

Évaluation de la performance diagnostique d'un appareil de surveillance hémodynamique utilisant la technique du contour de l'onde de pouls dans les unités de soins intensifs

Rapport d'évaluation 02-16

Unité d'évaluation des technologies
et des modes d'intervention en santé
(UETMIS)

FÉVRIER 2016

Évaluation de la performance diagnostique d'un appareil de surveillance hémodynamique utilisant la
technique du contour de l'onde de pouls dans les unités de soins intensifs

Rapport d'évaluation

02-16

préparé par

Renée Drolet, Ph.D.
Sylvain L'Espérance, Ph.D.
Martin Coulombe, M.Sc. M.A.P.
Marc Rhinds, M.D., M. Sc. FRCPC

UETMIS, CHU de Québec – Université Laval

FÉVRIER 2016

Direction de l'évaluation, de la qualité, de l'éthique,
de la planification et des affaires juridiques
(DEQEPAJ)

www.chuq.qc.ca/fr/evaluation

Le contenu de cette publication a été rédigé et édité par l'Unité d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (UETMIS) du CHU de Québec – Université Laval.

COORDINATION

Dr Marc Rhainds, cogestionnaire médical et scientifique, UETMIS

M. Martin Coulombe, adjoint au directeur – module Évaluation et expérience patient, Direction de l'évaluation, de la qualité de l'éthique, de la planification et des affaires juridiques (DEQEPAJ)

SECRÉTARIAT ET MISE EN PAGE

M^{me} Francine Daudelin, technicienne en administration, module Évaluation et expérience patient, DEQEPAJ

Pour se renseigner sur cette publication ou toute autre activité de l'UETMIS, s'adresser à :

Unité d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé

Hôpital Saint-François d'Assise du CHU de Québec – Université Laval

10, rue de l'Espinay

Québec (Québec) G1L 3L5

Téléphone : 418 525-4444 poste 54682

Courriel : francine.daudelin@chuq.qc.ca

Comment citer ce document :

Unité d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (UETMIS) du CHU de Québec – Université Laval. Évaluation de la performance diagnostique d'un appareil de surveillance hémodynamique utilisant la technique du contour de l'onde de pouls dans les unités de soins intensifs, rapport d'évaluation préparé par Renée Drolet, Sylvain L'Espérance, Martin Coulombe et Marc Rhainds (UETMIS 02-16) Québec, Février 2016, XIII-44 p.

Dans ce document, l'emploi du masculin pour désigner des personnes n'a d'autres fins que celle d'alléger le texte.

Les photos et images utilisées dans ce document sont libres de droits d'auteur.

Copyright © 2016 UETMIS - CHU de Québec – Université Laval.

La reproduction totale ou partielle de ce document est autorisée à des fins non commerciales, à condition que la source soit mentionnée.

MEMBRES DU GROUPE DE TRAVAIL

Dr Jean-Claude Lefebvre, interniste-intensiviste, HEJ, L'HDQ

M. Gaétan Prévost, Directeur-clientèle – Soins intensifs, traumatologie et neurosciences

Dr Jean-François Savard, anesthésiologiste-intensiviste, HEJ

Dr François Thiboutot, anesthésiologiste-intensiviste, L'HDQ

FINANCEMENT

Ce projet a été financé à même le budget de fonctionnement de l'UETMIS.

AVANT-PROPOS

L'UETMIS du CHU de Québec – Université Laval a pour mission de soutenir et de conseiller les décideurs (gestionnaires, médecins et professionnels) dans la prise de décision relative à la meilleure allocation de ressources visant l'implantation d'une technologie ou d'un mode d'intervention en santé ou la révision d'une pratique existante.

LE CONSEIL SCIENTIFIQUE DE L'UETMIS

Dr Stéphane Bergeron, directeur adjoint, Direction des services professionnels
M^{me} Katia Boivin, Conseil multidisciplinaire
Vacant, Comité des usagers
M^{me} Christine Danjou, Direction des soins infirmiers
D^{re} Anne Desjardins, microbiologiste-infectiologue, Programme de prévention et contrôle des infections
M^{me} Marie-Pierre Gagnon, chercheure de l'Axe Santé des populations et pratiques optimales en santé
M^{me} Martine Lachance, directrice, Direction clientèle - Médecine
D^{re} Isabelle Marc, Conseil des médecins, dentistes et pharmaciens
M. Luc Ménard, Conseil des infirmières et des infirmiers
M^{me} Marie-Claude Michel, pharmacienne coordonnatrice du Programme de gestion thérapeutique des médicaments
M^{me} Michèle Ricard, adjointe au directeur, module Qualité, sécurité et gestion des risques, DEQEPAJ
M^{me} Karen Samson, Service-conseil de génie biomédical
M. Stéphane Tremblay, adjoint à la directrice, Direction des services multidisciplinaires

L'ÉQUIPE DE L'UETMIS

M^{me} Geneviève Asselin, agente de recherche
M. Martin Bussièrès, agent de recherche
M. Sylvain Bussièrès, agent de recherche
M. Martin Coulombe, adjoint au directeur – module Évaluation et expérience patient, DEQEPAJ
M^{me} Francine Daudelin, technicienne en administration
M^{me} Renée Drolet, agente de recherche
M^{me} Brigitte Larocque, agente de recherche
M. Sylvain L'Espérance, agent de recherche
D^{re} Alice Nourissat, médecin-conseil en ETMIS
Dr Marc Rhainds, cogestionnaire médical et scientifique des activités d'ETMIS

Ce document présente les informations répertoriées au 3 novembre 2015 pour le volet de la performance diagnostique selon la méthodologie de recherche documentaire développée. Ces informations ne remplacent pas le jugement du clinicien. Elles ne constituent pas une approbation ou un désaveu du mode d'intervention ou de l'utilisation de la technologie en cause.

Ce document n'engage d'aucune façon la responsabilité du CHU de Québec – Université Laval, de son personnel et des professionnels à l'égard des informations transmises. En conséquence, les auteurs, le CHU de Québec – Université Laval, les membres du groupe de travail de même que les membres du Conseil scientifique de l'UETMIS ne pourront être tenus responsables en aucun cas de tout dommage de quelque nature que ce soit au regard de l'utilisation ou de l'interprétation de ces informations.

DIVULGATION DE CONFLITS D'INTÉRÊTS

Aucun conflit d'intérêts n'a été rapporté.

SOMMAIRE

La volémie est un des éléments essentiels à considérer dans l'équilibre hémodynamique de l'organisme. L'hypovolémie ou l'hypervolémie, qui représentent des variations du volume de sang, sont des situations fréquentes aux soins intensifs qui doivent être rapidement reconnues et traitées afin de réduire le risque de complications chez les patients. La mesure du débit cardiaque est un paramètre utile pour estimer la volémie. Des méthodes moins invasives de surveillance hémodynamique du débit cardiaque sont maintenant disponibles. L'Unité d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (UETMIS) du CHU de Québec – Université Laval a été sollicitée par la Direction clientèle - Soins intensifs, traumatologie et neurosciences afin d'évaluer la performance des appareils semi-invasifs utilisant la technique du contour de l'onde de pouls pour la surveillance hémodynamique chez les personnes en phase critique admises aux soins intensifs. En accord avec les membres du groupe de travail, la présente démarche a porté sur l'évaluation de la performance diagnostique de l'appareil PiCCO®. Selon l'état actuel des connaissances, les études sur la performance diagnostique du système de surveillance PiCCO® ne permettent pas de statuer sur la performance ou la non-performance diagnostique de ce type de système de surveillance hémodynamique. Plusieurs limites méthodologiques et conceptuelles ont été relevées dans la littérature répertoriée. De plus, plusieurs lacunes sont également observables dans les études répertoriées au regard des résultats portant sur la précision et l'exactitude de ce type d'appareil. Plusieurs questions demeurent pour le moment sans réponse quant à l'utilité clinique de ces appareils dans les milieux de soins et en particulier pour les patients de soins intensifs en instabilité hémodynamique. L'UETMIS ne recommande pas d'introduire en pratique clinique l'utilisation d'appareils semi-invasifs de surveillance hémodynamique utilisant l'analyse de la mesure du contour de l'onde de pouls. Toutefois, considérant les moyens limités disponibles aux soins intensifs pour juger de la perfusion tissulaire et de l'intérêt clinique pour la surveillance en continu de certains paramètres hémodynamiques, l'UETMIS considère que cette technologie diagnostique devrait faire l'objet au CHU de Québec – Université Laval d'un projet d'évaluation terrain avec développement de la preuve, et ce, en particulier pour la clientèle en phase critique aux soins intensifs. Pour ce faire, l'amélioration au CHU de Québec – Université Laval de la structure de recherche clinique et d'évaluation terrain pour offrir un meilleur accompagnement aux cliniciens non chercheurs serait souhaitable, de même que le développement de bases de données plus performantes pour soutenir la réalisation de tels projets.

LISTE DES ABRÉVIATIONS ET SIGLES

ECR	Essai clinique randomisé
PAP	Pression artérielle pulmonaire
PAPo	Pression artérielle pulmonaire d'occlusion
PPV	Variation de la pression artérielle pulsée
SvO2	Saturation en oxygène du sang veineux
SVV	Variation du débit systolique
TDAP	Thermodilution artérielle pulmonaire intermittente
TDTP	Thermodilution transpulmonaire
USI	Unité de soins intensifs

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS.....	IV
SOMMAIRE	V
LISTE DES ABRÉVIATIONS ET SIGLES.....	VI
TABLE DES MATIÈRES	VII
LISTE DES ANNEXES.....	VIII
RÉSUMÉ.....	IX
1. INTRODUCTION.....	1
2. QUESTIONS DÉCISIONNELLE ET D'ÉVALUATION.....	2
2.1 Question décisionnelle.....	2
2.2 Questions d'évaluation.....	2
3. MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION.....	3
3.1 Évaluation de l'efficacité, de l'innocuité et de la sécurité	3
3.1.1 Recherche documentaire	3
3.1.2 Sélection et évaluation de l'éligibilité des publications	3
3.1.3 Évaluation de la qualité des publications et extraction des données	3
3.1.4 Recadrage du projet.....	4
3.2 Contextualisation	6
3.3 Révision	6
4. INFORMATIONS GÉNÉRALES.....	7
4.1. Techniques de surveillance hémodynamique	7
4.2 La technologie PiCCO®	8
.....	9
4.3 Méthodes d'évaluation de la performance diagnostique d'un équipement médical	9
5. RÉSULTATS.....	12
5.1 PERFORMANCE DIAGNOSTIQUE.....	13
5.1.1 Étude de synthèse	13
5.1.2 Analyse des études originales portant sur la performance diagnostique du système de surveillance PiCCO® utilisé dans un contexte de soins intensifs	14
5.1.3 Étude de cohorte prospective	21
5.2 GUIDE DE PRATIQUE CLINIQUE	21
5.3 ÉTUDES EN COURS OU NON PUBLIÉES.....	22
6. DISCUSSION.....	23
7. RECOMMANDATIONS.....	26
8. CONCLUSION	28
RÉFÉRENCES	42

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1. SITES INTERNET CONSULTÉS POUR LA RECHERCHE DE LA LITTÉRATURE GRISE	29
ANNEXE 2. STRATÉGIES DE RECHERCHE DOCUMENTAIRE DANS LES BASES DE DONNÉES INDEXÉES	31
ANNEXE 3. SITES INTERNET CONSULTÉS POUR LA RECHERCHE DE PROTOCOLES PUBLIÉS	33
ANNEXE 4. LISTE DES PUBLICATIONS EXCLUES ET RAISONS D'EXCLUSION	34
ANNEXE 5. GRAPHIQUES DE <i>BLAND-ALTMAN</i> ÉVALUANT LA CONCORDANCE ENTRE L'ESTIMATION DU DÉBIT CARDIAQUE AVEC LE SYSTÈME DE SURVEILLANCE PICCO® ET CELLE ÉVALUÉE PAR LA MÉTHODE DE THERMODILUTION ARTÉRIELLE PULMONAIRE	39
ANNEXE 6. CARACTÉRISTIQUES DÉMOGRAPHIQUES DES PARTICIPANTS INCLUS DANS L'ÉTUDE D'UCHINO <i>ET AL.</i> (2013) ..	41

RÉSUMÉ

INTRODUCTION

Les variations du volume total de sang circulant (hypovolémie ou hypervolémie) ont une influence sur le retour veineux et, par conséquent, le débit cardiaque. L'hypovolémie ou l'hypervolémie qui en résulte sont des situations fréquentes dans les unités de soins intensifs qui doivent être rapidement reconnues et traitées afin de réduire le risque de complications chez les patients. La surveillance de la volémie est donc un élément essentiel dans la prise en charge des patients dont l'état hémodynamique est instable. Des technologies moins invasives permettant de mesurer en continu le débit cardiaque sont disponibles depuis quelques années sur le marché. L'Unité d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (UETMIS) du CHU de Québec – Université Laval (ci-après CHU de Québec) a été sollicitée par la Direction clientèle - Soins intensifs, traumatologie et neurosciences afin d'évaluer la performance des appareils semi-invasifs de surveillance hémodynamique par l'analyse du contour de l'onde de pouls chez les personnes en phase critique aux soins intensifs.

QUESTION DÉCISIONNELLE

Est-ce que le CHU de Québec devrait se doter d'appareils semi-invasifs de surveillance hémodynamique pour les patients en phase critique hospitalisés dans les unités de soins intensifs?

QUESTIONS D'ÉVALUATION

Étape 1

1. Quelle est la performance diagnostique de l'appareil semi-invasif de surveillance hémodynamique PiCCO® ?

Étape 2

En fonction des résultats de la recherche obtenus à l'étape 1:

2. Quelle est la performance clinique associée à l'utilisation de l'appareil de surveillance hémodynamique PiCCO® chez les personnes admises aux soins intensifs ?
3. Quels sont les risques associés à l'utilisation de l'appareil de surveillance hémodynamique PiCCO® chez les personnes admises aux soins intensifs ?
4. Quelle est la performance diagnostique et clinique reliée à l'utilisation des autres appareils semi-invasifs (LiDCO®, FloTrac®) chez les personnes admises aux soins intensifs?

MÉTHODOLOGIE

Une recension des publications scientifiques a été effectuée à partir de plusieurs bases de données indexées et de la littérature grise. Les sites Internet d'organismes en ETMIS ainsi que ceux d'associations professionnelles ont été consultés afin de rechercher des documents pertinents. Au départ, le projet d'évaluation visait à établir la performance diagnostique et clinique reliée à l'utilisation des appareils semi-invasifs de surveillance hémodynamique (PiCCO®, LiDCO® et FloTrac®) dans des unités de soins critiques. Une première recherche documentaire axée sur les études de synthèse a été réalisée. Aucune revue systématique de qualité satisfaisante portant sur la performance diagnostique de ces appareils n'a été repérée. En accord avec les membres du groupe de travail, le projet a été recadré afin de déterminer la performance diagnostique de l'appareil PiCCO® et d'élargir la recherche aux études portant sur des patients hospitalisés dans une unité de soins intensifs médicale ou chirurgicale. Le débit cardiaque a été ciblé pour évaluer la performance diagnostique de

l'appareil PiCCO® en comparaison avec la technique de thermodilution artérielle pulmonaire (TDAP). Les résultats recherchés pour comparer entre elles les méthodes de surveillance hémodynamique incluaient la concordance des mesures (estimées par la méthode de Bland-Altman), la corrélation et le pourcentage d'erreurs.

Les documents rédigés en français ou en anglais, publiés depuis le début des bases de données, ont été inclus. Les bibliographies des articles consultés ont aussi été examinées pour relever d'autres références d'intérêt. Deux évaluateurs ont procédé de manière indépendante à la sélection, à l'évaluation de la qualité des documents et à l'extraction des données. Les désaccords ont été résolus par consensus avec un troisième évaluateur. La démarche d'évaluation a été réalisée en collaboration avec des experts médicaux en soins intensifs du CHU de Québec. Ils ont participé à l'identification des enjeux et des dimensions à considérer pour la recherche d'informations ainsi qu'à l'analyse de la synthèse des connaissances issues de la démarche d'évaluation réalisée par l'équipe de l'UETMIS. Ces échanges ont contribué à la compréhension du contexte de l'établissement, à l'identification des aspects organisationnels à considérer ainsi qu'à l'élaboration des constats et des recommandations. Le rapport a été révisé et adopté par le Conseil scientifique de l'UETMIS le 26 janvier 2016.

RÉSULTATS

Au total, 116 documents ont été sélectionnés et évalués pour leur éligibilité. Les documents inclus consistent en une étude de synthèse, 11 séries de cas, une étude observationnelle et un guide de pratique.

Étude de synthèse

L'efficacité de cinq technologies de surveillance hémodynamique utilisant la méthode de l'analyse du contour de l'onde de pouls pour la mesure du débit cardiaque a été évaluée dans le cadre d'une revue systématique. Aucune agrégation des résultats des études n'a été effectuée. Les valeurs moyennes de biais rapportées dans les études réalisées dans un environnement de soins intensifs ($n = 10$) où l'appareil PiCCO® a été comparé à la méthode de thermodilution artérielle pulmonaire intermittente (TDAP) se situent entre 0,07 et 0,4 L/min (tous temps de mesure confondus). Les auteurs de cette étude de synthèse ont conclu qu'aucun des appareils de surveillance hémodynamique utilisant la méthode d'analyse du contour de l'onde de pouls ne peut être recommandé pour effectuer la surveillance du débit cardiaque chez des patients hémodynamiquement instables. Ils recommandent également que les médecins soient informés de l'inexactitude de l'estimation du débit cardiaque avec l'utilisation de ce type d'appareils. Au point de vue méthodologique, il s'agit d'une étude de synthèse de faible qualité. De plus, aucune information sur la méthode de comparaison et les limites de concordance reliées à l'estimation du biais de la mesure n'est rapportée.

Analyse des études originales portant sur la performance diagnostique du système de surveillance PiCCO® utilisé dans un contexte de soins intensifs

La stratégie de recherche a permis de répertorier 11 études originales portant sur la performance diagnostique du système de surveillance PiCCO® en comparaison avec la TDAP dans un contexte de soins intensifs. L'analyse des résultats porte sur la corrélation, la concordance (biais et limites d'agrément) et le pourcentage d'erreurs des mesures de débit cardiaque rapportés dans ces études. Les données de quatre études suggèrent un bon degré de corrélation entre les deux méthodes de surveillance hémodynamique. La moyenne des différences de valeurs de débit cardiaque entre les deux méthodes (biais) varie de -0,23 à +0,4 L/min ($n = 10$ études) et l'intervalle des valeurs de limites d'agrément varie de plus ou moins 1,1 à plus ou moins 3,8 L/min. À noter que la concordance des mesures n'a pas été évaluée dans des conditions d'instabilité hémodynamique. L'analyse graphique des résultats suggère que, au-delà d'un intervalle de 4 à 5 L/min, les valeurs moyennes de débit cardiaque avec l'appareil PiCCO® ont tendance à être soit plus basses, soit plus élevées que celles mesurées avec la TDAP. Le pourcentage d'erreurs dans trois études sur cinq était soit près ($n = 2$), soit inférieur ($n = 1$) à la valeur seuil établie par Critchley *et al.* ($\leq 30\%$) pour juger si l'instrument évalué peut remplacer la méthode de référence.

La qualité méthodologique des études varie de faible à très faible. Les données probantes disponibles sont hétérogènes aux plans méthodologique et clinique limitant ainsi l'application clinique des résultats. Aucun des auteurs des études n'a défini *a priori* quelles différences maximales entre les deux méthodes de mesure pouvaient être jugées cliniquement acceptables pour la surveillance du débit cardiaque. De même, les variations observées dans la mesure n'ont pas fait non plus l'objet de discussion par les auteurs pour en saisir la portée clinique. Considérant l'ensemble des limites observées, l'analyse des études soulève de l'incertitude sur la fiabilité de la mesure du débit cardiaque ainsi que sur la transférabilité

des résultats de performance diagnostique obtenus avec l'appareil PiCCO® à une population autre que celle de soins critiques en chirurgie cardiaque.

Étude de cohorte prospective

Une étude prospective multicentrique a été réalisée dans huit unités de soins intensifs provenant de quatre pays afin de comparer, en conditions réelles de soins, les résultats obtenus avec l'une ou l'autre des méthodes de surveillance hémodynamique (TDAP et PiCCO®). Au total, 192 suivis ont été réalisés à l'aide de l'appareil PiCCO® et 150 avec la méthode par TDAP. Les résultats indiquent que la TDAP était préférentiellement utilisée pour le monitoring des problèmes cardiaques et le PiCCO®, pour les chocs septiques. En comparaison avec la TDAP, l'utilisation du PiCCO® était associée à un bilan liquidien positif (659 mL/jour versus 350 mL/jour en moyenne), un nombre inférieur de jours sans ventilation mécanique (12 versus 21 jours par période de 28 jours) et un taux de mortalité hospitalière plus élevé (45,8 % versus 36,8 %). Les analyses multivariées réalisées indiquent que le choix de la méthode de surveillance hémodynamique n'était pas associé à la mortalité hospitalière.

Guide de pratique clinique

Un guide de pratique clinique sur les procédures d'évaluation peropératoire en chirurgie cardiaque a été répertorié. L'utilisation d'appareils semi-invasifs (FloTrac®, LiDCo® ou PiCCO®) pour la surveillance hémodynamique du débit cardiaque chez les patients à risque est une mesure recommandée.

