



**HAL**  
open science

# Enquête nationale sur l'utilisation de l'ECMO, comme assistance respiratoire en chirurgie thoracique chez l'adulte, hors transplantation

Philippe Rinieri

► **To cite this version:**

Philippe Rinieri. Enquête nationale sur l'utilisation de l'ECMO, comme assistance respiratoire en chirurgie thoracique chez l'adulte, hors transplantation. Médecine humaine et pathologie. 2012. dumas-00745810

**HAL Id: dumas-00745810**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00745810>**

Submitted on 26 Oct 2012

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

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

**FACULTE MIXTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE DE ROUEN**

**ANNEE 2012**

**THESE POUR LE DOCTORAT EN MEDECINE**

**(Diplôme d'Etat)**

**Par RINIERI Philippe**

**Né le 18/08/1981 à Paris XVII<sup>ème</sup>**

**PRESENTEE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 17/09/2012**

**Enquête nationale sur l'utilisation de l'ECMO, comme**  
**assistance respiratoire en chirurgie thoracique chez**  
**l'adulte, hors transplantation**

**PRESIDENT DU JURY : Professeur PEILLON Christophe**

**DIRECTEUR DE THESE : Docteur BASTE Jean-Marc**

**AUTRES MEMBRES DU JURY : Professeur BESSOU Jean-Paul**

**Professeur VEBER Benoît**

**Professeur LITZLER Pierre-Yves**

**Professeur FALCOZ Pierre-Emmanuel**

**ANNEE UNIVERSITAIRE 2011 – 2012**

**U.F.R. DE MEDECINE-PHARMACIE DE ROUEN**

**DOYEN :** Professeur Pierre FREGER

**ASSESEURS :** Professeur Michel GUERBET  
Professeur Benoit VEBER  
Professeur Pascal JOLY  
Professeur Bernard PROUST

**DOYENS HONORAIRES :** Professeurs J. BORDE - Ph. LAURET - H. PIGUET - C.THUILLEZ

**PROFESSEURS HONORAIRES :** MM. M.-P. AUGUSTIN - J. ANDRIEU-GUITRANCOURT - M.BENOZIO - J.BORDE - Ph. BRASSEUR - R. COLIN - E. COMOY - J. DALION - . DESHAYES - C. FESSARD – J.P FILLASTRE - P.FRIGOT -J. GARNIER - J. HEMET - B. HILLEMAND - G. HUMBERT - J.M. JOUANY - R. LAUMONIER – Ph. LAURET - M. LE FUR – J.P. LEMERCIER - J.P LEMOINE - Mlle MAGARD - MM. B. MAITROT - M. MAISONNET - F. MATRAY - P.MITROFANOFF - Mme A. M. ORECCHIONI - P. PASQUIS - H.PIGUET - M.SAMSON – Mme SAMSON-DOLLFUS – J.C. SCHRUB - R.SOYER - B.TARDIF -.TESTART - J.M. THOMINE – C. THUILLEZ - P.TRON - C.WINCKLER - L.M.WOLF

**I - MEDECINE**

**PROFESSEURS**

M. Frédéric ANSELME HCN Cardiologie  
M. Bruno BACHY HCN Chirurgie pédiatrique  
M. Fabrice BAUER HCN Cardiologie  
Mme Soumeya BEKRI HCN Biochimie et Biologie Moléculaire  
M. Jacques BENICHOU HCN Biostatistiques et informatique médicale  
M. Eric BERCOFF HB Médecine interne (gériatrie)  
M. Jean-Paul BESSOU HCN Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire  
Mme Françoise BEURET-BLANQUART CRMPR Médecine physique et de réadaptation  
M. Guy BONMARCHAND HCN Réanimation médicale  
M. Olivier BOYER UFR Immunologie  
M. Jean-François CAILLARD HCN Médecine et santé au Travail  
M. François CARON HCN Maladies infectieuses et tropicales  
M. Philippe CHASSAGNE HB Médecine interne (Gériatrie)  
M. Alain CRIBIER (Surnombre) HCN Cardiologie

M. Antoine CUVELIER HB Pneumologie  
 M. Pierre CZERNICHOW HCH Epidémiologie, économie de la santé  
 M. Jean - Nicolas DACHER HCN Radiologie et Imagerie Médicale  
 M. Stéfan DARMONI HCN Informatique Médicale/Techniques de communication  
 M. Pierre DECHELOTTE HCN Nutrition  
 Mme Danièle DEHESDIN HCN Oto-Rhino-Laryngologie  
 M. Philippe DENIS (Surnombre) HCN Physiologie  
 M. Jean DOUCET HB Thérapeutique/Médecine – Interne - Gériatrie.  
 M. Bernard DUBRAY CB Radiothérapie  
 M. Philippe DUCROTTE HCN Hépto – Gastro - Entérologie  
 M. Frank DUJARDIN HCN Chirurgie Orthopédique - Traumatologique  
 M. Fabrice DUPARC HCN Anatomie - Chirurgie Orthopédique et Traumatologique  
 M. Bertrand DUREUIL HCN Anesthésiologie et réanimation chirurgicale  
 Mlle Hélène ELTCHANINOFF HCN Cardiologie  
 M. Thierry FREBOURG UFR Génétique  
 M. Pierre FREGER HCN Anatomie/Neurochirurgie  
 M. Jean François GEHANNO HCN Médecine et Santé au Travail  
 M. Emmanuel GERARDIN HCN Imagerie Médicale  
 Mme Priscille GERARDIN HCN Pédiopsychiatrie  
 M. Michel GODIN HB Néphrologie  
 M. Philippe GRISE HCN Urologie  
 M. Didier HANNEQUIN HCN Neurologie  
 M. Fabrice JARDIN CB Hématologie  
 M. Luc-Marie JOLY HCN Médecine d'urgence  
 M. Pascal JOLY HCN Dermato - vénéréologie  
 M. Jean-Marc KUHN HB Endocrinologie et maladies métaboliques  
 Mme Annie LAQUERRIERE HCN Anatomie cytologie pathologiques  
 M. Vincent LAUDENBACH HCN Anesthésie et réanimation chirurgicale  
 M. Alain LAVOINNE UFR Biochimie et biologie moléculaire  
 M. Joël LECHEVALLIER HCN Chirurgie infantile  
 M. Hervé LEFEBVRE HB Endocrinologie et maladies métaboliques  
 M. Xavier LE LOET HB Rhumatologie  
 M. Eric LEREBOURS HCN Nutrition  
 Mlle Anne-Marie LEROI HCN Physiologie  
 M. Hervé LEVESQUE HB Médecine interne  
 Mme Agnès LIARD-ZMUDA HCN Chirurgie Infantile  
 M. Bertrand MACE HCN Histologie, embryologie, cytogénétique  
 M. Eric MALLET (Surnombre) HCN Pédiatrie  
 M. Christophe MARGUET HCN Pédiatrie  
 Mlle Isabelle MARIE HB Médecine Interne  
 M. Jean-Paul MARIE HCN ORL  
 M. Loïc MARPEAU HCN Gynécologie - obstétrique  
 M. Stéphane MARRET HCN Pédiatrie  
 M. Pierre MICHEL HCN Hépto - Gastro - Entérologie  
 M. Francis MICHOT HCN Chirurgie digestive  
 M. Bruno MIHOUT HCN Neurologie  
 M. Pierre-Yves MILLIEZ HCN Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique  
 M. Jean-François MUIR HB Pneumologie  
 M. Marc MURAINÉ HCN Ophtalmologie  
 M. Philippe MUsETTE HCN Dermatologie - Vénéréologie

M. Christophe PEILLON HCN Chirurgie générale  
M. Jean-Marc PERON HCN Stomatologie et chirurgie maxillo-faciale  
M. Christian PFISTER HCN Urologie  
M. Jean-Christophe PLANTIER HCN Bactériologie – Virologie  
M. Didier PLISSONNIER HCN Chirurgie vasculaire  
M. Bernard PROUST HCN Médecine légale  
M. François PROUST HCN Neurochirurgie  
Mme Nathalie RIVES HCN Biologie et méd. du développement et de la reproduction  
M. Jean-Christophe RICHARD HCN Réanimation Médicale, Médecine d'urgence  
M. Horace ROMAN HCN Gynécologie Obstétrique  
M. Jean-Christophe SABOURIN HCN Anatomie – Pathologie  
M. Guillaume SAVOYE HCN Hépatologie - Gastro  
M. Michel SCOTTE HCN Chirurgie digestive  
Mme Fabienne TAMION HCN Thérapeutique  
Mlle Florence THIBAUT HCN Psychiatrie d'adultes  
M. Luc THIBERVILLE HCN Pneumologie  
M. Christian THUILLEZ HB Pharmacologie  
M. Hervé TILLY CB Hématologie et transfusion  
M. François TRON (Surnombre) UFR Immunologie  
M. Jean-Jacques TUECH HCN Chirurgie digestive  
M. Jean-Pierre VANNIER HCN Pédiatrie génétique  
M. Benoît VEBER HCN Anesthésiologie Réanimation chirurgicale  
M. Pierre VERA C.B Biophysique et traitement de l'image  
M. Eric VERSPYCK HCN Gynécologie obstétrique  
M. Olivier VITTECOQ HB Rhumatologie  
M. Jacques WEBER HCN Physiologie

### **MAITRES DE CONFERENCES**

Mme Noëlle BARBIER-FREBOURG HCN Bactériologie – Virologie  
M. Jeremy BELLIN HCN Pharmacologie  
Mme Carole BRASSE LAGNEL HCN Biochimie  
Mme Mireille CASTANET HCN Pédiatrie  
M. Gérard BUCHONNET HCN Hématologie  
Mme Nathalie CHASTAN HCN Physiologie  
Mme Sophie CLAEYSSENS HCN Biochimie et biologie moléculaire  
M. Moïse COEFFIER HCN Nutrition  
M. Vincent COMPERE HCN Anesthésiologie et réanimation chirurgicale  
M. Manuel ETIENNE HCN Maladies infectieuses et tropicales  
M. Guillaume GOURCEROL HCN Physiologie  
Mme Catherine HAAS-HUBSCHER HCN Anesthésie - Réanimation chirurgicale  
M. Serge JACQUOT UFR Immunologie  
M. Joël LADNER HCN Epidémiologie, économie de la santé  
M. Jean-Baptiste LATOUCHE UFR Biologie Cellulaire  
Mme Lucie MARECHAL-GUYANT HCN Neurologie  
M. Jean-François MENARD HCN Biophysique  
Mme Muriel QUILLARD HCN Biochimie et Biologie moléculaire  
M. Vincent RICHARD UFR Pharmacologie  
M. Francis ROUSSEL HCN Histologie, embryologie, cytogénétique

Mme Pascale SAUGIER-VEBER HCN Génétique  
Mme Anne-Claire TOBENAS-DUJARDIN HCN Anatomie  
M. Eric VERIN HCN Physiologie

### **MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES A MI-TEMPS**

M. Thierry LEQUERRE HB Rhumatologie  
M. Fabien DOGUET HCN Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire

### **PROFESSEURS AGREGE OU CERTIFIE**

Mme Dominique LANIEZ UFR Anglais  
Mme Michèle GUIGOT UFR Sciences humaines - Techniques d'expression

## **II - PHARMACIE**

### **PROFESSEURS**

M. Thierry BESSON Chimie Thérapeutique  
M. Jean-Jacques BONNET Pharmacologie  
M. Roland CAPRON (PU-PH) Biophysique  
M. Jean COSTENTIN (PU-PH) Pharmacologie  
Mme Isabelle DUBUS Biochimie  
M. Loïc FAVENNEC (PU-PH) Parasitologie  
M. Michel GUERBET Toxicologie  
M. Olivier LAFONT Chimie organique  
Mme Isabelle LEROUX Physiologie  
Mme Elisabeth SEGUIN Pharmacognosie  
M. Marc VASSE (PU-PH) Hématologie  
M Jean-Marie VAUGEOIS (Délégation CNRS) Pharmacologie  
M. Philippe VERITE Chimie analytique

### **MAITRES DE CONFERENCES**

Mlle Cécile BARBOT Chimie Générale et Minérale  
Mme Dominique BOUCHER Pharmacologie  
M. Frédéric BOUNOURE Pharmacie Galénique  
Mme Martine PESTEL-CARON Microbiologie  
M. Abdeslam CHAGRAOUI Physiologie  
M. Jean CHASTANG Biomathématiques  
Mme Marie Catherine CONCE-CHEMTOB Législation pharmaceutique et économie de la santé  
Mme Elizabeth CHOSSON Botanique

Mlle Cécile CORBIERE Biochimie  
M. Eric DITTMAR Biophysique  
Mme Nathalie DOURMAP Pharmacologie  
Mlle Isabelle DUBUC Pharmacologie  
Mme Roseline DUCLOS Pharmacie Galénique  
M. Abdelhakim ELOMRI Pharmacognosie  
M. François ESTOUR Chimie Organique  
M. Gilles GARGALA (MCU-PH) Parasitologie  
Mme Najla GHARBI Chimie analytique  
Mlle Marie-Laure GROULT Botanique  
M. Hervé HUE Biophysique et Mathématiques  
Mme Hong LU Biologie  
Mme Sabine MENAGER Chimie organique  
Mme Christelle MONTEIL Toxicologie  
M. Paul MULDER Sciences du médicament  
M. Mohamed SKIBA Pharmacie Galénique  
Mme Malika SKIBA Pharmacie Galénique  
Mme Christine THARASSE Chimie thérapeutique  
M. Rémi VARIN (MCU-PH) Pharmacie Hospitalière  
M. Frédéric ZIEGLER Biochimie

#### **PROFESSEUR ASSOCIE**

M. Jean-Pierre GOULLE Toxicologie

#### **MAITRE DE CONFERENCE ASSOCIE**

Mme Sandrine PANCHOU Pharmacie Officinale

#### **PROFESSEUR AGREGE OU CERTIFIE**

Mme Anne-Marie ANZELLOTTI Anglais

#### **ATTACHE TEMPORAIRE D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE**

M. Bérénice COQUEREL Chimie Analytique  
M. Johann PELTIER Microbiologie

#### **CHEF DES SERVICES ADMINISTRATIFS :**

Mme Véronique DELAFONTAINE  
HCN - Hôpital Charles Nicolle HB - Hôpital de BOIS GUILLAUME CB - Centre HENRI  
BECQUEREL CHS - Centre Hospitalier Spécialisé du Rouvray CRMPR - Centre Régional  
de Médecine Physique et de Réadaptation

### **III – MEDECINE GENERALE**

#### **PROFESSEURS**

M. Jean-Loup HERMIL UFR Médecine générale

#### **PROFESSEURS ASSOCIES A MI-TEMPS :**

M. Pierre FAINCILBER UFR Médecine générale

M. Alain MERCIER UFR Médecine générale

M. Philippe NGUYEN THANH UFR Médecine générale

#### **MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE A MI-TEMPS :**

M Emmanuel LEFEBVRE UFR Médecine générale

Mme Elisabeth MAUVIARD UFR Médecine générale

Mme Marie Thérèse THUEUX UFR Médecine générale

#### **LISTE DES RESPONSABLES DE DISCIPLINE**

Mlle Cécile BARBOT Chimie Générale et Minérale

M. Thierry BESSON Chimie thérapeutique

M. Roland CAPRON Biophysique

M Jean CHASTANG Mathématiques

Mme Marie-Catherine CONCE-CHEMTOB Législation, Economie de la Santé

Mlle Elisabeth CHOSSON Botanique

M. Jean COSTENTIN Pharmacodynamie

Mme Isabelle DUBUS Biochimie

M. Loïc FAVENNEC Parasitologie

M. Michel GUERBET Toxicologie

M. Olivier LAFONT Chimie organique

M. Jean-Louis PONS Microbiologie

Mme Elisabeth SEGUIN Pharmacognosie

M. Mohamed SKIBA Pharmacie Galénique

M. Marc VASSE Hématologie

M. Philippe VERITE Chimie analytique



## **ENSEIGNANTS MONO-APPARTENANTS**

### **MAITRES DE CONFERENCES**

M. Sahil ADRIOUCH Biochimie et biologie moléculaire (Unité Inserm 905)

Mme Gaëlle BOUGEARD-DENOYELLE Biochimie et biologie moléculaire (Unité Inserm 614)

M. Antoine OUVRARD-PASCAUD Physiologie (Unité Inserm 644)

### **PROFESSEURS DES UNIVERSITES**

M. Mario TOSI Biochimie et biologie moléculaire (Unité Inserm 614)

M. Serguei FETISSOV Physiologie (Groupe ADEN)

Mme Su RUAN

Par délibération en date du 3 mars 1967, la faculté a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

## **Remerciements**

A Marion Alcantara, la femme que j'aime (et tous ses animaux...)

