

Année 2025/2026

N°

Thèse

Pour le

DOCTORAT EN MEDECINE

Diplôme d'État

par

Raphaël GOEPFERT

Né le 21/10/1998 à Mulhouse (68)

TITRE

Succès du sevrage de l'ECMO VA : un score prédictif basé sur une analyse rétrospective
bicentrique

Présentée et soutenue publiquement le **04/09/2025** date devant un jury composé de :

Président du Jury : Professeur Antoine GUILLON, Médecine intensive réanimation, Faculté de médecine -
Tours

Membres du Jury :

Docteur Hélène NOUGUE, Anesthésie-réanimation, MCU-PH, Faculté de médecine – Université Paris Cité

Docteur Théo NORMAND, Anesthésie-réanimation, PH, CHU de Tours

Docteur Thomas GARREAU, Anesthésie-réanimation, PH, CHU d'Orléans

Professeur Fabien ESPITALIER, Anesthésie-réanimation, Faculté de médecine - Tours

TITLE

A Predictive Score for Successful Weaning from VA-ECMO: A Bicentric Retrospective Study

RESUME

Introduction

L'oxygénation par membrane extracorporelle veino-artérielle (ECMO VA) est une technique d'assistance circulatoire temporaire utilisée dans les cas de défaillance cardiaque aiguë, notamment en contexte de choc cardiogénique ou d'arrêt cardiaque réfractaire. Malgré ses bénéfices cliniques, elle reste associée à un taux élevé de complications et à une incertitude quant aux modalités optimales de sevrage. L'absence de critères standardisés de sevrage justifie le développement d'outils prédictifs robustes.

Matériel et méthodes

Ce travail s'appuie sur une étude rétrospective monocentrique menée au CHRU de Tours entre 2009 et 2024, incluant 232 patients adultes ayant bénéficié d'une ECMO VA. L'objectif était de construire un score clinique de prédiction du succès du sevrage (défini comme une survie à 30 jours sans transplantation, réimplantation ni assistance longue durée). Une cohorte externe de 177 patients inclus à l'Hôpital Européen Georges Pompidou (APHP) a servi à la validation.

Résultats

L'analyse statistique a reposé sur une régression logistique multivariée, intégrant des données cliniques, biologiques et échographiques. Cinq variables ont été identifiées comme prédictives : vitesse sous-aortique $> 9,5$ cm, FEVG > 20 % à 48h, absence de sepsis, lactates $< 2,5$ mmol/L, et absence de support vasopresseur élevé.

Le modèle présente d'excellentes performances discriminantes (AUC = 0,958), une calibration adéquate, et a été validé par bootstrap et cross-validation. En validation externe, le score conserve une bonne capacité discriminative (AUC = 0,827) avec une sensibilité de 90,2 %, en faisant un outil fiable pour orienter le sevrage.

Discussion

Ces résultats suggèrent que ce score pourrait améliorer la prise de décision en réanimation, en aidant à identifier précocement les patients éligibles à un sevrage réussi, et en évitant les stratégies prolongées ou inappropriées. Une généralisation à plus large échelle et une validation prospective sont souhaitables pour confirmer son utilité clinique.

ABSTRACT

Introduction

Veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation (VA-ECMO) is a temporary circulatory support technique used in cases of acute cardiac failure, particularly in the setting of cardiogenic shock or refractory cardiac arrest. While it provides significant clinical benefits, VA-ECMO remains associated with a high rate of complications and uncertainty regarding optimal weaning strategies. The lack of standardized weaning criteria underscores the need for robust predictive tools.

Methods

We conducted a single-center retrospective study at Tours university hospital between 2009 and 2024, including 232 adult patients supported with VA-ECMO. The aim was to develop a clinical prediction score for successful weaning, defined as 30-day survival without transplantation, reimplantation, or transition to long-term mechanical support. External validation was performed using a cohort of 177 patients treated at European Hospital Georges Pompidou (APHP).

Results

Multivariable logistic regression incorporating clinical, biological, and echocardiographic variables identified five independent predictors of successful weaning: subaortic velocity > 9.5 cm, left ventricular ejection fraction (LVEF) $> 20\%$ at 48 hours, absence of sepsis, lactate < 2.5 mmol/L, and absence of high-dose vasopressor support.

The model demonstrated excellent discriminative performance (AUC = 0.958), adequate calibration, and internal validation by bootstrap and cross-validation. External validation confirmed good discriminative ability (AUC = 0.827) with a sensitivity of 90.2%, supporting the reliability of the score in guiding weaning decisions.

Discussion

This predictive score may enhance decision-making in critical care by enabling early identification of patients most likely to achieve successful VA-ECMO weaning, while reducing the risk of prolonged or inappropriate support. Broader application and prospective validation are needed to confirm its clinical utility.

Liste des abréviations :

AHA: “American Heart Association”

ASAT: aspartate aminotransférase

AUC : aire sous la courbe

BMI : indice de masse corporelle

BPCO : broncho pneumopathie chronique obstructive

CHRU: centre hospitalier régional universitaire

ECMO: “Extra corporeal membrane oxygenation”

ELSO: “Extracorporeal life support organization”

EP: embolie pulmonaire

ESC: “European Society of cardiology”

FEVG: fraction d’éjection ventriculaire gauche

HEGP: hôpital européen Georges Pompidou

IGS2: index de gravité simplifié 2

ITV: intégrale temps vitesse

LVAD: “Left ventricular assist device”

PA : paquets-années

PCRT: “Pump Controlled Retrograde Trial”

PSL: produits sanguins labiles

SMD: “Standardized mean difference”

TP: taux de prothrombine

VA : veino artérielle

VD: ventricule droit

VV : veino veineuse

UNIVERSITE DE TOURS FACULTE DE MEDECINE DE TOURS

DOYEN

Pr Denis ANGOULVANT

VICE-DOYEN

Pr David BAKHOS

ASSESEURS

Pr Philippe GATAULT, *Pédagogie*

Pr Caroline DIGUISTO, *Relations internationales*

Pr Clarisse DIBAO-DINA, *Médecine générale*

Pr Pierre-Henri DUCLUZEAU, *Formation Médicale Continue*

Pr Hélène BLASCO, *Recherche*

Pr Pauline SAINT-MARTIN, *Vie étudiante*

RESPONSABLE ADMINISTRATIVE

Mme Carole ACCOLAS

DOYENS HONORAIRES

Pr Emile ARON (†) – 1962-1966

Directeur de l'Ecole de Médecine - 1947-1962

Pr Georges DESBUQUOIS (†) - 1966-1972

Pr André GOUAZE (†) - 1972-1994

Pr Jean-Claude ROLLAND – 1994-2004

Pr Dominique PERROTIN – 2004-2014

Pr Patrice DIOT – 2014-2024

PROFESSEURS EMERITES

Pr Daniel ALISON

Pr Gilles BODY

Pr Philippe COLOMBAT

Pr Etienne DANQUECHIN-DORVAL

Pr Patrice DIOT

Pr Luc FAVARD

Pr Bernard FOUQUET

Pr Yves GRUEL

Pr Frédéric PATAT

Pr Loïc VAILLANT

PROFESSEURS HONORAIRES

P. ANTHONIOZ – P. ARBEILLE – A. AUDURIER – A. AUTRET – D. BABUTY – C. BARTHELEMY – J.L. BAULIEU – C. BERGER – JC. BESNARD – P. BEUTTER – C. BONNARD – P. BONNET – P. BOUGNOUX – P. BURDIN – L. CASTELLANI – J. CHANDENIER – A. CHANTEPIE – B. CHARBONNIER – P. CHOUTET – T. CONSTANS – C. COUET – L. DE LA LANDE DE CALAN – P. DUMONT – J.P. FAUCHIER – F. FETISSOF – J. FUSCIARDI – P. GAILLARD – G. GINIES – D. GOGA – A. GOUDEAU – J.L. GUILMOT – O. HAILLOT – N. HUTEN – M. JAN – J.P. LAMAGNERE – F. LAMISSE – Y. LANSON – O. LE FLOCH – Y. LEBRANCHU – E. LECA – P. LECOMTE – AM. LEHR-DRYLEWICZ – E. LEMARIE – G. LEROY – G. LORETTE – M. MARCHAND – C. MAURAGE – C. MERCIER – J. MOLINE – C. MORAINÉ – J.P. MUH – J. MURAT – H. NIVET – D. PERROTIN – L. POURCELOT – R. QUENTIN – P. RAYNAUD – D. RICHARD-LENOBLE – A. ROBIER – J.C. ROLLAND – P. ROSSET – D. ROYERE – A. SAINDELLE – E. SALIBA – J.J. SANTINI – D. SAUVAGE – D. SIRINELLI – J. WEILL

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

AMELOT Aymeric	Neurochirurgie
ANDRES Christian.....	Biochimie et biologie moléculaire
ANGOULVANT Denis	Cardiologie
APETOH Lionel.....	Immunologie
AUDEMARD-VERGER Alexandra.....	Médecine interne
AUPART Michel.....	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
BACLE Guillaume.....	Chirurgie orthopédique et traumatologique
BAKHOS David.....	Oto-rhino-laryngologie
BALLON Nicolas.....	Psychiatrie ; addictologie
BARILLOT Isabelle.....	Cancérologie ; radiothérapie
BARON Christophe.....	Immunologie
BEJAN-ANGOULVANT Theodora.....	Pharmacologie clinique
BERHOUET Julien.....	Chirurgie orthopédique et traumatologique
BERNARD Anne.....	Cardiologie
BLANCHARD-LAUMONNIER Emmanuelle	Biologie cellulaire
BLASCO Hélène.....	Biochimie et biologie moléculaire
BONNET-BRILHAULT Frédérique.....	Physiologie
BOULOUIS Grégoire	Radiologie et imagerie médicale
BOURGUIGNON Thierry	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
BRILHAULT Jean.....	Chirurgie orthopédique et traumatologique
BRUNAUT Paul	Psychiatrie d'adultes, addictologie
BRUNEREAU Laurent.....	Radiologie et imagerie médicale
BRUYERE Franck.....	Urologie
BUCHLER Matthias.....	Néphrologie
CAILLE Agnès	Biostat., informatique médical et technologies de communication
CALAIS Gilles.....	Cancérologie, radiothérapie
CAMUS Vincent.....	Psychiatrie d'adultes
CORCIA Philippe.....	Neurologie
COTTIER Jean-Philippe.....	Radiologie et imagerie médicale
DEQUIN Pierre-François	Thérapeutique
DESMIDT Thomas.....	Psychiatrie
DESOUBEUX Guillaume	Parasitologie et mycologie
DESTRIEUX Christophe	Anatomie
DI GUISTO Caroline.....	Gynécologie obstétrique
DU BOUEXIC de PINIEUX Gonzague	Anatomie & cytologie pathologiques
DUCLUZEAU Pierre-Henri.....	Endocrinologie, diabétologie, et nutrition
EHRMANN Stephan	Médecine intensive – réanimation
EL HAGE Wissam.....	Psychiatrie adultes
ELKRIEF Laure	Hépatologie – gastroentérologie
ESPITALIER Fabien.....	Anesthésiologie et réanimation, médecine d'urgence
FAUCHIER Laurent.....	Cardiologie
FOUGERE Bertrand	Gériatrie
FRANCOIS Patrick.....	Neurochirurgie
GATAULT Philippe	Néphrologie
GAUDY-GRAFFIN Catherine	Bactériologie-virologie, hygiène hospitalière
GOUPILLE Philippe.....	Rhumatologie
GUERIF Fabrice.....	Biologie et médecine du développement et de la reproduction
GUILLON Antoine	Médecine intensive – réanimation
GUILLON-GRAMMATICO Leslie	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
GUYETANT Serge	Anatomie et cytologie pathologiques
GYAN Emmanuel	Hématologie, transfusion
HALIMI Jean-Michel.....	Thérapeutique
HERAULT Olivier	Hématologie, transfusion
HERBRETEAU Denis	Radiologie et imagerie médicale
HOURIOUX Christophe	Biologie cellulaire
IVANES Fabrice.....	Physiologie
LABARTHE François.....	Pédiatrie
LAFFON Marc	Anesthésiologie et réanimation chirurgicale, médecine d'urgence
LARDY Hubert	Chirurgie infantile
LARIBI Saïd.....	Médecine d'urgence
LARTIGUE Marie-Frédérique.....	Bactériologie-virologie
LAURE Boris.....	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
LE NAIL Louis-Romée	Cancérologie, radiothérapie
LECOMTE Thierry	Gastroentérologie, hépatologie