DISCUSSION

L'objectif de ce rapport était d'évaluer la performance diagnostique et clinique des appareils de surveillance hémodynamique semi-invasifs basés sur l'analyse du contour de l'onde de pouls chez la clientèle des soins intensifs en phase critique. La présente démarche d'évaluation s'est limitée à la réalisation de la première étape des questions d'évaluation en raison de la faiblesse des données probantes et de l'incertitude quant à la performance diagnostique du PiCCO®. L'analyse et l'interprétation des informations issues de la recherche documentaire de même que les échanges avec le groupe de travail interdisciplinaire ont conduit au constat suivant:

Les données actuelles sur la surveillance hémodynamique à l'aide d'un appareil PiCCO® sont insuffisantes pour établir sa performance diagnostique

Les études de performance diagnostique doivent prendre en considération divers éléments qui étaient présents à des degrés très variables dans les études originales recensées. Il s'agit 1) de l'évaluation de la méthode de comparaison), 2) de la précision et de l'exactitude de la méthode de référence, 3) de la population étudiée et 4) du contexte clinique (l'expérimentation se rapproche le plus possible des conditions d'utilisation réelles). Plusieurs limites méthodologiques ont été relevées dans les études répertoriées comme le petit nombre de participants, le nombre limité de mesures et le contexte clinique limité. La possibilité de regrouper ensemble cette information est également grandement compromise par l'hétérogénéité des devis expérimentaux notamment au regard des résultats portant sur la précision et l'exactitude des valeurs de débit cardiaque. La méthode de référence (TDAP) pour juger de l'exactitude et de la précision de l'appareil PiCCO® soulève également de l'incertitude quant à sa propre performance diagnostique et à son utilité clinique. De plus, les données probantes disponibles ne permettent pas de statuer sur la performance diagnostique du PiCCO® pour des populations en état d'instabilité hémodynamique. En somme, la qualité méthodologique des études répertoriées, l'incertitude reliée à la méthode de comparaison ainsi que le contexte clinique et la population étudiée limitent la généralisation des présents résultats au contexte clinique et la population cible des soins intensifs du CHU de Québec.

Recommandations

1. Il est recommandé au CHU de Québec de ne pas introduire en pratique clinique courante d'appareil semi-invasif de surveillance hémodynamique basé sur l'analyse du contour de l'onde de pouls, tel que le PiCCO®, pour le monitoring aux soins intensifs des patients en phase critique.
2. Il est recommandé aux cliniciens des unités de soins intensifs du CHU de Québec de mettre sur pied un projet d'évaluation terrain avec développement de la preuve visant à évaluer l'efficacité, l'innocuité et les impacts organisationnels reliés à l'utilisation des appareils semi-invasifs pour la surveillance hémodynamique dans les unités de soins intensifs.

CONCLUSION

Les données probantes actuellement disponibles ne permettent pas de conclure à la pertinence de l'introduction en pratique clinique d'appareils semi-invasifs de surveillance hémodynamique utilisant l'analyse de la mesure du contour de l'onde de pouls. Toutefois, considérant les moyens limités pour juger de la perfusion tissulaire, cette technologie diagnostique devrait faire l'objet d'un projet d'évaluation terrain avec développement de la preuve, et ce, en particulier pour la clientèle en phase critique aux soins intensifs afin d'en déterminer l'efficacité et la sécurité. La collaboration avec d'autres centres hospitaliers universitaires au Québec qui ont un intérêt pour ce type de technologie utilisée aux soins intensifs devrait également être envisagée pour accroître la capacité de réalisation.

1. INTRODUCTION

Le volume total de sang circulant dans le corps humain réfère à la volémie et il totalise environ cinq litres chez un adulte [6]. La volémie est un des éléments essentiels à considérer dans l'équilibre hémodynamique de l'organisme puisqu'elle exerce une influence sur le retour veineux et, par conséquent, sur le débit cardiaque [1]. L'hypovolémie ou l'hypermolémie, qui représentent des variations du volume circulant, sont des situations fréquentes aux soins intensifs qui doivent être rapidement reconnues et traitées afin de réduire le risque de complications chez les patients. Une meilleure appréciation en milieu clinique de la volémie permet de détecter parmi les patients ayant un état hémodynamique instable, ceux qui bénéficieront d'un remplissage vasculaire, et ce, tout en évitant les effets délétères qui pourraient être causés par l'administration d'une trop grande quantité de liquide [1]. Les méthodes pour évaluer le volume circulant incluent le suivi de paramètres cliniques dont la pression artérielle, le pouls, la diurèse ou la tension veineuse centrale. La mesure de paramètres hémodynamiques tels que le débit cardiaque est également utile pour mieux estimer la volémie. La thermodilution artérielle pulmonaire intermittente (TDAP) est toujours considérée à ce jour comme la méthode de référence pour mesurer le débit cardiaque [2]. Il s'agit d'une méthode de mesure invasive qui requiert l'insertion d'un cathéter dans l'artère pulmonaire. Des technologies moins invasives permettant de mesurer en continu le débit cardiaque par l'analyse du contour de l'onde de pouls sont également disponibles depuis quelques années sur le marché.

L'Unité d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (UETMIS) du CHU de Québec – Université Laval (ci-après CHU de Québec) a été sollicitée par la Direction clientèle - Soins intensifs, traumatologie et neurosciences afin d'évaluer la performance d'appareils semi-invasifs basés sur la mesure de l'analyse du contour de l'onde de pouls utilisés pour la surveillance hémodynamique chez les personnes en phase critique admises aux soins intensifs.

2. QUESTIONS DÉCISIONNELLE ET D'ÉVALUATION

2.1 Question décisionnelle

Est-ce que le CHU de Québec devrait se doter d'appareils semi-invasifs de surveillance hémodynamique pour les patients en phase critique hospitalisés dans les unités de soins intensifs?

2.2 Questions d'évaluation

Étape 1

Quelle est la performance diagnostique des appareils semi-invasifs basés sur l'analyse du contour de l'onde de pouls (PiCCO®, LiDCO®, FloTrac®) pour la surveillance hémodynamique dans un contexte de soins intensifs chez des patients en phase critique ?

Étape 2

En fonction des résultats de la recherche lors de l'étape 1

1. Quelle est la performance clinique des appareils de surveillance hémodynamique utilisés dans un contexte de soins intensifs chez des patients en phase critique?
2. Quels sont les risques associés à l'utilisation des appareils de surveillance hémodynamique utilisés dans un contexte de soins intensifs chez des patients en phase critique?

3. MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION

3.1 Évaluation de l'efficacité, de l'innocuité et de la sécurité

3.1.1 Recherche documentaire

Le Tableau 1 résume les critères d'éligibilité, les limites ainsi que les indicateurs définis *a priori* utilisés pour effectuer la recherche documentaire en lien avec les questions d'évaluation. Une recension des publications scientifiques a été effectuée à partir des bases de données indexées *Medline (PubMed)*, *Embase*, du *Centre for Reviews and Dissemination*, de la bibliothèque *Cochrane* et de la littérature grise afin d'identifier les études de synthèse, avec ou sans méta-analyse, de même que les guides de pratique. En absence d'études de synthèse ou en raison d'une qualité méthodologique insuffisante des études disponibles, la recherche documentaire se poursuit dans le respect de la hiérarchie des devis d'études présentée au Tableau 1. Les sites Internet d'organismes en évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (ETMIS) ainsi que ceux d'associations professionnelles ont été consultés afin de rechercher des documents pertinents. La liste des organismes et des bases de données considérés est présentée à l'Annexe 1. Les stratégies de recherche utilisées sont présentées à l'Annexe 2. Les bibliographies des articles pertinents ont aussi été examinées pour relever d'autres références d'intérêt. Une recherche complémentaire a été réalisée en utilisant les moteurs de recherche *Google Scholar* et *Open access journals* (<http://www.scirp.org>) pour identifier des publications en libre accès. La recherche de protocoles d'études de synthèse en cours de réalisation a été effectuée dans la bibliothèque *Cochrane* et dans la base de données PROSPERO du *Centre for Reviews and Dissemination (The University of York, National Institute for Health Research; www.crd.york.ac.uk/prospero/)*. Les sites www.clinicaltrials.gov des *U.S. National Institutes of Health* et *Current Controlled Trials Ltd. de Springer Science+Business Media (BioMed Central, www.controlled-trials.com)* ont été consultés pour retracer des essais cliniques randomisés (ECR) en cours. Les résultats de cette recherche sont présentés à l'Annexe 3.

3.1.2 Sélection et évaluation de l'éligibilité des publications

La sélection des études a été effectuée de manière indépendante par deux évaluateurs (R.D. et S.L.) selon les critères d'inclusion et les limites spécifiés au Tableau 1. En cas de désaccord, l'avis d'un troisième évaluateur (M.R.) était sollicité afin de parvenir à un consensus.

3.1.3 Évaluation de la qualité des publications et extraction des données

La qualité des publications a été évaluée de manière indépendante par deux évaluateurs (R.D. et S.L.). L'évaluation de la qualité méthodologique de la revue systématique ainsi que du guide de pratique a été réalisée à l'aide des grilles R-AMSTAR [3] et AGREE II [4], respectivement. Les études originales ont été évaluées à partir des grilles d'analyse adaptées du guide méthodologique publié par l'UETMIS du CHU de Québec [5]. L'avis d'un troisième évaluateur (M.R.) a été sollicité lors de désaccords sur l'appréciation de la qualité afin de parvenir à un consensus. L'extraction des données a été effectuée par deux évaluateurs indépendants (R.D. et S.L.) à l'aide d'une grille spécifique à ce projet. Les études évaluées et retenues sont présentées à la section 5. La liste des publications exclues ainsi que les raisons d'exclusion sont présentées à l'Annexe 4.

Tableau 1. Critères d'éligibilité et limites pour l'évaluation de la performance diagnostique des appareils semi-invasifs de surveillance hémodynamique basés sur la mesure du contour de l'onde de pouls

CRITÈRES D'INCLUSION	
Population	Personnes en phase critique hospitalisées dans une unité de soins intensifs (USI)
Intervention	Appareils semi-invasifs de surveillance hémodynamique basés sur la mesure du contour de l'onde de pouls (PiCCO® ou PiCCO®plus, LiDCO®, FloTrac®)
Comparateur	Thermodilution artérielle intermittente ou autre appareil de surveillance hémodynamique
Résultats	ÉTAPE 1 *: Indicateurs en lien avec la performance diagnostique (sensibilité, spécificité, concordance) pour les paramètres suivants : <ul style="list-style-type: none"> • Débit cardiaque • Débit systolique (<i>stroke volume</i>) • Variation du débit systolique (SVV) et de la pression artérielle pulsée (PPV)
	ÉTAPE 2: Indicateurs en lien avec la performance clinique : <ul style="list-style-type: none"> • Mortalité • Morbidité • Ventilation mécanique • Durée de l'hospitalisation
	Indicateurs en lien avec la sécurité : <ul style="list-style-type: none"> • Évènements indésirables graves en lien avec la technique d'insertion de l'appareil • Évènements indésirables graves en lien avec les données issues de l'appareil de surveillance
Types de documents hiérarchisés en fonction de la force du devis	I. Rapports d'ETMIS, revues systématiques avec ou sans méta-analyse, guides de pratique II. ECR III. Études observationnelles IV. Séries de cas V. Études de cas VI. Études expérimentales VII. Avis ou consensus d'experts
LIMITES	CRITÈRES D'EXCLUSION
<ul style="list-style-type: none"> • Langue : français et anglais • Période : du 1^{er} janvier 2000 au 2 février 2015 	Résumés de congrès

*première recherche de littérature portant uniquement sur les études de synthèse

3.1.4 Recadrage du projet

Au départ, le projet d'évaluation visait à établir la performance diagnostique et clinique reliée à l'utilisation des appareils semi-invasifs de surveillance hémodynamique (PiCCO®, LiDCO® et FloTrac®) dans des unités de soins critiques. Une première recherche documentaire axée sur les études de synthèse a été réalisée en se référant aux critères de sélection décrits au Tableau 1. Aucune revue systématique de qualité satisfaisante portant sur la performance diagnostique de ces appareils n'a été repérée. Ainsi, en accord avec le groupe de travail, il a été décidé de recadrer le projet afin de déterminer, dans un premier temps, la performance diagnostique de ces appareils, et ce, en débutant par l'évaluation de l'appareil PiCCO® et en privilégiant le débit cardiaque comme indicateur de mesure. Le choix de ce premier appareil reposait sur le volume d'études primaires disponibles pour évaluer la performance diagnostique. La population d'intérêt a également été élargie afin d'inclure les études réalisées chez des patients en période postopératoire de chirurgie cardiaque. Dans le cas où la performance diagnostique de l'appareil PiCCO® serait démontrée, le projet se poursuivrait

avec une évaluation de la performance diagnostique des autres types d'appareils semi-invasifs de surveillance hémodynamique de même que de la performance clinique. En accord avec les membres du groupe de travail, les questions d'évaluation ont été modifiées comme suit:

Questions d'évaluation suite au recadrage

Étape 1

1. Quelle est la performance diagnostique de l'appareil semi-invasif de surveillance hémodynamique PiCCO® ?

Étape 2

En fonction des résultats de la recherche obtenus à l'étape 1:

2. Quelle est la performance clinique associée à l'utilisation de l'appareil de surveillance hémodynamique PiCCO® chez les personnes admises aux soins intensifs ?
3. Quels sont les risques associés à l'utilisation de l'appareil de surveillance hémodynamique PiCCO® chez les personnes admises aux soins intensifs ?
4. Quelle est la performance diagnostique et clinique reliée à l'utilisation des autres appareils semi-invasifs (LiDCO®, Flotrac®) chez les personnes admises aux soins intensifs?

Les critères d'éligibilité des documents en lien avec le recadrage du projet sont présentés au Tableau 2.

Tableau 2. Critères d'éligibilité et limites pour l'évaluation de la performance diagnostique du PiCCO® suite au recadrage du projet (étape 1 seulement).

CRITÈRES D'INCLUSION		
Population	Personnes hospitalisées dans une unité de soins intensifs (USI)	
Intervention	Appareil semi-invasif de surveillance hémodynamique (PiCCO®)	
Comparateur	Thermodilution artérielle pulmonaire intermittente	
Résultats	<ul style="list-style-type: none"> • Corrélation de la mesure du débit cardiaque entre l'intervention et le comparateur • Concordance de la mesure du débit cardiaque entre l'intervention et le comparateur (<i>Bland-Altman</i>) • Pourcentage d'erreurs entre l'intervention et le comparateur pour la mesure du débit cardiaque 	
Types de documents hiérarchisés en fonction de la force du devis	I.	Rapports d'ETMIS, revues systématiques avec ou sans méta-analyse, guides de pratique
	II.	ECR
	III.	Études observationnelles
	IV.	Séries de cas
	V.	Études de cas
	VI.	Études expérimentales
	VII.	Avis ou consensus d'experts
LIMITES		CRITÈRES D'EXCLUSION
<ul style="list-style-type: none"> • Langue : français et anglais • Période : du 1^{er} janvier 2000 au 2 février 2015 		Résumés de congrès

3.2 Contextualisation

La démarche d'évaluation a été réalisée en collaboration avec des experts du CHU de Québec. Les membres du groupe de travail interdisciplinaire étaient représentatifs des principales unités de soins critiques de l'établissement (voir la liste en page III). Ils ont participé à l'identification des enjeux et des dimensions à considérer pour la recherche d'informations ainsi qu'à l'analyse de la synthèse des connaissances issues de la démarche d'évaluation réalisée par l'équipe de l'UETMIS. Ces échanges ont contribué à la compréhension du contexte de l'établissement, à l'identification des aspects organisationnels à considérer ainsi qu'à l'élaboration des constats et des recommandations.

3.3 Révision

Le rapport a été révisé par les membres du groupe de travail interdisciplinaire. Il a été révisé et adopté par les membres du Conseil scientifique de l'UETMIS lors de sa réunion du 26 janvier 2016.

4. INFORMATIONS GÉNÉRALES

Le volume total de sang circulant dans le corps humain réfère à la volémie et totalise environ cinq litres chez un adulte [6]. Il s'agit d'un des facteurs essentiels à l'équilibre hémodynamique de l'organisme [6]. Le volume circulant exerce une influence sur le retour veineux, la précharge ventriculaire, le débit cardiaque et l'oxygénation des tissus [6]. La surveillance hémodynamique joue un rôle important dans la prise en charge des patients en phase critique aux soins intensifs. Par exemple, une correction rapide de la volémie dans le cas d'un choc septique est associée à un meilleur pronostic [8]. L'hypovolémie, qui se produit lors d'une baisse du volume circulant, est l'une des conditions cliniques les plus fréquemment rencontrées aux soins intensifs. Parmi les impacts négatifs reliés à l'hypovolémie, citons l'insuffisance rénale aigüe, une complication fréquemment rencontrée en milieu hospitalier qui peut avoir des effets importants sur la morbidité et la mortalité des patients [7, 8]. Par ailleurs, l'augmentation du volume circulant par une administration excessive de liquide (hypervolémie) est également associée à des effets délétères sur les systèmes pulmonaire [6] et digestif [9], lesquels peuvent avoir une incidence sur la durée de l'hospitalisation [10, 11]. Une bonne surveillance de la volémie permet ainsi de prévenir la survenue d'événements indésirables ou de traiter les défaillances d'organes résultant de l'inadéquation entre le débit sanguin et la demande métabolique en oxygène [6].

4.1. Techniques de surveillance hémodynamique

Évaluation clinique

La surveillance hémodynamique et l'estimation de la volémie s'effectuent en premier lieu par l'observation des signes cliniques tels que la fréquence cardiaque, la pression artérielle, la fréquence respiratoire, les changements cutanés (présence ou non de marbrure) ainsi que la diurèse. Bien qu'indispensable à la prise de décision, l'estimation de la volémie à l'aide des signes cliniques demeure une méthode subjective et imprécise. Quelques méthodes plus ou moins invasives peuvent être utilisées en complémentarité de l'observation des signes cliniques dont la thermodilution artérielle pulmonaire, la thermodilution transpulmonaire ou l'utilisation d'appareils semi-invasifs de mesure du contour de l'onde de pouls.

La thermodilution artérielle pulmonaire (TDAP)

La TDAP a fait son apparition au début des années 1970. Il s'agit d'une procédure invasive qui requiert l'insertion d'un cathéter de Swan-Ganz dans l'artère pulmonaire. Le cathéter est inséré dans un vaisseau de gros calibre, comme la veine jugulaire interne, la veine fémorale ou la veine sous-clavière. Il est par la suite glissé jusque dans l'oreillette droite puis dans le ventricule droit pour terminer sa course dans une artère pulmonaire. Le débit cardiaque est estimé par la méthode de thermodilution. Cette technique permet de déterminer le débit cardiaque de façon indirecte en injectant un bolus de soluté froid par le site proximal du cathéter et de mesurer la variation de la température par la thermistance située au bout du cathéter. La TDAP est considérée comme une méthode de référence pour la surveillance hémodynamique [2]. Malgré tout, la mesure du débit cardiaque comporte une assez grande variabilité, dépendant notamment de la vitesse d'injection, et doit, par conséquent, être répétée plusieurs fois.

Outre le débit cardiaque, cette méthode permet également de mesurer d'autres paramètres tels que la pression artérielle pulmonaire (PAP), la pression artérielle pulmonaire d'occlusion (PAPO) et la saturation du sang veineux en oxygène (SvO₂). Bien que cette technique soit considérée comme la méthode optimale pour la surveillance hémodynamique [2] chez les patients en phase critique, elle n'en demeure pas moins controversée de par son caractère invasif et l'incertitude entourant le rapport entre les risques et bénéfices [2, 12]. Certains effets indésirables liés à la TDAP ont également été répertoriés dont des ruptures de l'artère pulmonaire, de l'arythmie, des endocardites et autres infections [12].