A mes parents qui m'ont soutenu durant toutes ces années et sans qui je n'en serais pas là

A ma famille, ma sœur, mes grands-parents, oncles et cousines

A mes amis médecins (Emmanuel Weiss, Pierre Laumond), architecte (David Teixeira), journaliste (Jérémy Bellanger) et expatriés

Aux chirurgiens thoraciques du CHU de Rouen qui m'ont tant appris, Jean-Marc Baste, M. Peillon Christophe et Jean Melki (mes premiers lobes)

A mon directeur de thèse pour ses nombreuses relectures, ses conseils

A tous les membres du jury qui ont accepté de juger cette thèse et qui contribueront à l'amélioration de l'article médical, en vue de sa publication

A toute l'équipe de chirurgie cardiaque, chirurgiens (boule à facettes, de Grace, papa Alfred...), anesthésistes-réanimateurs (main de velours dans un gant de fer, petit Jean, Catherine la maman, Lili, l'homme au téléphone...) et infirmiers

Aux pneumologues qui rendent les RCP intéressantes

A toute l'équipe médicale et paramédicale de chirurgie thoracique et vasculaire du CHU

Aux anesthésistes-réanimateurs du CHU, qui s'intéressent à la chirurgie thoracique et contribuent à l'amélioration des pratiques

Aux chirurgiens thoraciques que j'ai eu la chance d'aider ou de voir opérer : Dr Gossot Dominique, Dr Dujon Antoine

A l'équipe du département de thoracique de l'Institut Mutualiste Montsouris

A mes anciens co-internes, Elodie, Hassiba, Eglantine, Rachid, Guillaume, Lilian, Edouard, Laurence, Ludo...

A Sylvain Mareschal, statisticien

A Alexandros Mallios, grecque anglophone, futur professeur américain de vasculaire

A tous mes correspondants, sans qui cette étude aurait été impossible

Aux chirurgiens thoraciques qui me font confiance et continueront ma formation, au CHU de Rouen et au Havre

## **PLAN**

### **1<sup>ère</sup> partie : Enquête nationale sur l'utilisation de l'ECMO, comme assistance respiratoire en chirurgie thoracique chez l'adulte, hors transplantation (article médical)**

#### **Résumé**

#### **Introduction**

#### **Patients et méthodes**

#### **Résultats**

- Centres participants
- Patients et indications opératoires
- Indications de l'ECMO
- Interventions chirurgicales
- Anticoagulation
- Mortalité
- Sevrage de l'ECMO
- Complications

#### **Discussion**

- Ventilation mécanique
- ECMO, alternative à la CEC
- ECMO pour assistance respiratoire totale
- ECMO pour assistance respiratoire partielle
- Indications limites de l'ECMO
- Technique d'extraction du CO<sub>2</sub>, alternative à l'ECMO?
- Avantages de l'ECMO veino-artérielle
- Avantages de l'ECMO veino-veineuse
- Complications hémorragiques sous ECMO
- Switch
- Critique de l'étude

#### **Conclusion**

#### **Illustrations, tableaux, courbes de survie, annexes**

### **2<sup>ème</sup> partie : Utilisation de l'ECMO comme assistance respiratoire chez l'adulte**

- 1/ Historique
- 2/ Types d'assistance respiratoire extracorporelle
- 3/ Circuit d'ECMO
- 4/ Canulation
- 5/ Anticoagulation
- 6/ Complications de l'ECMO
- 7/ Surveillance du patient sous ECMO
- 8/ Mobilité
- 9/ Timing

#### **Aspect médico-légal**

#### **Références**

**Enquête nationale sur l'utilisation de l'ECMO, comme assistance respiratoire en chirurgie thoracique chez l'adulte, hors transplantation**

RINIERI Philippe<sup>1</sup>, BASTE Jean-Marc<sup>1</sup>, BESSOU Jean-Paul<sup>2</sup>, LITZLER Pierre-Yves<sup>2</sup>, VEBER Benoît<sup>3</sup>, FALCOZ Pierre-Emmanuel<sup>4</sup>, PEILLON Christophe<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Service de chirurgie thoracique du Pr Peillon, CHU Charles Nicolle, 1 rue de Germont 76031 Rouen

<sup>2</sup>Service de chirurgie thoracique et cardio-vasculaire du Pr Bessou, CHU Charles Nicolle, 1 rue de Germont 76031 Rouen

<sup>3</sup>Service de réanimation chirurgicale du Pr Veber, CHU Charles Nicolle, 1 rue de Germont 76031 Rouen

<sup>4</sup>Service de chirurgie thoracique du Pr Wihlm, Hôpitaux universitaires de Strasbourg-Nouvel Hôpital Civil, 1 place de l'Hôpital 67091 Strasbourg

Auteur correspondant : Rinieri Philippe, service de chirurgie thoracique du Pr Peillon, CHU Charles Nicolle, 1 rue de Germont 76031 Rouen, [p.rinieri@hotmail.fr](mailto:p.rinieri@hotmail.fr), tel 0232888704, fax 0232888028

# Enquête nationale sur l'utilisation de l'ECMO comme assistance respiratoire en chirurgie thoracique hors transplantation

## **Résumé**

**Introduction :** L'expérience de l'ECMO comme support ventilatoire en chirurgie thoracique hors transplantation pulmonaire est limitée. L'objectif de notre travail est de préciser ses indications, ses complications et ses avantages par rapport aux autres techniques ventilatoires.

**Patients et Méthodes :** Nous avons réalisé une étude rétrospective nationale sur l'utilisation peropératoire de l'ECMO en chirurgie thoracique.

**Résultats :** 17 centres sur 33 ont utilisé l'ECMO comme support ventilatoire. 34 patients ont eu une ECMO (veino-veineuse ou veino-artérielle) : 26 avec arrêt complet de la ventilation (22 chirurgies trachéo-bronchiques, 4 chirurgies sur poumon unique) (groupe 1 = support total), 5 avec ventilation associée à l'ECMO (groupe 2 = support partiel) et 3 avec ECMO préopératoire pour SDRA (groupe 3). La mortalité à 30 jours est de 8 % dans le groupe 1 et de 40% dans le groupe 2. La survie précoce est supérieure dans le groupe 1 ( $p < 0,05$ ). La principale complication est le saignement du site opératoire (18% de reprises).

**Conclusion :** L'ECMO veino-veineuse ou veino-artérielle semble être une solution pertinente en substitution aux autres techniques ventilatoires pour la réalisation de gestes complexes, notamment pour la chirurgie trachéo-bronchique ou sur poumon unique. La réalisation de gestes sous ECMO en cas de SDRA associé reste plus discutable.

**Mots clés :** oxygénation par membrane extracorporelle / chirurgie thoracique / ventilation mécanique

# **National review of ECMO use as a ventilatory support in thoracic surgery out lung transplantation**

## **Abstract**

**Background:** The experience with ECMO as a ventilatory support out transplantation is limited with mainly case reports. Our aim is to describe its indications, complications and advantages compared to others ventilatory supports.

**Patients and Methods :** French multicentric retrospective study on ECMO using in thoracic surgery out transplantation.

**Results :** 17 centers on 33 have used ECMO in substitution of others ventilatory supports. 34 patients have been on ECMO (veno-venous or veno-arterial), with 26 with total ventilatory support (group 1) (22 tracheo-bronchial surgery and 4 in unique lung surgery), 5 with partial support (group 2) (surgery with respiratory insufficiency), 3 with pre-operative ECMO (group3) (surgery in ARDS situation). Mortality at 30 days in group1 is 8%, and 40% in group 2. Survival is better in group 1 ( $p < 0,05$ ). Bleeding is the major adverse effect with 18% of redux.

**Conclusion :** Veno-venous or veno-arterial ECMO could be proposed as an alternative of ventilatory support in tracheo-bronchial or in unique lung surgery. Surgery in ARDS patient supported by ECMO seems to be more controversial and should be discussed case by case.

**Keywords:** extracorporeal membrane oxygenation / thoracic surgery / mechanical ventilation

## **Introduction**

La chirurgie thoracique est une chirurgie essentiellement de résection avec des contraintes d'exposition et de sécurité, liées à la ventilation et à l'abord des gros vaisseaux. Grâce à la ventilation unipulmonaire, le chirurgien thoracique peut aborder les gros vaisseaux de manière optimale [1]. Dans certaines situations prévisibles, la ventilation unipulmonaire est impossible pour des raisons anatomiques (poumon unique), ou insuffisante en cas d'insuffisance respiratoire (hypoxie après exclusion pulmonaire). En cas de chirurgie trachéo-bronchique, la ventilation mécanique (jet ventilation, ventilation dans le champ) peut être difficile, rendant le geste chirurgical aléatoire. Le chirurgien thoracique doit savoir anticiper ces situations ventilatoires complexes, prévoir un moyen d'assurer l'hématose, en urgence ou pour un patient programmé à haut risque ventilatoire. Une étroite collaboration entre chirurgiens et anesthésistes-réanimateurs est nécessaire, afin de trouver un compromis entre oxygénation du patient et exposition chirurgicale. Dans les situations ventilatoires complexes, l'assistance respiratoire extracorporelle (AREC) peropératoire peut assurer une hématose correcte et une bonne exposition chirurgicale.

Les différents types d'AREC sont l'extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) veino-veineuse (VV) ou veino-artérielle (VA) et les techniques d'épuration extracorporelle du CO<sub>2</sub> [2]. Seule l'ECMO permet une bonne oxygénation en plus de la décarboxylation. Cette technologie est en plein essor, notamment en réanimation médicale. La principale indication de l'ECMO VV est médicale : le syndrome de détresse respiratoire aigüe (SDRA) sévère [3].

En chirurgie thoracique, l'utilisation peropératoire de l'ECMO comme AREC reste exceptionnelle, réservée à certains services de chirurgie cardio-thoracique transplantateurs. En transplantation pulmonaire, les indications sont nombreuses. L'équipe de Vienne a rapporté



son expérience de l'ECMO en transplantation pulmonaire [4]. En préopératoire, l'ECMO peut être un pont vers la transplantation (bridge to transplant). Durant la transplantation, l'utilisation de l'ECMO pour les patients en défaillance respiratoire et/ou cardiaque remplace désormais la circulation extracorporelle (CEC) conventionnelle dans plusieurs centres. La mise en place d'une ECMO pour défaillance primaire de greffon (réfractaire au traitement conventionnel) doit être précoce [5]. Par ailleurs, l'équipe de Madrid a rapporté son expérience de greffons pulmonaires prélevés à cœur arrêté chez l'homme sous ECMO, mais le taux de défaillance primaire de greffon est élevé [6]. Récemment, l'ECMO a permis le reconditionnement de greffons pulmonaires ex-vivo [7]. En cas d'embolie pulmonaire aiguë massive, l'ECMO VA est indiquée s'il existe une défaillance cardiaque droite pré ou post-opératoire. Après thromboendartériectomie pulmonaire pour hypertension artérielle pulmonaire chronique post-embolique, l'ECMO est utile pour traiter une défaillance ventriculaire droite ou un œdème de reperfusion.

Dans les services de chirurgie thoracique plus conventionnels, l'ECMO peut également avoir un intérêt. Elle peut être utilisée comme AREC pour remplacer la ventilation au cours d'une résection de carène [8, 9, 10, 11, 12], d'une exérèse de tumeur médiastinale [13, 14], d'une chirurgie sur poumon unique [15] ou lors de plasties trachéo-bronchiques pour ruptures post-traumatiques [16, 17, 18].

L'ECMO peut également aider la ventilation unipulmonaire à assurer l'hématose, chez les patients à fonction respiratoire limitée. Des résections pulmonaires limitées [19, 20, 21] et des chirurgies de réduction volumique chez l'emphysémateux sévère [22] sont décrites sous ECMO.

L'ECMO est aussi utilisée pour traiter les complications post-opératoires, comme le SDRA post-pneumectomie.

L'ECMO s'est répandue dans les services de réanimation médicale et dans les services de transplantation en chirurgie cardio-thoracique. Ses indications sont assez claires et le plus souvent indispensables dans l'arsenal thérapeutique. Le positionnement de l'ECMO en chirurgie thoracique « conventionnelle » est moins évident avec la description essentiellement de cas cliniques sans réel consensus. L'objectif de cette thèse est de faire l'état des lieux de l'utilisation peropératoire de l'ECMO, comme assistance respiratoire en chirurgie thoracique chez l'adulte, hors transplantation pulmonaire. L'AREC type ECMO a-t-elle un intérêt en chirurgie thoracique, hors transplantation? Peut-elle être une alternative aux techniques ventilatoires? Quelles sont les indications, les complications et la structure nécessaire pour utiliser cette technologie prometteuse?

## **Patients et méthodes**

Le travail de cette thèse a consisté à réaliser une enquête nationale sur l'utilisation peropératoire de l'ECMO, comme assistance respiratoire en chirurgie thoracique chez l'adulte, hors transplantation et indication vasculaire.

Il s'agit d'une étude rétrospective multicentrique, nationale, sur l'utilisation de l'ECMO dans cette indication : assistance respiratoire peropératoire, hors transplantation.

Tous les centres français de chirurgie thoracique utilisant l'ECMO ont été sollicités via un questionnaire internet : centres hospitaliers universitaires (CHU) et centres privés participant au service public hospitalier (PSPH). L'**annexe 1** détaille la liste des centres participants et des correspondants.

Tous les patients inclus ont été opérés sous ECMO pour des raisons respiratoires. L'ECMO a été mise en place en pré ou peropératoire. Les critères d'exclusion étaient la transplantation pulmonaire, les cancers avec envahissement vasculaire et/ou cardiaque et une plaie vasculaire peropératoire nécessitant la mise en place d'une circulation extracorporelle (CEC) conventionnelle ou type ECMO.

Une lettre et un 1<sup>er</sup> questionnaire (**annexe 2**) ont été envoyés à plusieurs reprises par mail à tous les centres participants, de février 2012 à avril 2012. Ce questionnaire avait pour objectif de recenser le nombre de cas en France. Un 2<sup>ème</sup> questionnaire (**annexe 3**) a été envoyé à plusieurs reprises par mail aux centres participants, d'avril 2012 à juillet 2012. Il a permis le recueil des données pré, per et postopératoires de chaque patient.

L'ensemble des données a été colligé dans EXCEL (Microsoft) avec une analyse statistique descriptive. L'analyse de survie a été faite à l'aide du test log-rank (logiciel Statview). La différence entre les courbes de survie est statistiquement significative si p-valeur < 5%.

## **Résultats**

### **Centres participants**

33 centres de chirurgie thoracique sur 34, ont participé à l'enquête nationale.

Dans plus de 90% des centres participants, les ECMO sont posées par des chirurgiens cardiaques ou cardio-thoraciques. Les patients ont été opérés dans 16 centres différents (48% des centres). Seulement 5 centres ont au moins 3 cas (15% des centres) : Clermont-Ferrand, Dijon, Rennes, Rouen et Toulouse. Le nombre et le type d'ECMO par centre sont détaillés dans le **tableau 1**.

17 centres (52% des centres) n'ont jamais utilisé l'ECMO dans cette indication. La plupart de ces centres utilise la jet ventilation ou la ventilation dans le champ pour les résections de trachées et carènes, et ne voit pas l'utilité d'utiliser une assistance respiratoire extracorporelle. Dans un centre, l'oxygénation transtrachéale est pratiquée (haut débit d'O<sub>2</sub> intra-trachéal, sans volume courant), mais cette technique d'hyperoxie-hypercapnie peut être mal tolérée, du fait de l'acidose hypercapnique.

### **Patients et indications opératoires**

Au total, 34 patients de chirurgie thoracique ont été opérés sous ECMO pour des raisons respiratoires en France, de mars 2009 à juillet 2012. L'inclusion des patients (flow chart) est détaillée dans l'**illustration 1**. L'étude comprend 13 femmes et 21 hommes, la moyenne d'âge est de 54 ans.

Au total, 19 patients ont été opérés sous ECMO VV et 15 patients sous ECMO VA (10 périphériques et 5 centrales).

25 patients (74%) étaient programmés (groupe A). 9 patients (26%) ont été opérés en urgence (groupe B) : 2 plaies trachéo-bronchiques, 3 chirurgies d'hémostase (sutures pulmonaires, 1 lobectomie et 1 pneumonectomie), 1 sténose trachéale post-traumatique, 1 fistule œso-bronchique, 1 fistule œso-trachéale et 1 pneumopathie responsable d'une nécrose pulmonaire.

Les indications opératoires sont essentiellement néoplasiques (tumeur trachéale, cancer bronchique envahissant une bronche souche ou la carène, cancer sur poumon unique). Elles sont également infectieuses (aspergillome, abcès ou nécrose pulmonaire), traumatiques (plaies trachéo-bronchiques, sténose trachéale post-traumatique, plaies pulmonaires) et iatrogènes : nécrose radique trachéale, sténose trachéale post intubation, plaie trachéale post intubation,

endoprothèse œsophagienne, plaie de carène au cours d'une œsophagectomie (**illustrations 2 à 5**).