LEFORT Bruno.....	Pédiatrie
LEGRAS Antoine	Chirurgie thoracique
LEMAIGNEN Adrien	Maladies infectieuses
LESCANNE Emmanuel	Oto-rhino-laryngologie
LEVESQUE Éric	Anesthésiologie et réanimation chirurgicale, médecine d'urgence
LINASSIER Claude	Cancérologie, radiothérapie
MACHET Laurent	Dermato-vénéréologie
MAILLOT François	Médecine interne
MARCHAND-ADAM Sylvain.....	Pneumologie
MARRET Henri	Gynécologie-obstétrique
MARUANI Annabel.....	Dermatologie-vénéréologie
MEREGHETTI Laurent.....	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
MITANCHEZ Delphine.....	Pédiatrie
MOREL Baptiste.....	Radiologie pédiatrique
MORINIERE Sylvain	Oto-rhino-laryngologie
MOUSSATA Driffa	Gastro-entérologie
MULLEMAN Denis.....	Rhumatologie
ODENT Thierry	Chirurgie infantile
OUAISSI Mehdi	Chirurgie digestive
OULDAMER Lobna.....	Gynécologie-obstétrique
PAINTAUD Gilles	Pharmacologie fondamentale, pharmacologie clinique
PARE Arnaud	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
PASI Marco.....	Neurologie
PERROTIN Franck.....	Gynécologie-obstétrique
PISELLA Pierre-Jean.....	Ophtalmologie
PLANTIER Laurent.....	Physiologie
REMERAND Francis.....	Anesthésiologie et réanimation, médecine d'urgence
ROINGEARD Philippe.....	Biologie cellulaire
RUSCH Emmanuel.....	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
SAINT-MARTIN Pauline	Médecine légale et droit de la santé
SALAME Ephrem.....	Chirurgie digestive
SAMIMI Mahtab.....	Dermatologie-vénéréologie
SANTIAGO-RIBEIRO Maria	Biophysique et médecine nucléaire
SAUTENET-BIGOT Bénédicte.....	Thérapeutique
THOMAS-CASTELNAU Pierre	Pédiatrie
TOUTAIN Annick	Génétique
VOURC'H Patrick.....	Biochimie et biologie moléculaire
WATIER Hervé	Immunologie
ZEMMOURA Ilyess	Neurochirurgie

PROFESSEUR DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE

DIBAO-DINA Clarisse
LEBEAU Jean-Pierre

PROFESSEURS ASSOCIES

LIMA MALDONADO Igor.....Anatomie
MALLET Donatien.....Soins palliatifs

PROFESSEUR CERTIFIE DU 2ND DEGRE

MC CARTHY Catherine.....Anglais

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

CANCEL Mathilde	Cancérologie, radiothérapie
CARVAJAL-ALLEGRIA Guillermo	Rhumatologie
CHESNAY Adélaïde	Parasitologie et mycologie
CLEMENTY Nicolas	Cardiologie
DE FREMINVILLE Jean-Baptiste	Cardiologie
DOMELIER Anne-Sophie	Bactériologie-virologie, hygiène hospitalière
DUFOUR Diane	Biophysique et médecine nucléaire
FOUQUET-BERGEMER Anne-Marie	Anatomie et cytologie pathologiques
GARGOT Thomas	Pédopsychiatrie
GOUILLEUX Valérie	Immunologie
HOARAU Cyrille	Immunologie
KERVAREC Thibault	Anatomie et cytologie pathologiques
KHANNA Raoul Kanav	Ophtalmologie
LE GUELLEC Chantal	Pharmacologie fondamentale, pharmacologie clinique
LEDUCQ Sophie	Dermatologie
LEJEUNE Julien	Hématologie, transfusion
MACHET Marie-Christine	Anatomie et cytologie pathologiques
MOUMNEH Thomas	Médecine d'urgence
PIVER Éric	Biochimie et biologie moléculaire
RAVALET Noémie	Hématologie, transfusion
ROUMY Jérôme	Biophysique et médecine nucléaire
STANDLEY-MIQUELESTORENA Elodie	Anatomie et cytologie pathologiques
STEFIC Karl	Bactériologie
TERNANT David	Pharmacologie fondamentale, pharmacologie clinique
VAYNE Caroline	Hématologie, transfusion
VUILLAUME-WINTER Marie-Laure	Génétique

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

AGUILLON-HERNANDEZ Nadia	Neurosciences
BLANC Romuald	Orthophonie
EL AKIKI Carole	Orthophonie
NICOLOU Antonine	Philosophie – histoire des sciences et des techniques
PATIENT Romuald	Biologie cellulaire
RENOUX-JACQUET Cécile	Médecine Générale

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES

AUMARECHAL Alain	Médecine Générale
BARBEAU Ludivine	Médecine Générale
CHAMANT Christelle	Médecine Générale
ETTORI Isabelle	Médecine Générale
MOLINA Valérie	Médecine Générale
PAUTRAT Maxime	Médecine Générale
PHILIPPE Laurence	Médecine Générale
RUIZ Christophe	Médecine Générale
SAMKO Boris	Médecine Générale

CHERCHEURS INSERM - CNRS - INRAE

BECKER Jérôme.....	Chargé de Recherche Inserm – UMR Inserm 1253
BOUAKAZ Ayache	Directeur de Recherche Inserm – UMR Inserm 1253
BOUTIN Hervé.....	Directeur de Recherche Inserm – UMR Inserm 1253
BRIARD Benoît.....	Chargé de Recherche Inserm – UMR Inserm 1100
CHALON Sylvie.....	Directrice de Recherche Inserm – UMR Inserm 1253
DE ROCQUIGNY Hugues.....	Chargé de Recherche Inserm – UMR Inserm 1259
ESCOFFRE Jean-Michel.....	Chargé de Recherche Inserm – UMR Inserm 1253
GILLOT Philippe	Chargé de Recherche Inrae – UMR Inrae 1282
GOMOT Marie	Chargée de Recherche Inserm – UMR Inserm 1253
GOUILLEUX Fabrice	Directeur de Recherche CNRS – UMR Inserm 1100
GUEGUINOU Maxime	Chargé de Recherche Inserm – UMR Inserm 1069
HAASE Georg.....	Chargé de Recherche Inserm - UMR Inserm 1253
HENRI Sandrine	Directrice de Recherche Inserm – UMR Inserm 1100
HEUZE-VOURCH Nathalie.....	Directrice de Recherche Inserm – UMR Inserm 1100
KORKMAZ Brice.....	Chargé de Recherche Inserm – UMR Inserm 1100
LABOUTE Thibaut.....	Chargé de Recherche Inserm – UMR Inserm 1253
LATINUS Marianne	Chargée de Recherche Inserm – UMR Inserm 1253
LAUMONNIER Frédéric.....	Directeur de Recherche Inserm - UMR Inserm 1253
LE MERRER Julie	Directrice de Recherche CNRS – UMR Inserm 1253
MAMMANO Fabrizio	Directeur de Recherche Inserm – UMR Inserm 1259
PAGET Christophe.....	Directeur de Recherche Inserm – UMR Inserm 1100
RAOUL William.....	Chargé de Recherche Inserm – UMR Inserm 1069
SECHER Thomas.....	Chargé de Recherche Inserm – UMR Inserm 1100
SI TAHAR Mustapha.....	Directeur de Recherche Inserm – UMR Inserm 1100
SUREAU Camille	Directrice de Recherche émérite CNRS – UMR Inserm 1259
TANTI Arnaud	Chargé de Recherche Inserm - UMR Inserm 1253
WARDAK Claire	Chargée de Recherche Inserm – UMR Inserm 1253

CHARGES D'ENSEIGNEMENT

Pour l'éthique médicale

BIRMELE Béatrice.....Praticien Hospitalier

Pour la médecine manuelle et l'ostéopathie médicale

LAMANDE Marc.....Praticien Hospitalier

Pour l'orthophonie

BATAILLE Magalie.....Orthophoniste
CLOUTOUR Nathalie Orthophoniste || CORBINEAU Mathilde | Orthophoniste |
HARIVEL OUALLI Ingrid.....	Orthophoniste
IMBERT Mélanie	Orthophoniste
SIZARET Eva	Orthophoniste

Pour l'orthoptie

BOULNOIS Sandrine.....Orthoptiste

SERMENT D'HIPPOCRATE

En présence des enseignants et enseignantes
de cette Faculté,
de mes chers condisciples
et selon la tradition d'Hippocrate,
je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur
et de la probité dans l'exercice de la Médecine.

Je donnerai mes soins gratuits aux indigents,
et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail.

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

Respectueux(euse) et reconnaissant(e) envers mes Maîtres,
je rendrai à leurs enfants
l'instruction que j'ai reçue de leurs parents.

Que les hommes et les femmes m'accordent leur estime
si je suis fidèle à mes promesses.
Que je sois couvert(e) d'opprobre
et méprisé(e) de mes confrères et consœurs
si j'y manque.

Remerciements

Aux membres de mon jury de thèse :

A Monsieur le Professeur Antoine GUILLON, pour me faire l'honneur de présider ce jury et juger cette thèse. Ta bonne humeur au travail et ta passion sans limite pour ton métier ont été une grande source d'inspiration.

A Monsieur le Professeur Fabien ESPITALIER, pour m'avoir fait l'honneur de diriger cette thèse et de la juger. Merci de m'avoir fait confiance dans l'élaboration de ce travail, et pour le temps que tu m'as accordé.

A Madame la Docteure Hélène NOUGUE, pour me faire l'honneur de juger cette thèse et d'apporter un regard supplémentaire sur ce travail. Avoir travaillé à tes côtés pendant ce semestre à l'HEGP a été un plaisir et un honneur.

A Monsieur le Docteur Théo NORMAND, pour me faire l'honneur de juger cette thèse et tes conseils plus que nombreux depuis mon premier semestre. Au-delà de toute ce que tu m'as apporté sur le plan médical et personnel, tu m'as appris à être interne.

A Monsieur le Docteur Thomas GARREAU, pour me faire l'honneur de juger cette thèse. Depuis la première rencontre à un Tonus d'Orléans en premier semestre, tu m'as toujours impressionné par ta dévotion à notre métier et ton humour inégalable.

A toutes les personnes que j'ai rencontré durant mon internat :

A l'ensemble de l'équipe d'anesthésie réanimation chirurgicale du CHU d'Orléans et aux IADE, pour l'accueil chaleureux durant ma première année d'internat et mes premiers pas en tant qu'interne. Une pensée particulière au Dr BONNET qui sera toujours un modèle de rigueur et d'excellence, merci de m'avoir accordé ta confiance pendant mon premier semestre d'anesthésie que je n'oublierai pas.

A l'ensemble des équipes des réanimations chirurgicales du CHRU de Tours.

A l'ensemble de l'équipe des anesthésistes d'Oréliance pour m'avoir fait découvrir une autre partie de notre métier.

A l'ensemble de l'équipe de Médecine intensive réanimation du CHRU de Tours, pour un semestre marquant à vos côtés et m'avoir fait confiance pour mes premières gardes de senior en réanimation.

A l'ensemble de l'équipe d'anesthésie d'OTV et aux IADE du CHRU de Tours, pour un trimestre en thoracique mémorable.

A l'ensemble de l'équipe d'anesthésie réanimation de l'HEGP et au Pr CHOLLEY pour m'avoir accueilli durant un semestre, j'ai beaucoup appris à vos côtés. Mention spéciale à KJ.

A Théo, Laurent et Jean, je vois dois beaucoup pour tout ce que vous m'avez apporté durant cette première année. Et surtout beaucoup de McDo en retard.

A la gâtée, depuis le premier jour pluvieux à l'internat d'Orléans jusqu'à la thèse, ton amitié et ton support m'auront accompagné jusqu'à ce jour, et je l'espère longtemps encore.

A ma promo : Paul, Alexandra, Audric, Louise, Lou-Savannah, Lucie, Sébastien, Julien, Mathieu, Matthieu, Marine, Chloé, Clément, Baptiste, Alexis pour tous les moments passés ensemble.

A mes amis et à ma famille :

A Hugo et au flistre, pour cette amitié inépuisable depuis la PACES avec une petite pensée à notre groupe de l'époque.

A Rodolphe, pour toutes ces années passées en Alsace, même si la distance nous a séparés, merci.

A Gauthier, Victor, Allan, Pierre Louis, Claire, Manu, et tous les autres.

A Floof, pour m'avoir supporté pendant la dernière ligne droite qui n'était pas toujours facile.

A mes parents et à mon grand-père, pour votre soutien sans faille pendant tout ce parcours et depuis le début.

A mes tantes, cousins, cousines, parrain et marraine.

A Christiane, à qui je dédie ce travail, j'espère que tu en seras fière de là où tu es.

Table des matières

Introduction	2
ECMO : Principe	2
Physiologie	3
Indications	4
Evolution naturelle des patients sous ECMO VA	4
Sevrage et enjeux actuels	5
Matériel et méthodes	8
Type d'étude	8
Cadre réglementaire	8
Population étudiée	8
Taille d'échantillon	9
Critères de jugement	9
Variables recueillies	9
Analyse statistique	10
Cohorte de validation externe	11
Résultats	12
Population étudiée	12
Caractéristiques cliniques et biologiques	13
Analyse univariée	13
Modèle multivarié	15
Discrimination et calibration du modèle	15
Création du score à points	17
Validation externe	18
Comparaison entre les deux cohortes	20
Discussion	22
Bibliographie	29
Annexes	32

Introduction

ECMO : Principe

L'oxygénation par membrane extracorporelle (ECMO, Extracorporeal Membrane Oxygenation) est une technique d'assistance circulatoire mécanique dérivée de la circulation extracorporelle utilisée initialement en chirurgie cardiaque. (1) (2) Les avancées technologiques réalisées au cours des deux dernières décennies ont favorisé son développement et sa diffusion croissante. Ainsi, selon les données du registre de l'ELSO (Extracorporeal Life Support Organization), dans le monde, le nombre de patients traités par ECMO est passé d'environ 40 par an au début des années 2000 à plus de 2 000 par an en 2019. (3)

Il convient de distinguer deux techniques avec des objectifs distincts :

- L'ECMO VV (veino-veineuse) destinée à suppléer une défaillance respiratoire sévère
- L'ECMO VA (veino-artérielle) permettant de suppléer une défaillance cardiaque sévère.

