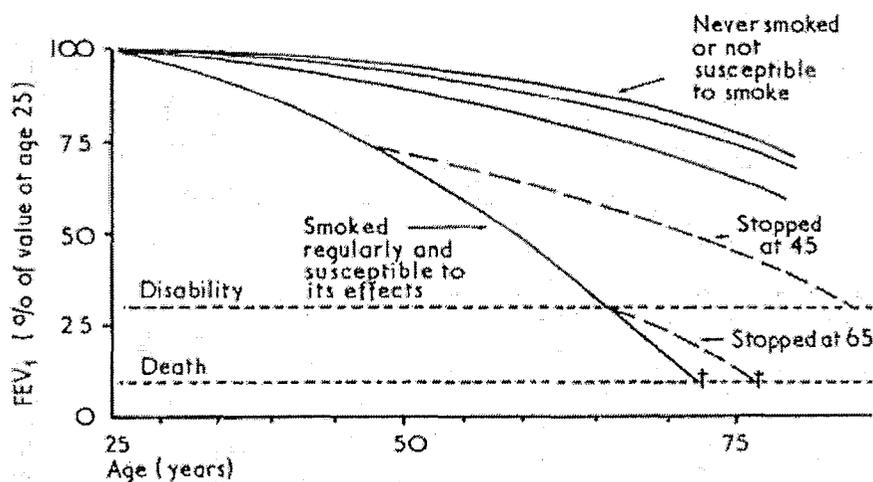
En l'absence de ces symptômes, une spirométrie doit être réalisée chez les sujets considérés comme « à risque », parce qu'ils sont exposés à des facteurs de risque bien établis de la BPCO : fumée de tabac, mais aussi expositions industrielles et pollution domestique (2).

## II) FACTEURS ETIOLOGIQUES DE LA MALADIE

### 1) Tabagisme

Le tabagisme actif reste le principal facteur de risque de la BPCO (13). Le risque attribuable varierait de 40% à 70% selon les pays. Plusieurs études longitudinales montrent que la chute annuelle du VEMS est de 45 à 90 mL/an chez les fumeurs alors qu'elle n'est que de 25 mL/an chez les non fumeurs. L'arrêt du tabagisme améliore les symptômes respiratoires et ralentit la chute du VEMS (13). A noter que le tabagisme passif au cours de l'enfance, et le tabagisme actif de la mère au cours de la grossesse semblent être des facteurs de risque à développer une BPCO à l'âge adulte (14).

Modélisation de la décroissance du VEMS en fonction du tabagisme (13) :



**FIG 1**—Risks for various men if they smoke: differences between these lines illustrate effects that smoking, and stopping smoking, can have on FEV<sub>1</sub> of man who is liable to develop chronic obstructive lung disease if he smokes. †=Death, the underlying cause of which is irreversible chronic obstructive lung disease, whether the immediate cause of death is respiratory failure, pneumonia, cor pulmonale, or aggravation of other heart disease by respiratory insufficiency. Although this shows rate of loss of FEV<sub>1</sub> for one particular susceptible smoker, other susceptible smokers will have different rates of loss, thus reaching "disability" at different ages.

## 2) Facteurs génétiques

Même si le tabagisme représente le facteur de risque le plus important, environ 25% des fumeurs ne développent pas de BPCO au cours de leur vie, ce qui sous-entend l'intervention de facteurs génétiques. D'une manière générale, il semblerait que la fonction respiratoire de l'enfant soit déterminée par celle des deux parents.

La mutation la plus fréquente, responsable d'un déficit sévère en alpha 1 antitrypsine, concerne le gène SERPINA1 (ancien gène Pi) avec le phénotype ZZ. Ce déficit concerne 1 à 3% des patients BPCO (15) et s'exprime par un tableau clinique d'emphysème pan-lobulaire, emphysème prédominant aux bases.

De nombreux autres gènes ont été étudiés, notamment les gènes codant pour les métalloprotéinases (MMP) de la matrice extra-cellulaire. Il a été démontré que le polymorphisme de la MMP-9 est associé avec l'emphysème prédominant aux apex, l'emphysème centro-lobulaire.

D'autres études génétiques d'association ont montré l'implication d'une variété de gènes dans la genèse de la BPCO. Entre autres, les gènes codant pour les protéines suivantes: transforming growth factor beta 1 (TGF  $\beta$ 1), microsomal epoxide hydrolase 1 (mEPHX1), tumor necrosis factor alpha (TNF  $\alpha$ ).

Cependant les résultats de ces études n'ont pas permis d'identifier les variants de ces gènes influençant directement le développement d'une BPCO, contrairement à l'alpha 1 antitrypsine avec l'emphysème (1). L'intérêt pratique de ces études reste donc pour l'instant limité.

## 3) Exposition professionnelle

Le risque attribuable lié à l'exposition professionnelle dans la BPCO a été estimé à 19,2% chez les fumeurs et à 31,1% chez les non-fumeurs (16).

Les expositions principales se retrouvent en milieu agricole, où les sujets sont exposés de manière importante à des particules organiques (poussières végétales, toxines bactériennes ou fongiques) ; en milieu textile, avec une exposition importante à des poussières de textile végétal (poussière de coton), et en milieu industriel (mines, fonderie-sidérurgie, industrie du bois, bâtiment).

#### 4) Pollution atmosphérique et pollution intérieure

L'exposition à la pollution intérieure, en particulier dans les pays en voie de développement, constitue un risque important de BPCO, avec un risque attribuable pouvant atteindre 35%. Ce risque est lié à l'exposition de fumées lors de la cuisson ou du mode de chauffage dans des logements mal ventilés.

Le rôle de la pollution atmosphérique est mal connu. Une surmortalité cardio-respiratoire et par cancer pulmonaire a également été observée (17,18). Son impact dans la BPCO a été mis en évidence en tant que facteur aggravant chez les patients les plus sévères lors des pics de pollution atmosphérique.

#### 5) Age

La prévalence de la BPCO augmente avec l'âge. Au cours de la vie, il existe un déclin physiologique de la fonction respiratoire qui débute à partir de 30-40 ans.

#### 6) Sexe

Historiquement, cette maladie touchait presque exclusivement les sujets de sexe masculin. Depuis environ dix ans, le nombre de patients de sexe féminin a considérablement augmenté.

Certaines études semblent démontrer que les femmes seraient plus à risque de développer une BPCO pour un même tabagisme, mais cette question reste encore controversée (20).

Ce changement traduit principalement l'évolution des habitudes tabagiques.

#### 7) Infections

Les infections semblent jouer un rôle important dans la survenue de la BPCO. Durant l'enfance, l'exposition aux infections pourrait altérer la fonction respiratoire de l'enfant. A l'âge adulte, la survenue répétée d'exacerbations d'origine virale ou bactérienne pourrait également contribuer à l'aggravation du déclin de la fonction respiratoire.

### 8) Hyperréactivité bronchique

Les asthmatiques fumeurs ont une augmentation du risque de déclin de la fonction respiratoire, comparativement aux sujets n'ayant pas d'asthme. Savoir si l'hyperréactivité bronchique est un facteur de développement de la BPCO reste discuté.

### 9) Facteurs socioéconomiques

Les sujets vivant dans des conditions socioéconomiques défavorables sont plus à risque de développer la maladie, indépendamment de l'importance du tabagisme. Cependant ce critère regroupe probablement de multiples facteurs de risque tels que l'alimentation, le risque d'infections et l'exposition professionnelle.

Ces facteurs existants depuis l'enfance pourraient avoir une incidence sur la fonction respiratoire à l'âge adulte.

## III) DIAGNOSTIC, CLASSIFICATION

Le diagnostic de BPCO doit être évoqué devant toute personne présentant les symptômes suivants : toux, expectorations, dyspnée ou un antécédent d'exposition à des facteurs de risque de la maladie.

Les explorations fonctionnelles respiratoires sont un élément indispensable pour poser le diagnostic de la maladie et en évaluer la gravité.

### 1) Classification de la BPCO en stades de gravité selon GOLD 2008 (1)

STADES	CARACTERISTIQUES
Stade I : BPCO peu sévère	VEMS/CVF < 70% VEMS ≥ 80% de la valeur prédite avec ou sans symptômes chroniques (toux, expectorations)
Stade II : BPCO moyennement sévère	VEMS/CVF < 70% 50% ≤ VEMS ≤ 80% de la valeur prédite avec ou sans symptômes chroniques
Stade III : BPCO sévère	VEMS/CVF < 70% 30% ≤ VEMS ≤ 50% de la valeur prédite avec ou sans symptômes chroniques
Stade IV : BPCO très sévère	VEMS/CVF < 70% VEMS ≤ 30% de la valeur prédite ou VEMS ≤ 50% de la valeur prédite en présence d'une insuffisance respiratoire chronique (PaO <sub>2</sub> < 8kPa ou < 60 mmHg) ou de signes satellites d'une hypertension artérielle pulmonaire.

VEMS, Volume Expiratoire Maximum Seconde ; CVF, Capacité Vitale Forcée ; PaO<sub>2</sub>, Pression Artérielle en Oxygène.

Etant donné que la BPCO est considérée de plus en plus comme une maladie à retentissement global, les index composites semblent préférables au seul Volume Expiratoire Maximum Seconde (VEMS) pour juger de la sévérité de la maladie.

### 2) Index de BODE

L'index BODE est le plus connu et basé sur l'indice de masse corporelle, le degré d'obstruction évalué par le VEMS en pourcentage de la valeur théorique, le score de dyspnée du Medical Research Council modifié (MMRC), et la distance parcourue lors du test de marche de six minutes (20)

POINTS	0	1	2	3
VEMS (%)	≥ 65	50-64	36-49	≤ 35
Distance parcourue en 6 minutes (m)	≥ 350	250-349	150-249	≤ 149
Dyspnée (MMRC)	0-1	2	3	4
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	>21	≤ 21		

Notons que l'échelle de la dyspnée utilisée dans ce score est la Medical Research Council Dyspnoea Scale (MRC) :

0: Pas de dyspnée, sauf pour des exercices soutenus

1: ressent une dyspnée à la marche rapide ou à la montée d'une petite colline.

2: marche plus lentement que des personnes du même âge, du fait d'une dyspnée et doit s'arrêter pour reprendre son souffle quand il marche à sa propre allure sur un terrain plat.

3: s'arrête pour reprendre son souffle après une marche de 100m ou après quelques minutes sur un terrain plat.

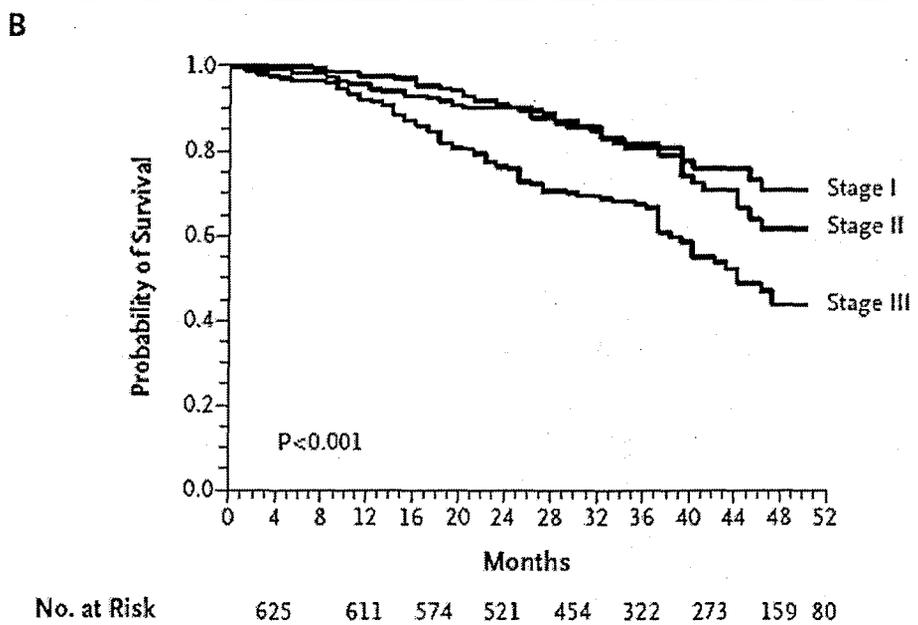
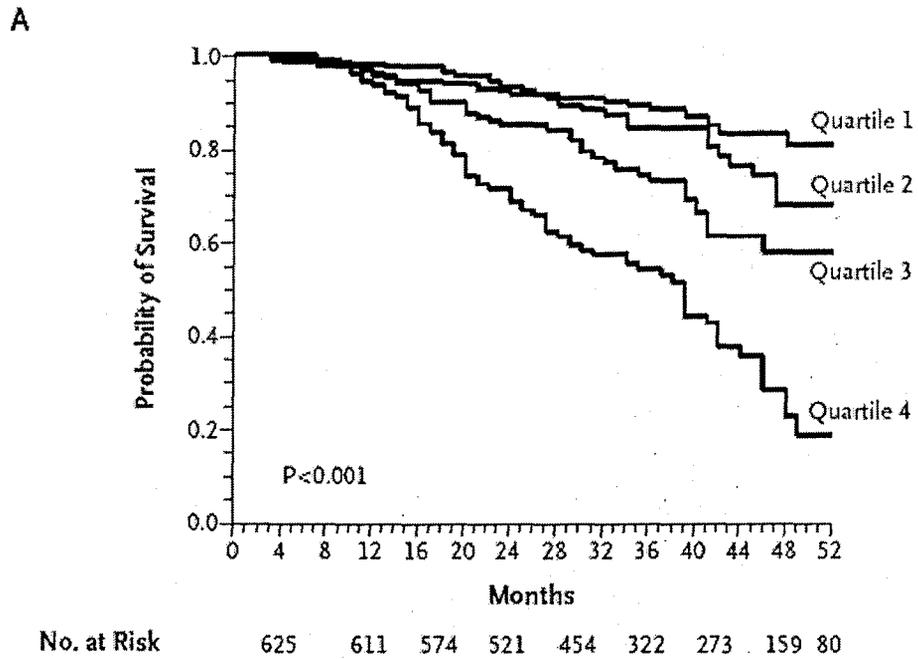
4: trop dyspnéique pour quitter la maison, ou dyspnée à l'habillage ou au déshabillage.

Pour obtenir le score de BODE, il suffit d'additionner les points obtenus pour chaque item.

Ce score indique un taux de survie à 52 mois:

Quartiles	Score	Survie à 52 mois
1	0-2	85%
2	3-4	70%
3	5-6	60%
4	7-10	20%

Il apparaît être un meilleur indicateur de la mortalité des patients que la simple mesure du VEMS, comme en témoignent les courbes ci-après.



Courbes de survies de Kaplan Meier pour les quatre Quartiles du score de BODE (figure A) et pour les trois stades de la BCPO définis par l'American Thoracic Society, d'après Celli (20).

#### IV) LES MANIFESTATIONS SYSTEMIQUES DE LA MALADIE

De nombreux travaux, ces dernières années ont mis en avant les manifestations extra-respiratoires de la BPCO.

Certaines de ces manifestations sont clairement liées à la maladie elle-même, d'autres pourraient n'être que des conséquences ou des comorbidités.

##### 1) L'inflammation

L'existence d'un état inflammatoire systémique sous-jacent est connu depuis des années : dans les périodes d'exacerbations, en particulier infectieuses de la maladie, mais également en état stable. Les études montrent une augmentation du taux de fibrinogène, de TNF $\alpha$ , de leucocytes, de CRP chez les BPCO en état stable par rapport aux sujets sains (21). Cette inflammation est proportionnelle à la diminution de l'indice de masse corporelle (IMC). Elle aurait une valeur pronostique dans la BPCO légère à modérée: l'augmentation de la CRP dans la BPCO serait associée à une mortalité globale, et plus particulièrement à une mortalité liée à des pathologies cardiovasculaires et liée au cancer. Un taux de CRP élevé a donc un mauvais facteur pronostic dans la BPCO. (22)

##### 2) La dénutrition

Egalement facteur de mauvais pronostic, elle prédomine sur la masse maigre. Cette diminution de la masse maigre, souvent camouflée par une augmentation de la masse grasse, est plus sévère chez le patient emphysémateux. Plusieurs mécanismes sont décrits : un hypercatabolisme secondaire à l'inflammation systémique, la réduction des apports alimentaires, l'augmentation de la dépense énergétique (coût du travail ventilatoire), l'hypoxémie, les modifications hormonales, la dépression et la conséquence de traitements comme la corticothérapie.

Cette diminution de la masse maigre peut facilement être évaluée par impédancemétrie.

### 3) L'atteinte musculaire

Cf chapitre « dysfonctionnement musculaire dans la BPCO ».

### 4) L'atteinte cardiovasculaire

Le risque cardiovasculaire est multiplié par deux voire par trois, chez les patients atteints de BPCO.

Dans l'étude TORCH, la mortalité cardiovasculaire atteint 27%. (23).

Les pathologies les plus décrites sont: l'insuffisance cardiaque, l'infarctus du myocarde, les accidents vasculaires cérébraux. On observe également des morts subites (16% des décès d'origine cardiovasculaire).

La surmortalité cardiovasculaire s'explique vraisemblablement par la similitude des facteurs de risque. Mais elle pourrait également être la conséquence de l'inflammation systémique décrite plus haut. La prise en charge de ces facteurs de risque et des pathologies cardiovasculaires tient une place fondamentale dans la prise en charge de la BPCO.

### 5) L'ostéoporose

Cette maladie squelettique caractérisée par une raréfaction micro architecturale du tissu osseux avec diminution de la masse osseuse et augmentation de la fragilité de l'os est fréquente dans la BPCO. Sa prévalence est estimée entre 20 et 30%.

Elle peut être liée à la prise récidivante voire au long cours d'une corticothérapie systémique, liée directement à l'inflammation décrite dans la BPCO, au tabagisme, à la dénutrition notamment à la diminution de la masse maigre, au déficit d'activités physiques, à l'alcoolisme. Citons également : l'hypogonadisme, le déficit en vitamine D, et de probables facteurs génétiques.

### 6) Les autres pathologies

- **le diabète sucré** : les fumeurs actifs ont deux fois plus de risque de développer un diabète par rapport aux non-fumeurs. Par ailleurs, en comparant les patients diabétiques aux non diabétiques, on constate que les premiers présentent un risque relatif de BPCO significativement plus élevé (x 1,8) (24). Par ailleurs, il existe une relation directe entre le taux de CRP et l'insulino-résistance chez l'adulte. Le diabète est associé à un doublement du risque d'hospitalisation chez le patient atteint de BPCO.
- **Les troubles cognitifs** : on note une prévalence élevée des troubles de la concentration, de la mémoire et de troubles de l'humeur. Cela peut avoir une répercussion importante sur la capacité des patients à suivre leur traitement, à gérer leur maladie et sur leur autonomie au quotidien.
- **Atteinte de la moelle osseuse, hypogonadisme** par dysfonction testiculaire primitive ou déficit de l'axe hypothalamo-hypophysaire, **polyglobulie** ou **anémie**.

La BPCO est donc une maladie complexe, aux multiples facettes. Le principe même de la réhabilitation respiratoire est de prendre en charge ces différents aspects de la maladie pour contribuer à améliorer la dyspnée et la qualité de vie, qui ne peuvent être rattachés uniquement au degré d'obstruction bronchique.

## V) LA PRISE EN CHARGE DE LA MALADIE, PATIENTS EN ETAT STABLE (3,27)

### 1) Sevrage tabagique

Meilleure méthode de prévention de la BPCO, le sevrage tabagique permet également de limiter sa progression, comme nous l'avons vu plus haut. C'est, avec l'instauration d'une oxygénothérapie longue durée, le seul traitement ayant démontré sa capacité d'améliorer l'espérance de vie dans la BPCO lorsque l'oxygène est administré plus de quinze heures par jour.

Le sevrage comporte plusieurs étapes : le conseil minimal (donné par un professionnel de santé lors d'une consultation pour un motif autre que le tabagisme, en dehors de toute demande de sevrage), la consultation de sevrage (s'adresse à des patients motivés et

volontaires, permet l'instauration d'un traitement médicamenteux si besoin, et l'établissement d'un programme d'aide sur plusieurs mois), le suivi et la prévention des rechutes.

## 2) Réduction des autres facteurs de risque

La recherche et la prévention d'une éventuelle exposition respiratoire aux polluants professionnels fait partie intégrante de la prise en charge de la BPCO.

De même, lors d'une alerte à la pollution de l'air, des mesures individuelles de protection sont recommandées chez le patient atteint d'une BPCO sévère. (27)

## 3) Traitements pharmacologiques

- Les bronchodilatateurs (bêta-2-mimétiques et anticholinergiques) de courte et/ou de longue durée d'action constituent le principal traitement symptomatique dans la BPCO.
- Les corticostéroïdes inhalés en traitement de fond de la maladie ne concernent que les patients de stade III au moins, présentant des exacerbations répétées malgré une prise en charge optimale par ailleurs.  
La corticothérapie orale n'est pas recommandée au long cours, du fait d'importants effets secondaires.
- La théophylline peut être proposée en cas de difficulté à la prise des traitements inhalés et/ou en cas de persistance de la dyspnée malgré un traitement bien conduit.
- La vaccination anti-grippale annuelle et anti-pneumococcique quinquennale sont recommandées.

## 4) Réhabilitation respiratoire

Élément majeur de la prise en charge des patients atteints de BPCO, elle doit être proposée dès que le patient est symptomatique en terme de dyspnée et d'intolérance à l'effort. Nous en reparlerons dans le chapitre portant sur la réhabilitation respiratoire.

## 5) Oxygénothérapie, ventilation non invasive

L'oxygénothérapie longue durée (OLD) plus de quinze heures par jour est indiquée en cas de  $\text{PaO}_2 \leq 7,3\text{kPa}$  soit  $55\text{mmHg}$  sur deux mesures du gaz du sang artériel, en dehors

d'un épisode d'exacerbation et sous réserve d'un traitement optimal par ailleurs. Elle augmente la survie, la tolérance à l'exercice, le sommeil et les performances cognitives.

La ventilation non invasive (VNI) est une ventilation mécanique qui consiste en une insufflation d'air, pouvant être enrichi en oxygène, générée par un ventilateur (respirateur) dans les voies aériennes supérieures. Les objectifs de cette ventilation sont d'améliorer les échanges gazeux et de diminuer le travail des muscles respiratoires. Son utilisation a été l'objet d'une conférence de consensus internationale (25), faisant apparaître une indication majeure – l'insuffisance respiratoire aiguë avec hypoventilation. Mais la VNI a également sa place dans l'insuffisance respiratoire aiguë hypoxémique sur poumon antérieurement sain et dans le traitement de l'œdème pulmonaire cardiogénique.

En dehors des situations aiguës, la VNI peut être proposée au domicile du patient en présence des éléments suivants : signes cliniques d'hypoventilation alvéolaire nocturne,  $\text{PaCO}_2 \geq 7,31\text{kPa}$  soit  $55\text{mmHg}$  au repos et notion d'instabilité clinique traduite par une fréquence élevée des hospitalisations pour décompensation.

## 6) Traitement chirurgical

La chirurgie de réduction de volume peut être proposée à certains patients ayant une insuffisance respiratoire liée à un emphysème évolué, dont la qualité de vie s'altère malgré un traitement médical optimal et ne relevant pas d'une transplantation pulmonaire.

Cette chirurgie a montré son efficacité sur la spirométrie et les volumes pulmonaires, les capacités à l'exercice, la dyspnée, la qualité de vie, et pour certains, la survie.

La transplantation pulmonaire est une option thérapeutique concevable chez des patients motivés, porteurs d'une BPCO évoluée et ne supportant plus leur condition respiratoire. Elle améliore la tolérance à l'effort et la qualité de vie mais n'a pas démontré de modifications en terme de survie.

Il faut cependant bien mesurer le rapport bénéfice-risque de telles interventions chez des patients dont le risque post opératoire de complication pulmonaire est multiplié de 2,7 à 4,7.

## 7) Kinésithérapie respiratoire

Chez les patients BPCO, la répartition de la ventilation est inhomogène, et ce d'autant plus que la fréquence respiratoire est élevée. L'espace mort physiologique est considérablement augmenté, et l'accroissement de la fréquence entraîne une augmentation du balayage de l'espace mort au détriment de la ventilation alvéolaire.

Lors de l'expiration, et surtout de l'expiration forcée, la compression dynamique s'exerce sur les bronches allant jusqu'à les fermer parfois complètement.

Ces brefs rappels physiopathologiques nous permettent de comprendre que la kinésithérapie respiratoire du patient BPCO évitera toute manœuvre forcée.

La kinésithérapie respiratoire, outre le désencombrement lorsqu'il s'avère nécessaire, va tendre à minimiser les effets pervers de la triade obstruction-distension-instabilité bronchique. Ses objectifs seront l'amélioration de la perméabilité bronchique, l'harmonisation du mode respiratoire et l'augmentation de son rendement et si possible, la diminution de la dyspnée. Pour cela, les séances comportent :

- le drainage bronchique ou désencombrement : les techniques les plus couramment utilisées étant l'augmentation du flux expiratoire par des pressions manuelles abdominales et/ou thoraciques, l'expiration lente totale glotte ouverte en décubitus infralatéral, la technique d'expiration forcée et le drainage autogène. Le drainage bronchique comporte également l'apprentissage de la toux.
- le travail sur la ventilation proprement dite, l'augmentation de la course du diaphragme, le déblocage thoracique ou assouplissement costal. Cette partie comporte l'apprentissage de l'expiration à lèvres pincées, de la ventilation dirigée abdomino-diaphragmatique, des techniques de relaxation, entre autres (26).

## 8) Prise en charge nutritionnelle

La prise en charge diététique, pour les patients obèses, n'est pas spécifique des patients BPCO. Elle est réalisée par le médecin de famille, le diététicien ou le médecin nutritionniste.

Le problème le plus important est celui de la prise en charge des patients maigres, dont on connaît le risque majoré d'exacerbations et de décès. Il n'y a pas, aujourd'hui, de prise en charge standardisée, ni de « recette » parfaitement définie sur le plan scientifique pour ces patients.

Cependant, l'arrêt du tabac, le traitement de l'infection bronchique, une alimentation fractionnée et dense en calories sont nécessaires chez le BPCO (27). En cas d'échec de ces conseils ou de résultats insuffisants avec un IMC < 21 kg/m<sup>2</sup>, il est recommandé d'instituer une supplémentation orale en association avec l'exercice.

Les androgènes peuvent, à court terme augmenter la prise de poids et la masse non grasse combinée avec l'activité physique et diminuer l'incapacité. Cependant leur place en routine au cours de la réhabilitation des BPCO est inconnue à ce jour.

## VI. Traitement des exacerbations

### 1) Définition de l'exacerbation

L'exacerbation se définit comme étant un événement dans l'évolution naturelle de la maladie caractérisé par une aggravation de la dyspnée, de la toux et/ou des expectorations au-delà des variations quotidiennes usuelles, de début brutal, pouvant justifier d'un changement dans la prise en charge de la maladie (1).

### 2) Signes de gravité, critères d'hospitalisation en réanimation

Les signes de gravité au cours d'une exacerbation imposant l'hospitalisation sont les suivants : augmentation importante des symptômes respiratoires et notamment apparition brutale d'une dyspnée de repos, BPCO stades III et IV, apparition de nouveaux signes physiques tels que des oedèmes des membres inférieurs et une cyanose, échec du traitement médical à domicile, comorbidité importante, doute diagnostique, âge élevé, absence de soutien familial à domicile.

Les critères d'hospitalisation en réanimation sont les suivants : présence d'une dyspnée de repos avec tachypnée importante, présence de troubles de la conscience ainsi qu'une acidose respiratoire sévère ne répondant pas au traitement instauré en urgence. Ces

patients relèvent d'un traitement par ventilation mécanique à instaurer le plus rapidement possible.

### 3) Les traitements des exacerbations

Les traitements des exacerbations comportent : une oxygénothérapie si besoin, un traitement bronchodilatateur par bêta-2-adrénergiques de courte durée d'action en nébulisation, pouvant être associé à du bromure d'ipratropium.

La corticothérapie systémique est encore l'objet de débats. En dehors de la situation où une réversibilité de l'obstruction bronchique a été documentée, les corticoïdes n'apportent qu'un bénéfice marginal chez certains patients souffrant de BPCO sévère hospitalisés pour exacerbation. Ces bénéfices concernent principalement l'amélioration spirométrique et non un bénéfice en terme de symptômes. Une grande étude a démontré que l'instauration d'une corticothérapie systémique permettait principalement de diminuer la durée d'hospitalisation (28).

Les corticoïdes ne doivent donc pas être prescrits systématiquement. S'ils le sont, ce doit être à une dose modérée (0,5 mg/kg/j d'équivalent prednisone) et pour une durée courte (moins de 15 jours) (27).

La principale étiologie des exacerbations reste l'infection des voies aériennes basses. Cependant, ces infections ne sont pas toujours bactériennes. Les critères pour instaurer une antibiothérapie prennent en compte l'importance et surtout d'aspect des expectorations mais aussi la sévérité de l'insuffisance respiratoire (critères d'Anthonisen).

La ventilation mécanique est nécessaire en cas de troubles de la conscience, d'un épuisement respiratoire, d'une hypercapnie importante avec acidose respiratoire et/ou d'une hypoxémie sévère ( $\text{PaO}_2 \leq 6\text{kPa}$  soit 45mmHg) malgré l'oxygénothérapie. La ventilation non invasive semble le plus souvent efficace (80 à 85% des cas). Certains critères de gravité nécessitent cependant le recours à une ventilation invasive.

## B/ DYSFONCTIONNEMENT MUSCULAIRE DANS LA BPCO

Apprécier la tolérance des patients à l'effort est essentiel. La limitation à l'exercice a été prouvée dans la BPCO même pour des BPCO modérée stade 2 de la classification de Gold ou BODE quartile 1 (2,30). Elle est corrélée au nombre d'exacerbations et d'hospitalisations (31), entraîne un isolement social, et semblerait avoir un lien direct avec la mortalité (32).

Lors d'une épreuve d'effort à charge croissante, les patients se plaignent souvent d'une fatigue des membres inférieurs, parfois plus handicapante que leur dyspnée.

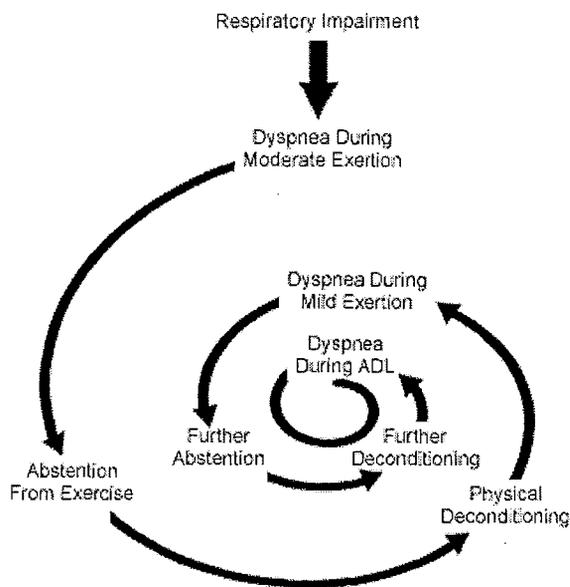
Et il n'y a qu'une faible relation entre les capacités à l'exercice et la dysfonction respiratoire (33).

C'est pourquoi il est intéressant de comprendre et d'évaluer pour chaque patient atteint de BPCO sa tolérance à l'exercice indépendamment de l'atteinte purement respiratoire de la maladie, car c'est en étudiant précisément le dysfonctionnement musculaire chez ces patients, que l'on comprend l'importance d'un réentraînement à l'effort

### D) LA SPIRALE DU DECONDITIONNEMENT

Young a décrit le cercle vicieux du déconditionnement en 1983 : la maladie respiratoire chronique entraîne une apparition plus rapide de la dyspnée lors de l'effort qui provoque une aggravation de la sédentarité.

Le déconditionnement va s'aggraver progressivement, ayant une répercussion à son tour sur l'apparition du seuil de la dyspnée.



ADL = activities of daily living

## II) STRUCTURE ET FONCTION DES MUSCLES RESPIRATOIRES ET SQUELETTIQUES

Importants, non seulement pour la locomotion mais également pour fournir la fonction de pompe essentielle au diaphragme et au cœur, les muscles squelettiques sont composés de sarcomères contenant de l'actine et de la myosine. Ces structures primaires sont capables de se contracter sous l'influence d'une modification de la concentration en ion calcium créée par l'influx nerveux.

Les muscles squelettiques se composent de plusieurs types de fibres qui exécutent différentes fonctions et ont différentes propriétés métaboliques :

- les fibres de type I ont une capacité oxydative considérable et une densité mitochondriale élevée. C'est pourquoi ces fibres sont capables de fournir un travail tonique ou répété tel le maintien des états anti-gravitaires, la contraction régulière du muscle cardiaque ou le fonction diaphragmatique. Elles sont très résistantes à la fatigue.
- Les fibres de type II sont, elles, capables de générer une tension plus soudaine et plus intense. Elles ont, le plus souvent une densité mitochondriale bien moindre que les fibres de type 1, ce qui les rend moins résistantes à la fatigue. A noter qu'on distingue les fibres de type IIa (intervenant dans la marche, l'hyperventilation) et les fibres de type IIb (saut, toux, etc.).

### III) LES EFFETS DE LA BPCO SUR LES MUSCLES SQUELETTIQUES

#### 1) Les effets de la BPCO sur les muscles respiratoires

Les muscles respiratoires, contrairement aux autres muscles squelettiques sont particulièrement sollicités chez les patients atteints de BPCO. Ils doivent fournir un travail accru pour permettre le bon fonctionnement du système ventilatoire, ce pour diverses raisons :

- résistance élevée des voies aériennes, d'où une pression accrue requise pour permettre le flux d'air,
- hyper-inflation produite par le collapsus des alvéoles et la tension élastique basse. Au fur et à mesure de l'aggravation de cette hyperinflation, le diaphragme est poussé vers l'abdomen et s'aplatit. Sa longueur est donc raccourcie au repos, ce qui produit des désavantages mécaniques et une perte de la capacité à générer la tension requise. Ce raccourcissement du diaphragme induit un travail jusque 5 fois plus important par rapport à un sujet sain (34).
- Structurellement, les fibres de type I qui augmentent la capacité à l'endurance se développent, de même que la densité capillaire et deviennent plus courtes, s'adaptant ainsi à la nouvelle longueur de repos (plus courte) du diaphragme. Les fibres de type II, par contre, diminuent légèrement, ce qui peut réduire la capacité du diaphragme à générer une force importante.

Les muscles respiratoires sont donc beaucoup sollicités dans la BPCO et s'adaptent aux contraintes mécaniques. Mais lorsque l'hyper-inflation s'aggrave et lors de l'exercice, le diaphragme perd sa capacité à générer la force requise.

#### 2) Les effets de la BPCO sur les muscles squelettiques hors muscles respiratoires :

##### ***L'inactivité :***

Du fait de son insuffisance respiratoire chronique, le patient atteint de BPCO entre dans un cercle vicieux menant à l'inactivité (cf. page 41) et à une sous utilisation chronique des muscles. Dans les muscles des membres, la sous-charge mène à la diminution de la masse musculaire, particulièrement des fibres de type I, menant ainsi à la réduction de la capacité oxydative du muscle, les rendant plus enclins à la fatigue (35).

La BPCO étant une maladie systémique, d'autres facteurs expliquent l'atteinte musculaire de la maladie.

### ***L'inflammation :***

L'augmentation des médiateurs inflammatoires systémiques observée dans la BPCO (22) accélère l'altération des protéines musculaires, menant à la perte de masse musculaire et à l'amyotrophie.