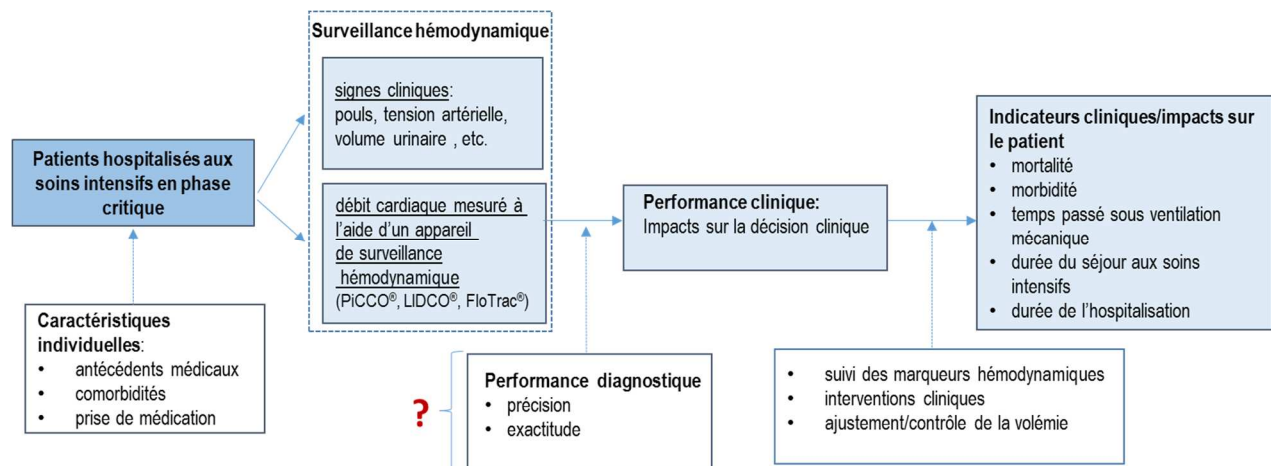
Appareils semi-invasifs de surveillance hémodynamique

Des appareils semi-invasifs pour la surveillance des paramètres hémodynamiques ont été mis en marché au cours de la dernière décennie. Ces appareils connus sous les noms de PiCCO® (*Pulse Contour Cardiac Output*), LiDCO® (*lithium dilution cardiac output*) et FloTrac/vigileo® reposent sur l'analyse de l'onde de pouls. L'utilisation des appareils PiCCO® et LiDCO® nécessite également le recours à une méthode de thermodilution transpulmonaire. Le PiCCO® et le LiDCO® requièrent une calibration régulière par thermodilution transpulmonaire alors que le FloTrac /vigileo® utilise un algorithme

préétabli qui ne nécessite pas de calibration. Les appareils semi-invasifs de surveillance hémodynamique sont utilisés en complément de la surveillance des signes cliniques.

Les différentes méthodes utilisées pour la surveillance hémodynamique apportent de l'information dans le but d'aider à la prise de décision du clinicien notamment quant à l'administration intraveineuse de soluté. L'impact de ces appareils sur la performance clinique est lui-même influencé par la performance diagnostique des appareils. La capacité à obtenir une mesure précise et exacte des paramètres hémodynamiques pourrait avoir un impact non seulement pour améliorer le management clinique de la volémie chez le patient mais également sur d'autres indicateurs de santé comme la mortalité, la morbidité, la durée de séjour aux soins intensifs et la durée de séjour hospitalier (Figure 1).

Figure 1. Vue d'ensemble de la surveillance hémodynamique aux soins intensifs



4.2 La technologie PiCCO®

La technologie PiCCO®, commercialisée par la société *Pulsion Medical System* (Munich, Allemagne), est un appareil de mesure semi-invasif qui permet la surveillance en continu des paramètres hémodynamiques. Ces paramètres hémodynamiques sont mesurés au moyen de deux techniques distinctes, soit la thermodilution transpulmonaire (TDTP) et l'analyse du contour de l'onde de pouls (Figure 2). Pour ce faire, un cathéter veineux central ainsi qu'un cathéter central artériel sont requis. Le principe relié à la mesure du débit cardiaque par la méthode de TDTP est similaire à celui de la TDAP. Il existe par contre des différences entre ces techniques de thermodilution. Le site d'injection pour effectuer la calibration dans le cas de la TDTP est situé dans une veine centrale plutôt que dans l'oreillette droite. La courbe de pression artérielle est estimée pour la TDTP à partir d'une artère périphérique (p. ex. : artère fémorale) comparativement à l'artère pulmonaire avec la TDAP. Les principaux paramètres évalués avec la technique de la TDTP sont le débit cardiaque, la précharge cardiaque (volume télédiastolique global), la contractilité/fonction cardiaque (fraction d'éjection globale) et le volume d'eau extravasculaire pulmonaire. Le débit cardiaque est mesuré en injectant un bolus de soluté froid dans la voie veineuse centrale et par l'analyse des variations de température au niveau d'une thermistance placée sur un cathéter fémoral. L'appareil permet également de mesurer le volume d'éjection et le débit cardiaque de façon continue par la technique du contour de l'onde de pouls. Cette technique requiert une calibration au préalable. La TDTP permet, à l'aide du moniteur PiCCO®, de calibrer automatiquement la technique du contour de l'onde de pouls [13].

Figure 2. Représentation graphique de la mesure du contour de l'onde de pouls par une technique de thermodilution transpulmonaire

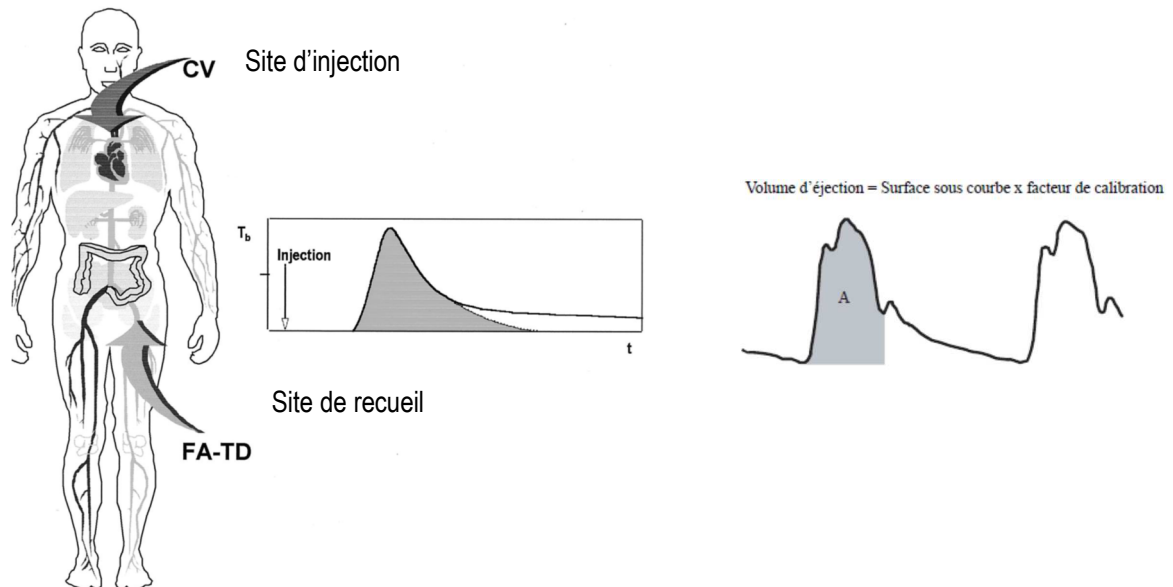


Figure adaptée de Michard *et al.* 2002 [13]

4.3 Méthodes d'évaluation de la performance diagnostique d'un équipement médical

Les mesures issues d'un dispositif de surveillance en milieu médical devraient idéalement être exactes et précises [14]. La précision réfère au degré selon lequel une méthode d'analyse produit le même résultat sur des mesures répétées alors que le degré selon lequel la répétition d'une mesure se rapproche de la valeur réelle réfère à la notion d'exactitude (*accuracy*) (Figure 3). L'exactitude est évaluée en comparant la valeur obtenue pour une variable clinique avec celle d'une méthode dite de référence ou étalon (*gold standard*), qui est déjà utilisée dans la pratique courante. La précision réfère également au concept de reproductibilité (*repeatability*) de la mesure. Les différences observées dans les valeurs obtenues représentent le biais de la mesure qui sera évalué par rapport à la méthode de référence. Lors de l'évaluation de la performance diagnostique d'un appareil, le choix de la méthode de référence est d'une importance primordiale puisque cette dernière devrait être la plus précise et exacte possible.

Figure 3. Illustration de la précision et de l'exactitude

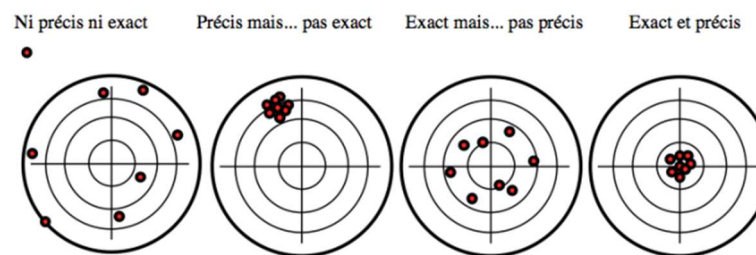


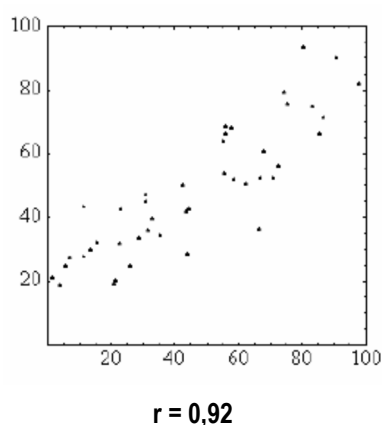
Figure tirée de Cecconi *et al.* 2009 [14]

Dans le cadre du présent rapport d'évaluation, les analyses statistiques qui peuvent nous renseigner sur la précision et l'exactitude d'un appareil diagnostique en comparaison avec une méthode de référence sont les mesures de corrélation, le pourcentage d'erreurs et les mesures de concordance (analyse de *Bland-Altman*). L'interprétation des différentes analyses statistiques de la performance diagnostique d'un appareil doit s'établir en tenant compte de l'acceptabilité clinique liée à la variation des résultats.

Corrélation

La corrélation est une statistique qui caractérise l'existence ou l'absence d'une relation entre deux échantillons de valeurs prises sur un même groupe de sujets. Le coefficient de corrélation permet de quantifier cette relation par le signe de la corrélation, positive ou négative, et par la force de cette corrélation (valeur r) (Figure 4). Le degré de corrélation se mesure sur une échelle de zéro à un où la valeur zéro signifie une totale absence de corrélation entre les deux mesures, alors que un signifie une corrélation parfaite. Lorsque la valeur r de corrélation est mise au carré, elle n'estime plus la corrélation mais la quantité de variance commune entre deux valeurs (pourcentage de variance expliquée).

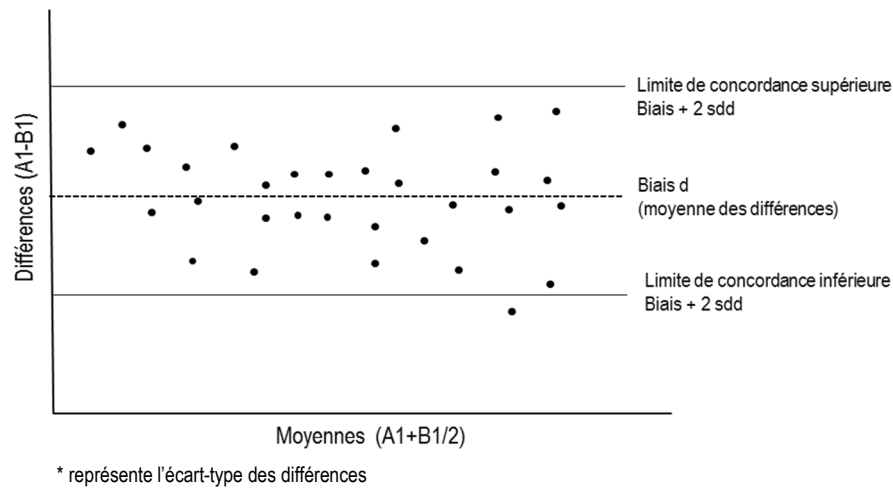
Figure 4. Exemple de corrélation



Mesures de concordance (analyses de *Bland-Altman*)

Les mesures de corrélation comportent certaines limites puisqu'elles ne donnent pas d'information sur la concordance des résultats entre un appareil à évaluer et la méthode de référence. Le graphique de *Bland-Altman* permet à la fois de fournir une représentation visuelle et une valeur numérique de concordance pour comparer deux séries de valeurs quantitatives. L'axe des x représente les moyennes des valeurs obtenues avec les appareils A et B ($(A1 + B1)/2$) alors que l'axe des y représente la différence entre ces valeurs ($A1 - B1$). Dans le cas d'une concordance parfaite, la somme des différences entre les valeurs est nulle. La moyenne des différences entre les valeurs représente la valeur d que l'on définit comme le biais. La valeur d prend en considération l'imprécision des mesures liée à la technologie à évaluer et celle de la méthode de référence. La valeur d indique si un des instruments tend à produire des valeurs systématiquement plus basses ou plus élevées que l'autre. Il est possible, en émettant l'hypothèse d'une distribution normale, de calculer la valeur de l'écart-type des différences (sdd) et les limites d'agrément ($d \pm 2 sdd$). Les limites d'agrément sont représentées par deux lignes horizontales sur le graphique. Il s'agit d'un intervalle à l'intérieur duquel 95 % des valeurs devraient se retrouver. Les limites d'agrément doivent s'interpréter en fonction du contexte clinique. Il convient ainsi de déterminer *a priori* quelle différence de mesures entre les deux instruments est cliniquement significative et, par conséquent, acceptable pour assurer la sécurité des soins.

Figure 5. Représentation graphique de *Bland-Altman*



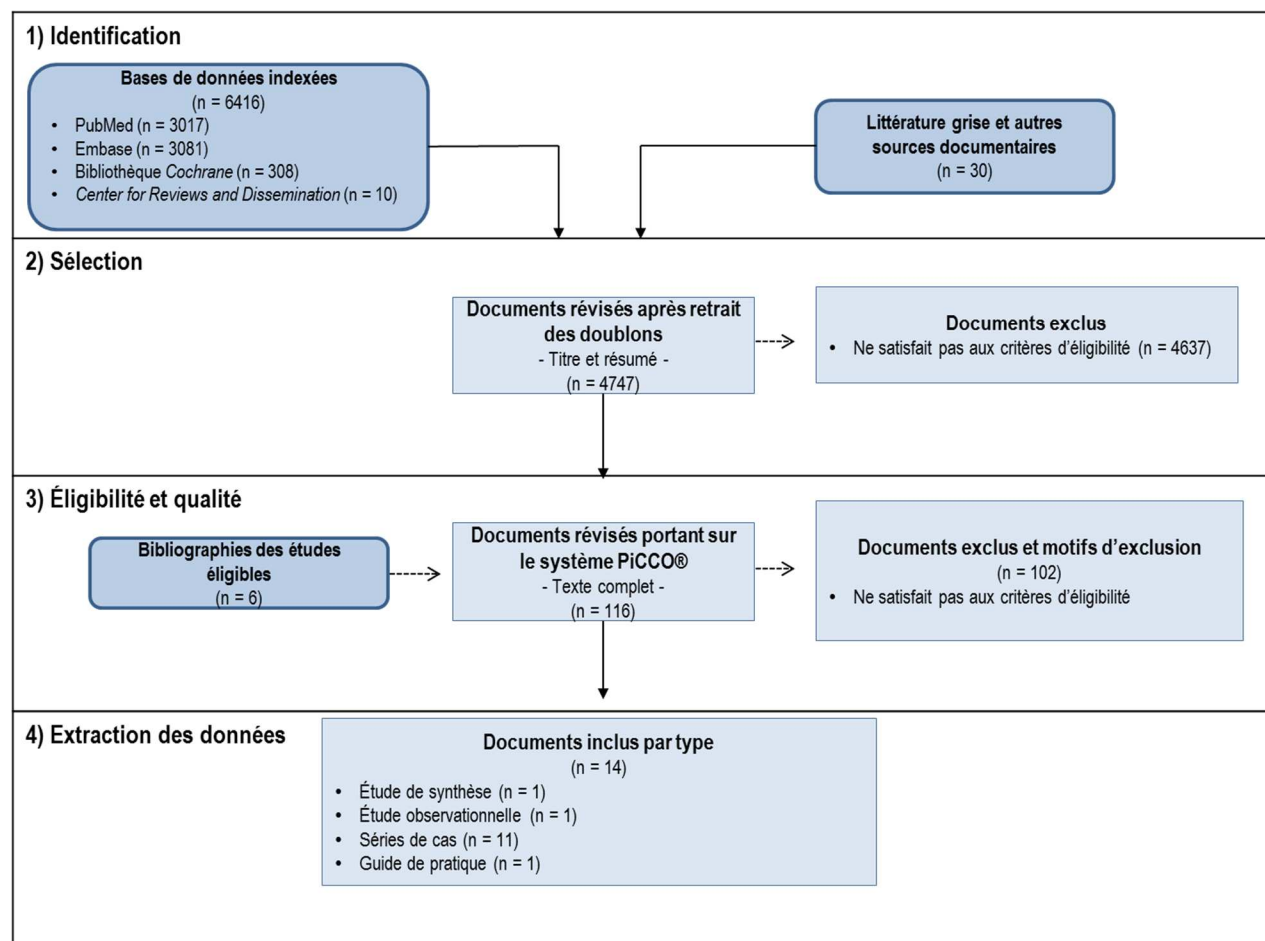
Le pourcentage d'erreurs

Le pourcentage d'erreurs permet d'estimer objectivement si l'instrument évalué peut remplacer la méthode de référence. Il représente le rapport entre la valeur des limites d'agrément du biais sur la valeur moyenne des deux séries de mesures. Selon la méthode proposée par Critchley *et al.*, plus le pourcentage d'erreurs est faible, plus le nouvel instrument et le comparateur peuvent être considérés comme interchangeables [15]. En considérant que la méthode de référence a une précision de plus ou moins 20 %, deux appareils pourraient être considérés comme étant interchangeables si le pourcentage d'erreurs est inférieur ou égal à 30 % [15].

5. RÉSULTATS

La recherche documentaire effectuée à partir des bases de données indexées et de la littérature grise a permis d'identifier 6 416 publications portant sur les différents appareils semi-invasifs de surveillance hémodynamique (PiCCO®, LiDCO® et FloTrac/vigileo®). Après avoir retiré les doublons et effectué les étapes de sélection et d'évaluation selon les critères d'éligibilité déterminés à la suite du recadrage (voir section 3.1.4), 14 documents portant spécifiquement sur la performance diagnostique de l'appareil PiCCO® ont été retenus. Il s'agit d'une revue systématique [16], de 11 séries de cas [17-27], d'une étude observationnelle (étude de cohorte prospective) [28] et d'un guide de pratique clinique [29]. La Figure 6 présente le diagramme de sélection des documents. La liste des publications exclues ainsi que les raisons d'exclusion sont présentées à l'Annexe 4.

FIGURE 6. DIAGRAMME DE SÉLECTION DES DOCUMENTS PORTANT SUR LA PERFORMANCE DIAGNOSTIQUE DES APPAREILS SEMI-INVASIFS DE LA SURVEILLANCE HÉMODYNAMIQUE



5.1 Performance diagnostique

5.1.1 Étude de synthèse

Schlöglhoffer *et al.* (2014)

L'objectif de l'étude de synthèse de Schlöglhoffer *et al.* [16] était d'évaluer la performance de la mesure du débit cardiaque de cinq systèmes de surveillance hémodynamique utilisant la méthode de l'analyse du contour de l'onde de pouls (FloTrac/Vigileo®, PiCCO®, LiDCO, PRAM/MostCare® et Modelflow) comparativement à la TDAP [16]. Une recherche systématique de la littérature a été effectuée dans les bases de données MEDLINE et *Web of Knowledge* ainsi qu'à l'aide du moteur de recherche *Google Scholar* afin d'identifier des études rencontrant les critères d'inclusion suivants : 1) publiées en anglais ou en allemand dans un journal révisé par les pairs, 2) n'ayant pas fait l'objet d'une rétractation, 3) population adulte, 4) évaluation simultanée du débit ou de l'index cardiaque à l'aide d'au moins un appareil semi-invasif de surveillance hémodynamique et par la TDAP et 5) méthode de comparaison excluant l'utilisation de la TDTP en continu. Sur les 416 documents répertoriés, 80 publications, faisant état de 93 comparaisons, ont été retenues. De ce nombre, 24 études portaient spécifiquement sur l'évaluation du système de surveillance PiCCO® [17, 18, 20, 21, 23-27, 30-44] dont 83 % (20 sur 24) dans un contexte de chirurgie cardiaque [17, 18, 20, 21, 23-27, 31-33, 35-42]. Dix de ces études ont porté sur la mesure du débit cardiaque chez des patients aux soins intensifs [17, 18, 20, 21, 23-27, 30], dont une publiée en allemand [30]. Les études ont été publiées entre 1999 et 2010.

Pour chacune des études considérées, les auteurs de cette revue ont rapporté les données de façon qualitative. Il s'agissait du nombre et de l'âge moyen des participants, du type de population, de la valeur moyenne ou de l'étendue des valeurs de débit cardiaque (tous temps confondus), des mesures de corrélations, de biais et du pourcentage d'erreur entre les méthodes de surveillance évaluées, de la version du logiciel d'analyse utilisé et du site d'insertion des cathéters utilisés pour l'évaluation du débit cardiaque. Aucune agrégation des résultats des études n'a été effectuée. Les valeurs moyennes de biais rapportés dans les études réalisées aux soins intensifs où l'appareil PiCCO® a été comparé à la méthode de TDAP se situent entre 0,07 et 0,4 L/min. Toutefois, lorsque rapportés, les pourcentages d'erreur ne permettent pas d'affirmer que les deux techniques soient interchangeables. Les auteurs mentionnent que certains facteurs tels que la condition du patient (i.e. patients hémodynamiquement instables ou non) et la calibration de l'appareil peuvent influencer la précision des mesures. De plus, ils ajoutent que la valeur de référence utilisée, soit la TDAP, comporte elle-même sa part d'incertitude et qu'aucune des études incluses dans la revue n'en fait mention dans les limites. En se basant sur les données disponibles, les auteurs de cette étude de synthèse ont conclu qu'aucun des appareils de surveillance hémodynamique utilisant la méthode d'analyse du contour de l'onde de pouls, incluant le système PiCCO®, ne peut être recommandé pour effectuer la surveillance du débit cardiaque chez des patients hémodynamiquement instables. Ils recommandent également que les médecins soient informés de l'inexactitude de l'estimation du débit cardiaque avec l'utilisation de ce type d'appareils de surveillance hémodynamique.