Le circuit d'ECMO comprend une canule de décharge (veineuse), une pompe centrifuge assurant un débit continu, un oxygénateur à membrane et une ligne de réinjection du sang oxygéné artificiellement (artérielle).



Figure 1 : (a): ECMO veino-veineuse (b) : ECMO veino-artérielle (4)

Physiologie

Dans le cadre de l'ECMO VA périphérique, le sang veineux central est drainé, puis réinjecté dans l'aorte via un flux rétrograde. L'oxygénation et la décarboxylation du sang sont modulées par un mélangeur de gaz permettant d'ajuster la fraction d'oxygène délivrée ainsi que le débit de gaz frais.

Ce flux rétrograde induit une diminution de la précharge et du volume d'éjection ventriculaire droit. En revanche, il peut accroître la postcharge ventriculaire gauche, et, de manière indirecte, sa précharge. Ainsi, le circuit d'ECMO est assimilé à un circuit parallèle à la circulation native du patient. En fonction de la précharge, de la postcharge, du tonus vasculaire et de la fonction myocardique résiduelle, un point de convergence entre le débit natif et le débit artificiel peut être déterminé. (5)



Figure 2 : Physiologie de la circulation sous ECMO veino artérielle

Une surveillance quotidienne des conditions de charge ventriculaire gauche est indispensable, notamment chez les patients présentant une dysfonction myocardique sévère, afin d'évaluer la nécessité d'une décharge ventriculaire gauche supplémentaire. L'ECMO VA peut être combinée à la pose d'un ballon de contre pulsion intra aortique, à une assistance supplémentaire par pompe micro axiale ou à une atrioseptotomie de décharge chirurgicale.

Indications

La défaillance cardiaque aiguë reste l'indication principale de l'ECMO VA, bien que les recommandations récentes de l'American Heart Association » (6), de la société européenne de cardiologie (7) et de l'Extracorporeal Life Support Organization (3) ouvrent la voie à de nouvelles indications dans le cadre du choc cardiogénique et de l'arrêt cardiaque réfractaire.(8)

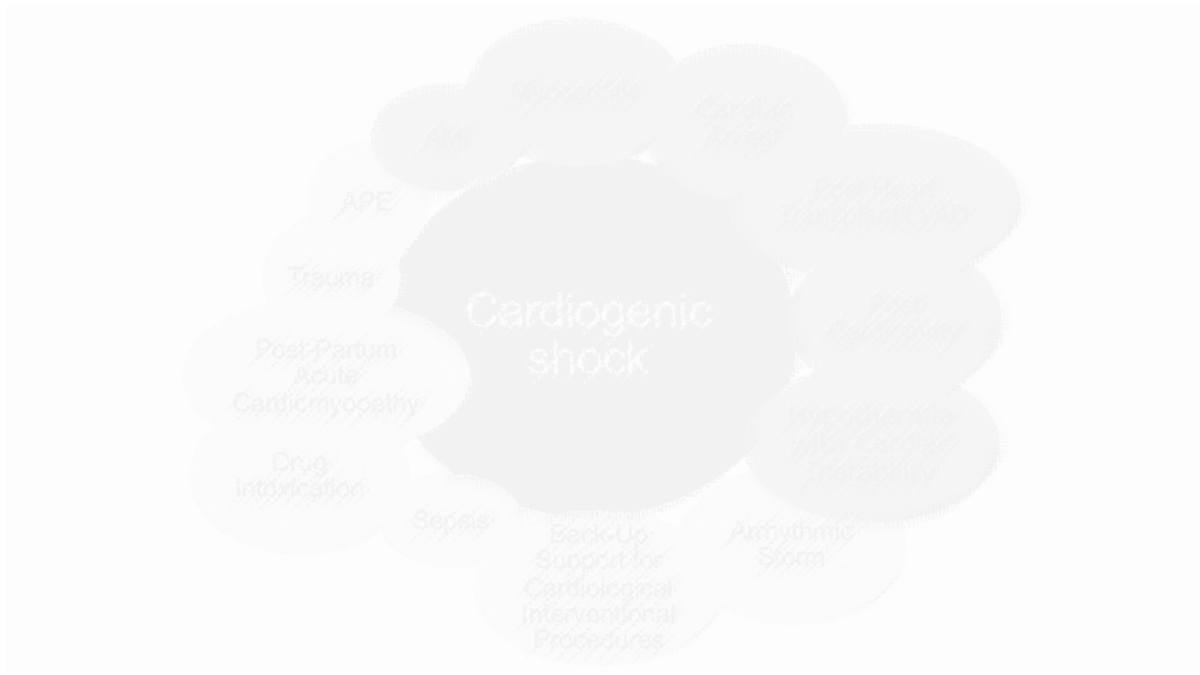


Figure 3 : Indications courantes (gris foncé) et émergentes (gris clair) de l'ECMO veino artérielle dans le contexte de choc cardiogénique. APE : Embolie pulmonaire massive AMI : Infarctus du myocarde LVAD : Assistance ventriculaire gauche de longue durée.

Evolution naturelle des patients sous ECMO VA

L'implantation d'une ECMO VA est en général réalisée dans une situation aiguë de défaillance myocardique. L'ECMO VA est une technique de sauvetage qui offre un répit au patient, en assurant l'oxygénation et le débit sanguin nécessaire au bon fonctionnement des organes. Malheureusement ce répit est de courte durée (quelques jours au maximum) car l'usage même d'une ECMO VA est associée à plusieurs complications majeures (9) :

- Hémorragiques
- Thrombo-emboliques
- Neurologiques
- Infectieuses
- Vasculaires

- Spécifiques (Notamment Œdème aigu pulmonaire et hypoxémie différentielle)
Ainsi il faut envisager un sevrage rapide de l'ECMO VA pour assurer la survie du patient. Dépendamment de l'histoire médicale du patient, on peut identifier 3 grandes situations :

- La récupération d'une activité myocardique suffisante pour assurer un débit cardiaque compatible avec la survie du patient. Dans cette situation, les thérapeutiques médicamenteuses soutenant l'activité myocardique sont largement employées. On dit dans cette situation que l'ECMO VA est utilisée en « bridge to recovery ».
- La récupération d'une activité myocardique suffisante pour assurer un débit cardiaque compatible avec la survie du patient n'est pas envisageable. Il faut alors pallier la défaillance myocardique de manière prolongée. L'implantation d'une assistance cardiaque de longue durée type « LVAD », ou la transplantation cardiaque sont les solutions actuellement proposées. On dit dans cette situation que l'ECMO VA est utilisée en « bridge to therapy » pour le LVAD ou en « bridge to transplantation » en cas de transplantation cardiaque. Pour inscrire un patient sur la liste de transplantation cardiaque dans le cadre de l'assistance par ECMO VA, il est nécessaire de démontrer la dépendance à l'assistance avec la réalisation d'épreuves de sevrages. (10)
- Le décès du patient, lorsqu'il n'existe pas de récupération d'une activité myocardique suffisante pour assurer un débit cardiaque compatible avec la vie, et que ni l'implantation d'un LVAD, ni la réalisation d'une transplantation cardiaque ne sont possibles. Le taux de décès intra hospitalier actuel des patients sous ECMO VA est actuellement de 56.7% selon une analyse récente. (11)

Sevrage et enjeux actuels

Cependant, à l'instar d'autres techniques de suppléance d'organe (ventilation mécanique, épuration extrarénale) (12) (13), la durée d'assistance circulatoire est un facteur déterminant du pronostic. Une analyse rétrospective du registre de l'ELSO, menée par Smith et al., montre une diminution significative du taux de survie à partir du quatrième jour d'assistance par ECMO (OR 0,89 ; IC 95 % : 0,86–0,93 ; $p < 0,001$). (14) Il semble donc important de déterminer le plus précocement possible les patients qui pourront être sevrés de l'ECMO VA.

En pratique, le sevrage d'une ECMO VA se fait par tâtonnement : après avoir identifié les patients montrant des signes de récupération de la fonction myocardique (comme la réduction du support vasopresseur ainsi que des critères hémodynamiques favorables et une récupération échocardiographique de l'activité myocardique), une épreuve de sevrage est réalisée. (15) Elle

consiste en une diminution progressive du débit d'assistance, ce qui permet d'évaluer la réponse hémodynamique du cœur remis en charge, ainsi que l'impact de cette remise en charge sur le cœur lui-même (évaluation échocardiographique du myocarde au cours de l'épreuve de sevrage). Cependant, la reproduction fidèle des conditions de charge native nécessite idéalement, la réalisation d'un Pump-Controlled Retrograde Trial-off (PCRT). (16) Le résultat de l'épreuve de sevrage peut être positif, si le cœur remis en charge présente des paramètres échocardiographiques stables et qu'il assure une hémodynamique suffisante, ou négatif, si l'hémodynamique ou les paramètres échocardiographiques se dégradent au cours de l'épreuve de sevrage.

Plusieurs paramètres, identifiés en amont de l'épreuve de sevrage, sont associés à une réussite de cette épreuve :

- Des paramètres échocardiographiques : une vitesse sous-aortique (ITV) > 12 cm, une onde S' mitrale > 6 cm/s, une fraction d'éjection du ventricule gauche (FEVG) > 25–30 %. (17)
- Une revue systématique récente menée par Charbonneau et al. en 2022 souligne également la valeur prédictive des paramètres biologiques et échographiques, en lien avec la sévérité initiale du choc et l'évolution des défaillances d'organe. (18)

Le taux de succès du sevrage d'une ECMO VA varie de 30 à 75 %, selon les études. Cette grande variabilité dans les résultats s'explique notamment par la grande variabilité de la définition du « sevrage de l'ECMO VA ». En effet, parmi les 47 études d'une récente revue de la littérature sur les paramètres associés au sevrage de l'ECMO VA (18), une seule étude définissait explicitement le succès du sevrage par l'absence de recours à la transplantation cardiaque ou à une assistance de longue durée, c'est-à-dire comme la récupération d'une fonction myocardique compatible avec la vie. (19)

Adopter une définition du sevrage réussi basée sur la récupération myocardique permettrait d'optimiser les critères de sélection et d'orienter plus précocement les stratégies thérapeutiques. L'identification rapide des patients relevant d'une stratégie « bridge to recovery », « bridge to transplantation » ou encore « bridge to therapy » dans le cadre d'une assistance ventriculaire gauche de longue durée (LVAD), par exemple, représente un enjeu majeur afin d'éviter un retard dans la prise en charge définitive.

Enfin, la création d'un score de sevrage spécifique, reposant sur des critères cliniques, biologiques et échographiques prédictifs de récupération myocardique, pourrait améliorer la standardisation du sevrage dans la pratique clinique. Les scores actuels, tels que le SAVE score (Schmidt et al., 2015) (20) ou le AMI-ECMO score (Ki Hong Choi et al., 2019) (21), ont été conçus pour prédire la survie après implantation ou en contexte de choc cardiogénique ischémique, mais ne considèrent pas la transplantation comme un échec du sevrage.

L'objectif de ce travail était, à partir de données rétrospectives, d'établir un score prédictif de succès de sevrage de l'ECMO, en considérant la survie par récupération de la fonction myocardique, et sans prendre en compte les assistance de longue durée ou les transplantations cardiaques.

Matériel et méthodes

Type d'étude

Il s'agit d'une étude observationnelle, rétrospective, bicentrique, à visée pronostique et diagnostique, conduite au sein du CHRU de Tours entre 2009 et 2024. L'objectif principal est, dans un premier temps de développer un score clinique prédictif du succès de récupération myocardique après assistance circulatoire par ECMO veino-artérielle (ECMO VA) à partir d'un modèle de régression logistique en s'appuyant sur une base de données du CHRU de Tours puis, dans un deuxième temps, de le valider sur une cohorte externe de patients issue d'une base de données de l'Hôpital Européen George Pompidou (HEGP), Assistance Publique, Hôpitaux de Paris (AP-HP).

Cadre réglementaire

Après obtention de l'accord du représentant local de la CNIL du CHRU de Tours, la base de données a été enregistrée dans le registre informatique du CHRU de Tours sous le numéro 2025_106 afin d'être en conformité sur le plan éthique. Tous les patients inclus ont été informés de l'utilisation anonymisée de leurs données médicales à des fins de recherche, conformément à la réglementation en vigueur.

Population étudiée

Critères d'inclusion :

- Patients majeurs (> 18 ans),
- Ayant bénéficié d'une assistance circulatoire par ECMO VA (centrale ou périphérique),
- Pris en charge au CHRU de Tours entre le 1er janvier 2009 et le 31 décembre 2024.