L'inflammation chronique augmente également le stress oxydatif musculaire ce qui endommage directement les fibres musculaires et altère leurs fonctions, d'autant que ce stress oxydatif ne s'accompagne pas d'une augmentation significative des systèmes de défense observée chez les sujets sains (36).

Cette inflammation peut également altérer le transport en oxygène dans le cytoplasme et les mitochondries ; ce qui conduit à l'hypoxie de la cellule musculaire et à une conversion en métabolisme anaérobie pour des intensités d'exercice plus faible, une accumulation de lactates et une fatigue précoce.

### ***L'hypoxémie :***

Outre les effets directs de l'inflammation sur l'oxygénation des cellules, il existe fréquemment dans la BPCO une hypoxémie. Celle-ci mène à la baisse du contenu en oxygène dans le sang et peut élever les résistances vasculaires pulmonaires. L'hypertension artérielle pulmonaire qui en résulte peut mener à l'apparition d'une insuffisance cardiaque droite.

La réduction du débit cardiaque, associée à la diminution du contenu en oxygène dans le sang diminue l'apport d'oxygène aux organes, y compris les muscles squelettiques.

De même, la sous utilisation musculaire décrite plus haut entraîne également une moindre densité des capillaires, diminuant de ce fait l'apport énergétique.

Enfin, le travail de la respiration sur le diaphragme étant augmenté dans la BPCO, les muscles ventilatoires détournent le sang des muscles périphériques, ce qui altère d'autant la fonction des muscles systémiques.

### ***L'acidose respiratoire :***

L'acidose respiratoire aiguë et grave secondaire à l'apparition d'une hypercapnie, semble altérer l'activité enzymatique des cellules musculaires et la fonction des muscles squelettiques.

### ***L'état nutritionnel :***

Les patients atteints de BPCO souffrent très souvent de dénutrition. Une partie de la perte de la masse maigre s'explique également par la diminution des apports caloriques et par la prise insuffisante de protéines alors que le métabolisme général est augmenté du fait de l'inflammation chronique.

La diminution de la masse maigre semble être un meilleur indicateur de la dénutrition chez le patient BPCO que la simple mesure du poids ou de l'IMC (37). C'est un facteur reconnu de gravité de la BPCO et d'augmentation de la mortalité.

### ***Les maladies associées :***

Les nombreuses maladies associées peuvent également avoir leurs propres effets sur les muscles squelettiques (pathologies cardiaques, ostéoporose, diabète, etc.).

### **3) Les effets des traitements de la BPCO sur le dysfonctionnement musculaire**

Les thérapeutiques utilisées dans le traitement de la BPCO peuvent aggraver le dysfonctionnement musculaire. C'est le cas de la corticothérapie systémique, connue pour induire de véritables myopathies, en particulier en post réanimation, lors d'utilisation de fortes doses. La prise de corticostéroïdes réduit les protéines contractiles, augmente la destruction et le métabolisme des protéines, réduit l'activité glycolytique et mène à l'atrophie des sarcomères et de la fibre musculaire de type II.

<b>IV/ LES EFFETS DES ANOMALIES MUSCULAIRES SUR LA TOLERANCE A L'EXERCICE</b>
---

Le dysfonctionnement musculaire affecte la tolérance à l'exercice de plusieurs manières :

- L'affaiblissement des muscles respiratoires avec la diminution du nombre de fibres de type II limite directement les capacités ventilatoires à l'exercice (diminution de la capacité à générer une force importante).
- L'hyper-inflation pulmonaire augmente avec l'exercice en raccourcissant d'autant plus le diaphragme et compromettant sa capacité à générer la force musculaire nécessaire.

- Les anomalies structurelles et métaboliques des muscles, décrites plus haut, ont pour conséquence une acidose lactique précoce. Celle-ci entraîne une augmentation de la production de CO<sub>2</sub> (du fait du tamponnement des lactates par les bicarbonates) qui augmente le besoin en ventilation, ce à quoi ne peut répondre le patient. Il en résulte un arrêt prématuré de l'exercice (35).

Dans l'étude de Plankeel (38), un grand groupe de patients atteints de BPCO, suivant une réadaptation respiratoire ont été suivis. Les causes de la limitation à l'exercice ont été recueillies pour chaque patient :

- 25% des patients semblent avoir présenté une limitation à l'exercice d'origine ventilatoire,
- 18% présentent une limitation des échanges gazeux,
- 25% ont été principalement limités par le système cardiovasculaire.
- 20% des patients n'ont semblés limités par aucun de ces facteurs, mais se sont tout de même plaint d'une dyspnée et/ou d'une fatigue empêchant la poursuite de l'exercice. On pourrait spéculer que les facteurs musculaires périphériques jouent un rôle limitant chez ces patients.

Prises ensemble, ces données suggèrent que le dysfonctionnement des muscles squelettiques (respiratoires et des membres) contribuent à la limitation substantielle de l'exercice dans la majorité des patients atteints de BPCO.

## V/ TRAITEMENT DU DYSFONCTIONNEMENT MUSCULAIRE

### *Traitement médicamenteux*

L'utilisation de bronchodilatateurs réduit la charge inspiratoire et expiratoire, limite l'hyper-inflation dynamique. Cela se traduit par l'amélioration de la capacité inspiratoire et la diminution du volume résiduel, augmentant de ce fait la capacité ventilatoire.

### *Exercice physique*

Mais le dysfonctionnement musculaire, notamment des membres, ne peut être corrigé par un traitement médicamenteux : l'utilisation de l'exercice est clairement bénéfique chez les patients atteints de BPCO (39). L'entraînement que ce soit à l'endurance ou à la résistance des muscles des membres inférieurs permet d'augmenter la masse musculaire, la

vascularisation, de limiter le stress oxydatif, d'améliorer le seuil de production des lactates (40,41).

L'entraînement en résistance comporte le travail des muscles en charge (levage de poids, ou autres procédures « isométriques »). Cela permet de développer le nombre de sarcomère et plus particulièrement de fibres de type II. En revanche, l'entraînement en endurance (pratique du vélo ou de la marche) tend à augmenter les capacités oxydatives du muscle, particulièrement pour les fibres de type I.

Ceci est la base du réentraînement à l'effort, point essentiel de la réhabilitation respiratoire.

## C/ LA REHABILITATION RESPIRATOIRE

### I) DEFINITION

La réhabilitation respiratoire est un programme de soins personnalisé, dispensé par une équipe multidisciplinaire à des patients atteints d'une maladie respiratoire chronique qui sont symptomatiques et ont souvent des activités de la vie quotidienne réduites. L'objectif est de réduire les symptômes, d'optimiser les conditions physiques et psychosociales et de diminuer les coûts de santé (39,42,43).

### II) INDICATIONS

En théorie, ce traitement est à envisager pour tout patient présentant un handicap secondaire à l'évolution de la BPCO, quelque soit son degré de déficience respiratoire.

Rappelons que l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a défini la déficience comme étant toute perte ou anomalie d'un organe ou de la fonction propre à cet organe. Dans le cas de la BPCO, l'obstruction bronchique est une déficience.

L'incapacité est la ou les conséquences de la maladie sur la personne. Elle fait référence à toute limitation grave qui agit de façon permanente sur l'activité de la personne. Elle entraîne donc des difficultés à réaliser les actes élémentaires de la vie (alimentation, hygiène élémentaire, sortie du domicile, travail ou activités sociales, etc.). Elle résulte en général d'une ou plusieurs déficiences.

Le désavantage ou handicap fait référence aux répercussions sociales de la maladie, aux difficultés ou impossibilités que rencontre une personne à assurer les fonctions sociales auxquelles elle peut aspirer ou que la société attend d'elle.

Si l'incapacité est la conséquence de la maladie sur la personne en tant qu'être privé, le désavantage est la conséquence de la maladie sur la personne en tant qu'être social, c'est-à-dire, les désavantages que lui provoque la maladie pour se mettre en rapport avec son

environnement, et qui prend la forme, dans certains cas, d'une difficulté, dans d'autres cas, d'une impossibilité d'observer les normes ou usages établis par la société.

La BPCO évolue progressivement et occasionne un handicap qui va limiter la tolérance à l'effort du patient et entraîner un cercle vicieux où l'inactivité physique, la crainte et le déconditionnement aggravent le handicap respiratoire et l'isolement social.

Le déconditionnement dans la BPCO s'observe dès les premiers stades de la maladie et l'atteinte des muscles squelettiques périphériques joue un rôle primordial dans la limitation à l'effort des patients BPCO (43).

Quelques examens sont nécessaires à l'évaluation des déficiences, incapacités et du handicap ressenti par le patient, avant l'entrée dans un programme de réhabilitation respiratoire.

<b>NIVEAU D'ATTEINTE</b>	<b>MOYENS D'ÉVALUATION</b>
<b>DEFICIENCES</b>	
Trouble ventilatoire obstructif	Mesure du VEMS, de la capacité inspiratoire, du volume résiduel (sévérité du trouble ventilatoire obstructif) Mesure de la CRF (recherche d'une distension) Mesure de la DLCO (recherche d'un emphysème) PaO <sub>2</sub> , PaCO <sub>2</sub> , SaO <sub>2</sub>
Trouble des fonctions musculaires	
Muscles respiratoires	Mesure de la PI Max et de la PE Max
Muscles des membres supérieurs et inférieurs	Mesure de la force du quadriceps et préhension
Anomalies du statut pondéral	Mesure de l'IMC et impédancemétrie
<b>INCAPACITES</b>	
Dyspnée	Questionnaire et échelle de la dyspnée
Limitation des exercices	Test de marche de 6 minutes Test d'endurance Epreuve fonctionnelle à l'exercice, VO <sub>2</sub> max shuttle test
<b>HANDICAP</b>	
Adaptation à la vie socioprofessionnelle	Questionnaire de qualité de vie générique et/ou spécifique

Devant l'impossibilité à l'heure actuelle de prendre en charge tout les patients en théorie éligibles à la réhabilitation respiratoire, les recommandations internationales sont en train d'évoluer. Un programme de réhabilitation est à envisager pour les patients présentant un score de BODE supérieur ou égal à 3 (44).

Certains pays ont défini des indications très précises, de basant sur la sévérité des déficiences, des incapacités et du handicap.

Ainsi, en Belgique, l'INAMI (assurance maladie) a décidé de prendre en charge la réhabilitation respiratoire chez les patients présentant soit un VEMS < 50% de la valeur prédite (VP), soit une diffusion du CO < 50% des valeurs prédites ainsi que 2 critères parmi les 5 suivants ;

- force des muscles respiratoires : inspiration < 70% des VP  
expiration < 70% des VP
- force du quadriceps < 70 % des VP
- puissance maximale sur ergocycle < 90 watts
- test de marche de 6 minutes < 70% des VP
- CRDQ = Chronic Respiratory Disease Questionnaire
- dyspnée < 20 pts  
Total < 100 pts

En France, la Haute Autorité de santé a évalué l'efficacité du réentraînement à l'exercice sur machine dans les pathologies respiratoires chroniques conduisant à un handicap respiratoire par l'examen d'articles publiés entre janvier 2001 et septembre 2006. Elle a rendu un avis favorable à son inscription à la liste des actes remboursés par l'assurance maladie et précisé ses conditions de réalisation (46).

Dans notre pays, si le VEMS ne constitue pas un critère d'exclusion formelle. Cependant, la Société de Pneumologie de Langue Française recommande de ne pas inclure des sujets dont le VEMS serait supérieur à 80 % de la valeur prédite (stade I de la classification) (42). De tels patients peuvent bénéficier de simples conseils de reprise d'activité physique, associés à un traitement bronchodilatateur à la demande, la prise en charge du tabagisme et la vaccination antigrippale.

En résumé, d'après l'ERS et l'ATS (39), la réhabilitation respiratoire s'adresse à tout patient présentant :

- dyspnée ou autre symptôme respiratoire,
- tolérance réduite à l'exercice,
- une réduction des activités sociales en rapport avec la maladie,
- une altération de l'état de santé.

Elle peut être débutée en état stable ou au décours d'une exacerbation.

La motivation est un préalable nécessaire à l'adhésion au programme de réhabilitation respiratoire.

Les maladies pouvant bénéficier d'une réhabilitation respiratoire sont les suivantes :

- la BPCO,
- l'asthme sévère,
- la mucoviscidose,
- la dilatation des bronches.

Certains élargissent les indications aux pathologies suivantes :

- pneumopathies interstitielles diffuses idiopathiques,
- cancer bronchique opéré,
- séquelles de tuberculose,
- maladies neuromusculaires avec restriction,
- avant et après transplantation pulmonaire ou chirurgie de réduction de l'emphysème,
- avant une chirurgie thoracique autre, une chirurgie abdominal haute chez les patients atteints de BPCO.

### III) CONTRE-INDICATIONS

Avant de débiter un programme de réhabilitation respiratoire l'ATS, l'ERS et la SPLF recommandent la recherche des pathologies suivantes, contre-indications absolues à la réhabilitation (39,42) :

- contre-indications cardio-vasculaires à l'exercice, pathologies cardiaques instables : angor instable, infarctus récent, rétrécissement aortique serré, insuffisance cardiaque instable, péricardite, myocardite, endocardite, maladie thromboembolique évolutive, anévrisme

ventriculaire, thrombus intra ventriculaire, troubles du rythme cardiaque non contrôlés, HTAP primitive en dehors de protocoles en cours, HTA systémique non contrôlée, cardiomyopathie obstructive, troubles de la conduction auriculo-ventriculaire,

- instabilité de l'état respiratoire (acidose respiratoire non compensée),
- affection interférant avec le processus de réhabilitation respiratoire (maladie neuromusculaire évolutive, pathologie orthopédique sévère, maladie psychiatrique).

Il est également recommandé de rechercher les éléments suivants, constituant des contre-indications relatives à l'entrée dans un programme de réhabilitation respiratoire :

- affection intercurrente évolutive (pathologies locomotrices, affections intercurrentes fébriles),
- manque persistant de motivation et d'observance du patient, maladie psychiatrique ou anomalies importantes de fonctions cognitives.

Certains centres excluent les patients poursuivant l'intoxication tabagique, cependant, aucune preuve n'existe concernant une différence d'efficacité du programme chez les fumeurs en comparaison avec les non fumeurs.

#### IV) FACTEURS PREDICTIFS DE MAUVAISE REPONSE AU TRAITEMENT

Devant des indications potentielles grandissantes alors que le nombre de structures réalisant la réhabilitation reste limité, il est important de poser la question de la sélection des patients en fonction de la réponse prévisible au traitement.

L'étude de Young a mis en évidence quelques situations dans lesquelles les patients étaient non répondeurs à la réhabilitation (47) :

- divorcé ou célibataire,
- tabagisme persistant,
- absence d'observation à d'autres traitements,
- état anxieux ou dépressif (48). Ce dernier critère est un facteur d'abandon du programme. L'existence d'une telle pathologie implique une prise en charge spécialisée avant le début de la réhabilitation.
- L'absence de motivation. Celle-ci peut être améliorée par un entretien initial précisant l'intérêt du traitement, par l'existence de structures à proximité de son domicile, par les effets positifs du programme, grâce à la dynamique apportée par le groupe, en cas de

réhabilitation en structure. Le maintien de la motivation est également un point important sur lequel doivent travailler les soignant dans le cadre du suivi et de l'éducation thérapeutique.

- Les patients ayant essentiellement une limitation ventilatoire à l'effort sans limitation périphérique semblent avoir une moindre réponse au programme (49).
- Ni l'âge, ni la sévérité de la maladie ne semblent influencer sur l'efficacité de la réhabilitation. En particulier : l'oxygénothérapie ou la ventilation non invasive ne constitue pas une contre-indication à la pratique de la réhabilitation.

## V) BENEFICES ATTENDUS

De nombreuses études et méta analyses (44-49,54), ainsi que le rapport de l'HAS de 2007, démontrent les effets bénéfiques du réentraînement à l'exercice dans la BPCO. Ces études permettent de recommander la réhabilitation respiratoire dans la BPCO avec un niveau de rang A (42).

Les domaines concernés sont les suivants:

- **Amélioration de la capacité maximale à l'effort, la distance de marche et la capacité à l'endurance.**

Concernant les capacités en aérobie : L'équipe de Casaburi montrée, qu'il existait un seuil d'apparition d'un métabolisme anaérobie chez ces patients, avec une production précoce de lactates. Après des exercices réguliers à 70 % de la puissance maximale (au dessus du seuil ventilatoire), survient une amélioration de la capacité à réaliser un exercice maximal et sub-maximal avec une augmentation du seuil ventilatoire, une diminution de la production de lactates et de CO<sub>2</sub> (41, 43, 56). Cette diminution permet de réduire les besoins ventilatoires et permet au sujet d'atteindre un niveau d'effort maximal plus élevé et surtout d'améliorer ses performances en endurance (55).

- **Réduction de la dyspnée.**

Sous l'effet de la réduction du besoin ventilatoire, le patient peut également modifier son profil ventilatoire avec une réduction de la distension dynamique qui améliorera les conditions mécaniques ventilatoires et contribuera à réduire la dyspnée et à augmenter la performance (57-59).

Une amélioration significative de la dyspnée a été rapportée par toutes les études évaluant ce critère, quel que soit le test utilisé (questionnaires de qualité de vie ou échelle de Borg).

- **Amélioration de la qualité de vie.**

Une amélioration cliniquement significative de la qualité de vie est rapportée dans une grande majorité des études sur un ou plusieurs critères des questionnaires de qualité de vie utilisés (questionnaires CRQD, SGRQQ ou SF-36) (60). Les patients semblent réintégrer une vie sociale dont ils avaient été éloignés par la maladie et la désadaptation à l'effort, au moins lors des séances de réhabilitation en groupe. Cela reste plus difficile à évaluer dans leur vie quotidienne.

- **Diminution du recours au système de santé.**

Par la diminution du nombre des exacerbations, des consultations en urgence et de la durée des hospitalisations (61-63).

- **Diminution de la mortalité**

Cette question reste ouverte. La réduction des capacités à l'exercice semble être un facteur indépendant de mortalité.

Les patients présentant une faiblesse musculaire importante en lien avec une myopathie secondaire à la prise de corticostéroïdes ont un taux de mortalité plus important (64). Les patients maintenant une activité physique considérée comme moyenne à importante ont un taux de mortalité moins important que les patients ayant une très faible activité physique, et ce, indépendamment de la gravité de la maladie et des comorbidités (65).

On imagine donc que la mortalité des patients suivant un programme de réhabilitation respiratoire serait considérablement réduite, mais ce n'est pour l'instant qu'une tendance dans les études (45-57), les différences n'atteignant pas le seuil de significativité.

- **Autres bénéfices**

D'autres bénéfices peuvent être attendus et ont sûrement une conséquence non négligeable sur les bénéfices décrits précédemment. En effet ; l'activité physique est reconnue pour avoir des effets antidépresseurs, eux-mêmes pouvant être en partie responsables d'une amélioration de la dyspnée. De même, l'interaction sociale créée par le programme peut améliorer la qualité de vie, et d'une certaine façon « distraire » le patient, moins concentré sur sa dyspnée. L'une des composantes de la réhabilitation est l'éducation thérapeutique. En mettant le patient au centre de sa maladie, on améliore l'adhérence au traitement, la motivation pour l'arrêt du tabac, la connaissance et la prise en charge précoce des exacerbations. Ceci contribue probablement à la diminution du recours au système de soins.

Du fait de ces bénéfices, la réhabilitation respiratoire est actuellement recommandée dans la prise en charge des patients atteints de BPCO et ne doit plus être considérée comme une thérapeutique « de dernier recours » (39).

La réhabilitation respiratoire doit s'adresser à tout patient présentant un handicap secondaire à l'évolution de la BPCO, quelque soit le degré de la déficience respiratoire (42).

## VI) CONTENU D'UN STAGE DE RÉHABILITATION EN CENTRE

Comme nous l'avons vu, la réhabilitation n'est pas centrée exclusivement sur l'effort physique. Elle s'inscrit dans une approche multidisciplinaire comprenant :

- 1) un entraînement physique à l'effort et le renforcement musculaire périphérique (surtout le renforcement des quadriceps, muscles majeurs dans la déambulation),
- 2) une éducation thérapeutique,
- 3) un sevrage tabagique,
- 4) une prise en charge psychologique et sociale,
- 5) une prise en charge nutritionnelle,
- 6) des évaluations régulières et la promotion d'une adhérence à long terme.

### 1) Réentraînement à l'effort :

#### ***Renforcement des muscles locomoteurs***

Pierre angulaire de la prise en charge, le réentraînement à l'effort consiste en un exercice d'endurance en aérobie réalisé par le biais d'un tapis roulant ou d'une bicyclette ergométrique. En France, l'exercice sur bicyclette est le plus utilisé, suivi de la marche sur tapis roulant ou sur le terrain, puis de la montée des escaliers. La marche sur tapis paraît être plus adaptée chez certains patients : dyspnée et inconfort des jambes semblent apparaître moins vite que sur bicyclette.

Mais, actuellement, il n'existe pas de consensus sur la meilleure méthode concernant le réentraînement à l'effort (66).

Le niveau d'entraînement des séances ne peut être choisi que sur la base d'une évaluation initiale par épreuve fonctionnelle à l'exercice.

La SPLF (42) recommande un niveau d'entraînement entre 50 et 80% de la puissance maximale et l'ATS (39) propose une intensité supérieure à 60% de celle-ci. De nombreuses équipes se basent sur le seuil ventilatoire pour déterminer la puissance de travail.

Cet entraînement d'une durée de 30 à 60 minutes peut être réalisé soit en continu, soit par intervalles (alternance de périodes d'intensité élevée et d'intensité basse). Le travail par intervalles paraît être plus facile à tolérer pour les patients présentant une obstruction très sévère et pour lesquels un travail à plus de 60% des capacités maximales est très mal toléré. L'effort doit être soutenu et entraîner une élévation significative de fréquence cardiaque ainsi qu'une cotation significative de la dyspnée.

Au cours du programme, on tentera d'imposer un incrément progressif de charge au cours du temps.

Ce réentraînement peut se faire sous oxygène si la saturation en O<sub>2</sub> est inférieure à 90% à l'effort. Les séances doivent être au nombre de trois par semaine minimum.

La durée du programme est encore, à ce jour, en cours de discussion. Un minimum de quatre semaines paraît nécessaire pour obtenir des effets bénéfiques. Les stages sont habituellement d'une durée de huit à douze semaines, pour une moyenne de séance comprise entre vingt et trente mais peuvent être poursuivis de manière indéfinie à domicile.

### ***Renforcement des muscles spécifiques :***

Le pédalage et la marche étant souvent insuffisants pour renforcer les quadriceps, des exercices spécifiques peuvent être proposés pour le renforcement de ces muscles : travail à faible charge sur des bancs de musculation, électrostimulation ou encore des exercices de stepping (montées et descentes de marches sur un escabeau) chez les patients BPCO sévères avec amyotrophie.

Les exercices pratiqués sur banc de musculation se font à une charge de travail correspondant à 70-80% de 1RM qui correspond à la charge maximale que le patient est capable de soulever une seule fois dans toute l'amplitude du mouvement et sans compensation.

Un schéma de réentraînement a été proposé par l'équipe de Kraemer et adaptés par le groupe de travail de Troosters (67-68) : il propose un réentraînement de type « force-

résistance » entre 80 et 100% de 1RM, le réentraînement de type « force-endurance » entre 70 et 80% de 1RM, et le réentraînement en « endurance » entre 30 et 80% de 1RM.

La force musculaire des membres supérieurs semble mieux préservée que celle des membres inférieurs. Des exercices spécifiques aux membres supérieurs peuvent toutefois être proposés dans le cadre d'un réentraînement à l'effort, toujours à une charge située entre 70 et 80% de la 1RM obtenue. Ces exercices s'effectuent sur banc de musculation et à l'aide d'haltères.

Le renforcement des muscles respiratoires peut avoir son importance, même si chez beaucoup de patients atteints de BPCO, ces muscles peuvent être considérés comme « surentraînés ». L'évaluation des forces de ces muscles passe par la réalisation des pressions maximales volontaires inspiratoires et expiratoires, ou par l'épreuve du « sniff-test » (pression maximale inspiratoire obtenue lors d'un effort de reniflement). Le réentraînement de ces muscles débute entre 30 et 40% de la pression maximale obtenue. Plusieurs séances de dix minutes par jour peuvent être proposées durant le programme. Les exercices proposés sont la respiration contre résistance, la respiration avec valve inspiratoire à seuil, ou l'entraînement en hyperpnée isocapnique.

Les effets de ces exercices restent controversés. La SPLF recommande cependant un entraînement spécifique des muscles respiratoire chez les patients présentant une faiblesse avérée (Pimax inférieure à 60% de la théorique) (42).

### ***La place de l'oxygénothérapie dans la réhabilitation respiratoire***

Les recommandations françaises actuelles préconisent une oxygénothérapie au cours du réentraînement à l'effort avec un niveau de preuve B. L'objectif est d'assurer une saturation en oxygène supérieure à 90%. L'ensemble des recommandations préconise une oxygénothérapie au cours du réentraînement en fonction de l'existence ou non de désaturations (38, 63-65). Seules les recommandations ATS / ERS (35) proposent une supplémentation en oxygène indépendante de l'existence de désaturations afin de permettre des niveaux de réentraînement plus intenses, mais sans niveau de preuve suffisant.

L'indication d'une oxygénothérapie dans le cadre d'une réhabilitation respiratoire, en dehors des indications habituelles de l'oxygénothérapie au long cours chez les patients BPCO, ne s'envisage qu'au cas par cas en tenant compte des examens complémentaires, mais aussi des besoins du patient et des contraintes générées par un tel traitement (67).

*La ventilation non invasive, l'électrostimulation du quadriceps, le travail musculaire excentrique.*

Les difficultés inhérentes à l'entraînement à l'exercice des sujets BPCO, au premier rang desquels l'intensité des phénomènes dyspnéiques et de la contrainte que ceci impose dans les intensités d'exercice atteintes ont amené au développement de systèmes d'aide à la réalisation de l'exercice (42) :

- l'utilisation au cours des séances d'activité physique de supports ventilatoires (ventilation non invasive, VNI),
- l'utilisation de dispositifs d'électrostimulation appliqués aux muscles des membres inférieurs pour stimuler l'effet de l'entraînement physique au niveau musculaire sans engager une masse active trop conséquente en terme d'utilisation de l'oxygène,
- l'utilisation de dispositifs permettant la réalisation de travail excentrique, dont les conditions énergétiques sont différentes de l'activité musculaire concentrique (contraction du muscle alors qu'il est étiré, par une force extérieure).

La VNI au cours de l'exercice semble pouvoir apporter un bénéfice en termes de tolérance à l'exercice, de symptômes au cours de l'exercice, et l'effet physiologique pourrait dépendre de l'augmentation de l'intensité d'exercice atteinte sous VNI. Plusieurs études contrôlées et une méta-analyse (73) confirment ce bénéfice, avec cependant de faibles effectifs. Pour l'instant l'utilisation d'une VNI au cours du réentraînement reste plutôt anecdotique et réservée aux patients les plus sévères.

L'électrostimulation reste pour l'instant controversée : il semblerait que son efficacité soit reliée à l'amyotrophie initiale ou à des facteurs non encore élucidés. Des études à plus large échelle sont nécessaires avant de pouvoir la recommander chez les patients atteints de BPCO.

Concernant le travail excentrique, des études à plus large échelle, voire comprenant des patients plus sévères sont également souhaitables. Cela reste cependant une technique ne pouvant être proposée à des patients atteints de BPCO et des patients porteurs d'insuffisance coronaire.

## 2) Education thérapeutique :

L'éducation thérapeutique se définit comme un moyen mis à la disposition d'un patient atteint d'une maladie chronique (et de sa famille) pour qu'il puisse prendre en charge sa maladie au quotidien et de façon durable.

L'OMS définit la démarche éducative en quatre points :

1. Former le malade pour qu'il puisse acquérir un savoir faire adéquat, afin d'arriver à un équilibre entre sa vie et le contrôle optimal de sa maladie.
2. L'éducation thérapeutique comprend la sensibilisation, l'information, l'apprentissage du traitement, le support psychosocial, tous liés à la maladie et à son traitement.
3. L'éducation thérapeutique du patient est un processus continu qui fait partie intégrante des soins.
4. La formation doit aussi permettre au malade et à sa famille de mieux collaborer avec les soignants.

La réhabilitation respiratoire est pleinement concernée par cette logique éducative. Elle s'adresse à des maladies chroniques, vise à remettre physiquement le patient en mouvement, et les bénéfices ne seront durables que si le patient adhère pleinement à cette démarche, et qu'il y trouve un sens.

Les domaines à aborder dans le cadre de la réhabilitation d'un sujet BPCO sont les suivants (42,46) :

- a. Les traitements :  
éducation sur les traitements inhalés, sur les traitements médicamenteux.
- b. La réhabilitation :  
le réentraînement à l'exercice, le maintien d'une activité physique dans son quotidien.
- c. La prévention des infections et les signes d'une décompensation :  
prévention, dépistage des signes d'aggravation, conduite à tenir.
- d. Le sevrage tabagique ou la maîtrise de sa consommation.

- e. Les activités quotidiennes :  
comment vivre avec un handicap respiratoire, la réorganisation de sa vie quotidienne personnelle, familiale et sociale, la gestion de son angoisse et de la dyspnée.
- f. La vie sous oxygène ou avec une VNI :  
modalités, régularité, travail sur le regard de l'autre, réorganisation de la vie quotidienne
- g. Physiopathologie de la BPCO :  
connaissances que le malade doit acquérir sur sa maladie, les mécanismes, les symptômes, la prise de conscience de ses représentations.
- h. Diététique.

### 3) Sevrage tabagique :

cf page 34

### 4) Prise en charge psychosociale :

Rappelons que la dépression affecte environ 40% des patients atteints de BPCO. Elle entraîne une augmentation de la mortalité, une augmentation des durées d'hospitalisation, la poursuite du tabagisme, des symptômes ressentis comme plus invalidants, une moins bonne condition physique et sociale (74).

Il est nécessaire d'identifier ces troubles de l'humeur par le biais de questionnaires spécifiques (HAD, Hospital Anxiety and Depression Scale, ou encore le questionnaire de Beck) pour les dépister et, le cas échéant, de les orienter vers la ressource la plus adaptée (psychologue, psychiatre). Ces échelles permettront également d'assurer le suivi du patient en cours de réhabilitation.

De même la « resocialisation », par la participation à des associations de patients, des groupes de paroles, de loisirs, d'activités physiques, culturelles, est une piste à développer afin d'améliorer la qualité de vie et la motivation des patients. L'analyse du contexte socioéconomique permet d'appréhender des problèmes importants de vie quotidienne, pouvant nécessiter le recours à des services spécialisés (assistant social).

5) Prise en charge nutritionnelle :

cf page 37

6) Evaluations régulières et promotion d'une adhérence à long terme :

L'accompagnement à long terme des patients présentant une BPCO est le véritable challenge de la réhabilitation respiratoire. Ses objectifs sont de pérenniser les acquis du stage initial, d'induire de façon durable des changements de comportement chez les patients (activités physiques, observance du traitement...), de rendre ceux-ci le plus autonome possible et acteurs de leur santé. Sa mise en œuvre nécessite une complémentarité d'actions des différents intervenants formés à ce suivi (médicaux, paramédicaux, non médicaux formés, associations de patients et de loisirs...) et une coordination par le pneumologue.

VII) LES MODALITES DE LA REHABILITATION RESPIRATOIRE
--

1) Les intervenants :

Les intervenants peuvent être : des professionnels médicaux ou non, pneumologues, spécialistes en médecine physique et de réadaptation, omnipraticiens, kinésithérapeutes, diététiciens, psychologues, éducateurs sportifs, assistantes sociales, ergothérapeutes, infirmières, tabacologues. Cette pratique transdisciplinaire nécessite une formation spécifique dans le domaine de la réhabilitation respiratoire.

2) Modalités de réalisation (42) :

La littérature en langue anglaise distingue les types de structure suivants :

- La réhabilitation respiratoire en hospitalisation complète en centre « interne » (« *inpatient setting* »).
- La réhabilitation en « ambulatoire » ou en « externe » (« *outpatient setting* »).
  - soit en centre, en hospitalisation partielle le plus souvent (« *hospital out-patient* »),
  - soit dans une structure de proximité (« *community-based setting* »).
- La réhabilitation à domicile (« *home-based setting* »).

L'efficacité de ces différentes structures a surtout été démontrée pour les centres spécialisés. Il est cependant admis maintenant que toutes les structures sont efficaces, cette efficacité tenant plus au contenu des programmes qu'à leur localisation.

a. La réhabilitation respiratoire en hospitalisation complète :

*Avantages*

- Tous les aspects de la multidisciplinarité de la réhabilitation sont proposés et coordonnés par la même équipe, sur le même site doté du plateau technique adéquat.
- Le site peut faire bénéficier les malades hypersécrétants et/ou avec hyperréactivité bronchique d'un climat et d'un environnement privilégiés.
- La pleine disponibilité du patient est acquise du fait de l'hospitalisation.
- Les soins étalés sur les 24 heures dans un milieu hospitalier sécurisent les patients fragiles.
- L'accompagnement permanent (sur les plans psychologique, éducatif, diététique...), les séances quotidiennes de réentraînement physique et les bénéfices de « l'effet groupe » permettent une réhabilitation « intensive ».
- La pratique des activités physiques et sportives adaptées, personnalisées et sécurisées, sous des formes variées dans le centre et en milieu naturel favorisent la socialisation, et sont des aides au changement comportemental et à sa pérennisation.
- La rupture par rapport au milieu sociofamilial et à ses habitudes peut être bénéfique chez certains malades, notamment les moins « compliants » et la distance du centre par rapport au domicile n'est donc pas toujours un inconvénient.

*Inconvénients*

- Comme tout stage de durée limitée, les bénéfices acquis régressent si il y a arrêt des activités, en dépit d'un bénéfice mesurable retrouvé à un an.
- Le retour dans l'environnement sociofamilial peut altérer les modifications comportementales acquises au cours du stage. Un relais adapté est donc nécessaire, mais peut difficilement être assuré par la même équipe (distance, organisation...).
- Le coût élevé de l'hospitalisation représente un frein à la généralisation de ces stages en interne, bien qu'un stage court en interne puisse rivaliser en rapport coût/bénéfice en comparaison à un stage plus prolongé en externe.

- Le petit nombre de centres en limite l'accès.

Cette modalité de réhabilitation est à réserver aux patients les plus graves (BPCO instable, comorbidités, au décours d'une exacerbation), aux patients n'ayant pas de structures à proximité, aux patients peu observants ou à ceux justifiant d'un éloignement de leur environnement (insalubrité, exposition à des polluants, etc.)

b. La réhabilitation en ambulatoire dans une structure de proximité

*Avantages*

- la proximité du domicile, pour la plupart des patients,
- l'accès habituel au pneumologue référent,
- le maintien possible d'une activité professionnelle aménagée,
- la dynamique de groupe qui peut être préservée,
- le suivi à long terme qui peut être maintenu,
- la compliance favorisée
- les coûts moins importants que pour la réhabilitation en centre spécialisé.

Ces structures présentent probablement un grand potentiel de développement.

*Inconvénients*

- L'équipe d'encadrement est réduite souvent aux seuls pneumologues et/ou aux kinésithérapeutes, rendant une gestion du risque difficile.
- Le plateau technique est limité.
- Le programme de réhabilitation se réduit parfois à la simple approche biomécanique avec une gymnastique générale et/ou un réentraînement à l'exercice pas toujours suffisamment intense, évolutif et adapté aux progrès du patient.
- Chaque séance à une durée limitée.
- En France, il n'existe pas actuellement de nomenclature et de prise en charge financière spécifique.
- Les formations dans ces domaines particuliers des pneumologues et des kinésithérapeutes ne sont pas toujours suffisantes.
- Ces structures sont encore très peu développées.