Les indications opératoires par type d'ECMO sont résumées dans le **tableau 2**.

### **Indications de l'ECMO**

Les patients ont été classés en 3 groupes selon l'objectif de l'ECMO.

31 patients ont bénéficié d'une ECMO en début d'intervention, pour permettre le geste chirurgical. Dans le **groupe 1** (26 patients), l'ECMO a été mise en place pour remplacer la ventilation pulmonaire : le support respiratoire était total. Dans le **groupe 2** (5 patients), elle a permis d'aider la ventilation uni ou bipulmonaire à assurer l'hématose : le support respiratoire était partiel. Seulement 5 patients du groupe 1 présentaient un SDRA au moment de l'intervention. Dans le groupe 2, les patients avaient tous un SDRA et/ou une fonction respiratoire limite, ne permettant pas l'exclusion pulmonaire.

Au moment de l'opération, 3 patients avaient une ECMO depuis plusieurs jours pour SDRA (**groupe 3**) : le support respiratoire était partiel. L'ECMO a permis une ventilation unipulmonaire, ce qui permis la réalisation de 3 lobectomies.

### **Interventions chirurgicales**

Les types de chirurgie sont très variables et concernent la trachée (plastie, résection-anastomose), la carène (résection-reconstruction), la bronche souche gauche (plastie), le poumon (pneumectomie, lobectomie, wedge, hémostase) ou le médiastin (curage ganglionnaire).

L'ECMO a permis d'arrêter complètement la ventilation pulmonaire dans 26 cas (10 trachées, 10 carènes, 2 bronches souches et 4 chirurgies sur poumon unique). Les durées d'arrêt ventilatoire sous ECMO n'ont pu être colligées que pour 21 patients. La durée moyenne

d'arrêt ventilatoire est de 89 min sous ECMO VV et 85 min sous ECMO VA. La durée maximale d'arrêt ventilatoire est de 209 min sous ECMO VV et de 248 min sous ECMO VA.

### Anticoagulation

Un bolus d'héparine de 50 à 100UI/kg est fait avant la canulation. Dans tous les centres, la surveillance de l'anticoagulation est faite à l'aide de l'ACT (activated clotting time), à l'exception d'un centre qui utilise le TCA. Les objectifs d'ACT varient de 160 à 200 secondes. Aucun bolus d'héparine n'est fait en cas d'hémorragie ou d'anticoagulation préalable.

### Mortalité

La mortalité peropératoire est nulle.

La mortalité hospitalière globale à J30 est de 18% (6 morts) : J1, J1, J11, J22, J23 et J27. La cause du décès est connue pour 4 cas : 2 chocs hémorragiques, 1 accident vasculaire cérébral ischémique et hémorragique et 1 choc septique.

La mortalité hospitalière à J30 des patients des groupes 1, 2 et 3 est de 8% (2 décès), 40% (2 décès) et de 67% (2 décès). La mortalité hospitalière à J30 des patients des groupes A et B est de 12% et de 33%. Les différentes survies de chaque groupe ont été comparées jusqu'à J30 (**courbes de survie 1 à 4**). La différence de mortalité entre les groupes 1, 2 et 3 est significative. En revanche, la différence de mortalité entre les groupes A et B n'est pas significative.

### Sevrage de l'ECMO

Parmi les 31 patients qui ont eu une ECMO en début d'intervention, 19 patients (soit 61%) ont pu être sevré de l'ECMO en post-opératoire immédiat (durée d'ECMO < 24H). 4 patients

ont été sevrés entre 24 et 72 heures. Au total, 74% des patients qui ont eu une ECMO en début d'opération ont pu être sevrés en moins de 3 jours. Un seul patient a été extubé sous ECMO, mais la durée d'ECMO n'a pas été retrouvée.

Dans le groupe 2, seul 3 patients ont été sevrés de l'ECMO à J3, J6 et J15 post-opératoires.

1 seul patient du groupe 3 a pu être sevré de l'ECMO, à J7 post-opératoire.

### **Complications**

18% des patients (6 patients) ont été repris pour saignement au niveau du site opératoire. 2/3 des patients repris étaient toujours sous ECMO au moment du décaillotage pleural ou pleuro-péricardique. 1 seul patient a été repris pour saignement du site de canulation.

Nous n'avons pas recensé de thrombose veineuse profonde, ni d'ischémie de membre. 1 seule infection de scarpa a été notée.

Un changement du type d'ECMO a été nécessaire pour 3 patients :

- 1 ECMO VA fémoro-fémorale convertie en fémoro-axillaire à J2, puis en ECMO VV à J3
- 1 ECMO VA fémoro-axillaire convertie en ECMO VV en fin d'intervention
- 1 ECMO VA fémoro-fémorale convertie pendant l'opération, en circulation extracorporelle (CEC) conventionnelle avec arrêt circulatoire et hypothermie profonde, devant une plaie de l'artère pulmonaire.

## **Discussion**

### **Ventilation mécanique**

17 centres (52% des centres) n'ont jamais utilisé l'ECMO comme AREC peropératoire, hors transplantation. Tous ont accès à l'ECMO, mais utilisent la ventilation mécanique (jet ventilation, ventilation dans le champ) dans les situations ventilatoires complexes. Un centre

utilise une technique d'oxygénation transtrachéale, mais la durée d'apnée est limitée (15-20 min au mieux) [23].

La chirurgie thoracique nécessite fréquemment une ventilation unipulmonaire, à l'aide de tubes à double lumière, droit ou gauche, avec ou sans ergot [24]. Différents moyens pharmacologiques et mécaniques permettent de lutter contre l'hypoxémie peropératoire ( $\text{SaO}_2 < 92\%$ ) lors de la ventilation unipulmonaire [25] : la ventilation en  $\text{O}_2$  pur du poumon inférieur, la pression expiratoire positive, les manœuvres de recrutement alvéolaire, la CIPAP ou la mini-ventilation du poumon exclu, le clampage de l'artère pulmonaire du poumon exclu, la compression du poumon exclu et le décubitus latéral. Ces manœuvres améliorent l'oxygénation, mais parfois au prix d'une moins bonne exposition chirurgicale [26].

Lors d'une résection anastomose trachéale, l'utilisation d'une sonde d'intubation orotrachéale sélective est impossible. La ventilation peut se faire par un cathéter de jet-ventilation à haute fréquence (JVHF), par une sonde fine (5-6mm) passée au travers de l'anastomose ou par une sonde stérile insérée par le chirurgien dans la trachée distale. La JVHF permet les échanges gazeux et améliore le confort chirurgical [27]. Les complications de la JVHF sont le barotraumatisme pulmonaire, des difficultés de ventilation chez le patient obèse ou ayant une broncho-pneumopathie chronique obstructive [28].

Les techniques ventilatoires conventionnelles pour la chirurgie sur poumon unique sont la ventilation sélective d'un ou de deux lobes pulmonaires grâce à un bloqueur endobronchique, la JVHF et la ventilation intermittente. Ces techniques gênent l'exposition chirurgicale.

Les interventions à poumon ventilé ou sous ventilation intermittente peuvent facilement être réalisées, si le geste chirurgical est court, simple ou si les conditions locales le permettent (wedge diagnostique, biopsies pleurales et talcage d'une pleurésie néoplasique surtout si le poumon est « trappé »).



### *ECMO, alternative à la CEC conventionnelle?*

Initialement, la CEC conventionnelle était utilisée pour l'assistance respiratoire peropératoire. L'équipe de Marie-Lannelongue a rapporté plusieurs cas de résection de cancers pulmonaires localement avancés (T4) sous CEC conventionnelle, pour des raisons respiratoires (2 carènes) [29]. La première utilisation peropératoire de l'ECMO comme assistance respiratoire totale a été décrite en 1996 [9], alors que les premiers cas rapportés en France remontent à 2009.

Les avantages de l'ECMO par rapport à la CEC conventionnelle sont multiples. Une anticoagulation moins importante est nécessaire, ce qui diminue le risque hémorragique. De plus, le circuit d'ECMO offre une meilleure biocompatibilité : le syndrome inflammatoire induit est moins important [8]. La CEC conventionnelle reste néanmoins indispensable en cas d'ouverture des cavités cardiaques, de chirurgie de la crosse aortique ou du tronc de l'artère pulmonaire. En chirurgie carcinologique, récupérer du sang lors de la dissection tumorale entraînerait un risque théorique de dissémination tumorale.

### *ECMO pour assistance respiratoire totale*

Dans notre série, l'ECMO a permis de remplacer la ventilation dans 26 cas (groupe 1) : 22 chirurgies trachéo-bronchiques et 4 poumons uniques. L'arrêt ventilatoire pendant le geste opératoire est possible sous ECMO depuis plusieurs années.

En 1996, Horita avait déjà fait 2 résections-reconstructions de carène et une sleeve lobectomie sous ECMO VV [9]. Lang rapporte 6 résections trachéo-bronchiques complexes sous ECMO VA (résection reconstruction de carène, éventuellement associée à une exérèse parenchymateuse) [8]. Tous les patients étaient vivants à J30, ce qui prouve la faisabilité de la technique. En revanche, tous les patients étaient cT3-4N0, alors qu'en postopératoire, 3 patients étaient N2. Plusieurs patients ont récidivé localement ou à distance. Ces résultats nous incitent à nous interroger sur la nécessité d'un staging invasif par médiastinoscopie

chez ces patients. D'autres cas de résection-reconstruction de carène sous ECMO VA sont décrits [10,11]. Kondo rapporte 2 cas de sleeve pneumonectomie gauche sous ECMO VA centrale [12]. Plusieurs plasties pour ruptures trachéo-bronchiques ont été rapportées sous ECMO [16,17, 18].

La résection sous ECMO VA de tumeur médiastinale responsable de compression trachéale, est décrite : résection de goitre plongeant [13] et de sarcome [14].

Spaggiari rapporte une segmentectomie apicale pour cancer sur poumon unique, sous ECMO VA [15].

Les données de la littérature sont peu nombreuses concernant la durée de l'arrêt ventilatoire sous ECMO. Korvenoja rapporte un arrêt de la ventilation durant 48 min sous ECMO VV [15]. Dans notre série, la durée maximale d'arrêt ventilatoire est de plus de 3 heures pour une ECMO VV. Ceci prouve que l'arrêt de toute ventilation est possible sous ECMO VV, à condition que le débit de l'ECMO soit suffisant pour le patient et qu'il n'y ait pas de phénomène de recirculation. Le choix entre une ECMO VV ou VA pour remplacer a ventilation dépend de la nécessité d'un support hémodynamique, mais aussi des habitudes du centre. En effet, certains considèrent le circuit VA plus fiable pour assurer l'hématose.

### **ECMO pour assistance respiratoire partielle**

Dans notre série, l'ECMO a permis d'aider la ventilation uni ou bipulmonaire à assurer l'hématose pour 8 patients en SDRA (groupes 2 et 3). Tous ces patients ont été opérés sous ECMO VV.

Plusieurs auteurs décrivent l'utilisation d'une ECMO VV chez des patients ayant une fonction respiratoire limite, pour permettre la ventilation unipulmonaire lors d'une résection pulmonaire limitée (wedge ou segmentectomie), pour aspergillome ou abcès pulmonaire [19, 20, 21].

Tsunezuka rapporte 3 cas de chirurgie de réduction de volume pulmonaire chez l'emphysémateux sévère [22]. Ces 3 patients insuffisants respiratoires ont bénéficié d'une ECMO VA fémoro-fémorale en début d'intervention pour permettre l'exclusion pulmonaire.

### **Indications limites de l'ECMO**

Plusieurs auteurs rapportent l'utilisation de l'ECMO pour opérer un pneumothorax sur poumon unique [30, 31, 32, 33] ou un pneumothorax spontané bilatéral [34]. Ducos suggère que le geste mini-invasif idéal est la vidéothoracoscopie sous ECMO, car le traitement chirurgical conventionnel d'un pneumothorax sur poumon unique présente une morbi-mortalité importante [35]. La vidéothoracoscopie est une technique mini-invasive, mais pas l'ECMO. Il convient de bien mesurer le rapport bénéfice-risque à implanter une ECMO dans cette indication. Une résection de bulle suivie d'une pleurodèse peut être réalisée par thoracotomie sous ventilation intermittente. De plus, réaliser une abrasion pleurale ou une pleurectomie sous anticoagulant majeure fortement le risque de reprise pour décaillotage pleural.

### **Technique d'extraction du CO<sub>2</sub>, alternative à l'ECMO?**

Wiebe rapporte 10 patients opérés sous ILA Membrane Ventilator<sup>R</sup> (Novalung) [36]. 4 patients avec un SDRA minime (ancien acute lung injury, PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> entre 200 et 300) ont été opérés en urgence (2 plasties trachéales, 2 résections de bulles). 6 patients étaient programmés : 1 résection-anastomose trachéale et 5 chirurgies sur poumon unique (1 wedge, 1 décortication-pleurectomie, 2 plasties bronchiques, 1 résection œsophagienne associée à un curage ganglionnaire). Un bolus d'héparine de 500-1000UI est fait avant l'implantation au niveau des vaisseaux fémoraux. Durant l'intervention, des périodes d'apnée allant jusqu'à une heure, ont pu être réalisées avec un débit moyen de 1,58L/min et une oxygénation intra-

trachéale pure. Après mis en place du dispositif, la noradrénaline a été majorée ou introduite chez tous les patients. Plusieurs complications artérielles ont été décrites. Les techniques d'assistance respiratoire artério-veineuse sans pompe permettent une faible oxygénation et nécessitent un bon débit cardiaque. Ce sont des techniques peu fiables, surtout en cas de problème hémodynamique peropératoire.

### **Avantages de l'ECMO VA**

La mise en place d'une ECMO VA est indiscutable en cas de défaillance cardiaque associée à la défaillance respiratoire. Elle est la seule avec la CEC conventionnelle, à pouvoir suppléer à la fois la fonction cardiaque et respiratoire. De plus, les patients en sepsis ou très hypoxiques présentent souvent une défaillance hémodynamique associée, d'où l'intérêt d'une assistance cardio-respiratoire.

L'ECMO VA offre un confort tant chirurgical que pour l'anesthésiste. Une suppléance respiratoire totale sous arrêt ventilatoire, est facilement assurée. Elle offre la possibilité d'un support hémodynamique et peut rapidement être convertie en CEC conventionnelle.

En extrême urgence, l'ECMO doit être de type VA périphérique, fémoro-fémoral droit. Une assistance circulatoire peut être nécessaire et le scarpa droit est le site de canulation le plus fiable et rapide.

### **Avantages de l'ECMO VV**

Dans les cas où seule une assistance respiratoire est requise, l'ECMO VV peut être envisagée. Elle est moins invasive que l'ECMO VA du fait de l'absence de canulation artérielle. Les complications sont moins fréquentes. De plus, le concept d'une canule double courant type Avalon est séduisant : un seul site de canulation, mobilisation du patient possible s'il est extubé, diminution théorique du risque de recirculation.

Certaines équipes utilisent l'ECMO VV pour assurer l'hématose pendant plusieurs heures, sans aucune ventilation pulmonaire. Pour une indication respiratoire standard, elle peut donc remplacer l'ECMO VA.

A la différence des techniques d'extraction du CO<sub>2</sub>, l'ECMO VV permet une bonne oxygénation en plus de la décarboxylation.

Par ailleurs, la correction rapide du pH et l'amélioration de l'oxygénation par une ECMO VV peuvent permettre d'améliorer l'hémodynamique, par le biais d'une meilleure efficacité des drogues inotropes et une meilleure oxygénation myocardique [37].

### **Complications hémorragiques sous ECMO**

L'hémorragie est la complication la plus fréquente sous ECMO. 18% des patients de notre série ont été repris pour saignement du site opératoire, dont certains plusieurs fois. Avec les circuits pré-traités, les doses d'héparine avant canulation et les objectifs d'ACT ont tendance à diminuer, ce qui minore le risque hémorragique. Certains pensent que si l'ECMO VV a un débit > 3L/min, on pourrait même se passer d'héparine en cas d'utilisation peropératoire exclusive, mais cela n'a jamais été testé chez l'homme, en dehors d'un choc hémorragique ou d'une anticoagulation préalable.

La chirurgie d'aspergillome est à haut risque (fonction respiratoire souvent altérée et risque hémorragique important). Julien a rapporté un cas d'aspergillome, où l'ECMO a permis la ventilation unipulmonaire lors de la résection pulmonaire atypique [20]. La survenue d'un arrêt cardiaque peropératoire sur choc hémorragique a certainement été favorisée par une anticoagulation bien trop importante (ACT > 400sec).

### **Changement du type d'ECMO (switch)**

Plusieurs situations peuvent nécessiter de changer le type d'ECMO en urgence (apparition d'une défaillance hémodynamique sous ECMO VV ou d'un syndrome d'Arlequin sous ECMO VA fémoro-fémorale).