Critères d'exclusion :

- Décès dans les 48 heures suivant l'implantation de l'ECMO VA,
- Assistance autre que l'ECMO veino artérielle (ECMO veino-veineuse, LVAD),
- Transferts inter hospitaliers pour ablation seule de l'ECMO,
- Données cliniques essentielles manquantes.

260 patients ont été ciblés pour inclusion.

Taille d'échantillon

La taille d'échantillon nécessaire a été estimée selon la règle des événements par variable (EPV). En considérant 5 variables prédictives et une prévalence de l'événement cible estimée à 30 %, un minimum de 167 sujets était requis (EPV = 10). Pour réduire le risque de surajustement et permettre une validation interne satisfaisante, l'objectif a été finalement augmenté à environ 250 participants.

Critères de jugement

Critère de jugement principal : *Succès du sevrage de l'ECMO VA : survie à 30 jours sans transplantation, assistance longue durée ni réimplantation d'ECMO VA.* Ce critère composite a servi de variable dépendante pour le modèle de régression logistique, puis pour la création d'un score à points validé en interne (bootstrapping, cross-validation) et en externe. Pour la suite de notre travail, le terme « sevré » et « non sevré » feront référence à la récupération de la fonction myocardique.

Critères de jugements secondaires :

- Validation externe du score sur une cohorte indépendante (Aire sous la courbe, Sensibilité, Spécificité, Valeur prédictive positive et négative)
- Calibrage du modèle prédictif (Test de Hosmer–Lemeshow, courbe de calibration, régression de calibration)

Variables recueillies

- Données démographiques et antécédents : âge, sexe, taille, poids, IMC
- Facteurs de risque cardiovasculaires (tabac, diabète, dyslipidémie, hérédité, hypertension artérielle).
- Comorbidités significatives (Insuffisance rénale chronique, hépatopathie chronique)
- Type de cardiopathie sous-jacente (rythmique, ischémique, dilatée, hypertrophique)
- Indication de l'assistance par ECMO : Arrêt cardio respiratoire, post cardiectomie, défaillance du greffon, insuffisance cardiaque terminale, autres causes
- Contexte de l'assistance (canulation percutanée et mise en place d'un ballon de contre pulsion intra aortique)
- Données cliniques en réanimation : quantité de vasopresseurs (support défini comme élevé si noradrénaline > 0.1 gamma/kg/min et/ou dobutamine > 5 gamma/kg/min), score IGS2, nécessité d'une épuration extra rénale

- Données biologiques en réanimation : taux de lactates à 24h, ASAT à 48h (22), TP < 50% à l'admission.
- Données échographiques (J0–J5) : FEVG > 20% à 48 heures, ITV sous aortique > 9.5, fonction ventriculaire droite à 48-72 heures (TAPSE, onde S', estimation visuelle). (23) (24) (25)
- Autres : Sepsis ou choc septique durant le séjour

Analyse statistique

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide des logiciels Jamovi (version 2.6.19) et R (version 4.5.0). Les variables qualitatives ont été décrites en termes d'effectifs et de pourcentages, tandis que les variables quantitatives ont été exprimées soit par leur moyenne accompagnée de l'écart-type, soit par la médiane et l'intervalle interquartile (IQR), en fonction de leur distribution.

Les données manquantes dans le recueil initial des données ont fait l'objet d'une imputation par la moyenne dans le cas d'une variable numérique et une imputation aléatoire pour les variables qualitatives. Le taux de données manquantes est estimé à moins de 10% par variable. Les variables comportant plus de 15% de données manquantes ont été exclues du modèle final.

La SMD (Standardized mean difference) pour les moyennes et les proportions a été utilisée pour décrire les caractéristiques initiales de la population.

Une analyse de régression logistique multivariée a été conduite, en incluant les variables présentant une valeur de p inférieure à 0,05 en analyse univariée, ainsi que celles jugées cliniquement pertinentes. La performance discriminative du modèle a été évaluée à l'aide de l'aire sous la courbe ROC (Receiver Operating Characteristic).

Le calibrage du modèle a été vérifié par le test de Hosmer–Lemeshow, l'analyse de la courbe de calibration, ainsi qu'une régression de calibration. Le choix du modèle final a reposé sur le critère d'information d'Akaike (AIC) et l'indice de Youden, afin d'identifier le compromis optimal entre performance et parcimonie.

Les performances du modèle ont été appréciées à travers plusieurs indicateurs : sensibilité, spécificité, valeurs prédictives positive et négative, ainsi que le pseudo-R². Une validation interne a été réalisée par la méthode de bootstrapping (1 000 itérations) et par validation croisée (cross-validation).

Un score à points à ensuite été établi à partir des probabilités prédites initialement pour chaque patient auquel a été appliqué une transformation numérique simple pour obtenir un score contenu entre 5 au minimum et 97 au maximum.

Enfin, une validation externe a été effectuée à partir d'une cohorte indépendante afin de confirmer la robustesse et la généralisation du modèle et du score à points. (Aire sous la courbe, Sensibilité, Spécificité).

Cohorte de validation externe

Une cohorte de validation externe indépendante a été constituée de manière rétrospective, à partir de 172 patients recrutés à l'Hôpital Européen Georges Pompidou (HEGP) entre 2018 et 2021. Les données ont été recueillies de façon anonymisée. Les critères d'inclusion et d'exclusion étaient similaires à ceux de la cohorte de développement, et les mêmes variables prédictives ont été extraites afin d'appliquer le score dérivé du modèle. Cette cohorte a permis d'évaluer la performance externe du score, notamment sa discrimination (Aire sous la courbe), ainsi que ses performances cliniques (sensibilité, spécificité).

Enfin, une comparaison entre les proportions de récupération myocardique des deux cohortes sera effectuée à l'aide d'un test du Chi² de Pearson.

Résultats

Population étudiée

Entre 2009 et 2024, 260 patients ayant bénéficié d'une ECMO VA ont été recensés au CHRU de Tours. Après exclusion des patients décédés dans les 48 heures suivant l'implantation ($n = 12$) et ceux présentant des données manquantes essentielles ($n = 10$), 232 patients ont été inclus dans l'analyse. Parmi eux, 50 patients (21,5 %) sur 232 ont été sevrés avec succès à 30 jours, définis par une absence de transplantation, de réimplantation ou d'assistance cardiaque longue durée.

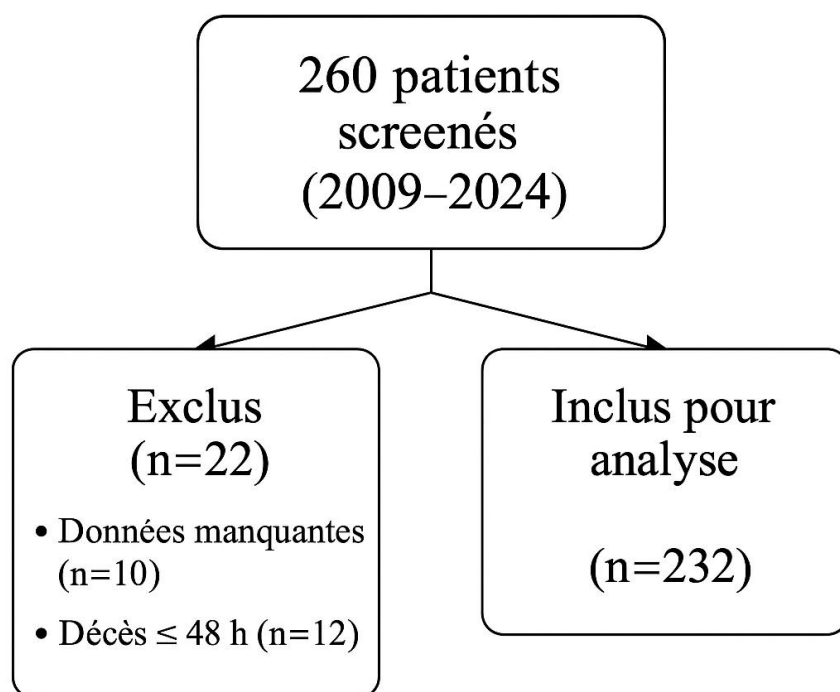


Figure 4 : Flow chart de la population initiale incluse pour l'analyse

Les caractéristiques de la population initiale sont présentées selon les recommandations et les directives « STROBE, CONSORT extension for observational studies » avec l'effectif total, l'effectif dans le groupe « succès de sevrage » et dans le groupe « échec de sevrage » et la SMD. (26)

Caractéristiques cliniques et biologiques

Les patients avec une récupération myocardique présentent des différences notables sur plusieurs paramètres étudiés (Tableau 1). Une FEVG > 20 % à 48 h était présente chez 84 % des patients sevrés versus 10 % des non sevrés (SMD = 2,35). L'ITV sous-aortique > 9,5 cm/s était retrouvée chez 96 % des sevrés contre 15 % des non sevrés (SMD = 2,46). La fonction ventriculaire droite préservée était retrouvée chez 90% des patients du groupe sevré contre 26 % dans le groupe non sevré (SMD = 1.55). La présence d'un sepsis ou choc septique était moins fréquente chez les patients sevrés (30 % vs 48 %, SMD = 0,37). La présence de cardiopathies dilatées était plus fréquente (31% vs 14%) dans le groupe des non sevrés (SMD = 0.39). De même, un taux élevé de vasopresseurs était significativement plus représenté chez les patients non sevrés (69 % vs 14 %, SMD = 1,25). Enfin, les lactates à 24 h étaient plus bas chez les patients sevrés ($1,9 \pm 0,9$ mmol/L vs $3,1 \pm 2,9$ mmol/L).

Analyse univariée

L'analyse univariée a identifié plusieurs variables significativement associées au succès ou à l'échec de récupération myocardique ($p < 0,05$) : (Tableau 2 en annexe)

- **ITV sous aortique > 9,5 cm** : OR = 132,0 [37,94–837,09], $p < 0,0001$
- **FEVG > 20 % à 48 h** : OR = 45,04 [19,35–117,17], $p < 0,0001$
- **Fonction VD préservée à 48–72 h** : OR = 25,13 [10,26–75,83], $p < 0,0001$
- **Lactates < 2,5 mmol/L à 24 h** : OR = 0,178 [0,070–0,393], $p < 0,0001$
- **Sepsis ou choc septique** : OR = 0,468 [0,234–0,901], $p = 0,0266$
- **Cardiopathie dilatée** : OR = 0,357 [0,140–0,797], $p = 0,0186$
- **Support vasopresseur élevé** : OR = 0,072 [0,028–0,161], $p < 0,0001$

Variable étudiée	Sevré (N=50)	Non sevré (N=232)	Total de la population	SMD
<i>Age</i>	50 +/- 14	53 +/-13	52 +/- 13	0,22
<i>Sexe masculin</i>	33 (66%)	139 (76%)	172 (74%)	0,22
<i>BMI</i>	27 +/- 4,9	27 +/-5,2	27 +/- 5,1	0,04
<i>Diabète</i>	8 (16%)	37 (20%)	45 (19%)	0,10
<i>Hypertension artérielle</i>	17 (34%)	73 (40%)	90 (39%)	0,12
<i>Tabagisme > 5 PA</i>	26 (52%)	104 (40%)	130 (56%)	0,24
<i>Dyslipidémie</i>	12 (24%)	62 (34%)	74 (32%)	0,22
<i>Cardiopathie rythmique</i>	12 (24%)	51 (28%)	63 (27%)	0,09
<i>Cardiopathie ischémique</i>	20 (40%)	79 (43%)	99 (43%)	0,06
<i>Cardiopathie dilatée</i>	7 (14%)	57 (31%)	64 (28%)	0,39
<i>Cardiopathie hypertrophique</i>	2 (4%)	6 (3%)	8 (3%)	0,06
<i>Insuffisance rénale chronique</i>	2 (4%)	9 (5%)	11 (5%)	0,05
<i>BPCO</i>	3 (6%)	12 (7%)	15 (7%)	0,04
<i>Alcoolisme chronique</i>	8 (16%)	28 (15%)	36 (16%)	0,03
<i>Post cardiectomie</i>	12 (24%)	34 (19%)	46 (20%)	0,13
<i>Défaillance de greffon</i>	1 (2%)	9 (5%)	10 (4%)	0,15
<i>Insuffisance cardiaque terminale</i>	2 (4%)	38 (21%)	40 (17%)	0,46
<i>Post arrêt cardiaque</i>	11 (22%)	37 (20%)	48 (21%)	0,05
<i>Autres causes de choc cardiogénique*</i>	46 (92%)	165 (91%)	211 (91%)	0,04
<i>Canulation percutanée</i>	31 (62%)	108 (59%)	139 (60%)	0,06
<i>Ballon de contre pulsion intra aortique</i>	32 (64%)	116 (64%)	148 (64%)	0,00
<i>Taux élevé de vasopresseurs</i>	7 (14%)	126 (69%)	133 (57%)	1,25
<i>Lactates à 24h en mmol/l</i>	1,9 +/- 0,9	3,1 +/- 2,9	2,8 +/- 2,6	0,56
<i>TP < 50 % à l'admission</i>	23 (46%)	100 (55%)	123 (55%)	0,18
<i>ASAT à 48h</i>	141 (421)	174 (407)	174 (405)	NA
<i>FEVG > 20% à 48h</i>	42 (84%)	19 (10%)	61 (26%)	2,35