Cette modalité s'adresse surtout à des malades sans facteur de risque surajouté et atteints de BPCO stable.

c. La réhabilitation à domicile

*Avantages*

- Il n'y a pas de déplacement des malades.
- Les activités physiques sont réalisées dans l'environnement naturel du sujet.
- La famille est directement impliquée dans les activités du sujet.
- Le programme peut être prolongé à volonté, incorporé aux nouvelles habitudes de vie.
- Les résultats à court terme sont positifs.
- Les résultats à long terme pourraient être favorables à cette modalité, mais ne sont pas encore clairement établis à long terme (75,76)
- Les coûts sont *a priori* inférieurs à ceux des autres modalités en particulier du fait de l'absence de transport.

*Inconvénients*

- Le patient isolé ne bénéficie pas de la dynamique de groupe.
- La pratique quotidienne est limitée au réentraînement à l'exercice et est très dépendante de la motivation. Les associations de patients permettent de pallier à ce désavantage.
- La supervision et la gestion du risque sont peut être plus difficiles. En tout cas, ils demandent un encadrement rigoureux.
- Certains estiment que ce n'est pas le site idéal pour les patients les plus handicapés.
- Ce type de structure est très peu répandu et doit être développé

Tous les malades BPCO justifiant d'un réentraînement à l'exercice peuvent tirer bénéfice de cette modalité, y compris les plus sévères et oxygénodépendants. Cependant, l'absence d'environnement médicalisé doit faire réserver cette modalité à un malade en état stable, sans comorbidité pouvant générer un risque potentiel et préalablement éduqué vis-à-vis des consignes de sécurité.

Le contexte psychosocial défavorable et un réentraînement à l'exercice trop difficile seraient à l'origine d'une faible observance.

Une réhabilitation à domicile trouve une place de choix en relais d'une réhabilitation en centre où les notions précédentes ont été acquises (bilan d'évaluation, apprentissage du volume d'exercice toléré), et où la motivation a été suffisamment suscitée pour la poursuite des exercices.

Cette motivation peut être réactivée à partir des associations de malades qui ont un rôle essentiel à jouer dans cette dynamique.

### 3) La place des réseaux :

La réhabilitation respiratoire est encore très sous-utilisée en France malgré une efficacité reconnue (77). Parmi les obstacles à son développement, nous pouvons citer la complexité de sa mise en œuvre, liée à la multidisciplinarité des intervenants potentiels (pneumologue, médecin traitant, kinésithérapeute, éducateurs sportifs, infirmiers, psychologues, diététiciens, etc.), à la spécialisation des évaluations préalables (par exemple, l'épreuve cardio-respiratoire à l'exercice), à la multidisciplinarité du contenu du stage de réhabilitation et à la nécessité d'adapter tous ces domaines à chaque patient.

Il s'agit donc de mettre en place une équipe transdisciplinaire faisant appel à des intervenants multiples, qui travaillent ensemble à un accompagnement de la maladie respiratoire chronique.

Le fonctionnement de cet ensemble nécessite donc une coordination, une circulation des informations ainsi qu'une nécessaire formation initiale, entretenue par une formation continue.

Dans l'article 84 de la loi du 4 mars 2002 relative « aux droits des patients et à la qualité du système de santé », il est écrit que les réseaux de santé ont pour objectif de favoriser l'accès aux soins, la coordination, la continuité ou l'interdisciplinarité des prises en charge sanitaires, notamment celles qui sont spécifiques à certaines populations, pathologies ou activités sanitaires. Ils assurent une prise en charge adaptée aux besoins de la personne, tant sur le plan de l'éducation à la santé de la prévention, du diagnostic que des soins.

Les réseaux vont donc naturellement s'articuler autour de quatre principes fondamentaux :

- la formation de l'ensemble des professionnels de santé intervenant dans le dispositif,
- l'utilisation de référentiels de bonnes pratiques,
- la mise en place de protocoles qui permettent la coordination des intervenants et la réalisation éventuelle des soins ou de la surveillance du patient,
- l'évaluation de la pratique et des résultats.

L'organisation en réseau de santé est donc une bonne solution pour la mise en place d'un programme de réhabilitation respiratoire.

## D/ LES ÉPREUVES D'EXERCICE DANS L'ÉVALUATION DES PATIENTS BPCO

Le réentraînement à l'effort est personnalisé, c'est-à-dire adapté aux capacités physiques de chaque patient. Une évaluation précise de ces capacités physiques doit être réalisée avant de débiter une réhabilitation respiratoire. Ce d'autant que l'interrogatoire sous estime fréquemment l'incapacité à l'effort des patients atteints de BPCO, qui s'est installée insidieusement au fil des ans, laissant le temps à la personne de s'y adapter.

Nous n'aborderons pas dans ce chapitre les méthodes d'évaluations des muscles respiratoires (pressions des mesures inspiratoires et expiratoires maximales volontaires à la bouche, pressions inspiratoires mesurées au niveau du nez (sniff test), mesure des pressions dans l'œsophage et l'estomac) ni les tests fonctionnels mesurant l'exercice local des muscles périphériques (contractions maximales volontaires isométriques, isocinétiques, répétition maximale, endurance musculaire locale). Hormis les pressions respiratoires mesurées à la bouche et au nez, ces tests sont peu utilisés en pratique clinique.

Nous nous concentrerons sur les épreuves d'exercice évaluant la fonction générale des muscles périphériques.

### I) L'ÉPREUVE D'EFFORT MAXIMALE ou ÉPREUVE FONCTIONNELLE À L'EXERCICE (78-80)

L'épreuve d'exercice cardiorespiratoire est un examen fondamental dans l'évaluation initiale avant une réhabilitation respiratoire.

Elle a plusieurs buts : mesurer objectivement la capacité à l'exercice du sujet, analyser les échanges gazeux et les besoins en oxygène, rechercher des pathologies méconnues associées à la BPCO, fixer le niveau de réentraînement, et éventuellement apprécier le bénéfice du réentraînement.

Il existe deux types d'épreuve d'exercice cardiorespiratoire : l'épreuve d'effort maximale ou triangulaire qui consiste en une sollicitation jusqu'à l'épuisement, dans le but de déterminer la puissance maximale aérobie (PMA) ou l'aptitude aérobie maximale ( $VO_2max$ )

et l'épreuve sous-maximale ou en plateau, réalisée à charge constante. Ce deuxième type d'épreuve permet d'apprécier le temps d'endurance du patient, les variations des paramètres avant et après réentraînement à charge identique, cf. chapitre test d'endurance.

Nous aborderons dans ce chapitre uniquement l'épreuve d'effort maximale.

### 1) Paramètres mesurés

#### - paramètres ventilatoires :

Les échanges gazeux (consommation d'oxygène  $VO_2$ , rejet de gaz carbonique  $VCO_2$ ) sont mesurés à l'aide d'un circuit ouvert permettant l'analyse des gaz expirés par le sujet. Le recueil des gaz expiré se fait soit par un masque facial, soit par un embout buccal.

Le volume courant et la fréquence respiratoire sont mesurés par un pneumotachographe., permettant ainsi la mesure de la ventilation minute ( $VE = V_t \times FR$ ).

Un étalonnage précis et régulier est indispensable pour ce type de mesure.

A partir de ces données ventilatoires sont calculés : le quotient respiratoire ( $QR = VCO_2 / VO_2$ ), l'équivalent respiratoire en oxygène ( $ERO_2 = VE / VO_2$ ) et en gaz carbonique ( $ERCO_2 = VE / VCO_2$ ).

#### - paramètres gazométriques :

L'étude des paramètres gazométriques permet d'étudier l'équilibre acido-basique (pH, bicarbonates) au cours de l'effort. Pour cela, la ponction d'une artère périphérique (ponction de l'artère radiale au repos et en fin d'effort) ou alors, un cathéter mis en place dans l'artère radiale permettent des prélèvements plus aisés et répétitifs. Certains utilisent des prélèvements à l'oreille, mais ceux-ci semblent peu précis.

Cette analyse, couplée à celle des gaz expirés permet de calculer la différence alvéolo-artérielle en  $O_2$  ( $AaDO_2$ ) et l'espace mort physiologique ( $VD/VT$  où  $VD$  est l'espace mort).

#### - Paramètres métaboliques

Il s'agit principalement du dosage des lactates au cours de l'effort et lors de la récupération par un prélèvement réalisé au niveau du lobe de l'oreille ou en même temps que les prélèvements artériels lorsqu'un cathéter est en place.

- Paramètres cardio-circulatoires

Un ECG douze dérivations est enregistré au cours de l'effort. Il permet de détecter des anomalies coronariennes mais aussi de détecter d'éventuels troubles du rythme. Il est couplé à une surveillance tensionnelle par brassard classique tout au long de l'épreuve d'effort. La fréquence cardiaque est également enregistrée en continu et permet de calculer le pouls d'oxygène =  $VO_2 / FC$ .

- Mesure de la dyspnée et de la fatigue des membres inférieurs

Enfin, une mesure de la dyspnée est réalisée tout au long de l'épreuve soit en utilisant une échelle visuelle analogique soit une échelle de Borg (81).

## 2) Indications

L'épreuve d'effort maximale a de nombreuses indications qui peuvent, d'un point de vue clinique, être classées en deux catégories : soit l'exploration diagnostique d'un symptôme, soit l'évaluation fonctionnelle d'une pathologie connue ou d'une situation clinique. Les symptômes sont parfois isolés, mais ils peuvent aussi être associés à une pathologie prédominante ou à des pathologies intriquées.

Lorsque le symptôme est isolé, il s'agit de déceler une pathologie non reconnue par les explorations de repos, ou de rapporter le symptôme à un comportement fonctionnel inadapté (Ex : hyperventilation ou réponse cardio-vasculaire inappropriées). Parmi les symptômes explorés, la dyspnée représente environ 60 % des indications. L'intolérance à l'effort (myalgies, fatigue) représente environ 20 % des indications, les autres symptômes étant les oppressions thoraciques, l'inaptitude, ou des malaises divers.

Lorsqu'une pathologie (ou plusieurs) est connue, la question est de savoir si le symptôme (dyspnée par exemple) est compatible avec la (ou les) pathologie(s) identifiée(s) ; par exemple, évaluer le retentissement fonctionnel et le pronostic de l'insuffisance cardiaque, apprécier la gravité ou l'évolutivité d'une BPCO ou d'une fibrose interstitielle, d'une valvulopathie, ou d'une myopathie, etc.

L'épreuve d'effort maximale est aussi indiquée pour juger d'une inaptitude, ou de la prédiction du risque opératoire d'une chirurgie de résection pulmonaire.

Enfin elle est utile pour évaluer objectivement une thérapeutique médicamenteuse ou un programme de réadaptation.

### 3) Contre indications

#### ***Contre-indications absolues :***

coronaropathies instables, infarctus récent (datant de moins d'une semaine), un rétrécissement aortique symptomatique, des troubles du rythme sévères, l'insuffisance cardiaque instable non contrôlée, la suspicion de dissection aortique, l'hypertension artérielle systémique non contrôlée, l'hypertension artérielle pulmonaire sévère (HTAP), les thrombophlébites évolutives et/ou une embolie pulmonaire récente, la péricardite, l'endocardite, la myocardite, aiguë, l'asthme instable, l'insuffisance respiratoire décompensée, une maladie vasculaire cérébrale, un antécédent d'épilepsie, l'incapacité physique ou mentale à réaliser un exercice.

#### ***Contre indications relatives :***

Les contre-indications relatives comportent : la sténose connue du tronc coronarien, une valvulopathie sténosante modérée, une HTA sévère non traitée, un bloc auriculo-ventriculaire de haut degré, une HTAP modérée, une insuffisance rénale chronique.

### 4) Conditions de réalisation

L'examen sera réalisé dans une pièce tempérée (20°C) à proximité de matériel d'urgence et d'un défibrillateur, d'un centre de réanimation et de soins intensifs, d'un médecin pneumologue ou cardiologue, assisté d'une infirmière ou d'un technicien habitué à cet examen.

Le patient sera convoqué à distance d'un repas (2h), et devra être en tenue « sportive ». Un interrogatoire et un examen clinique s'assureront de l'absence de contre-indication.

### 5) Protocole

L'épreuve maximale ou triangulaire comporte une phase de repos : le sujet est assis sur le bicycle ou debout sur le tapis roulant pendant quelques minutes pour enregistrer les données de repos.

Ensuite, l'épreuve d'effort comporte 3 minutes d'échauffement à charge faible ou nulle (environ 10 à 20 % de la capacité maximale théorique estimée à partir de l'âge, du poids et de la taille du patient).

Puis survient la phase incrémentale en rampe ou par paliers d'une minute. La charge est augmentée de 5, 10 ou 15 watts par minute selon la sévérité du patient, de façon à obtenir une durée de l'épreuve de 10 à 12 minutes.

Il faut encourager fortement le sujet en fin d'effort afin qu'il atteigne sa capacité maximale.

Le test se termine par une phase de récupération active (à charge équivalente à l'échauffement ou plus), phase qui évite le malaise vagal pouvant survenir lors de l'arrêt brutal d'un effort intense et qui permet également une meilleure métabolisation des lactates. Enfin, le patient entre dans une phase de récupération passive de 5 minutes ou plus si besoin. La dyspnée en fin d'effort est mesurée par l'échelle de Borg (81).

#### 6) Critères d'arrêt

La survenue d'une douleur thoracique brutale, d'une pâleur soudaine, d'une confusion, d'une dyspnée extrême, de signes électrocardiographiques d'ischémie, de troubles du rythme sévères (ESV polymorphes par exemple), d'une élévation tensionnelle importante, ou au contraire d'une chute tensionnelle malgré l'augmentation des charges devront conduire à l'arrêt de l'épreuve.

#### 7) Interprétation

La consommation en oxygène ( $VO_2$  max) augmente au fur et à mesure de l'effort. On observe en fin d'effort une limite à la consommation d'oxygène, se traduisant par un plateau de la  $VO_2$ . Pour chaque individu, il existe ainsi une limite à la consommation d'oxygène, d'où la notion de  $VO_2$  max, terme que l'on devrait en fait réserver pour les valeurs théoriques en parlant plutôt de  $VO_2$ SL (symptom limited), expression plus juste, surtout en pathologie, qui évalue l'aptitude aérobie d'un sujet donné. Elle s'exprime en  $l \cdot \text{min}^{-1}$  ou en  $ml \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

Au cours de l'effort, il existe en parallèle, une augmentation régulière du rejet de  $CO_2$ . Au début de l'effort, le  $CO_2$  provient surtout du métabolisme aérobie des muscles qui travaillent.

La  $VO_2$  et la  $VCO_2$  évoluent de manière parallèle jusqu'à un seuil appelé le seuil de transition « aéro-anaérobie » à partir duquel la  $VCO_2$  augmente plus que la  $VO_2$ . Cela s'explique par l'apparition de  $CO_2$  supplémentaire provenant du tamponnement des lactates par les  $HCO_3^-$ . Les lactates s'accumulent dans le sang lorsque les muscles commencent à utiliser le mécanisme anaérobie.

Le seuil pour lequel la  $VCO_2$  augmente plus que la  $VO_2$  est aussi appelé seuil ventilatoire (VT1), ou seuil d'apparition des lactates.

Le VT1 est déterminé graphiquement par l'intersection des évolutions linéaires de la  $VO_2$  et de la  $VCO_2$ .

En fin d'effort, la VE augmente de manière beaucoup plus importante que la  $VCO_2$ , cela survenant au seuil ventilatoire 2 (VT2). La nouvelle stimulation de la VE est alors due à l'acidose métabolique consécutive à l'augmentation du lactate qui n'est plus suffisamment tamponné. Ce seuil s'observe chez le sujet sain actif et les sportifs de haut niveau, pour lesquels il constitue le niveau d'entraînement.

L'augmentation de VE se fait essentiellement par l'augmentation du volume courant en début d'effort alors qu'en fin d'effort elle augmente plutôt du fait d'une augmentation de la fréquence respiratoire.

Si la puissance maximale atteinte est inférieure à 80% des valeurs de référence, on estime qu'il existe une limitation à l'exercice.

#### ***Principaux cas de figure rencontrés :***

- si la  $VO_2$  est normale avec une réserve ventilatoire ( $VE/VE_{max}$ ) normale et que la FC max est atteinte : il n'y a pas d'anomalie.
- Si la  $VO_2$  est normale sans réserve ventilatoire mais avec un équivalent respiratoire en  $O_2$  ou en  $CO_2$  élevé : l'atteinte ventilatoire est débutante.
- Si la  $VO_{2SL}$  est <80% de la théorique, sans réserve ventilatoire mais avec une réserve chronotrope élevée, un seuil ventilatoire bas (VT1), un espace mort physiologique ( $VD/VT$ ) élevé et que le VT max en fin d'effort n'est pas atteint : il existe une atteinte pulmonaire.
- Si la  $VO_2$  est <80% de la théorique, avec une réserve ventilatoire normale ou augmentée, une réserve chronotrope variable, un pouls en oxygène bas et un VT1 bas : il existe une atteinte cardiaque

- Si la  $VO_2$  est  $<80\%$  de la théorique, avec une réserve ventilatoire et chronotrope : le sujet est peu motivé ou est limité par une atteinte périphérique par faiblesse musculaire.

***Chez le patient atteint de BPCO :***

Chez le patient atteint de BPCO, la puissance maximale théorique doit être corrigée en fonction du VEMS. Le  $VO_2$  augmente linéairement avec la charge avec une pente peu différente de celle du sujet normal. Le plus souvent, il n'y a plus de réserve ventilatoire en fin d'effort alors que la réserve chronotrope est importante. Le patient arrête l'effort en raison d'une dyspnée trop importante.

En cas d'obstruction bronchique, cette dyspnée s'explique principalement par l'hyperinflation dynamique observée à l'effort.

Cette hyperinflation est en relation avec l'augmentation de la fréquence respiratoire et un temps expiratoire trop court, empêchant les alvéoles de se vider complètement. Il se crée une PEEP (Positive End Expiratory Pressure) intrinsèque et une distension dynamique apparaît et s'aggrave au fur et à mesure de l'effort.

Le seuil d'apparition de la dyspnée est assez bien corrélé avec le VT1. Le déconditionnement périphérique avec la diminution de la masse maigre et les modifications structurales des fibres musculaire aggrave également l'intolérance à l'effort : les muscles travaillent plus en anaérobiose qu'en aérobie, ce qui entraîne une production précoce de lactates et une augmentation précoce de la VE. Les anomalies musculaires peuvent également être responsables d'un arrêt précoce de l'exercice du fait d'une fatigue musculaire intolérable pour le patient.

Une diminution du pouls d' $O_2$  peut se voir, mais signe plutôt une atteinte cardiaque associée.

Chez certains patients présentant une PAPs élevée au repos, cette HTAP peut s'aggraver au cours de l'effort, le pouls d' $O_2$  en sera d'autant plus diminué.

Concernant l'évolution gazométrique du patient BPCO : elle est variable au cours d'une épreuve d'effort : la  $PaO_2$  peut rester inchangée ou diminuer. Cette diminution s'explique en grande partie par une pression en  $O_2$  du sang mêlé basse. Cependant, une diminution du temps de contact des globules rouges alvéolaires n'est pas exclue, notamment en cas de lit vasculaire pulmonaire réduit (emphysème, maladie thromboembolique, etc.).

Cette observation pourra mener à intégrer le patient dans un programme de réentraînement à l'effort avec une supplémentation en oxygène.

### 8) L'épreuve d'effort : une base pour le réentraînement

Un test d'exercice maximal est en général réalisé avant la mise en route du programme de réentraînement à l'effort (REE).

Il existe plusieurs protocoles de réentraînement :

- Le REE à puissance constante, réalisé par exemple à 50-60% de la puissance maximale théorique, ce qui, dans certains cas est proche du VT1. Ce type de réentraînement peut être trop élevé dans les cas où le VT1 est nettement abaissé.
- Le REE à puissance constante correspondant au seuil ventilatoire VT1. Il s'agit donc d'une REE personnalisée se basant sur l'épreuve d'effort réalisée au préalable.
- Le REE en créneaux qui alterne un repos, ou un effort d'intensité moyenne (essentiellement en aérobie) avec un effort plus bref mais plus intense. Un REE avec des créneaux alternant 4 minutes d'exercice réalisé au VT1 avec une minute d'exercice à 90% de la PM tolérée, pendant 30 min, à raison de 3 séances par semaines.

L'épreuve d'effort maximal cardio-respiratoire est donc un élément essentiel dans l'évaluation d'un patient atteint de BPCO, que ce soit pour mieux comprendre les mécanismes de l'intolérance à l'exercice, ou encore pour aider à personnaliser un programme de réentraînement à l'effort en orientant sur la puissance

Dans les recommandations de l'ATS concernant les épreuves d'exercice, il est spécifié que même si les épreuves d'effort incrémentales sont largement utilisées en pratique, elles reflètent mal les capacités à l'effort des patients BPCO (79). Les tests à puissance constante (test de marche de 6 minutes, « endurance shuttle walk test », tests d'endurance sur ergocycle) gagnent en popularité du fait de leur capacité à refléter une réponse aux programmes de réhabilitation.

L'ERS va plus loin. Elle explique que les tests en endurance utilisant une puissance constante et élevée sont supérieurs aux autres tests dans l'évaluation des effets des thérapies employées (82).

Ces recommandations sont la conséquence de l'effet très modéré voire inexistant des thérapeutiques sur l'amélioration de l'épreuve d'effort maximale (59,83).

## II) TEST DE MARCHE DE 6 MINUTES (TM6M)

Dans les années 60, Balke (84) a développé un test assez simple de réalisation dans le but d'évaluer les capacités fonctionnelles à l'exercice en mesurant la distance parcourue sur une période de temps définie. Le test durait initialement 12 minutes, puis a adapté aux patients atteints de maladies respiratoires chroniques et réduit à une durée de 6 minutes. Le test de marche de 6 minutes présente une meilleure tolérance, et semble mieux refléter les activités quotidiennes des patients atteints de maladies respiratoires (85,86).

Il intègre la réponse de tous les systèmes mis en jeu durant un exercice : système ventilatoire, cardiovasculaire, la circulation systémique, la circulation périphérique, le sang, les unités neuro-musculaires, le métabolisme musculaire.

Il existe une corrélation entre la distance de marche de 6 minutes et la  $VO_2$  max et/ou la charge maximale atteinte sur vélo ergocycle (87-89). Le test de marche de 6 minutes induit une consommation élevée d'oxygène de manière soutenue mais génère une ventilation et une lactatémie moindre que dans l'épreuve d'effort maximale.

Il diffère en réalité grandement de l'épreuve fonctionnelle d'exercice (EFX). Cette dernière impose une charge de travail croissante jusqu'à ce que l'un des systèmes physiologiques (ventilatoire, cardiaque ou musculaire) atteigne ses limites fonctionnelles et entraîne l'arrêt de l'exercice.

On comprend bien que, chez les patients atteints de BPCO, le système ventilatoire est souvent le paramètre limitant du fait d'un épuisement des réserves ventilatoire. Le test de marche de six minutes n'atteint pas ce degré d'épuisement respiratoire. Il est considéré comme « sous-maximal » (79,85), générant des besoins ventilatoires moindre. Le test de marche sera plus fréquemment limité par la faiblesse des autres systèmes physiologiques, dont les capacités musculaires (35) que l'épreuve d'effort maximale.

Par ailleurs, certaines études montrent une bonne corrélation entre le test de marche de 6 minutes et l'importance de l'activité physique au quotidien (90).

D'autres ont démontrés une relation entre la distance parcourue au TM6M et la morbi-mortalité observée dans la BPCO (91-93).

Enfin, le TM6M peut aider au diagnostic de désaturation à l'effort, puisque 28 % des BPCO présentent une désaturation à l'effort au TM6M, alors que ce n'était pas le cas pour l'épreuve d'effort (94).

Certains points restent discutés, notamment la correspondance entre explorations fonctionnelles respiratoires, test du transfert du CO et test de marche de six minutes. Certains trouvent une correspondance (87) alors que d'autres ne la retrouve pas (95,96).

En résumé, ce test semble être un bon indicateur de la capacité des muscles squelettiques à effectuer des activités de la vie quotidienne. Il varie moins que l'épreuve d'effort maximale à l'administration de traitement médicamenteux, il est facile à réaliser, bien toléré, le patient pouvant choisir sa propre intensité d'exercice, son propre rythme de marche.

### 1) Indications

Ce test est généralement utilisé pour mesurer la réponse à un traitement médical dans le cadre d'une maladie cardiaque ou pulmonaire sévère.

Il sert également à se faire une idée du statut fonctionnel d'un patient à un moment précis, puisque certaines études ont démontré que ce test était un facteur indépendant de morbidité et de mortalité (97,98).

Avant l'introduction d'un traitement, et après, afin d'en évaluer l'efficacité dans les situations suivantes (99) :

- transplantation pulmonaire, résection pulmonaire ou chirurgie de réduction de volume
- réhabilitation respiratoire
- BPCO
- hypertension pulmonaire
- infarctus du myocarde

En mesure unique, pour l'évaluation de la maladie dans les pathologies suivantes :

- BPCO
- mucoviscidose
- infarctus du myocarde
- maladie vasculaire périphérique
- fibromyalgie
- patients âgés

Le test de marche est utilisé comme facteur prédictif de morbidité et de mortalité dans les pathologies suivantes :

- infarctus du myocarde
- BPCO
- hypertension artérielle pulmonaire idiopathique.

## 2) Contre indications

La seule contre-indication absolue au test de marche reste: un antécédent d'angor instable ou d'infarctus du myocarde dans le mois précédent le test.

Les contre-indications relatives sont les suivantes : fréquence cardiaque supérieure à 120 battements/ minute au repos, pression artérielle systolique supérieure à 180 mmHg, pression artérielle diastolique supérieure à 100 mmHg. Le patient doit alors être adressé à un médecin pour évaluer l'intérêt du test, le rapport bénéfice-risque et pour le superviser s'il a lieu.

## 3) Conditions de réalisation

Bien que ce test ait été réalisé sur des milliers de personnes âgées, de personnes atteintes de pathologies cardiaques sans événement indésirable majeur, les contre-indications restent de rigueur et certaines précautions sont à prendre (99) :

- 1) possibilité de recours rapide dans la structure à des soins d'urgence
- 2) présence à proximité d'oxygène, de trinitrine sublinguale, d'aspirine, de salbutamol ou autre broncho-dilatateur, d'un téléphone ou d'un autre moyen pour appeler des secours en cas d'urgence

- 3) la personne réalisant le test doit avoir des notions de réanimation cardiovasculaire et être détenteur au minimum d'une attestation de formation aux premiers secours. Une expérience ou une formation dans le domaine de la santé est préférable.
- 4) Il n'est pas nécessaire qu'un médecin soit présent. Le prescripteur de l'examen peut cependant décider de la nécessité de présence d'un médecin pour certains patients.
- 5) En cas d'oxygénothérapie longue durée, le test doit être réalisé sous le débit d'oxygène habituel ou en fonction d'une prescription médicale ou d'un protocole en vigueur.

#### 4) Protocole

Le test doit être réalisé dans un couloir calme, plat, rectiligne, à l'intérieur de préférence et sur une surface dure. Ce couloir doit mesurer 30 mètres de long. Une marque doit être placée sur le mur tous les 3 mètres et un plot placé au début et à la fin du corridor, à l'endroit où le patient devra faire demi-tour. La ligne de départ doit être marquée d'une bande colorée collée au sol.

#### ***Équipement requis :***

Un chronomètre

Compteur mécanique

2 cônes

Une chaise mobilisable dans le couloir

Une fiche sur support rigide, stylo

Oxygène à disposition

Oxymètre de pouls

Tensiomètre

Téléphone

Et éventuellement un défibrillateur

#### ***Préparation du patient :***

Prévenu du test et de modalité de réalisation du test, le patient doit être dans des vêtements confortables avec des chaussures adaptées. En cas de marche avec aide (cane, déambulateur, etc), le patient doit être en sa possession pour le test. Son traitement médical habituel est poursuivi, un repas léger précède l'épreuve, et le patient ne doit pas avoir fait d'effort important dans les 2 heures précédant le test.

En cas d'oxygénothérapie au long cours, celle-ci doit être administrée au débit habituel durant le test.

**Mesures :**

Elles doivent se faire de préférence au même moment de la journée, sans période d'échauffement, avec au contraire un repos d'au moins 10 min avant le test.

L'oxymétrie de pouls est facultative dans ce test. Si l'on décide de l'utiliser, il est recommandé de noter la fréquence cardiaque, la saturation en oxygène avant le début de l'exercice, et toutes les minutes pendant le test. Cela oblige l'examineur à marcher avec le patient, ce qui peut fausser le périmètre de marche du patient.

**Echelle de dyspnée de Borg (81):**

Il est recommandé de demander au patient d'évaluer sa dyspnée puis sa fatigue en fonction de cette échelle avant de débiter le test et à la fin de celui-ci (cf annexe B).

**Instructions :**

Les instructions données au patient sont les suivantes (42) :

*“ Le but de ce test est de marcher le plus possible pendant 6 minutes. Vous marcherez aller et retour dans ce couloir. Marcher 6 minutes, c'est long, et donc vous devrez faire un effort. Vous allez probablement vous sentir hors d'haleine et fatigué.*

*Vous pouvez donc ralentir, vous arrêter ou vous reposer si nécessaire.*

*Vous pouvez vous appuyer contre le mur pendant le repos, mais reprendre la marche dès que possible.*

*Vous parcourrez le couloir aller et retour en tournant autour des cônes. Vous devez contourner les cônes et continuer sans hésiter.*

*Maintenant, je vais vous montrer. Voilà comment je fais demi-tour sans hésiter.*

*Pendant le test, vous ne pouvez pas parler, car cela influence vos performances.*

*Je vous indiquerai le temps restant toutes les minutes.*

*Je vous demanderai de vous arrêter après 6 minutes.*

*Êtes-vous prêt ? Je vais compter les demi-tours que vous faites.*

*Rappelez-vous que vous devez marcher aussi loin que possible pendant 6 minutes, mais sans courir.*

*Allez-y maintenant ou dès que vous êtes prêt. »*

Les encouragements suivants sont à donner au patient :

- « *C'est très bien, continuez ainsi* » à 30 secondes.
- « *C'est très bien, plus que 5 minutes, continuez ainsi* » à la première minute.
- « *C'est très bien, continuez ainsi* » à 1 minute 30 secondes.
- « *C'est très bien, plus que 4 minutes, continuez ainsi* » à la deuxième minute.
- « *C'est très bien, continuez ainsi* » à 2 minutes 30 secondes.
- « *C'est très bien, plus que 3 minutes, continuez ainsi* » à la troisième minute.
- « *C'est très bien, continuez ainsi* » à 3 minutes 30 secondes.
- « *C'est très bien, plus que 2 minutes, continuez ainsi* » à la quatrième minute.
- « *C'est très bien, continuez ainsi* » à 4 minutes 30 secondes .
- « *C'est très bien, plus que 1 minutes, continuez ainsi* » à la cinquième minute.
- « *C'est très bien, continuez ainsi* » à 5 minutes 30 secondes.
- « *Je vais bientôt vous dire de vous arrêter* » à 5 minutes 45 secondes.
- « *Et maintenant, arrêtez-vous* » à 6 minutes.

Au début du test, le patient ainsi que l'examineur sont positionnés sur la ligne de départ. L'examineur ne doit pas marcher avec le patient. Il ne doit pas parler à d'autres personnes durant le test et doit noter chaque demi-tour réalisé par le patient de manière à ce que ce dernier le voit.

#### 5) Critères d'arrêt

Le test de marche de 6 minutes doit être stoppé en cas de : douleur thoracique, de dyspnée majeure, de crampes dans les jambes, de transpiration abondante et de pâleur extrême.

#### 6) Interprétation

##### ***Valeurs de références, reproductibilité***

Trois études proposent des valeurs de référence pour le test de marche, en tenant compte du sexe, de l'âge, du poids et de la taille du patient.

Chez les sujets sains, on évalue à 400 m la distance moyenne parcourue chez les hommes et 367 m celle parcourue par les femmes (100).

Une autre étude évalue ces distances à 631 +/- 93 m chez l'homme et 84 mètres de moins chez la femme (101), et une dernière à respectivement 576m et 494 m (100).

Les valeurs de références restent donc imprécises, l'important étant surtout de comparer l'évolution de la distance parcourue chez un même patient.

Concernant la reproductibilité, certaines études suggèrent qu'une phase d'apprentissage du test est nécessaire. Un nombre de 3 tests a même été évoqué avant de pouvoir considérer le test comme reproductible (102,103). Cependant, cela n'est pas fait en pratique (117) et ce test reste considéré comme reproductible et fiable dans la plupart des études (86).

### ***Différence cliniquement significative***

Le test sert à évaluer après une intervention thérapeutique un éventuel gain clinique significatif. La distance de marche est pour l'instant noté en valeur absolue, faute d'étude ayant réussi à trancher sur l'intérêt d'utiliser des valeurs absolues ou des pourcentages.

Sur une étude de 112 patients atteints d'une BPCO stable sévère, la plus petite différence ressentie cliniquement par les patients comme une amélioration dans leurs performances à l'exercice est une augmentation de la distance moyenne parcourue de 54 m (104,105). Une autre étude réalisée sur des patients plus âgés conclue à une différence cliniquement perçus pour une augmentation du test de marche d'en moyenne 43 m (106), le test étant plus sensible à la détérioration après un infarctus du myocarde qu'à une amélioration.

Selon Troosters, chez les patients en cours de réhabilitation respiratoire, il faut une différence de plus de 25% au test de marche pour que celle-ci soit cliniquement significative (107).

### ***Utilité du test de marche dans la réhabilitation respiratoire***

Largement utilisé en réhabilitation respiratoire, le test de marche semble sensible aux effets de la réhabilitation. La méta-analyse de Lacasse montre une augmentation de la distance de marche parcourue en 6 minutes de 48m en moyenne après réhabilitation. (60).

## 7) Limites du test

Cependant, ce test présente de nombreuses limites. Bien que facile à réaliser, nous pouvons constater en pratique, une grande variabilité dans la réalisation de ce test entre les centres. On peut ainsi craindre une importante variabilité des résultats. Les instructions données aux patients ne sont pas toujours celles recommandées. De même il est fréquent de constater que la prise du pouls et de la saturation se fait de manière systématique et que l'examineur marche à côté du patient, ce qui peut fausser le résultat obtenu.

L'ATS a défini un certain nombre de facteurs de variabilité (99) :

Facteurs réduisant la distance mesurée au test de marche de 6 minutes :

- petite taille
- âge élevé
- poids important
- sexe féminin
- facultés cognitives altérées
- couloir de petite taille
- maladies pulmonaires (BPCO, asthme, mucoviscidose, maladie pulmonaire interstitielle)
- maladies cardiovasculaires (angor, infarctus du myocarde, artériopathie des membres inférieurs entre autres)
- pathologies rhumatologiques et musculaires (arthrite, blessure de hanche, genou, cheville, amyotrophie, etc.)

Facteurs augmentant la distance mesurée au test de marche

- taille élevée (notamment en ce qui concerne la taille des jambes)
- sexe masculin
- motivation importante
- patient ayant précédemment passé le test
- prise du médicament améliorant la pathologie invalidante juste avant le test
- supplémentation en oxygène chez les patients présentant une limitation à l'exercice secondaire à l'hypoxémie.

