



HAL
open science

Evaluation des performances de l'échographie pulmonaire à l'aide du score en 8 sites pour l'estimation de l'état de surcharge hydro-sodée en hémodialyse

Elias Kochbati

► **To cite this version:**

Elias Kochbati. Evaluation des performances de l'échographie pulmonaire à l'aide du score en 8 sites pour l'estimation de l'état de surcharge hydro-sodée en hémodialyse. Urologie et Néphrologie. 2021. dumas-03552524

HAL Id: dumas-03552524

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03552524v1>

Submitted on 2 Feb 2022

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

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



UNIVERSITE DE PICARDIE JULES VERNE
FACULTE DE MEDECINE D'AMIENS

Thèse n°: 2021 - 220

Année : 2021

**EVALUATION DES PERFORMANCES DE L'ECHOGRAPHIE
PULMONAIRE A L'AIDE DU SCORE EN 8 SITES POUR
L'ESTIMATION DE L'ETAT DE SURCHARGE HYDRO-SODEE
EN HEMODIALYSE**

**THESE
POUR LE DOCTORAT EN MEDECINE (DIPLOME D'ETAT)
SPECIALITE NEPHROLOGIE**

**Présentée et soutenue publiquement
Le 25 octobre 2021
Par M. Elias KOCHBATI**

PRESIDENT DU JURY :

Monsieur le Professeur Gabriel CHOUKROUN

JUGES :

Monsieur le Professeur Michel SLAMA
Monsieur le Professeur Elie ZOGHEIB
Monsieur le Docteur Dimitri TITECA-BEAUPORT
Madame le Docteur Marianne RENOU

DIRECTEUR DE THESE :

Madame le Docteur Marianne RENOU

A mon Maître, **Monsieur le Professeur Gabriel CHOUKROUN**
Professeur des Universités-Praticien Hospitalier (Néphrologie)
Doyen de la Faculté de Médecine d'Amiens
Directeur de l'Unité de Formation et de Recherche de Médecine d'Amiens
Chef du service de Néphrologie, Médecine interne, Dialyse, Transplantation (Pôle D.R.I.M.E)

Vous me faites l'honneur de présider mon jury de thèse et je vous en remercie. Un grand merci pour vos précieux conseils, votre aide et vos encouragements qui m'ont permis de construire ce travail. Merci pour votre disponibilité et votre enseignement tout au long de mon internat qui constituent un modèle pour la suite de ma carrière. Veuillez trouver ici le témoignage de toute ma gratitude pour votre aide et votre sympathie.

A mon Maître, **Monsieur le Professeur Michel SLAMA**
Professeur des Universités-Praticien Hospitalier (Médecine intensive-réanimation)
Chevalier dans l'Ordre des Palmes Académiques

Vous me faites l'honneur de participer à ce jury de thèse. Merci pour votre enseignement et votre gentillesse lors de mon passage en stage de réanimation. Veuillez trouver ici l'expression de toute ma gratitude.

A mon Maître, **Monsieur le Professeur Elie ZOGHEIB**
Professeur des Universités-Praticien Hospitalier (Anesthésie-Réanimation)

Vous me faites l'honneur de participer à ce jury de thèse. Merci pour votre écoute, nos échanges toujours très constructifs et vos précieux conseils. Vous êtes un modèle pour la suite de ma carrière. Veuillez trouver ici l'expression de toute ma gratitude.

A Monsieur le Docteur Dimitri TITECA-BEAUPORT
Praticien Hospitalier-Universitaire (Néphrologie)

Tu me fais l'honneur de participer à ce jury de thèse et je t'en remercie. Ta patience et ta sympathie sont un exemple pour moi. C'était un réel plaisir d'apprendre à tes côtés durant ces dernières années. Tu trouveras ici l'expression de toute ma gratitude.

A Madame le Docteur Marianne Renou
Praticien Hospitalier (Néphrologie)

Un grand merci pour la direction de cette thèse. Ton expérience et tes conseils sont une réelle source d'inspiration. Tu as toujours cru en moi et j'en suis extrêmement reconnaissant. C'était un réel plaisir de travailler et d'apprendre à tes côtés durant toutes ces années. Tu trouveras ici l'expression de toute ma gratitude.

Au Docteur Najeh El Esper, tu m'as permis de faire aboutir ce travail auquel tu as largement contribué et j'en suis extrêmement reconnaissant. Merci pour tes conseils et nos discussions qui ont été source de motivation.

A toute l'équipe d'Hémodialyse qui m'a facilité l'exécution de ce travail.

A toute l'équipe médicale et paramédicale du service de Néphrologie du CHU d'Amiens.

Au Docteur Brazier, je te remercie pour ta gentillesse et ton écoute.

A Nesrine, j'ai de la chance de t'avoir comme amie et je te remercie de m'avoir accompagné durant ce voyage qu'est l'internat. Ton intelligence et ta vivacité d'esprit me fascinent. Je te souhaite tout le bonheur pour la suite. J'espère que tes bernard-l'hermite se porteront bien.

A Ivona, ma confidente.

A mes co-internes, Malek (le meilleur), Fouad (encore merci, ce travail n'aurait pas pu aboutir sans toi), Pierre P (je me souviendrai toujours de nos parties enflammées au Five et tes frappes de bourrin), Quentin, Amine, Inès, aux deux Thibault et Pierre L.

A mes Amis, Antoine, Laure, Pierre (le fou), William, Maxime, Marvin et Sawaf.

A ma famille, à mes grands-parents, merci pour tout votre amour et votre gentillesse.

A mes parents.

A mes sœurs, merci pour tout.

A Layla.

Table des matières

1.	<i>Table des illustrations</i>	8
2.	<i>Liste des abréviations</i>	9
3.	<i>Introduction</i>	10
3.1.	Définition de la surcharge hydro-sodée en hémodialyse	10
3.2.	Intérêt d'un nouveau test diagnostique	11
4.	<i>Matériels et méthodes</i>	14
4.1.	Patients	14
4.2.	Médecin investigateur et visites	14
4.3.	Procédure de recueil	15
4.4.	Données cliniques et biologiques	15
4.5.	Données issues des méthodes volumétriques	16
4.5.1.	Échographie pulmonaire en « 8 sites» (EP8).....	16
4.5.2.	Bioimpédance par Spectroscopie (BIS).....	17
4.5.3.	Échographie cardiaque trans-thoracique (ETT)	17
4.6.	Nombre de sujets nécessaire	18
4.7.	Éthique	18
4.8.	Analyses statistiques	19
5.	<i>Résultats</i>	21
5.1.	Caractéristiques de la population	21
5.2.	Performance de l'échographie pulmonaire et du score en "8-sites" pour l'estimation de la SHS	23
5.2.1.	Caractéristiques des patients présentant une SHS	23
5.2.2.	Comparaison de l'échographie pulmonaire aux autres méthodes pour le diagnostic de SHS	25
5.2.3.	Facteurs prédictifs de l'état de SHS	26
5.2.4.	Seuil optimal de lignes B et de BNP pour diagnostiquer l'état de SHS	28
5.3.	Algorithme décisionnel pour l'estimation de l'état de SHS à l'aide de l'échographie pulmonaire et du score en "8-sites"	28
6.	<i>Discussion</i>	33
7.	<i>Conclusion</i>	36
8.	<i>Bibliographie</i>	37
9.	<i>Annexes</i>	41
10.	<i>Résumé</i>	51