Appréciation de l'étude de synthèse

Au point de vue méthodologique, l'étude de synthèse de Schlöglhoffer *et al.* est de faible qualité. Selon les standards reconnus pour évaluer une revue systématique [3], la méthodologie de recherche documentaire est imprécise et incomplète. L'information concernant les études exclues, la qualité des études incluses, les caractéristiques des populations et l'évaluation du biais de publication est inexistante ou peu rapportée. Les limites des études telles que la méthode de calibration utilisée, le moment de la prise des mesures et l'intervalle entre les calibrations de l'appareil, n'ont pas été considérées dans l'interprétation des données alors que ces éléments contribuent à l'hétérogénéité clinique et la fiabilité des résultats. Du point de vue de l'indicateur d'intérêt, soit le débit cardiaque, les résultats sont rapportés uniquement pour les appareils de surveillance faisant l'objet de cette revue de synthèse alors qu'aucune donnée sur la méthode de comparaison n'est présentée.

De plus, les résultats issus des études primaires sont rapportés sous la forme d'une valeur moyenne du débit cardiaque ou encore de l'étendue des valeurs du débit cardiaque pour la durée complète des études plutôt qu'en fonction des différentes périodes d'échantillonnage pendant ou après la chirurgie cardiaque [17, 18, 20, 21, 23-27]. Considérant l'ensemble de ces limites, les données issues de l'étude de synthèse de Schlöglhoffer *et al.* ne permettent pas de porter un jugement éclairé sur la performance diagnostique des appareils de surveillance hémodynamique qui utilisent la méthode d'analyse du contour de l'onde de pouls et ce en particulier dans un contexte de soins intensifs.

5.1.2 Analyse des études originales portant sur la performance diagnostique du système de surveillance PiCCO® utilisé dans un contexte de soins intensifs

La stratégie de recherche a permis de répertorier 12 études originales portant sur la performance diagnostique du système de surveillance PiCCO® en comparaison avec la TDAP utilisé dans un contexte de soins intensifs [17-27, 30]. Neuf de ces études étaient déjà incluses dans la revue de synthèse de Schlöglhoffer [17, 18, 20, 21, 23-27]. Une étude publiée en allemand a été exclue [30]. Dix des onze études portaient sur des populations admises sur une USI à la suite d'une chirurgie cardiaque. Les principales caractéristiques des études sélectionnées sont présentées au Tableau 3.

Tableau 3. Description des études considérées dans l'analyse de l'UETMIS portant sur la performance diagnostique de l'appareil PiCCO® pour la surveillance hémodynamique

Auteurs, année [réf] (pays)	Nombre de patients	Contexte clinique	Intervalle de prise de mesures	Calibration de l'appareil	Durée de l'étude	Possibilité de conflits d'intérêts	Qualité méthodologique selon l'UETMIS
Button <i>et al.</i> , 2007 [24] (Suisse)	31	op/post-op (USI)	8, 12 et 24 heures après le début de la chirurgie	Aux 8 heures	24 heures postinduction	Oui ^{1,2}	Faible
Hofer <i>et al.</i> , 2010 [27] (Suisse)	26	op/post-op (USI)	8, 12 et 24 heures après le début de la chirurgie	Aux 8 heures	24 heures postinduction	Oui ^{1,2}	Faible
Hadian <i>et al.</i> , 2010 [26] (États-Unis)	17	post-op (USI)	Dans les 4 premières heures suivant l'arrivée à l'USI	Au début de l'étude	4 heures postopératoire	Oui ²	Faible
Küntscher <i>et al.</i> , 2002 [19] (Allemagne)	14	grands brûlés	Au besoin lors d'instabilité à l'USI	NR	6 jours consécutifs	NR	Très faible
Mielk <i>et al.</i> , 2003 [21] (Allemagne)	22	post-op (USI)	Aux 2 heures x 6 heures à l'USI	NR	6 heures consécutives en période postopératoire	NR	Très faible
Ostergaard <i>et al.</i> , 2006 [23] (Danemark)	25	op/post-op (USI)	NR	NR	NR	NR	Très faible
Segal <i>et al.</i> , 2002 [22] (Israël)	20	post-op (USI)	Aux 6 heures x 24 heures à l'USI	NR	24 heures postopératoire	NR	Très faible
Senn <i>et al.</i> , 2008 [25] (Suisse)	25	post-op (USI)	Aux 15 min (positions différentes) à l'USI	À l'heure	1 seule prise de mesure	Oui ²	Faible
Rauch <i>et al.</i> , 2002 [20] (Allemagne)	25	op/post-op (USI)	À chaque heure x 6 heures à l'USI + après 9 heures et 12 heures à l'USI	Au début de la chirurgie et à l'arrivée à l'USI	12 heures après l'arrivée à l'USI	NR	Très faible
Rodig <i>et al.</i> , 1999 [17] (Allemagne)	26	op/post-op (USI)	Aux 30 minutes x 2 heures à l'USI	Avant la chirurgie et à l'arrivée à l'USI	NR	NR	Faible
Zöllner <i>et al.</i> , 2000 [18] (Allemagne)	19	post-op	Aux 15 minutes x 3 heures à l'USI	À l'heure	3 heures	Oui ²	Faible

op : opératoire, USI : unité de soins intensifs, NR : non rapporté

¹ Différentes publications où l'on retrouve un ou plusieurs des mêmes auteurs

² Étude financée par le fabricant de l'appareil PiCCO®

5.1.2.1 Synthèse des résultats portant sur la corrélation des mesures de débit cardiaque

Quatre études ont rapporté un résultat de corrélation sur les mesures de débit cardiaque estimées à l'aide du moniteur de surveillance PiCCO® et par la méthode de TDAP (Tableau 4) [18, 19, 22, 26]. Le nombre d'échantillons par étude pour déterminer le coefficient de corrélation variait de 113 à 228. À l'exception d'une étude [26], les coefficients de corrélation (r) de la mesure du débit cardiaque variaient entre 0,81 et 0,91. Hadian *et al.*, pour leur part, estiment que le faible niveau de corrélation observé dans leur étude pourrait s'expliquer d'une part, en raison des différences qui existent dans les méthodes d'estimation du débit cardiaque et, d'autre part, par l'effet de la prise de médicaments vasoactifs sur le tonus vasomoteur des patients durant l'étude [26]. Dans l'ensemble, les résultats des études suggèrent un bon degré de corrélation entre les deux méthodes évaluées pour l'estimation de la valeur du débit cardiaque.

Tableau 4. Coefficients de corrélation de la mesure du débit cardiaque entre le PiCCO® et la méthode par TDAP rapportés dans les études

Auteurs, année [réf] (pays)	n patients / n mesures	Coefficient de corrélation (r) (valeur- p)
Hadian <i>et al.</i> , 2010 [26] (États-Unis)	17 / NR	0,33 (0,025)
Küntschner <i>et al.</i> , 2002 [19] (Allemagne)	14 / 113	0,81 (0,005)
Segal <i>et al.</i> , 2002 [22] (Israël)	20 / 190	0,91* (NR)
Zöllner <i>et al.</i> , 2000 [18] (Allemagne)	19 / 228	0,88 (NR)

*Coefficients de corrélation calculés par l'UETMIS à partir du résultat de variance (r^2) rapporté dans l'étude

5.1.2.2 Synthèse des résultats portant sur les analyses de concordance de la mesure du débit cardiaque

5.1.2.2.1 Représentation graphique de *Bland-Altman*

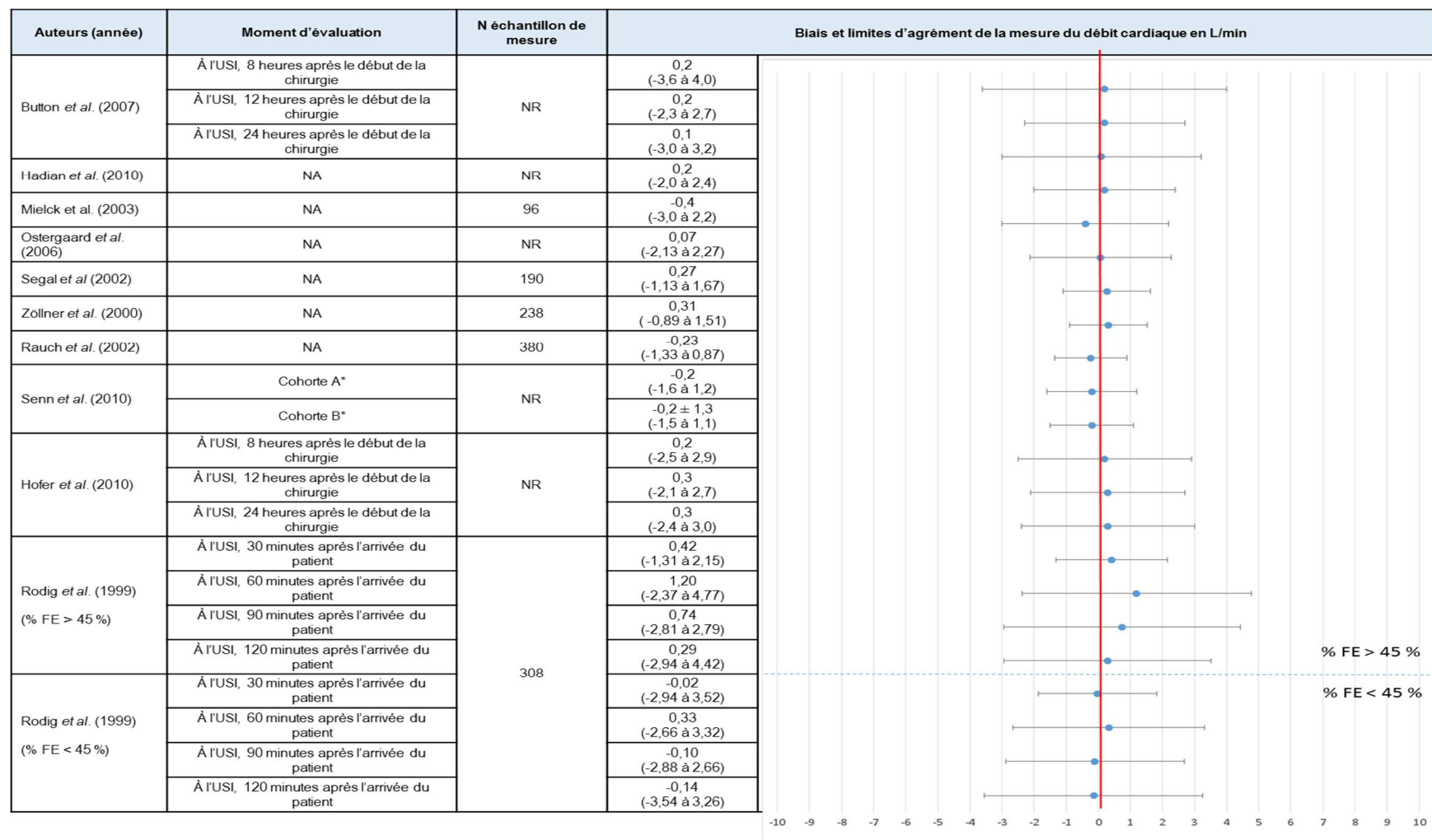
Les représentations graphiques des analyses de concordance entre le PiCCO® et la méthode par TDAP pour estimer la valeur du débit cardiaque ont été rapportées dans sept des études [18, 21-24, 26, 27]. Les différents graphiques de *Bland-Altman* sont disponibles à l'Annexe 5. Globalement, l'analyse de ces graphiques suggère une faible concordance entre les mesures de débit cardiaque estimées à l'aide du système de surveillance PiCCO® et celles estimées par la TDAP, et ce, quelle que soit la valeur moyenne du débit cardiaque entre les deux méthodes. On observe que la concordance des mesures a tendance à s'améliorer pour des valeurs moyennes de débit cardiaque entre quatre et cinq litres par minute. Cependant, au-delà de ces valeurs, on remarque que les valeurs de débit cardiaque mesurées à l'aide de l'appareil PiCCO® selon la méthode de TDTP ont tendance à être systématiquement plus basses ou plus élevées que celles mesurées avec la méthode de TDAP.

5.1.2.2.2 Biais et limites d'agrément

Dix études ont rapporté des résultats sur les biais et les limites d'agrément reliés à l'évaluation de la concordance de la mesure du débit cardiaque entre le PiCCO® et la méthode par TDAP [17, 18, 20-27]. La synthèse des résultats de ces analyses est présentée à la Figure 7. Le biais (d), ou la moyenne des différences de valeur de débit cardiaque, entre les deux méthodes varie selon les études de -0,23 L/min à +0,4 L/min. L'intervalle des valeurs de limites d'agrément varie de plus ou moins 1,1 à plus ou moins 3,8 L/min selon les études. L'intervalle de temps depuis le début de la chirurgie ou l'arrivée aux soins intensifs pour la prise de mesure du débit cardiaque ne semble pas influencer le biais ni les limites d'agrément (Figure 7). Aucun des auteurs des études recensées n'a fixé *a priori* de niveau cliniquement acceptable aux variations de la mesure du débit cardiaque pour juger des limites d'agrément, pas plus qu'ils ont discuté de l'acceptabilité clinique des valeurs observées.

La concordance des mesures du débit cardiaque évaluées par le PiCCO® et la méthode par TDAP dans des conditions reproduisant plus ou moins des conditions d'instabilité hémodynamique a été évaluée dans trois études [17, 25, 26]. Dans l'étude d'Hadian *et al.*, une sous-analyse a été effectuée chez un groupe de patients dont le débit cardiaque moyen était inférieur ou égal à 5 L/min [26]. Un biais de +0,27 L/min et des limites d'agrément variant de -1,57 L/min à +2,11 L/min ont été observés dans cette sous-population. Les auteurs de cette étude ont conclu que les deux méthodes n'étaient pas interchangeables pour des débits cardiaques inférieurs à 5 L/min. Dans l'étude de Senn *et al.*, les auteurs ont procédé à des mesures du débit cardiaque en fonction de différentes positions du patient (p. ex. : position de Trendelenburg) afin de recréer des conditions hémodynamiques moins favorables [25]. L'analyse des estimations du débit cardiaque des patients chez qui la tête avait été surélevée de 30 degrés suggère une meilleure concordance entre le PiCCO® et la méthode de thermodilution intermittente. Un biais de -0,1 L/min avec des écarts-types de plus ou moins 1,1 L/min entre les deux méthodes a été calculé par les auteurs. Toutefois, ces derniers mentionnent que cette condition expérimentale ne reproduisait pas entièrement une situation clinique d'instabilité hémodynamique pertinente. Une analyse de concordance dans une sous-population de patients (n = 13) ayant une fraction d'éjection ventriculaire inférieure à 45 % a été réalisée par Rodig *et al.* [17]. Les résultats suggèrent un biais inférieur dans le groupe ayant une fraction d'éjection ventriculaire inférieure à 45 %, et ce, peu importe la période de mesure après l'arrivée aux soins intensifs. Le biais variait de -0,02 L/min à +0,33 L/min avec des limites d'agrément de -3,54 L/min à +3,32 L/min dépendamment du moment d'évaluation de la mesure du débit cardiaque. Aucune comparaison statistique de la concordance entre les méthodes en fonction de la fraction d'éjection ventriculaire (< 45 % versus > 45 %) n'a été effectuée par les auteurs.

Figure 7. Synthèse des résultats globaux de concordance de la mesure du débit cardiaque entre le PiCCO® et la méthode par TDAP rapportés dans les études



USI : Unité de soins intensifs, FE : fraction d'éjection

*Dans cette étude, le système de surveillance PiCCO® était utilisé en concomitance avec le système FloTrac/Vigileo®. Le nom de la cohorte a été donné en fonction de la version du logiciel FloTrac® qui a été utilisée; Cohorte A : version 1.03 du logiciel FloTrac, Cohorte B : version 1.07 du logiciel FloTrac.

5.1.2.3 Pourcentage d'erreur

Le pourcentage d'erreur globale sur la mesure de concordance de la mesure du débit cardiaque a été rapporté dans cinq études [21, 23, 25-27]. Tous les auteurs ont utilisé le critère proposé par Critchley *et al.* pour établir si les méthodes étaient interchangeables [15]. Les résultats sont présentés au Tableau 5. Il s'agit de valeurs moyennes du pourcentage d'erreur puisque les résultats couvrent l'ensemble des mesures de débit cardiaque qui ont été obtenues tant pendant la période opératoire que postopératoire dans chacune des études. Le pourcentage d'erreur dans trois de ces études est près de la valeur seuil établie par Critchley *et al.* ($\leq 30\%$) [25-27] ou même inférieur à cette dernière [25].

Tableau 5. Synthèse des résultats rapportés dans les études concernant le pourcentage d'erreur relié à la mesure du débit cardiaque estimée par le PiCCO® comparativement à la méthode par TDAP

Auteurs, année [réf] (pays)	n patients / n mesures	Pourcentages d'erreur	Interchangeabilité des méthodes selon le critère de Critchley ($\leq 30\%$)
Hadian <i>et al.</i> , 2010[26] (États-Unis)	17 / NR	33,0 %	NON
Hofer <i>et al.</i> , 2010 [27] (Suisse)	26 / NR	34,0 %	NON
Senn <i>et al.</i> , 2008 [25] (Suisse)	25 / 100	25,5 %	OUI
Ostergarrd <i>et al.</i> , 2006 [23] (Danemark)	25 / NR	49,8 %	NON
Mielk <i>et al.</i> , 2003 [21] (Allemagne)	22 / 96	39,0 %	NON

NR : non rapporté

Appréciation des études originales

Globalement, les résultats des études originales où l'efficacité du système de surveillance PiCCO® a été comparée à celle de la méthode par TDAP pour la mesure du débit cardiaque indiquent que les valeurs obtenues sont relativement bien corrélées entre elles. Toutefois, l'analyse de concordance suggère une variation importante du biais (d), qui correspond à la moyenne des différences des valeurs de débit cardiaque entre ces méthodes, indiquant une possible surestimation ou une sous-estimation de la valeur du débit cardiaque avec le PiCCO®, et ce, peu importe le niveau de débit cardiaque mesuré. De même, les résultats sur le pourcentage d'erreur indiquent également que ces deux méthodes ne seraient pas nécessairement interchangeables en se basant sur le critère de 30 % de Critchley *et al.* [15]. Ce critère a toutefois fait l'objet de critiques dans la littérature par des cliniciens ayant une expertise en mesure du débit cardiaque [14, 15].

Les raisons pour expliquer ces résultats de concordance avec le PiCCO® sont nombreuses. Un premier volet concerne la stabilité de la mesure par l'appareil et les conditions dans lesquelles les mesures sont prises. Bien qu'à la base il s'agisse de techniques de surveillance dont la mesure repose sur une méthode par thermodilution, soit l'injection d'un bolus de solution glacée, le recueil de la température pour obtenir une valeur de débit cardiaque s'effectue dans le cas du PiCCO® dans une artère périphérique. Ainsi, la courbe de pression utilisée pour estimer les valeurs n'est pas celle de l'aorte mais celle d'une artère périphérique (p. ex. : artère fémorale). La calibration de l'appareil et le délai entre la mesure et la calibration sont également d'autres paramètres qui peuvent avoir eu une influence sur la fiabilité des données rapportées. Par exemple, les résultats d'une étude suggèrent que plus le délai entre les différentes périodes de calibration augmente, plus la concordance entre le débit cardiaque estimé par ces deux méthodes diminue [45]. Les études observationnelles recensées dans le cadre du présent rapport d'évaluation témoignent bien d'une hétérogénéité importante au regard de ces paramètres (Tableau 3). La recalibration de l'appareil PiCCO® a été effectuée aux huit heures dans certaines études tandis que d'autres l'ont fait selon une fréquence moindre. Certains auteurs recommandent une recalibration plus fréquente des appareils de surveillance de la volémie en contexte de soins intensifs puisque des changements significatifs se produisant sur le plan thérapeutique et de la condition physiologique des patients peuvent affecter les estimations du débit cardiaque [45]. Des différences ont également été observées dans les études concernant le mode d'utilisation du système de surveillance PiCCO® pour la mesure du débit cardiaque. Bien que dans la majorité des études répertoriées la sonde thermique ait été installée dans l'artère fémorale, d'autres accès artériels ont été privilégiés dont l'artère radiale ou

axillaire. Quoique peu documentées, ces modifications à la technique d'utilisation suggérée pourraient affecter l'estimation des valeurs de débit cardiaque [26].