De nombreuses études montrent désormais les limites du test de marche de 6 minutes pour ce qui est de démontrer une amélioration des capacités à l'effort ou l'efficacité d'un traitement (108-111).

### III) LE TEST DE LA NAVETTE

« The incremental shuttle walk test » (ISWT) ou test de la navette est au autre test permettant d'évaluer les capacités fonctionnelles à l'effort et plus précisément l'efficacité du réentraînement à l'effort.

Créé par Léger et Lambert en 1980 pour évaluer les capacités des athlètes (112,113), il a prouvé sa fiabilité et sa bonne tolérance dans les pathologies cardiaques (patient en attente de greffe cardiaque, porteurs de pacemakers, ou en défaillance cardiaque). En 1992, Il a été modifié pour s'appliquer aux patients souffrant de pathologies respiratoires (114).

#### 1) Conditions de réalisation

Sous prescription médicale, ce test peut être réalisé par un kinésithérapeute habilité à le pratiquer dans un établissement avec un recours possible à des soins d'urgence (précautions identiques à celles préconisées pour la réalisation d'une épreuve d'effort).

#### 2) Protocole

Il consiste à faire marcher de plus en plus vite un sujet entre deux plots.

Des études confirment que ce test, au même titre que l'épreuve d'effort cardio-respiratoire sur cyclo-ergomètre ou sur tapis roulant, est un test maximal qui donne une bonne corrélation avec la consommation maximale d'oxygène ( $VO_2$  max) à l'effort. (115). La fréquence cardiaque et la saturation en oxygène sont mesurées, mais il n'y a pas de surveillance ECG, contrairement à l'ergospirométrie.

Un lecteur CD ou radio-cassette (à bonne vitesse de déroulement de bande), une échelle visuelle analogique pour mesurer la dyspnée en début et en fin de test.

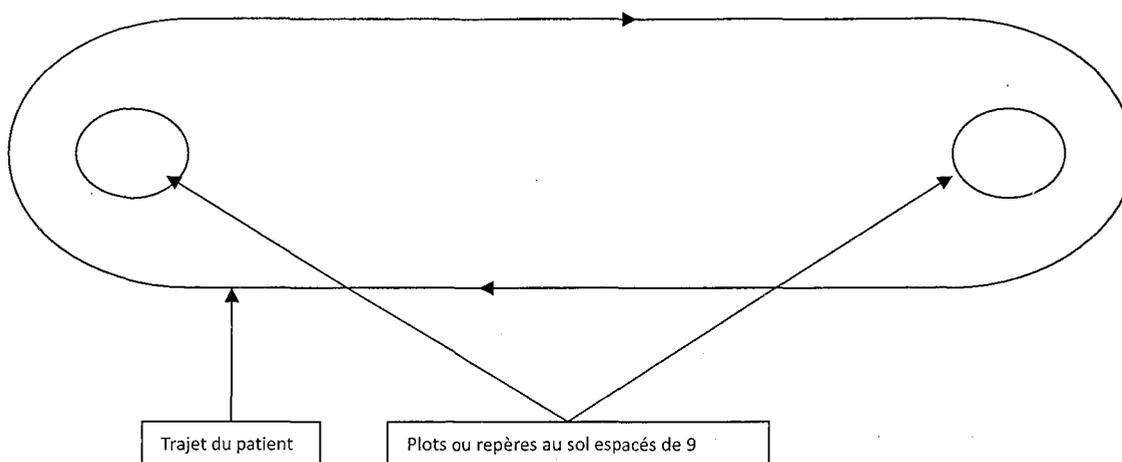
Le test doit avoir lieu dans une pièce calme d'une longueur minimale de 10 à 11 mètres.

L'examineur doit avoir à sa disposition un oxymètre portable, et deux plots qu'il placera à 9 mètres d'intervalle.

Il s'agit d'un test de marche progressif avec une vitesse augmentant toutes les minutes (12 niveaux).

Le sujet doit parcourir en aller-retour une distance de 10 mètres, distance marquée par 2 plots séparés de 9 mètres (50 cm étant prévus à chaque extrémité pour permettre au sujet de ne pas faire de virage trop serré)

La vitesse de marche est rythmée par une cassette audio. Pendant la première minute, le patient marche trois distances de 10 mètres à une vitesse de 0,5 mètres par seconde. Puis la vitesse augmente progressivement jusqu'à 2,37 m/sec soit 14 distances de 10 mètres en une minute.



L'augmentation de la vitesse rythmée par la cassette est précédée d'un triple bip sonore. Un bip simple signale au patient qu'il doit être arrivé au plot pour faire demi-tour. Lors de ce test tout encouragement est proscrit, contrairement au test de marche de 6 minutes où les encouragements existent même s'ils sont particulièrement standardisés.

Pour aider le patient à gérer sa vitesse, l'examineur peut marcher derrière lui pendant la première minute (minute durant laquelle la plupart de patients ont tendance à marcher trop vite), de manière à leur apprendre à suivre le rythme de la cassette.

Le test prend fin lorsque le patient n'arrive plus à suivre le rythme imposé par la cassette, ou quand sa fréquence cardiaque atteint 80% de sa fréquence cardiaque maximale.

#### IV) LE TEST DE LA NAVETTE EN ENDURANCE

A partir de l'ISWT, un deuxième test s'est développé (116) : « The Endurance Shuttle Walk Test » est également appelé Epreuve d'Effort à charge constante, ou Epreuve d'Effort Rectangulaire. Elle se rapproche bien plus des activités réalisées au quotidien par les patients.

Ce test utilise la performance atteinte lors de l'ISWT pour faire marcher le patient à une vitesse imposée correspondant à 85% de la vitesse maximale atteinte. Le patient marche également entre 2 plots, et suit le rythme imposé par un cd ou une cassette-audio. Le même principe de Bip lui permet de savoir à quel moment il doit atteindre le plot. Par contre, il n'y a, bien entendu, plus le triple bip indiquant la modification de la vitesse.

Ambrosino confirment la supériorité de ce test sur l'ISWT pour évaluer un programme de réentraînement à l'effort, qui améliore surtout l'aptitude endurante à l'effort. (117).

Le principal inconvénient de ce test est la nécessité de réaliser l'ISWT, ce qui alourdit le bilan. Son principal avantage est une reproductibilité améliorée par rapport au test de marche de 6 minutes du fait que le rythme est imposé.

#### V) LE TEST D'ENDURANCE SUR ERGOCYCLE

Dans le même esprit que l' « endurance shuttle walk test », a été créé le test d'endurance sur ergocycle ou sur tapis de course.

Ce test nécessite comme pré requis la réalisation d'une épreuve d'effort maximale qui permettra de fixer la puissance de travail du test et d'éliminer d'éventuelles contre-indications à l'effort.

D'usage récent dans l'évaluation des patients atteints de BPCO, ce test est de plus en plus utilisé depuis que différentes études ont démontré sa supériorité pour détecter une amélioration des capacités à l'exercice après différentes thérapeutiques (59,110,111,118-123). Nous nous intéresserons ici uniquement au test réalisé sur ergocycle.

### 1) Conditions de réalisation

Dans la mesure où ce type de test est réalisé après un examen clinique et une épreuve d'effort permettant de détecter d'éventuelles contre-indications à l'effort, le test d'endurance, épreuve d'effort sous maximale, peut facilement être réalisé à domicile par une personne habilitée (kinésithérapeute, entraîneur sportif, etc.)

### 2) Protocole

Le test est réalisé après une période de repos. Le patient pédale initialement 1 à 3 minutes à 30% de la puissance maximale atteinte à l'épreuve d'effort.

L'épreuve est ensuite poursuivie à une puissance comprise entre 60 et 85% de la puissance maximale mesurée au préalable chez le patient. Il est dit au patient de poursuivre l'exercice autant de temps que possible et de ne s'arrêter que quand la dyspnée devenait intolérable ou la fatigue empêchait de maintenir une cadence de pédalage suffisante. Des encouragements peuvent être donnés toutes les 2 minutes.

Dans certaines études, si le test d'endurance dépasse 15 minutes, l'observateur met fin à l'épreuve (122). Certains considèrent en effet qu'après 15 minutes, le patient risque de trouver l'épreuve ennuyante et que cela peut intervenir dans sa décision d'arrêter, de façon consciente ou non.

### 3) Critères d'arrêt

Tout comme les autres épreuves d'exercice, le test doit être stoppé en cas de : douleur thoracique, de dyspnée majeure, de crampes dans les jambes, de transpiration abondante et de pâleur extrême.

### 4) Interprétation

Plus que la durée en valeur absolue du test, c'est l'évolution de cette durée qui est intéressante. Cependant certains auteurs suggèrent que le test d'endurance initial doit être entre 4 et 7 minutes pour pouvoir être interprété (83).

Certains auteurs estiment en outre qu'il existe un temps maximal à partir duquel le test n'est pas interprétable. Ainsi, dans certaines études, le test a été arrêté au bout de 20 (108) voire 15 minutes (124).

Ces tests ont montré une réponse aux traitements bronchodilatateurs (110,111,118,121), à la ventilation non invasive (122), à l'oxygène (125) et aux programmes de réhabilitation respiratoire (59,76,108,118,120,123).

Le test d'endurance semble être plus sensible pour montrer une amélioration des capacités à l'effort après un programme de réhabilitation que le test de marche de 6 minutes (108,118-120,123).

Enfin, ce test a prouvé sa fiabilité et sa reproductibilité à 75% de la puissance maximale réalisée à l'épreuve d'effort maximale, valeur choisie pour notre étude (124).

#### ***Différence cliniquement significative***

Casaburi a proposé en 2005 qu'une augmentation de plus de 105 secondes (1,75 minutes) du test d'endurance soit considérée comme cliniquement significative (83). Cette proposition repose sur des études concernant l'efficacité des traitements bronchodilatateurs sur le temps d'exercice en endurance (110,121).

Dans l'étude de Laviolette (123), l'augmentation de 100 à 200 secondes apparaît comme cliniquement significative (1,66 à 3,33 minutes).

## **II. TRAVAIL PERSONNEL**

# A/ MATERIEL ET METHODES

## I. Présentation du Réseau Insuffisance Respiratoire Lorraine

Le Réseau Insuffisance Respiratoire Lorraine (RIRLorraine) est une association régie par la loi du 1<sup>er</sup> juillet 1901 créée par le Pr Jean Marie Pollu en 2001. Véritable réseau de Soins de l'Insuffisance Respiratoire, le RIRLorraine associe en partenariat, sur la base du volontariat, les établissements de santé identifiés pour leur activité pneumologique, les pneumologues libéraux de Lorraine, des médecins généralistes volontaires, kinésithérapeutes, infirmières, psychologues et des prestataires de service.

### 1) Champ d'activité

Le champ d'application du Réseau concerne la prévention et le traitement de l'insuffisance respiratoire chronique d'étiologies diverses (bronchite chronique, emphysème, asthme, dilatation des bronches, pneumoconiose, syndromes d'apnées du sommeil ...), soit une population initiale prévue de plus de 3 000 patients.

### 2) Principaux objectifs

Les participants au Réseau ont pour objectifs la prévention, l'amélioration de la continuité, de la coordination et de la qualité des soins des patients insuffisants respiratoires, de la prise en charge hospitalière au suivi à domicile.

Les principaux objectifs du Réseau sont :

- *l'organisation de la prise en charge* des patients insuffisants respiratoires pour des soins de qualité au plus près de leur domicile avec une utilisation optimale des moyens diagnostiques et thérapeutiques,
- *la prévention et le dépistage* précoce des affections pouvant conduire à l'insuffisance respiratoire,
- *la collaboration*, au sein du Réseau, de centres permettant une graduation et une continuité des soins,

- **le transfert précoce** des patients au centre adapté à la prise en charge de sa pathologie avec la garantie de son retour privilégié au centre qui l'a transféré,
- l'établissement de **référentiels diagnostiques et thérapeutiques** définis en commun, s'appuyant sur des références nationales et internationales dans le but d'harmoniser les pratiques médicales, constituant ainsi un guide de bonnes pratiques de la prise en charge de l'insuffisance respiratoire,
- la mise en place de **procédures** pour favoriser, dans la mesure du possible, la proximité des soins,
- la mise en place d'un **système d'information régional** commun avec un serveur central permettant le transfert, dans un Dossier Médical Commun partagé, des informations utiles à la prise en charge du patient et la diffusion de l'information médicale dans le cadre de la formation des professionnels de santé,
- une **contribution à la formation** continue des personnels médicaux ou non faisant partie du Réseau, à la formation des personnels de santé au diagnostic et à la prise en charge optimale des insuffisances respiratoires et des pathologies pouvant y conduire,
- une **contribution au développement** de la recherche clinique,
- la mise en place de **procédures d'évaluation**.

### 3) Organisation du réseau

Le Réseau comprend :

- **des centres de proximité** correspondant aux pneumologues libéraux ou à un établissement de soins proches du lieu d'habitation du patient, possédant les moyens techniques nécessaires pour la prise en charge des situations diagnostiques et thérapeutiques standards ainsi que du suivi des patients. Ils sont liés par convention avec un ou plusieurs centres spécialisés,
- **des centres spécialisés** correspondant aux hôpitaux publics et privés qui réunissent les moyens humains et techniques nécessaires à des situations de diagnostic et de thérapeutique plus complexes. Ils sont liés par convention avec plusieurs centres de proximité et avec au moins un centre référent,
- **un centre référent** (ou des centres référents) correspondant aux hôpitaux publics et privés qui réunissent les moyens humains et techniques nécessaires à la prise en charge de toutes les situations diagnostiques ou thérapeutiques de l'insuffisance respiratoire. Ils sont liés par convention avec plusieurs centres spécialisés ou de proximité,

*- des membres associés :*

*Des médecins généralistes* volontaires s'engageant à respecter le Cahier des Charges, prévoyant de passer convention avec au moins un centre de proximité. Ils s'engagent à respecter les objectifs définis dans la Convention Constitutive.

*Des centres de rééducation fonctionnelle*, de réentraînement à l'exercice et d'éducation des patients, l'adhésion d'autres membres associés est envisagée conformément à l'article 6 de la convention constitutive.

Pour chaque patient un responsable médical, choisi par le patient lui-même, sera désigné. Son rôle sera de coordonner la prise en charge du patient, son information et sa formation.

4) Financements du programme de réhabilitation respiratoire

L'un des programmes du RIR Lorraine concerne la réhabilitation respiratoire. Il est financé depuis 2006 par l'intermédiaire du Fonds d'Intervention pour la Qualité et la Coordination des Soins (FIQCS).

II. Protocole de réhabilitation respiratoire au sein du réseau :
--

Le protocole, toujours en cours actuellement, est avant tout un protocole de soin, destiné à organiser la réhabilitation respiratoire en Lorraine et à la proposer au plus grand nombre de patients de la région.

Il se déroule tel que nous le décrivons dans ce chapitre. Notons que notre étude ne concerne que les patients souffrant de BPCO et ayant atteint au moins une année de réhabilitation complète.

Les patients sont adressés au réseau par leur pneumologue qui transmet une demande informatisée d'inclusion au réseau. Ces demandes sont disponibles sur le site Internet du RIR Lorraine.

Chaque demande est transmise au secrétariat du RIR Lorraine par voie informatique cryptée, validée ensuite par le médecin coordinateur. Le médecin prescripteur est ensuite avisé par voie informatique cryptée de la décision et du numéro d'inclusion de son patient au sein du réseau.

Le patient reçoit un avis de consentement éclairé qu'il doit retourner signé au réseau

### 1) Critères d'inclusion

Les critères d'inclusion au sein du réseau sont les suivants :  
patient souffrant d'une BPCO, d'une mucoviscidose, d'une dilatation des bronches ou de toute maladie respiratoire chronique compliquée d'une dyspnée d'effort.

### 2) Critères d'exclusion

Les critères d'exclusion comportent :

- pathologies cardiovasculaires :
  - insuffisance cardiaque non contrôlée
  - angine de poitrine instable
  - troubles du rythme cardiaque à l'effort
  - infarctus du myocarde de moins de 3 mois
  - HTA non contrôlée
- pathologies respiratoires :
  - décompensation respiratoire résolue de moins de 15 jours
  - embolie pulmonaire de moins de 3 mois
- pathologies de l'appareil locomoteur
  - arthropathie invalidante
  - chirurgie orthopédique récente
  - tendinite active
- pathologies neuropsychiatriques
  - non coopération
  - non compréhension
  - troubles de l'équilibre
  - comitialité non contrôlée

### 3) Bilan initial

L'évaluation initiale doit être effectuée par des personnes expérimentées, dans une structure disposant du matériel adéquat et assurant la sécurité indispensable.

Le bilan d'évaluation initial comprend:

- les renseignements administratifs concernant le patient : nom, prénom, sexe, date de naissance, adresse, médecin traitant, pneumologue habituel, entourage familial, tabagisme, diagnostic principal,

- la mesure de la dyspnée par l'échelle du Medical Council Research (126,127) modifiée (cf annexe A),
- un relevé des exacerbations et des hospitalisations pendant l'année précédant l'inclusion,
- les gaz du sang artériels au repos, sous oxygène si besoin,
- les explorations fonctionnelles respiratoires (post bronchodilatateurs si possible, sous oxygène si besoin) avec : la capacité vitale, le VEMS, le rapport VEMS/CVF, la capacité pulmonaire totale, le volume résiduel, le rapport VR/CPT,
- la mesure des pressions inspiratoire et expiratoire maximales à la bouche tel que recommandée par la Société de Pneumologie de Langue Française (SPLF) (42),
- le test de marche de six minutes (sous oxygène si besoin) (99),
- l'épreuve d'effort maximale comportant : la puissance maximale atteinte, le seuil ventilatoire, la fréquence cardiaque au repos et au maximum de l'effort, la tension artérielle au repos et au maximum de l'effort, la VO<sub>2</sub> max, la VO<sub>2</sub> au seuil ventilatoire, la dyspnée au repos et au maximum de l'effort selon l'échelle de Borg (81) (cf annexe B),
- l'épreuve d'endurance à 75% de la puissance maximale réalisée à l'épreuve d'effort (79),
- le questionnaire de Saint George (128,129) (cf annexe C),
- le questionnaire de Beck (130) (cf annexe D).
- la mesure de la force musculaire des membres supérieurs et des membres inférieurs tel que recommandée par la SPLF (42) (optionnel),
- l'index de Bode (20).

Les examens ou questionnaires suivants étaient réalisés par le prestataire au domicile du patient : épreuve d'endurance, questionnaire de Saint George et questionnaire de Beck. Le reste était organisé par le pneumologue référent du patient, en hospitalisation ou en consultation.

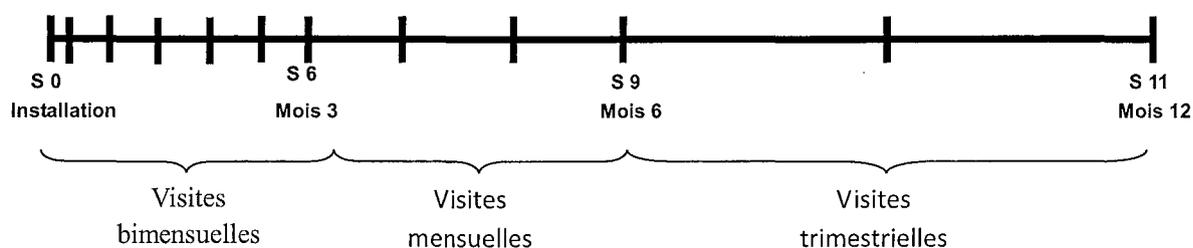
L'épreuve d'effort permet, outre d'évaluer le niveau de réentraînement nécessaire à chaque patient, d'éliminer d'éventuelles contre-indications à l'effort, notamment d'ordre cardiologique, non repérées lors d'un simple interrogatoire et examen clinique. L'inclusion du patient peut, à cette occasion, être remise en question afin d'assurer la sécurité de chacun. D'autres examens peuvent être envisagés en cas de doute sur une éventuelle contre-indication au réentraînement.

Une fois l'inclusion validée, le patient reçoit un certificat d'adhésion au réseau, à faire valoir auprès de son médecin conseil de la sécurité sociale et/ou auprès de sa mutuelle pour l'aider dans l'achat de son matériel (ergocycle et cardiofréquence mètre) si nécessaire. Notons que l'achat du matériel est proposé après 3 mois de réentraînement.

#### 4) L'appareillage à domicile, place des prestataires de service

Après validation par le médecin coordonnateur, les patients inclus sont appareillés et suivis à domicile par un prestataire de service, choisi par le pneumologue prescripteur, agréé par le réseau après formation de ses personnels et signature d'une charte de bonnes pratiques.

Sur le schéma ci-dessous est représenté le rythme de visite des prestataires au domicile du patient :



Les prestataires intervenant à domicile doivent justifier des formations suivantes :

a. En terme de formation initiale :

- d'un diplôme paramédical (IDE ou Kinésithérapie),
- d'une Maîtrise ou Master 1 STAPS option APA (Activités Physiques Adaptées).

b. En terme de formation continue :

- formation à la réhabilitation respiratoire dispensée par un centre habilité,
- formation à la réhabilitation respiratoire dispensée par la commission réhabilitation respiratoire à domicile du RIR Lorraine,

- formation à la dispensation de l'oxygène : attestation « Bonnes Pratiques de dispensation de l'Oxygène » délivrée par le Pharmacien Responsable de la société d'assistance respiratoire à domicile employant l'intervenant.

D'autre part, les intervenants doivent :

- connaître et maîtriser la physiopathologie de l'appareil respiratoire,
- connaître et maîtriser les adaptations physiologiques (cardiaques et respiratoires) à l'exercice aigu et chronique.

Leurs missions de l'intervenant sont les suivantes :

- installation du matériel de réentraînement,
- instruction et vérification de la bonne assimilation des consignes de sécurité,
- instruction au matériel et au protocole de réentraînement préconisé,
- supervision de la séance de réentraînement,
- explications des paramètres mesurés lors de la séance,
- réalisation du questionnaire de qualité de vie : questionnaire de St George, périodicité : inclusion, 3, 6, 9 et 12 mois.
- réalisation d'un test d'endurance : 75% de la puissance maximale, test réalisé à l'inclusion, 3, 6, 9 et 12 mois.
- compte rendu détaillé au médecin coordonnateur, au médecin prescripteur et au médecin traitant

Le patient est équipé à domicile d'un ergocycle :



Cycloergomètre Kettler 0X1 PRO.

Le patient est également équipé d'un cardiofréquencemètre et d'un Mobile NOKIA 5140.

#### 5) La réhabilitation respiratoire en pratique à domicile

Le programme est principalement centré sur le réentraînement à l'effort. Cependant les patients peuvent bénéficier, sur prescription de leurs pneumologues, de séances de kinésithérapie respiratoire et de renforcement musculaire ou d'activité physique adaptée, en partie financées par le réseau pour les praticiens libéraux.

Ils peuvent également suivre des séances d'enseignement thérapeutique financées par le réseau pour les professionnels de santé libéraux.

Enfin, la participation à un groupe de parole ou de relaxation, géré par un psychologue, ou encore une prise en charge psychologique individuelle adaptée sont également pris en charge financièrement par le réseau en cas de désir du patient.

À l'issue de l'évaluation initiale, la prescription pour le réentraînement comporte :

- le nombre de séances hebdomadaires : le réseau recommande 3 exercices par semaine de 50 min, en créneau au seuil ventilatoire, ou 5 exercices de 35 min.
- les valeurs cibles (fréquences cardiaques cibles de repos et d'effort, niveau de puissance),
- le débit d'oxygène éventuellement nécessaire (en l'état des connaissances, pour des séances à domicile, on recommande un débit d'oxygène qui assure le maintien d'une SpO<sub>2</sub> supérieure à 90 %), ce débit étant fixé par le médecin lors de l'évaluation et ne devant pas être modifié par le patient ni par l'examineur.
- le schéma de progression.
- les critères d'arrêt (élévation au dessus de la valeur limite de la valeur définie de la fréquence cardiaque, douleur thoracique, pâleur, sueurs, malaise, palpitations)

#### 6) Le suivi médical et paramédical

Les suivis médicaux et paramédicaux à domicile sont standardisés et transmis au réseau par voie informatisée sécurisée.

Le prestataire effectue 1 visite tous les 15 jours au premier trimestre, 1 visite par mois au second trimestre, une visite trimestrielle au second semestre. Il rend compte de chaque visite par lettre informatisée.

Les évaluations comportent :

- une évaluation pneumologique à 0, 3, 6 et 12 mois : mesure de la dyspnée MMRC, EFR, gazométrie artérielle, test de marche de 6 minutes et comptabilisation des exacerbations et des éventuelles hospitalisations pour exacerbation survenues entre chaque visite.
- Une visite du prestataire à 0, 3, 6, 9 et 12 mois : test d'endurance à 75% de la puissance maximale, une évaluation de la qualité de vie par le questionnaire de Saint Georges et de l'anxiété et de la dépression par le questionnaire de Beck.

Notons que les tests peuvent être réalisés sous oxygène, mais doivent être réalisés dans les mêmes conditions qu'à J0, même si le patient a été mis sous oxygène au cours du suivi.

Le test de marche de 6 minutes doit être réalisé conformément aux recommandations de l'ATS (99). Il est réalisé soit en hospitalisation (chez les patients réévalués en hospitalisation de journée) par le kinésithérapeute du service, soit lors de la consultation, par le médecin pneumologue, s'il dispose des conditions nécessaires à la réalisation du test.

Le test d'endurance comporte une phase de 3 à 5 minutes d'échauffement à moins de 50% de la puissance prévue pour le test (79,82). Le prestataire reste à proximité du patient durant toute la durée de l'épreuve. Le protocole ne prévoit pas de durée limite à partir de laquelle l'épreuve est arrêtée par l'examineur, comme c'est le cas dans certaines études (108,124).

### III. Présentation des différents centres, description des stages hospitaliers initiaux

Dans la grande majorité des cas, la réhabilitation débute directement à domicile. Cependant, quelques patients sont inclus juste après un programme de réhabilitation respiratoire proposé par le pneumologue référent du patient en hospitalisation complète ou en hospitalisation partielle.

Ainsi, les pneumologues de l'hôpital de Thionville (département 57) proposent quelques séances (de 2 à 6 séances si nécessaire) de réentraînement sur ergocycle en hospitalisation de jour avant le réentraînement à domicile.

Les pneumologues de l'hôpital d'Epinal, de l'hôpital de Remiremont (département 88) et de Bar-le-Duc (département 55) proposent environ 20 séances de réentraînement à l'effort sur ergocycle à l'hôpital avec, également un réentraînement des muscles supérieurs, l'apprentissage des techniques de drainage bronchique et de relaxation.

A Nancy, les pneumologues du CHU de Brabois (département 54) proposent une semaine d'hospitalisation complète pour se familiariser au réentraînement, à répéter si besoin. Lors de cette semaine, un entretien d'éducation thérapeutique est réalisé, de même qu'une prise en charge psychologique, et une consultation auprès d'un tabacologue et d'un diététicien si besoin.

Toujours dans l'agglomération nancéenne, les pneumologues de la clinique de Saint Don (département 54) proposent un stage de 20 séances avec : réentraînement à l'effort sur ergocycle, réentraînement des muscles spécifiques, séances d'éducation thérapeutique, apprentissage respiratoire des activités de la vie journalière et des techniques de relaxation, prise en charge psychologique individuelle ou par l'intermédiaire de groupes de paroles, et prise en charge sociale si nécessaire.

#### IV. Description de l'analyse statistique

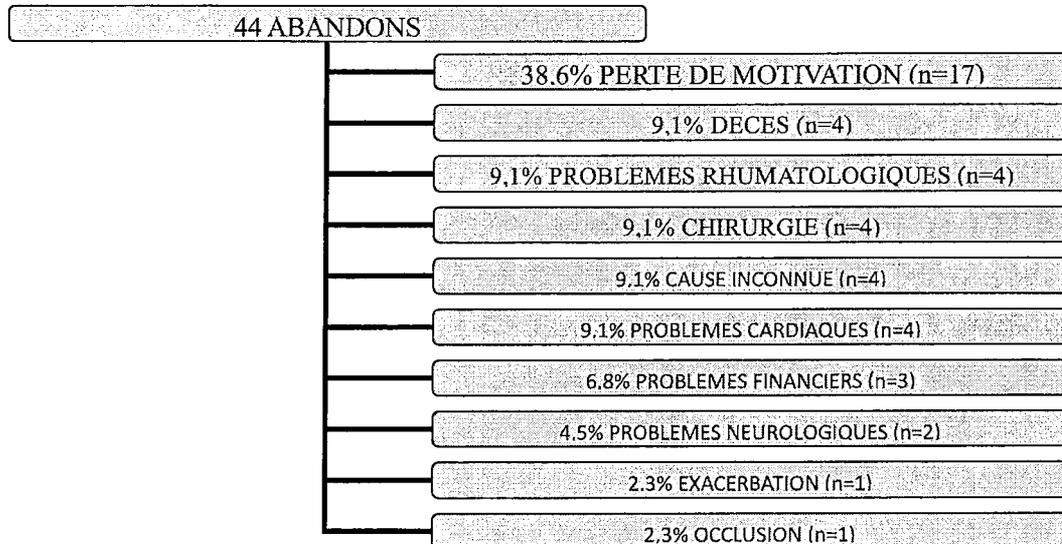
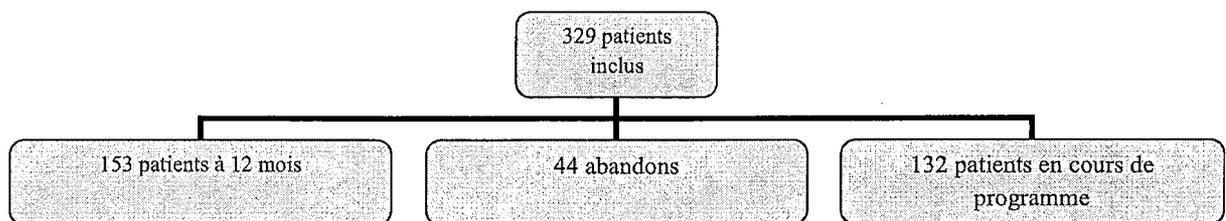
Les données sont exprimées en moyennes +/- écart type. Les différences ont été considérées comme significatives lorsque le p était inférieur à 0,05.

L'évolution des différents paramètres a été analysée par le test de Friedman. Pour les calculs de corrélation, nous avons utilisé le test de Spearman et le test de Pearson.

Enfin, les différents sous-groupes ont été comparés par l'intermédiaire du test de Mann-Whitney.

## B/ RESULTATS

Sur les 329 patients atteints de BPCO inclus dans le réseau, 132 sont toujours en cours de suivi. Parmi les 197 patients restants, 44 ont abandonnés le programme devant une perte de motivation (17 patients), d'un décès (4 patients) ou d'autres problèmes de santé empêchant le réentraînement (problèmes articulaires, problèmes cardiaques, etc.).



Chez les 153 patients suivis jusque 12 mois, toutes les données n'ont pu être recueillies : par exemple, à 12 mois, la dyspnée n'a été recueillie que chez 111 patients, le test de marche de 6 minutes a été réalisé chez 114 patients, le test d'endurance chez 123 patients.

De même les questionnaires de qualité de vie et de dépression n'ont pas été systématiquement remplis par les patients (124 questionnaires de Saint George, 121 questionnaires de Beck à 12 mois).

Enfin, pour permettre l'analyse comparative de ces données au cours du temps, nous avons été contraints d'utiliser uniquement les données des patients pour lesquels toutes les mesures de la donnée concernée avait été recueillie. Ainsi, l'évolution de la dyspnée n'a pu être étudiée que sur 80 patients et le score de BODE sur 69 patients (pour certains patients l'une des données suivantes : EFR, dyspnée ou test de marche de 6 minutes manquait, ce qui rendait impossible le calcul du score de BODE). De même, les questionnaires de Saint George et de Beck ont été suivis correctement chez 109 patients, le test de marche de 6 minutes chez 77 patients et le test d'endurance chez 117 patients.

Les données manquantes correspondent le plus souvent aux bilans médicaux prévus à 3, 6 et 12 mois. Ces bilans ont soit été omis par les médecins prescripteurs soit non honorés par les patients. Le suivi à domicile par les prestataires a été plus facile à organiser.

Concernant les patients décédés en cours de programme (sur les 329 patients inclus) : un décès est secondaire à une embolie pulmonaire massive entre le 3ème et le 6ème mois, un autre est survenu dans les suites d'une pneumonie entre le 6ème et le 9ème mois et 2 patients sont décédés sans que l'on ait pu en connaître la cause entre le 6ème et le 9ème mois.

Notons qu'aucun décès ni malaise grave n'a été rapporté au cours du réentraînement à l'effort à domicile.

## I) DESCRIPTION DE LA POPULATION INCLUSE

En juin 2009, le RIRLorraine comptabilise 329 patients atteint de BPCO inclus dans le protocole réhabilitation respiratoire. Notre étude et tous les chiffres ci-dessous portent sur les 153 patients ayant terminé leur suivi à 12 mois.

### 1) Données socio-démographiques

L'âge moyen de cette population est de 61,2 ans (écart-type 9,4), 27% sont des femmes, 73% des hommes. L'index de masse corporelle moyen est de 25,7 kg/m<sup>2</sup> (écart-type 4,64).

Dans cette population les antécédents se répartissent comme suit :

ANTECEDENTS	POURCENTAGE
Hypertension artérielle	14,4% (n=22)
Cardiopathie (ischémique, rythmique, valvulaires, CMH, etc.)	8,5% (n=13)
Syndrome d'apnées obstructives du sommeil	8,5% (n=13)
Diabète de type II	7,2% (n=11)
Chirurgie thoracique (lobectomie, pneumonectomie, thoracoplastie)	4,6% (n=7)
Asthme	3,9% (n=6)
Dilatation des bronches	2,6% (n=4)
Néoplasie pulmonaire	2,6% (n=4)
Néoplasie autre (prostate, vessie, côlon, etc.)	2% (n=3)
Tuberculose pulmonaire	1,3% (n=2)
Maladies professionnelles (silicose, asbestose, sidérose)	1,3% (n=2)

Concernant le tabagisme des patients à l'inclusion :

TABAGISME	POURCENTAGE
Anciens fumeurs	82,4% (n=126)
Fumeurs actifs	9,8% (n=15)
Non fumeurs	7,8% (n=12)

Le choix des prestataires à domicile s'est fait selon la répartition suivante :

AGEVIE	50,3% (n=77)
AUXILIA	36,6% (n=56)
VITALAIRE	11,8% (n=18)
AIRPRODUCTS	1,3% (n=2)

## 2) Exacerbations et hospitalisations

A l'inclusion le protocole prévoit de comptabiliser le nombre d'exacerbations dans l'année précédant l'inclusion ainsi que le nombre d'hospitalisations en rapport avec une exacerbation et la durée totale de ces hospitalisations.

Les données sont résumées dans le tableau suivant :

	N	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type	Variance
Nombre d'exacerbations dans l'année précédente	153	0	10	1,52	1,58	2,5
Nombre d'hospitalisations pour exacerbation dans l'année précédente	153	0	4	0,25	0,6	0,36

La durée d'hospitalisation dans l'année précédente était en moyenne de 15,1 jours.