1. Table des illustrations

Tableau 1 : Caractéristiques de la population	22
Tableau 2 : Données de l'EP8 et de l'ETT de la population d'étude.....	23
Tableau 3 : Description de la population selon la présence d'une SHS identifiée par ETT....	24
Tableau 4 : Puissance discriminante des différentes méthodes d'estimation de l'état de SHS	26
Tableau 5 : Facteurs prédictifs de l'état de SHS identifié par ETT (analyses uni-variées par régression logistique)	27
Tableau 6 : Modèles prédictifs de SHS déterminée par ETT	29
Tableau 7 : Caractéristiques discriminantes des combinaisons d'examens.....	31
Figure 1 : Courbes ROC pour différentes mesures et estimations des AUC (Ligne B, BNP)	26
Figure 2 : Représentation graphique des courbes ROC modélisées afin de diagnostiquer la SHS.....	30
Figure 3 : Représentation graphique des courbes ROC modélisée en fonction des variables (fibrillation atriale, BNP et nombre de lignes B) et empirique des lignes B mesurées à l'EP8	31
Figure 4 : Courbe de décision selon 5 modalités de diagnostics de SHS. Le seuil optimal est indiqué sur l'axe des abscisses et le bénéfice net est indiqué sur l'axe des ordonnées.	32
Annexe 1 : Algorithme de décision selon les mesures écho-cardiographiques.....	41
Annexe 2 : Cartographie des zones d'analyse en échographie pulmonaire du score en 28 et 8 sites.....	41
Annexe 3 : Paramètres cliniques et dialytiques de la population de l'étude	42
Annexe 4 : Données de l'examen clinique et de la BIS pour la population d'étude	43
Annexe 5 : Données biologiques de la population d'étude.....	44
Annexe 6 : Description de la population selon la présence d'une SHS identifiée par ETT (47 patients)	45
Annexe 7 : Description de la population selon la présence d'une SHS identifiée par ETT (suite).....	46
Annexe 8 : Description de la population selon la présence d'une SHS identifiée par ETT (suite).....	47
Annexe 9 : Prédiction de l'état de SHS identifié par ETT (analyse par régression logistique uni-variée)	48
Annexe 10 : Comparaison des paramètres d'ETT, d'EP8, de BIS et de la localisation de la fistule artério-veineuse (FAV) en fonction du débit de FAV.....	49
Annexe 11 : Distribution des lignes de B mesurées à l'EP8 dans la population d'étude	50
Annexe 12 : Distribution des lignes B après transformation logarithmique	50

2. Liste des abréviations

IRCT : Insuffisance Rénale Chronique au stade Terminal	OH: Overhydratation
HTA : Hypertension Artérielle	LTI: Lean Tissue Index
SHS : Surcharge Hydro-Sodée	FTI :Fat Tissue Index
NYHA: New York Heart Association	TBW: Total Body Water
BPCO: Broncho-Pneumopathie Obstructive	ECW: Extracellular Water
AOMI : Artériopathie oblitérante des membres inférieurs	ICW: Intracellular Water
FAV : Fistule artério-veineuse.	BCM: Body Cell Mass
IMC : Indice de Masse Corporelle	ATM: Adipose tissue mass
HVG : Hypertrophie Ventriculaire Gauche	FAT: Fat mass
OAP : Œdème Aigu Pulmonaire	V : Volume de distribution de l'urée
VCI : Veine Cave Inférieure	Q : Qualité de l'examen
ETT : Échographie Trans-Thoracique	ROC: Receiver Operating characteristic Curve
PRVG : Pressions de Remplissage du Ventricule Gauche	AUC : Area Under Curve
PAPS : Pression Artérielle Pulmonaire Systolique	AUROC: Area Under the receiver operating characteristic Curve
EP8 : Échographie pulmonaire en 8-sites	AIC : AKAIKE Information Criterion
EPEV : Eau Pulmonaire Extra-Vasculaire	DCA : Courbe d'Analyse de Décision
BNP : Brain Natriuretic Peptide	NA : Non disponible
CRP: C-reactive protein	II :Prévalence
BIS : Bioimpédance par Spectroscopie	

3. Introduction

3.1. Définition de la surcharge hydro-sodée en hémodialyse

Les patients insuffisants rénaux chroniques au stade terminal (IRCT) ont un risque accru de présenter une complication cardiovasculaire par rapport à la population générale et ces complications représentent de loin la première cause de mortalité dans cette population. Les principales complications décrites sont les cardiopathies ischémiques, l'insuffisance cardiaque, les accidents vasculaires cérébraux, les maladies artérielles périphériques et les troubles du rythme. Parmi les facteurs de risque rapportés pouvant expliquer cette surmortalité, outre la prévalence élevée de l'hypertension artérielle (HTA), du diabète et de la dyslipidémie, il a été décrit le rôle joué par un débit excessif de l'abord vasculaire, l'anémie, les calcifications vasculaires, ainsi que les variations volémiques et en particulier la surcharge hydro-sodée (SHS).

La définition de la SHS varie entre les différentes publications mais habituellement elle implique une congestion pulmonaire et des œdèmes périphériques¹. La SHS est fréquente dans la population hémodialysée et elle est significativement associée à une surmortalité. La probabilité de survie d'un patient hémodialysé diagnostiqué au moins une fois en SHS est de 21,3% à 5 ans².

Sa prévalence chez les patients hémodialysés est difficile à déterminer avec précision mais à des degrés de symptomatologie différents, elle toucherait entre 16% et 60% des patients dialysés le même jour, dans un centre donné^{3,4}. En l'absence de test de référence utilisé en routine, cet état de SHS serait grandement sous-estimé⁵.

Les conséquences directes de cette SHS sont l'asthénie, l'hypertension artérielle pré-dialytique, la rigidité vasculaire, l'hypertrophie ventriculaire gauche (HVG) et l'insuffisance cardiaque⁶. En effet, les patients hémodialysés ont un haut risque de développer à long terme une insuffisance ventriculaire gauche pouvant elle-même se compliquer d'épisodes d'œdème aigu pulmonaire (OAP). L'accumulation de l'eau dans les alvéoles pulmonaires peut être infra clinique et peut s'installer graduellement entre les séances de dialyse, en particulier chez les patients anuriques⁷. Elle est liée à une augmentation de la perméabilité des capillaires

alvéolaires⁸. La SHS expose également les patients à un risque accru d'hypotension intra-dialytique et de crampes lors de leur séance d'hémodialyse⁶.

De fait, bien que difficile, l'estimation fiable et précise du « poids sec », c'est à dire du poids recherché à la fin de la séance de dialyse, compromis entre une légère déshydratation extracellulaire et une SHS modérée au début de la séance suivante, est une préoccupation quotidienne des néphrologues pour les patients hémodialysés. L'évaluation clinique du statut d'hydratation est imprécise⁹, et une telle approche empirique ne permet pas d'éviter les problèmes d'hypertension, d'hypotension intra-dialytique et d'hyperhydratation infra-clinique.