<i>ITV > 9,5 cm dans les 5 premiers jours</i>	48 (96%)	30 (15%)	78 (34%)	2,46
<i>Fonction ventriculaire droite préservée à 48-72 heures</i>	45 (90%)	48 (26%)	93 (40%)	1,55
<i>Epuration extra rénale</i>	8 (16%)	53 (29%)	61 (26%)	0,30
<i>Sepsis ou choc septique</i>	15 (30%)	87 (48%)	102 (44%)	0,37
<i>IGS2</i>	47 +/- 17	51 +/- 18	50 +/- 18	0,22

*Tableau 1 : Caractéristiques de la population initiale incluse dans l'analyse statistique selon les groupes sevrés et non sevrés. Les différences éventuelles sont exprimées à l'aide de la « Standardized mean difference ». * (Données manquantes ne permettant pas de détailler les indications complètes de canulation)*

Modèle multivarié

Après sélection forward par critère d'information d'Akaike (AIC) dans le cadre d'une régression logistique binomiale, cinq variables indépendantes ont été retenues dans le modèle multivarié avec : (Tableau 3)

- **ITV sous aortique > 9,5 cm avant J5** : OR = 37,98 [8,70–272,93], $p < 0,00001$
- **FEVG > 20 % à 48 h** : OR = 7,45 [2,42–24,40], $p = 0,00058$
- **Sepsis ou choc septique** : OR = 0,268 [0,082–0,810], $p = 0,0229$
- **Lactates > 2,5 mmol/L** : OR = 0,267 [0,069–0,938], $p = 0,0449$
- **Support vasopresseur élevé** : OR = 0,330 [0,088–1,185], $p = 0,0893$ (tendance non significative)

Discrimination et calibration du modèle

Le modèle multivarié présente une excellente capacité discriminante avec une **AUC de 0,958** (Figure 5), une **sensibilité de 98 %** et une **spécificité de 90,7 %** au seuil optimal (0,17) (Tableau 4). La **validation interne** par « Bootstrap » (1 000 répliqués) confirme la robustesse des coefficients. La **validation croisée (5-fold)** montre une AUC moyenne de 0,945, une sensibilité de 94 % et une spécificité de 86 %. Le test de **Hosmer–Lemeshow** ($\chi^2 = 8,14$; $p = 0,32$) et la **courbe de calibration** montrent une bonne adéquation entre probabilités prédites et observées. (Figure 6)

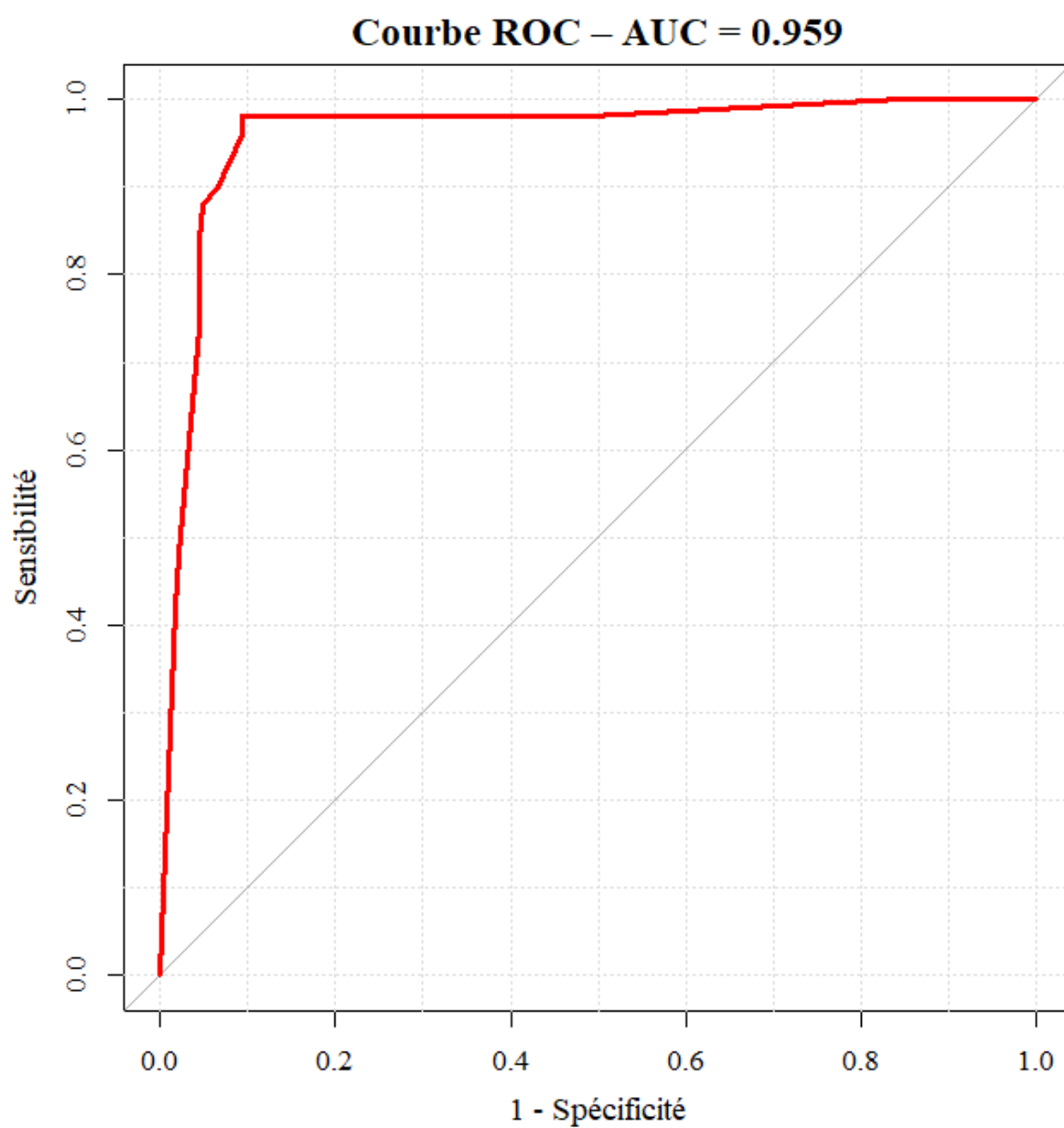


Figure 5. Courbe ROC du modèle multivarié final

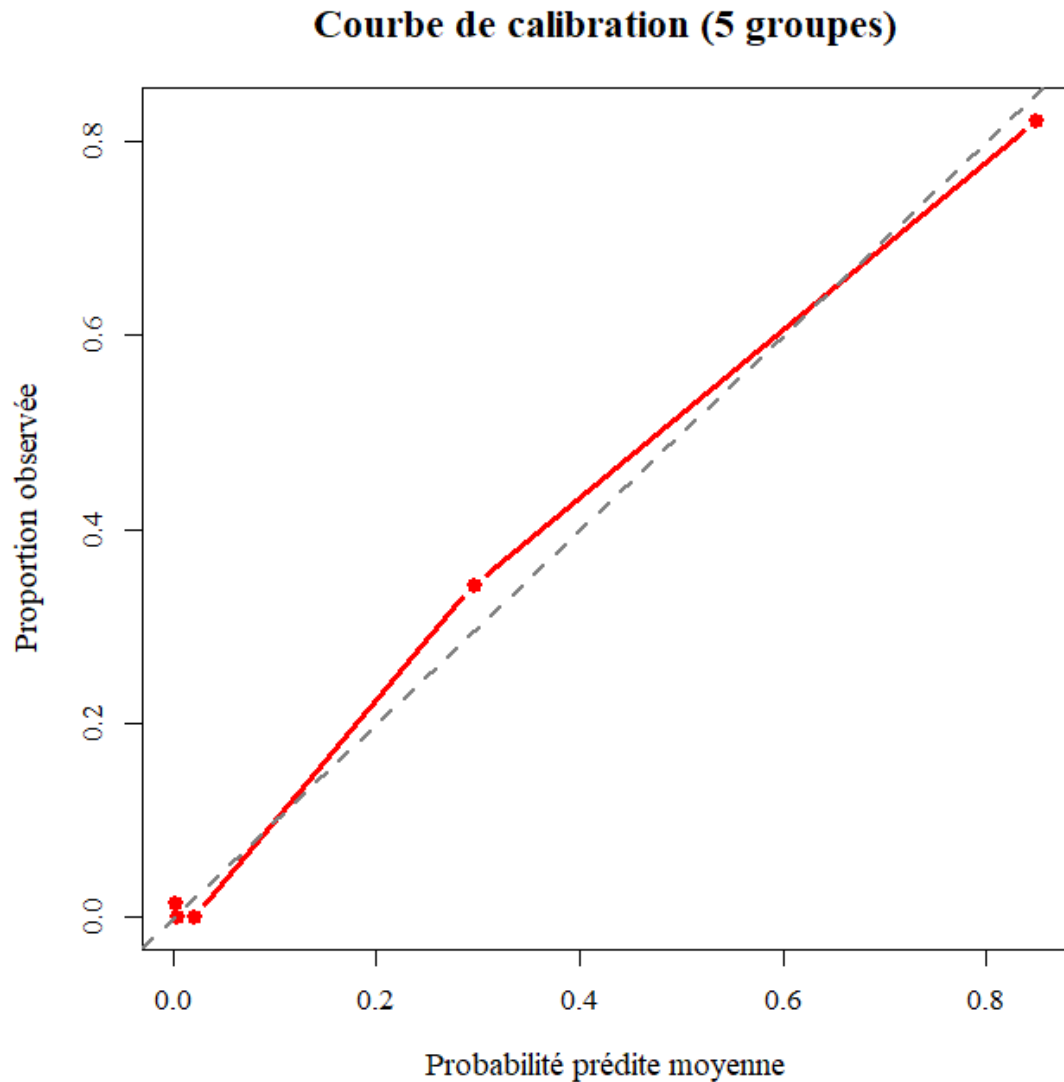


Figure 6. Courbe de calibration du modèle. Les probabilités prédites sont représentées sur l'axe des abscisses et les probabilités observées sur l'axe des ordonnées. La ligne pointillée représente l'ajustement idéal ($y = x$).

Création du score à points

À partir du modèle de régression logistique multivarié final, la probabilité de succès du sevrage sous ECMO VA pour un patient donné est :

$$\hat{p} = \frac{1}{1 + \exp[-(-3,18 + 3,64 X_1 + 2,01 X_2 - 1,32 X_3 - 1,32 X_4 - 1,11 X_5)]}$$

avec :

- $X_1=1$ si ITV sous-aortique $> 9,5$ cm/s (sinon 0)
- $X_2=1$ si FEVG > 20 % à 48 h (sinon 0)

- X3=1 si sepsis ou choc septique (sinon 0)
- X4=1 si lactates > 2,5 mmol/L à 24 h (sinon 0)
- X5=1 si support vasopresseur élevé (sinon 0)

Pour chaque patient, on calcule d'abord la probabilité prédite, puis on définit le **score à points** par la mise à l'échelle :

$$\text{Score} = 100 \times \hat{p} + 5$$

Cette transformation donne un score compris entre **5** (si la probabilité prédite est proche de 0) et **97** (si la probabilité prédite est proche de 92%).

Le score traduit directement la probabilité prédite de sevrage :

- Un score de **5–20** correspond à une probabilité de succès < 20 %.
- Un score de **21–40** correspond à une probabilité de succès de 20–40 %.
- Un score > **40** implique une probabilité > 40 %.

Dans la cohorte d'entraînement, le point de coupure optimal pour prédire un sevrage réussi était **26 points** (sensibilité 98 %, spécificité 91 %). En pratique, un score ≥ 26 identifie les patients pour lesquels le sevrage a une très forte probabilité de réussite.

Une feuille de calcul automatique du score est disponible à l'adresse suivante :
https://docs.google.com/spreadsheets/d/1b5egAGr2lX_DZFWcagP5KhlJE0LCij1SFOjq5hG__UI/edit?gid=0#gid=0

Validation externe

Le score à points dérivé à partir du modèle prédictif a été testé sur une cohorte indépendante de 172 patients de l'Hôpital Européen Georges Pompidou. Au total, 172 patients ayant bénéficié d'une assistance par ECMO VA entre 2018 et 2020 ont été ciblés pour inclusion. 80 patients ont été exclus de l'analyse finale avec 8 patients transférés dans le service uniquement pour ablation d'assistance, 37 patients sont décédés dans un délai < 48h et 35 patients ont bénéficié d'une assistance mécanique autre. 92 patients ont été inclus pour tester les performances du score.