## 3) Dyspnée, données fonctionnelles respiratoires et stades de gravité de la BPCO

Concernant la dyspnée, les explorations fonctionnelles respiratoires (EFR) et la gazométrie artérielle, la population étudiée présente les caractéristiques suivantes :

	N	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type	Variance
DYSPNEE (échelle MMRC)	153	0	4	2,52	0,89	0,79

EFR	N	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type	Variance
CV (l)	153	1,2	5,7	2,9	0,95	0,9
CV (%)	153	32	146	79,6	21,2	450,7
VEMS (l)	153	0,41	3,3	1,44	0,66	0,44
VEMS (%)	153	16	126	49,7	21,3	452,5
VEMS/CV (%)	153	20	98	48,9	14,7	216,4
CPT (l)	153	3,8	11,9	7,3	1,6	2,5
CPT (%)	152	52	199	119,4	24,8	613,9
VR (l)	153	1,1	10,1	4,1	1,5	2,29
VR (%)	152	23	439	184,6	69,8	4866,1
VR/CPT (%)	153	13	86	55,2	13,1	171,6
TLCO/VA (%)	75	2	116	61,7	24,9	621,7

CV, Capacité Vitale ; VEMS, Volume Expiratoire Maximum Seconde ; CPT, Capacité Pulmonaire Totale ; VR, Volume Résiduel ; TLCO, capacité pulmonaire de transfert du monoxyde de carbone ; VA, Ventilation Alvéolaire.

Gaz du sang artériel	N	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type	Variance
pH (mmHg)	150	7,35	7,48	7,41	0,03	0,001
pCO2 (mmHg)	150	29	59	39,2	4,8	23,3
pO2 (mmHg)	150	44	107	71,7	11,7	136,3
SaO2 (%)	150	82	99	93,9	2,8	7,7

pCO2, pression artérielle en dioxyde de carbone ; pO2, pression artérielle en oxygène ; SaO2, saturation artérielle en oxygène.

Concernant la gravité de la BPCO :

Stade BPCO (classification de Gold)	Stade I	Stade II	Stade III	Stade IV
	10,5% (n=16)	31,4% (n=48)	41,8% (n=64)	16,3% (n=25)

Score de BODE	BODE 0-2	BODE 3-4	BODE 5-6	BODE 7-9
	32% (n=49)	34% (n=52)	26,2% (n=40)	7,8% (n=12)

### 3) Capacités à l'effort

Les capacités à l'effort ont été étudiées par l'épreuve d'effort maximale, le test de marche de 6 minutes et le test d'endurance. Les données à J0 sont les suivantes :

EPREUVE D'EFFORT	N	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type	Variance
puissance maximale (watts)	151	25	180	80,1	29,2	855
VO2 max (mL/Kg/min)	110	0,4	17,6	1,4	1,6	2,7
VO2 seuil ventilatoire (mL/Kg/min)	97	0,4	3	0,9	0,4	0,15
Puissance au seuil ventilatoire (watts)	132	10	140	52,3	22,2	493,6
SpO2 à l'effort (%)	143	73	100	92	4,6	21,5
Dyspnée à l'effort (échelle de Borg)	110	0	10	8,2	1,5	2,2
Tension artérielle systolique à l'effort (mmHg)	146	115	240	174,4	25,8	665
Tension artérielle diastolique à l'effort (mmHg)	145	50	123	89	12,7	161,6
Fréquence cardiaque à l'effort (bpm)	153	60	177	130,5	17,6	311,2
Fréquence cardiaque au seuil ventilatoire (bpm)	134	79	157	113,5	15	223,9

SpO2, saturation transcutanée en oxygène.

	N	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type	Variance
TM6 distance parcourue(m)	153	120	645	443,2	101,4	10275,6
Test d'endurance (min)	149	1	41	8,9	7,4	54,9

TM6, test de marche de 6 minutes.

### 5) Qualité de vie, anxiété, dépression

La qualité de vie, l'anxiété et la dépression ont été mesurées par les questionnaires de Saint George et le questionnaire de Beck. Les données à l'inclusion sont exposées ci-dessous :

	N	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type	Variance
Questionnaire de Beck	149	0	25	4,5	5,1	25,9
Questionnaire de Saint George (SGRQ) total	150	3,1	87,6	46,1	15,2	230,5
SGRQ Symptômes	144	3	88	51,2	19,2	370,5
SGRQ Activités	143	11,9	100	64,1	18,7	351,7
SGRQ Impact	143	1,6	92,5	34	17,2	296,1

## II) ETUDE DESCRIPTIVE, ETUDE COMPARATIVE

Les tableaux encadrés en pointillés sont uniquement descriptifs : on y retrouve les moyennes recueillies de toutes les valeurs recueillies pour chaque paramètre étudié à J0 et à M12.

Dans les tableaux encadrés par une ligne pleine, nous n'avons pris en compte, pour un paramètre, uniquement les patients pour lesquels ce paramètre a été rapporté à tous les contrôles. Ces valeurs nous ont permis de réaliser une étude comparative par l'intermédiaire du test de Friedman.

Toutes les valeurs sont exprimées en moyenne (écart-type).

### 1) Exacerbations, hospitalisations

Le nombre d'exacerbations reste à peu près stable au cours du suivi. Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre J0 et M12. Le nombre d'hospitalisations pour exacerbations semble diminuer de manière statistiquement significative ( $p < 0,0001$ ). Notons que les moyennes rapportées ci-dessous proviennent uniquement des 79 patients pour lesquels toutes les données concernant les hospitalisations ont été rapportées.

	J0	M12
Nombre d'exacerbations	1,52 (1,58)	1,72 (1,73)
Nombre d'hospitalisation	0,25 (0,6)	0,1 (0,3)*

\* $p < 0,0001$

2) Évolution de la dyspnée, des épreuves fonctionnelles respiratoires et de la gazométrie artérielle

Voici les valeurs moyennes recueillies pour la dyspnée à chaque visite dans toute la population suivie jusqu'à M12.

	J0	M12
Dyspnée (échelle MMRC)	2,52 (0,89)	1,95 (1,22)

La dyspnée diminue de manière significative avec le réentraînement ( $p < 0,0001$ ). Seuls 80 patients sur les 153 suivis jusqu'à M12 ont évalué leur dyspnée à tous les contrôles. Leur score de dyspnée (échelle MMRC) évolue de la manière suivante :

	J0	M3	M6	M12
Dyspnée	2,4 (0,9)	1,9 (1,1)*	1,8 (1)*	1,7 (1,2)*

\* $p < 0,0001$

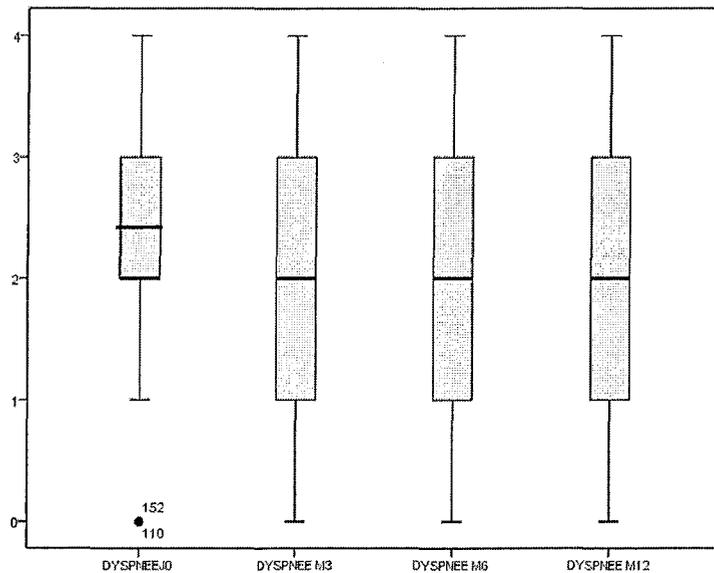


Fig.1 Évolution de la dyspnée à J0, M3, M6 et M12

Les paramètres mesurés par l'exploration fonctionnelle respiratoire ne sont pas significativement modifiés par le réentraînement à l'effort à domicile.

	J0	M12
CVF (L)	2,9 (0,95)	2,9 (0,99)
CVF (% de la valeur prédite)	79,6 (21,2)	81,7 (23,9)
VEMS (L)	1,4 (0,66)	1,43 (0,66)
VEMS (% de la valeur prédite)	49,7 (21,3)	50,4 (21,5)
VEMS/CVF (%)	48,9 (14,7)	48,3 (14,3)
CPT (L)	7,3 (1,6)	7,8 (4,7)
CPT (% de la valeur prédite)	119,4 (24,8)	120,9 (20,8)
VR/CPT (%)	55,2 (13,1)	57,2 (14,8)

Gaz du sang :

	J0	M12
pH	7,41 (0,026)	7,42 (0,027)
paO2 (mmHg)	71,7 (11,7)	71 (12,6)
paCO2 (mmHg)	39,2 (4,8)	39,1 (4,9)

### 3) Évolution du score BODE

	J0	M12
Score de BODE	3,6 (1,96)	3,1 (2,1)

Le score de BODE, score ayant prouvé son intérêt prédictif dans la mortalité, diminue au cours de la réhabilitation. Sur les 69 patients chez lesquels le score a été calculé à chaque contrôle, la différence est significative entre J0 et M3 ( $p < 0,0001$ ) et se stabilise par la suite.

	J0	M3	M6	M12
Score de BODE	3,4 (1,8)	2,9 (2)*	2,8 (2)*	2,7 (2)*

\* $p < 0,0001$

### 4) Évolution des capacités à l'effort

Les paramètres mesurés par l'épreuve d'effort maximale ne sont pas modifiés par le réentraînement à l'effort contrairement aux test de marche de 6 minutes et test d'endurance sur ergocycle qui sont, eux, significativement améliorés par le programme.

Voici les moyennes des données recueillies à chaque visite pour la population suivie jusque M12 :

	J0	M12
Puissance maximale réalisée à l'épreuve d'effort (watts)	80,1 (29,2)	80,8 (35,8)
Distance parcourue au TM6 (m)	443 (101,4)	480 (120,4)
Test d'endurance (s)	8,8 (7,41)	22,3 (16,5)

### Évolution du test de marche de 6 minutes (TM6)

Sur les 77 patients ayant fait tous les tests de marche requis, la distance parcourue augmente de manière significative au bout de 3 mois ( $p < 0,0001$ ), puis a tendance à se stabiliser. La différence est en moyenne de 42 mètres, ce qui est statistiquement significatif, mais pas cliniquement, le seuil de significativité clinique étant habituellement fixé à 54 mètres.

	J0	M3	M6	M12
TM6 distance parcourue (m)	455,6 (91)*	488,3 (113,6)*	497 (124,5)*	497,9 (126)*

\* $p < 0,0001$

L'amélioration semble être importante entre J0 et M3 et se stabiliser par la suite.

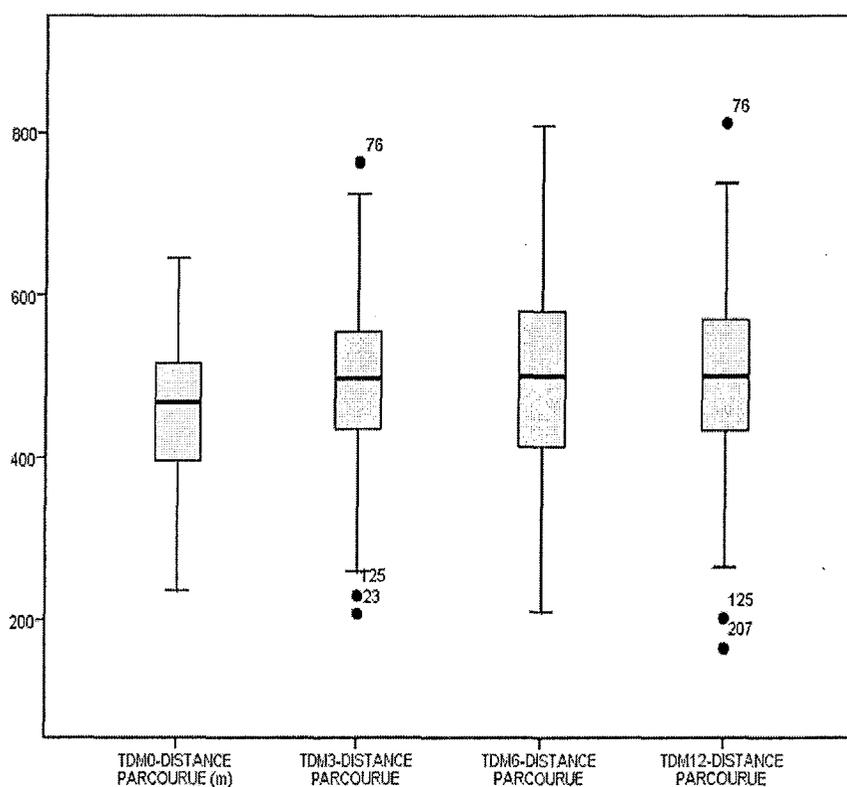


Fig.2 Évolution de la distance parcourue au test de marche de 6 minutes à J0, M3, M6 et M12.

### Évolution du test d'endurance sur ergocycle

117 patients ont réalisé tous les tests d'endurance préconisés dans le protocole entre J0 et M12.

L'augmentation du temps d'endurance est statistiquement significative ( $p < 0,0001$ ) au cours du programme de réhabilitation respiratoire : cette augmentation est majeure, puisqu'elle est en moyenne de 14,6 minutes.

Cette différence est également cliniquement significative puisqu'elle dépasse 100 à 200 millisecondes soit 1,66 à 3,33 minutes.

	J0	M3	M6	M9	M12
Temps d'endurance (min)	8,2 (6,4)	17,6 (12,4)*	20,7 (15)*	20,1 (14,7)*	22,8 (16,4)*

\* $p < 0,0001$

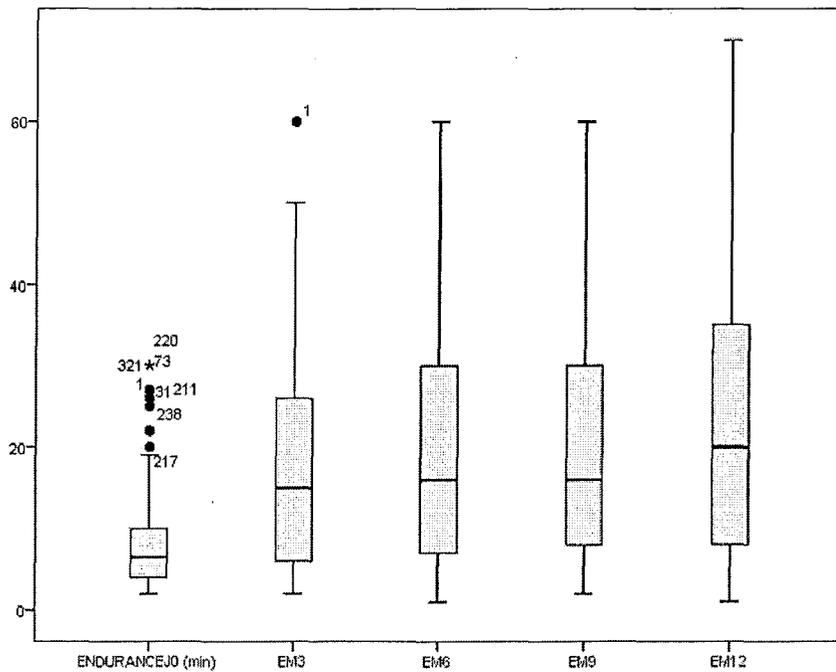


Fig.3 Évolution du temps d'endurance à J0, M3, M6, M9 et M12

5) Évolution de l'anxiété, de la dépression et de la qualité de vie

**Questionnaire de Beck**

Le score de Beck diminue lui aussi de manière significative au cours du programme de réhabilitation ( $p < 0,0001$ ), principalement entre J0 et M3 et semble se stabiliser par la suite.

	J0	M12
Score de Beck	4,5 (5,09)	2,19 (3,31)

Sur les 109 patients ayant évalué leur score de Beck à tous les contrôles, les valeurs obtenues sont les suivantes :

	J0	M3	M6	M9	M12
Score de Beck	3,9 (4,2)	2,3 (3)*	2,1 (3,2)*	2,4 (3,5)*	2,1 (3,4)*

\* $p < 0,0001$

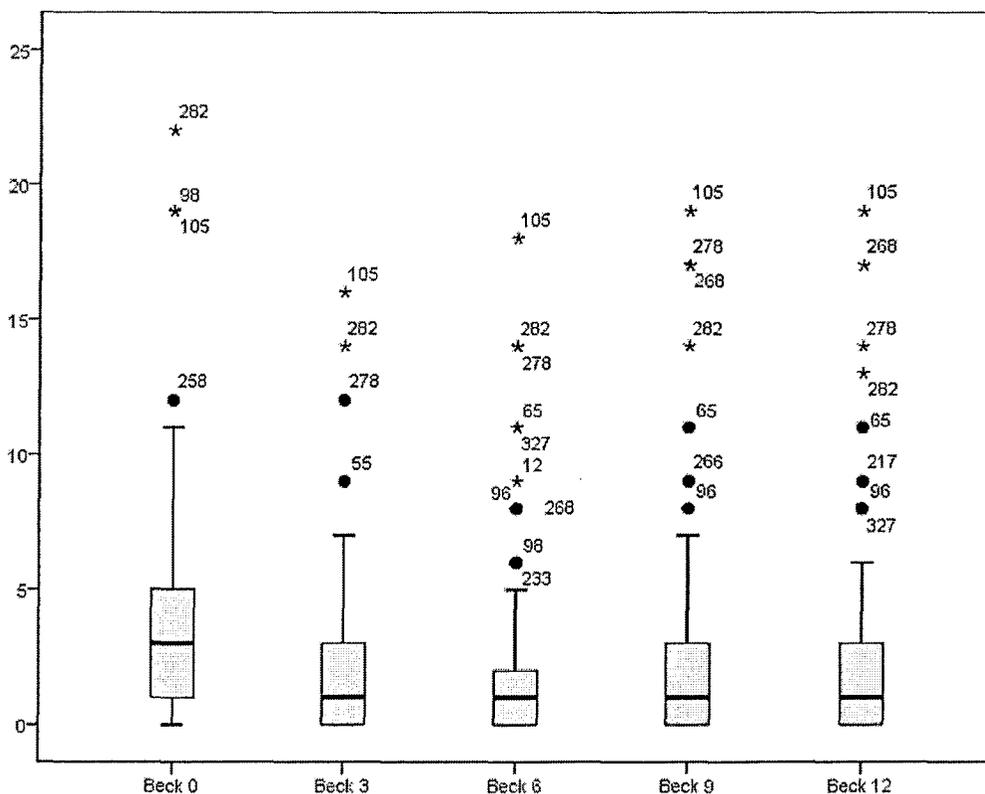


Fig.4 Évolution du score de Beck à J0, M3, M6, M9 et M12

### Questionnaire de Saint George

Les moyennes obtenues lors des visites à J0 et M12 des prestataires sont résumées dans le tableau suivant :

	J0	M12
SGRQ total	46,14 (15,18)	30,4 (15,6)
SGRQ symptômes	51,22 (19,24)	38,38 (20,91)
SGRQ activité	64,06 (18,75)	48,66 (22,31)
SGRQ impact	34,03 (17,2)	18,94 (14,52)

SGRQ, Saint George Respiratory Questionnaire ; TM6, test de marche de 6 minutes ; CV, capacité vitale ; VEMS, Volume Expiré Maximal en une Seconde ; CPT, Capacité Pulmonaire Totale ; VR, Volume Résiduel ; paO2, pression artérielle en oxygène ; paCO2, pression artérielle en gaz carbonique.

Sur les 109 patients ayant rempli le questionnaire de Saint George à chaque visite du prestataire à domicile, l'évolution est statistiquement ( $p < 0,0001$ ) et cliniquement significative : en effet le score réalisé diminue de plus de 4 points, ce qui a été défini comme la différence cliniquement significative.

Cette amélioration de la qualité de vie se ressent dans toutes les catégories du questionnaire : symptômes, activités et impact. Comme les autres paramètres étudiés, l'amélioration de la qualité de vie intervient principalement entre J0 et M3 et se stabilise par la suite.

	J0	M3	M6	M9	M12
SGRQ total	45,2 (14,5)	35,5 (14,5)*	33,5 (15,8)*	33 (15,6)*	30,3 (15,1)*
SGRQ symptômes	51,8 (18,7)	44,9 (20,4)*	40,6 (20)*	38,2 (20,1)*	37,1 (20,3)*
SGRQ activités	64,4 (18,5)	54,2 (19,3)*	51,7 (20,5)*	52,1 (21,4)*	49 (22)*
SGRQ impact	31,9 (15,8)	22,8 (14,4)*	21,6 (15,2)*	21,4 (14,6)*	18,2 (13,8)*

\* $p < 0,0001$

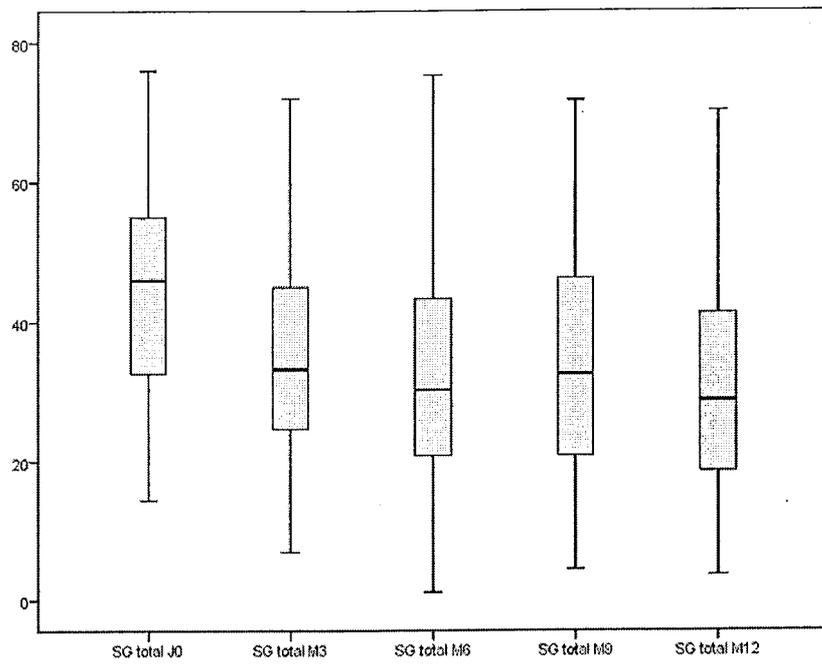


Fig.5 Évolution de questionnaire de Saint George total à J0, M3, M6, M9 et M12

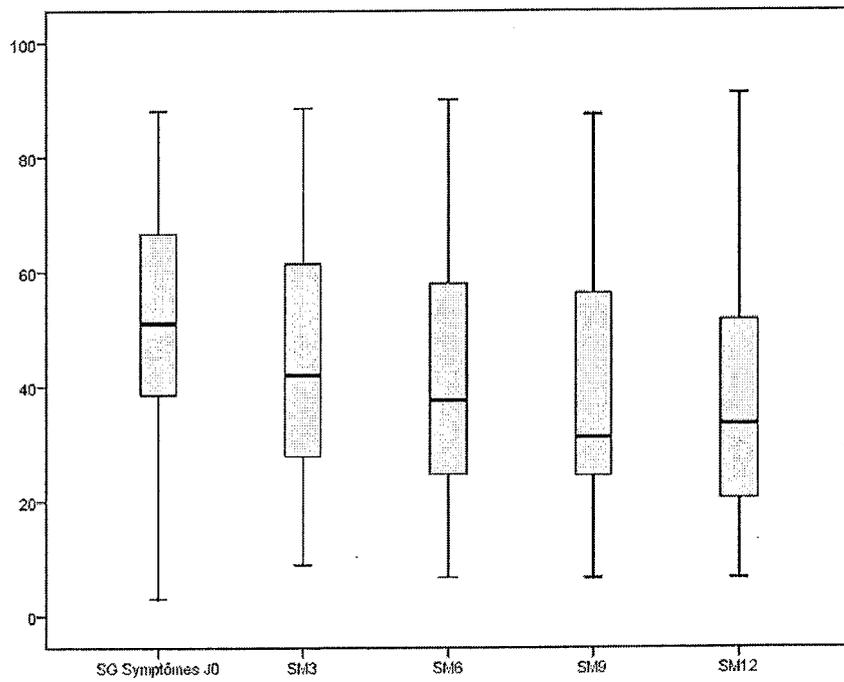


Fig.6 Évolution du questionnaire de Saint George concernant les symptômes à J0, M3, M6, M9 et M12

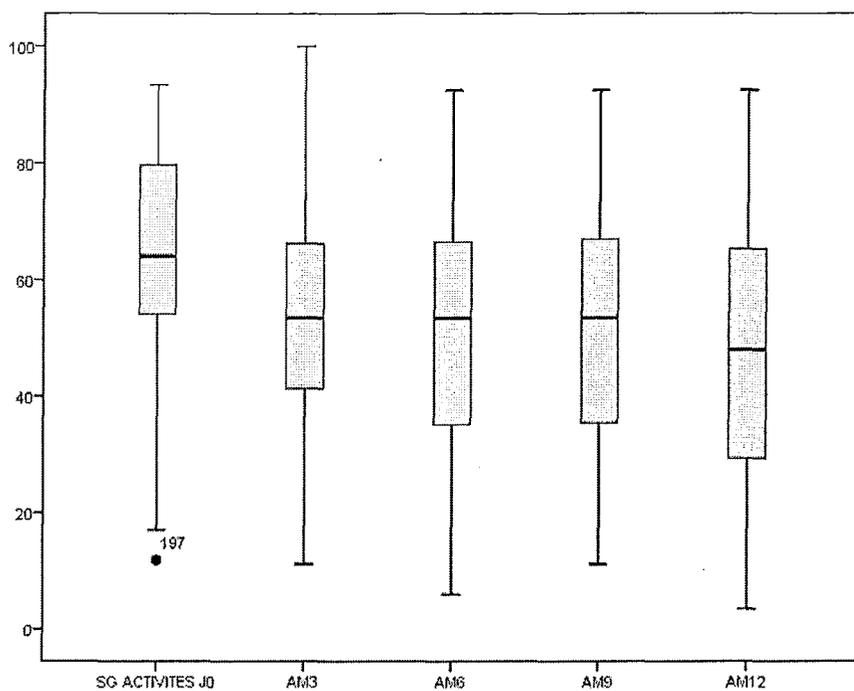


Fig.7 Évolution du questionnaire de Saint George concernant les activités à J0, M3, M6, M9 et M12

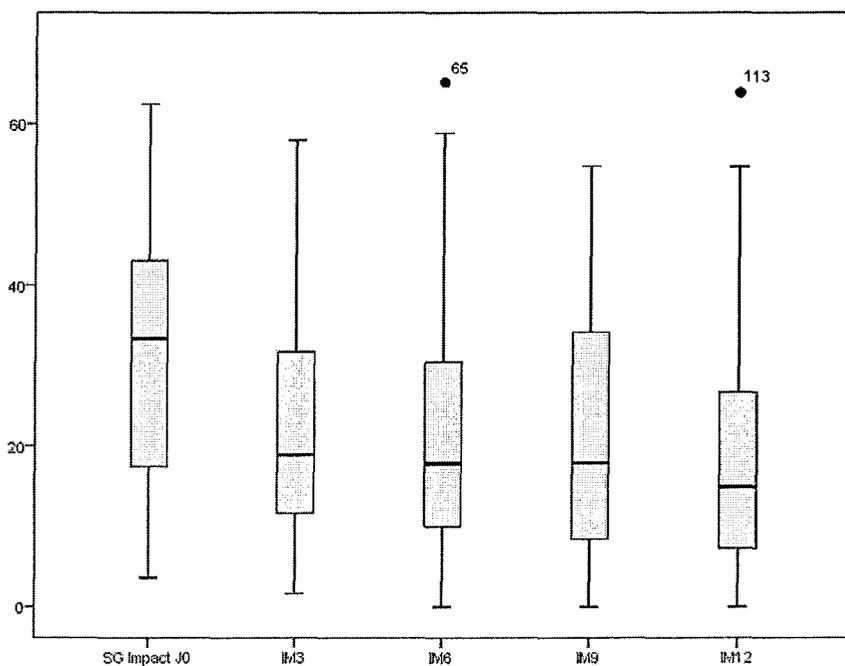


Fig.8 Évolution du questionnaire de Saint George concernant l'impact sur la vie quotidienne à J0, M3, M6, M9 et M12

#### IV) ANALYSE MULTIVARIEE

Les coefficients de corrélations de Pearson sont utilisés dans ce travail, pour étudier l'évolution des distances de marche effectuées au test de marche de 6 minutes et du temps tenu en endurance lors du test d'endurance avec toutes les autres données modifiées par le réentraînement (dyspnée, questionnaire de Beck, questionnaire de Saint George, etc.).

Corrélations entre les évolutions des tests de marche et d'endurance et l'évolution du questionnaire de Saint George :

	$\Delta$ temps d'endurance	$\Delta$ TM6	$\Delta$ SGRQ symptômes	$\Delta$ SGRQ activité	$\Delta$ SGRQ impact	$\Delta$ SGRQ total
$\Delta$ temps d'endurance	---	0,045	-0,151	-0,193*	-0,179	-0,227*
$\Delta$ TM6	0,045	---	-0,186	-0,153	-0,120	-0,136

\* $p < 0,0001$  ; Temps d'endurance, temps réalisé au test d'endurance sur ergocycle ; TM6, distance de marche réalisée au test de marche de 6 minutes ; SGRQ, questionnaire de qualité de vie de Saint George .

Corrélations entre les évolutions des tests de marche et d'endurance et l'évolution du questionnaire de Beck ; l'évolution des scores de BODE et de la dyspnée :

	$\Delta$ dyspnée	$\Delta$ BODE	$\Delta$ Beck
$\Delta$ temps d'endurance	-0,245*	-0,274*	-0,051
$\Delta$ TM6	-0,239*	-0,478*	-0,233*

\* $p < 0,0001$  ; Temps d'endurance, temps réalisé au test d'endurance sur ergocycle ; TM6, distance de marche réalisée au test de marche de 6 minutes ; dyspnée, score de dyspnée selon le MMRC ; BODE, score de Bode ; BECK, questionnaire de dépression de Beck

Les graphiques suivants représentent les corrélations entre l'évolution du questionnaire de Saint George total et le test d'endurance ainsi que les corrélations entre l'évolution du questionnaire et le test de marche de 6 minutes.

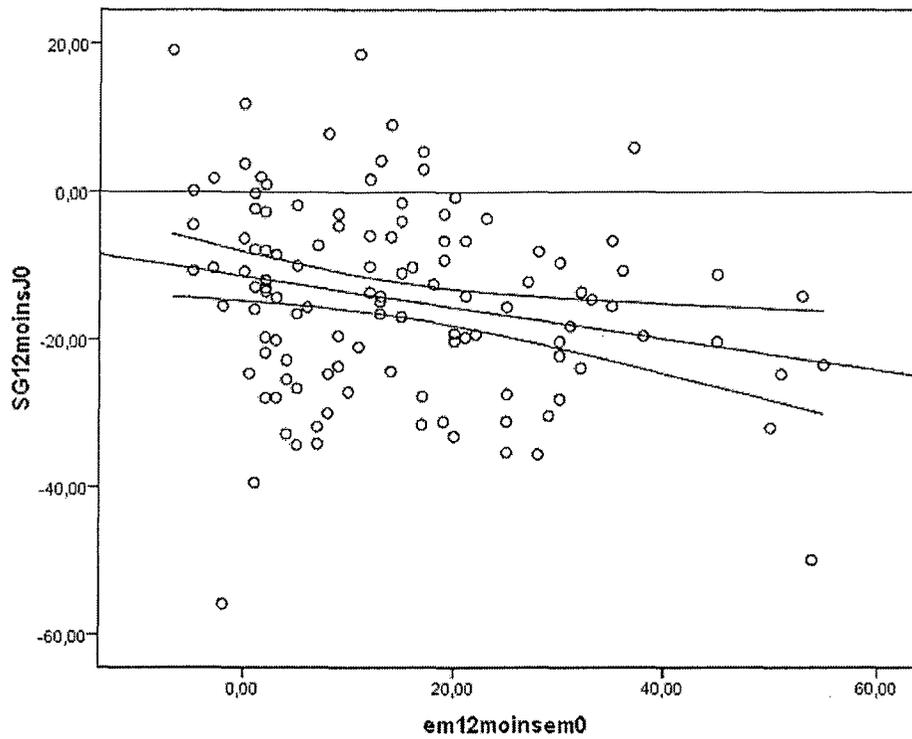


Fig.9 Corrélation l'amélioration du test d'endurance et celle du questionnaire de Saint George total. SG12moinsJ0, différence du score total réalisé entre M12 et J0 ; em12moinssem0, différence des temps en minutes réalisés au test d'endurance entre M12 et J0.

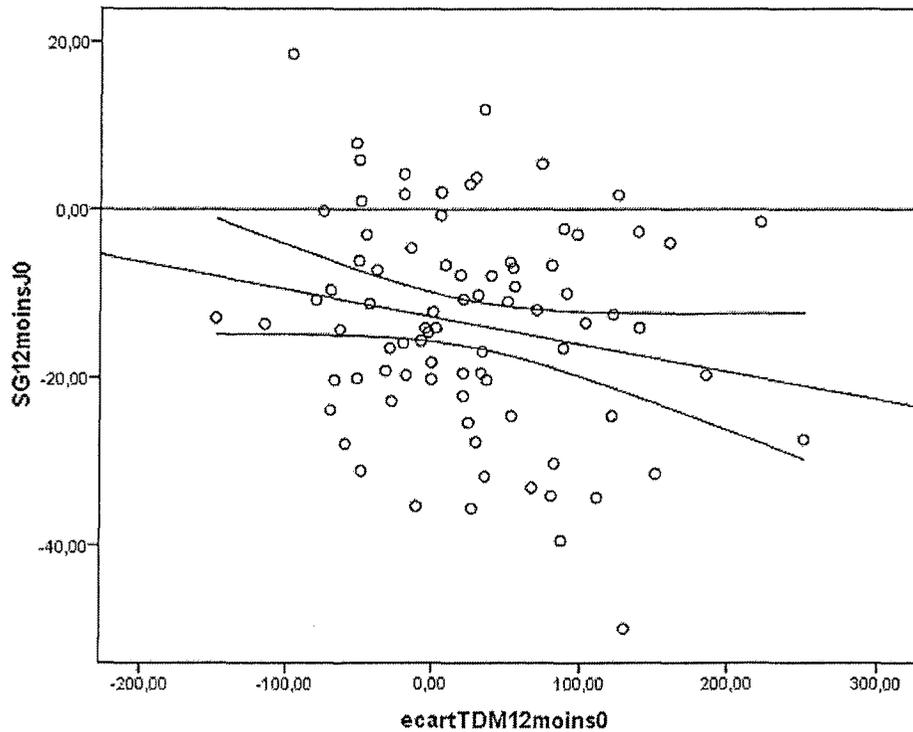


Fig.10 Corrélation entre l'amélioration du test de marche de 6 minutes et celle du questionnaire de Saint George total. SG12moinsJ0, score total réalisé au questionnaire de Saint George à 12 mois moins celui réalisé à l'inclusion ; ecartTDM12moins0, distance parcourue au test de marche de 6 minutes à 12 mois moins distance parcourue à l'inclusion.

## V/ ANALYSE DES ABANDONS

Nous avons décidé d'étudier plus précisément la population ayant abandonné le programme sans cause médicale évidente (décès, pathologie articulaire, pathologie cardiaque ou autre pathologie sévère survenant durant le suivi). Sur les 329 patients inclus dans le protocole réhabilitation respiratoire à domicile du réseau, au moment de notre étude, 17 patients avaient déclaré avoir arrêté par perte de motivation.