Plusieurs outils peuvent aider à l'estimation du « poids sec ». Il s'agit de la bioimpédance par spectroscopie (BIS), de la mesure du diamètre de veine cave inférieure (VCI) et du dosage de biomarqueur plasmatique tel que le *Brain Natriuretic Peptide* (BNP).

3.2. Intérêt d'un nouveau test diagnostique

Actuellement, le diagnostic d'un état de SHS chez un patient hémodialysé avant sa séance de dialyse repose essentiellement sur l'examen clinique, qui consiste en une auscultation cardio-pulmonaire à la recherche de crépitations et en une palpation des membres inférieurs (et éventuellement des lombes) à la recherche d'œdèmes prenant le godet (signant une extravasation vasculaire de fluide). Ces deux signes sont le reflet d'une congestion pulmonaire secondaire à une dysfonction ventriculaire gauche et/ou à une surcharge volémique. Leur recherche est indolore, simple et rapide, ce qui fait qu'ils peuvent être recherchés de façon systématique en routine. Cependant, bien qu'ils possèdent chacun une spécificité élevée de 92% [CI : 76-98] et 85% [CI: 67-94] respectivement, leur sensibilité est faible de 40% [CI:12-77] et 60% [CI: 23-88] respectivement^{3,10}.

Afin d'apprécier plus précisément la SHS, le clinicien peut s'aider de l'utilisation du biomarqueur plasmatique, le BNP¹¹. Topalyai *et al*, retrouvent en effet une corrélation positive entre le niveau de BNP plasmatique et l'état d'hydratation évalué par BIS chez les patients hémodialysés. Chen *et al*, montrent qu'un niveau élevé de NT-proBNP plasmatique chez les patients hémodialysés est associé à une augmentation de pression artérielle, une augmentation du ratio ultrafiltration/poids sec et une diminution de l'hémoglobinémie¹². D'autres part, Stenberg *et al*, démontrent une corrélation faiblement positive ($r = 0.38$) entre le niveau de BNP plasmatique et le statut *overhydration* estimé par BIS¹³.

Le clinicien peut également s'aider de l'échographie cardiaque trans-thoracique (ETT) et de la bioimpédance par spectroscopie (BIS).

L'échographie cardiaque trans-thoracique (ETT) permet une évaluation précise de l'état de volémie, en étudiant simultanément les pressions de remplissage du ventricule gauche (PRVG), la pression artérielle pulmonaire systolique (PAPS) et le diamètre de la veine cave inférieure (VCI)¹⁴. Le ratio de la vitesse maximale l'onde E (contemporaine du remplissage ventriculaire rapide) et de la vitesse de déplacement de l'anneau mitral, correspondant à l'onde E', est un paramètre important de la fonction diastolique du ventricule gauche¹⁵. Le ratio E/E' est formellement associé à la mortalité et aux évènements cardiovasculaires chez les patients dialysés^{16,17}. Il a également été montré que la SHS est associée à la fonction systolo-diastolique du ventricule gauche chez les patients hémodialysés¹⁸. Cette technique nécessite un entraînement et est difficile à mettre en place en routine dans un centre d'hémodialyse.

La bioimpédance par spectroscopie (BIS) est apparue comme un outil objectif permettant d'évaluer la SHS. Cet examen fournit une évaluation individualisée de l'état d'hydratation et de la surcharge liquidienne sur la base du volume extracellulaire normal, en tenant compte de la composition corporelle. Il s'agit d'un examen facile à pratiquer, non invasif, pouvant être réalisé au lit du malade et hautement reproductible avec une AUROC (Area Under the receiver operating characteristic Curve) de 88% [CI:0,84–0,90]¹⁹. Un essai récent comparant une optimisation du poids sec guidée par BIS dans un groupe de 156 patients hémodialysés a montré une diminution de la SHS et de la masse ventriculaire gauche après 12 mois de suivi avec une tolérance comparable à celle du groupe témoin²⁰. Son coût d'acquisition reste relativement important et il n'est pas à disposition de toutes les équipes d'hémodialyse. De plus, sa validation pour les sujets ayant un indice de masse corporelle (IMC) < 21 et > 28 kg/m² ne semble pas fiable, ce qui est un facteur limitant compte tenu de la prévalence élevée du surpoids et de l'obésité en hémodialyse²¹.

En plus de ces deux outils bien connus et couramment utilisés, émerge actuellement l'échographie pulmonaire, qui reçoit une attention grandissante en recherche clinique pour les patients de cardiologie, de réanimation²² et d'hémodialyse²³. Cette technique permet de détecter l'eau pulmonaire extravasculaire (EPEV) en analysant les lignes B (images artéfactuelles résultant du contact entre l'air « alvéoles » et l'eau « septa ») et peut estimer la congestion pulmonaire avec une sensibilité et une spécificité respectivement de 93,4% et 93% chez les

patients de réanimation²⁴. La somme des lignes B reflète l'excédent d'EPEV. Cette technique est rapide (3 à 10 minutes), non invasive et peu coûteuse. La formation de l'utilisateur est simple, rapide et il existe peu de variabilité inter-opérateur. Elle peut être utilisée en routine afin de détecter une SHS et a été validée en réanimation²⁵. L'utilisation de différents scores tels que « Echo Comet Score (ECS) », le score en « 28-sites » et le score en « 8-sites » ont été décrits^{4,26}. Ce dernier permet d'estimer la présence d'une SHS par la somme du nombre de lignes B pour chaque zone du champ pulmonaire donné. Il est le plus récent et le plus facilement reproductible²⁶.

Les patients hémodialysés bénéficient régulièrement des 2 premiers examens sus-cités mais l'utilisation de l'échographie pulmonaire reste à ce jour anecdotique, alors qu'elle pourrait permettre d'affiner l'estimation du poids sec. C'est dans ce contexte que notre étude se propose d'évaluer l'apport de l'échographie pulmonaire en utilisant le score en « 8-sites » dans le but de diagnostiquer l'état de SHS des patients avant la séance d'hémodialyse.

Dans un premier temps, l'objectif de notre étude est d'estimer les performances de l'échographie pulmonaire pour l'estimation de la SHS chez les patients hémodialysés à l'aide du score en « 8-sites » (EP8) et de les comparer à d'autres méthodes : paramètres cliniques, paramètres échocardiographiques, BIS et BNP.

Dans un deuxième temps, notre objectif sera de créer un algorithme décisionnel pour l'estimation de la SHS en intégrant le calcul du score en « 8 sites » par l'échographie pulmonaire.