Par ailleurs, un patient peut être opéré sous ECMO VA en toute sécurité (support respiratoire et/ou hémodynamique). En fin d'intervention, le switch par une ECMO VV peut permettre une ventilation pulmonaire protectrice et évite de mettre en tension les sutures en cas de ventilation mécanique à hauts volumes. De plus, une endoscopie interventionnelle post opératoire a pu être réalisée en toute sécurité dans notre série.

La conversion peropératoire d'une ECMO VA en CEC conventionnelle peut être utile en cas de plaie vasculaire difficilement contrôlable. On peut brancher un réservoir de cardiectomie sur le circuit d'ECMO.

### **Critiques de l'étude**

Il s'agit d'une étude rétrospective à laquelle on peut donc reprocher des biais de sélection. Il existe des biais de recrutement et de non réponse, liés à l'utilisation d'un questionnaire pour l'analyse. Le recueil des données a été fait par chaque centre et quelques données sont manquantes.

Seulement 34 patients ont été inclus, les effectifs de chaque groupe sont faibles. Nos résultats doivent être confirmés sur une cohorte plus importante. Le fait que les courbes de survie des groupes 1 et 2 se croisent, est également une faiblesse de l'analyse.

L'ECMO VV peut servir d'assistance respiratoire totale. Les durées d'arrêt de la ventilation sous ECMO VV semblent très longues (parfois plusieurs heures) et ont été vérifiées à l'aide des feuilles de surveillance anesthésique.

Cette enquête nationale montre que ce type de chirurgie sous ECMO est faisable au prix d'une morbi-mortalité acceptable, surtout si l'ECMO est mise en place en début

d'intervention pour arrêter la ventilation pendant une chirurgie trachéo-bronchique ou sur poumon unique. La mortalité à 30 jours du groupe 1 (8%) est comparable aux données de la littérature pour ce type de chirurgie [38]. Pour des raisons méthodologiques, seul la mortalité hospitalière à J30 a été étudiée. Un seul autre patient est décédé durant la même hospitalisation, à J109.

En cas de chirurgie trachéo-bronchique, la ventilation mécanique est difficile, contraignante et nécessite une équipe chirurgicale et anesthésiste entraînée. L'ECMO améliore l'exposition chirurgicale en supprimant toute sonde du champ opératoire. Elle évite toute ventilation qui pourrait nuire à l'exposition ou être responsable de barotraumatisme pulmonaire.

L'ECMO permet également d'opérer des patients considérés comme inopérables du fait d'une insuffisance respiratoire ou d'un SDRA.

## **Conclusion**

L'AREC est une technologie qui se répand en réanimation avec encore des interrogations sur ses indications. Après des présentations enthousiastes sur les possibilités de l'ECMO en chirurgie thoracique, son utilisation reste encore exceptionnelle et demande un plateau technique et des équipes dédiées (chirurgien, anesthésiste-réanimateur et pompiste).

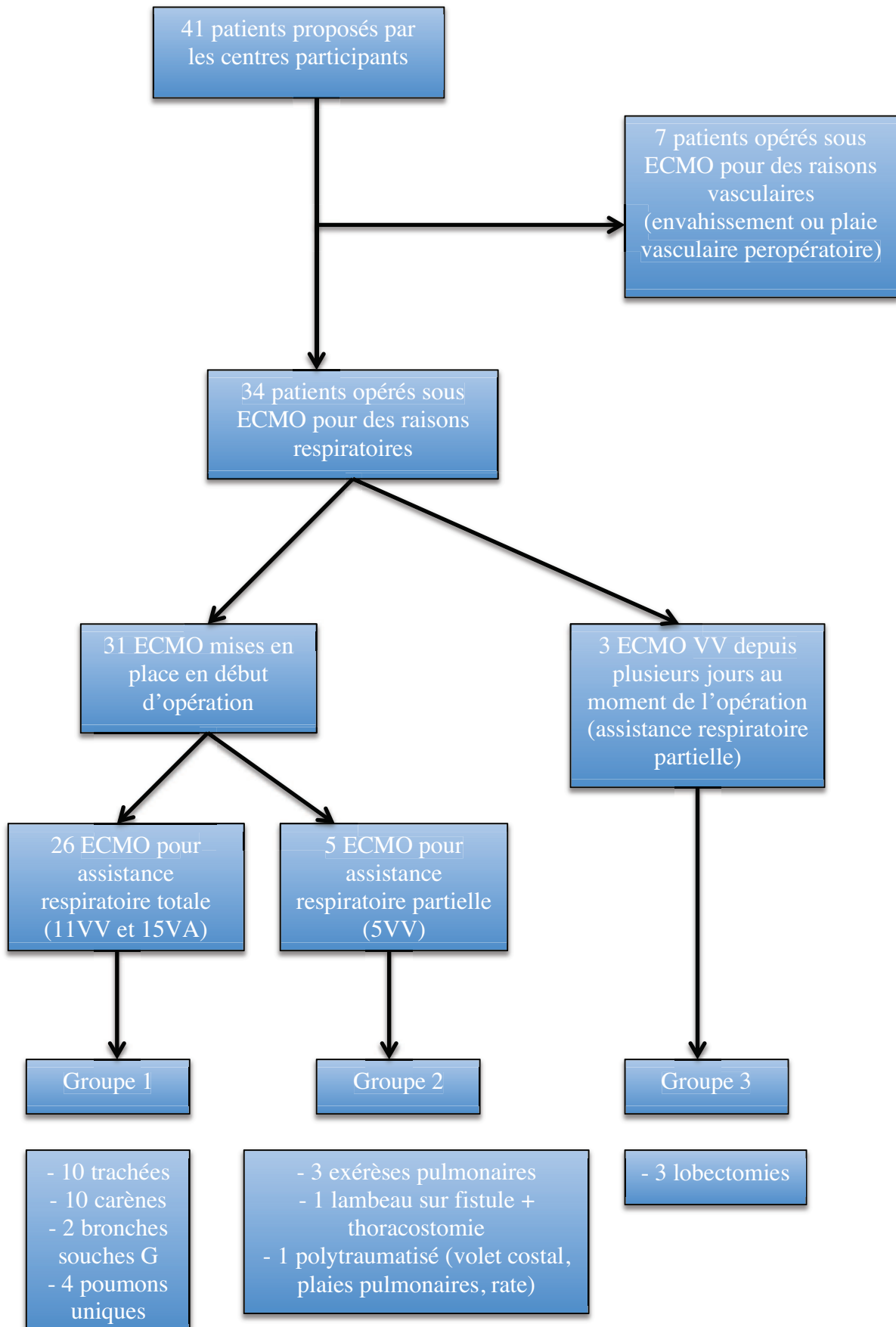
Les techniques d'ECMO VV sont de moins en moins invasives (mise en place per cutanée, monocanule double courant, biocompatibilité du circuit permettant de diminuer les doses d'héparine et le syndrome inflammatoire) et peuvent assurer une assistance respiratoire totale, sans ventilation associée.

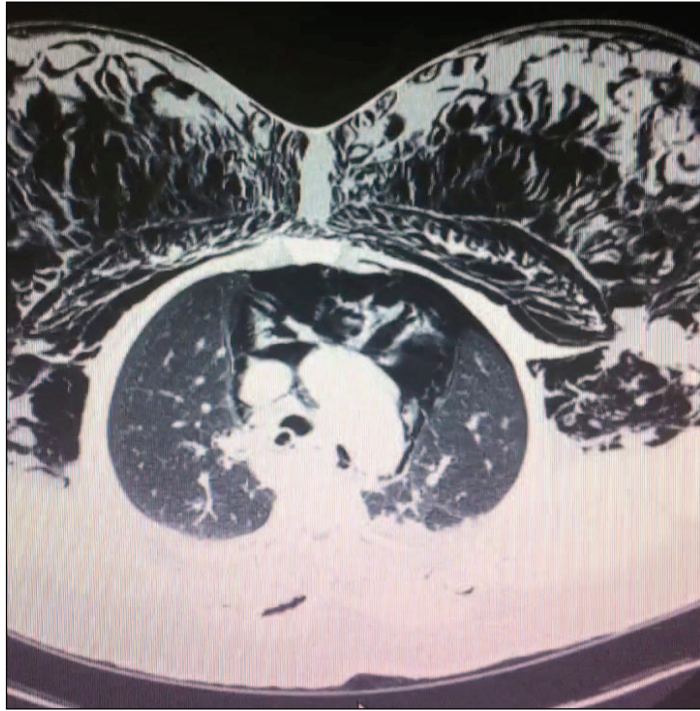
L'ECMO (VV ou VA) peut servir d'assistance respiratoire totale dans la chirurgie trachéo-bronchique complexe ou sur poumon unique. Le choix entre un circuit veino-veineux ou veino-artériel dépend de la nécessité d'un support hémodynamique et des habitudes du centre. L'ECMO permet une meilleure exposition chirurgicale que la ventilation mécanique. Chez l'insuffisant respiratoire ou en cas de SDRA, l'intérêt de l'ECMO comme assistance respiratoire partielle, reste plus difficile à déterminer et doit être discuté au cas par cas.

Le chirurgien thoracique ou cardio-thoracique doit connaître cette technologie pour assurer la meilleure prise en charge de ces patients, mais l'utilisation de l'ECMO en peropératoire doit encore se faire dans un service spécialisé maîtrisant l'assistance d'organe et la CEC. Des propositions d'utilisation peropératoire de l'ECMO comme AREC totale ou partielle, sont résumées dans les **illustrations 6 et 7**.



## Illustration 1 : Inclusions des patients (Flow chart)

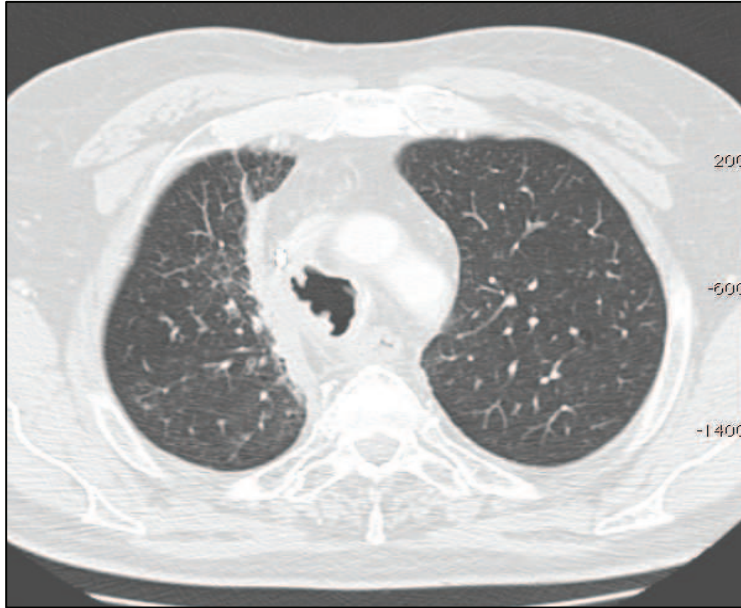




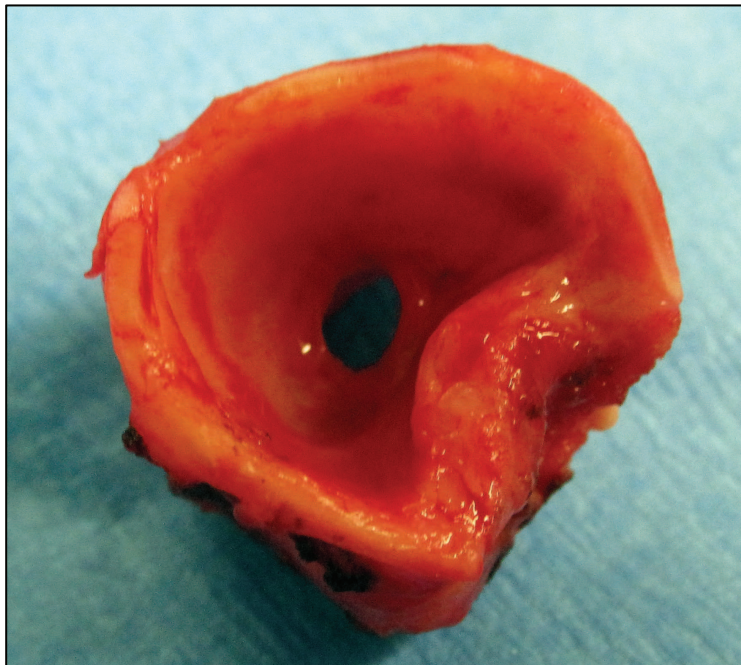
**Illustration 2 :** TDM thoracique injectée, fenêtre parenchymateuse, coupe transversale niveau T4 (rupture trachéale basse jusqu'à l'origine de la bronche souche droite, par la sonde d'intubation, pneumomédiastin, emphysème sous-cutané)



**Illustration 3 :** TDM thoracique injectée, fenêtre parenchymateuse, coupe transversale niveau T6 (fistule broncho-œsophagienne gauche après endoprothèse œsophagienne pour sténose post-radique)

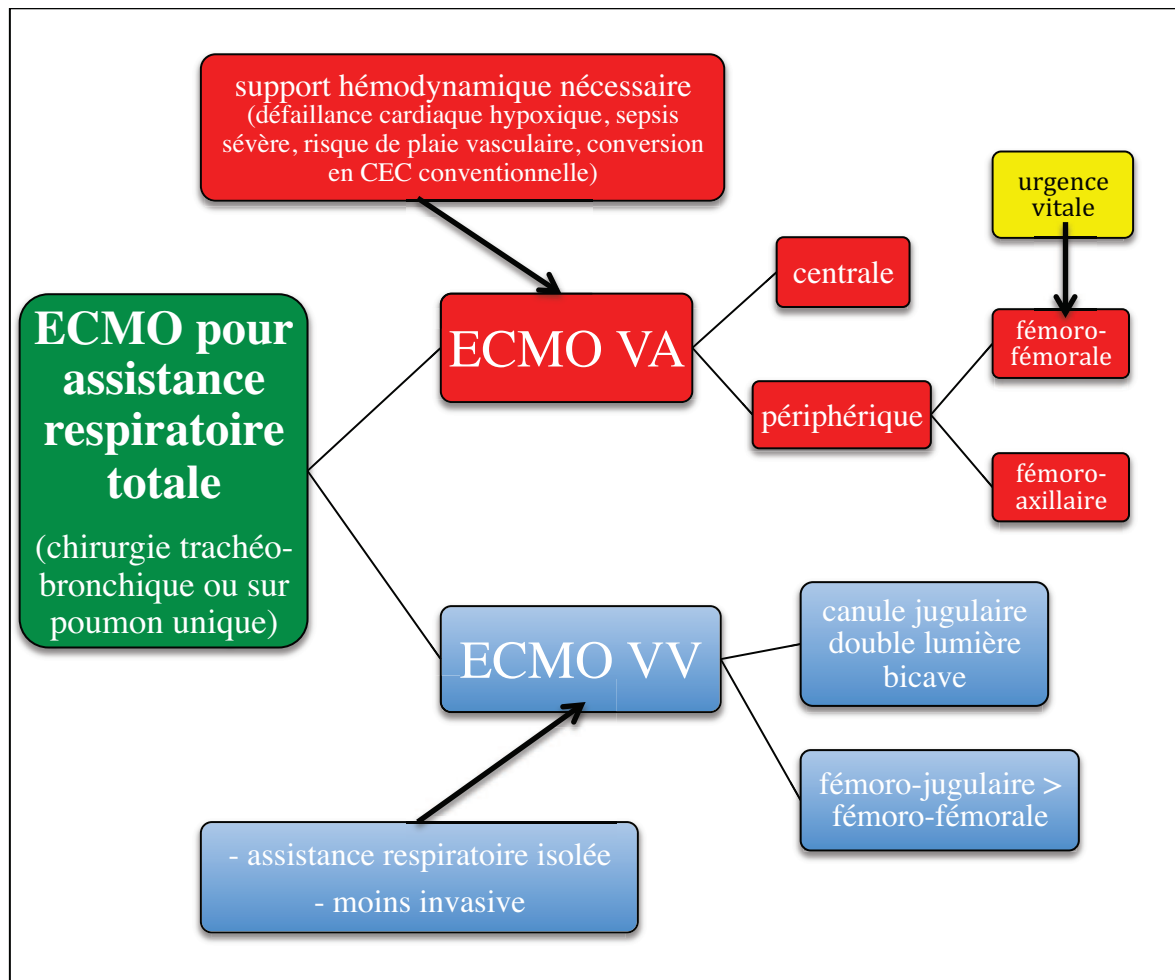


**Illustration 4 :** TDM thoracique injectée, fenêtre parenchymateuse, coupe transversale niveau T4 (nécrose radique trachéale)