Nous avons comparé les paramètres initiaux de cette population à celle de la population générale.

Les patients ayant abandonnés ne présentaient pas de différence statistiquement significative à J0 avec la population initiale concernant les paramètres suivants :

- patient vivant seul (p=0,463)
- patient actif (p=0,591)
- le statut tabagique (pas plus de fumeurs actifs) (p=0,158)
- le stade de la BPCO :
  - BPCO stade 1 (p=0,612)
  - BPCO stade 2 (p=0,916)
  - BPCO stade 3 (p=0,202)
  - BPCO stade 4 (p=0,251)
- le score BODE :
  - BODE 0-2 (p=0,716)
  - BODE 3-4 (p=0,287)
  - BODE 5-6 (p=0,221)
  - BODE 6-9 (p=0,559)

## C/ DISCUSSION

La BPCO est classée par l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) au quatrième rang des maladies les plus meurtrières, derrière l'infarctus du myocarde, le cancer et l'accident vasculaire cérébral. Selon la Société de Pneumologie de Langue Française en 2003 (2) environ 2 500 000 personnes seraient atteintes de BPCO en France. Parmi ces patients 16 000 meurent chaque année, 100 000 malades présentent des formes sévères nécessitant une oxygénothérapie et/ou une ventilation à domicile.

En 2020, la BPCO sera la troisième cause de décès par maladie, après les affections cardiovasculaires et les cancers. De toutes les principales causes de mortalité dans le monde, la BPCO est la seule à connaître une expansion.

La dyspnée représente la principale plainte au cours de la BPCO. Elle n'est pas corrélée au degré d'obstruction bronchique mesuré par le VEMS. Elle est plus étroitement liée à la limitation des débits expiratoires, l'hyperinflation dynamique et l'atteinte musculaire secondaire au déconditionnement.

Les bénéfices à attendre de la réhabilitation respiratoire sont de trois ordres. Le premier est subjectif : on ouvre une nouvelle perspective thérapeutique à un patient atteint d'une maladie chronique. Le patient est remis au centre du traitement : il ne s'agit plus d'une nouvelle machine ni d'un nouveau médicament. C'est sa propre volonté qui dirige cette nouvelle thérapeutique. Elle permet d'instaurer des relations de confiance avec l'équipe soignante.

Le deuxième bénéfice concerne principalement la réhabilitation respiratoire lorsqu'elle est réalisée en groupe. Elle permet de sortir de l'isolement créé par la maladie, de retrouver une dynamique, de lutter « ensemble », de retrouver le goût de l'effort tout en se resocialisant.

Enfin, il y a l'amélioration de l'état de santé. C'est le seul bénéfice mesurable, même si les modalités de cette mesure sont encore discutées.

Notre étude avait pour objectif de suivre des patients atteints de BPCO au cours du programme de réhabilitation respiratoire à domicile, centrée sur le réentraînement à l'effort.

Les données étudiées étaient les suivantes: IMC, dyspnée, nombre d'exacerbations et d'hospitalisations pour exacerbation entre chaque visite, score de BODE, gazométrie artérielle, puissance maximale réalisée à l'épreuve d'effort, épreuves fonctionnelles respiratoires, questionnaire de qualité de vie (questionnaire de Saint Georges) et questionnaire de dépression et d'anxiété (questionnaire de Beck).

Cette étude avait également pour objectif de comparer la réponse du test d'endurance sur ergocycle à 75% de la puissance maximale et du test de marche de 6 minutes dans la détection d'un changement des capacités à l'effort après un an de réhabilitation respiratoire à domicile et d'étudier leur corrélation avec les indices de qualité de vie.

## I. La réhabilitation respiratoire à domicile : une thérapeutique efficace

L'efficacité à court terme d'un programme de réhabilitation respiratoire à domicile centrée sur le réentraînement à l'effort avait déjà été prouvée (75,76,130).

Notre étude confirme ce bénéfice.

Nous reprendrons dans ce chapitre chacun des paramètres étudiés et comparerons leurs évolutions à celles décrites dans la littérature.

### 1) Amélioration de la dyspnée

Les mécanismes de la dyspnée dans la BPCO sont multiples, complexes et leurs parts respectives varient d'un sujet à l'autre. Il s'agit surtout de la limitation des débits aériens et de la distension thoracique. Cette dernière accroît le travail inspiratoire et place les muscles inspiratoires dans des conditions défavorables de fonctionnement. Ils doivent fournir un travail accru pour permettre le bon fonctionnement du système ventilatoire, augmentant encore le niveau de commande nécessaire pour produire un même effet. Or, c'est justement ce niveau de commande qui détermine la perception pénible de la ventilation par le cortex sensoriel, définissant la dyspnée. Un autre mécanisme majeur est le déconditionnement des muscles squelettiques lié à la réduction d'activité.

Le réentraînement à l'exercice permet de réduire les besoins ventilatoires (en reculant le seuil d'apparition des lactates). Le patient peut ainsi modifier son profil ventilatoire avec une réduction de la distension dynamique qui améliorera les conditions mécaniques ventilatoires et contribuera à réduire la dyspnée.

La plupart des études sur la réhabilitation à domicile retrouve une amélioration de la dyspnée chez les patients atteints de BPCO (76,131-136).

Dans notre étude la dyspnée passe de 2,4 à 1,7 ( $p < 0,0001$ ) sur l'échelle de la MMRC (128,129). La plus grande amélioration survient après trois mois de réentraînement et semble se stabiliser par la suite. Cette amélioration est significative puisque le seuil de significativité clinique a été établi pour une amélioration supérieure à 0,2.

## 2) Stabilité des paramètres fonctionnels respiratoires au repos

La capacité vitale forcée (CVF), le volume expiré maximum en une seconde (VEMS), la capacité pulmonaire totale (CPT), le volume résiduel (VR), le rapport CPT/VR, nous n'avons constaté aucune modification de ces paramètres au repos, après le programme de réentraînement. Cela concorde avec les études portant sur la réhabilitation à domicile mais également avec celles portant sur la réhabilitation en centre ou à l'hôpital.

Seule une étude contrôlée retrouvait une augmentation significative du VEMS (+230 mL) après 6 mois de réentraînement à la marche à domicile (137), mais les patients étaient inclus au décours d'une exacerbation.

## 3) Stabilité de la gazométrie artérielle

Tout comme dans l'étude de Wijkstra (75) et celle de Strijbos (76), la gazométrie artérielle n'est pas significativement modifiée par le réentraînement à l'effort, ce qui concorde également avec les études réalisées en centre de réhabilitation.

## 4) Le nombre d'exacerbations et d'hospitalisations

En additionnant les valeurs recueillies pour couvrir les 12 mois de suivis, nous pouvions comparer les valeurs obtenues à celles de J0. On constatait alors que le nombre d'exacerbation était sensiblement identique.

Le nombre d'hospitalisations semble diminuer : il passe de 0,25 à l'inclusion à 0,1 en moyenne à 12 mois du réentraînement.

Ce type de données est cependant difficile à interpréter : le nombre d'exacerbations et d'hospitalisations recueillies à l'inclusion ne se base que sur la mémoire du patient. Le nombre d'exacerbations à M12 est beaucoup plus fiable.

Une étude supplémentaire est donc indispensable afin d'évaluer l'impact, notamment en terme de coûts hospitaliers, de ce réentraînement dans la région.

La littérature rapporte plutôt une diminution du nombre d'exacerbations suite à un programme à domicile.

L'équipe de Garcia (32) a suivi 2856 patients atteints de BPCO pendant plus de 10 ans en rapportant l'intensité de leur activité physique quotidienne. Les patients les plus « actifs » avaient un risque moins important d'hospitalisation et une mortalité moindre, toutes causes confondues. Celle de Puhan (63) mettait en évidence la réduction du risque de réadmission à l'hôpital si les patients suivaient un programme de réhabilitation après une exacerbation aiguë.

L'étude randomisée contrôlée de Griffiths portait sur 99 patients ayant suivi un programme de 6 semaines de réhabilitation et un groupe contrôle de 101 patients. Plus que le nombre d'hospitalisations c'était la durée de ces hospitalisations qui différaient un an après le programme (61).

##### 5) Évolution de l'épreuve d'effort maximale

Dans la méta-analyse de Lacasse reprenant 18 études sur le sujet (60) ayant comme objectif principal l'analyse de l'évolution de la puissance maximale réalisée à l'épreuve d'effort, cette puissance était améliorée, en moyenne, de 8,4 Watts.

Cependant dans la plupart des études, l'épreuve d'effort était réalisée dans les trois mois suivant un programme de réhabilitation respiratoire de quelques semaines. Ainsi, l'équipe de Wijkstra (75) montrait une amélioration de 8 Watts en moyenne de la puissance maximale à l'effort après un programme de douze semaines à domicile.

Dans l'étude Strijbos (76) et celle de Debigaré (136) la puissance maximale réalisée s'améliorait après trois mois de réhabilitation jusque 20% mais revenait à son état de base après 12 mois de suivi (le réentraînement n'étant pas poursuivi à domicile).

L'équipe de Casaburi a montré qu'après des exercices réguliers à 70 % de la puissance maximale (au dessus du seuil anaérobie) apparaissent une amélioration de la capacité à réaliser un exercice maximal et sub-maximal avec une diminution de seuil anaérobie, une diminution de la production de lactates et de CO<sub>2</sub> (41).

Dans notre étude, nous avons comparé la puissance maximale réalisée à l'épreuve d'effort avant et après 12 mois de réhabilitation: cette puissance passe en moyenne de 80,1 Watts (inclusion) à 80,8 Watts à 12 mois. Nous ne pouvons donc conclure qu'à une tendance à l'amélioration. C'est le cas également pour la VO<sub>2</sub> max ainsi que pour le seuil ventilatoire, mais les données en notre possession sont trop peu nombreuses pour nous permettre de conclure.

L'amélioration dans notre étude n'était pas aussi importante que celle que nous pouvions attendre au regard des données de la littérature. Une des explications est probablement liée au fait que les exercices réalisés par les patients permettaient de travailler principalement en endurance, n'améliorant pas de ce fait le travail maximal réalisé. D'autre part, l'amélioration est peut être initiale, comme dans les autres études et s'amoindrit par la suite. Cette explication est peu plausible puisque l'exercice était poursuivi durant un an, ce qui n'était pas le cas dans les études ayant montré cette cinétique.

#### 6) Une nette amélioration de la qualité de vie

La diminution statistiquement et cliniquement significative (puisque supérieure à 4 points) du questionnaire de Saint George (129) au cours du suivi témoignait de l'amélioration de la qualité de vie. Cette évolution concernait le score total, pour la section « activités » et la section « impact » et la section « symptômes ». L'amélioration était significative dès 3 mois et semblait se stabiliser par la suite.

Dans la littérature, la qualité de vie est également l'un des paramètres les mieux modifiés par les différents types possibles de réhabilitation respiratoire.

Un autre travail de Wijkstra (138) et l'étude de Debigaré (136) montrent une amélioration significative de la qualité de vie chez les BPCO sévères et très sévères, les programmes proposés étant différents de celui proposé par le RIRLorraine.

Les études de Behnke (137) et de Hernandez (135) confirment cette amélioration pour des patients ayant des BPCO moins sévères.

Les méta-analyses de Lacasse (60) et de Cambach (52) ont rapporté les résultats des études se concentrant plus spécifiquement sur la qualité de vie de patients réentraînés à l'hôpital, en centre de réhabilitation ou à domicile. Le questionnaire CRQ (Chronic Respiratory disease Questionnaire) et le questionnaire de Saint George s'amélioraient de manière significative, d'un point de vue statistique mais également clinique.

Récemment, l'équipe de Laviolette étudiait 168 patients atteints de BPCO immédiatement après et douze mois après un programme de 6 à 12 semaines en centre de réhabilitation (123). L'amélioration du questionnaire de Saint George était significative immédiatement après le programme, et restait significative à 12 mois, sauf pour la section « impact ».

#### 7) Une amélioration de l'anxiété et des symptômes dépressifs.

Nous avons déjà évoqué que la dépression affecte environ 40% des patients atteints de BPCO (74). Elle entraîne une augmentation de la mortalité, une augmentation des durées d'hospitalisation, la poursuite du tabagisme, des symptômes ressentis comme plus invalidants, une moins bonne condition physique et sociale.

Or peu d'études évaluent spécifiquement ce paramètre. Récemment une étude brésilienne (139) se concentrait sur les répercussions à long terme d'un programme de réhabilitation respiratoire sur l'anxiété et la dépression, montrant une amélioration significative de ces paramètres. Dans la plupart des travaux, les paramètres anxiété et dépression étaient étudiés par l'intermédiaire des questionnaires de qualité de vie, notamment du CRDQ.

Le score de Beck (129) a été mesuré régulièrement dans notre étude. Il passe de 3,9 à 2,1 en moyenne, témoignant de la diminution significative des symptômes anxieux et dépressifs. L'amélioration était significative dès le troisième mois et semblait se stabiliser par la suite.

## 8) Une amélioration des capacités à l'exercice

Enfin, notre étude montre une amélioration significative du test de marche de 6 minutes et du test d'endurance à 75% de la puissance maximale réalisée par le patient lors de l'évaluation initiale. L'originalité de ce test étant sa cinétique et l'intensité de sa réponse : dans notre étude, l'amélioration du test d'endurance après un an de réhabilitation respiratoire à domicile est bien plus importante que celle constatée dans la littérature. D'autre part, son amélioration est constante, et continue de s'améliorer significativement entre M9 et M12, alors que tous les paramètres évoluant favorablement dans notre travail, s'améliore principalement entre J0 et M3.

Nous reviendrons sur les intérêts et les limites de ces deux tests dans les chapitres suivants.

## II. Intérêts et limites du test de marche de six minutes

### 1) Intérêts du test :

Ce test est facile à réaliser, ne nécessite que très peu d'équipement, et a prouvé son innocuité même chez des personnes très âgées (101).

Il a montré sa corrélation avec la dyspnée (140,141) et sa réponse à différents types de traitement comme nous le verrons plus loin.

### 2) Limites du test :

#### ***Un temps d'apprentissage nécessaire***

Certaines études ont démontré qu'on ne pouvait interpréter ce test qu'après au moins deux mesures chez un même patient, car il existe un effet « apprentissage » (102,142). Mais dans la plupart des travaux, cette précaution n'a pas été suivie (60).

#### ***Variabilité du test***

La variabilité du test de marche de 6 minutes est importante (103,142,143). C'est pourquoi des recommandations ont été établies par l'American Thoracic Society, afin de standardiser le test, d'uniformiser les pratiques (99). Ces recommandations, lorsqu'elles sont très strictement suivies, peuvent améliorer les capacités de ce test à détecter un

changement après l'instauration d'un traitement. Elles semblent faciles à suivre dans une étude centralisée avec un seul observateur et peu de patients, ce qui est le cas dans la plupart des études sur le sujet. Mais elles se révèlent beaucoup plus difficiles à appliquer dans une étude multicentrique. Ce test gagne à être mieux connu pour que sa validité, dans des travaux portant sur un grand nombre de patients, puisse être assurée. Les recommandations ne sont, pour l'instant, pas encore assez diffusées, alors que la rigueur dans la réalisation de ce test devrait être fondamentale.

### ***La volonté du patient***

D'autre part, le résultat obtenu à ce test est la conséquence du rythme que s'impose le patient. La volonté est un facteur limitant l'interprétation du test, même s'il est réalisé selon les recommandations, avec les encouragements adéquats.

Enfin, même si ce test constitue une mesure objective des capacités sous maximales à l'effort, nous ne connaissons pas sa traduction clinique en terme de gain en activités quotidiennes.

### **3) Une amélioration statistiquement significative, avec un doute sur la signification clinique**

Dans la littérature, le test de marche de 6 minutes a montré son intérêt dans l'évaluation de l'état de santé du patient mais également sa réponse après les thérapeutiques suivantes :

- oxygénothérapie (144) : augmentation de 55 m en moyenne du test de marche,
- corticothérapie inhalée (145) : augmentation de 33 m en moyenne,
- exercice et réentraînement spécifique des muscles respiratoires : augmentation de 50 m en moyenne (146)
- chirurgie de réduction de volume pulmonaire chez les patients les plus sévères (147) : augmentation de 55 m en moyenne,
- réhabilitation respiratoire : dans la méta-analyse de Lacasse (60), l'amélioration du test de marche est en moyenne de 48 mètres.

Dans notre étude, le test de marche de 6 minutes était amélioré en moyenne de 42 mètres ( $p < 0,0001$ ) après un an de réhabilitation.

Cependant, le seuil de signification a été fixé à 54 mètres dans l'étude de Redelmeier (104), l'intervalle de confiance étant de 37 à 71.

Dans une étude portant sur 45 personnes âgées souffrant d'insuffisance cardiaque, une aggravation de 43 m au test de marche était cliniquement perçue (106).

Dans la plupart des études, il existe donc un doute sur la véritable signification clinique de l'amélioration du test de marche. Afin d'être certain que l'amélioration du test soit cliniquement perceptible il faudrait que celle-ci soit supérieure à 70 m (104).

#### 4) Une corrélation médiocre avec l'évolution de la qualité de vie, une bonne corrélation avec celle de la dyspnée, de la dépression

Notre travail évaluait également la corrélation entre l'évolution du test de marche de 6 minutes et les paramètres suivants : dyspnée, index BODE, questionnaire de qualité de vie de Saint George, questionnaire de Beck, test d'endurance. Les corrélations étaient étudiées par l'intermédiaire du test de Pearson entre le bilan au douzième mois et le bilan à l'inclusion. La corrélation, entre l'évolution du test de marche et celle du test d'endurance était mauvaise (0,045). Celle entre le test de marche et le questionnaire de qualité de vie de Saint George total n'était pas significative : -0,186.

La corrélation était plus importante avec l'évolution de la dyspnée (-0,239), du questionnaire de dépression de Beck (-0,233) et bien évidemment l'évolution du score de BODE (-0,478), puisque ce score est calculé à partir de la dyspnée, de l'index de masse corporelle, du VEMS et également du test de marche de 6 minutes.

La corrélation entre l'évolution du test de marche de 6 minutes et le questionnaire de Saint-George a été étudiée dans l'étude de Laviolette chez 157 patients. La corrélation retrouvée était meilleure que dans notre étude (-0,28  $p < 0,0005$ ) (123).

Dans le travail de Guyatt (93), une importante corrélation avait été mise en évidence entre l'évolution du test de marche et celle d'un autre questionnaire de qualité de vie, le « Chronic Respiratory Disease Questionnaire » (CQRD). Cette corrélation était évaluée après un traitement bronchodilatateur chez 24 patients.

En revanche, dans l'étude randomisée contrôlée de Cambach (52) évaluant l'efficacité d'un programme de 3 mois en centre de réhabilitation, aucune corrélation n'a été retrouvée entre l'évolution des tests portant sur les capacités à l'exercice (test de marche de 6 minutes et test d'endurance) et celle de la qualité de vie mesurée par le questionnaire CRDQ. Il est donc difficile de conclure. L'amélioration de la qualité de vie ne semble pas être bien expliquée par celle du test de marche de 6 minutes.

### III. Intérêt et limites du test d'endurance

Le test d'endurance à puissance maximale constante sur ergocycle est l'une des nombreuses manières d'apprécier la tolérance à l'effort d'un individu.

D'utilisation plus récente dans l'évaluation des patients atteints de BPCO après une réhabilitation respiratoire, le test d'endurance semble être un bon indicateur de l'amélioration des capacités en endurance des patients.

Son intérêt principal réside dans le fait qu'une infime amélioration de la tolérance à l'effort peut augmenter de manière substantielle le temps d'endurance alors que l'amélioration sera moins évidente pour le test de marche de 6 minutes ou l'épreuve d'effort incrémentale maximale ce qui a déjà été montré précédemment (120,121,123).

#### 1) Rappels physiopathologiques

Lorsqu'un effort est débuté, de nombreuses adaptations surviennent dans l'organisme. Le débit cardiaque, la consommation en oxygène et la production de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) dans les tissus augmentent, les vaisseaux pulmonaires se dilatent, la ventilation augmente. Ces adaptations n'atteignent pas leur maximum instantanément. Chaque adaptation augmente à son propre rythme, avec une variation inter-individuelle. Elles sont moins rapides chez les personnes âgées et chez les patients atteints de maladies respiratoires.

Ces adaptations dépendent également de l'intensité du travail effectué (149). Il a été décrit 3 phases dans l'adaptation de la ventilation et des échanges gazeux : la première phase, dans les 20 premières secondes environ correspond en partie à la variation brutale du débit cardiaque (150). La deuxième phase, plus lente dure environ 2 à 4 minutes. Surviennent alors des modifications gazométriques avec une diminution de l'oxygène et une augmentation de la

production de CO<sub>2</sub> et une réponse ventilatoire adaptée à ces modifications. La 3ème phase ne se voit que pour des puissances d'effort importantes et correspond à l'accumulation de l'acide lactique, entraînant une augmentation encore plus importante de la ventilation. La puissance de travail pour laquelle apparaît cette accumulation est très différente d'un individu à l'autre. Elle est particulièrement basse chez les patients atteints de maladies respiratoires chroniques.

Chez les patients BPCO, il est habituel de considérer que leur limitation à l'exercice est avant tout d'origine ventilatoire. Ainsi, le temps maximal réalisé au test d'endurance correspond souvent au moment où la ventilation devient maximale, c'est-à-dire qu'elle correspond à la ventilation maximale atteinte au cours de l'épreuve d'effort maximale ou lors d'une épreuve volontaire de ventilation maximale (151). Les facteurs déterminant la demande ventilatoire pour une puissance de travail donnée résultent de l'insuffisance des échanges gazeux, quantifiée par le rapport ventilation de l'espace mort (VD) sur volume courant (VT). C'est pourquoi, plus le rapport VD/VT augmente, plus les modifications de la phase 2 arriveront précocement. La phase 3 arrive également plus rapidement avec une augmentation de la ventilation afin d'épurer l'acide lactique qui n'est, chez ces patients, plus possible. La tolérance à l'effort atteint alors son maximum et le patient est contraint d'arrêter le test.

Cette limitation ventilatoire semble être en lien avec l'hyperinflation dynamique induite par l'effort : avec l'augmentation de la fréquence respiratoire, le patient n'a plus assez de temps pour expirer l'air avant l'inspiration suivante. Lorsque le volume pulmonaire en fin d'expiration se rapproche de la capacité pulmonaire totale, l'effort est arrêté (151).

L'exercice peut également être limité par une fatigue musculaire prédominante chez les patients atteints de BPCO (152).

Ces considérations font dire à certains auteurs qu'il est nécessaire, pour que le test d'endurance soit interprétable, que le patient réalise un temps au moins supérieur à 4 à 7 minutes, temps nécessaire pour atteindre la fin de la phase 2 (83).

Dans notre étude, 33 patients présentaient, à l'inclusion, un test d'endurance inférieur à 4 minutes, mais ils n'ont pas été exclus.

## 2) La notion de puissance critique, limites du test d'endurance

La relation entre la puissance de l'effort et la durée de l'exercice réalisé a été décrite depuis de nombreuses années (153,154) :

$$t = W' / (W - \Theta_F)$$

t = temps maximal réalisé au test d'endurance

W = puissance de travail

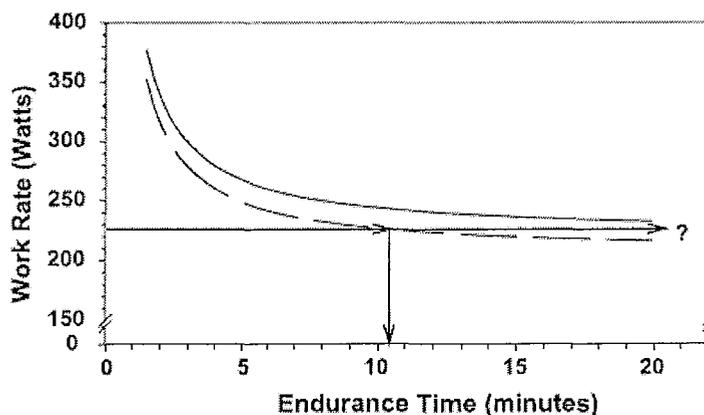
$\Theta_F$  = puissance critique (asymptote de la courbe)

W' = constante de la courbe représentant la « quantité de travail » pouvant être réalisée au dessus de la puissance critique.

C'est une hyperbole dont l'asymptote représente la puissance critique, à savoir, la puissance pour laquelle l'effort peut être maintenu de façon quasi indéfinie.

Chez les patients atteints de BPCO, cette puissance critique est parfois très basse (courbe décalée vers le bas, par rapport à un sujet sain). Mais elle se rapproche beaucoup plus de la puissance atteinte lors de l'épreuve d'effort maximale par rapport aux sujets sains (76). C'est pourquoi les patients atteints de BPCO peuvent supporter des puissances d'entraînement relativement hautes par rapport à leur puissance maximale.

Dans l'article de Casaburi de 2005 (83), on retrouve cette relation entre la puissance de travail et le temps maximal réalisé lors du test d'endurance. Les effets du réentraînements sont clairement compréhensibles sur le graphique ci-dessous.



La courbe en pointillée représente cette relation avant un programme de réhabilitation respiratoire. La courbe en continu représente cette relation après le programme (83).

La puissance critique, asymptote de la courbe, se trouve améliorée après un programme de réhabilitation respiratoire. De même, un tel programme peut chez certains patients améliorer le  $W'$ , à savoir la constante de la courbe.

Sur ce graphique, on conçoit bien que pour une même puissance, le patient peut augmenter considérablement son temps d'endurance du fait du décalage de la courbe. C'est également ce qui est décrit par Whipp (155).

Mais si cette puissance se rapproche de la puissance critique, le patient peut, après le programme, tenir quasi « indéfiniment » l'exercice imposé.

Comment interpréter alors les temps réalisés ? L'arrêt de l'exercice est-il dû à une dyspnée invalidante, une fatigue musculaire ou tout simplement au fait que le patient « s'impatiente » (de façon consciente ou non) et décide de terminer l'épreuve ? Comment interpréter les différences observées entre des temps qui semblent déjà importants ?

C'est pourquoi, dans certaines études, l'épreuve était arrêtée au bout de 15 ou 20 minutes (108,124) pour éviter ce biais. Dans l'étude de Maltais (111), les patients ayant un temps d'endurance supérieur à 25 minutes avant le programme n'ont pas été inclus dans l'étude, car ils considéraient que le test n'était pas interprétable.

Cela n'a pas été le cas dans notre protocole : 11 patients présentaient un test d'endurance supérieur à 25 minutes à l'inclusion et n'ont pas été exclus.

D'autre part, les prestataires avaient pour consignes de rester tout le temps nécessaire à la réalisation de l'épreuve, quelque soit le temps réalisé par le patient. Le protocole prévoyait en effet que chaque test réalisé le soit dans les mêmes conditions qu'à l'inclusion. Ainsi, grâce aux effets du réentraînement, avec une possible amélioration de la puissance critique, on observait fréquemment des temps d'endurance de l'ordre de 45-50 minutes avec un maximum de 60 minutes, qui nous paraissent a posteriori difficiles à interpréter.

### 3) Une amélioration statistiquement et cliniquement significative du test d'endurance

Dans notre étude, l'amélioration est de 14,6 minutes en moyenne, le test d'endurance semble être particulièrement intéressant pour démontrer une amélioration des capacités à l'effort des patients BPCO en après un programme de réhabilitation respiratoire.

L'équipe de Ong en 2004 (120) étudiait trois tests évaluant les capacités à l'exercice chez 27 patients de sexe masculin. Le test d'endurance s'est également révélé le plus intéressant pour mettre en évidence une modification, avec une augmentation de +144% après un programme de réhabilitation respiratoire.

L'équipe de Laviolette (123) retrouvait une amélioration d'environ 3,3 minutes un an après un programme de réhabilitation de 6 à 12 semaines.

Le test d'endurance semble répondre aussi à d'autres types de traitements : ainsi, dans l'étude de O'Donnell (110), le test d'endurance était amélioré d'environ 1,6 minutes après 42 jours de traitement par tiotropium chez 96 patients atteints de BPCO. Il en était de même dans l'étude de Maltais (111).

La méta-analyse de Van't Hul (122) montrait que le test d'endurance s'améliorait de façon significative après un réentraînement sous ventilation non invasive.

Ces améliorations restent dans la littérature inférieures à 5 minutes, alors que notre étude met en évidence une amélioration considérable, non constatée jusqu'ici.

Cette amélioration est bien supérieure à celle considérée comme cliniquement significative. En effet, la limite de 105 secondes (soit 1,75 minutes) a été proposée par Casaburi pour définir la différence minimale cliniquement perceptible (83) par les patients atteints de BPCO.

### 4) Une bonne corrélation entre l'évolution du temps d'endurance et celle de la qualité de vie

Enfin, la corrélation entre l'évolution du test d'endurance et celle du questionnaire de qualité de vie de Saint George (total) est relativement significative puisqu'elle atteint -0,227 ( $p < 0,0001$ )

Dans l'étude de Laviolette (123) cette corrélation était de  $-0,31$ . La corrélation est également plutôt importante avec l'évolution de la dyspnée ( $-0,245$ ,  $p < 0,0001$ ) et avec celle du score de BODE ( $-0,274$ ,  $p < 0,0001$ ). La corrélation avec l'évolution du questionnaire de Beck était beaucoup moins importante que celle du test de marche ( $-0,051$ ).

L'amélioration du test d'endurance constatée dans notre étude peut être expliquée par le type d'exercice proposé : la réhabilitation était basé sur un réentraînement sur ergocycle en endurance. Il est donc compréhensible que le test d'endurance s'améliore de façon plus conséquente que le test de marche, test sous-maximal, mettant en jeu des groupes musculaires totalement différents.

Les tests de marche de 6 minutes et test d'endurance sur ergocycle présentent donc chacun des intérêts et des limites. Ils ne mesurent pas le même type d'effort, et pour l'instant il nous semble important d'associer ces tests dans l'évaluation d'un programme de réhabilitation respiratoire.

#### IV. Étude des caractéristiques des patients ayant abandonné le programme

Dans l'étude de Young (45), les facteurs de non adhérence au programme étaient les suivants : solitude, absence de réseau social, poursuite du tabagisme, mauvaise compliance concernant d'autres thérapeutiques.

Dans le travail de l'équipe de Cambach (108), les patients abandonnant le programme ne présentaient pas de différence avec le reste des patients concernant les paramètres suivants : âge, sexe, VEMS, puissance maximale réalisée à l'épreuve d'effort.

Notre population ( $n=17$ ) ayant abandonné le programme à cause d'une perte de motivation ne présentait pas de différence significative concernant : le statut marital (il n'y avait pas plus de personne vivant seule dans le groupe des patients ayant abandonné), le fait d'avoir encore une activité professionnelle, il n'y avait pas plus de fumeurs actifs, de dépressifs et la gravité de la BPCO (selon GOLD ou selon le score de BODE) semblait superposable.

Notons que ces résultats restent difficiles à affirmer compte tenu du faible effectif des patients ayant abandonné (n=17).

#### IV. Les limites de l'étude

##### 1) Des biais liés aux observateurs et aux habitudes de pratiques

Le réseau RIR Lorraine a pour objectif d'associer le maximum de pneumologues, d'établissements de santé, voire de médecins généralistes dans l'optimisation de la prise en charge des patients atteints de maladie respiratoire.

Le protocole de réhabilitation respiratoire est avant tout un protocole de soin. Il a donc comme objectif de faire connaître la réhabilitation respiratoire, d'en faciliter l'accès, de s'assurer de la qualité du réentraînement proposé et de son efficacité, entre autre par l'intermédiaire de notre étude.

Les médecins pneumologues de la région ont donc été incités à inclure le maximum de leurs patients atteints de maladies respiratoires chroniques.

Les évaluations médicales à J0, M3, M6 et M12 sont organisées par leurs soins. Elles comportent : une évaluation de la dyspnée, un recensement des exacerbations et des hospitalisations pour exacerbation dans l'année précédent l'inclusion puis dans l'intervalle entre 2 contrôles, des EFR complètes, une gazométrie artérielle, un test de marche de 6 minutes.

Ainsi, 96 médecins, pneumologues pour la plupart, ont été amenés à inclure des patients dans ce protocole. Il est donc très probable qu'un important biais existe du fait de ces multiples observateurs.

##### 2) Des stages de réhabilitations hospitaliers variables

Nous avons vu que les patients sont inclus par différents médecins pneumologues dans la région, travaillant dans des structures hospitalières ou en libéral.

La plupart des médecins libéraux proposent directement aux patients de débiter une réhabilitation respiratoire centrée sur le réentraînement à l'effort à domicile.

Mais, dans certains centres hospitaliers, un stage peut être proposé avant de débiter le réentraînement à domicile, comme nous l'avons vu dans le chapitre « Matériel et méthodes ».

Nous pouvons supposer que ces stages ont pu entraîner une amélioration plus importante des patients que le simple réentraînement à domicile. Cependant, dans la littérature, la réhabilitation respiratoire à domicile sans stage initial semble tout aussi efficace que la réhabilitation en hospitalisation (75-77). Ces stages ont possiblement permis à certains patients de mieux comprendre et de mieux s'approprier leur réentraînement et ainsi, de contribuer à l'adhésion du patient au protocole. Cela reste des suppositions, notre étude n'ayant pas été conçue pour répondre à une telle interrogation.

### 3) Un suivi médical difficile

Nous constatons que de nombreuses données au cours du suivi n'ont pas pu être recueillies. Les bilans médicaux à 3, 6 et 12 mois semblent avoir été difficiles à organiser par les médecins. Notamment en cas d'exacerbation : les médecins avaient pour consigne de reculer le bilan en cas d'exacerbation ou d'arrêt temporaire du programme par le patient. Cela n'a pas pu être systématiquement le cas, surtout en hospitalisation, pour des problèmes organisationnels. C'est pourquoi le suivi de certains patients a pu être médiocre, avec un nombre conséquent de données manquantes.

### 4) Des examens à des jours différents

Le protocole en lui-même prévoit une répartition des tâches entre les médecins et les prestataires. Le test d'endurance sur ergocycle est encore peu utilisé dans la pratique médicale quotidienne et nécessite un équipement qui n'est pas forcément à la disposition des praticiens (notamment dans le cas de médecins exerçant en cabinet de ville). Ce test a donc été confié aux prestataires de service.

De ce fait, les bilans médicaux comportant le test de marche de 6 minutes et les bilans prestataires avec le test d'endurance n'ont pas été réalisés le même jour.

Or notre étude compare en priorité ces deux tests. Il en découle un biais majeur d'un point de vue physiologique, même s'il a été prouvé que ces deux tests étaient reproductibles (86,124). D'autant que les patients inclus dans l'étude présentaient assez régulièrement des épisodes d'exacerbation : en moyenne 0,44 exacerbations entre J0 et M3, 0,51 exacerbations entre M3 et M6, 0,83 entre M6 et M12. Ces exacerbations pouvaient survenir le jour prévu du contrôle, soit médical soit par le prestataire. La consigne a été bien respectée : il s'agissait de décaler le contrôle en cas d'exacerbation et de ne faire de mesure qu'en état stable. Mais cela a eu pour conséquence de décaler certains bilans jusqu'à un mois plus tard (en décalant les autres bilans d'autant), et parfois de les annuler du fait de problèmes organisationnels.

## INTÉRÊTS DU RÉSEAU, INTÉRÊTS DE L'ÉTUDE

### 1) Un réseau développé en Lorraine

Le réseau insuffisance respiratoire Lorraine (RIRLorraine) est un réseau de santé pour les patients atteints de maladie respiratoire chronique.