4. Matériels et méthodes

4.1. Patients

Nous avons réalisé une étude de cohorte, observationnelle, prospective parmi les patients pris en charge dans l'Unité d'Hémodialyse du service de Néphrologie Médecine Interne Dialyse et Transplantation du CHU d'Amiens entre le 14 mai 2021 et le 14 juin 2021. La durée des inclusions a été de 1 mois. Les critères d'éligibilité ont été appliqués à l'ensemble des patients de l'Unité d'Hémodialyse et les patients ont été inclus selon les critères suivants :

- CRITERES D'INCLUSION
 - Age > 18 ans
 - Traitement par hémodialyse depuis plus de 3 mois
 - Absence d'évènement cardiologique ou infectieux depuis au moins 3 mois
 - Au moins 2 séances d'hémodialyse par semaine
 - Affiliation à la sécurité sociale
- CRITERES D'EXCLUSION
 - Antécédent de fibrose pulmonaire ou de pathologie pulmonaire active
 - Indice de masse corporelle (IMC) < 21 kg/m² ou > 30 kg/m²
 - Antécédent d'amputation majeure (sous-gonale ou trans-fémorale) ou patient porteur d'une prothèse orthopédique
 - Présence d'un pacemaker

4.2. Médecin investigateur et visites

Le médecin investigateur, le Docteur Marianne Renou en qualité de néphrologue et le collaborateur de l'investigateur, Monsieur Elias Kochbati en qualité d'interne en médecine ont participé aux visites.

Lors de la visite de pré-inclusion, à l'occasion de la séance habituelle d'hémodialyse du patient, celui-ci a été informé de la possibilité de participer à l'étude et il lui a été remis une note d'information. La visite de pré-inclusion a été réalisée en ambulatoire. Le délai de réalisation prévu pour cette visite était de 5 minutes.

La visite pendant laquelle les données ont été recueillies a été effectuée par le collaborateur de l'investigateur, Monsieur Elias Kochbati. Les visites ont été réalisées en ambulatoire. Le délai de réalisation prévu pour la visite était de 15 minutes. L'intervalle de temps toléré après la visite de pré-inclusion était de 2 mois.

4.3. Procédure de recueil

Après inclusion des patients, la procédure de recueil des données s'est déroulée de la façon suivante :

- Présentation de l'étude au patient lors d'une de ses séances habituelles d'hémodialyse
- Sélection du générateur utilisé pour la séance d'hémodialyse et installation du patient
- Avant le début de la séance d'hémodialyse, réalisation de l'échographie pulmonaire selon la pratique du score en « 8 sites » puis de la mesure par BIS en décubitus dorsal
- Dans un second temps, réalisation de l'ETT par le même opérateur
- Mesure des constantes par l'infirmier·e diplômé·e d'État et branchement au générateur de dialyse afin de débiter la séance
- Examen clinique de routine pratiqué par le même opérateur dans le but de compléter un score clinique détaillé ultérieurement³
- Collecte des données biologiques
- En fin de séance, récupération des constantes recueillies au cours de la séance et des événements indésirables éventuellement survenus
- Résultats recueillis ont été transmis et expliqués au patient

4.4. Données cliniques et biologiques

Les données recueillies pour les besoins de l'étude étaient :

- Les antécédents médicaux du patient tels que l'hypertension artérielle, la dyslipidémie, le diabète, la fibrillation atriale, la coronaropathie, un antécédent de cancer, de cirrhose, de broncho-pneumopathie obstructive (BPCO), de tabagisme actif, de transplantation rénale

- Les paramètres liés à la dialyse : initiation de la dialyse sur cathéter et date de début des séances d'hémodialyse, volume d'ultrafiltration total, quantification de l'adéquation du traitement d'hémodialyse, volume de sang traité et traitements administrés en séance
- Les analyses biologiques suivantes : sodium, potassium, chlorémie, réserve alcaline, calcium, phosphate, protidémie, albumine, globules rouges, hématoците, hémoglobine, globules blancs, plaquettes, *C-reactive protein* (CRP) et BNP
- Les paramètres cliniques : pression artérielle avant et après séance, poids avant et après séance, recherche et quantification d'une dyspnée, recherche d'une turgescence jugulaire, d'un reflux hépato-jugulaire, de râles-crépitant pulmonaires, d'œdème périphérique prenant le godet.

Les paramètres cliniques ont été intégrés à un score³ permettant de classifier les patients selon la présence ou non d'une SHS :

- critères majeurs : stade NYHA (New York Heart Association) > III, orthopnée

- critères mineurs : turgescence jugulaire, reflux hépato-jugulaire en position demi-assise, râles-crépitant pulmonaires, œdème périphérique prenant le godet, hypertension artérielle systolo-diastolique pré-dialytique (pression artérielle systolique > 140 mm Hg et pression artérielle diastolique > 90 mm Hg)

L'association de 2 critères majeurs ou 3 critères mineurs ou la combinaison d'un critère majeur et d'un mineur définissaient la SHS.

Le score a été obtenu au début de la séance d'hémodialyse.

4.5. Données issues des méthodes volumétriques

4.5.1. Échographie pulmonaire en « 8 sites» (EP8)

L'EP8 a été réalisée au lit du patient avant la séance de dialyse.

Un balayage à l'aide de la sonde linéaire de l'appareil LOGIQTM R8 (GE Healthcare) a été réalisé en décubitus dorsal du second au quatrième espace intercostal à gauche (à droite jusqu'au cinquième) à partir de l'extrémité para-sternal jusqu'à la ligne médio-axillaire²⁷. Après avoir vérifié l'intégrité de la ligne pleurale, les lignes B ont été visualisées dans chaque

espace intercostal et définies comme une ligne hyperéchogène (ligne de renforcement postérieur). Une description des zones étudiées est présentée en

Annexe 2.

Les lignes B ont été additionnées pour obtenir un score ≥ 5 définissant la SHS²⁸.

4.5.2. Bioimpédance par Spectroscopie (BIS)

La BIS a été réalisée au lit du patient, installé en décubitus dorsal et avant la séance de dialyse. Les paramètres recueillis lors de la réalisation de la BIS à l'aide d'un modèle de type Body Composition Monitor (modèle 0BJA1394, Fresenius Medical Care AG & Co. KGaA, D-61343 Bad Homburg) étaient : Overhydratation (OH: [L]), Lean tissue index (LTI: [kg/m²]), Fat tissue index (FTI: [kg/m²]), Total body water (TBW: [V]), Extracellular water (ECW:[L]), Intracellular water (ICW: [L]), Ratio ECW/ICW et la qualité de l'examen (Q : [%]).

Les patients étaient considérés en SHS si le rapport OH/ECW était supérieur à 15%²⁹.

4.5.3. Échographie cardiaque trans-thoracique (ETT)

L'ETT est considérée comme notre gold standard non-invasif (méthode de référence).

Elle a été réalisée au lit du patient avant la séance d'hémodialyse.

Toutes les ETT ont été réalisées par le même opérateur et en mode ouvert. L'appareil d'échographie de type LOGIQTM R8 (GE Healthcare) associé à une sonde de type 8s (GE Healthcare) ont été utilisés pour les besoins de l'étude.

La vitesse de l'onde E et A (m/s), le rapport E/A, le temps de décélération (ms), la pente de décélération (m/s²), onde E' latéral (m/s), le ratio E/E' latéral, la PAPS et la mesure du diamètre de la VCI avec calcul de l'index de collapsibilité < 40% ont été mesurés.