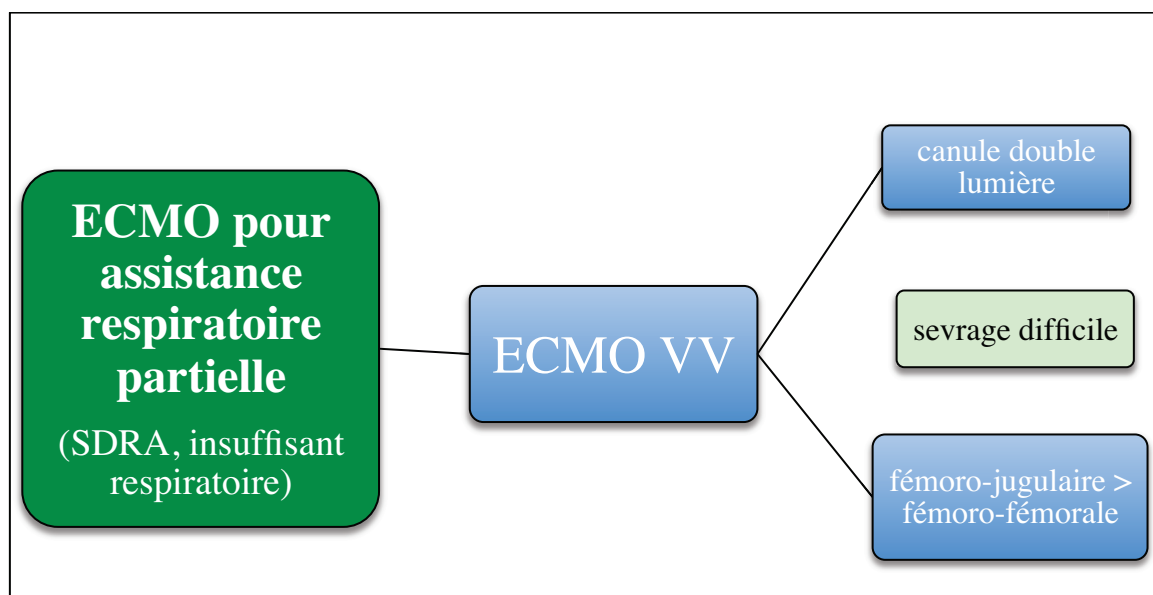
**Illustration 5 :** pièce opératoire d'une résection trachéale pour sténose trachéale serrée (<5mm) à 2 mois d'une fracture trachéale post traumatique passée inaperçue

## Illustration 6 : Proposition d'utilisation peropératoire de l'ECMO, comme assistance respiratoire totale



## Illustration 7 : Proposition d'utilisation peropératoire de

### l'ECMO, comme assistance respiratoire partielle



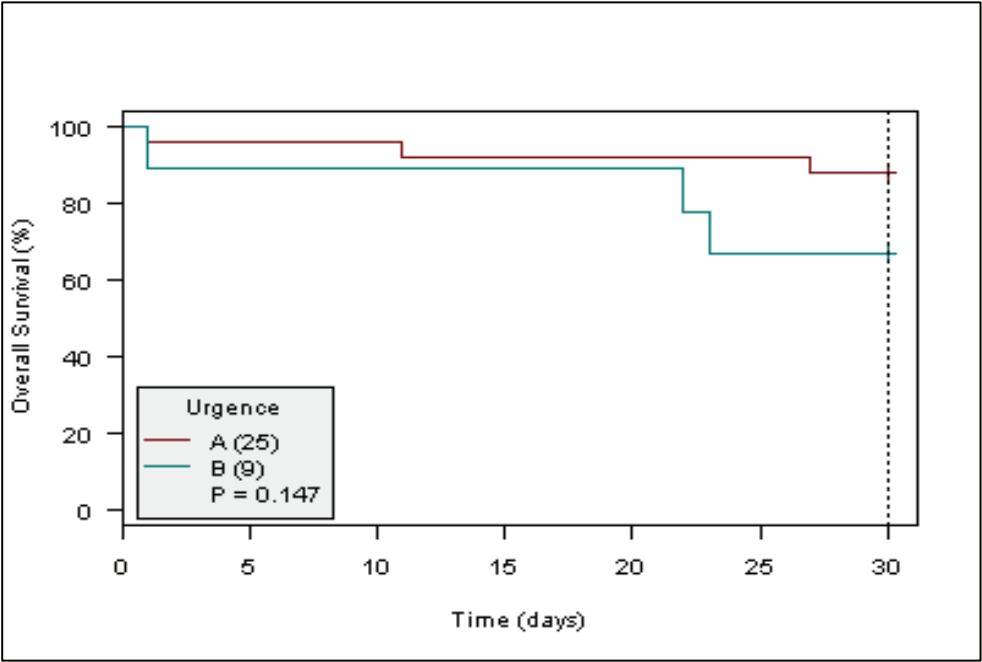
**Tableau 1 : Nombre et types d'ECMO / centre**

Centres	VV	VA périphérique	VA centrale	Total
Amiens	1	0	0	1
Caen	1	0	0	1
<b>Clermont-Ferrand</b>	3	0	0	<b>3</b>
<b>Dijon</b>	1	1	2	<b>4</b>
Lille	1	0	0	1
Limoges	1	0	0	1
Marseille	1	0	1	2
Martinique	2	0	0	2
Foch	0	1	0	1
Montsouris	1	0	0	1
HEGP	1	0	0	1
<b>Rennes</b>	2	0	1	<b>3</b>
<b>Rouen</b>	1	3	1	<b>5</b>
Saint-Etienne	1	1	0	2
<b>Toulouse</b>	1	4	0	<b>5</b>
Tours	1	0	0	1
Total	19	10	5	34

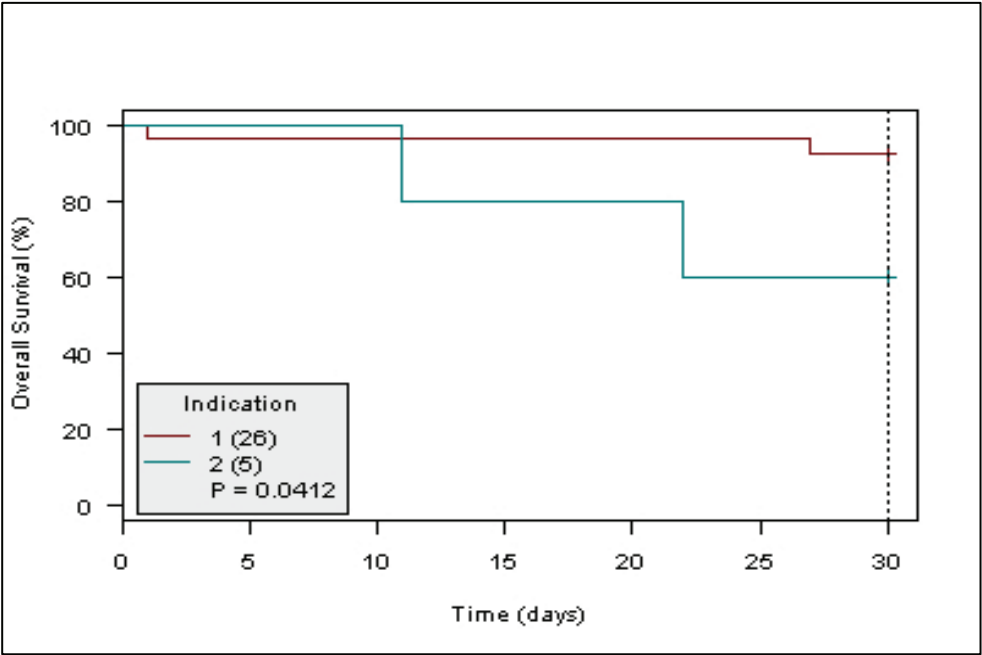
**Tableau 2 : Indications opératoires par type d'ECMO**

	VV	VA périphérique	VA centrale	Total
Trachée	5	3	2	10
Carène	5	2	3	10
Bronche souche gauche	0	2	0	2
Poumon unique	1	3	0	4
Exérèse pulmonaire	6	0	0	6
Autres (polytraumatisé, lambeau+thoracostomie)	2	0	0	2
Total	19	10	5	34

# Courbes de survie des différents groupes de patients

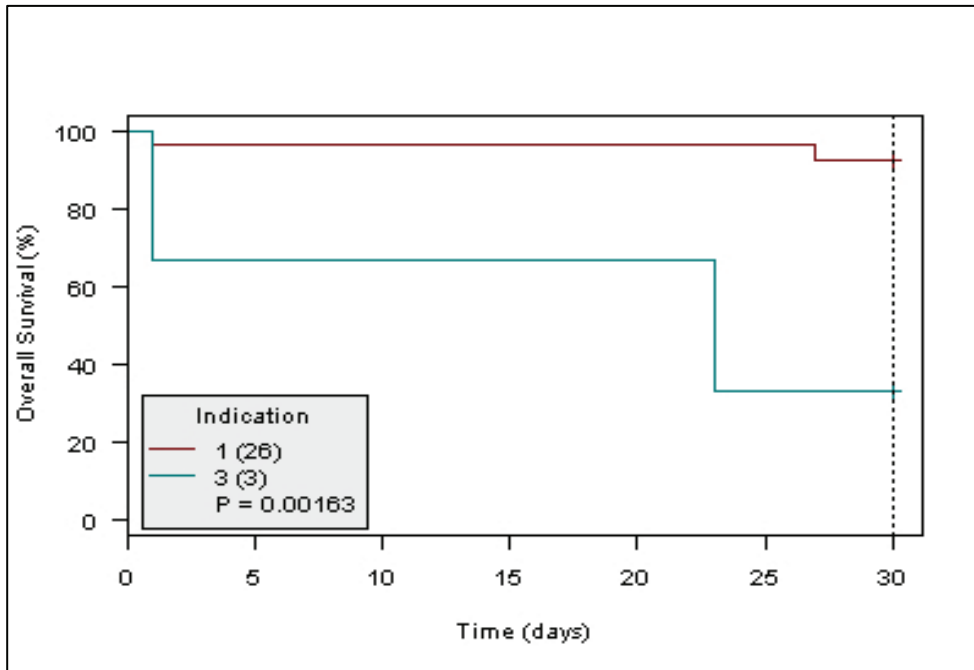


Courbes de survie 1 : Comparaison du groupe A (patients programmés) et du groupe B (patients opérés en urgence)

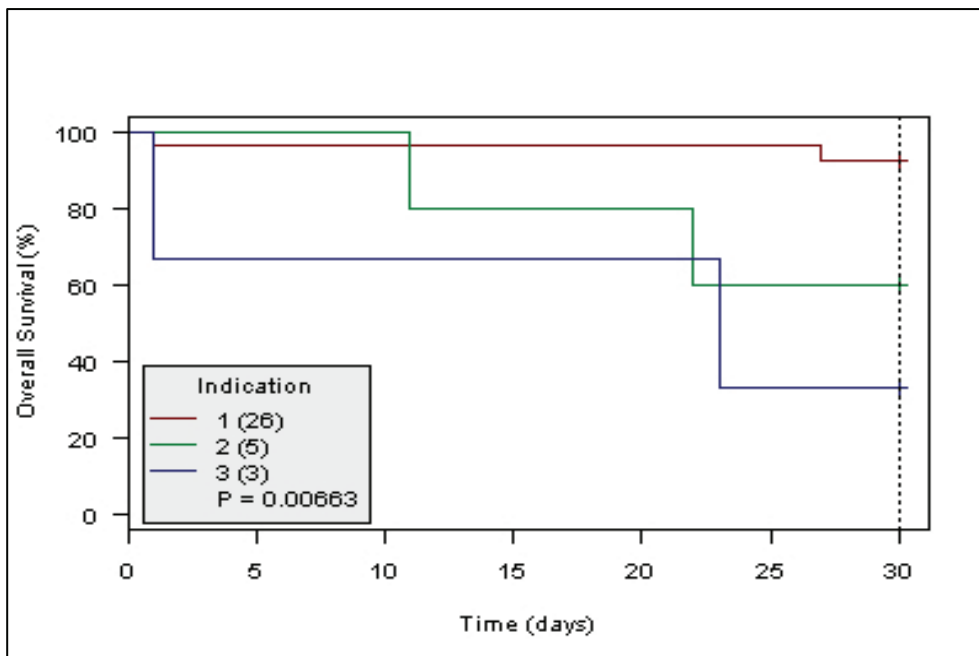


Courbes de survie 2 : Comparaison du groupe 1 (ECMO pour assistance respiratoire totale) et groupe 2 (ECMO pour assistance respiratoire partielle)





**Courbes de survie 3 : Comparaison du groupe 1 (ECMO pour assistance respiratoire totale) et du groupe 3 (ECMO préopératoire pour SDRA)**



**Courbes de survie 4 : Comparaison des groupes 1, 2 et 3 (ECMO pour assistance respiratoire totale, partielle et ECMO préopératoire)**

## **Annexe 1 : Centres participants à l'étude et correspondants**

- + **Amiens** Hôpital Sud-CHU, service de chirurgie thoracique, Dr Pascal Berna, [berna.pascal@chu-amiens.fr](mailto:berna.pascal@chu-amiens.fr)
- + **Angers** CHU, service de chirurgie cardio-vasculaire et thoracique, Pr DEBRUX J-Louis, [jldebrux@chu-angers.fr](mailto:jldebrux@chu-angers.fr)
- + **Besançon** Hôpital Jean Minjoz-CHU, service de chirurgie thoracique et cardio-vasculaire, Dr CLEMENT François, [fclement@chu-besancon.fr](mailto:fclement@chu-besancon.fr)
- + **Bordeaux-Pessac** Hôpital du Haut Lévêque-CHU de Bordeaux, SAR2 chirurgie thoracique, Dr ROZE Hadrien, [hadrien.roze@chu-bordeaux.fr](mailto:hadrien.roze@chu-bordeaux.fr)
- + **Brest** Hôpital de la Cavalle Blanche-CHU, service de chirurgie cardiaque, thoracique et vasculaire, Pr BEZON Eric, [eric.bezon@chu-brest.fr](mailto:eric.bezon@chu-brest.fr)
- + **Caen** Hôpital de la Côte de Nacre-CHU, service de chirurgie thoracique, Pr ICARD philippe, [icard-p@chu-caen.fr](mailto:icard-p@chu-caen.fr)
- + **Clermont-Ferrand** Centre Jean Perrin, service de chirurgie thoracique et général, Pr FILAIRE Marc, [marc.filaire@cjp.fr](mailto:marc.filaire@cjp.fr)
- + **Dijon** Hôpital du Bocage-CHU, service de chirurgie thoracique, Dr ABOU HANNA Halim, [halim.abouhanna@chu-dijon.fr](mailto:halim.abouhanna@chu-dijon.fr)
- + **Grenoble** Hôpital A. Michallon-CHU, service de chirurgie thoracique vasculaire et endocrinienne, Pr BRICHON Pierre-Yves, [pybrichon@chu-grenoble.fr](mailto:pybrichon@chu-grenoble.fr)
- + **Lille** Hôpital Calmette-CHRU, service de chirurgie thoracique, Dr ROUSSE Natacha, [natascha.rousse@gmail.com](mailto:natascha.rousse@gmail.com)
- + **Limoges** CHU Dupuytren, service de chirurgie thoracique et cardio-vasculaire, Pr LASKAR Marc, [m\\_laskar@hotmail.com](mailto:m_laskar@hotmail.com)
- + **Lyon-Bron** Hôpital cardio-vasculaire et pneumologique Louis Pradel, service de chirurgie thoracique et vasculaire, vidéothoracoscopie, transplantation pulmonaire, Pr TRONC François, [francois.tronc@chu-lyon.fr](mailto:francois.tronc@chu-lyon.fr)
- + **Marseille** Hôpital Nord, service de chirurgie thoracique et des maladies de l'œsophage, Dr ORSINI Bastien, [bastien.orsini@ap-hm.fr](mailto:bastien.orsini@ap-hm.fr)
- + **Martinique** CHU de Fort de France, service de chirurgie thoracique et cardio-vasculaire, Dr LEBRETON Guillaume, [guillaume.lebreton@chu-fortdefrance.fr](mailto:guillaume.lebreton@chu-fortdefrance.fr)
- + **Montpellier** Hôpital Arnaud de Villeneuve-CHU, service de chirurgie thoracique et vasculaire, Pr Marty-Ane Charles, [ch-marty\\_ane@chu-montpellier.fr](mailto:ch-marty_ane@chu-montpellier.fr)
- + **Nantes** Hôpital Guillaume et René Laennec-CHU, Dr PERIGAUD Christian, [christian.perigaud@chu-nantes.fr](mailto:christian.perigaud@chu-nantes.fr)
- + **Nice** Hôpital Pasteur-CHU, service de chirurgie thoracique, Pr VENISSAC Nicolas, [venissac.n@chu-nice.fr](mailto:venissac.n@chu-nice.fr)
- Paris et région parisienne**
- + Hôpital Bichat, service de chirurgie vasculaire thoracique et transplantation pulmonaire, Dr PELLENC Quentin, [quentin.pellenc@bch.aphp.fr](mailto:quentin.pellenc@bch.aphp.fr)
- + Hôpital Foch, service de chirurgie thoracique et transplantation pulmonaire, Dr SALLEY Nicolas, [n.salley@hopital-foch.org](mailto:n.salley@hopital-foch.org)