Depuis septembre 2006, 329 patients atteints de BPCO ont participé à un programme de réhabilitation respiratoire. Si l'on considère tous les patients inclus dans le réseau, ce chiffre atteint à l'heure actuelle plus de 400 patients sur les quatre départements de la Lorraine.

La réhabilitation respiratoire est encore peu développée en France. En 2006, seuls neuf réseaux s'occupaient de ce genre de programme à domicile. La grande majorité de ces réseaux est financée, comme le RIRLorraine, par des fonds d'aide pour la qualité des soins de ville. Trois de ces réseaux sont financés par la dotation régionale de développement des réseaux, seule enveloppe pérenne, permettant le développement de ce type de structures dans l'avenir.

L'expérience du RIRLorraine est l'une des plus développées, comme en témoigne le nombre de patients, de pneumologues hospitaliers et libéraux participant au réseau en coordination dans toute la région.

## 2) Une large cohorte

En France, jusqu'ici les travaux portant sur des programmes de réhabilitation respiratoire n'incluaient qu'un faible nombre de patients.

Même si notre étude ne portait que sur les 153 patients ayant terminé leur suivi, cette cohorte était bien plus importante que dans la plupart des travaux, notamment ceux qui évaluent les programmes à domicile.

Ainsi, dans l'étude de Strijbos (76) seuls 45 patients étaient inclus et seuls 18 patients étaient dans le bras « réhabilitation à domicile ». Le suivi était de 18 mois mais le programme ne durait que douze semaines.

Dans l'étude de Wijkstra (75), 25 patients poursuivaient un réentraînement à domicile d'une durée de douze semaines.

Seule l'étude de Laviolette (123) portait sur une population comparable : 158 patients étaient inclus, mais le programme durait 6 à 12 semaines et se déroulait en centre de réhabilitation.

## 3) Un programme de réhabilitation d'une durée exceptionnelle

Il s'agit, à notre connaissance, de la plus grande étude, à ce jour, portant sur la réhabilitation respiratoire entièrement réalisée à domicile d'une durée d'un an. Nous y avons montré les effets particulièrement bénéfiques, en terme de dyspnée, de qualité de vie, d'anxiété, de dépression et de capacités à l'exercice.

La plupart des paramètres étudiés s'amélioraient dès le troisième mois. Hormis le test d'endurance qui semble continuer à s'améliorer au bout d'un an, la plupart des autres tests ou paramètres étudiés montraient une stabilisation à un an.

Il apparaît que le bénéfice d'un programme court de réhabilitation se perd à partir de 9 ou 12 mois si aucune prise en charge spécifique n'est maintenue par la suite (156). Le RIRLorraine est l'un des premiers réseaux en France qui propose un programme de réhabilitation respiratoire entièrement réalisé à domicile avec un suivi régulier d'un an mais dont la poursuite est recommandée et possible, les patients étant devenus propriétaires de leur ergocycle dans l'intervalle. Ils peuvent poursuivre le réentraînement et continuer le suivi auprès de leur pneumologue habituel.

En 2006, on estimait qu'environ 300 000 patients en France présentaient une BPCO diagnostiquée. Pour qu'ils puissent bénéficier d'un programme de réhabilitation respiratoire, il faudrait attendre environ onze ans (157).

Il s'agit donc d'une expérience assez unique en France, dont nous espérons, compte tenu des résultats obtenus, qu'elle pourra s'étendre à tous les patients atteints de maladies respiratoires par l'intermédiaire des différents réseaux de soins existants ou en création.

#### 4) Des modifications à envisager, études futures

Le suivi de cette cohorte a permis également de constater que des simplifications pouvaient être faites dans le suivi de ces patients dans le cadre du protocole. Compte tenu des difficultés à obtenir toutes les données du suivi, certains contrôles pourraient être supprimés : le bilan médical au 3ème mois, le bilan prestataire au 9ème mois ou encore l'épreuve d'effort au 12ème mois.

D'autre part, des études supplémentaires seraient intéressantes concernant :

- La réponse à la réhabilitation en fonction du stade de la BPCO ou du score de BODE ; certaines études ont en effet démontré une efficacité supérieure du réentraînement pour les patients atteints de BPCO sévères et modérément sévères (139). L'enjeu est de définir une population pouvant tirer le plus de bénéfice de ce type de programme, puisqu'il est encore difficile d'y accéder.
- La réponse à la réhabilitation en fonction du statut social et familial : les patients entourés s'améliorent-ils mieux que les patients isolés ?
- La réponse en fonction de la symptomatologie dépressive : les patients dépressifs s'améliorent-ils moins bien que les autres ?
- Certains travaux étudient des questionnaires d'activités quotidiennes : peut être serait-il intéressant d'inclure ce type de questionnaires dans le suivi ?
- L'analyse plus précise de la consommation de soins semble nécessaire : nombre précis des exacerbations, des hospitalisations, de consultations auprès du médecin traitant, impact sur les coûts de la BPCO dans la région.
- La mortalité dans cette cohorte sera également un paramètre important à étudier dans les années à venir.

## CONCLUSION

Considérée comme une composante essentielle de la prise en charge des patients atteints de bronchopneumopathie chronique obstructive, la réhabilitation respiratoire est encore peu organisée en France.

Notre travail met en valeur un réseau de soin dont les objectifs ont été largement supérieurs à ceux espérés : la coordination entre les différents centres hospitaliers spécialisés de la région, les pneumologues libéraux, les médecins généralistes, les kinésithérapeutes et les infirmières et a permis la mise en place d'une prise en charge originale, innovante et efficace.

Il en découle une étude aux nombreux points forts par rapport aux données de la littérature : large population incluse de patients atteints de BPCO tous stades confondus, une réhabilitation organisée entièrement à domicile, d'une durée exceptionnelle, avec un rythme de suivi soutenu.

Cette étude présente un intérêt clinique important en confirmant l'efficacité d'une réhabilitation respiratoire à domicile. Les bénéfices principaux d'un tel programme concernent la dyspnée, la qualité de vie, l'anxiété, la dépression et la tolérance à l'effort. Son intérêt en terme de diminution de coûts de santé est très probable, mais reste à démontrer de façon plus précise.

D'autre part, l'évaluation d'un tel programme en terme de mesure de l'amélioration des capacités à l'exercice est encore discutée dans la littérature. Notre étude montre que le test de marche de 6 minutes, test recommandé pour l'évaluation des patients atteints de maladies respiratoires, présente des limites en pratique clinique. Ce test est difficile à réaliser conformément aux recommandations actuelles et semble peu répondeur à la réhabilitation respiratoire.

Le test d'endurance sur ergocycle, d'usage récent dans cette indication montre sa supériorité pour détecter une amélioration des capacités d'exercice de ces patients. L'amélioration cliniquement significative reste cependant encore controversées et son interprétation est difficile dans les valeurs extrêmes, méritant des études supplémentaires.

# ABRÉVIATIONS

ATS	American Thoracic Society
BPCO	Bronchopneumopathie Chronique Obstructive
CVF	Capacité Vitale Forcée
CO <sub>2</sub>	Dioxyde de Carbone
CO	Monoxyde de Carbone
CPT	Capacité Pulmonaire Totale
CRP	C Reactiv Protein
CRF	Capacité Résiduelle Fonctionnelle
CRDQ	Chronic Respiratory Disease Questionnaire
DLCO	Coefficient de diffusion du monoxyde de carbone
ECG	Electrocardiogramme
EFR	Epreuve Fonctionnelle Respiratoire
EFX	Epreuve Fonctionnelle d'Exercice
ERS	European Respiratory Society
FC	Fréquence Cardiaque
FR	Fréquence Respiratoire
GOLD	Global initiative for chronic Obstructive Lung Disease
HAS	Haute Autorité de Santé
HTA	Hypertension artérielle
HTAP	Hypertension artérielle pulmonaire
IDE	Infirmière Diplômée d'Etat
IMC	Indice de Masse Corporelle
ISWT	Incremental Shuttle Walk Test
MMRC	Modified Medical Research Council scale
O <sub>2</sub>	Oxygène
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
PaO <sub>2</sub>	Pression artérielle en oxygène
PaCO <sub>2</sub>	Pression artérielle en dioxyde de carbone
Pemax	Pression expiratoire maximale
Pimax	Pression inspiratoire maximale

PMA	Puissance Maximale Aérobie
REE	Réentraînement à l'Effort
RIRLorraine	Réseau Insuffisance Respiratoire Lorraine
SaO2	Saturation artérielle en oxygène
SGRQ	Saint George's Respiratory Questionnaire
SPLF	Société de Pneumologie de Langue Française
SpO2	Saturation transcutanée en oxygène
TE	Test d'endurance
TLCO	capacité pulmonaire de transfert du monoxyde de carbone
TM6	Test de marche de six minutes
VA	Ventilation alvéolaire
VD	Espace mort
VE	Ventilation minute
VEMS	Volume Expiratoire Maximum Seconde
VNI	Ventilation Non Invasive
VO2max	Consommation maximale en oxygène
VR	Volume résiduel
VT	Volume courant
VT1	Seuil ventilatoire 1
VT2	Seuil ventilatoire 2

## RÉFÉRENCES

1. Global initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. *Workshop Report, Global Strategy for the diagnostic, management and prevention of chronic obstructive pulmonary disease. Updated 2008*. Disponible à partir de: URL: <http://www.goldcopd.com/>
2. Société de Pneumologie de Langue Française. *Actualisation des recommandations pour la prise en charge des bronchopneumopathies chroniques obstructives*. Rev Mal Respir 2003;20:294-329.
3. Celli BR, MacNee W, and committee members ATS/ERS Task Force. *Standards for the diagnosis and care of patients with chronic obstructive pulmonary disease. An summary of the ATS/ERS position paper*. Eur Respir J 2004;23:932-46.
4. Peña VS, Miravittles M, Gabriel R, Jiménez-Ruiz CA, Villasante C, Masa JF, Viejo JL, Fernández-Fau L. *Geographic variations in prevalence and underdiagnosis of COPD: results of the IBERPOC multicenter study*. Chest 2000;118:981-9.
5. Viegi G, Pedreschi M, Pistelli F, Di Pede F, Baldacci S, Carrozzi L, Giuntini C. *Prevalence of airways obstruction in a general population: European Respiratory Society vs American Thoracic Society definition*. Chest 2000;117:339-45.
6. Mannino DM, Gagon RC, Petty TL, Lydick E. *Obstructive lung disease and low lung function in adults in the United States*. Arch Intern Med 2000;160:1683-9.
7. Similowski T, Boucot I, Piperno D, Huchon G. *La bronchopneumopathie obstructive en France: le point de vue des patients*. Presse Med 2003;32:1403-9.
8. Mannino DM, Homa DM, Akinbami LJ, Ford ES, Redd SC. *Chronic obstructive pulmonary disease surveillance-United States. 1971-2000*. Respir Care 2002;47:1184-99.
9. Kazerouni N, Alverson CJ, Redd SC, Mott JA, Mannino DM. *Sex differences in COPD and lung cancer mortality trends--United States. 1968-1999*. J Women's Health 2004;13:17-23.
10. Murray CJ, Lopez AD. *Alternative projections of mortality and disability by cause 1990-2020: Global Burden of Disease Study*. Lancet 1997;349:1498-504.
11. Mannino DM, Gagon RC, Petty TL, Lydick E. *Obstructive lung disease and low lung function in adults in the United States*. Arch Intern Med 2000;160:1683-9.

12. Peña VS, Miravittles M, Gabriel R, Jiménez-Ruiz CA, Villasante C, Masa JF, Viejo JL, Fernandez-Fau L. *Geographic variations in prevalence and underdiagnosis of COPD: results of the IBERPOC multicentre epidemiological study*. Chest 2000;118(4):981-9.
13. Fletcher C, Peto R. *The natural history of chronic airflow obstruction*. British Med J 1977;1:1645-8.
14. Davis RM, Novotny TE. *The epidemiology of cigarette smoking and its impact on chronic obstructive pulmonary disease*. Am Rev Respir Dis 1989;140:S82-4.
15. Stoller JK, Aboussouan LS. *Alpha1-antitrypsin deficiency*. Lancet 2005;365:2225-36.
16. Hnizdo E, Sullivan PA, Bang KM, Wagner G. *Association between chronic obstructive pulmonary disease and employment by industry and occupation in US population: a study of data from the Third National Health and Nutrition Examination Survey*. Am J Epidemiol 2002;156:738-46.
17. Nafstad P, Haheim L, Oftedal B, Gram F, Holme I, Hjermmann I, Leren P. *Lung cancer and air pollution: a 27 year follow up of 16 209 Norwegian men*. Thorax 2003;58(12):1071–1076.
18. Pope CA 3rd, Burnett RT, Thun MJ, Calle EE, Krewski D, Ito K, Thurston GD. *Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality, and Long-term Exposure to Fine Particulate Air Pollution*. JAMA 2002;287(9):1132-41.
19. Han MK, Postma D, Mannino DM, Giardino ND, Buist S, Curtis JL, Martinez FJ. *Gender and Chronic Obstructive Pulmonary Disease*. Am J Respir Crit Care Med 2007;176(12):1179-84.
20. Celli BR, Cote CG, Marin JM, Casanova C, Montes DO, Mendez RA, Pinto Plata V, Cabral HJ. *The body-mass index, airflow obstruction, dyspnea, and exercise capacity index in chronic obstructive pulmonary disease*. N Engl J Med 2004;350: 1005-12.
21. Gan WQ, Man SF, Senthilselvan A, Sin DD. *Association between chronic obstructive pulmonary disease and systemic inflammation: a systematic review and a meta-analysis*. Thorax 2004;59(7):574-80.
22. Man SPF, Connet JE, Anthonisen NR. *C-reactiv protein and mortality in mild to moderate chronic obstructive pulmonary disease*. Thorax 2006;61:849-53.
23. Calverley PM, Anderson JA, Celli B, Ferguson GT, Jenkins C, Jones PW, Yates JC, Vestbo J, for the TORCH investigators. *Salmeterol and fluticasone propionate and survival in chronic obstructive diseases*. N Engl J Med 2007;356:775-89.

24. Rana JS, Mittelman MA, Sheikh J, Hu FB, Manson JE, Colditz GA, Speizer FE, Barr GR, Camargo CA. *Chronic obstructive pulmonary disease, asthma, and risk of type 2 diabetes in women*. Diabetes Care 2004;27:2478-84.
25. American Thoracic Society. *International consensus conferences in intensive care medicine: noninvasive positive pressure ventilation in acute respiratory failure. Organized jointly by the American Thoracic Society, the European Respiratory Society, the European Society of Intensive Care Medicine and the Société de Réanimation de Langue Française, and approved by the ATS Board of Directors, décembre 2000*. Am J Respir Crit Care Med 2001;163:283-91.
26. Conil P. *Kinésithérapie*. In: Alvéole - groupe de travail Exercice et Réhabilitation de la Société de pneumologie de langue française. Réhabilitation respiratoire Guide pratique. 2ème édition. Paris: Editions Imothep;2008:123-8.
27. Conférence d'experts - texte court. *Recommandations de la Société de Pneumologie de Langue Française sur la réhabilitation du malade atteint de BPCO*. Rev Mal Respir 2005;22:696-704.
28. Niewoehner DE, Erbland ML, Deupree RH, Collins D, Gross NJ, Light RW, Anderson P, Morgan MA. *Effect of systemic glucocorticoids on exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease*. N Engl J Med 1999;340:1941-7.
29. Watz H, Waschki B, Boehme C, Claussen M, Meyer T, Magnussen H. *Extrapulmonary effects of chronic obstructive pulmonary disease on physical activity: a cross-sectional study*. Am J Respir Crit Care Med 2008;177:743-51.
30. Watz H, Waschki B, Meyer T, Magnussen H. *Physical activity in patients with COPD*. Eur Respir J 2009;33:262-72.
31. Garcia-Aymerich J, Farrero E, Felez MA, Izquierdo J, Marrades RM, Anto JM. *Risk factors of readmission to hospital for a COPD exacerbation: a prospective study*. Thorax 2003;58:100-5.
32. Garcia-Aymerich J, Lange P, Benet M, Schnohr P, Anto JM. *Regular physical activity reduces hospital admission and mortality in chronic obstructive disease: a population based cohort study*. Thorax 2006;61:772-8.
33. Wasserman K, Sue DY, Casaburi R, Moricca RB. *Selection criteria for exercise training in pulmonary rehabilitation*. Eur Respir J 1989;7:604S-10S.
34. Similowski T, Yan S, Gauthier AP, Macklem PT, Bellemare F. *Contractile Properties of the human diaphragm during chronic hyperinflation*. N Engl J Med 1991;325: 917-23.

35. Gosselink R, Troosters T, Decramer M. *Peripheral muscle weakness contributes to exercise limitation in COPD*. Am J Respir Crit Care Med 1996;153:976-80.
36. Couillard A, Maltais F, Saey D, Debigare R, Michaud A, Koechlin C, LeBlanc P, Prefaut C. *Exercise-induced quadriceps oxidative stress and peripheral muscle dysfunction in patients with chronic obstructive pulmonary disease*. Am J Respir Crit Care Med 2003;167:1664-9.
37. Schols AM, Soeters PB, Dingemans AM, Mostert R, Frantzen PJ, Wouters EF. *Prevalence and characteristics of nutritional depletion in patients with stable COPD eligible for pulmonary rehabilitation*. Am Rev Respir Dis 1993;147:1151-6.
38. Plankeel JF, McMullen B, MacIntyre NR. *Exercise outcomes after pulmonary rehabilitation depend on the initial mechanism of exercise limitation among non-oxygen-dependent COPD patients*. Chest 2005;127:110-116.
39. Nici L, Donner C, Wouters E, Zuwallack R, Ambrosino N, Bourbeau J, Carone M, Celli B, Engelen M, Fahy B, Garvey C, Goldstein R, Gosselink R, Lareau S, MacIntyre N, Maltais F, Morgan M, O'Donnell D, Prefaut C, Reardon J, Rochester C, Schols A, Singh S, Troosters T. *ATS/ERS Pulmonary Rehabilitation Writing Committee. American thoracic society/European Respiratory Society statement on pulmonary rehabilitation*. Am J Respir Crit Care Med 2006;173:1390-413
40. Whittom F, Jobin J, Simard PM, LeBlanc P, Simard C, Bernard S, Belleau R, Maltais F. *Histochemical and morphological characteristics of the vastus lateralis muscle in patients with chronic obstructive pulmonary disease*. Med Sci Sports Exerc 1998;30:1467-74.
41. Casaburi R, Patessio A, Ioli F, Zanaboni S, Donner CF, Wasserman K. *Reductions in exercise lactic acidosis and ventilation as a result of exercise training in patients with obstructive lung disease*. Am Rev Respir Dis 1991;143(1):9-18.
42. Société de pneumologie de langue française. *Recommandations de la Société de Pneumologie de Langue Française sur la réhabilitation du malade atteint de BPCO*. Rev mal respir 2005;22(4):696-704.
43. Ries AL, Bauldoff GS, Carlin BW, Casaburi R, Emery CF, Mahler DA, MakeB, Rochester CL, ZuWallack R, Herrerias C. *Pulmonary Rehabilitation: Joint ACCP/AACVPR Evidence-Based Clinical Practice Guidelines*. Chest 2007;131:4S-42S.
44. Celli BR, *Updates on the management of COPD*, Chest 2008;133:1451-62.

45. Maltais F, LeBlanc P, Simard C, Jobin J, Bérubé C, Bruneau J, Carrier L, Belleau R. *Skeletal muscle adaptation to endurance training in patients with chronic obstructive pulmonary disease*. Am J Respir Crit Care Med 1996;154:442-7.
46. Haute Autorité de Santé. *Réentraînement à l'exercice sur machine d'un patient atteint de maladie respiratoire chronique*. Disponible à partir de : URL : <http://www.has-sante.fr/>.
47. Young P, Dewse M, Fergusson W, Kolbe J. *Respiratory Rehabilitation in chronic obstructive pulmonary disease: predictors of non adherence*. Eur Respir J 1999;13:855-9.
48. Garrod R, Marshall J, Barley E, Jones PW. *Predictors of success and failure in pulmonary rehabilitation*. Eur Respir J 2006;27:788-94.
49. Troosters T, Gosselink R, Decramer M. *Exercise training in COPD: how to distinguish responders from nonresponders*. J Cardiopulm Rehabil 2001;21(1):10-7.
50. Goldstein RS, Gort EH, Stubbing D, Avendado MA, Guyatt GH. *Randomised controlled trial of respiratory rehabilitation*. Lancet 1994;344:1394-97.
51. Ries AL, Kaplan RM, Limberg TM, Prewitt LM. *Effects of pulmonary rehabilitation on physiologic and psychosocial outcomes in patients with chronic obstructive pulmonary disease*. Ann Int Med 1995;122:823-32.
52. Cambach W, Wagenaar RC, Koelman TW, Van Keimpema AR, Kemper HC. *The long-term effects of pulmonary rehabilitation in patients with asthma and chronic obstructive pulmonary disease: a research synthèse*. Arch Phys Med Rehabil 1999;1:103-11.
53. Salman GF, Mosier MC, Beasley BW, Calkins DR. *Rehabilitation for patients with chronic obstructive pulmonary disease*. Journal of General Internal Medicine 2003;18:213-21.
54. Ouksef H, Gautier V, Bajon D, Barel P, Veale D, Tardif C, Prefaut C, Pison C et le groupe de travail de l'ANTADIR. *La réhabilitation respiratoire à domicile : données de la littérature, aspects pratiques et médico-économiques*. Rev Mal Respir 2004;21:727-35.
55. Lacasse Y, Wong E, Guyatt GH, King D, Cook DJ, Goldstein RS. *Meta-analysis of respiratory rehabilitation in chronic obstructive pulmonary disease*. Lancet 1996;348:1115-9.
56. Casaburi R. *Boosting the effectiveness of rehabilitative exercise training*. Am J Respir Crit Care Med 2008;177(8) :805-6.
57. Casaburi R, Porszasz J. *Reduction of hyperinflation by pharmacologic and other interventions*. Proc Am Thorac Soc 2006;3(2):185-9.

58. O'Donnell DE, McGuire MA, Samis L, Webb KA. *The impact of exercise reconditioning on breathlessness in severe chronic airflow limitation*. Am J Respir Crit Care Med 1995;152:2005-13.
59. Porszasz J, Emtner M, Goto S, Somfay A, Whipp BJ, Casaburi R. *Exercise training decreases ventilatory requirements and exercise-induced hyperinflation at submaximal intensities in patients with COPD*. Chest 2005;128:2025-34.
60. Lacasse Y, Goldstein R, Lasserson TJ, Martin S. *Pulmonary rehabilitation for chronic obstructive pulmonary disease*. Cochrane Database Syst Rev 2009;3:CD003793.
61. Griffiths TL, Burr ML, Campbell IA, Lewis-Jenkins V, Mullins J, Shiels K, Turner-Lawlor PJ, Payne N, Newcombe RG, Ionescu AA, et al. *Results at 1 year of outpatient multidisciplinary pulmonary rehabilitation: a randomised controlled trial*. Lancet 2000;355:362-8.
62. Griffiths TL, Phillips CJ, Davies S, Burr ML, Campbell IA. *Cost effectiveness of an outpatient multidisciplinary pulmonary rehabilitation program*. Thorax 2001;56:779-84.
63. Puhan MA, Scharplatz M, Troosters T, Steurer J. *Respiratory rehabilitation after acute exacerbation of COPD may reduce risk for readmission and mortality – a systematic review*. Respir Research 2005;6 :54.
64. Decramer M, de Bock V, Dom R. *Functional and histologic picture of steroid-induced myopathy in chronic obstructive pulmonary disease*. Am J Respir Crit Care Med 1996;153(6 Pt 1) :1958-64.
65. Garcia-Aymerich J, Lange P, Benet M, Schnohr P, Anto JM. *Regular physical activity reduces hospital admission and mortality in chronic obstructive disease: a population based cohort study*. Thorax 2006;61:772-8.
66. Donner CF, Muir J, Rehabilitation and Chronic Care Scientific Group of the European Respiratory Society. *Selection criteria and programmes for pulmonary rehabilitation in COPD patients*. Eur Respir J 1997;10:744-57.
67. Nonoyama M, Brooks D, Lacasse Y, Guyatt GH, Goldstein R. *Oxygen therapy during exercise training in chronic obstructive pulmonary disease (Review)*. Cochrane Database of Systematic Reviews 2007, Issue 2. Art. No.: CD005372.
68. Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, Dudley GA, Dooly C, Feigenbaum MS, Fleck SJ, Franklin B, Fry AC, Hoffman JR, Newton RU, Potteiger J, Stone MH, Ratamess NA, Triplett-McBride T; American College of Sports Medicine. *American College of sports Medicine Position stand. Progression models in resistance training for healthy adults*. Med Sci Sports Exerc 2002;34(2):364-80.

69. Saey D, Gosselin N, Decramer M, Troosters T. *Réentraînement à l'effort de l'insuffisant respiratoire chronique obstructif*. In Reyckler G, Roeseler J, Delguste P. Kinesithérapie respiratoire. Editions elsevier Masson;2007:136-47.
70. Domiciliary oxygen therapy services. *Clinical guidelines and advice for prescribers*. London, Royal College of Physicians;1999.
71. Pulmonary rehabilitation. *British Thoracic Society Standards of Care Subcommittee on Pulmonary Rehabilitation*. Thorax 2001;56(11):827-34.
72. Ries AL, Bauldoff GS, Carlin BW, Casaburi R, Emery CF, Mahler DA, Make B, Rochester CL, Zuwallack R, Herrerias C. *Pulmonary rehabilitation: Joint ACCP / AACVPR Evidence-based Clinical Practice Guidelines*. Chest 2007;131 (5 suppl):4S-42S.
73. Van't Hul A, Kwakkel G, Gosselink R. *The acute effects of non invasive ventilatory support during exercise on exercise endurance and dyspnea in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review*. J Cardiopulm Rehabil 2002;22:290-7.
74. Ng TP, Niti M, Tan WC, Cao Z, Ong KC, Eng P. *Depressive symptoms and chronic obstructive pulmonary disease: effect on mortality, hospital readmission, symptom burden, functional status, and quality of life*. Arch Intern Med 2007;167:60-7.
75. Wijkstra PJ, van der Mark TW, Kraan J, van Altena R, Koëter GH, Postma DS. *Effects of home rehabilitation on physical performance in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD)*. Eur Respir J 1996;9:104-10.
76. Strijbos JH, Postma DS, van Altena R, Gimeno F, Koëter GH. *A comparison between an outpatient hospital-based pulmonary rehabilitation program and a home-care pulmonary rehabilitation program in patients with COPD*. Chest 1996;109:366-72.
77. Gauthier R, Palomba B, Chabry E, Ouksel H, Desplan J. *Réhabilitation respiratoire et réseaux: état des lieux*. Rev Mal Respir 2006 ;23:57.
78. Société de Pneumologie de Langue Française. *Méthodologie et pratique de l'épreuve fonctionnelle à l'exercice*. Rev Mal Respir 2007;24:114-60.
79. American Thoracic Society; American College of Chest Physicians. *ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing*. Am J Respir Crit Care Med 2003;167:211-77.
80. Revue de pneumologie clinique sur l'épreuve d'exercice musculaire. *L'épreuve d'exercice musculaire en pneumologie*. Rev Pneumol Clin 1997;53:229-308.
81. Borg GA. *Psychophysical bases of perceived exertion*. Med Sci Sports Exerc 1982;14(5):377-81.

82. Palange P, Ward SA, Carlsen KH, Casaburi R, Gallagher CG, Gosselink R, O'Donnell DE, Puente-Maestu L, Schols AM, Singh S, Whipp BJ. *Recommendations on the use of exercise training in clinical practice*. Eur Respir J 2007;29:185-209.
83. Casaburi R. *Factors determining constant work rate exercise tolerance in COPD and their role in dictating the minimal clinically important difference in response to interventions*. J COPD 2005;2:131-6.
84. Balke B. *A simple field test for the assessment of physical fitness*. Rep Civ Aeromed Res Inst Us 1963;1-8.
85. Butland RJA, Pang J, Gross ER, Woodcock AA, Geddes DM. *Two- six-, and twelve-minute walking test in respiratory disease*. BMJ 1982;284:1607-1608.
86. Solway S, Brooks D, Lacasse Y, Thomas S. *A qualitative systematic overview of the measurement properties of functional walk tests used in the cardiorespiratory domain*. Chest 2001;119:256-270.
87. Wijkstra PJ, Tenvergert EM, Van der Mark TW, Postma DS, Van Altena R, Kraan J, Koëter GH. *Relation of lung function, maximal inspiratory pressure, dyspnea and quality of life in patients with COPD*. Thorax 1994;49:468-72.
88. Troosters T, Vilaro J, rabinovich R, Casas A, Barberà JA, Rodriguez-Roisin R, Roca J. *Physiological responses to the 6-min walk test in patients with chronic obstructive pulmonary disease*. Eur Respir J 2002;20:564-9.
89. Cahalin L, Pappagianopoulos P, Prevost S, Wain J, Ginns L. *The relationship of the 6-min walk test to maximal oxygen consumption in transplant candidates with end-stage lung disease*. Chest 1995;108:452-59.
90. Pitta F, Troosters T, Spruit MA, Probst VS, Decramer M, Gosselink R. *Characteristics of physical activities in daily life in chronic obstructive pulmonary disease*. Am J Respir Crit Care Med 2005;171:972-7.
91. Casanova C, Cote CG, Marin JM, de Torres JP, Aguirre-Jaime A, Mendez R, Dordelly L, Celli BR. *The 6-min walking distance: a long-term follow up in patients with COPD*. Eur Respir J 2007;29(3):535-40.
92. Cote CG, Casanova C, Marín JM, Lopez MV, Pinto-Plata V, De Oca MM, Dordelly LJ, Nekach H, Celli BR. *Validation and comparison of reference equations for the 6-min walk distance test*. Eur Respir J 2008;31(3):571-8.
93. Guyatt GH, Townsend M, Keller J, Singer J, Nogradi S. *Measuring functional status in chronic lung disease: conclusions from a randomized control trial*. Respir Med 1989;83(4):293-7.

94. Poulain M, Durand F, Palomba B, Ceugniet F, Desplan J, Varray A, Préfaut C. *6-minute walk testing is more sensitive than maximal incremental cycle testing for detecting oxygen desaturation in patients with COPD*. Chest 2003;123(5):1401-7.
95. Bernstein ML, Despars JA, Singh NP, Avalos K, Stansbury DW, Light RW. *Re-analysis of the 12 minute walk in patients with COPD*. Chest 1994;105:163-67.
96. Haggerty M, Roos P, Cazals R. *The effects of pulmonary rehabilitation of functional status and exercise tolerance*. Am J Respir Crit Care Med 1995;151:A683.
97. Cote CG, Pinto-Plata V, Kasprzyk K, Dordelly LJ, Celli BR. *The 6-min walk distance, peak oxygen uptake, and mortality in COPD*. Chest 2007;132(6):1778-85.
98. Casanova C, Cote CG, Marin JM, de Torres JP, Aguirre-Jaime A, Mendez R, Dordelly L, Celli BR. *The six-minute walk distance: long-term follow up in patients with COPD*. Eur Respir J 2007;29(3):535-40.
99. Committee on proficiency standards for clinical pulmonary function laboratories. *ATS statement guidelines for the six-minute walk test*. Am J Respir Crit Care Med 2002;166:111-7.
100. Enright PL, Sherrill DL. *Reference equations for the six-minute walk in healthy adults*. Am J Respir Crit Care Med 1998;158:1384-7.
101. Troosters T, Gosselink R, Decramer M. *Six minute walking distance in healthy elderly subjects*. Eur Respir J 1999;14:270-4.
102. Knox AJ, Morrison JF, Muers MF. *Reproducibility of walking test results in chronic obstructive airways disease*. Thorax 1988;43(5):388-92.
103. Sciurba F, Criner GJ, Lee SM, Mohsenifar Z, Shade D, Slivka W, Wise RA; National Emphysema Treatment Trial Research Group. *Six-minute walk distance in chronic obstructive pulmonary disease: reproducibility and effect of walking course layout and length*. Am J Respir Crit Care Med 2003;167(11):1522-7.
104. Redelmeier DA, Bayoumi AM, Goldstein RS, Guyatt GH. *Interpreting small differences in functional status: The six minute walk test in chronic lung disease patients*. Am J Respir Crit Care Med 1997;155:1278-82.
105. Wise RA, Brown CD. *Minimal clinically important differences in the six-minute walk test and the incremental shuttle walking test*. COPD 2005;2(1):125-9.
106. O'Keefe ST, Lye M, Donnellan C, Carmichael DN. *Reproducibility and responsiveness of quality of life assessment and six minute walk test in elderly heart failure patients*. Heart 1998;80:377-82.

107. Troosters T, Gosselink R, Decramer M. *Exercise training in COPD: how to distinguish responders from nonresponders*. J Cardiopulm Rehabil 2001;21(1):10-7.
108. Cambach W, Chadwick-Straver RV, Wagenaar RC, Van Keimpema AR, Kemper HC. *The effects of a community-based pulmonary rehabilitation programme on exercise tolerance and quality of life*. Eur Respir J 1997;10:104-13.
109. O'Donnell DE, McGuire MA, Samis L, Webb KA. *General exercise training improves ventilatory and peripheral muscle strength and endurance in chronic airflow limitation*. Am J Respir Crit Care Med 2002;166:111-7.
110. O'Donnell DE, Flüge T, Gerken F, Hamilton A, Webb K, Aguilaniu B, Make B, Magnussen H. *Effects of tiotropium on lung hyperinflation, dyspnoea and exercise tolerance in COPD*. Eur Respir J 2004;23(6):832-40.
111. Maltais F, Hamilton A, Marciniuk D, Hernandez P, Sciruba FC, Richter K, Kesten S, O'Donnell D. *Improvements in symptom-limited exercise performance over 8h with once-daily tiotropium in patients with COPD*. Chest 2005;128(3):1168-78.
112. Léger L, Boucher R. *An indirect continuous running multistage field test: the Université de Montréal track test*. Can J Appl Sport Sci 1980;5(2):77-84.
113. Léger LA, Lambert J. *A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO2 max*. Eur J Appl Physiol Occup Physiol 1982;49(1):1-12.
114. Singh SJ, Morgan MD, Scott S, Walters D, Hardman AE. *Development of a shuttle walking test of disability in patients with chronic airways obstruction*. Thorax 1992;47:1019-24.
115. Elías Hernández MT, Fernández Guerra J, Toral Marín J, Ortega Ruiz F, Sánchez Riera H, Montemayor Rubio T. *Reproducibility of a shuttle walking test in patients with chronic obstructive pulmonary disease*. Arch Bronconeumol 1997;33(2):64-8.
116. Revall SM, Morgan MD, Singh SJ, Williams J, Hardman AE. *The endurance shuttle walk test a new field test for the assessment of endurance capacity in COPD*. Thorax 1999;54(3):213-22.
117. Ambrosino M. Field tests in pulmonary disease. *Field tests in pulmonary disease*. Thorax 1999;54(3):191-3.
118. Casaburi R, Kukafka D, Cooper CB, Witek TJ Jr, Kesten S. *Improvement in exercise tolerance with the combination of tiotropium and pulmonary rehabilitation in patients with COPD*. Chest 2005;127(3):809-17.
119. Mador MJ, Bozkanat E, Aggarwal A, Shaffer M, Kufel TJ. *Endurance and strength training in patients with COPD*. Chest 2004;125(6):2036-45.