Plus précisément, l'ETT s'est intéressée aux paramètres suivants :

- la mesure du diamètre de la veine cave inférieure (VCI) par acquisition en mode 2D (M-Mode), réalisée au niveau sous-xiphoïdien en fin d'expiration et en fin d'inspiration. Elle permet le calcul de l'« index de collapsibilité » donné par la formule suivante : [diamètre maximum de la VCI à l'expiration – diamètre minimum de la VCI]/ diamètre maximum VCI x 100. Un « index de collapsibilité » supérieur à 40 % signe une hypovolémie en ventilation spontanée.

- les mesures des pressions artérielles pulmonaires systoliques (PAPS) ont été estimées en mesurant le pic du flux de régurgitation tricuspide et en additionnant la pression dans l'oreillette

droite. Si le diamètre de la VCI était supérieur à 2 cm, la pression dans l'oreillette droite était de 10 mm Hg, dans le cas contraire elle était de 5 mm Hg³⁰.

- les mesures des pressions de remplissage du ventricule gauche ont été évaluées en utilisant 2 estimations du ratio E/A et E/E' au doppler pulsé et tissulaire de l'anneau mitral. Seul le ratio E/E' était mesuré en cas de fibrillation atriale³¹. Les pressions sont considérées comme élevées lorsque le ratio E/E' est supérieur ou égale à 13 et basses quand il est inférieur à 8, chez les sujets ayant une fraction d'éjection du ventricule gauche préservée.

Au total, les critères définissant la SHS en ETT sont :

- 1) ratio E/E' \geq 13
- 2) ($8 \leq$ ratio E/E' \leq 13) + Index de collapsibilité $<$ 40% + PAPS $>$ 35 mm Hg
- 3) Utilisation de l'algorithme décisionnel Annexe 1³²

4.6. Nombre de sujets nécessaire

Une étude récente³ a comparé l'échographie pulmonaire à l'ETT (gold standard) en utilisant « Echo Comet Score (ECS) » décrit dans une étude antérieure⁴. Les estimations de la sensibilité, de la spécificité et du rapport de vraisemblance positive (*LR+*) de l'échographie pulmonaire afin de détecter une SHS modérée à sévère étaient de 80% [38–96], 62% [43–78], 2.08 [1.08–4.00] respectivement. Le calcul du nombre de sujets nécessaire d'après Hajian-Tilaki³³ a été réalisé en utilisant le ratio de vraisemblance positif. Considérant la faible puissance de cette précédente étude³, nous avons défini comme objectif une sensibilité égale à 0.9, une spécificité égale à 0.8, ainsi qu'un *LR+* supérieur à 2. Le nombre de cas identifiés était de 23. Le nombre minimum de sujets nécessaire en fonction de la prévalence de la maladie (prévalence = 0,5) était de 46.

4.7. Éthique

L'information a été donnée par oral et par écrit à l'ensemble des patients de l'Unité d'Hémodialyse du service de Néphrologie Médecine Interne Dialyse et Transplantation du CHU d'Amiens, dont l'éligibilité a été définie selon les critères d'inclusion et de non-inclusion. Le médecin néphrologue a proposé au patient de participer à la recherche et l'a informé de l'objectif du traitement informatisé des données le concernant qui ont été recueillies au cours de cette recherche. Les critères d'éligibilité ont été vérifiés au préalable. Si la personne était d'accord pour participer, elle donnait oralement son accord et sa non-opposition qui a été

documentée dans son dossier médical. Le participant dispose d'un droit d'accès, de rectification, d'effacement, d'opposition et de limitation des données le concernant. L'exercice des droits à l'effacement et d'opposition est limité en ce qui concerne les données déjà collectées car elles seront conservées afin de préserver l'intégrité et la fiabilité scientifique de l'étude.

4.8. **Analyses statistiques**

Pour la description des caractéristiques de la population, les variables quantitatives ont été écrites à l'aide de la moyenne \pm écart type et de la médiane (minimum - maximum). Les variables qualitatives ont été décrites par leur fréquence avec un intervalle de confiance de niveau 95 %.

La comparaison de groupe a été évaluée à l'aide d'un test exact de Fisher et d'un test du X^2 . La comparaison de groupe a été réalisée pour les variables continues ayant une distribution normale, par un test de Student et par des tests de Wilcoxon-Mann-Whitney, des rangs signés de Wilcoxon pour les données ne suivant pas une loi normale.

La valeur étiologique des lignes B mesurée par EP8 pour prédire l'état de SHS a été déterminée par régression logistique uni-variée. Les odds ratio ont été calculés avec leurs intervalles de confiance de niveau 95%.

La puissance discriminante des différentes méthodes ayant pour but de déterminer l'état de SHS détecté par l'ETT (méthode de référence) a été analysée à l'aide de l'AUROC après transformation des variables ne suivant pas une distribution normale. Les courbes ROC (receiver operating characteristic curve) ont été construites et les aires sous la courbe (AUC) ont été calculées et comparées entre le score clinique, BIS et l'EP8. La comparaison des AUC a été réalisée à l'aide du test de DeLong. Le calcul de la fonction d'utilité a été réalisé afin de retenir le seuil optimal qui maximise le nombre moyen de patients correctement classés.

Les modèles prédictifs ont été construits à l'aide de régressions logistiques. Les modèles ont été choisis en utilisant les variables significatives avec une p value à 0.2 en régression uni-variée puis les modèles ont été comparés en fonction de leur déviance ou test du X^2 pour les modèles emboîtés et *l'AKAIKE Information Criterion* (AIC) pour les autres modèles. La puissance discriminante des différentes méthodes ayant pour but de déterminer l'état de SHS détecté par l'ETT (méthode de référence) a été investiguée en analysant l'AUC. Les modèles prédictifs ont été comparés selon leurs AUC et à l'aide de la courbe d'analyse de décision (DCA) puis le modèle ayant la meilleure valeur diagnostique a été sélectionné.

Aucune analyse intermédiaire n'a été réalisée.

Pour l'objectif principal, le risque de première espèce a été fixé à 5% bilatéral. Il en est de même pour les objectifs secondaires.

Toutes les analyses ont été réalisées avec le logiciel R version 4.2.

5. Résultats

5.1. Caractéristiques de la population

Cinquante-trois patients ont participé à l'étude. La médiane d'âge de la population était de 68 ans (54,75) dont 32 (60%) de sexe masculin. L'hypertension artérielle était la première cause de maladie rénale chronique (21%) et le diabète la seconde (15%). Un antécédent de coronaropathie était présent chez 22% des patients. La majorité des patients étaient dialysés trois fois par semaine (85% des patients) et 57 % des patients étaient anuriques. Les résultats détaillés sont donnés dans le Tableau 1.

La médiane de la pression artérielle systolique pré-dialytique était de 140 mm Hg (127, 157) (Annexe 3). Les œdèmes périphériques prenant le godet étaient présents chez 13 % des patients. Une dyspnée NYHA > III était rapportée chez 5.7 % des patients (Annexe 4).