La méthode de Bland-Altman en elle-même présente aussi certaines limites lorsque la variation de la différence des valeurs obtenues entre les deux méthodes (axe des Y) n'est pas homogène (hétéroscédasticité) à différents points sur l'axe des X qui correspond à la moyenne entre ces valeurs. Par exemple, dans le cas d'une distribution des points en forme de V sur l'axe horizontal, l'asymétrie alors observée peut mener à une inexactitude dans l'estimation de la valeur du biais. Afin de pallier à ce problème, une correction des données devrait être effectuée (p.ex: transformation logarithmique) afin de normaliser la distribution de la variance [46-49]. Les graphiques Bland-Altman dans les études répertoriées présentaient dans certains cas une distribution asymétrique des données [18, 20, 22], alors qu'il n'a pas été fait mention de correction pour le calcul de la valeur du biais. De plus, la méthode de Bland-Altman ne serait pas optimale pour effectuer une analyse de mesures répétées. Cette technique a d'abord été développée pour la comparaison de mesures indépendantes les unes des autres. Ainsi, l'analyse de 250 mesures paires provenant de 20 sujets regroupées dans un même graphique Bland-Altman peut conduire à une sous-estimation des limites d'agrément puisque les mesures répétées chez un même sujet sont corrélées entre-elles réduisant par le fait même la variation. Des techniques d'analyse statistiques sont suggérées dans un tel cas afin de tenir compte de la variation intra-sujet [46, 50, 51]. Les études répertoriées ont présenté des graphiques de Bland-Altman sur des mesures répétées de débit cardiaque chez les mêmes patients. Aucune méthode de correction n'a été rapportée par ces auteurs laissant supposer que les valeurs de biais et de limites d'agrément rapportées pourraient surestimer la performance diagnostique du PiCCO® [18, 20-22]. De plus, dans certaines études, le nombre de mesures effectuées n'est pas mentionné par les auteurs [23, 26, 27].

L'analyse des différentes études portant sur la performance diagnostique du système de surveillance PiCCO® suggèrent également que l'ensemble des données probantes disponibles sont hétérogènes au plan méthodologique et clinique. La qualité méthodologique des études varie de faible à très faible. Les principales limites identifiées résident dans la diversité des devis expérimentaux, le manque de description des populations étudiées et l'absence de prise en considération des facteurs confondants dans les analyses. Sur le plan de la population étudiée, on remarque d'ailleurs que, à l'exception d'une étude [17], les mesures du débit cardiaque ont été réalisées chez des patients ayant une fraction d'éjection ventriculaire en moyenne au-dessus de 45 %. Les données disponibles sur la performance diagnostique du PiCCO® ne permettent pas de se prononcer sur la fiabilité des mesures de débit cardiaque pour des patients en soins intensifs ayant une fraction d'éjection ventriculaire inférieure à 45 %. De plus, l'application des résultats au plan clinique est difficile à apprécier. En effet, aucun des auteurs des études n'a défini *a priori* quelles différences maximales entre les deux méthodes de mesure pouvaient être jugées cliniquement acceptables pour la surveillance du débit cardiaque. De même, les variations observées dans la mesure n'ont pas fait non plus l'objet de discussion par les auteurs pour en saisir la portée au plan du management clinique.

Considérant l'ensemble des limites observées, l'analyse des études originales portant sur la performance diagnostique du PiCCO® soulève de l'incertitude sur la fiabilité de la mesure du débit cardiaque avec ce type d'appareil semi-invasif de surveillance hémodynamique. Cependant, la qualité des données disponibles ne permet pas non plus de conclure à l'imprécision et à l'inexactitude de la mesure avec l'utilisation d'un appareil PiCCO®. Plusieurs éléments notamment en lien avec l'objet mesuré (débit cardiaque), l'observateur, la technique de calibration, l'étalon de référence (TDAP) et la condition du patient incluant la fraction d'éjection ventriculaire, sont autant de facteurs potentiellement confondants dans l'évaluation de la performance diagnostique dont les effets ne sont pas suffisamment documentés pour le moment. La qualité des données soulève également de l'incertitude sur la transférabilité des résultats du PiCCO® à une population de soins intensifs autre que celle de chirurgie cardiaque.

5.1.3 Étude de cohorte prospective

Uchino *et al.* (2013)

L'objectif de l'étude d'Uchino *et al.* était de comparer les résultats cliniques des patients ayant fait l'objet d'une surveillance hémodynamique par la méthode de TDAP ou par le PiCCO® [28]. Cette étude prospective multicentrique a été réalisée entre mars 2003 et avril 2004 dans huit USI provenant de quatre pays différents (cinq en Australie, une au Royaume-Uni, une en Belgique et une au Japon). Les patients qui, à leur arrivée aux soins intensifs, avaient déjà en place un cathéter de type Swan-Ganz ou celui spécifique au système de surveillance PiCCO®, étaient éligibles pour participer. Les critères d'exclusion incluaient l'utilisation de la thermodilution dans un contexte autre que les soins intensifs, d'une membrane extracorporelle d'oxygénation ou d'un dispositif d'assistance ventriculaire. Le choix de la méthode de surveillance était laissé à la discrétion du clinicien. La collecte des données, réalisée à l'aide de formulaires standardisés, était révisée quotidiennement par un interniste. L'information colligée incluait notamment la date d'admission à l'hôpital et aux soins intensifs, la date de l'insertion et du retrait du cathéter, les comorbidités, le nombre de jours sous ventilation mécanique, les paramètres hémodynamiques, la balance fluïdique, la date de sortie des soins intensifs et de fin de l'hospitalisation, de même que la mortalité hospitalière. Il y a eu 331 participants au total soit 192 suivis à l'aide du système de surveillance PiCCO® et 150 avec la méthode par TDAP. Les principales indications incluaient le choc septique, le choc cardiogénique, autre type de choc, la surcharge liquidienne, le syndrome de détresse respiratoire aigüe et l'embolie pulmonaire. Parmi les huit centres, un utilisait exclusivement le PiCCO®, deux exclusivement la méthode par TDAP et cinq les deux techniques.

Les caractéristiques démographiques détaillées des participants de cette étude sont présentées à l'Annexe 6. Sommairement, en comparaison avec le groupe monitoré à l'aide de la méthode par TDAP, les patients suivis à l'aide du système PiCCO® étaient en moyenne plus âgés (68 versus 64 ans; $p=0,0037$), recevaient davantage d'agents inotropes (37,3 % versus 13 %; $p<0,0001$) et avaient un index cardiaque inférieur (2,6 versus 3,2 L/min/mm²; $p<0,0001$). Les résultats indiquent que les techniques de monitoring hémodynamique étaient préférentiellement utilisées pour un type de population en particulier soit la méthode par TDAP dans la prise en charge des problèmes cardiaques et le PiCCO® pour les chocs septiques. En comparaison avec la méthode de surveillance par TDAP, l'utilisation du PiCCO® était associée à un bilan liquidien positif (659 ml/jour versus 350 ml/jour en moyenne), un nombre de jours inférieur sans ventilation mécanique (12 versus 21 jours par période de 28 jours) et un taux de mortalité hospitalière plus élevé (45,8 % versus 36,8 %). Des analyses multivariées ont été réalisées pour évaluer l'impact du choix de la méthode de surveillance hémodynamique (TDAP versus PiCCO®) sur le bilan liquidien et la mortalité hospitalière. Même en contrôlant pour les différents facteurs confondants, le choix de la méthode de surveillance n'était pas associé aux indicateurs de santé. Seul le bilan liquidien était un facteur indépendant de la mortalité hospitalière.

Appréciation de l'étude de cohorte prospective

Du point de vue méthodologique, l'étude d'Uchino *et al.* est de bonne qualité méthodologique. Les objectifs de l'étude ainsi que la contextualisation sont bien décrits, le recrutement est adéquat, les critères d'inclusion et d'exclusion sont bien rapportés. Bien que cette étude ne porte pas spécifiquement sur la performance diagnostique de l'appareil, elle a été jugée pertinente en raison de la comparaison entre le PiCCO® et la méthode par TDAP sur des indicateurs de suivi en clinique (bilan liquidien, mortalité hospitalière). En effet, cette étude apporte un certain éclairage sur l'utilisation de deux méthodes de surveillance en condition réelle ainsi qu'un aperçu des impacts cliniques reliés à leur usage. Les résultats indiquent que la population dans laquelle le moniteur PiCCO® est utilisé pour la surveillance du débit cardiaque diffère de celle par TDAP. Lorsque contrôlées pour différents facteurs confondants, les analyses suggèrent que la surveillance hémodynamique à l'aide du PiCCO® ne serait pas associée à une diminution de la mortalité. Il serait par contre prudent de ne pas tenter de généraliser ces résultats à tous les contextes d'utilisation des appareils semi-invasifs de la surveillance hémodynamique. Des données additionnelles sont nécessaires pour juger de la pertinence de ce type de technologie.

5.2 Guide de pratique clinique

Aucun guide de pratique canadien ou nord-américain concernant l'utilisation du PiCCO® n'a été identifié lors de la recherche documentaire. Un guide de pratique clinique publié en 2011 par la Société brésilienne de cardiologie a été répertorié [29]. Il porte sur l'ensemble des procédures d'évaluation peropératoire pour les chirurgies cardiaques à risque. Les recommandations portant spécifiquement sur la surveillance du débit cardiaque en période peropératoire et l'utilisation des appareils semi-invasifs de surveillance hémodynamique sont présentées au Tableau 6.

En fonction des critères issus de la grille d'évaluation AGREE-II [4], ce guide de pratique est jugé de faible qualité méthodologique. Parmi les limites identifiées, mentionnons que les méthodes de recherche de preuves scientifiques ne sont pas décrites, les critères de sélection des preuves ne sont pas mentionnés, les méthodes pour formuler les preuves ne sont pas décrites et les preuves scientifiques sur lesquelles reposent les recommandations sont ambiguës. Par ailleurs, malgré le fait que les recommandations portent sur la surveillance du débit cardiaque par l'utilisation d'appareils semi-invasifs de surveillance hémodynamique, les études sur lesquelles reposent les preuves ne ciblent pas l'indicateur d'intérêt, soit le débit cardiaque, ni l'utilisation du PiCCO® en particulier. De plus ces études sont de faibles qualités méthodologiques.

Tableau 6. Recommandations pour la surveillance et la mesure du débit cardiaque en période peropératoire selon la Société brésilienne de cardiologie

Recommandations	Degré de recommandation/Niveau de preuve	Références appuyant les recommandations
Une mesure minimalement invasive pour le débit cardiaque peut être réalisée en utilisant les appareils FloTrac®/Vigileo®, LiDCOplus® ou le PiCCO®	Degré de recommandation IIa (bénéfices >> risques; le choix de la procédure peut aider le patient) Niveau de preuve B : un ECR ou un essai clinique non randomisé	[52] [†] , [53] [‡]
L'optimisation du débit cardiaque en période peropératoire peut être effectuée de façon non-invasive en utilisant les appareils FloTrac®/Vigileo®, LiDCOplus® ou PiCCO® chez les patients à risque élevé	Niveau de recommandation IIb (bénéfices > risques; non défini si la procédure peut aider le patient) Niveau de preuve C : consensus d'experts ou séries de cas ou rapport de cas	[53] [‡]

[†] Série de cas portant sur la comparaison de l'efficacité du FloTrac®/Vigileo® et du LiDCO pour la mesure de la variation du volume systolique en période postopératoire chez 15 patients.

[‡] Série de cas portant sur l'utilisation du FloTrac®/Vigileo® pour la mesure du débit cardiaque, du volume systolique et de la variation du volume systolique lors de la réponse fluidique chez 20 patients ayant un score ASA de I ou II.

5.3 Études en cours ou non publiées

Aucune étude en cours n'a été répertoriée sur l'évaluation de la performance diagnostique du PiCCO® auprès de la population d'intérêt visée par ce rapport d'évaluation.

6. DISCUSSION

Les variations du volume circulant sont fréquentes chez les patients aux soins intensifs et elles nécessitent une surveillance étroite afin de diminuer les délais d'intervention pour maintenir une bonne perfusion des organes. La surveillance hémodynamique à l'aide d'un appareil portable fait partie des moyens diagnostiques proposés pour guider la prise de décision clinique, par exemple en ce qui concerne l'administration liquidienne parentérale. Bien que ces appareils soient homologués pour leur utilisation dans les milieux de soins, des préoccupations demeurent quant à leur impact pour améliorer les indicateurs de santé.

L'UETMIS du CHU de Québec a été sollicitée par la Direction clientèle - Soins intensifs, traumatologie et neurosciences afin d'évaluer la pertinence des appareils semi-invasifs utilisés pour la surveillance hémodynamique chez les personnes en phase critique admises aux soins intensifs. Contrairement à ce qui avait été prévu initialement dans le plan d'évaluation, la rareté des données probantes disponibles sur l'utilité clinique mais également sur la performance diagnostique des appareils semi-invasifs de surveillance hémodynamique a amené le groupe de travail interdisciplinaire à cibler, dans un premier temps, la recherche sur le PiCCO®. Suivant la présentation de la synthèse des connaissances au groupe de travail, qui a mis en évidence la faiblesse des données probantes et l'incertitude quant à la performance diagnostique du PiCCO®, un consensus s'est dégagé à l'effet de ne pas entreprendre les étapes subséquentes du projet d'évaluation. L'analyse et l'interprétation des informations issues de la recherche documentaire de même que les échanges avec le groupe de travail interdisciplinaire ont conduit au constat suivant:

Les données actuelles sur la surveillance hémodynamique à l'aide d'un appareil PiCCO® sont insuffisantes pour établir la performance diagnostique

La performance diagnostique d'un appareil peut s'établir en comparant les résultats d'intérêt clinique obtenus lors d'une évaluation avec ceux d'une autre méthode de mesure reconnue [54]. Tel que décrit précédemment, deux éléments clés constituent la base de l'évaluation de la performance diagnostique d'un appareil, soit l'exactitude (*accuracy*) et la précision [54, 55]. L'évaluation de l'exactitude et de la précision dépendent de facteurs clés qui doivent être pris en considération lors de l'analyse des études de performance d'appareils de surveillance hémodynamique, soit l'évaluation de la méthode de comparaison (devis des études, analyses et interprétation statistiques), la précision et l'exactitude de la méthode de référence, la population étudiée et le contexte clinique, c'est-à-dire les conditions dans lesquelles l'expérimentation a lieu et qui devraient se rapprocher le plus possible des conditions d'utilisation réelles de l'appareil diagnostique [54]. Le respect de ces éléments est très important lors de la mesure de paramètres hémodynamiques et en particulier dans une population instable.

Plusieurs limites concernant l'évaluation de la méthode de comparaison du PiCCO® ont été relevées dans la littérature répertoriée. En effet, les études ont inclus un petit nombre de participants (entre 14 et 31) de même qu'un nombre limité de mesures (entre 96 et 380) alors que, pour certaines, le nombre de mesures du débit cardiaque effectuées n'était pas rapporté [23, 26, 27]. De plus, à l'exception de celle sur les grands brûlés, les autres études se sont déroulées dans un contexte clinique limité au domaine de la post-chirurgie cardiaque ($n = 10$). Ces éléments contribuent à réduire la puissance des études et, par le fait même, la capacité à observer une concordance entre les méthodes. La possibilité de traiter ensemble cette information est également grandement réduite par la diversité des devis expérimentaux. Plusieurs paramètres importants en lien avec la période de temps où la mesure est effectuée, l'intervalle entre les mesures et la fréquence des calibrations sont hétérogènes ou ne sont pas rapportés. Ces aspects sont importants à considérer pour la fiabilité des résultats notamment dans un contexte de changement hémodynamique possible [56, 57].

Plusieurs lacunes sont également observables dans les études répertoriées au regard des résultats sur la précision et l'exactitude qui sont au cœur même de l'évaluation de la performance diagnostique. Comme on peut le constater, peu d'auteurs ont rapporté l'ensemble des informations permettant de juger de la précision et de l'exactitude du PiCCO®, soit le résultat de corrélation, l'interprétation de la représentation graphique de *Bland-Altman*, les données de concordance avec le biais et les limites d'agrément et, finalement, le pourcentage d'erreurs. De plus, aucun des auteurs des études recensées n'a déterminé *a priori*, ni analysé *a posteriori*, l'acceptabilité clinique des limites d'agrément présentées. L'analyse des données disponibles suggère que, dans les contextes des études répertoriées, la valeur du débit cardiaque obtenue par la méthode du PiCCO® a tendance à être soit supérieure, soit inférieure à la valeur mesurée par la méthode

par TDAP lorsque l'on s'éloigne des valeurs moyennes de débit cardiaque entre 4 et 5 L/min. Dans le cas présent, les valeurs de débit cardiaque avec le PiCCO® sont probablement précises mais inexactes en comparaison avec la méthode de référence par TDAP. Tel que mentionné précédemment, il faut demeurer prudent dans l'interprétation de cette information sur la performance diagnostique du PiCCO® en raison de la faible qualité des études disponibles.

La méthode de référence est également un facteur très important à considérer dans l'évaluation de la performance diagnostique d'une technologie. Les détails des analyses du débit cardiaque avec la méthode de référence par TDAP dont la calibration de l'appareil, la façon dont les mesures ont été effectuées et le nombre de réplicas effectués sont en général limités ou ne sont pas rapportés. Or, selon des auteurs, au minimum quatre mesures seraient nécessaires pour obtenir une précision adéquate avec la TDAP. Les variations de la mesure du débit cardiaque reliées au choix de la méthode de référence figurent aussi parmi les paramètres d'influence lors de l'évaluation de la performance diagnostique d'une technologie. Idéalement, la méthode de référence sélectionnée devrait être en mesure de fournir des données à la fois précises et exactes sur l'indicateur d'intérêt.

Bien que la surveillance du débit cardiaque par TDAP soit considérée comme la méthode de référence en pratique clinique, l'utilisation de cette technique demeure controversée. Des auteurs ont rapporté que les valeurs de débit cardiaque obtenues par la méthode de TDAP avaient tendance à être surestimées en particulier pour les faibles valeurs de débit cardiaque [58]. Des facteurs pouvant influencer la précision de la mesure avec la méthode par TDAP ont été documentés dans la littérature dont l'insuffisance valvulaire, la ventilation mécanique ainsi que l'expérience du manipulateur [59, 60]. L'utilité clinique de la surveillance hémodynamique par la méthode de TDAP est également un sujet de controverse [12, 61, 62]. En effet, les résultats de trois revues systématiques portant sur l'utilisation du cathéter artériel pulmonaire chez des adultes hospitalisés aux soins intensifs suggèrent que la surveillance hémodynamique par la méthode de TDAP n'aurait pas d'effet bénéfique sur la mortalité, la durée d'hospitalisation et la durée du séjour aux soins intensifs [12, 61, 62]. Les résultats de l'étude de cohorte rapportée dans le présent rapport vont d'ailleurs dans la même direction quant aux impacts du PiCCO® et de la méthode par TDAP sur les indicateurs de santé. Cependant, les résultats disponibles n'écartent pas la possibilité qu'il puisse y avoir des raisons valables dans certaines circonstances d'utiliser un cathéter artériel pulmonaire pour la clientèle des soins intensifs. Tout comme dans le cas du PiCCO®, ces appareils produisent de l'information diagnostique sur les paramètres hémodynamiques dans le but de guider la décision du clinicien sur la meilleure approche thérapeutique. Ainsi, d'autres facteurs qui interviennent dans cette équation et qui ne sont pas contrôlés dans les études primaires pourraient avoir pour impact de minimiser l'effet attribuable à ces technologies de surveillance sur les indicateurs de santé. L'absence de bénéfice documenté avec l'usage du cathéter artériel pulmonaire ou de tout autre appareil de surveillance hémodynamique semi-invasif devrait également être analysée et mise en balance au regard des risques encourus par le patient.

Tel que mentionné précédemment, la population étudiée et le contexte clinique devraient se rapprocher le plus possible des conditions d'utilisation réelles de la technologie diagnostique. La population ciblée par le groupe de travail est celle des patients instables admis sur des USI pour diverses indications dont le choc septique, le choc cardiogénique, le choc hypovolémique et la défaillance pulmonaire aigüe. Les populations incluses dans les études répertoriées, à l'exception d'une seule étude [17], étaient composées de patients majoritairement dans un état hémodynamique stable, admis sur des USI en raison d'une chirurgie cardiaque. D'ailleurs, la plupart de ces études excluaient les patients ayant une fraction d'éjection ventriculaire de 45 % et moins. De plus, très peu de détails ont été rapportés sur les co-interventions, la condition clinique et les comorbidités des populations étudiées. À la lumière de cette analyse, on peut difficilement généraliser les résultats de ces études à la population et au contexte clinique qui ont été ciblés au départ pour la réalisation de ce projet d'évaluation.

Malgré ce constat, des appareils semi-invasifs de surveillance hémodynamique sont disponibles au Canada et déjà utilisés dans certains milieux hospitaliers sur la présomption qu'ils sont utiles pour soutenir la prise de décision clinique. Or, aucune des études répertoriées n'a évalué spécifiquement la performance clinique de ces appareils notamment quant à la réponse à la thérapie de remplacement liquidienne en fonction de la mesure du débit cardiaque. En absence de donnée valable sur la performance diagnostique et sur la validité clinique, il est difficile pour le moment de statuer sur la valeur ajoutée de ce type d'appareil pour la surveillance du débit cardiaque aux soins intensifs. En ajout aux données relatives à la performance diagnostique et clinique, d'autres paramètres importants devraient également être considérés lors de la prise de décision d'introduire ou non un nouvel équipement. Par exemple, des considérations telles que la conformité avec le Programme de prévention et contrôle des infections (PPCI), la compatibilité avec les équipements actuels et les contraintes organisationnelles devraient être évaluées avant l'introduction d'une nouvelle technologie [63].