120. Ong KC, Chong WF, Soh C, Earnest A. *Comparison of different exercise tests in assessing outcomes of pulmonary rehabilitation*. Respir Care 2004;49(12):1498-503.
121. Oga T, Nishimura K, Tsukino M, Hajiro T, Ikeda A, Izumi T. *The effects of oxitropium bromide on exercise performance in patients with stable chronic obstructive pulmonary disease. A comparison of three different exercise tests*. Am J Respir Crit Care Med 2000;167:1897-1901.
122. Van 't Hul A, Kwakkel G, Gosselink R. *The acute effects of non invasive ventilatory support during exercise on exercise endurance and dyspnea in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review*. J Cardiopulm Rehabil 2002;22:290-7.
123. Laviolette L, Bourbeau J, Bernard S, Lacasse Y, Breton M-J, Baltzan M, Rouleau M, Maltais F. *Assessing the impact of pulmonary rehabilitation on fonctionnal status in COPD*. Thorax 2008;63:115-21.
124. Van 't Hul A, Gosselink R, Kwakkel G. *Constant-load cycle endurance performance. Test-retest reliability and validity in patients with COPD*. J Cardiopulm Rehabil 2003;23:143-150.
125. Somfay A, Poszasz J, Lee SM, Casaburi R. *Effects of oxygen on hyperinflation and exercise endurance in non-hypoxemic COPD patients*. Eur Respir J 2001;18:77-84.
126. Lareau SC, Meek PM, Roos PJ. *Development and testing of the modified version of the pulmonary functional status and dyspnea questionnaire (PFSDQ-M)*. Heart Lung 1998;27(3):159-68.
127. Bestall JC, Paul EA, Garrod R, Garnham R, Jones PW, Wedzicha JA. *Usefulness of the Medical Research Council (MRC) dyspnoea scale as a measure of disability in patients with chronic obstructive pulmonary disease*. Thorax 1999;54(7):581-6.
128. Jones PW, Quirk FH, Baveystock CM, Littlejohns P. *A self-complete measure of health status for chronic airflow limitation. The St. George's Respiratory Questionnaire*. Am Rev Respir Dis 1992;145(6):1321-7.
129. Bouchet C, Guillemin F, Hoang Thi TH, Cornette A, Briancon S. *Validation du questionnaire St Georges pour mesurer la qualité de vie chez les insuffisants respiratoires chroniques*. Rev Mal Respir 1996;13:43-6.
130. Richter P, Werner J, Heerlein A, Kraus A, Sauer H. *On the validity of the Beck Depression Inventory. A review*. Psychopathology 1998;31(3):160-8.
131. Wijkstra PJ, Van der Mark TW, Kraan J, Van Altena R, Koëter GH, Postma DS. *Long-term effects of home rehabilitation on physical performance in chronic obstructive pulmonary disease*. Am J Respir Crit Care Med 1996;153(4pt1):1234-41.

132. Strijbos JH, Koëter GH, Meinesz AF. *Home care rehabilitation and perception of dyspnea in chronic obstructive pulmonary disease (COPD) patients*. Chest 1990;97(3 Suppl):109S-110S.
133. Ries AM, Moser KM. *Comparison of isocapnic hyperventilation and walking exercise training at home in pulmonary rehabilitation*. Chest 1986;90(2):285-9.
134. McGavin CR, Gupta SP, Lloyd EL, McHardy GJ. *Physical rehabilitation for the chronic bronchitic: results of a controlled trial of exercises in the home*. Thorax 1977;32(3):307-11.
135. Hernández MT, Rubio TM, Ruiz FO, Riera HS, Gil RS, Gómez JC. *Results of a home-based training program for patients with COPD*. Chest 2000;118(1):106-14.
136. Debigaré R, Maltais F, Whittom F, Deslauriers J, Leblanc P. *Feasibility and efficacy of home exercise training before lung volume reduction*. J Cardiopulm Rehabil 1999;19(4):235-41.
137. Behnke M, Taube C, Kirsten D, Lehnigk B, Jörres RA, Magnussen H. *Home-based exercise is capable of preserving hospital-based improvements in severe chronic obstructive pulmonary disease*. Respir Med 200;94(12):1184-91.
138. Wijkstra PJ, Van Altena R, Kraan J, Otten V, Postma DS, Koëter GH. *Quality of life in patients with chronic obstructive pulmonary disease improves after rehabilitation at home*. Eur Respir J. 1994;7(2):269-73.
139. Godoy RF, Teixeira PJ, Becker Júnior B, Michelli M, Godoy DV. *Long-term repercussions of a pulmonary rehabilitation program on the indices of anxiety, depression, quality of life and physical performance in patients with COPD*. J Bras Pneumol 2009;35(2):129-36.
140. Niederman MS, Clemente PH, Fein AM, Feinsilver SH, Robinson DA, Ilowite JS, Bernstein MG. *Benefits of a multidisciplinary pulmonary rehabilitation program. Improvements are independent of lung function*. Chest 1991;99(4):798-804.
141. Nosedá A, Carpioux JP, Prigogine T, Schmerber J. *Lung function, maximum and submaximum exercise testing in COPD patients: reproducibility over a long interval*. 1989;167(4):247-57.
142. Guyatt GH, Pugsley SO, Sullivan MJ, Thompson PJ, Berman L, Jones NL, Fallen EL, Taylor DW. *Effect of encouragement on walking test performance*. Thorax. 1984;39(11):818-22.
143. Elpern EH, Stevens D, Kesten S. *Variability in performance of timed walk tests in pulmonary rehabilitation programs*. Chest. 2000;118(1):98-105.

144. Leach RM, Davidson AC, Chinn S, Twort CH, Cameron IR, Bateman NT. *Portable liquid oxygen and exercise ability in severe respiratory disability*. Thorax 1993;48(2):192.
145. Paggiaro PL, Dahle R, Bakran I, Frith L, Hollingworth K, Efthimiou J. *Multicentre randomised placebo-controlled trial of inhaled fluticasone propionate in patients with chronic obstructive pulmonary disease. International COPD Study Group*. Lancet 1998;351(9120):1968.
146. Weiner P, Magadle R, Berar-Yanay N, Davidovich A, Weiner M. *The cumulative effect of long-acting bronchodilators, exercise, and inspiratory muscle training on the perception of dyspnea in patients with advanced COPD*. Chest. 2000;118(3):672-8.
147. Criner GJ, Cordova FC, Furukawa S, Kuzma AM, Travaline JM, Leyenson V, O'Brien GM. *Prospective randomized trial comparing bilateral lung volume reduction surgery to pulmonary rehabilitation in severe chronic obstructive pulmonary disease*. Am J Respir Crit Care Med. 1999;160(6):2018-27.
148. Jones PW. *Interpreting thresholds for a clinically significant change in health status in asthma and COPD*. Eur Respir J 2002;19(3):398-404.
149. Casaburi R, Barstow TJ, Robinson T, Wasserman K. *Influence of work rate on ventilatory and gas exchange kinetics*. J Appl Physiol 1989;67:547-555.
150. Wasserman K, Whipp BJ, Casaburi R. *Respiratory control during exercise*. In: Handbook of Physiology, Respiration II. Washington: Am. Physiol. Soc. 1986:595-619.
151. Neder JA, Jones PW, Nery LE, Whipp BJ. *Determinants of the exercise endurance capacity in patients with chronic obstructive pulmonary disease. The power-duration relationship*. Am J Respir Crit Care Med 2000;162:497-504.
152. O'Donnell DE, Revill SM, Webb KA. *Dynamic hyperinflation and exercise intolerance in chronic obstructive pulmonary disease*. Am J Respir Crit Care Med 2001;164:770-7.
153. Saey D, Debiguare R, Leblanc P, Mador MJ, Cote CH, Jobin J, Maltais F. *Contractile leg fatigue after cycle exercise: a factor limiting exercise in patients with COPD*. Am J Respir Crit Care Med 2003;168:425-30.
154. Hill DW. *The critical power concept: a review*. Sports Med 1993;16:237-54.
155. Whipp BJ, Ward SA. *Quantifying intervention-related improvements in exercise tolerance*. Eur Respir J 2009;33:1254-60.
156. Moullec G, Ninot G, Varray A, Prefaut C. *Quelles solutions pour l'après-réhabilitation des patients BPCO ?* Rev Mal Respir 2007;24(2):121-32.

157. Lirsac B, Gonzalez J, Surpas P, Steinberg A. *Etat des lieux de la réhabilitation respiratoire (RR) en France : sites et modalités*. Rev Mal Respir 2006;23:54.

# ANNEXES

ANNEXE A : ECHELLE DE DYSPNEE MMRC

GRADE 0	Pas de dyspnée en dehors de l'exercice soutenu.
GRADE 1	Dyspnée lors de la marche rapide ou en pente.
GRADE 2	Marche plus lente que les personnes de même âge du fait d'une dyspnée ou nécessité de s'arrêter pour reprendre son souffle en marchant à son rythme.
GRADE 3	Arrêt pour reprendre son souffle après avoir marché 100 mètres.
GRADE 4	Trop dyspnéique pour quitter la maison ou dyspnée lors de l'habillage / déshabillage

## ANNEXE B : ECHELLE DE BORG

0	Nulle
0,5	Très très discrète, « à peine perceptible »
1	Très discrète
2	Discrète
3	Modérée
4	Légèrement intense
5 / 6	Intense
7 / 8	Très intense
9	Très très intense, « presque maximale »
10	Maximale

# ANNEXE C : QUESTIONNAIRE RESPIRATOIRE DU SAINT GEORGE'S HOSPITAL

Document téléchargé sur le site de la Société de Pneumologie de Langue Française ([www.splf.org](http://www.splf.org))

## Questionnaire respiratoire du Saint George's Hospital (6 pages à remplir)

### IDENTIFICATION DU PATIENT

NOM .....

PRENOM .....

Sexe            Masculin  
                    Féminin

Date de naissance .. / .. / ....

### QUESTIONNAIRE

Médecin .....

Date .....

## 1ère PARTIE

Les questions qui suivent cherchent à déterminer l'importance des problèmes respiratoires que vous avez pu ressentir **AU COURS DES 12 DERNIERS MOIS**  
 (Mettez une croix dans la case correspondant à votre réponse à chaque question)

	Presque tous les jours de la semaine (5-7 jours)	Plusieurs jours par semaine (2-4 jours)	Quelques jours par mois	Seulement pendant une infection respiratoire	Pas du tout
1) Au cours des 12 derniers mois, avez-vous toussé ?					
2) Au cours des 12 derniers mois, avez-vous craché ?					
3) Au cours des 12 derniers mois, avez-vous été essoufflé(e)?					
4) Au cours des 12 derniers mois, avez-vous eu des crises de sifflement dans la poitrine?					
5) Au cours des 12 derniers mois, combien de fois avez-vous eu de crises graves ?	Plus de 3 crises <input type="checkbox"/> 3 crises..... <input type="checkbox"/> 2 crises..... <input type="checkbox"/> 1 crise..... <input type="checkbox"/> Aucune crise..... <input type="checkbox"/>				
<i>(passez à la question 7 si vous n'avez pas eu de crise grave)</i>					
6) Au cours des 12 derniers mois, combien de temps a duré la crise la plus pénible?	Une semaine ou plus .... <input type="checkbox"/> 3 jours ou plus..... <input type="checkbox"/> 1 ou 2 jours ..... <input type="checkbox"/> Moins d'une journée .... <input type="checkbox"/>				
7) Au cours des 12 derniers mois, dans une semaine ordinaire, combien avez-vous eu de journées sans grand problème respiratoire?	Aucune journée..... <input type="checkbox"/> 1 ou 2 jours ..... <input type="checkbox"/> 3 ou 4 jours ..... <input type="checkbox"/> Presque tous les jours.. <input type="checkbox"/> Tous les jours ..... <input type="checkbox"/>				
8) Quand vous avez des sifflements, est-ce pire le matin ?	oui..... <input type="checkbox"/> non..... <input type="checkbox"/>				

---

## 2ème PARTIE

---

**SECTION 1** *Mettez une croix dans la case correspondant à votre réponse à chaque question.*

### QUE PENSEZ-VOUS DE VOTRE ETAT RESPIRATOIRE ?

- C'est mon plus gros problème.....
- Cela me pose pas mal de problèmes.....
- Cela me pose quelques problèmes.....
- Cela ne me pose aucun problème.....

### SI VOUS AVEZ OU SI VOUS AVEZ EU UNE ACTIVITE PROFESSIONNELLE

- Mes problèmes respiratoires m'ont obligé(e) à ne plus travailler.....
- Mes problèmes respiratoires m'empêchent parfois de travailler.....
- Mes problèmes respiratoires ne m'empêchent pas de travailler.....

---

### SECTION 2 VOICI QUELQUES SITUATIONS QUI, HABITUELLEMENT, VOUS ESSOUFFLENT.

*Répondez en mettant une croix dans la case correspondant à votre situation ces jours-ci*

- |  | VRAI                     | FAUX                     |
|--|--------------------------|--------------------------|
| Etre assis au repos.....                         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Faire sa toilette ou s'habiller.....             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Marcher dans la maison.....                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Marcher à l'extérieur sur terrain plat.....      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Monter un étage.....                             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Monter une côte.....                             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Pratiquer une activité physique ou sportive..... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

**SECTION 3 VOICI ENCORE QUELQUES SITUATIONS CONCERNANT VOTRE TOUX ET VOTRE ESSOUFFLEMENT.**

*Voulez-vous signaler celles qui correspondent à votre état ces jours-ci ?*

	VRAI	FAUX
Ca me fait mal quand je tousse.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ca me fatigue quand je tousse.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Je suis essoufflé quand je parle.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Je suis essoufflé quand je me penche.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ma toux ou ma respiration perturbe mon sommeil.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Je m'épuise vite en faisant une activité quotidienne (par exemple : toilette, habillage, ménage).....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**SECTION 4 VOICI D'AUTRES EFFETS QUE VOS PROBLÈMES RESPIRATOIRES PEUVENT ENTRAÎNER CHEZ VOUS.**

*Voulez-vous signaler celles qui s'appliquent à vous ces jours-ci ?*

	VRAI	FAUX
Devant les autres je me sens gêné de tousser ou d'être essoufflé.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mes problèmes respiratoires gênent ma famille, mes amis ou mon voisinage.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
J'ai peur ou je panique quand je n'arrive plus à respirer.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Je sens que je ne peux pas contrôler ma respiration.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Je pense que mon état respiratoire ne va pas s'améliorer.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Je suis devenu un grand malade en raison de mon état respiratoire.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
L'exercice physique est dangereux pour moi.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tout me demande un effort.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**SECTION 5 CETTE SECTION CONCERNE VOTRE TRAITEMENT (Médicaments, aérosols, oxygène, kinésithérapie...)**

	VRAI	FAUX
Mon traitement ne m'aide pas beaucoup.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Devant les autres, je me sens gêné de suivre mon traitement.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mon traitement a des effets désagréables chez moi.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mon traitement me gêne beaucoup dans ma vie de tous les jours.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**SECTION 6 CETTE SECTION CONCERNE LES ACTIVITES QUOTIDIENNES QUI POURRAIENT ETRE GENEES PAR VOTRE RESPIRATION**

	VRAI	FAUX
J'ai besoin de beaucoup de temps pour faire ma toilette ou pour m'habiller.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Je ne peux pas prendre un bain ou une douche, ou alors j'ai besoin de beaucoup de temps pour le faire.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Je marche plus lentement que les autres ou je m'arrête pour me reposer.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Des travaux comme le ménage me prennent beaucoup de temps ou je dois m'arrêter pour me reposer.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Si je monte un étage, je dois aller lentement ou m'arrêter.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Si je me dépêche ou si je marche vite, je dois m'arrêter ou ralentir.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ma respiration rend pénible les activités telles que monter une côte, porter des objets en montant un étage, effectuer des travaux légers de jardinage, danser, jouer aux boules.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ma respiration rend pénible les activités telles que porter des charges lourdes, bêcher le jardin, déblayer la neige, faire du jogging ou marcher rapidement, jouer au tennis, nager.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ma respiration rend pénible les activités telles que les travaux manuels lourds, la course à pied, le vélo, la natation rapide ou les sports de compétition.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**SECTION 7 DEcrivez avec quelle intensité votre état respiratoire retentit d'ordinaire sur votre vie quotidienne ?**

	VRAI	FAUX
Je ne peux pratiquer aucun sport.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Je ne peux pas sortir pour me distraire ou me détendre.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Je ne peux pas sortir faire les courses.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Je ne peux pas faire le ménage ou bricoler.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Je ne peux pas m'éloigner beaucoup de mon lit ou de mon fauteuil.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**MAINTENANT, POURRIEZ-VOUS COCHER LA CASE CORRESPONDANT À CE QUI DÉCRIT LE MIEUX, SELON VOUS, LA MANIÈRE DONT VOTRE ÉTAT RESPIRATOIRE VOUS GÈNE**

*(Ne cochez qu'une seule case)*

Cela ne m'empêche pas de faire ce que je veux.....	<input type="checkbox"/>
Cela m'empêche de faire une ou deux choses que j'aurais envie de faire.....	<input type="checkbox"/>
Cela m'empêche de faire la plupart des choses que j'aurais envie de faire.....	<input type="checkbox"/>
Cela m'empêche de faire tout ce que j'aurais envie de faire.....	<input type="checkbox"/>

Merci d'avoir rempli ce questionnaire.

Avant de terminer, veuillez vérifier que vous avez bien répondu à toutes les questions.

## METHODE DE CALCUL DES SCORES

Trois scores sont calculés pour les composantes : *Symptômes, Activités, Impact*. Un score *Total* est également calculé.

### PRINCIPE DU CALCUL

Chaque réponse au questionnaire est affectée d'un « poids unique » dérivé des données antérieures. Le poids minimum est 0 et le plus élevé est 100. Pour chaque composante, effectuer la somme des poids affectés à chaque réponse. Le score est calculé en divisant cette somme des poids par le score maximum possible pour chaque composante et en exprimant le résultat en pourcentage.

### SYMPTOMES

Ce score correspond à toutes les questions de la partie 1. Les poids des questions 1 à 8 sont additionnés. Il faut noter que le questionnaire impose une réponse unique pour les questions 1 à 7. Si des réponses multiples ont été données à une question, il est acceptable d'effectuer la moyenne des poids pour ces réponses. Ceci paraît préférable à la perte complète des données et a été utilisé dans les études de validation. Il est clair que l'approche optimale consiste à éviter des réponses multiples.

Le score maximum possible est de 662,5.

### ACTIVITES

Le score est calculé en additionnant les poids aux réponses obtenues dans les sections 2 et sections 6 de la partie 2 du questionnaire.

Le score maximum possible est de 1209,1.

### IMPACT

Ceci est calculé à partir des sections 1 ; 3 ; 4 ; 5 et 7. L'attention est également attirée sur le fait que des réponses uniques sont demandées pour les deux parties de la section 1 et pour la dernière partie de la section 7. En cas de réponses multiples, on peut effectuer la moyenne des poids obtenus pour ces réponses dans chaque partie.

Le score maximum possible est de 2117,8.

### TOTAL

Le score total est calculé en additionnant toutes les réponses obtenues au questionnaire et en exprimant le résultat comme le pourcentage du maximum possible pour le questionnaire tout entier.

Le score maximum possible est de 3989,4.

## ANNEXE D : QUESTIONNAIRE DE BECK

### A

- 0 Je ne me sens pas triste
- 1 Je me sens cafardeux ou triste
- 2 Je me sens tout le temps cafardeux ou triste et je n'arrive pas à en sortir
- 3 Je suis si triste et si malheureux que je ne peux pas le supporter

### B

- 0 Je ne suis pas particulièrement découragé ni pessimiste au sujet de l'avenir
- 1 J'ai un sentiment de découragement au sujet de l'avenir
- 2 Pour mon avenir, je n'ai aucun motif d'espérer
- 3 Je sens qu'il n'y a aucun espoir pour mon avenir et que la situation ne peut s'améliorer

### C

- 0 Je n'ai aucun sentiment d'échec de ma vie
- 1 J'ai l'impression que j'ai échoué dans ma vie plus que la plupart des gens
- 2 Quand je regarde ma vie passée, tout ce que j'y découvre n'est qu'échecs
- 3 J'ai un sentiment d'échec complet dans toute ma vie personnelle (dans mes relations avec mes parents, mon mari, ma femme, mes enfants)

### D

- 0 Je ne me sens pas particulièrement insatisfait
- 1 Je ne sais pas profiter agréablement des circonstances
- 2 Je ne tire plus aucune satisfaction de quoi que ce soit
- 3 Je suis mécontent de tout

### E

- 0 Je ne me sens pas coupable
- 1 Je me sens mauvais ou indigne une bonne partie du temps
- 2 Je me sens coupable
- 3 Je me juge très mauvais et j'ai l'impression que je ne vauds rien

### F

- 0 Je ne suis pas déçu par moi-même
- 1 Je suis déçu par moi-même
- 2 Je me dégoûte moi-même
- 3 Je me hais

### G

- 0 Je ne pense pas à me faire du mal
- 1 Je pense que la mort me libérerait
- 2 J'ai des plans précis pour me suicider
- 3 Si je le pouvais, je me tuerais

## H

- 0 Je n'ai pas perdu l'intérêt pour les autres gens
- 1 Maintenant, je m'intéresse moins aux autres gens qu'autrefois
- 2 J'ai perdu tout l'intérêt que je portais aux autres gens et j'ai peu de sentiments pour eux
- 3 J'ai perdu tout intérêt pour les autres et ils m'indiffèrent totalement

## I

- 0 Je suis capable de me décider aussi facilement que de coutume
- 1 J'essaie de ne pas avoir à prendre de décision
- 2 J'ai de grandes difficultés à prendre des décisions
- 3 Je ne suis plus capable de prendre la moindre décision

## J

- 0 Je n'ai pas le sentiment d'être plus laid qu'avant
- 1 J'ai peur de paraître vieux ou disgracieux
- 2 J'ai l'impression qu'il y a un changement permanent dans mon apparence physique qui me fait paraître disgracieux
- 3 J'ai l'impression d'être laid et repoussant

## K

- 0 Je travaille aussi facilement qu'auparavant
- 1 Il me faut faire un effort supplémentaire pour commencer à faire quelque chose
- 2 Il faut que je fasse un très grand effort pour faire quoi que ce soit
- 3 Je suis incapable de faire le moindre travail

## L

- 0 Je ne suis pas plus fatigué que d'habitude
- 1 Je suis fatigué plus facilement que d'habitude
- 2 Faire quoi que ce soit me fatigue
- 3 Je suis incapable de faire le moindre travail

## M

- 0 Mon appétit est toujours aussi bon
- 1 Mon appétit n'est pas aussi bon que d'habitude
- 2 Mon appétit est beaucoup moins bon maintenant
- 3 Je n'ai plus du tout d'appétit

### Résultats :

Le score varie de 0 à 39.

- \* 0 à 3 : pas de dépression
- \* 4 à 7 : dépression légère
- \* 8 à 15 : dépression d'intensité moyenne à modérée
- \* 16 et plus : dépression sévère

# ANNEXE E : CONSENTEMENT PATIENT

## 1. Adhésion au réseau RIR Lorraine :

NOM

Prénom :

Date de naissance

Demeurant :



Réseau Insuffisance Respiratoire Lorraine

Vandoeuvre les Nancy, le

- Certifie avoir été informée par le **Docteur** des objectifs et de l'organisation de l'action de réhabilitation respiratoire proposé par le RIR Lorraine et tant des bénéfices thérapeutiques attendus que des risques inhérents à ce type de thérapeutique. Ces risques seront fortement atténués par l'engagement pris par le patient de suivre scrupuleusement les consignes et le programme de réhabilitation individualisée inclus dans le carnet de suivi qui sera remis à l'intéressé (e).

- J'accepte en toute connaissance d'adhérer en tant que patient à ce réseau. Mon engagement n'est lié à aucune contre partie financière de ma part. Le Réseau RIR Lorraine est représenté par le Docteur Laurent MOREAU, médecin coordonnateur, chargé de la mise en route et du suivi de la réhabilitation respiratoire à domicile.

### Réhabilitation respiratoire à domicile :

- Je m'engage de plus à prévenir le service prescripteur ou mon médecin traitant de toute difficulté ou répercussion sur mon état que je jugerais inquiétant dans la pratique de mon réentraînement à domicile.

- J'accepte de recevoir régulièrement les visites des personnels des prestataires de service (kinésithérapeute, infirmier(e) ou APA) selon la fréquence déterminée par le médecin, et d'effectuer les bilans trimestriels prévus et réalisés par les services prescripteurs.

- J'ai compris que l'indication à cette réhabilitation est portée par mon pneumologue ou mon médecin traitant après l'avis nécessaire du pneumologue pour le réentraînement à l'effort.

- Le personnel des prestataires est chargé de mettre à ma disposition le matériel nécessaire à la réhabilitation respiratoire à domicile, d'en assurer l'entretien et de suivre l'évolution de cette réhabilitation respiratoire avec, si nécessaire, une kinésithérapeute libéral. Il remplira, avec moi, les dossiers de suivi patient et soignant, qui seront adressés au médecin coordinateur du RIR Lorraine et à mes médecins.

Le prestataire met à disposition gracieusement la bicyclette durant trois mois. Au-delà, une proposition tarifaire vous sera faite, soit pour la racheter à prix réduit, soit pour la louer.

En cas de besoin relatif à la pratique de la réhabilitation respiratoire à domicile, je peux joindre les personnels du RIR Lorraine

Tél. : 03 83 15 49 35

Courriel : [secrtaire.rirlorraine@chu-nancy.fr](mailto:secrtaire.rirlorraine@chu-nancy.fr)

### Arrêt du programme de réhabilitation respiratoire à domicile

Dans le cas où je ne respecterai pas, malgré les conseils, le programme personnalisé de réhabilitation respiratoire prescrit ou les consignes de sécurité qui m'ont été expliquées, le programme sera interrompu après avis du comité de pilotage.

Dans ces deux cas, le comité de pilotage du RIR Lorraine prendra les dispositions nécessaires pour reprendre le matériel qui m'a éventuellement été confié. La durée du programme de réhabilitation respiratoire à domicile, d'au minimum 3 mois, est fixée en accord entre le Médecin et l'intéressé (e).

Je reste cependant totalement libre de décider de l'arrêt de la réhabilitation respiratoire à domicile : je dois cependant en informer le médecin responsable qui autorisera le RIR Lorraine à reprendre le matériel mis à disposition

### 4. Dossier médical et paramédical

Les données de mon dossier pourront faire l'objet d'un traitement informatisé conformément à la loi «Informatiques et Libertés ». Elles pourront être consultées par les médecins du RIR Lorraine. Je conserve à tout moment mon droit d'accès ou de rectification aux informations qu'il contient.

Date :

Signature du patient :

Pour le RIR Lorraine

Laurent MOREAU, médecin coordonnateur

## ANNEXE F : LETTRE INFORMATION PNEUMOLOGUES



Réseau Insuffisance Respiratoire Lorraine



Vandoeuvre les Nancy, le.....

Madame Monsieur le Docteur  
Mon Cher Confrère

Votre patient(e) **Madame Monsieur**..... né(e) le .....  
a été inclus(e) sous le numéro **09-.....** au sein du réseau RIR Lorraine, pour suivre le  
programme de réhabilitation respiratoire à domicile.

Nous vous rappelons que dans ce cadre vous devez le (la) revoir au 3<sup>ème</sup>, 6<sup>ème</sup> et 12<sup>ème</sup>  
mois pour la réalisation d'une EFR complète (CVF, CVL, VEMS, CPT et VR) avec gazométrie  
artérielle de repos et test de marche de 6 minutes en état stable, toujours dans les mêmes conditions  
qu'à l'inclusion (air ambiant ou sous oxygénothérapie à débit identique). Au 12<sup>ème</sup> mois, une épreuve  
d'effort maximale sera réalisée. Les résultats doivent être transmis au réseau si possible par voie  
électronique cryptée.

Dans l'intervalle, tests d'endurance à 75% de la puissance maximale initiale et  
questionnaire de qualité de vie (Saint Georges) et de dépression (Beck) seront réalisés à domicile tous  
les 3 mois par les prestataires.

Enfin, dans le cadre du programme, le RIR Lorraine prendra en charge le surcoût (AMK  
9/2) de séances de kinésithérapie respiratoire et renforcement musculaire (12 séances au cabinet, 15  
séances à domicile), menées par un kinésithérapeute libéral, que vous pourriez être amené à prescrire  
(ordonnance type ci jointe). De même, si une prise en charge psychologique vous semble nécessaire  
auprès d'une psychologue libérale (séance individuelle, groupes de relaxation, groupes de paroles), le  
réseau pourrait le prendre en charge financièrement. Les professionnels libéraux devront adhérer au  
RIR et justifier de leur activité auprès des patients du réseau (justificatif de note d'honoraire signé du  
patient)

Bien Confraternellement,

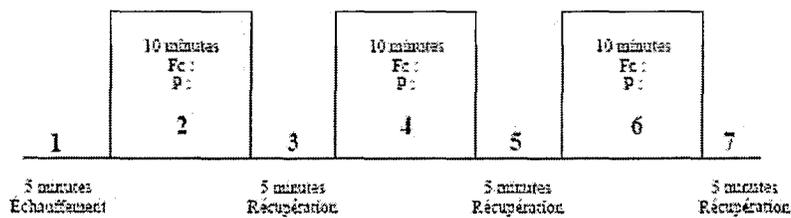
**Dr Laurent Moreau**  
Responsable de la Commission  
« Réhabilitation Respiratoire à domicile »  
du RIR Lorraine

# ANNEXE G : FICHE DE PRESCRIPTION

## FICHE DE PRESCRIPTION DE REE

### VOTRE PROGRAMME INITIAL DE REENTRAINEMENT

TYPE DE REENTRAINEMENT :	
• RECTANGULAIRE	<input type="checkbox"/>
• CRENEAU	<input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fréquence cardiaque de repos habituelle : ..... / min. Si supérieure à ..... pas de séance</li> <li>• Fréquence cardiaque d'effort cible : ..... / min.</li> <li>• Fréquence cardiaque d'alarme à ne pas dépasser : ..... / min</li> <li>• Débit d'oxygène pendant l'effort : ..... : litre /min</li> </ul>	
<p><u>Initialement :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Niveau de puissance d'échauffement et de récupération : ..... W</li> <li>• niveau de puissance de travail prévue : ..... W</li> </ul> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;"><u>Nombre de séances par semaine : 3 à 7.</u></p>	



# ANNEXE H : CONSIGNES DE SÉCURITÉ

## CONSIGNES DE SECURITE

### QUAND NE PAS FAIRE LA SEANCE ?

#### Vous ne devez pas faire votre séance dans les situations suivantes :

- si votre fréquence cardiaque de repos est supérieure à ..... (+ 25 % de la FC de repos habituelle) .
- si vous présentez de la fièvre, une augmentation importante des crachats, une douleur thoracique, un malaise, si vous avez l'impression que votre cœur bat irrégulièrement.....
- si vous êtes beaucoup plus essoufflé qu'à l'ordinaire.
- si vous présentez une modification importante de votre état général comme une perte de poids importante.

#### A quel moment, arrêter une séance :

- Si votre fréquence cardiaque d'alarme à l'effort est supérieure à ..... ( + 20 % de la fréquence cardiaque cible d'effort) .
- Si la saturation à l'effort est inférieure à 90 % (malgré l'oxygène).
- Si des douleurs thoraciques, un essoufflement inhabituel ou un malaise apparaissent.

**PENSEZ A PREVENIR, EVENTUELLEMENT,  
VOTRE MEDECIN TRAITANT.**

---

## RÉSUMÉ DE LA THÈSE :

**Contexte :** la réhabilitation respiratoire est un programme de soins personnalisés, dispensé par une équipe multidisciplinaire à des patients atteints d'une maladie respiratoire chronique, dont l'objectif principal est d'améliorer la qualité de vie. Les outils d'évaluation d'un tel programme existent mais, leur impact clinique reste encore discuté. Cette étude a pour objectif d'évaluer, après un an de suivi de patients atteints de bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO), les modifications du test de marche de 6 minutes (TM6), et celles du test d'endurance sur ergocycle (TE) en comparaison à des indicateurs de qualité de vie.

**Matériel et méthodes :** 329 patients atteints de BPCO étaient inclus dans le Réseau Insuffisance Respiratoire (RIR Lorraine). Notre étude portait sur les 153 patients ayant atteint le terme du suivi. Les évaluations comportaient : une consultation pneumologique à 0, 3, 6 et 12 mois (avec mesure de la dyspnée, explorations fonctionnelles respiratoires, gazométrie artérielle, TM6 et signalement des exacerbations) et une visite du prestataire à domicile à 0, 3, 6, 9 et 12 mois (avec TE à 75% de la puissance maximale, évaluation de la qualité de vie par le questionnaire de Saint George, de l'anxiété et de la dépression par le questionnaire de Beck).

**Résultats :** La dyspnée, l'anxiété et la qualité de vie étaient significativement améliorés par le programme ( $p < 0,0001$ ). Le TM6 était amélioré de 42 mètres en moyenne, ce qui restait en dessous du seuil de signification clinique. L'augmentation moyenne du TE était statistiquement et cliniquement significative (14,6 min). Le TE était mieux corrélé à la qualité de vie que le TM6.

**Conclusion :** La réhabilitation à domicile améliore les patients atteints de BPCO en terme de dyspnée, d'anxiété et de dépression, de qualité de vie et de capacités à l'exercice ( $p < 0,0001$ ). Le TE semble plus approprié que le TM6 pour détecter une amélioration des capacités d'exercice au cours du réentraînement à l'effort.

---

## TITLE IN ENGLISH :

PULMONARY REHABILITATION IN CHRONIC OBSTRUCTIVE PULMONARY DISEASE: ASSESSING OUTCOMES WITH THE CYCLE ENDURANCE TEST.

---

## SUMMARY IN ENGLISH

**Background :** Respiratory rehabilitation is a multidisciplinary program of care, for patients with chronic respiratory impairment. The optimal way of assessing the impact of such program is still undefined. This study was aimed at evaluating the effect of an home-based setting rehabilitation program during one year in patients with chronic pulmonary obstructive disease (COPD) and the changing in the 6-minutes walking test (6MWT) and in the constant work rate cycle endurance test (CET) in comparison with a quality of life questionnaire.

**Methods :** 329 patients with COPD were included. We studied the 153 patients that reached the one year follow-up. Patients were evaluated at baseline, 3, 6 and 12 months by a pneumologist (with measures of dyspnoea, pulmonary function tests, blood gas, 6MWT, and numbers of exacerbations) and at baseline, 3, 6, 9 and 12 months by a service provider at home (with CET at 75% of peak work capacity, evaluation of health status using the Saint George's respiratory questionnaire, and evaluation of depression and anxiety using the Beck questionnaire).

**Results :** Following pulmonary rehabilitation, dyspnoea, anxiety and depressive symptoms and health status were improved ( $p < 0,0001$ ). The 6MWT showed a mean improvement of 42 meters, which is below the clinically meaningful change. The mean improvement of the CET was statistically and clinically significant (14,6 min). The CET was better correlated with health status than the 6MWT.

**Conclusion :** Pulmonary rehabilitation improves COPD patients in terms of dyspnoea, anxiety, depression, health status and exercise capacity ( $p < 0,0001$ ). The CET seems more sensitive in detecting an improvement of exercise capacity.

---

THÈSE: PNEUMOLOGIE – ANNÉE 2009

---

**MOTS CLÉS :** Bronchopneumopathie chronique obstructive, réhabilitation respiratoire, test d'endurance sur ergocycle, test de marche de 6 minutes.

---

## INTITULÉ ET ADRESSE DE L'UFR :

Faculté de Médecine de Nancy  
9, avenue de la Forêt de Haye  
54505 VANDOEUVRE-LES-NANCY Cedex