Quarante-sept patients de la cohorte ont bénéficié de dosages biologiques. Le niveau médian de BNP était de 334 ng/L (134, 659) (Annexe 5).

Quarante-sept patients ont bénéficié d'une échographie pulmonaire. Le nombre de lignes B médian était de 4.0 (1.0, 10.0) (Tableau 2).

La totalité des patients de la cohorte a bénéficié d'une mesure par BIS. La médiane de la mesure de l'*Overhydration* (OH) était de 1.90 L (0.50, 3.10). Le nombre de patients en SHS définie par un rapport OH/ECW > 15%, était de 17 (32%) (Annexe 4).

Quarante-sept patients ont bénéficié d'une ETT. La médiane du ratio E/A était de 1.15 (0.86, 2.48) et la médiane du ratio E/E' septal était de 8.0 (6.1, 10.8). Trente-quatre pourcent des patients avaient un index de collapsibilité de la VCI < 40% (Tableau 2). Selon les critères de SHS définis précédemment, 17 patients (36%) présentaient une SHS en ETT.

Tableau 1 : Caractéristiques de la population

Caractéristiques	N = 53 ¹
Age (en années)	68 (54,75)
Homme	32 (60%)
IMC (kg/m ²)	24.5 (22.2, 29.1)
Diurèse résiduelle (ml/24h)	NA : 9
0	30 (56,6%)
> 500	14 (26,4%)
Nombre de séance de dialyse par semaine (jours)	NA : 0
2	8 (15%)
3	45 (84,9%)
Patient incident en dialyse (en mois)	18 (6,76)/ NA : 5
Antécédent de transplantation rénale	5 (10%)/ NA : 3
Démarrage sur cathéter central	19 (38%)/NA : 3
Dyslipidémie	18 (36%)/NA : 3
Diabète	20 (41%)/NA : 4
HTA	44 (88%)/ NA : 3
Fibrillation atriale	11 (22%)/ NA : 3
Antécédent de coronaropathie	11 (22%)/ NA : 4
FEVG (%)	65 (60.0,65.8)/ NA : 5
Hypertrophie Ventriculaire Gauche	15 (31%)/ NA : 5
AOMI > stade 2	3 (6.0%)/ NA : 3
BPCO	3 (6.0%)/NA : 3
Tabagisme actif	5 (10%)/ NA : 3
Antécédent de tabagisme	19 (40%)/ NA : 5
Antécédent d'infection SARS-COV2	2 (4.0%)/NA : 3
Antécédent de cancer	9 (21%)/ NA : 11
Antécédent de cirrhose	3 (5.6%)
Débit de FAV (ml/min)	1000 (700,1200)/ NA : 20
Dialyse sur cathéter central	17 (34%)
Néphropathie	
Diabète	8 (15%)
HTA	11 (21%)
Indéterminée	12 (23%)
Polykystose	3 (5.8%)
Autres	18 (35 %)
Indéterminée	12 (23 %)
NA	1

¹n (%); Médiane (25%, 75%); NA : Non disponible ; IMC : indice de masse corporelle ; HTA : Hypertension artérielle ; FEVG : Fraction d'éjection du ventricule gauche ; BPCO: Bronchopneumopathie chronique obstructive ; AOMI : Artériopathie oblitérante des membres inférieure ; FAV : Fistule artério-veineuse.

Tableau 2 : Données de l'EP8 et de l'ETT de la population d'étude

Données	N = 47 ¹
EP8	
Lignes B (nombre)	4.0 (1.0, 10.0)
ETT	
E (m/s)	0.83 (0.64, 1.03)/NA : 9
A (m/s)	0.71 (0.48, 0.90)/NA : 9
E/A	1.15 (0.86, 2.48)
Pente de décélération (m/s ²)	4.7 (3.9, 6.3)/NA : 16
Temps de décélération (ms)	176 (126, 234)
E/E'	8.0 (6.1, 10.8)
PAPS > 35 mmHg	4 (8.5%)/NA : 6
Index de collapsibilité VCI < 40%	16 (34%)

¹n (%); Médiane (25%, 75%); NA : Non disponible

5.2. Performance de l'échographie pulmonaire et du score en "8-sites" pour l'estimation de la SHS

5.2.1. Caractéristiques des patients présentant une SHS

Les groupes « SHS » et « absence de SHS » ont été déterminés selon les critères de SHS à l'ETT définis précédemment (voir paragraphe 4.5.1). Sur l'ensemble des patients étudiés, 17 (36%) présentaient une SHS en ETT. La présence d'une fibrillation atriale était plus élevée de façon significative dans le groupe SHS ($p < 0.027$). La prise de poids inter-dialytique était significativement plus élevée dans le groupe SHS (2.60 kg [2.00, 3.40]) comparativement au groupe absence de SHS (2.00 kg [0.77, 2.65]). Concernant les examens biologiques, le niveau de BNP était significativement plus élevé (731 ng/L [410,990], $p < 0.01$) dans le groupe SHS (Annexe 8). La chlorémie était significativement plus basse dans le groupe SHS. Concernant les paramètres de la BIS, le volume de distribution de l'urée (V), l'eau intracellulaire (ICW) et l'estimation de l'index de masse maigre (LTI) étaient significativement plus faibles dans le groupe SHS que dans le groupe absence de SHS. Le nombre de sujets présentant un nombre de lignes B supérieur ou égal à 5 en EP8 était significativement plus élevé dans le groupe SHS (Tableau 3).

Tableau 3 : Description de la population selon la présence d'une SHS identifiée par ETT

Données	Absence de SHS N = 30 ¹	SHS N = 17 ¹	p-value ²
Score clinique	1/30 (3.3%)	2/17 (12%)	0.5
BIS			
OH (L)	1.70 (0.70, 2.90)	1.90 (0.30, 3.20)	>0.9
V (L)	35 (31,41)	29 (27,39)	0.046
ECW (%)	11 (3,17)	14 (4,19)	0.4
OH/ECW >15%	9 / 30 (30%)	7 / 17 (41%)	0.4
TBW (L)	37 (34,43)	32 (27,39)	0.064
ECW (L)	17.9 (16.0, 20.5)	16.0 (13.5, 19.1)	0.2
ICW (L)	19.3 (16.9, 22.4)	15.4 (13.7, 17.4)	0.037
E/I	0.94 (0.88, 1.02)	1.03 (0.87, 1.13)	0.3
LTM (kg)	16 (10,39)	16 (10,23)	0.5
FAT (kg)	12 (5,23)	8 (0,14)	0.3
ATM (kg)	32 (16,44)	34 (20,42)	0.8
BCM (kg)	20 (11,28)	9 (1,23)	0.2
LTI (kg/m ²)	16 (13,27)	10 (8,12)	0.009
FTI (kg/m ²)	15 (9,19)	15 (13,20)	0.4
Q (%)	94 (85,97)	95 (92,97)	0.3
EP8			
Lignes B (nombre)	3.0 (0.2, 7.0)	8.0 (6.0, 11.0)	0.056
Lignes B ≥ 5	10 / 30 (33%)	13 / 17 (76%)	0.004

¹n / N (%); Mediane (25%, 75%); ²Fisher's exact test; Wilcoxon rank sum test; Pearson's Chi-squared test; Wilcoxon rank sum exact test; EP8 : Échographie pulmonaire en 8-sites; BIS : Bioimpédance par Spectroscopie; NA: *Non disponible* ; OH: *Overhydration*; ATM: *Adipose tissue mass*; LTM: *Lean tissue mass*; LTI: *Lean tissue index*; FAT: *Fat mass*; FTI: *Fat tissue index* ; TBW: *Total body water*; ECW: *Extracellular water* ; ICW : *Intracellular water* ; Q : qualité de l'examen.