En somme, la qualité méthodologique des études répertoriées, l'incertitude reliée à la méthode de comparaison ainsi que le contexte clinique et la population étudiés limitent la généralisation des présents résultats au contexte clinique et la population cible des soins intensifs du CHU de Québec. De plus, les données probantes disponibles ne permettent pas de conclure sur la performance diagnostique de l'appareil PiCCO® pour la mesure du débit cardiaque aux soins intensifs pour des populations instables. Plusieurs questions demeurent pour le moment sans réponse quant à l'utilité clinique de ces appareils dans les milieux de soins.

7. RECOMMANDATIONS

Recommandation 1

Considérant que:

Selon l'état actuel des connaissances :

- les études sur la performance diagnostique du système de surveillance PiCCO®
 - a. sont hétérogènes
 - b. présentent plusieurs limites méthodologiques et conceptuelles
 - c. ne tiennent pas compte des facteurs pouvant influencer la mesure tels que la présence de comorbidités, la prise de médication ou les raisons d'hospitalisation
 - d. ne ciblent pas spécifiquement la population d'intérêt;
 - e. ne permettent pas de statuer sur la performance ou la non-performance diagnostique de ce type de système de surveillance hémodynamique;
- l'acceptabilité clinique des limites d'agrément lors de l'évaluation de la concordance n'a pas été déterminée *a priori* ni discutée par les auteurs des études;
- la méthode de référence dans les études de concordance sur le PiCCO®, soit l'utilisation du cathéter artériel pulmonaire et de la TDAP, fait l'objet d'incertitude quant aux bénéfices cliniques liés à son utilisation chez des adultes aux soins intensifs;
- les moyens pour juger de la perfusion tissulaire aux soins intensifs et assurer une surveillance hémodynamique adéquate sont limités pour guider la prise de décision clinique;

Il est recommandé au CHU de Québec de ne pas introduire en pratique clinique courante d'appareil semi-invasif de surveillance hémodynamique basé sur l'analyse du contour de l'onde de pouls, tel que le PiCCO®, pour le monitoring aux soins intensifs des patients en phase critique.

Recommandation 2

Considérant que:

- les études ne permettent pas de statuer sur la performance diagnostique des appareils semi-invasifs de surveillance basés sur l'analyse du contour de l'onde de pouls chez les patients aux soins intensifs dans un état d'instabilité hémodynamique;
- la surveillance hémodynamique constitue un élément important dans la prise en charge optimale des patients admis aux soins intensifs;
- les moyens pour juger de la perfusion tissulaire aux soins intensifs et assurer une surveillance hémodynamique adéquate sont limités pour guider la prise de décision clinique;
- les appareils semi-invasifs de mesure des paramètres hémodynamiques basés sur l'analyse du contour de l'onde de pouls représentent une alternative moins invasive que la méthode par TDAP;
- d'autres paramètres hémodynamiques ayant un intérêt clinique peuvent être mesurés à l'aide des appareils semi-invasifs de surveillance hémodynamique tels que le volume télédiastolique global et l'évaluation de l'eau pulmonaire extravasculaire;
- les preuves de l'efficacité et de la sécurité des appareils semi-invasifs de surveillance hémodynamique chez les patients en phase critique admis aux soins intensifs doivent être appuyées par des données probantes de bonne qualité méthodologique;
- l'état actuel des données probantes ne permet pas de déterminer les avantages pour les cliniciens, l'organisation et les patients reliés à l'utilisation des appareils semi-invasifs de surveillance hémodynamique;
- d'autres éléments liés au contexte du CHU de Québec tels que les coûts, les impacts organisationnels de même que les barrières et facilitateurs liés à l'introduction de cette technologie ne sont pas documentés;
- le CHU de Québec doit se distinguer parmi les meilleurs en atteignant les niveaux académiques supérieurs dans les secteurs spécialisés et surspécialisés.

Il est recommandé aux cliniciens des unités de soins intensifs du CHU de Québec de mettre sur pied un projet d'évaluation terrain avec développement de la preuve visant à évaluer l'efficacité, l'innocuité et les impacts organisationnels reliés à l'utilisation des appareils semi-invasifs pour la surveillance hémodynamique dans les unités de soins intensifs.

8. CONCLUSION

L'objectif de ce rapport était d'évaluer la performance diagnostique et clinique des appareils de surveillance hémodynamique semi-invasifs basés sur l'analyse du contour de l'onde de pouls chez la clientèle des soins intensifs en phase critique. Les données probantes actuellement disponibles ne permettent pas de statuer sur la performance diagnostique d'un de ces appareils ciblés (PiCCO®). Plusieurs lacunes ont été relevées aux plans méthodologique, clinique et de la population étudiée dans les études primaires qui limitent la portée des résultats concernant l'évaluation de l'exactitude et de la précision des études de performance des appareils de surveillance hémodynamique. À la lumière des connaissances actuelles, l'UETMIS ne recommande pas d'introduire en pratique clinique l'utilisation d'appareils semi-invasifs de surveillance hémodynamique utilisant l'analyse de la mesure du contour de l'onde de pouls. Toutefois, considérant les moyens limités aux soins intensifs pour juger de la perfusion tissulaire et de l'intérêt clinique pour la surveillance en continu de certains paramètres hémodynamiques, l'UETMIS considère que cette technologie diagnostique devrait faire l'objet d'un projet d'évaluation terrain avec développement de la preuve, et ce, en particulier pour la clientèle en phase critique aux soins intensifs. Pour ce faire, l'amélioration au CHU de Québec de la structure de recherche clinique et d'évaluation terrain pour offrir un meilleur accompagnement aux cliniciens non chercheurs serait souhaitable, de même que le développement de bases de données plus performantes pour soutenir la réalisation de tels projets. La collaboration avec d'autres centres hospitaliers universitaires au Québec qui ont un intérêt pour ce type de technologie utilisé aux soins intensifs devrait également être envisagée pour accroître la capacité de réalisation.

ANNEXE 1. SITES INTERNET CONSULTÉS POUR LA RECHERCHE DE LA LITTÉRATURE GRISE

Acronyme	Nom	Pays (province)	Site Internet	Résultat de la recherche (n)
Mots-clés : Français: PiCCO®, thermodilution, surveillance débit cardiaque Anglais: PiCCO®, thermodilution, cardiac output monitoring				
Sites Internet généraux visités				
ACMTS	Agence canadienne des médicaments et des technologies de la santé	Canada	http://www.cadth.ca/fr	1
AHRQ	Agency for Healthcare Research and Quality	États-Unis	http://www.ahrq.gov/	1
ANSM	Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé	France	http://ansm.sante.fr/	0
AHTA	Adelaide Health Technology Assessment	Australie	http://www.adelaide.edu.au/ahta/	0
CEBM	Centre for Evidence-based Medicine	Royaume-Uni	http://www.cebm.net/	0
ETMIS- CHUM	Direction de la qualité, de l'évaluation, de la performance et de la planification stratégique du Centre hospitalier de l'Université de Montréal	Canada (Québec)	http://www.chumontreal.qc.ca/patients-et-soins/a-propos-du-chum/les-directions-du-chum/dgepps/etmis	0
HAS	Haute Autorité de Santé	France	http://www.has-sante.fr	0
HSAC	Health Services Assessment Collaboration	Nouvelle-Zélande	http://www.healthsac.net/aboutus/aboutus.htm	0
INESSS	Institut national d'excellence en santé et en services sociaux	Canada (Québec)	http://www.inesss.qc.ca/	0
KCE	Centre fédéral d'expertise des soins de santé	Belgique	http://www.kce.fgov.be/	0
MSAC	Medical Services Advisory Committee	Australie	http://www.msac.gov.au/	2
NGC	National Guidelines Clearinghouse	États-Unis	http://www.guidelines.gov/	1
NICE	National Institute for Health and Clinical Excellence	Royaume-Uni	http://www.nice.org.uk/	0
NIHR HTA	National Institute for Health Research Health Technology Assessment programme	Royaume-Uni	http://www.hta.ac.uk/	0
NZHTA	New Zealand Health Technology Assessment	Nouvelle-Zélande	http://www.otago.ac.nz/christchurch/research/nzhta/	0
OHTAC	Ontario Health Technology Advisory Committee	Canada (Ontario)	http://www.hqontario.ca/evidence	0
OMS	Organisation mondiale de la Santé	International	http://www.who.int/fr/	0
SIGN	Scottish Intercollegiate Guidelines Network	Écosse	http://www.sign.ac.uk/	0
TAU-MUHC	Technology Assessment Unit-McGill University Health Centre	Canada (Québec)	http://www.mcgill.ca/tau/	0
UETMIS-CIUSSS de l'Estrie-CHUS	UETMIS du Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de l'Estrie- Centre hospitalier universitaire de Sherbrooke	Canada (Québec)	http://www.chus.qc.ca/academique-ruis/evaluation-des-technologies/	0
VORTAL	HTAi vortal	États-Unis	http://vortal.htai.org/?q=search_websites	4

Acronyme	Nom	Pays (province)	Site Internet	Résultat de la recherche (n)
Sites Internet d'organismes et d'associations professionnelles spécifiques au sujet				
Soins intensifs				
CCCS	<i>Canadian Critical Care Society</i>	Canada	www.canadiancriticalcare.org	0
ESCIM	<i>European Society for Intensive Care Medicine</i>	Belgique	www.esicm.org	1
ICS	<i>The Intensive Care Society</i>	Royaume-Uni	www.ics.ac.uk	0
SCCM	<i>Society of Critical Care Medicine</i>	États-Unis	www.sccm.org	0
Anesthésiologie				
AAQ	Association des anesthésiologistes du Québec	Canada (Québec)	www.aaq-quebec.ca	0
APSF	<i>Anesthesia Patient Safety Foundation</i>	États-Unis	www.apsf.org	0
ASRA	<i>American Society of Regional Anesthesia</i>	États-Unis	https://www.asra.com	0
CAS	<i>Canadian Anesthesiologists' Society</i>	Canada	www.cas.ca	0
IARS	<i>International Anesthesia Research Society</i>	États-Unis	www.iars.org	0
SAMBAHQ	<i>Society for Ambulatory Anesthesia</i>	États-Unis	www.sambahq.org	0
WFAHQ	<i>World Federation of Societies of Anaesthesiologists</i>	Royaume-Uni	www.wfsahq.org	0
Grands brûlés				
ABA	<i>American Burn Association</i>	États-Unis	www.ameriburn.org/	0
EBA	<i>European Burns Association</i>		www.euroburn.org	0
NOMBRE DE DOCUMENTS RÉPERTORIÉS				10

Dernière recherche effectuée le 3 novembre 2015

Recherche complémentaire (bibliographie et sources complémentaires)

Noms	Site Internet	Résultat de la recherche (n)
Mots-clés : PiCCO®, thermodilution, cardiac output monitoring		
Les 10 premières pages		
<i>Google Scholar</i>	http://scholar.google.ca/	19
<i>Open Access journals</i>	http://www.scirp.org	1
NOMBRE DE DOCUMENTS RÉPERTORIÉS		20

Dernière recherche effectuée le 3 novembre 2015

ANNEXE 2. STRATÉGIES DE RECHERCHE DOCUMENTAIRE DANS LES BASES DE DONNÉES INDEXÉES

Medline (PubMed)

Recherche	Stratégies
#1	"PiCCO monitoring" OR "PiCCO" OR "PiCCO plus" OR "PiCCO technology" OR "PiCCO measurement" OR "arterial pulse contour analysis" OR "Pulse Wave Analysis"[Mesh] OR "Thermodilution"[Mesh] OR "Thermodilution"
#2	"Flotrac" OR "Vigileo" OR "Flotrac measurement" OR "Vigileo measurement" OR "Flotrac monitoring" OR "Vigileo monitoring" OR "Flotrac-Vigileo" OR "Flotrac/Vigileo" OR "Pulse Wave Analysis"[Mesh] OR "arterial pulse contour analysis"
#3	"LiDCO monitoring" OR "LiDCO" OR "LiDCO technology" OR "LiDCO measurement" OR "lithium dilution" OR "LiDCOrapid" OR "LiDCOplus/PulseCO system" OR "Pulse Wave Analysis"[Mesh] OR "arterial pulse contour analysis"
#4	(#1 OR #2 OR #3)
#5	#4 + Limites français/anglais

- 2797 documents recensés, recherche effectuée entre le 1^{er} janvier 2000 et le 2 février 2015
- 170 documents recensés, recherche effectuée entre le 2 février et le 31 août 2015
- 50 documents recensés, recherche effectuée entre le 31 août et le 3 novembre 2015

Embase

Recherche	Stratégies
#1	'picco'/exp OR 'picco' OR 'picco plus' OR 'arterial pulse contour analysis' OR 'thermodilution'/exp OR 'thermodilution device'/exp OR 'thermodilution device' OR 'fiberoptic oximeter catheter'/exp
#2	'flotrac' OR 'vigileo' OR 'arterial pulse contour analysis'
#3	'lidco' OR 'lithium dilution' OR 'lidcorapid' OR 'lidcoplus/pulseco system' OR 'arterial pulse contour analysis' OR 'fiberoptic oximeter catheter'/exp
#4	(#1 OR #2 OR #3) AND ([article]/lim OR [article in press]/lim) AND ([english]/lim OR [french]/lim) AND [embase]/lim AND [2000-2015]/py

- 1467 documents recensés, recherche effectuée entre le 1^{er} janvier 2000 et le 2 février 2015
- 1374 documents recensés, recherche effectuée entre le 2 février et le 31 août 2015
- 240 documents recensés, recherche effectuée entre le 31 août et le 3 novembre 2015

Librairie Cochrane

Recherche	Stratégies
#1	MeSH descriptor: [Pulse Wave Analysis] explode all trees
#2	MeSH descriptor: [Thermodilution] explode all trees
#3	'PiCCO monitoring' or 'PiCCO' or 'PiCCO plus' or 'PiCCO technology' or 'PiCCO measurement' or 'arterial pulse contour analysis' or 'Thermodilution'
#4	#1 OR #2 OR #3
#5	'Flotrac' or 'Vigileo' or 'Flotrac measurement' or 'Vigileo measurement' or 'Flotrac monitoring' or 'Vigileo monitoring' or 'Flotrac Vigileo' or 'arterial pulse contour analysis'
#6	#1 OR #5
#7	'LiDCO monitoring' or 'LiDCO' or 'LiDCO technology' or 'LiDCO measurement' or 'lithium dilution' or 'LiDCOrapid' or 'LiDCOplus PulseCO system' or 'arterial pulse contour analysis'
#8	#1 OR #7
#9	#4 OR #6 OR #8
#10	#9 + Limites : Publication Year from 2000 to 2015, in Cochrane Reviews (Reviews only), Other Reviews, Trials and Technology Assessments

- 306 documents recensés, recherche effectuée entre le 1^{er} janvier 2000 et le 2 février 2015
- 2 documents recensés, recherche effectuée entre le 2 février et le 31 août 2015
- 0 document recensé, recherche effectuée entre le 31 août et le 3 novembre 2015

Centre for Reviews and Dissemination

Recherche	Stratégies
#1	MeSH descriptor: [Pulse Wave Analysis] explode all trees
#2	MeSH descriptor: [Thermodilution] explode all trees
#3	(PiCCO monitoring OR PiCCO OR PiCCO plus OR PiCCO technology OR PiCCO measurement OR arterial pulse contour analysis OR Thermodilution)
#4	#1 OR #2 OR #3
#5	(Flotrac OR Vigileo OR Flotrac measurement OR Vigileo measurement OR Flotrac monitoring OR Vigileo monitoring OR Flotrac Vigileo OR arterial pulse contour analysis)
#6	#1 OR #5
#7	(LiDCO monitoring OR LiDCO OR LiDCO technology OR LiDCO measurement OR lithium dilution OR LiDCOrapid OR LiDCOplus PulseCO system OR arterial pulse contour analysis)
#8	#1 OR #7
#9	#4 OR #6 OR #8
#10	#9 + Limites : Publication Year from 2000 to 2015

- 10 documents recensés, recherche effectuée entre le 1^{er} janvier 2000 et le 2 février 2015
- 0 document recensé, recherche effectuée entre le 2 février et le 31 août 2015
- 0 document recensé, recherche effectuée entre le 31 août et le 3 novembre 2015

ANNEXE 3. SITES INTERNET CONSULTÉS POUR LA RECHERCHE DE PROTOCOLES PUBLIÉS

Nom	Organisation	Site Internet	Résultat de la recherche (n)
Études de synthèse			
Mots-clés : PiCCO, thermodilution, cardiac output monitoring			
PROSPERO	Centre for Reviews and Dissemination	http://www.crd.york.ac.uk/prospéro/	0
Cochrane	The Cochrane Library	www.thecochranelibrary.com	0
ECR			
Mots-clés : PiCCO, thermodilution, cardiac output monitoring,			
	U.S. National Institute for Health Research	http://www.Clinicaltrials.gov	0
	Current Controlled Trials Ltd.	http://www.isrctn.com/	0
NOMBRE DE DOCUMENTS RÉPERTORIÉS			0

Dernière recherche le 3 novembre 2015

ANNEXE 4. LISTE DES PUBLICATIONS EXCLUES ET RAISONS D'EXCLUSION

Ne satisfait pas aux critères d'éligibilité

- Aboelatta Y, Abdelsalam A. Volume overload of fluid resuscitation in acutely burned patients using transpulmonary thermodilution technique. *Journal of burn care & research : official publication of the American Burn Association*. 2013; 34(3): 349-54.
- Anninos H, Manolis AS. Minimally Invasive Hemodynamic Monitoring in Intensive Care Unit. A Brief Review. *Rythmos*. 2015; 10(2): 28-33.
- Belda FJ, Aguilar G, Teboul JL, Pestana D, Redondo FJ, Malbrain M, et al. Complications related to less-invasive haemodynamic monitoring. *British journal of anaesthesia*. 2011; 106(4): 482-6.
- Bendjelid K, Marx G, Kiefer N, Simon TP, Geisen M, Hoeft A, et al. Performance of a new pulse contour method for continuous cardiac output monitoring: validation in critically ill patients. *British journal of anaesthesia*. 2013; 111(4): 573-9.
- Bendjelid K, Piriou V. [Cardiac output by pulse contour analysis and fluid responsiveness: more complex than you expect]. *Annales francaises d'anesthesie et de reanimation*. 2011; 30(12): 865-6.
- Bendjelid K, Schutz N, Suter PM, Romand JA. Continuous cardiac output monitoring after cardiopulmonary bypass: a comparison with bolus thermodilution measurement. *Intensive care medicine*. 2006; 32(6): 919-22.
- Bendjelid K. [Non-invasive methods to measure cardiac output]. *Revue medicale suisse*. 2007; 3(137): 2822-6.
- Bendjelid K. Continuous thermodilution cardiac output monitoring during therapeutic hypothermia. *Anesthesia and analgesia*. 2011; 112(1): 250-1.
- Bendjelid K. When to recalibrate the PiCCO? From a physiological point of view, the answer is simple. *Acta anaesthesiologica Scandinavica*. 2009; 53(5): 689-90.
- Benington S, Ferris P, Nirmalan M. Emerging trends in minimally invasive haemodynamic monitoring and optimization of fluid therapy. *European journal of anaesthesiology*. 2009; 26(11): 893-905.
- Boettger SF, Pavlovic D, Grundling M, Wendt M, Hung O, Henzler D, et al. Comparison of arterial pressure cardiac output monitoring with transpulmonary thermodilution in septic patients. *Medical science monitor : international medical journal of experimental and clinical research*. 2010; 16(3): Pr1-7.
- Boyle M, Murgo M, Lawrence J, Belessis A, Shehabi Y. Assessment of the accuracy of continuous cardiac output and pulse contour cardiac output in tracking cardiac index changes induced by volume load. *Australian critical care : official journal of the Confederation of Australian Critical Care Nurses*. 2007; 20(3): 106-12.
- Broch O, Bein B, Gruenewald M, Hocker J, Schottler J, Meybohm P, et al. Accuracy of the pleth variability index to predict fluid responsiveness depends on the perfusion index. *Acta anaesthesiologica Scandinavica*. 2011; 55(6): 686-93.
- Busse L, Davison DL, Junker C, Chawla LS. Hemodynamic monitoring in the critical care environment. *Advances in chronic kidney disease*. 2013; 20(1): 21-9.
- Caillard A, Gayat E, Tantot A, Dubreuil G, M'Bakulu E, Madadaki C, et al. Comparison of cardiac output measured by oesophageal Doppler ultrasonography or pulse pressure contour wave analysis. *British journal of anaesthesia*. 2015; 114(6): 893-900.
- Caltabeloti F, Monsel A, Arbelot C, Brisson H, Lu Q, Gu WJ, et al. Early fluid loading in acute respiratory distress syndrome with septic shock deteriorates lung aeration without impairing arterial oxygenation: a lung ultrasound observational study. *Critical care (London, England)*. 2014; 18(3): R91.
- Canadian Agency for for Drugs and Technologies in Health. Cardiac Output Monitors to Assess Patient Resuscitation Needs: A Review of Clinical Effectiveness and Cost-Effectiveness. 2011.
- Chen S, Lin P, Du Z, Lan F, Wu S, Zhong T, et al. Comparison of the accuracy of transpulmonary thermodilution measurement using indicators of different temperatures. *International journal of clinical and experimental medicine*. 2014; 7(12): 5711-4.
- Cheung H, Dong Q, Dong R, Yu B. Correlation of cardiac output measured by non-invasive continuous cardiac output monitoring (NICOM) and thermodilution in patients undergoing off-pump coronary artery bypass surgery. *Journal of anesthesia*. 2015; 29(3): 416-20.
- Cho YJ, Koo CH, Kim TK, Hong DM, Jeon Y. Comparison of cardiac output measures by transpulmonary thermodilution, pulse contour analysis, and pulmonary artery thermodilution during off-pump coronary artery bypass