- + Institut Mutualiste Montsouris, Département de thoracique, Dr GOSSOT Dominique, [dominique.gossot@imm.fr](mailto:dominique.gossot@imm.fr)
- + Hôpital Européen Georges Pompidou, service de chirurgie thoracique, Pr LE PIMPEC-BARTHES Françoise [francoise.lepimpec-barthes@egp.aphp.fr](mailto:francoise.lepimpec-barthes@egp.aphp.fr)
- + Centre Chirurgical Marie Lannelongue, Dr LAHON Benoit [benoit.lahon@gmail.com](mailto:benoit.lahon@gmail.com)
- + Hôpital Hôtel Dieu, unité de chirurgie thoracique, Pr REGNARD Jean-François, [jean-francois.regnard@htd.aphp.fr](mailto:jean-francois.regnard@htd.aphp.fr)
- + Hôpital Tenon, service de chirurgie thoracique et vasculaire, Dr ASSOUAD Jalal, [jalal.assouad@tnn.aphp.fr](mailto:jalal.assouad@tnn.aphp.fr)
- + Hôpital Avicenne, service de chirurgie thoracique et vasculaire, Pr AZORIN Jacques, [jacques.azorin@avc.aphp.fr](mailto:jacques.azorin@avc.aphp.fr)
- + **Poitiers** Hôpital de la Milétrie-CHU, unité de chirurgie cardiaque et thoracique, Dr Allain Géraldine, [geraldineallain@yahoo.fr](mailto:geraldineallain@yahoo.fr)
- + **Reims** Hôpital Robert-Debré-CHU, service de chirurgie thoracique et cardio-vasculaire, Pr RUBIN Sylvain, [srubin@chu-reims.fr](mailto:srubin@chu-reims.fr)
- + **Rennes** Hôpital Pontchaillou-Centre cardio-pneumologique-CHU, service de chirurgie thoracique, cardiaque et vasculaire, Pr de Latour Bertrand, [bertrand.delatour@chu-rennes.fr](mailto:bertrand.delatour@chu-rennes.fr)
- + **Rouen** Hôpital Charles Nicolle-CHU, service de chirurgie thoracique, Dr RINIERI Philippe, [p.rinieri@hotmail.fr](mailto:p.rinieri@hotmail.fr)
- + **Saint-Etienne** Hôpital Nord-CHU, service de chirurgie générale et thoracique, Pr TIFFET Olivier, [olivier.tiffet@chu-st-etienne.fr](mailto:olivier.tiffet@chu-st-etienne.fr)
- + **Strasbourg** Hôpitaux universitaires de Strasbourg-Nouvel Hôpital Civil, service de chirurgie thoracique, Pr FALCOZ Pierre-Emmanuel, [pierre-emmanuel.falcoz@chru-strasbourg.fr](mailto:pierre-emmanuel.falcoz@chru-strasbourg.fr)
- + **Toulouse** Hôpital Larrey-CHU, service de chirurgie thoracique, Pr DAHAN Marcel, [dahan.m@chu-toulouse.fr](mailto:dahan.m@chu-toulouse.fr)
- + **Tours** Hôpital Trousseau-CHU, service de chirurgie thoracique, Pr DUMONT Pascal, [dumont@med.univ-tours.fr](mailto:dumont@med.univ-tours.fr)

## Annexe 2 : Lettre et 1<sup>er</sup> questionnaire

RINIERI Philippe

le 12/02/12

[p.rinieri@hotmail.fr](mailto:p.rinieri@hotmail.fr) 0680008702

Interne de chirurgie thoracique dans le service du Pr Peillon

CHU de ROUEN 1 rue de Germont 76000 ROUEN

Directeur de thèse : Dr Baste

Monsieur,

Je me permets de vous solliciter dans le cadre de ma thèse de médecine, intitulée : **enquête nationale sur les pratiques actuelles d'utilisation de l'ECMO en chirurgie thoracique, hors transplantation.**

La chirurgie thoracique nécessite la plupart du temps une ventilation unipulmonaire, qui à elle seule doit permettre d'assurer une hématoxémie suffisante, ainsi qu'une bonne exposition chirurgicale. Les anesthésistes ont différents moyens pour améliorer les échanges gazeux au cours de l'intervention, mais parfois ceci demeure insuffisant. Que faire quand la ventilation unipulmonaire est impossible ou insuffisante? Le chirurgien thoracique doit savoir anticiper ces situations ventilatoires complexes, prévoir un moyen d'améliorer l'hématoxémie, en urgence ou pour un patient programmé à haut risque ventilatoire. Les différentes techniques d'assistance respiratoire extra corporelle notamment l'ECMO veino-veineuse, sont en plein essor. Leurs possibilités sont multiples, probablement sous exploitées et leurs utilisations per opératoires restent à définir. Pour ce faire, une étroite collaboration entre chirurgiens et anesthésistes-réanimateurs est nécessaire, afin de trouver un compromis entre exposition chirurgicale et oxygénation du patient. Cette nouvelle technologie est encore restreinte à certains services de chirurgie thoracique et cardiaque, et son utilisation en chirurgie thoracique conventionnelle reste exceptionnelle.

Notre expérience de l'ECMO en chirurgie thoracique porte sur 3 patients (chirurgie trachéale complexe); nous souhaiterions connaître les indications dans les autres centres. Je me permets de vous envoyer ce questionnaire, afin de connaître vos **pratiques en cas de situation ventilatoire complexe nécessitant l'ECMO en pré ou peropératoire, comme assistance à la réalisation d'un geste thérapeutique en chirurgie thoracique**, notamment lors de la chirurgie trachéo-bronchique ou sur poumon unique par exemple. En cas de réponse positive de votre part, accepteriez-vous de me confier vos observations afin que j'en fasse le sujet de ma thèse.

Je vous prie de croire, Monsieur, à l'expression de mes sentiments respectueux.

RINIERI Philippe

**Questionnaire (plusieurs items possibles par question, texte libre en cas de ...)**

**A / Généralités**

1/ Utilisez-vous l'ECMO en chirurgie thoracique hors transplantation?

- oui
- non, pourquoi? ...

2/ Qui pose les ECMO veino-veineuses dans votre service?

- unité mobile d'assistance circulatoire
- chirurgiens cardiaques
- chirurgiens thoraciques
- réanimateurs

3/ Quel type d'ECMO veino-veineuse utilisez-vous?

- fémoro-fémorale
- fémoro-jugulaire
- jugulaire

4/ Selon vous, l'utilisation de l'ECMO veino-veineuse en chirurgie thoracique

- peut permettre une meilleure exposition chirurgicale dans les situations ventilatoires complexes
- permet d'opérer des patients inopérables par les techniques conventionnelles
- restera exceptionnelle, restreinte à certains services
- ne représente aucun intérêt

5/ Quel est selon vous, l'avenir de l'ECMO en chirurgie thoracique conventionnelle?

...

**B/ En urgence :**

1/ Combien de patients avez-vous opérés sous ECMO?

2/ Types de chirurgie sous ECMO

- trachée
- carène
- bronche
- fistules œso-trachéale ou œso-bronchique
- chirurgie sur poumon unique
- exérèse pulmonaire pour néoplasie
- réduction de volume pulmonaire
- exérèse pulmonaire de propreté (sepsis)
- hémostase
- autre : ...

3/ Indications de l'ECMO

- intubation sélective impossible
- ventilation unipulmonaire insuffisante (hypoxie après exclusion pulmonaire)
- poumon unique
- autre : ...

**C/ En programmé :**

1/ Combien de patients avez-vous opérés sous ECMO?

2/ Types de chirurgie sous ECMO

- trachée
- carène
- bronche
- fistules œso-trachéale ou œso-bronchique
- chirurgie sur poumon unique
- exérèse pulmonaire pour néoplasie
- réduction de volume pulmonaire
- exérèse pulmonaire de propreté (sepsis)
- hémostase
- autre : ...

3/ Indications de l'ECMO

- intubation sélective impossible
- ventilation unipulmonaire insuffisante (hypoxie après exclusion pulmonaire)
- poumon unique
- autre :

## **Annexe 3 : 2<sup>ème</sup> questionnaire**

*Questionnaire (plusieurs items possibles par question, texte libre en cas de ...)*

### **A/ Données préopératoires**

1/ sexe et âge

...

2/ type de problème ventilatoire prévisible

...

3/ discussion staff préopératoire avec anesthésiste-réanimateur

oui  non

4/ Solution envisagée en préopératoire

ventilation unipulmonaire

ventilation bipulmonaire intermittente

ECMO

autres :

( ventilation dans le champ  bloqueur  jet ventilation  hyperoxie-hypercapnie, apnée)

5/ Pour quelles raisons l'ECMO a-t-elle été choisie?

...

6/ Bilan avant mise en place de l'ECMO

écho-doppler artériel  écho-doppler veineux  TDM cérébral  hémostase

autre : ...

### **B/ Données peropératoires**

1/ Type de chirurgie sous ECMO

trachée  carène  bronche  fistules œso-trachéale ou œso-bronchique

chirurgie sur poumon unique  exérèse pulmonaire pour néoplasie

réduction de volume pulmonaire  exérèse pulmonaire de propreté (sepsis)  hémostase

autre : ...

2/ Urgence

oui

non

3/ Intubation

en urgence  difficulté d'intubation  mise en place d'une Carlens impossible

trachéotomie préopératoire  trachéotomie en début d'intervention

4/ Hématose per opératoire assurée par :

ECMO seule (durée :            min)

ECMO associée à une ventilation unipulmonaire intermittente

ECMO associée à une ventilation bipulmonaire intermittente

changement de stratégie ventilatoire en per opératoire : ...

5/ Type d'ECMO

ECMO veino-veineuse :  fémoro-fémorale  fémoro-jugulaire  jugulaire

- ECMO veino-artérielle :  fémoro-fémorale  fémoro-axillaire
- CEC centrale
- canules pré-héparinées

6/ Paramètres peropératoires de l'ECMO (si possible)

- FO<sub>2</sub> %
- débit de pompe L/min
- débit de gaz L/min

7/ Hémostase per opératoire

- bolus d'héparine avant canulation : UI/kg
- TCA cible : ... P/T
- ACT cible : ...
- héparinémie : ...

8/ meilleure exposition chirurgicale sous ECMO

- oui  non

## **C/ Données postopératoires**

1/ Anticoagulation sous ECMO

- absente : ...
- TCA cible : ... P/T
- ACT cible : ...
- héparinémie ...

2/ Durée de l'ECMO

- < 24H
- nombre de jours post opératoires : J...
- changement de canulation : ...

3/ Morbi-mortalité

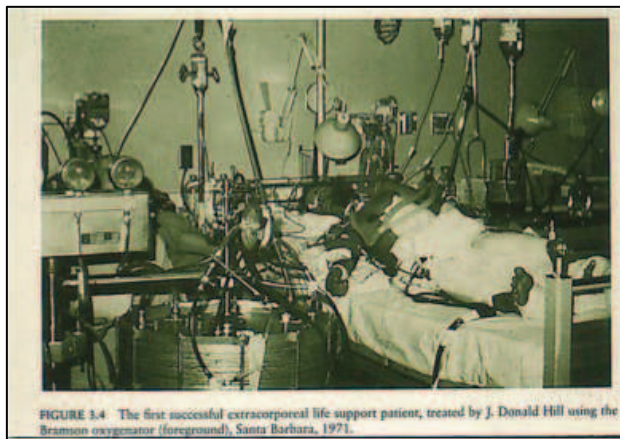
- mortalité opératoire (à 30 jours ou durant la même hospitalisation) : J...
- reprise chirurgicale pour :
  - hémostase  fuite aérienne  pleurésie infectieuse  saignement du site de canulation  autre : ...
- changement de site de canulation : ...
- thrombose veineuse profonde : ...
- ischémie aigüe de membre

# Utilisation de l'extracorporel membrane oxygenation (ECMO) comme assistance respiratoire chez l'adulte

## 1/ Historique

En 1953, Gibbon réalisa la première intervention à cœur ouvert (fermeture d'une communication interauriculaire) en utilisant une circulation extracorporelle pour suppléer les fonctions cardiaque et respiratoire [39].

En 1972, Hill décrit la première utilisation de l'ECMO pour un SDRA post-traumatique sur contusions pulmonaires et les premières utilisations en pratique clinique de l'ECMO (**illustration 1**) [40].



**Illustration 1 : première utilisation de l'ECMO chez l'homme par J.D. Hill en 1971**

En 1976, Bartlett décrit la première utilisation, avec succès, de l'ECMO chez un nouveau-né en détresse néo-natale (enfant Esperanza) [41].

Mais en 1979, la première étude randomisée comparant l'ECMO au traitement médical optimal dans le SDRA sévère, ne montra pas de bénéfice en terme

de survie [42]. On peut cependant reprocher à cette étude une canulation veino-artérielle, une anticoagulation élevée, une ventilation à haut volume et à pressions élevées, ainsi qu'une durée de ventilation mécanique pré-implantation supérieure à 9 jours. Elle fut probablement à l'origine du désintéressement pour cette méthode de traitement du SDRA chez l'adulte.

Fin des années 90 et début des années 2000, plusieurs séries de cas rapportent une meilleure survie chez les patients ayant un SDRA sévère, traités par ECMO.

En 2009, l'étude CESAR (Conventional ventilation or ECMO for Severe Adult Respiratory Failure) est la 3<sup>ème</sup> étude randomisée, multicentrique évaluant l'ECMO dans le SDRA grave



(score de Murray  $\geq 3$  ou hypercapnie non compensée avec un  $\text{pH} < 7,20$ ) [3]. 90 patients ont reçu le traitement conventionnel et 90 une ECMO. Au terme de l'essai, 37% des patients du groupe ECMO et 53% des patients du groupe contrôle étaient soit décédés, soit sévèrement invalides ( $p=0,03$ ,  $\text{RR}=0,69$  et  $\text{IC95\%} = 0,05-0,97$ ). Bien que très encourageante, cette étude présente de nombreux biais. 22 patients randomisés dans le groupe ECMO ne reçurent pas le dispositif (décès ou amélioration clinique). De plus, la ventilation mécanique dans le groupe contrôle n'était pas standardisée.

Un essai multicentrique, randomisé est en cours : EOLIA (ECMO to rescue lung injury in severe ARDS). Il a pour objectif d'évaluer l'intérêt d'une assistance respiratoire précoce par ECMO VV dans les SDRA sévères et de montrer une réduction significative de la mortalité à J60 en cas d'ECMO précoce par rapport à une prise en charge conventionnelle.

## **2/ Types d'assistance respiratoire extracorporelle (AREC)**

L'ECMO veino-artérielle, l'ECMO veino-veineuse et les techniques d'épuration du  $\text{CO}_2$  sont des techniques d'AREC [2]. Les techniques d'épuration extracorporelle du  $\text{CO}_2$  type artérioveineuse sans pompe (ILA Membrane Ventilator<sup>R</sup>) ou veino-veineuse avec pompe (ILA active<sup>R</sup>, Hemolung<sup>R</sup>), permettent une bonne épuration du  $\text{CO}_2$ , mais une faible oxygénation.

L'ECMO permet une bien meilleure oxygénation. L'ECMO peut être implantée à visée de suppléance respiratoire exclusive, en utilisant un circuit veino-veineux (ECMO VV) ou de suppléance cardiaque ou cardio-respiratoire en utilisant un circuit veino-artériel (ECMO VA) [41, 43]. C'est une technique d'assistance respiratoire ou cardio-respiratoire transitoire. Une échocardiographie est indispensable avant toute ECMO, afin d'évaluer la fonction cardiaque.