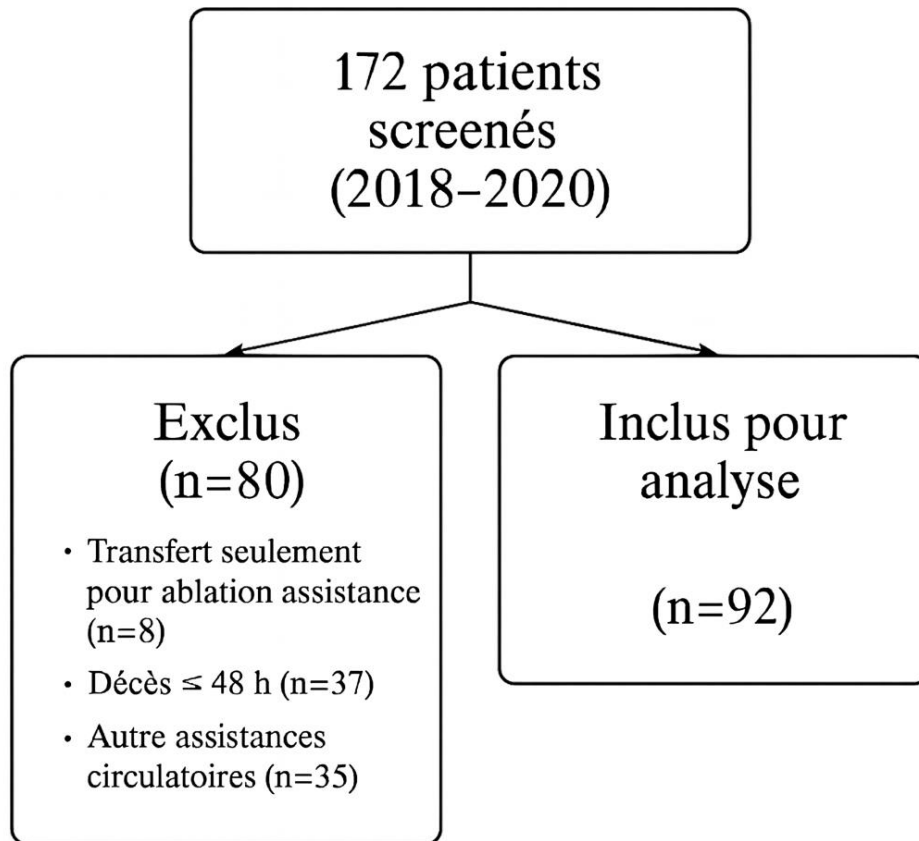


Figure 7 : Flow chart des patients inclus dans la cohorte de validation.

Les caractéristiques de la population sont présentées selon les mêmes modalités que dans la cohorte initiale. (Tableau 4 en annexe)

L'AUC est de **0,827**, témoignant d'une bonne performance discriminative hors échantillon, avec une **sensibilité de 90,2 %** et une **spécificité de 62,7 %** au seuil optimal (21,2 points). Ces résultats confirment l'applicabilité du modèle pour une utilisation clinique.

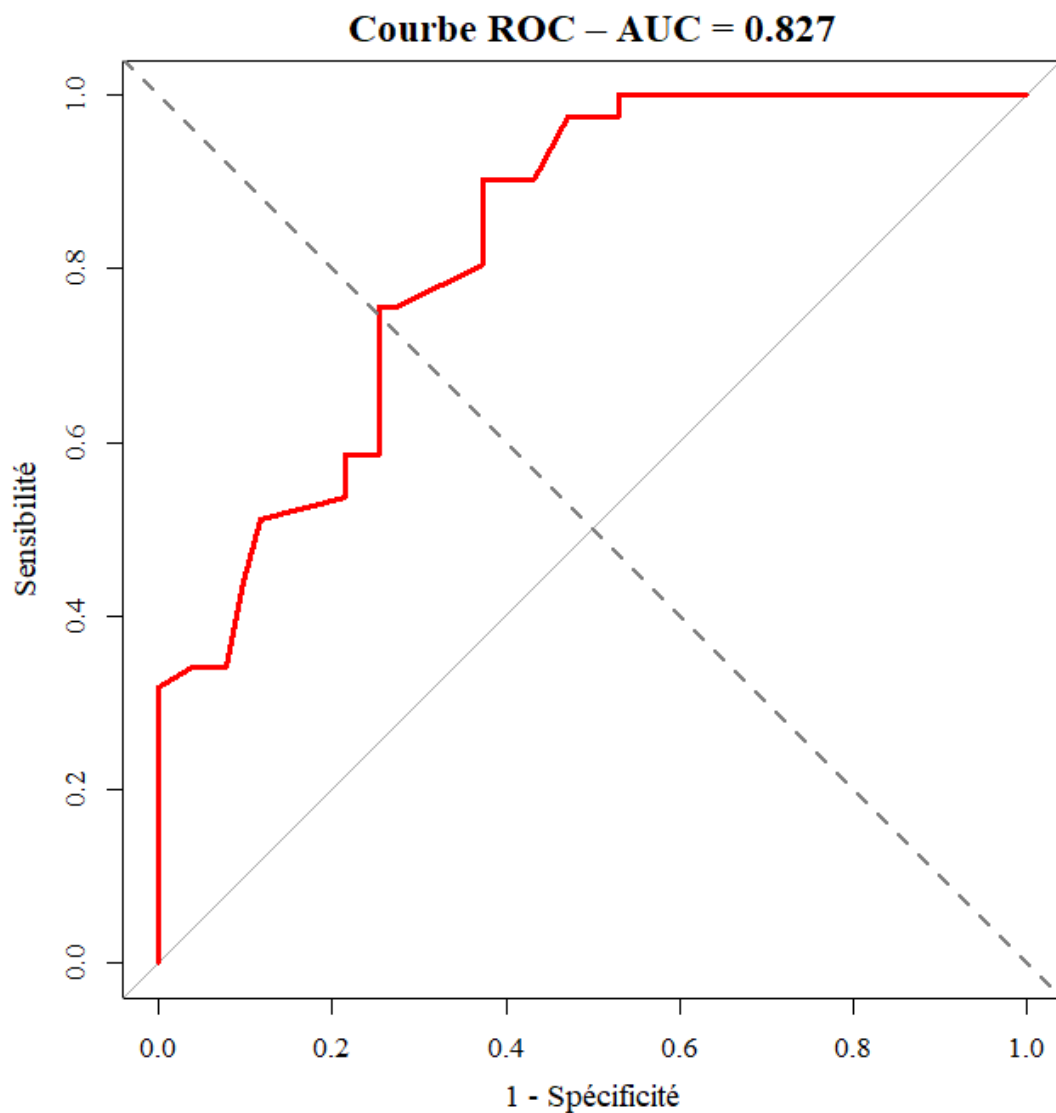


Figure 8 : Courbe ROC du score à points sur une cohorte indépendante

Comparaison entre les deux cohortes

Une comparaison des proportions de récupération myocardique entre les deux cohortes a été réalisée à l'aide d'un test du χ^2 de Pearson. La cohorte initiale comptait 50 survivants sur 232 patients (21,5 %), tandis que la cohorte B comptait 41 survivants sur 92 patients (44,5 %). Le test du χ^2 a révélé une différence statistiquement significative entre les deux groupes ($\chi^2 (1) = 17,4$; $p < 0,0001$), indiquant une proportion de survivants significativement plus élevée dans la cohorte de validation.

<i>Cohorte</i>	<i>Sensibilité</i>	<i>Spécificité</i>	<i>Prévalence</i>	<i>VPP</i>	<i>VPN</i>
Tours	98%	90%	21.5%	73%	99%
HEGP	90%	62%	44.5%	66%	89%

Tableau 5 : Comparaison de la sensibilité, spécificité, valeur prédictive positive et de la valeur prédictive négative entre les deux cohortes du CHRU de Tours et de l'HEGP

Discussion

Entre 2009 et 2024, 232 patients sous ECMO VA pris en charge au CHRU de Tours ont été analysés, avec un taux de sevrage réussi de 21,5 % à 30 jours sans nécessité d'assistance ou de transplantation. Notre modèle prédictif de récupération myocardique après ECMO VA, établi sur cette cohorte de patients atteint une AUC de 0,958, avec sensibilité 98 % et spécificité 90,7 % au seuil de Youden (0,17), confirmés par bootstrap et validation croisée. Le score à points construit sur ces coefficients couvre de 5 à 97, avec un cut-off à 26 points (Sensibilité = 98 %, Spécificité = 91 %). Enfin, la validation externe sur 92 patients indépendants donne une AUC de 0,827 (Sensibilité = 90,2 %, Spécificité = 62,7 %), démontrant la robustesse et l'applicabilité clinique du score.

Plusieurs travaux, publiés antérieurement à notre étude, se sont attachés à identifier les facteurs en lien avec la réussite (ou l'échec) du sevrage d'une ECMO VA. Ainsi une revue récente de la littérature montre qu'un paramètre biologique (Lactatémie) et des paramètres échographiques validés (FEVG et ITV sous aortique) sont fortement associés à la réussite du sevrage, ce que confirme les résultats de notre étude. (27) D'autres études ont pu pousser plus en avant les résultats obtenus et proposer des scores prédictifs de réussite ou d'échec de sevrage d'ECMO VA, comme les scores AMI-ECMO et ENCOURAGE. (28) (21) Cependant, ces scores s'intéressent principalement à la mortalité et à la prédiction de la survie des patients implantés d'une ECMO en prenant comme critère de jugement principal la sortie de réanimation ou le retrait de l'assistance sans considérer la récupération myocardique en elle-même.

Suzuki et al ont, de leur côté, proposé un score prédictif du succès de sevrage de l'ECMO VA basé sur un travail rétrospectif avec 114 patients implantés ayant présenté un état de choc cardiogénique (29). Dans ce travail, le succès de sevrage de l'ECMO VA est défini comme le sevrage de l'assistance cardiaque sans réimplantation de support mécanique ainsi que la survie en sortie d'hospitalisation. La position de la transplantation cardiaque n'est malheureusement pas abordée dans la définition du critère de jugement principal ne permettant pas de savoir si les patients sevrés avec succès ont eu recours à cette dernière. Les principaux facteurs d'échec de sevrage identifiés après régression logistique sont l'infarctus du myocarde (OR = 0.124), le taux de lactates (OR = 0.725), la durée du QRS (OR = 0.93) tandis que le maintien d'une pression artérielle moyenne élevée (OR = 1.064) et la fraction d'éjection ventriculaire gauche (OR = 1.14) ont été identifiés comme facteurs protecteurs. Le score final inclut les 5 variables précédentes sachant que la PAM est à la limite de la significativité. La performance du score

montre une AUC 0.829 après validation par bootstrap sur la cohorte unique. Cette étude retrouve donc deux variables similaires (Lactatémie et FEVG) à celles utilisées dans notre modèle prédictif. Mais contrairement à notre étude, le score ici proposé n'a pas été validé sur une cohorte externe. Enfin, l'étude de Dettling et al., publiée en 2025 a évalué de façon rétrospective, multicentrique sur 675 patients implantés par ECMO VA, les paramètres associés à l'échec de sevrage de l'assistance. L'analyse avec régression logistique multivariée a montré que l'âge (OR 1.49, intervalle de confiance à 95% 1.25–1.76 ; $p<0.001$), et l'arrêt cardiaque pré implantation (OR 1.64, intervalle de confiance à 95% 1.01–2.64 ; $p=0.04$) sont des facteurs de risque d'échec. La clairance du lactate dans les premières 24h est associée comme dans notre étude à un sevrage réussi (OR 0.21, intervalle de confiance à 95% 0.1–0.44 ; $p<0.001$). La mortalité intra hospitalière est majorée avec l'âge avancé (OR 1.56, intervalle de confiance à 95% 1.24–1.97 ; $p<0.001$), la nécessité d'épuration extra rénale (OR 2.56, intervalle de confiance à 95% 1.4–4.68 ; $p=0.002$) et les complications hémorragiques (OR 2.93, intervalle de confiance à 95% 1.4–6.14 ; $p=0.004$). (30)

L'ensemble de ces études ont cherché à identifier les critères de réussite de sevrage de l'ECMO VA. Cependant elles intègrent dans la réussite de sevrage les patients ayant été transplantés cardiaques et/ou les patients implantés d'un LVAD. Ce choix nous semble discutable car le profil biologique, hémodynamique et échocardiographique, et son évolution dans le temps, des patients sevrés d'ECMO VA grâce à la récupération d'une activité myocardique compatible avec la vie est différent de celui des patients transplantés ou implantés d'un LVAD. En effet, c'est l'absence de récupération myocardique qui oriente ces derniers vers les solutions de transplantation cardiaque et/ou de LVAD. L'intérêt d'un score de prédiction de récupération myocardique des patients sous ECMO VA, plutôt qu'un score de sevrage de l'ECMO VA, serait de permettre d'orienter précocement les patients dans le parcours de soins le mieux adapté. C'est dans cet objectif que nous avons réalisé ce travail.

L'âge n'a pas été intégré dans notre score final, malgré la pertinence clinique, au vu de l'absence de significativité et de la baisse des performances du modèle prédictif. Les paramètres échographiques ressortent comme des prédicteurs puissants dans notre étude, ce qui concorde avec les revues systématiques récentes. (18) La FEVG à 48h $> 20\%$ a été évaluée par méthode visuelle ou par Simpson biplan. La fonction ventriculaire droite à 48-72h est un prédicteur associé au sevrage de l'ECMO VA, mais les données très hétérogènes lors du recueil des données ont limité la valeur statistique associée (Onde S, TAPSE, PAPs, simple impression clinique visuelle...). L'ITV sous aortique la plus élevée a été sélectionné jusqu'à 5 jours après

implantation de l'assistance par ECMO VA. Le sepsis et le choc septique ont été définis selon la troisième conférence de consensus internationale. (31)

Une comparaison des proportions des sevrages réussis entre les deux cohortes a été réalisée à l'aide d'un test du χ^2 de Pearson. La cohorte initiale comptait 50 survivants sur 232 patients (21,5 %), tandis que la cohorte B comptait 41 survivants sur 92 patients (44,5 %). Le test du χ^2 a révélé une différence statistiquement significative entre les deux groupes ($\chi^2(1) = 17,4$; $p < 0,0001$), indiquant une proportion de survivants significativement plus élevée dans la cohorte de validation.