5.2.2. Comparaison de l'échographie pulmonaire aux autres méthodes pour le diagnostic de SHS

La répartition des lignes B identifiées à l'aide l'EP8 dans la population est décrite dans l'Annexe 11.

L'EP8 mesurant le nombre de lignes B dans le but de diagnostiquer l'état de SHS avant la séance d'hémodialyse présente une capacité discriminante telle que l'AUC est égale à 0.66 (95% IC, 0.50-0.83).

Concernant le BNP, il présente une capacité discriminante telle que l'AUC est égale à 0.78 (95% IC, 0.61-0.96) (Figure 1).

Concernant la puissance discriminante du seuil de lignes B \geq à 5 (EP8B5), l'AUC est à 0.71 (95% IC, 0.58-0.85) et pour le rapport OH/ECW $>$ 15%, l'AUC est de 0.55 (95% IC, 0.50-0.83) (Tableau 4).

Concernant la comparaison des AUC des niveaux de BNP et de l'EP8B5, il n'y avait pas de différence significative (P=0.513).

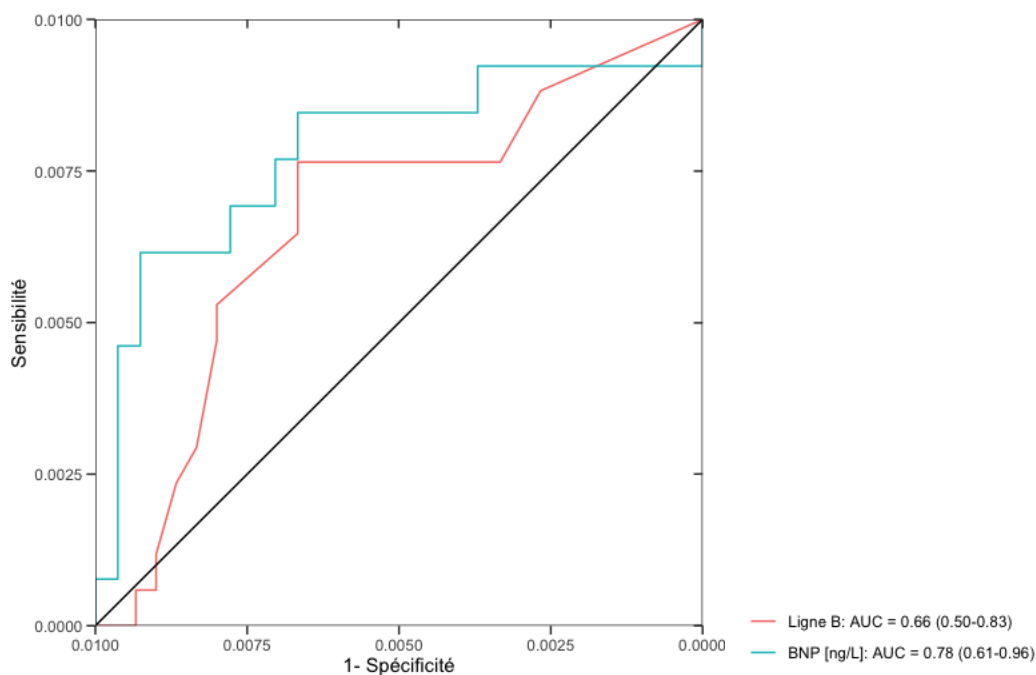


Figure 1 : Courbes ROC pour différentes mesures et estimations des AUC (Ligne B, BNP)

Tableau 4 : Puissance discriminante des différentes méthodes d'estimation de l'état de SHS

Test	Sensibilité	Spécificité	AUC
Score clinique	0.67 (0.09, 0.99)	0.66 (0.50, 0.80)	0.54 (0.46-0.62)
OH/ECW > 15%	0.44 (0.20, 0.70)	0.68 (0.49, 0.83)	0.55 (0.50-0.83)
Lignes B ≥ 5 (EP8B5)	0.57 (0.34, 0.77)	0.83 (0.63, 0.95)	0.71 (0.58-0.85)

5.2.3. Facteurs prédictifs de l'état de SHS

Parmi les facteurs étudiés en régression logistique uni-variée, l'IMC (OR, 0.90 ; IC 95%, 0.79-0.99 ; P=0.038), l'antécédent de transplantation rénale (OR, 8.31; IC 95%, 1.10-1.71 ; P=0.040), la présence d'une fibrillation atriale (OR, 5.83; IC 95%, 1.34-31.6 ; P=0.018), la prise de poids inter-dialytique (OR, 1.59; IC 95%, 1.03-2.65 ; P=0.037) et le dosage du BNP (OR, 1.002; IC 95%, 1.001, 1.004; P=0.003) sont significativement associés à la présence d'une SHS (Annexe 9). Concernant la BIS, la mesure de l'index de masse maigre (*LTI*) est associée significativement à la mesure de la SHS à l'ETT (OR, 0.944; IC 95%, 0.876, 0.997; P=0.038). La présence de 5 lignes B ou plus à l'EP8 multiplie par 6.5 le risque de présenter une SHS (OR, 6.50; IC 95%, 1.80-28.1; P=0.004) (Tableau 5).

Tableau 5 : Facteurs prédictifs de l'état de SHS identifié par ETT (analyses uni-variées par régression logistique)

Variables	N	Event N	OR ¹	95% IC ¹	p-value
Score clinique	47	17	3.87	0.34, 87.3	0.027
BIS					
OH (L)	47	17	0.993	0.7818, 1.255	0.951
V (L)	47	17	0.9361	0.8579, 1.011	0.095
ECW (%)	47	17	1.008	0.963, 1.060	0.741
OH/ECW >15%	47	17	1.633	0.4648, 5.725	0.440
TBW (L)	47	17	0.9402	0.8639, 1.014	0.111
ECW (L)	47	17	0.8951	0.7533, 1.040	0.153
ICW (L)	47	17	0.9057	0.7834, 1.029	0.132
E/I	47	17	4.628	0.1769, 150.5	0.358
LTM (kg)	47	17	0.984	0.9458, 1.020	0.389
FAT (kg)	47	17	0.979	0.9338, 1.016	0.283
ATM (kg)	47	17	0.998	0.981, 1.007	0.639
BCM (kg)	47	17	0.988	0.9452, 1.025	0.527
LTI (kg/m ²)	47	17	0.9449	0.8763, 0.997	0.038
FTI (kg/m ²)	47	17	1.034	0.968, 1.110	0.317
Q (%)	47	17	1.027	0.987, 1.092	0.221
EP8					
Lignes B (nombre)	47	17	1.107	0.995, 1.243	0.061
Lignes B ≥ 5	47	17	6.500	1.795, 28.14	0.004

¹ OR = Odds Ratio, IC = Intervalle de confiance ; Event : Evènement; EP8 : Échographie pulmonaire en 8-sites; BIS : Bioimpédance par Spectroscopie ; OH: *Overhydration*; ATM: *Adipose tissue mass*; LTM: *Lean tissue mass*; LTI: *Lean tissue index*; FAT: *Fat mass*; FTI: *Fat tissue index* ; TBW: *Total body water*; ECW: *Extracellular water* ; ICW : *Intracellular water* ; Q : qualité de l'examen.