## **3/ Circuit d'ECMO**



**Illustration 2 : Console de commande, pompe, oxygénateur, lignes de drainage (sang bleu) et de réinjection (sang rouge)**

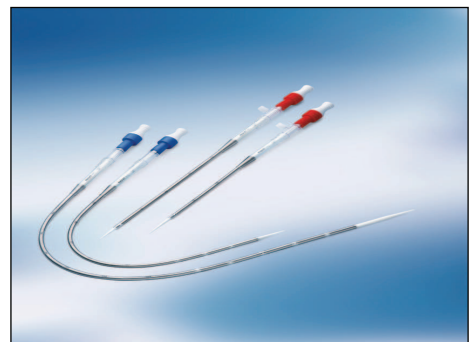
Classiquement, le circuit de base (**illustration 2**) de toute ECMO comprend une canule de drainage (veineuse), une pompe (centrifuge), une console (illustration), un échangeur thermique (facultatif), un oxygénateur à membranes (échanges gazeux), une canule de réinjection (artérielle ou veineuse). A la différence des circuits de circulation extracorporelle (CEC) conventionnelle utilisés en chirurgie cardiaque, il n'y a pas de réservoir de cardiectomie, ni de

cardiologie. Le circuit d'ECMO est une CEC simplifiée, il est dit clos. Les tuyaux en PVC ou silicone, sont prétraités, afin d'améliorer la biocompatibilité, de diminuer la formation de caillots et la réaction inflammatoire.

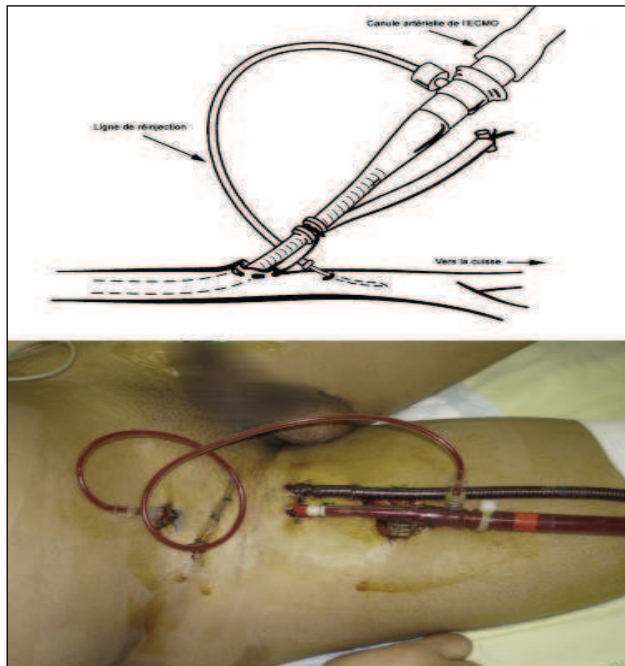
La console de commande permet de régler le nombre de tours par minutes, la fraction d'oxygène et le débit de balayage de la membrane. Elle affiche le débit de l'ECMO (L/min). Le débit continu dépend des pressions d'amont et d'aval, du nombre de tours par minute et des résistances des canules. Les causes d'un débit insuffisant de l'ECMO sont la plicature d'une canule, un défaut de remplissage, une canule veineuse thrombosée ou malpositionnée et une HTA systémique ou une récupération myocardique (en cas d'ECMO VA périphérique).

#### **4/ Canulation**

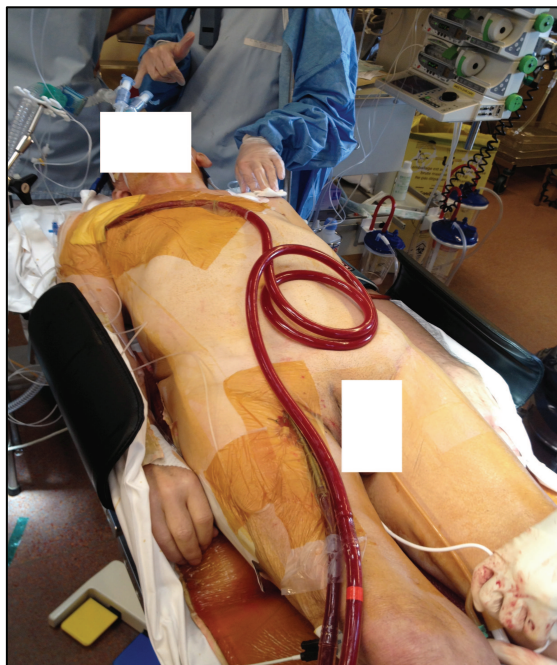
Chez l'adulte, la taille de la canule artérielle varie de 15 à 19 F, celle de la canule veineuse de 23 à 27 F (23, 27 et 31 F pour la canule Avalon) (**illustration 3**).



**Illustration 3 : Canules veineuses et artérielles**



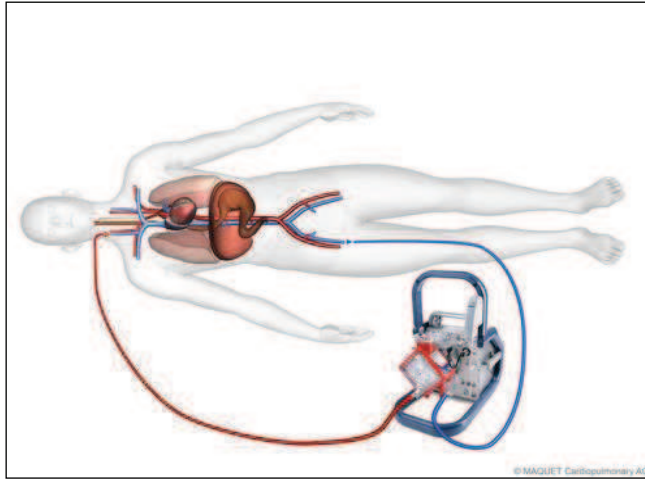
**Illustration 4 : ECMO VA fémoro-fémorale avec cathéter de reperfusion (drainage au niveau de la veine fémorale droite, réinjection au niveau de l'artère fémorale commune droite et reperfusion de l'artère fémorale superficielle droite) (Combes)**



**Illustration 5 : ECMO VA fémoro-axillaire (ligne de drainage en bleue au niveau de la veine fémorale droite et ligne de réinjection au niveau de l'artère axillaire droite)**

Dans l'ECMO VA périphérique, le drainage veineux se fait le plus souvent par la veine fémorale droite, car un syndrome de Cockett peut compromettre la canulation au niveau de la veine fémorale gauche. La réinjection artérielle est faite dans l'artère fémorale (flux rétrograde) ou l'artère axillaire droite [37]. En urgence, la voie d'abord est le scarpa droit et la canulation est faite en fémoro-fémorale. Il est préférable de mettre en place la canule artérielle chirurgicalement plutôt que par voie percutanée, afin de diminuer le risque

de dissection artérielle. En cas de canulation artérielle fémorale, un cathéter de reperfusion est systématiquement mis en place au niveau de l'artère fémorale superficielle, afin d'éviter toute ischémie de membre (**illustration 4**). En cas de canulation axillaire (**illustration 5**), la reperfusion du membre supérieur n'est pas nécessaire du fait de la collatéralité, bien que quelques cas d'ischémie du membre supérieur ont été décrits. Dans l'ECMO VA centrale, le drainage veineux se fait par canulation de l'oreillette droite, et la réinjection par canulation



**Illustration 6** : ECMO VV fémoro-jugulaire (ligne drainage en bleue au niveau de la veine fémorale droite et ligne de réinjection en rouge au niveau de la veine jugulaire interne droite)

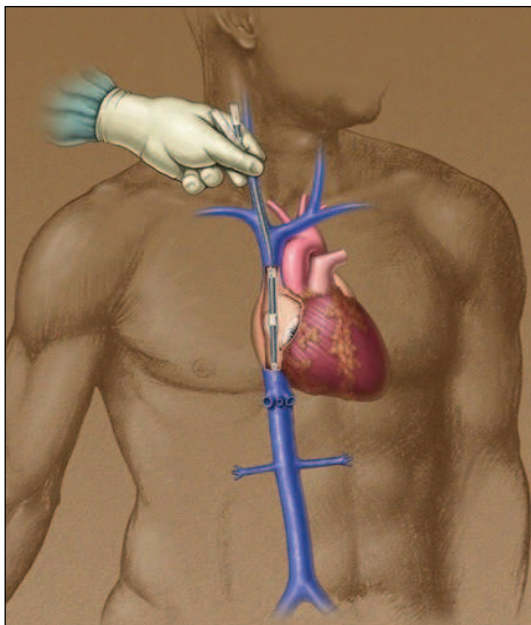
aortique. En cas de défaillance cardiaque associée, une décharge gauche peut être nécessaire.

Dans l'ECMO VV, les voies de drainage et de réinjection possibles sont les veines fémorale, jugulaire interne droite et sous-clavière. Le drainage en fémoral et

la réinjection dans l'oreillette droite via la canule jugulaire interne sont plus efficaces qu'en cas d'ECMO jugulo-

fémorale (**illustration 6**) [44]. Les canules veineuses sont mises en place par voie percutanée. L'extrémité de la canule veineuse (de drainage) doit se situer à l'abouchement de la veine cave inférieure dans l'oreillette droite afin que le drainage soit optimal. Le contrôle du bon

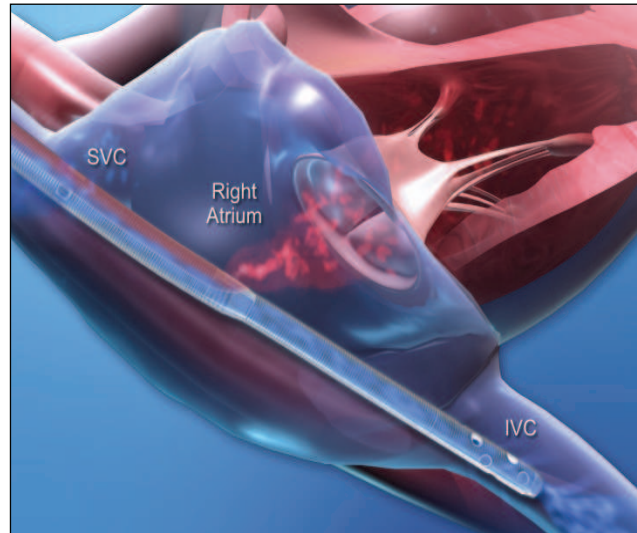
positionnement des canules est fait par une radiographie thoracique ou mieux par une échocardiographie.



**Illustration 7** : Avalon<sup>R</sup>, canule double courant implantée au niveau de la veine jugulaire interne droite

Depuis quelques années, une canule à double lumière bicave (Avalon Elite™) existe chez l'adulte (**illustration 7**). Elle est implantée en percutané, selon la méthode de Seldinger par ponction de la veine jugulaire interne droite [19, 45]. Le drainage se fait au niveau des deux veines caves et la réinjection au niveau de l'oreillette droite, en face de la valve tricuspide (**illustration 8**). Le contrôle du bon

positionnement de la canule se fait par échographie transœsophagienne, la canule doit parfois être repositionnée. La survenue d'un syndrome cave supérieur est possible en cas d'utilisation prolongée. Cette technique présente de nombreux avantages [46, 47, 48]. Elle nécessite un seul abord et laisse les scarpas libres (diminution du risque d'infection et de saignement du site de canulation). Elle



**Illustration 8 : Avalon<sup>R</sup>, drainage au niveau des 2 veines caves et réinjection au niveau de l'oreillette droite, en face de la valve tricuspide**

facilite la mobilisation du patient (transport facilité, position assise et marche possibles) et permet de diminuer la longueur du circuit. Elle diminuerait le risque de recirculation et autorise un débit de 4,1L/min en moyenne (2,7 à 6,6L/min).

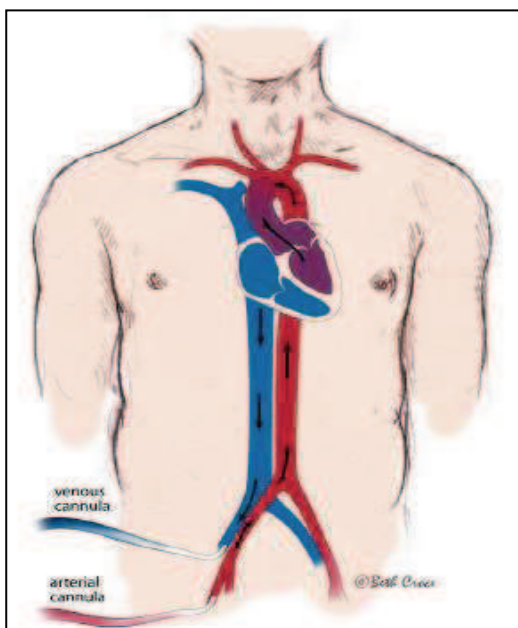
### **5/ Anticoagulation**

Avant la canulation, la dose d'héparine standard est de 50UI/kg (100UI/kg en cas de circuit non pré-hépariné). Aucun bolus d'héparine n'est fait en cas de pose sous massage cardiaque externe, de contexte de polytraumatisme, d'anticoagulation préalable [37], de trouble de l'hémostase. Les pratiques d'anticoagulation et les moyens de la surveiller dépendent de chaque centre. Généralement, un bolus d'héparine de 50UI/kg est fait lors de la canulation, puis les objectifs d'anticoagulation sous ECMO sont un ACT entre 180 et 210 sec ou un TCA  $\geq 1,5$  [48].

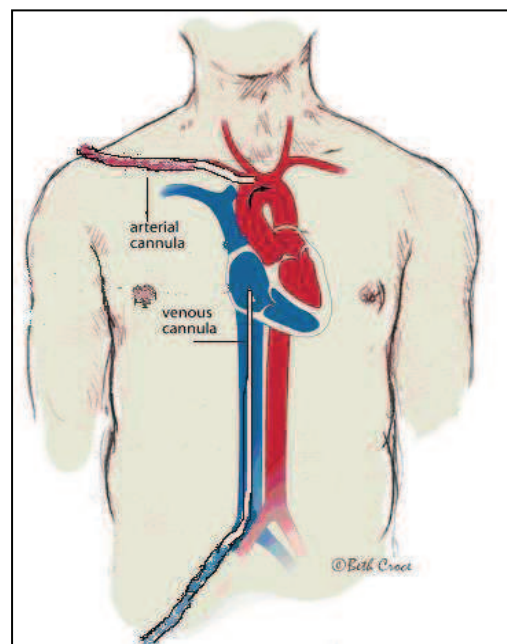
### **6/ Complications de l'ECMO**

Les complications communes à toute ECMO sont nombreuses. Elles peuvent être liées au site de canulation (faux trajet et perforation vasculaire lors de la pose, infection et lymphorrhée sous assistance ou après sevrage de l'ECMO) et au circuit d'ECMO (hémolyse intravasculaire, thrombopénie, embolie gazeuse, dysfonction mécanique de pompe). Du fait de l'anticoagulation efficace (ou semi-efficace) et des troubles de l'hémostase induits par l'ECMO, le saignement au niveau du site de canulation ou du site opératoire est la complication la plus fréquente. Par ailleurs, la maladie veineuse thromboembolique est possible, notamment au niveau des canules veineuses.

Les complications spécifiques de l'ECMO VA sont potentiellement graves [43]. Les complications liées à la canulation artérielle sont la dissection artérielle (lors de la pose), l'ischémie de membre (sous assistance) et la sténose fémorale (après fermeture de l'artériotomie fémorale). Si l'ECMO VA est de type fémoro-fémorale et si la fonction systolique du cœur est suffisante, il peut exister une compétition de flux au sein de l'aorte, entre le sang éjecté par le ventricule gauche (hypoxémique en cas de défaillance respiratoire)



**Illustration 9a : risque de compétition de flux au sein de l'aorte en cas d'ECMO VA fémoro-fémorale**



**Illustration 9b : ECMO axillo-fémorale permettant une réinjection antérograde**

et celui de l'ECMO (**illustration 9b**). Ce phénomène appelé syndrome d'Arlequin est responsable d'une hypoxie tissulaire cérébrale et cardiaque. L'implantation d'une ECMO VA fémoro-axillaire prévient ce risque (**illustration 9b**).

En cas d'ECMO VA fémoro-fémorale et de défaillance myocardique associée, le patient risque un œdème pulmonaire hydrostatique lié à l'augmentation de la pression télé diastolique du ventricule gauche.

Les conséquences au niveau de la microcirculation de la perte d'un flux artériel pulsatile sont moins connus.

Les complications spécifiques de l'ECMO VV sont moins nombreuses. Le phénomène de recirculation est dû à un mauvais positionnement des canules (trop proches) : une partie du sang réinjecté est directement drainé et ne participe pas à l'hématose.

Un syndrome cave supérieur est possible en cas d'Avalon, à cause de la taille de la canule. Une thrombose veineuse profonde (veine jugulaire, veine cave supérieure) est possible en cas d'utilisation prolongée de l'Avalon. La veine se reperméabilise souvent après quelques semaines d'anticoagulation efficace.

Les conséquences à long terme du shunt pulmonaire en cas de ventilation pulmonaire protectrice sont moins connues.

## **7/ Surveillance du patient sous ECMO**

En réanimation, les patients sous ECMO sont généralement intubés et ventilés, étant donné la précarité respiratoire et/ou hémodynamique. L'optimisation des réglages du respirateur sous ECMO est importante. Les nouveaux modes ventilatoires (BIPAP, APRV) semblent prometteurs, car ils permettent la respiration spontanée et donc une course diaphragmatique

[48]. Dans certains centres, les patients sont réveillés et extubés sous ECMO, pour permettre une réhabilitation respiratoire avant transplantation pulmonaire.