La différence d'effectif et de durée de recueil entre les cohortes avec l'inclusion de patients dans les premières années de l'utilisation de cette technique au CHRU de Tours où les complications étaient plus importantes peut expliquer la différence du taux de sevrage réussi.

Un effet « centre expert » est mis en évidence avec une amélioration de la survie des patients implantés d'une ECMO VA corrélée avec le volume d'assistances circulatoires implantées annuellement. (32)

La cohorte de validation à l'HEGP comporte une proportion plus importante de patients assistés pour des arrêts cardiaques réfractaires rendu possible par le maillage territorial et les filières de soins/transport en ile de France. Une majorité de ces patients décédant dans les premières 48h ont été exclus de notre analyse (37 patients sur 172), ce qui a pu artificiellement augmenter le taux de succès de sevrage de cette cohorte. L'étude rétrospective de Chambrun et al., portant sur 94 patients inclus après implantation d'une ECMO VA en post arrêt cardiaque rapporte un taux de survie à un an de 27%. (33)

Les patients implantés pour dysfonction primaire de greffon étaient également plus nombreux dans la cohorte de validation (28% versus 4%). Une analyse rétrospective de 29 patients implantés d'une ECMO VA pour dysfonction primaire de greffon par Hou et al rapporte un taux de sevrage de 65.5% (19 patients) avec une mortalité intra hospitalière totale de 55.2%. (34)

Notre travail, présente plusieurs points forts méthodologiques et cliniques. Tout d'abord, la taille de la cohorte incluse ($n = 232$) sur une période de 15 ans constitue un échantillon conséquent permettant une analyse robuste des facteurs associés au sevrage réussi de l'ECMO VA. L'approche longitudinale, bien que rétrospective, offre une vision complète de l'évolution des pratiques et des profils de patients pris en charge.

Deuxièmement, le critère de jugement principal, à savoir la survie à 30 jours sans recours à une transplantation cardiaque, à une assistance de longue durée (type LVAD) ni à une réimplantation d'ECMO, est cliniquement pertinent. Il permet de distinguer les patients ayant véritablement récupéré une fonction myocardique adaptée.

Troisièmement, la rigueur méthodologique adoptée est notable. La sélection des variables via régression logistique avec critère d'Akaike (AIC), l'évaluation de la discrimination par l'AUC (0,958 dans la cohorte initiale), la calibration (test de Hosmer–Lemeshow, courbe de calibration), ainsi que la validation interne (bootstrap, validation croisée) assurent la solidité du modèle prédictif. De plus, la création d'un score à points dérivé du modèle multivarié, est facilement calculable en pratique clinique. Ce score, allant de 5 à 97, permet une estimation rapide de la probabilité de succès du sevrage pour un patient donné. Sa performance discriminante, confirmée par une validation externe indépendante sur 92 patients, renforce son applicabilité. Enfin, les variables sélectionnées pour le score sont facilement accessibles en pratique clinique : paramètres échographiques simples (FEVG, ITV), données biologiques précoces (lactatémie), et critères cliniques facilement objectivables (sepsis, support vasopresseur).

Malgré ces atouts, notre étude présente certaines limites inhérentes à sa conception. Le caractère rétrospectif et monocentrique de la cohorte du CHRU de Tours expose l'étude à un risque de biais de sélection et de classement. En particulier, le recueil des données échographiques (FEVG, fonction VD) a été réalisé dans des conditions cliniques hétérogènes, avec une variabilité inter opérateur et intra opérateur possible, notamment en ce qui concerne la méthode d'évaluation (impression visuelle vs Simpson biplan).

Ensuite, l'absence d'intégration de certaines variables cliniques reconnues comme pronostiques dans d'autres études notamment l'âge, les complications hémorragiques, ou la nécessité d'épuration extrarénale peut limiter la portée du modèle. Ces facteurs ont pourtant été identifiés dans plusieurs publications comme significativement associés à l'échec du sevrage ou à la mortalité hospitalière. Leur exclusion ici résulte soit d'une absence de significativité en analyse multivariée, soit de contraintes liées à la complétude des données. Une erreur liée à l'imputation de données manquantes doit également être considérée.

Par ailleurs, l'étude couvre une période de plus de 15 ans (2009–2024) durant laquelle les indications, les techniques de canulation, les protocoles de sevrage et les équipements ont

considérablement évolué. Cette hétérogénéité temporelle peut introduire un biais de confusion historique non ajusté, affectant potentiellement l'interprétation des résultats.

La cohorte de validation externe, bien que précieuse, présente-t-elle aussi certaines limites. Une proportion importante de patients a été exclue en raison d'un décès précoce ou de l'utilisation d'une autre modalité d'assistance, réduisant l'échantillon analysable à 92 sujets. De plus, cette cohorte diffère de la cohorte du CHRU de Tours par plusieurs aspects : proportion plus importante d'ECPR, recours plus fréquent à l'assistance en post-greffe, organisation territoriale spécifique en Île-de-France. Ces différences peuvent affecter la comparabilité directe et introduire un effet centre non contrôlé.

Enfin, le critère de jugement principal repose sur un événement composite (survie sans transplantation, assistance circulatoire de longue durée ou réimplantation d'une ECMO), ce qui, bien que pertinent d'un point de vue clinique, peut masquer des dynamiques cliniques différentes et limiter la comparaison avec d'autres études qui n'excluent pas les patients transplantés ou implantés.

Sur le plan clinique, un score à points offrant une sensibilité de 90 % et une spécificité de 62 % se révèle particulièrement performant pour repérer les patients susceptibles d'être sevrés avec succès sous ECMO VA, au prix d'un nombre modéré de faux positifs. À une prévalence de succès de 45 % comme dans notre cohorte de validation, sa valeur prédictive positive (VPP) atteint environ 64 %, ce qui signifie que près de deux patients sur trois identifiés par le score comme « à haut potentiel de sevrage » réussiront effectivement. Sa valeur prédictive négative (VPN) de 88 % garantit en outre qu'une prédiction « d'échec » est fiable dans la grande majorité des cas. En pratique, ce score peut donc être utilisé comme outil de « dépistage » : un patient dont le score dépasse le seuil optimal pourrait bénéficier d'une préparation intensive au sevrage, tandis qu'un score plus bas invite à différer la tentative. Pour limiter les faux positifs ($\approx 36\%$ des prédictions « succès » restent erronées), il serait judicieux d'associer ce score à un test clinique complémentaire comme une épreuve de sevrage robuste type « PCRT ». Les données actuelles sont en faveur de la limitation de la durée d'assistance par ECMO VA afin d'améliorer le taux de sevrage. (35)

En conclusion, nous avons construit et validé un score de sevrage de l'ECMO VA fondé sur cinq paramètres cliniques et échocardiographiques, démontrant une très bonne discrimination ($AUC = 0,96$ en interne, $0,83$ en externe) et une bonne calibration. Ce score, allant de 5 à 97, permet d'estimer rapidement la probabilité de succès du sevrage et d'orienter la prise en charge

en temps réel. Sa sensibilité élevée (98 % en interne, 90 % en externe) en fait un outil fiable pour repérer les candidats au sevrage, tandis que sa spécificité modérée invite à un second examen complémentaire avant décision. La validation interne et externe sur une cohorte indépendante confirme sa robustesse et sa généralisabilité. Enfin, une application clinique simple en Excel ou en outil mobile peut standardiser et simplifier l'utilisation du score.

L'évaluation du score sur une cohorte prospective permettrait de renforcer la fiabilité du modèle prédictif en intégrant éventuellement d'autres variables pertinentes, ainsi qu'en effectuant un recueil de données cliniques, échographiques et biologiques de manière standardisée et contrôlée.

Bibliographie

1. Disponible sur: <https://sofia.medicalistes.fr/spip/IMG/pdf/assistances-circulatoires-ce-que-doit-savoir-tout-anesthesiste-reanimateur--23-amour-1442412039.pdf>
2. Featherstone PJ, Ball CM. The Early History of Extracorporeal Membrane Oxygenation. *Anaesth Intensive Care*. 1 nov 2018;46(6):555-7.
3. Lorusso R, Shekar K, MacLaren G, Schmidt M, Pellegrino V, Meyns B, et al. ELSO Interim Guidelines for Venous-Arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation in Adult Cardiac Patients. *ASAIO J*. août 2021;67(8):827.
4. Illum B, Odish M, Minokadeh A, Yi C, Owens RL, Pollema T, et al. Evaluation, Treatment, and Impact of Neurologic Injury in Adult Patients on Extracorporeal Membrane Oxygenation: a Review. *Curr Treat Options Neurol*. 31 mars 2021;23(5):15.
5. Badulak J, Abrams D, Luks AM, Zakhary B, Conrad SA, Bartlett R, et al. Position paper on the physiology and nomenclature of dual circulation during venous-Arterial ECMO in adults. *Intensive Care Med*. 1 déc 2024;50(12):1994-2004.
6. Lavonas EJ, Akpunonu PD, Arens AM, Babu KM, Cao D, Hoffman RS, et al. 2023 American Heart Association Focused Update on the Management of Patients With Cardiac Arrest or Life-Threatening Toxicity Due to Poisoning: An Update to the American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation*. 17 oct 2023;148(16):e149-84.
7. Byrne RA, Rossello X, Coughlan JJ, Barbato E, Berry C, Chieffo A, et al. 2023 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes: Developed by the task force on the management of acute coronary syndromes of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J*. 7 oct 2023;44(38):3720-826.
8. Ferrell BE, Thomas J, Skendelas JP, Uehara M, Sugiura T. Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation-Where Do We Currently Stand? *Biomedicines*. 15 janv 2025;13(1):204.
9. Coco VL, Lorusso R, Raffa GM, Malvindi PG, Pilato M, Martucci G, et al. Clinical complications during venous-Arterial extracorporeal membrane oxygenation in post-cardiotomy and non post-cardiotomy shock: still the achille's heel. *J Thorac Dis [Internet]*. déc 2018 [cité 27 mai 2025];10(12). Disponible sur: <https://jtd.amegroups.org/article/view/25667>
10. Davies RR, Farr M, Silvestry S, Callahan LR, Edwards L, Meyer DM, et al. The new United States heart allocation policy: Progress through collaborative revision. *J Heart Lung Transplant*. 1 juin 2017;36(6):595-6.
11. Son YJ, Hyun Park S, Lee Y, Lee HJ. Prevalence and risk factors for in-hospital mortality of adult patients on venous-Arterial extracorporeal membrane oxygenation for cardiogenic shock and cardiac arrest: A systematic review and *meta-analysis*. *Intensive Crit Care Nurs*. 1 déc 2024;85:103756.
12. Huang C. The Survival Outcomes of Patients Requiring Prolonged Mechanical Ventilation. *Medicina (Mex)*. mars 2023;59(3):614.

13. Elseviers MM, Lins RL, Van der Niepen P, Hoste E, Malbrain ML, Damas P, et al. Renal replacement therapy is an independent risk factor for mortality in critically ill patients with acute kidney injury. *Crit Care*. 1 déc 2010;14(6):R221.
14. Smith M, Vukomanovic A, Brodie D, Thiagarajan R, Rycus P, Buscher H. Duration of veno-arterial extracorporeal life support (VA ECMO) and outcome: an analysis of the Extracorporeal Life Support Organization (ELSO) registry. *Crit Care*. 6 mars 2017;21:45.
15. Pappalardo F, Pieri M, Corada BA, Ajello S, Melisurgo G, Bonis MD, et al. Timing and Strategy for Weaning From Venoarterial ECMO are Complex Issues. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 1 août 2015;29(4):906-11.
16. Ju MH, Lim MH, Lee SY, Lee CH, Je HG. Early experience of pump-controlled retrograde trial off for weaning from veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation in adult patients with cardiogenic shock. *Perfusion*. 1 mai 2021;36(4):401-6.
17. Aissaoui N, Luyt CE, Leprince P, Trouillet JL, Léger P, Pavie A, et al. Predictors of successful extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) weaning after assistance for refractory cardiogenic shock. *Intensive Care Med*. 1 nov 2011;37(11):1738-45.
18. Charbonneau F, Chahinian K, Bebawi E, Laviguer O, Lévesque É, Lamarche Y, et al. Parameters associated with successful weaning of veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation: a systematic review. *Crit Care*. 5 déc 2022;26(1):375.
19. Fried JA, Griffin JM, Masoumi A, Clerkin KJ, Witer LJ, Topkara VK, et al. Predictors of Survival and Ventricular Recovery Following Acute Myocardial Infarction Requiring Extracorporeal Membrane Oxygenation Therapy. *ASAIO J Am Soc Artif Intern Organs* 1992. 1 juin 2022;68(6):800-7.
20. Schmidt M, Burrell A, Roberts L, Bailey M, Sheldrake J, Rycus PT, et al. Predicting survival after ECMO for refractory cardiogenic shock: the survival after veno-arterial-ECMO (SAVE)-score. *Eur Heart J*. 1 sept 2015;36(33):2246-56.
21. Choi KH, Yang JH, Park TK, Lee JM, Song YB, Hahn JY, et al. Risk Prediction Model of In-hospital Mortality in Patients With Myocardial Infarction Treated With Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation. *Rev Espanola Cardiol Engl Ed*. sept 2019;72(9):724-31.
22. Matsumoto M, Asaumi Y, Nakamura Y, Nakatani T, Nagai T, Kanaya T, et al. Clinical determinants of successful weaning from extracorporeal membrane oxygenation in patients with fulminant myocarditis. *ESC Heart Fail*. 2018;5(4):675-84.
23. Early Prediction Model for Successful Bridge to Recovery in Patients With Fulminant Myocarditis Supported With Percutaneous Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation — Insights From the CHANGE PUMP Study — [Internet]. [cité 23 juill 2025]. Disponible sur: https://www.jstage.jst.go.jp/article/circj/82/3/82_CJ-17-0549/_article
24. Morisawa D, Higuchi Y, Iwakura K, Okamura A, Date M, Ohmiya S, et al. Predictive factors for successful weaning from percutaneous cardiopulmonary support in patients with cardiogenic shock complicating acute myocardial infarction. *J Cardiol*. nov 2012;60(5):350-4.