- surgery: a subgroup analysis of the cardiovascular anaesthesia registry at a single tertiary centre. *Journal of clinical monitoring and computing*. 2015.
- Combes A, Berneau JB, Luyt CE, Trouillet JL. Estimation of left ventricular systolic function by single transpulmonary thermodilution. *Intensive care medicine*. 2004; 30(7): 1377-83.
 - Combes A, Trouillet JL, Mokhtari M, Baudot J, Chastre J, Gibert C. Comparison of 2 Therapeutic algorithms for hemodynamic management of ICU patients: Picco system vs. Swan-Ganz catheter. In: *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2002:A180.
 - Compton FD, Zukunft B, Hoffmann C, Zidek W, Schaefer JH. Performance of a minimally invasive uncalibrated cardiac output monitoring system (Flotrac/Vigileo) in haemodynamically unstable patients. *British journal of anaesthesia*. 2008; 100(4): 451-6.
 - Conforto F, Gercitano M, Castagnoli C, Turani F, Tanga I. Evaluation of cardiac function in septic patients by the PiCCO system. In: *Critical care (London, England)*. 2004.
 - Cottis R, Magee N, Higgins DJ. Haemodynamic monitoring with pulse-induced contour cardiac output (PiCCO) in critical care. *Intensive & critical care nursing : the official journal of the British Association of Critical Care Nurses*. 2003; 19(5): 301-7.
 - Cove ME, Pinsky MR. Perioperative hemodynamic monitoring. *Best Practice and Research: Clinical Anaesthesiology*. 2012; 26(4): 453-62.
 - Critchley LA, Lee A, Ho AM. A critical review of the ability of continuous cardiac output monitors to measure trends in cardiac output. *Anesthesia and analgesia*. 2010; 111(5): 1180-92.
 - Critchley LA. Pulse contour analysis: is it able to reliably detect changes in cardiac output in the haemodynamically unstable patient? *Critical care (London, England)*. 2011; 15(1): 106.
 - Donati A, Carsetti A, Tondi S, Scorcella C, Domizi R, Damiani E, et al. Thermodilution vs pressure recording analytical method in hemodynamic stabilized patients. *Journal of critical care*. 2014; 29(2): 260-4.
 - Donati A, Nardella R, Gabbanelli V, Scarcella M, Romanelli M, Romagnoli L, et al. The ability of PiCCO versus LiDCO variables to detect changes in cardiac index: a prospective clinical study. *Minerva anestesologica*. 2008; 74(7-8): 367-74.
 - Dries D. Cardiac output monitors: old and new. *Journal of burn care & research : official publication of the American Burn Association*. 2013; 34(5): 543-8.
 - Funk DJ, Moretti EW, Gan TJ. Minimally invasive cardiac output monitoring in the perioperative setting. *Anesthesia and analgesia*. 2009; 108(3): 887-97.
 - Ganter MT, Alhashemi JA, Al-Shabasy AM, Schmid UM, Schott P, Shalabi SA, et al. Continuous cardiac output measurement by un-calibrated pulse wave analysis and pulmonary artery catheter in patients with septic shock. *Journal of clinical monitoring and computing*. 2015.
 - Gasparetto N, Cacciavillani L, Valente S. The accuracy of PiCCO(R) measurements in hypothermic post-cardiac arrest patients. *Anaesthesia*. 2012; 67(9): 1050-1.
 - Godje O, Hoke K, Goetz AE, Felbinger TW, Reuter DA, Reichart B, et al. Reliability of a new algorithm for continuous cardiac output determination by pulse-contour analysis during hemodynamic instability. *Critical care medicine*. 2002; 30(1): 52-8.
 - Gondos T, Marjanek Z, Kisvarga Z, Halasz G. Precision of transpulmonary thermodilution: how many measurements are necessary? *European journal of anaesthesiology*. 2009; 26(6): 508-12.
 - Gondos T, Marjanek Z, Ulakcsai Z, Szabó Z. Evaluation of the effectiveness of different volume replacement therapies in postoperative hypovolemic patients using the PiCCO monitoring system. In: *Critical care (London, England)*. 2009.
 - Han S, Lee JH, Kim G, Ko JS, Choi SJ, Kwon JH, et al. Bioreactance Is Not Interchangeable with Thermodilution for Measuring Cardiac Output during Adult Liver Transplantation. *PloS one*. 2015; 10(5): e0127981.
 - Hapfelmeier A, Cecconi M, Saugel B. Cardiac output method comparison studies: the relation of the precision of agreement and the precision of method. *Journal of clinical monitoring and computing*. 2015.
 - Hemodynamic monitoring techniques in the intensive care units. Executive summary. Eva MartínRuiz, Antonio OlrydeLabryLima, Ana María CarlosGil, Araceli CaroMartínez, Leticia GarcíaMochón, Sergio MárquezPeláez, Jose Manuel SotoBlanco, Carmen BeltránCalvo — Sevilla: Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de Andalucía, 2013.

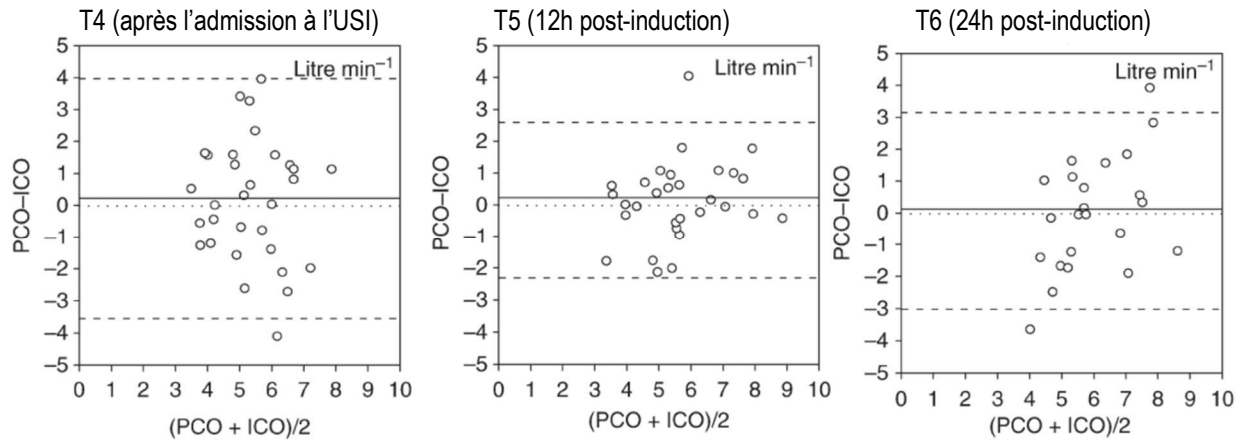
- Hett DA, Jonas MM. Non-invasive cardiac output monitoring. *Intensive & critical care nursing : the official journal of the British Association of Critical Care Nurses*. 2004; 20(2): 103-8.
- Hewitt NA, Braaf SC. The clinical application of pulse contour cardiac output and intrathoracic volume measurements in critically ill patients. *Australian critical care : official journal of the Confederation of Australian Critical Care Nurses*. 2006; 19(3): 86-94.
- Hofer CK, Senn A, Weibel L, Zollinger A. Assessment of stroke volume variation for prediction of fluid responsiveness using the modified FloTrac and PiCCOplus system. *Critical care (London, England)*. 2008; 12(3): R82.
- Horster S, Stemmler HJ, Strecker N, Brettner F, Hausmann A, Cnossen J, et al. Cardiac Output Measurements in Septic Patients: Comparing the Accuracy of USCOM to PiCCO. *Critical care research and practice*. 2012; 2012: 270631.
- Imahase H, Inoue S, Sakamoto Y, Miyasho T, Yamashita K. Comparison of PiCCO and VolumeView: Simultaneous measurement in sepsis pig models. *Critical Care*. 2015.
- Ishihara H, Hashiba E, Okawa H, Saito J, Kasai T, Tsubo T. Neither dynamic, static, nor volumetric variables can accurately predict fluid responsiveness early after abdominothoracic esophagectomy. *Perioperative medicine (London, England)*. 2013; 2(1): 3.
- Joosten A, Huynh T, Suehiro K, Canales C, Cannesson M, Rinehart J. Goal-Directed fluid therapy with closed-loop assistance during moderate risk surgery using noninvasive cardiac output monitoring: A pilot study. *British journal of anaesthesia*. 2015; 114(6): 886-92.
- Kiefer N, Hofer CK, Marx G, Geisen M, Giraud R, Siegenthaler N, et al. Clinical validation of a new thermodilution system for the assessment of cardiac output and volumetric parameters. *Critical care (London, England)*. 2012; 16(3): R98.
- Kirkeby-Garstad I, Tronnes H, Stenseth R, Sellevold OF, Aadahl P, Skogvoll E. The Precision of Pulmonary Artery Catheter Bolus Thermodilution Cardiac Output Measurements Varies With the Clinical Situation. *Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia*. 2015; 29(4): 881-8.
- Koobi T, Kaukinen S, Kauppinen P. Comparison of methods for cardiac output measurement. *Critical care medicine*. 2001; 29(5): 1092.
- Kuper M. Continuous cardiac output monitoring. *Current Anaesthesia and Critical Care*. 2004; 15(6): 367-77.
- Kuster M, Exadaktylos A, Schnuriger B. Non-invasive hemodynamic monitoring in trauma patients. *World journal of emergency surgery : WJES*. 2015; 10: 11.
- Lazaridis C. Advanced hemodynamic monitoring: principles and practice in neurocritical care. *Neurocritical care*. 2012; 16(1): 163-9.
- Leibowitz AB. Is transpulmonary thermodilution cardiac output measurement an advance, or just another technique in search of an application? *Critical care medicine*. 2009; 37(1): 343-4.
- Li T, Cai H, Pan H, Pu Q. Cardiac output measurement using a modified carbon dioxide Fick method: comparison analysis with pulmonary artery catheter method and pulse induced contour cardiac output method. *International journal of clinical and experimental medicine*. 2015; 8(3): 3530-7.
- Litton E, Morgan M. The PiCCO monitor: a review. *Anaesthesia and intensive care*. 2012; 40(3): 393-409.
- Mallat J, Meddour M, Durville E, Lemyze M, Pepy F, Temime J, et al. Decrease in pulse pressure and stroke volume variations after mini-fluid challenge accurately predicts fluid responsiveness. *British journal of anaesthesia*. 2015; 115(3): 449-56.
- Marik PE. Noninvasive cardiac output monitors: a state-of the-art review. *Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia*. 2013; 27(1): 121-34.
- Martinez-Simon A, Monedero P, Cacho-Asenjo E. Erroneous measurement of haemodynamic parameters by PiCCO monitor in a critically ill patient with renal replacement therapy: a case report. *Critical care (London, England)*. 2006; 10(2): 410.
- Mayer J, Suttner S. Cardiac output derived from arterial pressure waveform. *Current opinion in anaesthesiology*. 2009; 22(6): 804-8.
- Mehta Y, Arora D. Newer methods of cardiac output monitoring. *World journal of cardiology*. 2014; 6(9): 1022-9.
- Mignon A. Alternative à la Swan-Ganz : le système PiCCO. ICAR web 2015 (<http://www.icarweb.fr/IMG/pdf/9-18.pdf>).
- Mohammed I, Phillips C. Techniques for determining cardiac output in the intensive care unit. *Critical care clinics*. 2010; 26(2): 355-64, table of contents.

- Monnet X, Dres M, Ferre A, Le Teuff G, Jozwiak M, Bleibtreu A, et al. Prediction of fluid responsiveness by a continuous non-invasive assessment of arterial pressure in critically ill patients: comparison with four other dynamic indices. *British journal of anaesthesia*. 2012; 109(3): 330-8.
- Monnet X, Persichini R, Ktari M, Jozwiak M, Richard C, Teboul JL. Precision of the transpulmonary thermodilution measurements. *Critical care (London, England)*. 2011; 15(4): R204.
- Monnet X, Teboul JL. Minimally invasive monitoring. *Critical care clinics*. 2015; 31(1): 25-42.
- Montenij LJ, de Waal EE, Buhre WF. Arterial waveform analysis in anesthesia and critical care. *Current opinion in anaesthesiology*. 2011; 24(6): 651-6.
- Muller L, Candela D, Nyonyima L, Mattatia L, Suehs C, Fabbro-Peray P, et al. Disagreement between pulse contour analysis and transpulmonary thermodilution for cardiac output monitoring after routine therapeutic interventions in ICU patients with acute circulatory failure. *European journal of anaesthesiology*. 2011; 28(9): 664-9.
- Naik BI, Durieux ME. Hemodynamic monitoring devices: Putting it all together. *Best Practice and Research: Clinical Anaesthesiology*. 2014; 28(4): 477-88.
- Ong L, Liu H. Comparing a non-invasive hemodynamic monitor with minimally invasive monitoring during major open abdominal surgery. *Journal of Biomedical Research*. 2014; 28(4): 320-5.
- Ong T, Gillies MA, Bellomo R. Failure of continuous cardiac output measurement using the PiCCO Device during induced hypothermia: a case report. *Critical care and resuscitation : journal of the Australasian Academy of Critical Care Medicine*. 2004; 6(2): 99-101.
- Oren-Grinberg A. The PiCCO Monitor. *International anesthesiology clinics*. 2010; 48(1): 57-85.
- Palmers PJ, Vidts W, Ameloot K, Cordemans C, Van Regenmortel N, De Laet I, et al. Assessment of three minimally invasive continuous cardiac output measurement methods in critically ill patients and a review of the literature. *Anaesthesiology intensive therapy*. 2012; 44(4): 188-99.
- Perner A, Faber T. Stroke volume variation does not predict fluid responsiveness in patients with septic shock on pressure support ventilation. *Acta anaesthesiologica Scandinavica*. 2006; 50(9): 1068-73.
- Petzoldt M, Reuter DA. Cardiac output monitoring in severe aortic stenosis: Which technologies are reliable? *Journal of clinical monitoring and computing*. 2015; 29(4): 429-30.
- Peyton PJ, Chong SW. Minimally invasive measurement of cardiac output during surgery and critical care: a meta-analysis of accuracy and precision. *Anesthesiology*. 2010; 113(5): 1220-35.
- Polderman KH, Varon J. Do not drown the patient: appropriate fluid management in critical illness. *The American journal of emergency medicine*. 2015; 33(3): 448-50.
- Pugsley J, Lerner AB. Cardiac output monitoring: is there a gold standard and how do the newer technologies compare? *Seminars in cardiothoracic and vascular anesthesia*. 2010; 14(4): 274-82.
- Sakka SG, Kozieras J, Thuemer O, van Hout N. Measurement of cardiac output: a comparison between transpulmonary thermodilution and uncalibrated pulse contour analysis. *British journal of anaesthesia*. 2007; 99(3): 337-42.
- Sami A, Sami A, Rochdil N, Hatem K, Salah BL. PiCCO monitoring accuracy in low body temperature. *The American journal of emergency medicine*. 2007; 25(7): 845-6.
- Sanchez-Sanchez M, Garcia-de-Lorenzo A, Asensio MJ, Herrero E, Cachafeiro L, Agrifoglio A. Effectiveness of treatment based on transpulmonary thermodilution in critically ill patients. *Intensive care medicine*. 2015; 41(6): 1154-5.
- Saugel B, Cecconi M, Wagner JY, Reuter DA. Noninvasive continuous cardiac output monitoring in perioperative and intensive care medicine. *British journal of anaesthesia*. 2015; 114(4): 562-75.
- Schmid B, Fink K, Olschewski M, Richter S, Schwab T, Brunner M, et al. Accuracy and precision of transcardiopulmonary thermodilution in patients with cardiogenic shock. *Journal of clinical monitoring and computing*. 2015.
- Scully CG, Gomatam S, Forrest S, Strauss DG. Importance of re-calibration time on pulse contour analysis agreement with thermodilution measurements of cardiac output: a retrospective analysis of intensive care unit patients. *Journal of clinical monitoring and computing*. 2015.
- Siranovic M, Kovac J, Gopcevic A, Kelecic M, Vucic M, Kovac N, et al. Constant cardiac output monitoring using the PiCCO and LiDCO methods versus PAK in septic patients: when to do calibration? *Acta clinica Croatica*. 2011; 50(2): 267-72.

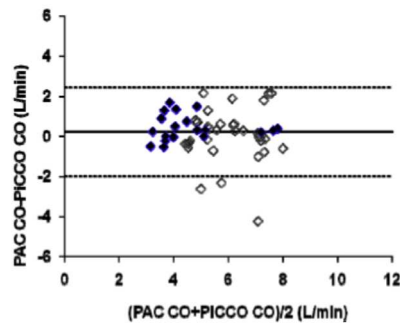
- Slagt C, Helmi M, Malagon I, Groeneveld ABJ. Calibrated versus uncalibrated arterial pressure waveform analysis in monitoring cardiac output with transpulmonary thermodilution in patients with severe sepsis and septic shock: An observational study. *European journal of anaesthesiology*. 2015; 32(1): 5-12.
- Spohr F, Hettrich P, Bauer H, Haas U, Martin E, Bottiger BW. Comparison of two methods for enhanced continuous circulatory monitoring in patients with septic shock. *Intensive care medicine*. 2007; 33(10): 1805-10.
- Stoner L, Lambrick DM, Faulkner J, Young J. Guidelines for the use of pulse wave analysis in adults and children. *Journal of atherosclerosis and thrombosis*. 2013; 20(4): 404-6.
- Sun Y, Lu ZH, Zhang XS, Geng XP, Cao LJ, Yin L. The effects of fluid resuscitation according to PiCCO on the early stage of severe acute pancreatitis. *Pancreatology : official journal of the International Association of Pancreatology (IAP) [et al]*. 2015.
- Tagami T, Kushimoto S, Tosa R, Omura M, Hagiwara J, Hirama H, et al. The precision of PiCCO(R) measurements in hypothermic post-cardiac arrest patients. *Anaesthesia*. 2012; 67(3): 236-43.
- Terada T, Oiwa A, Maemura Y, Robert S, Kessoku S, Ochiai R. Comparison of the ability of two continuous cardiac output monitors to measure trends in cardiac output: estimated continuous cardiac output measured by modified pulse wave transit time and an arterial pulse contour-based cardiac output device. *Journal of clinical monitoring and computing*. 2015.
- Thiele RH, Bartels K, Gan TJ. Cardiac output monitoring: a contemporary assessment and review. *Critical care medicine*. 2015; 43(1): 177-85.
- Thiele RH, Bartels K, Gan TJ. Cardiac output monitoring: a contemporary assessment and review. *Critical care medicine*. 2015; 43(1): 177-85.
- Thiele RH, Bartels K, Gan TJ. Inter-device differences in monitoring for goal-directed fluid therapy. *Canadian Journal of Anesthesia*. 2015; 62(2): 169-81.
- Vilchez Monge AL, Alvarez-Cagigas IT, Perez-Peña J, Olmedilla L, Jimeno C, Sanz J, et al. Cardiac output monitoring with pulmonary versus transpulmonary thermodilution during liver transplantation: Interchangeable methods? *Minerva anesthesiologica*. 2015; 80(11): 1178-87.
- Wallace A, Niemann C, Krenn C, Yost CS. Critical Conversation: Noninvasive Methods of Measuring Cardiac Output. *ICU Director*. 2011; 2(4): 93-6.
- Wan L, Naka T, Uchino S, Bellomo R. A pilot study of pulse contour cardiac output monitoring in patients with septic shock. *Critical care and resuscitation : journal of the Australasian Academy of Critical Care Medicine*. 2005; 7(3): 165.
- Wiesenack C, Fiegl C, Keyser A, Laule S, Prasser C, Keyl C. Comparison of the accuracy of two different modes of continuous cardiac index measurement following rapid volume infusion. *Canadian journal of anaesthesia = Journal canadien d'anesthésie*. 2005; 52(4): 444-5.
- Zhang Z, Lu B, Sheng X, Jin N. Accuracy of stroke volume variation in predicting fluid responsiveness: a systematic review and meta-analysis. *Journal of anesthesia*. 2011; 25(6): 904-16.
- Zhang Z, Ni H, Qian Z. Effectiveness of treatment based on PiCCO parameters in critically ill patients with septic shock and/or acute respiratory distress syndrome: a randomized controlled trial. *Intensive care medicine*. 2015.
- Zhang Z, Xu X, Yao M, Chen H, Ni H, Fan H. Use of the PiCCO system in critically ill patients with septic shock and acute respiratory distress syndrome: a study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2013; 14: 32.