En cas d'ECMO VA fémoro-fémorale, les gaz du sang prélevés au niveau de l'artère radiale droite, permettent de dépister une hypoxie tissulaire de la partie supérieure du corps, notamment en cas de défaillance respiratoire, mais non cardiaque. L'évaluation de la saturométrie cérébrale (NIRS) permet également d'apprécier l'oxygénation cérébrale. L'électroencéphalogramme et le doppler transcrânien sont des indicateurs de l'état neurologique, mais la meilleure évaluation reste le réveil.

L'échocardiographie est très utile pour apprécier la volémie, la position des canules, le bon fonctionnement de l'ECMO, la surcharge des cavités gauches, la possibilité de sevrage de l'ECMO.

## **8/ Mobilité**

Le développement d'unités mobiles d'assistance circulatoire (UMAC) et respiratoire (UMAR) permet la prise en charge ambulatoire des patients avec transfert secondaire vers des centres spécialisés. Le transport de patients (ambulance, hélicoptère, avion) est facilité par les consoles miniaturisées type CardioHelp<sup>®</sup> (**illustration 10**).



**Illustration 10 : CardioHelp<sup>®</sup> (console portable d'assistance respiratoire et/ou cardiaque)**

## **9/ Timing**

Il est important de rappeler que la mise en place d'une ECMO de façon tardive, chez un patient en défaillance multi-viscérale, est de très mauvais pronostic. Le timing de la mise en place de l'ECMO est fondamental.

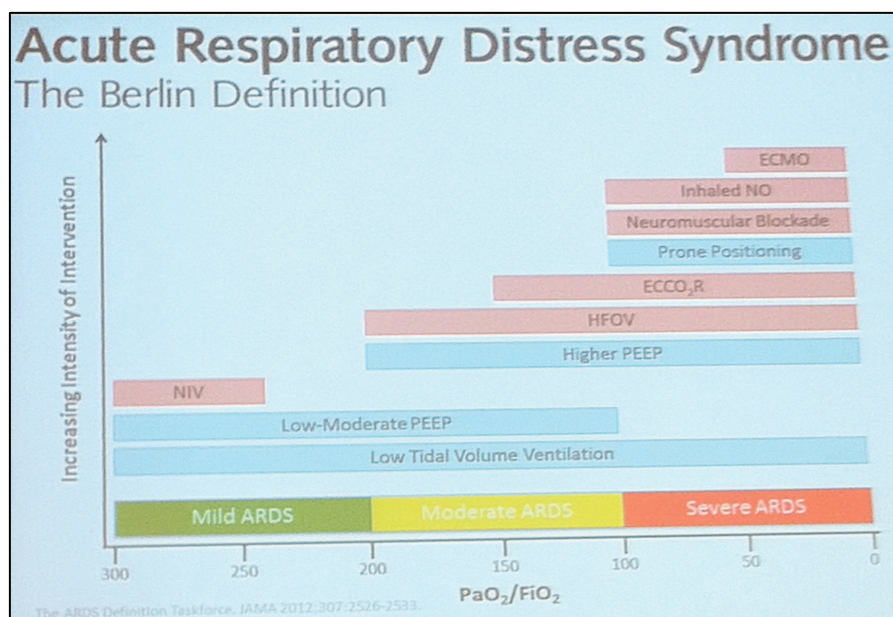


Il est indispensable d'avoir un projet thérapeutique. L'AREC type ECMO est une assistance transitoire. Elle peut être un pont vers la récupération (bridge to recovery) ou vers la transplantation (bridge to transplant).

Son utilisation en chirurgie thoracique est développée dans l'article médical : Enquête nationale sur l'utilisation de l'ECMO, comme assistance respiratoire en chirurgie thoracique chez l'adulte, hors transplantation.

## Caractéristiques des ECMO VV et VA [2]

		ECMO VA	ECMO VV
<b>Voies d'abord</b>	Veineuse	Jugulaire, oreillette droite	Simple ou double lumière jugulaire, fémorale
	Artérielle	Fémorale, axillaire, carotide	-
<b>Débit de la pompe</b>	Epuration du CO <sub>2</sub>	-	20 à 30% du débit cardiaque
	Apport d'O <sub>2</sub>	70 à 90 mL/kg/min	Débit > de 25% au débit du malade pour oxygénation totale (recirculation)
<b>Courbe de pression aortique</b>	Flux	Non pulsatile	Pulsatile
	Amplitude	Diminuée	Non modifiée
<b>Pression artérielle pulmonaire</b>		Très diminuée	Diminuée
<b>Risques</b>	Embolies	Systémiques	Pulmonaires
	Shunt pulmonaire	Important, stase, thrombose	Non, cicatrisation (+)
	Cérébral	Débit diminué, PIC importante	Pas rapporté
<b>Modification du flux hydrique transvasculaire pulmonaire</b>		Non	Oui



Acute Respiratory Distress Syndrome – The Berlin Definition. JAMA 2012;307:2526-2533

## **Aspect médico-légal**

### **Conflits d'intérêt**

Je déclare n'avoir aucun conflit d'intérêt.

### **Comité d'éthique et de recherche clinique (CERC) de la Société Française de Chirurgie Thoracique et Cardio-Vasculaire**

Etude publiable avec l'accord du CERC (en attente)

### **Matériaux biomédicaux cités et entreprises**

- Avalon Elite<sup>R</sup>, Cardiohelp system<sup>R</sup> : MAQUET GmbH & Co. (Getinge Group)

KG, Kehler Straße 31, 76437 Rastatt / Allemagne

- ILA Membrane Ventilator<sup>R</sup>, ILA activve<sup>R</sup> : Novalung GmbH

Im Zukunftspark 1 DE-74076 Heilbronn / Allemagne

- Hemolung<sup>R</sup> : Alung Technologies, Inc.

2500 Jane Street, Suite 1, Pittsburgh, PA 15203 USA

## **Références**

1. Bjork VO, Carlens E. The prevention of spread during pulmonary resection by the use of a double-lumen catheter. *J Thorac Surg* 1950;20:151-7.
2. Falcoz P-E, Capellier G. Principes et indications de l'ECMO en pathologie pulmonaire de l'adulte. *Encycl Méd Chir, Elveiser, Techniques chirurgicales-Thorax* 2009;42-443.
3. Peek GJ, Mugford M, Tiruvoipati R, Wilson A, Allen E, Thalanany MM et al. Efficacy and economic assessment of conventional ventilatory support versus extracorporeal membrane oxygenation for severe adult respiratory failure (CESAR): a multicentre randomised controlled trial. *Lancet* 2009;374:1351-63.
4. Aigner C, Wisser W, Taghavi S, Lang G, Jaksch P, Czyzewski D et al. Institutional experience with extracorporeal membrane oxygenation in lung transplantation. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 2007;31:468-74.
5. Wigfield CH, Lindsey JD, Steffens TG, Edwards NM, Love RB. Early institution of extracorporeal membrane oxygenation for primary graft dysfunction after lung transplantation improves outcome. *J Heart Lung Transplant* 2007;26:331-8.
6. Gomez-de-Antonio D, Campo-Cañaveral JL, Crowley S, Valdivia D, Cordoba M, Moradiellos J, et al. Clinical lung transplantation from uncontrolled non-heart-beating donors revisited. *J Heart Lung Transplant* 2012;31:349-53.
7. Ingemansson R, Eyjolfsson A, Mared L, Pierre L, Algotsson L, Ekmehag B et al. Clinical transplantation of initially rejected donor lungs after reconditioning ex vivo. *Ann Thorac Surg* 2009;87:255-60.
8. Lang G, Taghavi S, Aigner C, Charchian R, Matilla JR, Sano A et al. Extracorporeal Membrane Oxygenation Support for Resection of Locally Advanced Thoracic Tumors. *Ann Thorac Surg* 2011;92:264-71.
9. Horita K, Itoh T, Furukawa K, Katayama Y, Ohnishi H, Natsuaki M. Carinal reconstruction under veno-venous bypass using a percutaneous cardiopulmonary bypass system. *Thorac Cardiovasc Surg* 1996;44:46-9.
10. Lei J, Su K, Li XF, Zhou YA, Han Y, Huang LJ et al. Ecmo-assisted carinal resection and reconstruction after left pneumonectomy. *J Cardiothorac Surg* 2010;5:89.
11. Lee HS, Kim H-S, Shin H-S, Kim SJ, Cho S-W, Kim K-I. Carinal Reconstruction and Sleeve Right Upper Lobectomy Assisted with Extracorporeal Membrane Oxygenator for Non-small Cell Lung Cancer - A case report -. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg* 2011;44(2):193-6.

12. Kondo T, Sagawa M, Sato M, Matumura Y, Kubo Y, Yosida H, et al. Left sleeve pneumonectomy performed through a clamshell incision with extracorporeal membrane oxygenation for bronchogenic carcinoma: Report of two cases. *Surgery today* 1999;29:807-810.
13. Shao Y, Shen M, Ding Z, Liang Y, Zhang S. Extracorporeal membrane oxygenation-assisted resection of goiter causing severe extrinsic airway compression. *Ann Thorac Surg* 2009;88:659-61.
14. Felten M-L, Michel-Cherqui M, Puyo P, Fischler M. Extracorporeal Membrane Oxygenation Use for Mediastinal Tumor Resection. *Ann Thorac Surg* 2010;89:1010-4.
15. Spaggiari L, Rusca M, Carbognani P, Contini S, Barboso G, Bobbio P. Segmentectomy on a single lung by femorofemoral cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 1997;64:1519.
16. Korvenoja P, Pitkänen O, Berg E, Berg L. Venovenous extracorporeal membrane oxygenation in surgery for bronchial repair. *Ann Thorac Surg* 2008;86:1348-9.
17. Voelckel W, Wenzel V, Rieger M, Antretter H, Padosch S, Schobersberger W. Temporary extracorporeal membrane oxygenation in the treatment of acute traumatic lung injury. *Can J Anesth* 1998;45:1097-102.
18. Madershahian N, Wittwer T, Strauch J, Franke UFW, Wippermann J, Kaluza M et al. Application of ECMO in Multitrauma Patients With ARDS as Rescue Therapy. *J Card Surg* 2007;22:180-184.
19. Souilamas R, Souilamas JI, Alkhamees K, Hubsch JP, Boucherie JC, Kanaan R et al. Extracorporeal membrane oxygenation in general thoracic surgery: a new single venovenous cannulation. *J Cardiothorac Surg* 2011;6:52.
20. Julien F, Mosolo A, Hubsch J, Souilhamas R, Safran D, Cholley B. Assistance ventilatoire par ECMO veino-veineuse pour résection d'aspergillome pulmonaire. *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation* 2010;29:645-647.
21. Brenner M, O'Connor JV, Scalea TM. Use of ECMO for resection of post-traumatic ruptured lung abscess with empyema. *Ann Thorac Surg* 2010;90:2039-41.
22. Tsunozuka Y, Sato H, Tsubota M, Seki M. Significance of percutaneous cardiopulmonary bypass support for volume reduction surgery with severe hypercapnia. *Artif Organs* 2000;24:70-3.
23. Fraioli RL, Sheffer LA, Steffenson JL. Pulmonary and cardiovascular effects of apneic oxygenation in man. *Anesthesiology* 1973;39:588-96
24. Fischler M. Anesthésie en chirurgie thoracique. *Encycl Méd Chir, Elveiser, Anesthésie-Réanimation* 2002;36-570-A-10.

25. Rozé H, Lafargue M. Prise en charge de l'hypoxémie peropératoire en ventilation unipulmonaire. *IRBM* 2009;30;S35-S40.
26. Shechtman MY, Ziser A, Barak M, Ben-Nun A. Mini-ventilation for improved oxygenation during lung resection surgery. *Anaesth Intensive Care* 2011;39:456-9.
27. Ouerghi S, El Arbi S, Marghli A, Zaimi R, Smati B, Mestiri T et al. Intérêt de la jet ventilation à haute fréquence dans la résection anastomose de la trachée pour sténose. *Chirurgie Thoracique et Cardio-Vasculaire* 2011;15:45-50.
28. Bourgain J-L, Chollet M, Fischler M, Gueret G, Mayne A. Guide d'utilisation de la jet-ventilation en chirurgie ORL, trachéale et maxillo-faciale. *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation*. 2010;29:720-7.
29. de Perrot M, Fadel E, Mussot S, de Palma A, Chapelier A, Dartevelle P. Resection of locally advanced (T4) non-small cell lung cancer with cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 2005;79:1691-7.
30. Ishikawa N, Sato H, Hiranuma C, Takizawa M. A surgical intervention using percutaneous cardiopulmonary support for contralateral pneumothorax following pneumonectomy. *Ann Thorac Cardiovasc Surg*. 2001;7:235-6.
31. Orki A, Tasci AE, Meydan B, Kutlu CA. Video-assisted Thoracoscopy for Spontaneous Pneumothorax after Pneumonectomy. *Heart Lung Circ* 2009;18:299-301.
32. Oey IF, Peek GJ, Firmin RK, Waller DA. Post-pneumonectomy video-assisted thoracoscopic bullectomy using extra-corporeal membrane oxygenation. *Eu J Cardiothorac Surg* 2001;20:874-876.
33. Birdas TJ, Beckart DH and Keenan RJ. Contralateral spontaneous pneumothorax after pneumonectomy: thoracoscopic management with cardiopulmonary bypass. *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery* 2005;4:27-29.
34. Yanada M, Toda S. Venovenous extracorporeal membrane oxygenation support for treatment of bilateral spontaneous pneumothorax. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2008;7:1178-9.
35. Ducos C, Aubert A, Cochet E, Chaffanjon P, Blaise H, Claudel M, et al. Traitement chirurgical du pneumothorax spontané sur poumon unique (fonctionnel ou après pneumonectomie): à propos de 14 cas. *Chirurgie Thoracique Cardio-Vasculaire* 2010;15:73-79.
36. Wiebe K, Poeling J, Arlt M, Philipp A, Camboni D, Hofmann S et al. Thoracic surgical procedures supported by a pumpless interventional lung assist. *Ann Thorac Surg*. 2010;89:1782-7.
37. Falcoz PE, Longrois D. ECMO et SDRA: Canulation. *IRBM* 2010;31:S35-S45.

38. Regnard J-F, Perrotin C, Giovannetti R, Schussler O, Petino A, Spaggiari L et al. Resection for tumors with carinal involvement: technical aspects, results, and prognostic factors. *Ann Thorac Surg* 2005;80:1841-6.
39. Gibbon JH Jr. Application of a mechanical heart and lung apparatus to cardiac surgery. *Minn Med* 1954;37:171-185.
40. Hill JD, O'Brien TG, Murray JJ, Dontigny L, Bramson ML, Osborn JJ, et al. Prolonged extracorporeal oxygenation for acute post-traumatic respiratory failure (shock-lung syndrome). Use of the Bramson membrane lung. *N Engl J Med* 1972;286:629-34.
41. Bartlett RH, Roloff DW, Custer JR, Younger JG, Hirschl RB. Extracorporeal life support: the University of Michigan experience. *JAMA* 2000;283(7):904-8.
42. Zapol WM, Snider MT, Hill JD, Fallat RJ, Bartlett RH, Edmunds LH et al. Extracorporeal membrane oxygenation in severe acute respiratory failure. A randomized prospective study. *JAMA* 1979;242:2193-6.
43. Combes A, Leprince P, Luyt CE, Trouillet JL, Chastre J. Assistance cardiorespiratoire par extracorporeal membrane oxygenation (ECMO). *Réanimation* 2009;18:420-7.
44. Rich PB, Awad SS, Crotti S, Hirschl RB, Bartlett RH, Schreiner RJ. A prospective comparison of atrio-femoral and femoro-atrial flow in adult venovenous extracorporeal life support. *Journal Thorac Cardiovasc Surg* 1998;116:628-32.
45. Reeb J, Falcoz PE, Santelmo N, Lejay A, Pottecher J, Delabranche X et al. ECMO par canule double lumière bicave: indications et résultats. *Chirurgie Thoracique et Cardio-Vasculaire* 2011;15:76-80.
46. Brodie D, Bacchetta M. Extracorporeal membrane oxygenation for ARDS in adults. *N Engl J Med* 2011;365:1905-14.
47. Javidfar J, Brodie D, Wang D, Ibrahimiyeh AN, Yang J, Zwischenberger JB et al. Use of Bicaval Dual-Lumen Catheter for Adult Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation. *Ann Thorac Surg* 2011;91:1763-9.
48. congrès : International Course on ECMO & short term circulatory/respiratory support. Paris 2011 et 2012.

Livre conseillé : ECLS et ECMO Guide pratique, Springer Paris 2010