25. Kim D, Jang WJ, Park TK, Cho YH, Choi JO, Jeon ES, et al. Echocardiographic Predictors of Successful Extracorporeal Membrane Oxygenation Weaning After Refractory Cardiogenic Shock. *J Am Soc Echocardiogr*. 1 avr 2021;34(4):414-422.e4.
26. von Elm E, Altman DG, Egger M, Pocock SJ, Gøtzsche PC, Vandenbroucke JP, et al. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. *Lancet Lond Engl*. 20 oct 2007;370(9596):1453-7.
27. Cusanno A, Aissaoui N, Minville V, Porterie J, Biendel C, Volle K, et al. Predictors of weaning failure in case of VA ECMO implantation. *Sci Rep*. 16 août 2022;12(1):13842.
28. Muller G, Flecher E, Lebreton G, Luyt CE, Trouillet JL, Bréchet N, et al. The ENCOURAGE mortality risk score and analysis of long-term outcomes after VA-ECMO for acute myocardial infarction with cardiogenic shock. *Intensive Care Med*. 1 mars 2016;42(3):370-8.
29. Suzuki S, Teraoka N, Ito K, Okuma Y, Kimura K, Minamisawa M, et al. A Novel Predictive Score Model for Successful Weaning From Mechanical Circulatory Support in Patients With Cardiogenic Shock. *J Card Fail*. 1 mai 2025;31(5):791-9.
30. Dettling A, Kellner C, Sundermeyer J, Beer BN, Besch L, Bertoldi LF, et al. Incidence and predictors of weaning failure from veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation therapy in patients with cardiogenic shock. *Eur J Heart Fail*. mai 2025;27(5):832-41.
31. Singer M, Deutschman CS, Seymour CW, Shankar-Hari M, Annane D, Bauer M, et al. The Third International Consensus Definitions for Sepsis and Septic Shock (Sepsis-3). *JAMA*. 23 févr 2016;315(8):801-10.
32. Becher PM, Goßling A, Schrage B, Twerenbold R, Fluschnik N, Seiffert M, et al. Procedural volume and outcomes in patients undergoing VA-ECMO support. *Crit Care*. 5 juin 2020;24(1):291.
33. de Chambrun MP, Bréchet N, Lebreton G, Schmidt M, Hekimian G, Demondion P, et al. Venoarterial extracorporeal membrane oxygenation for refractory cardiogenic shock post-cardiac arrest. *Intensive Care Med*. 1 déc 2016;42(12):1999-2007.
34. Hou J yi, Li X, Yang S guo, Zheng J li, Ma J fei, Su Y, et al. Veno-Arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation for Patients Undergoing Heart Transplantation: A 7-Year Experience. *Front Med*. 16 déc 2021;8:774644.
35. Suzuki S, Ito K, Teraoka N, Okuma Y, Kimura K, Minamisawa M, et al. Treatment time limit for successful weaning from veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation in cardiogenic shock. *ESC Heart Fail*. 11 juill 2024;11(6):3767-74.

Annexes

Variable testée	Odds ratio	Intervalle de confiance bas	Intervalle de confiance haut	p
<i>Lactates > 2.5</i>	0,17775996	0,0700659	0,3928798	6,82349E-05
<i>Vasopresseurs</i>	0,07235142	0,02829933	0,1612726	2,0334E-09
<i>FEVG à 48h</i>	45,03947293	19,35405622	117,1713479	6,40272E-17
<i>ITV > 9.5 cm</i>	132	37,94167743	837,0914445	7,65247E-11
<i>Fonction VD à 48h</i>	25,125	10,261138	75,8309108	1,18645E-10
<i>Epuration extra rénale</i>	0,5203252	0,22395594	1,1020772	0,1043799
<i>Age > 55 ans</i>	0,72796935	0,38100948	1,3676257	0,3279911
<i>Sexe masculin</i>	0,60050783	0,30731413	1,2000763	0,1402693
<i>Cardiopathie dilatée</i>	0,35699714	0,13986146	0,7969714	0,01862927
<i>Post cardiectomie</i>	1,374613	0,63118884	2,8513407	0,404723
<i>TP < 50%</i>	0,71417883	0,37880298	1,3369766	0,2934479
<i>Sepsis / Choc septique</i>	0,4679803	0,23354596	0,900998	0,02659101
<i>Dyslipidémie</i>	0,59649123	0,28115945	1,1929785	0,157984

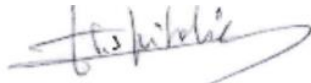
Tableau 2. Résultats univariés obtenus par modèles logistiques isolés : pour chaque variable, l'Odd ratio, son intervalle de confiance à 95 % et la p-value sont présentés.

Variable	Odds ratio	Intervalle de confiance bas	Intervalle de confiance haut	p
<i>Lactates > 2.5</i>	0,2669502	0,06889357	0,9383662	0,04489624
<i>Vasopresseurs élevés</i>	0,3295668	0,08803072	1,1846009	0,08932062
<i>FEVG à 48h</i>	7,4475047	2,42020716	24,3987706	0,000584096
<i>ITVssAo > 9.5 cm</i>	37,981024	8,70334559	272,9302807	1,59204E-05
<i>Sepsis/Choc septique</i>	0,2681826	0,08181195	0,8101372	0,02291155

Tableau 3. Résultats de l'analyse multivariée obtenue par régression logistique binomiale (sélection forward) : pour chaque variable, l'Odd ratio, son intervalle de confiance à 95 % et la p-value sont présentés.

Variable étudiée	Sevré	Non sevré	Total de la population	SMD
<i>Age</i>	49,5 +/- 15,5	55,6 +/- 12,7	52,9 +/- 14,3	0,84
<i>BMI</i>	25,2 +/- 5,6	24,6 +/- 4	24,9 +/- 4,8	0,12
<i>Diabète</i>	5 (12,2%)	11 (21,6%)	16 (17,4%)	0,248
<i>Hypertension artérielle</i>	13 (31,7%)	14 (27,4%)	27 (29,3%)	0,094
<i>Tabagisme > 5 PA</i>	14 (34,1%)	20 (39,2%)	34 (37%)	0,105
<i>Dyslipidémie</i>	11 (26,8%)	15 (29,4%)	26 (28,2%)	0,057
<i>Insuffisance rénale chronique</i>	10 (24,4%)	5 (9,8%)	15 (16,3%)	0,4
<i>Post cardiectomie *</i>	24 (58,5%)	13 (25%)	37 (40,2%)	0,721
<i>Défaillance de greffon</i>	19 (46,3%)	7 (13,7%)	26 (28,2%)	0,77
<i>Insuffisance cardiaque terminale</i>	0 (0%)	15 (29,4%)	15 (29,4%)	0,859
<i>Post arrêt cardiaque</i>	11 (26,8%)	20 (39,2%)	31 (33,7%)	0,262
<i>Origine ischémique</i>	5 (12,2%)	16 (31,4%)	21 (22,8%)	0,466
<i>Autres causes (Thyréotoxémie; Tako-Tsubo, Embolie pulmonaire, Hypothermie)</i>	9 (22%)	8 (15,7%)	17 (18,4%)	0,161
<i>Canulation percutanée</i>	31 (75,6%)	39 (76,4%)	70 (76%)	0,019
<i>Ballon de contre pulsion intra aortique ** 4 DC</i>	4 (9,7%)	16 (31%)	20 (21,7%)	0,532
<i>Taux élevé de vasopresseurs</i>	9 (22%)	35 (68,6%)	44 (47,8%)	1,044
<i>Lactates à 24h en mmol/l</i>	2,4 +/- 1,4	4,38 +/- 3,9	3,5 +/- 3,2	0,68
<i>ASAT à 48h</i>	109 (121)	246 (1280)	133 (382)	NA
<i>FEVG > 20% à 48h</i>	33 (80,5%)	11 (21,6%)	44 (47,8%)	1,443
<i>ITV > 9,5 dans les 5 premiers jours</i>	38 (92,7%)	17 (33%)	55 (59,8%)	1,514
<i>Fonction ventriculaire droite à 48-72 heures</i>	25 (61%)	20 (39,2%)	45 (49%)	0,443
<i>Épuration extra rénale</i>	25 (61%)	29 (56,8%)	54 (58,7%)	0,085
<i>Nombre de PSL transfusés à J5</i>	15,1 +/- 12	12,7 +/- 16	13,8 +/- 14,7	0,16
<i>Sepsis ou choc septique</i>	23 (56%)	34 (66,6%)	57 (62%)	0,218
<i>IGS2</i>	54 +/- 13,9	53,3 +/- 20,3	53,6 +/- 17,8	0,04

Tableau 4 : Caractéristiques de la population (cohorte de validation) Les différences éventuelles sont exprimées à l'aide de la « Standardized mean difference ». * (Données manquantes ne permettant pas de détailler les indications complètes de canulation) ** (DC = Décharge centrale)



Pr. Fabien ESPITALIER
Service Anesthésie Réanimations 2
CHRU Trousseau
37044 Tours Cedex 9
N° RPPS 10004392816

Vu, le Directeur de Thèse

**Vu, le Doyen
De la Faculté de Médecine de Tours
Tours, le**

GOEPFERT Raphaël

49 pages – 5 tableaux – 8 figures

Résumé :

Introduction

L'oxygénation par membrane extracorporelle veino-artérielle (ECMO VA) est une technique d'assistance circulatoire temporaire utilisée dans les cas de défaillance cardiaque aiguë, notamment en contexte de choc cardiogénique ou d'arrêt cardiaque réfractaire. Malgré ses bénéfices cliniques, elle reste associée à un taux élevé de complications et à une incertitude quant aux modalités optimales de sevrage. L'absence de critères standardisés de sevrage justifie le développement d'outils prédictifs robustes.

Matériel et méthodes

Ce travail s'appuie sur une étude rétrospective monocentrique menée au CHRU de Tours entre 2009 et 2024, incluant 232 patients adultes ayant bénéficié d'une ECMO VA. L'objectif était de construire un score clinique de prédiction du succès du sevrage (défini comme une survie à 30 jours sans transplantation, réimplantation ni assistance longue durée). Une cohorte externe de 177 patients inclus à l'Hôpital Européen Georges Pompidou (APHP) a servi à la validation.

Résultats

L'analyse statistique a reposé sur une régression logistique multivariée, intégrant des données cliniques, biologiques et échographiques. Cinq variables ont été identifiées comme prédictives : vitesse sous-aortique > 9,5 cm, FEVG > 20 % à 48h, absence de sepsis, lactates < 2,5 mmol/L, et absence de support vasopresseur élevé. Le modèle présente d'excellentes performances discriminantes (AUC = 0,958), une calibration adéquate, et a été validé par bootstrap et cross-validation. En validation externe, le score conserve une bonne capacité discriminative (AUC = 0,827) avec une sensibilité de 90,2 %, en faisant un outil fiable pour orienter le sevrage.

Discussion

Ces résultats suggèrent que ce score pourrait améliorer la prise de décision en réanimation, en aidant à identifier précocement les patients éligibles à un sevrage réussi, et en évitant les stratégies prolongées ou inappropriées. Une généralisation à plus large échelle et une validation prospective sont souhaitables pour confirmer son utilité clinique.

Mots clés : Score sevrage ECMO VA ; ECMO VA ; modèle prédictif sevrage ECMO VA

Jury :

Président du Jury : Professeur Antoine GUILLON
Directeur de thèse : Professeur Fabien ESPITALIER
Membres du Jury : Docteure Hélène NOUGUE
Docteur Thomas GARREAU
Docteur Théo NORMAND

Date de soutenance : 04/09/2025