ANNEXE 5. GRAPHIQUES DE *BLAND-ALTMAN* ÉVALUANT LA CONCORDANCE ENTRE L'ESTIMATION DU DÉBIT CARDIAQUE AVEC LE SYSTÈME DE SURVEILLANCE **PICCO® ET CELLE ÉVALUÉE PAR LA MÉTHODE DE THERMODILUTION ARTÉRIELLE PULMONAIRE**

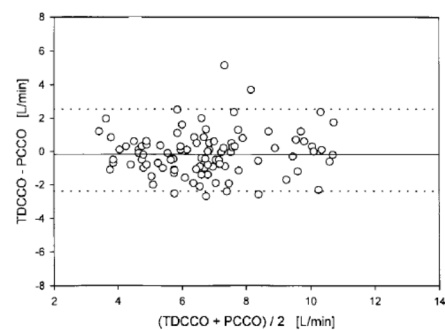
Button *et al.* (2007) [24]



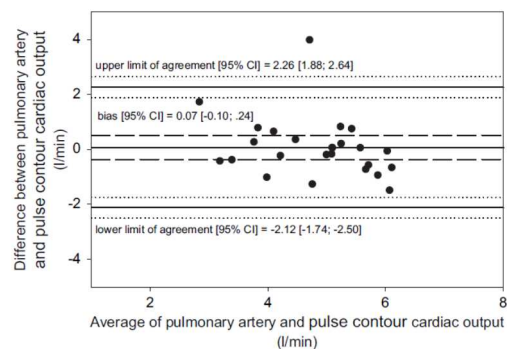
Hadian *et al.* (2010) [26]



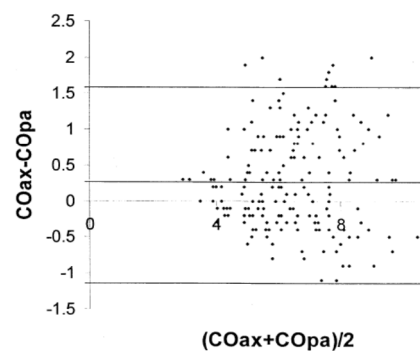
Mielck *et al.* (2003) [21]



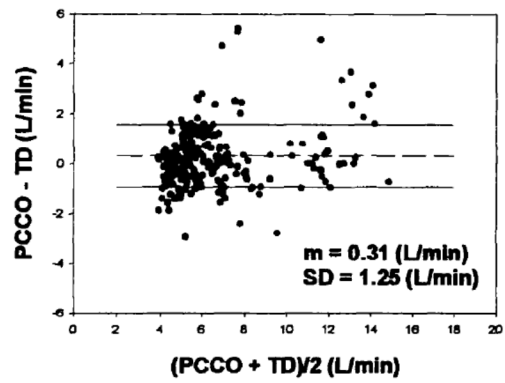
Ostergaard *et al.* (2006) [23]



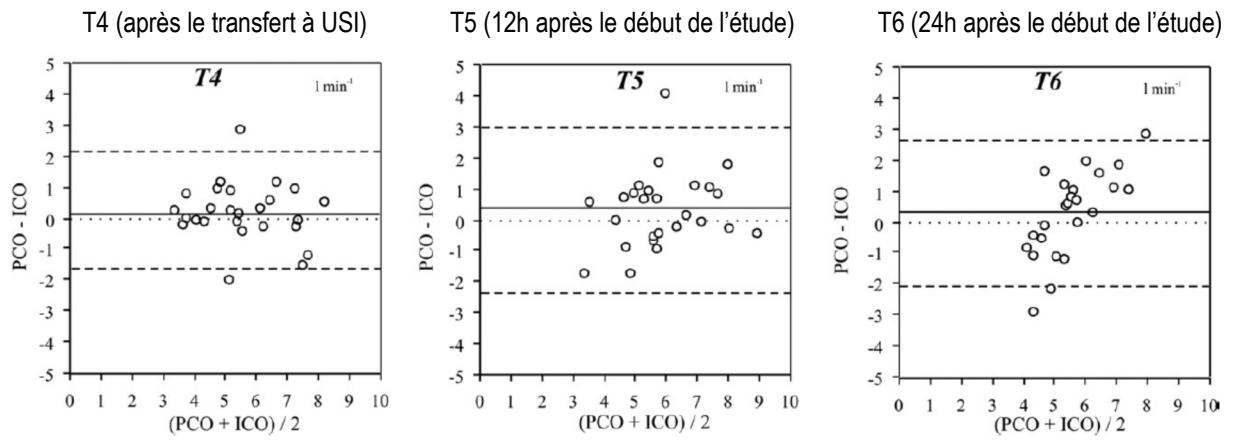
Segal *et al.* (2002) [22]



Zöllner *et al.* (2000) [18]



Hofer *et al.* (2010) [27]



ANNEXE 6. CARACTÉRISTIQUES DÉMOGRAPHIQUES DES PARTICIPANTS INCLUS DANS L'ÉTUDE D'UCHINO *ET AL.* (2013) [28]

Demographic features of study of patients				
	All patients (n = 331)	PiCCO (n = 192)	PAC (n = 150)	p value
At ICU admission				
Gender (male)	58.9%	57.3%	60.0%	0.66
Age in years	67 (54, 75)	64 (47, 74)	68 (57, 76)	0.0037
NYHA: III, IV	11.5%	10.9%	12.0%	0.86
IHD	31.1%	32.3%	28.7%	0.48
COPD	16.0%	14.1%	18.7%	0.30
Diabetes	22.1%	25.0%	19.3%	0.24
Previous renal function				
Normal	58.6%	59.4%	58.7%	0.91
Impaired	22.4%	22.4%	22.0%	>0.99
ESRF	3.9%	4.7%	2.7%	0.40
Unknown	15.1%	13.5%	16.7%	0.45
SAPS II	49 (37, 61)	49 (37, 61)	47 (37, 61)	0.91
At study inclusion				
Vasopressors	73.4%	75.0%	71.3%	0.46
Inotropic drugs	22.1%	13.0%	37.3%	<0.0001
Heart rate (beats per minute)	98 (84, 115)	99 (85, 118)	97 (84, 111)	0.48
MAP (mm Hg)	75 (68, 85)	76 (70, 85)	73 (63, 84)	0.0086
Cardiac index (litres/minute per m ²)	3.0 (2.3, 4.0)	3.2 (2.6, 4.5)	2.6 (2.1, 3.5)	<0.0001
CVP (mm Hg)	12 (8, 15)	12 (9, 16)	11 (8, 14)	0.011
ITBI (ml/m ²)	-	967 (768, 1,140)	-	
ELWI (ml/kg)	-	8.9 (6.6, 13.0)	-	
PAOP (mm Hg)	-	-	17 (12, 22)	
Mechanical ventilation	81.6%	80.2%	84.0%	0.40
PEEP (cm H ₂ O)	5 (5, 10)	6 (5, 10)	5 (5, 8)	0.21
PaO ₂ /FiO ₂ ratio (Torr)	186 (125, 279)	191 (126, 279)	185 (125, 285)	0.87
RRT	21.4%	26.6%	16.7%	0.036
Urea (mmol/l)	12.1 (7.1, 19.0)	12.0 (7.1, 18.7)	12.2 (7.1, 19.1)	0.91
Creatinine (μmol/l)	142 (100, 231)	151 (100, 231)	137 (97, 230)	0.42

Values are presented as medians (with 25th and 75th percentiles) or as percentages. COPD, chronic obstructive pulmonary disease; CVP, central venous pressure; ELWI, extra-vascular lung water index; ESRF, end-stage renal failure; ICU, intensive care unit; IHD, ischaemic heart disease; ITBI, intra-thoracic blood volume index; MAP, mean arterial pressure; NYHA, New York Heart Association; PAC, pulmonary artery catheter; PAOP, pulmonary artery occlusion pressure; PaO₂/FiO₂, partial pressure of oxygen in arterial blood/fraction of inspired oxygen; PEEP, positive end-expiratory pressure; PiCCO, pulse contour cardiac output; RRT, renal replacement therapy; SAPS II, simplified acute physiology score.

RÉFÉRENCES

1. Candela, D., et al., *Évaluation de la volémie. Congrès national d'anesthésie et de réanimation 2007. Les Essentiels*, p. 497-520. 2007.
2. Harvey, S., et al., *Assessment of the clinical effectiveness of pulmonary artery catheters in management of patients in intensive care (PAC-Man): a randomised controlled trial*. Lancet, 2005. **366**(9484): p. 472-7.
3. Kung, J., et al., *From Systematic Reviews to Clinical Recommendations for Evidence-Based Health Care: Validation of Revised Assessment of Multiple Systematic Reviews (R-AMSTAR) for Grading of Clinical Relevance*. Open Dent J, 2010. **4**: p. 84-91.
4. Brouwers, M.C., et al., *AGREE II: advancing guideline development, reporting and evaluation in health care*. CMAJ, 2010. **182**(18): p. E839-42.
5. *Unité d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (UETMIS) du CHU de Québec – Université Laval. Guide méthodologique – Démarche d'évaluation et étapes de réalisation d'un projet d'ETMIS*. Québec, novembre 2015, 26 p.
6. Penloup, J.F., Avances, I., L'Hermine, J., *Monitoring du remplissage vasculaire au bloc opératoire*, in *Division Anesthésie Réanimation Douleur Urgence*. Groupe Hospitalo-Universitaire Caremeau
7. Hamilton, M.A., M. Cecconi, and A. Rhodes, *A systematic review and meta-analysis on the use of preemptive hemodynamic intervention to improve postoperative outcomes in moderate and high-risk surgical patients*. Anesth Analg, 2011. **112**(6): p. 1392-402.
8. Rivers, E., et al., *Early goal-directed therapy in the treatment of severe sepsis and septic shock*. N Engl J Med, 2001. **345**(19): p. 1368-77.
9. Dries, D.J. and K. Waxman, *Adequate resuscitation of burn patients may not be measured by urine output and vital signs*. Crit Care Med, 1991. **19**(3): p. 327-9.
10. Boyd, J.H., et al., *Fluid resuscitation in septic shock: a positive fluid balance and elevated central venous pressure are associated with increased mortality*. Crit Care Med, 2011. **39**(2): p. 259-65.
11. Kauvar, D.S., R. Lefering, and C.E. Wade, *Impact of hemorrhage on trauma outcome: an overview of epidemiology, clinical presentations, and therapeutic considerations*. J Trauma, 2006. **60**(6 Suppl): p. S3-11.
12. Shah, M.R., et al., *Impact of the pulmonary artery catheter in critically ill patients: meta-analysis of randomized clinical trials*. JAMA, 2005. **294**(13): p. 1664-70.
13. Michard, F., Richard, C., Teboul, J.L., *Évaluation hémodynamique par le moniteur PiCCO*. MAPAR, Mise au point en anesthésiologie et réanimation 2002: p. 347-355.
14. Cecconi, M., et al., *Bench-to-bedside review: the importance of the precision of the reference technique in method comparison studies—with specific reference to the measurement of cardiac output*. Crit Care, 2009. **13**(1): p. 201.
15. Critchley, L.A., Critchley, J.A., *A meta-analysis of studies using bias and precision statistics to compare cardiac output measurement techniques*. J. Clin Monit Comput, 1999. **15**: p. 85-91.
16. Schloghofer, T., H. Gilly, and H. Schima, *Semi-invasive measurement of cardiac output based on pulse contour: a review and analysis*. Can J Anaesth, 2014. **61**(5): p. 452-79.
17. Rodig, G., et al., *Continuous cardiac output measurement: pulse contour analysis vs thermodilution technique in cardiac surgical patients*. Br J Anaesth, 1999. **82**(4): p. 525-30.
18. Zollner, C., et al., *Beat-to-beat measurement of cardiac output by intravascular pulse contour analysis: a prospective criterion standard study in patients after cardiac surgery*. J Cardiothorac Vasc Anesth, 2000. **14**(2): p. 125-9.
19. Kuntscher, M.V., et al., *Transcardiopulmonary vs pulmonary arterial thermodilution methods for hemodynamic monitoring of burned patients*. J Burn Care Rehabil, 2002. **23**(1): p. 21-6.
20. Rauch, H., et al., *Pulse contour analysis versus thermodilution in cardiac surgery patients*. Acta Anaesthesiol Scand, 2002. **46**(4): p. 424-9.
21. Mielck, F., et al., *Comparison of continuous cardiac output measurements in patients after cardiac surgery*. J Cardiothorac Vasc Anesth, 2003. **17**(2): p. 211-6.

22. Segal, E., et al., *Monitoring intravascular volumes to direct hypertensive, hypervolemic therapy in a patient with vasospasm*. J Neurosurg Anesthesiol, 2004. **16**(4): p. 296-8.
23. Ostergaard, M., et al., *Precision of bolus thermodilution cardiac output measurements in patients with atrial fibrillation*. Acta Anaesthesiol Scand, 2005. **49**(3): p. 366-72.
24. Button, D., et al., *Clinical evaluation of the FloTrac/Vigileo(trademark) system and two established continuous cardiac output monitoring devices in patients undergoing cardiac surgery*. British Journal of Anaesthesia, 2007. **99**(3): p. 329-336.
25. Senn, A., et al., *Assessment of cardiac output changes using a modified FloTrac/ Vigileo(trademark) algorithm in cardiac surgery patients*. Critical Care, 2009. **13**(2).
26. Hadian, M., et al., *Cross-comparison of cardiac output trending accuracy of LiDCO, PiCCO, FloTrac and pulmonary artery catheters*. Crit Care, 2010. **14**(6): p. R212.
27. Hofer, C.K., et al., *Uncalibrated Radial and Femoral Arterial Pressure Waveform Analysis for Continuous Cardiac Output Measurement: An Evaluation in Cardiac Surgery Patients*. Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia, 2010. **24**(2): p. 257-264.
28. Uchino, S., et al., *Pulmonary artery catheter versus pulse contour analysis: a prospective epidemiological study*. Crit Care, 2006. **10**(6): p. R174.
29. Gualandro, D.M., et al., *Il Guidelines for perioperative evaluation of the Brazilian Society of Cardiology*. Arq Bras Cardiol, 2011. **96**(3 Suppl 1): p. 1-68.
30. Irlbeck, M., et al., *[Continuous measurement of cardiac output with pulse contour analysis]*. Anaesthesist, 1995. **44**(7): p. 493-500.
31. Buhre, W., et al., *Comparison of cardiac output assessed by pulse-contour analysis and thermodilution in patients undergoing minimally invasive direct coronary artery bypass grafting*. J Cardiothorac Vasc Anesth, 1999. **13**(4): p. 437-40.
32. Chakravarthy, M., et al., *Comparison of simultaneous estimation of cardiac output by four techniques in patients undergoing off-pump coronary artery bypass surgery--a prospective observational study*. Ann Card Anaesth, 2007. **10**(2): p. 121-6.
33. De Wilde, R.B.P., et al., *Performance of three minimally invasive cardiac output monitoring systems*. Anaesthesia, 2009. **64**(7): p. 762-769.
34. Della Rocca, G., et al., *Continuous and intermittent cardiac output measurement: Pulmonary artery catheter versus aortic transpulmonary technique*. British Journal of Anaesthesia, 2002. **88**(3): p. 350-356.
35. Felbinger, T.W., et al., *Comparison of pulmonary arterial thermodilution and arterial pulse contour analysis: Evaluation of a new algorithm*. Journal of Clinical Anesthesia, 2002. **14**(4): p. 296-301.
36. Godje, O., et al., *Reliability of a new algorithm for continuous cardiac output determination by pulse-contour analysis during hemodynamic instability*. Critical Care Medicine, 2002. **30**(1): p. 52-58.
37. Halvorsen, P.S., et al., *Continuous cardiac output during off-pump coronary artery bypass surgery: pulse-contour analyses vs pulmonary artery thermodilution*. Br J Anaesth, 2007. **99**(4): p. 484-92.
38. Sander, M., et al., *Pulse contour analysis after normothermic cardiopulmonary bypass in cardiac surgery patients*. Crit Care, 2005. **9**(6): p. R729-34.
39. Staier, K., et al., *Pulmonary artery vs. transpulmonary thermodilution for the assessment of cardiac output in mitral regurgitation: A prospective observational study*. European Journal of Anaesthesiology, 2012. **29**(9): p. 431-437.
40. Sujatha, P., et al. *Comparison of cardiac output in opcab: Bolus thermodilution technique versus pulse contour analysis*. Annals of cardiac anaesthesia, 2006. **9**, 44-8.
41. Wouters, P.F., et al., *Cardiac output monitoring using a brachial arterial catheter during off-pump coronary artery bypass grafting*. J Cardiothorac Vasc Anesth, 2005. **19**(2): p. 160-4.
42. Yamashita, K., et al., *The effects of vasodilation on cardiac output measured by PiCCO*. J Cardiothorac Vasc Anesth, 2008. **22**(5): p. 688-92.
43. Tzenkov, I.G. and J.P. Pena, *Continuous and intermittent cardiac output measurement: pulmonary artery catheter versus aortic transpulmonary technique*. Br J Anaesth, 2003. **90**(2): p. 254-5; author reply 255-7.
44. Della Rocca, G., et al., *Cardiac output monitoring: Aortic transpulmonary thermodilution and pulse contour analysis agree with standard thermodilution methods in patients undergoing lung transplantation*. Canadian Journal of Anesthesia, 2003. **50**(7): p. 707-711.

45. Scully, C.G., et al., *Importance of re-calibration time on pulse contour analysis agreement with thermodilution measurements of cardiac output: a retrospective analysis of intensive care unit patients*. J Clin Monit Comput, 2015.
46. Bland, J.M. and D.G. Altman, *Measuring agreement in method comparison studies*. Stat Methods Med Res, 1999. **8**(2): p. 135-60.
47. Dewitte, K., et al., *Application of the Bland-Altman plot for interpretation of method-comparison studies: a critical investigation of its practice*. Clin Chem, 2002. **48**(5): p. 799-801; author reply 801-2.
48. Ludbrook, J., *Confidence in Altman-Bland plots: a critical review of the method of differences*. Clin Exp Pharmacol Physiol, 2010. **37**(2): p. 143-9.
49. Woodman, R.J., *Bland-Altman beyond the basics: creating confidence with badly behaved data*. Clin Exp Pharmacol Physiol, 2010. **37**(2): p. 141-2.
50. Grenier, B., M. Dubreuil, and D. Journois, *[Comparison of two measurement methods: the Bland and Altman assessment]*. Ann Fr Anesth Reanim, 2000. **19**(2): p. 128-35.
51. Myles, P.S. and J. Cui, *Using the Bland-Altman method to measure agreement with repeated measures*. Br J Anaesth, 2007. **99**(3): p. 309-11.
52. de Wilde, R.B., et al., *A comparison of stroke volume variation measured by the LiDCOplus and FloTrac-Vigileo system*. Anaesthesia, 2009. **64**(9): p. 1004-9.
53. Lahner, D., et al., *Evaluation of stroke volume variation obtained by arterial pulse contour analysis to predict fluid responsiveness intraoperatively*. Br J Anaesth, 2009. **103**(3): p. 346-51.
54. Hanneman, S.K., *Design, analysis, and interpretation of method-comparison studies*. AACN Adv Crit Care, 2008. **19**(2): p. 223-34.
55. Mantha, S., et al., *Comparing methods of clinical measurement: reporting standards for bland and altman analysis*. Anesth Analg, 2000. **90**(3): p. 593-602.
56. Hamzaoui, O., et al., *Effects of changes in vascular tone on the agreement between pulse contour and transpulmonary thermodilution cardiac output measurements within an up to 6-hour calibration-free period*. Crit Care Med, 2008. **36**(2): p. 434-40.
57. Bein, B., et al., *The reliability of pulse contour-derived cardiac output during hemorrhage and after vasopressor administration*. Anesth Analg, 2007. **105**(1): p. 107-13.
58. van Grondelle, A., et al., *Thermodilution method overestimates low cardiac output in humans*. Am J Physiol, 1983. **245**(4): p. H690-2.
59. Jansen, J.R., et al., *Thermodilution technique for measurement of cardiac output during artificial ventilation*. J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol, 1981. **51**(3): p. 584-91.
60. Wetzel, R.C. and T.W. Latson, *Major errors in thermodilution cardiac output measurement during rapid volume infusion*. Anesthesiology, 1985. **62**(5): p. 684-7.
61. Balk, E., Raman, G., Chung, M., Cepeda, S., Trikalinos, T., Chew, P., Krishnamani, R., *Evaluation of the Evidence on Benefits and Harms of Pulmonary Artery Catheter Use in Critical Setting*, T.E.-b.P. Center, Editor. 2008, Agency for Healthcare Research and Quality (AHRQ).
62. Rajaram Sujanthi, S., et al. *Pulmonary artery catheters for adult patients in intensive care*. Cochrane Database of Systematic Reviews, 2013. DOI: 10.1002/14651858.CD003408.pub3.
63. *Politique du CHU de Québec No 611-00 : Politique de gestion des demandes d'équipement médical du CHU de Québec*.

CHU DE QUÉBEC – Université Laval

**DIRECTION DE L'ÉVALUATION, DE LA QUALITÉ, DE L'ÉTHIQUE, DE LA PLANIFICATION
ET DES AFFAIRES JURIDIQUES (DEQEPAJ)**

Unité d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (UETMIS)

Hôpital Saint-François d'Assise

10, rue de l'Espinay, Édifice D, D7-724

Québec (Québec) G1L 3L5

Téléphone : 418 525-4444 poste 54682 — Télécopieur : 418 525-4028