5.2.4. Seuil optimal de lignes B et de BNP pour diagnostiquer l'état de SHS

Le seuil optimal de lignes B a été calculé en fonction de la prévalence ($\pi = 0.38$) de la SHS et est estimé à 7. De la même façon, le seuil optimal du niveau sérique de BNP est identifié à 667 ng/L dans cette cohorte.

5.3. Algorithme décisionnel pour l'estimation de l'état de SHS à l'aide de l'échographie pulmonaire et du score en "8-sites"

Le Tableau 6 présente les résultats des analyses de régressions logistiques multi-variées. Après plusieurs essais, le modèle 4 ajusté sur le nombre de lignes B, la présence d'une fibrillation atriale et la valeur de BNP était le plus parcimonieux avec un AIC à 39,7.

Tableau 6: Modèles prédictifs de SHS déterminée par ETT

Caractéristiques	Modèle 1			Modèle 2			Modèle 3			Modèle 4		
	B ¹	95% IC ¹	p-value	B ¹	95% IC ¹	p-value	B ¹	95% IC ¹	p-value	B ¹	95% IC ¹	p-value
(Intercept)	0.68	-2.3, 3.8	0.7	1.5	-1.6, 4.9	0.3	-1.4	-3.5, 0.55	0.2	-3.0	-5.4, -1.5	0.002
LigneB	1.9	0.58, 3.4	0.007	2.0	0.59, 3.6	0.008	1.8	0.41, 3.3	0.015	1.2	-0.75, 3.2	0.2
V	-0.07	-0.16, 0.01	0.12	-0.07	-0.16, 0.02	0.14						
LTI				-0.05	-0.13, 0.00	0.088	-0.05	-0.13, 0.01	0.11			
PRISE_PDS							0.30	-0.22, 0.86	0.3			
BNP										0.00	0.00, 0.01	0.026
fibrillation_atriale										0.66	-2.0, 3.2	0.6

¹B = coefficients, IC = Intervalle de confiance; **LigneB** : nombre de ligne B identifiée à l'EP8; **V** : Volume de distribution de l'urée en L ; **LTI** : Lean tissue index ; **PRISE_PDS** : prise de poids inter-dialytique ; **BNP** : Brain natriuretic peptide en ng/l ; **fibrillation_atriale** : présence ou non d'une fibrillation atriale. **Modèle 1**: Null deviance = 61.5; Null df = 46.0; log-likelihood = -25.3; AIC = 56.5; BIC = 62.1; deviance = 50.5; Residual df = 44.0; nobs = 47.0; **Modèle 2**: Null deviance = 61.5; Null df = 46.0; log-likelihood = -23.4; AIC = 54.8; BIC = 62.2; deviance = 46.8; Residual df = 43.0; nobs = 47.0; **Modèle 3**: Null deviance = 61.5; Null df = 46.0; log-likelihood = -23.9; AIC = 55.8; BIC = 63.2; deviance = 47.8; Residual df = 43.0; nobs = 47.0; **Modèle 4**: Null deviance = 48.8; Null df = 37.0; log-likelihood = -15.8; AIC = 39.7; BIC = 46.2; deviance = 31.7; Residual df = 34.0; nobs = 38.0.

Les courbes ROC modélisées sont présentées en Figure 2.

Le modèle 4 correspondant à l'association des variables fibrillation atriale, BNP et nombre de lignes B présentait l'AUC la plus élevée (AUC : 0.86, IC 95 % 0.70-1.00).

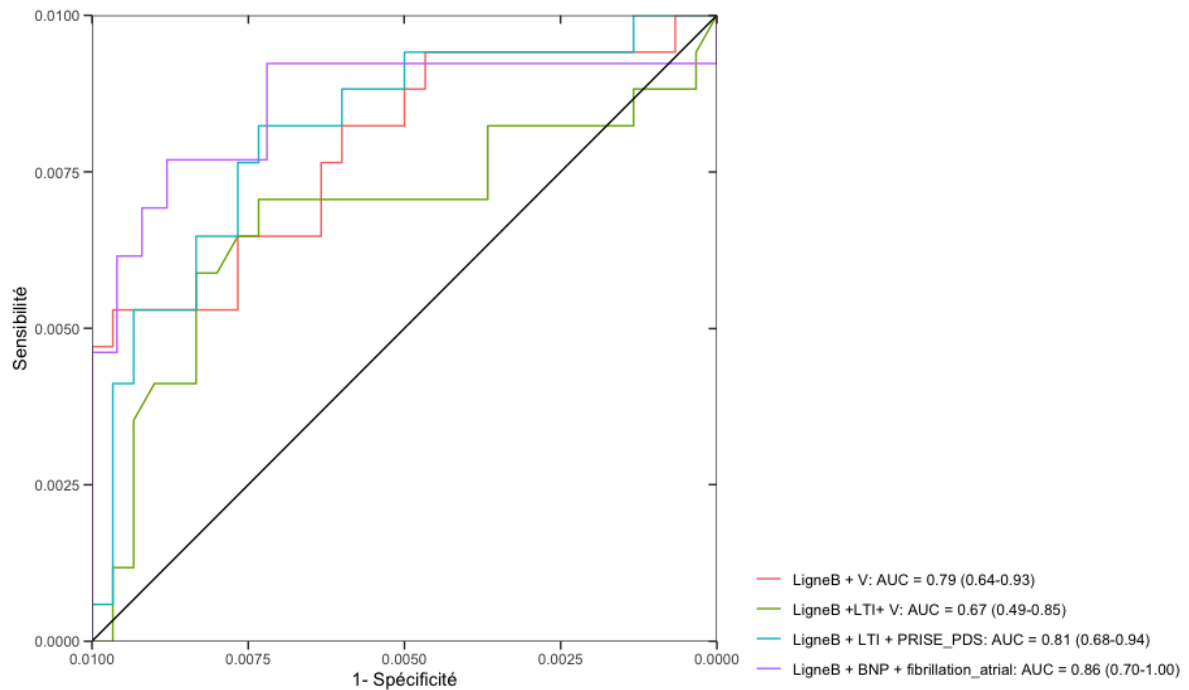


Figure 2 : Représentation graphique des courbes ROC modélisées afin de diagnostiquer la SHS

La comparaison entre la courbe ROC prédite à l'aide du modèle 4 et la courbe ROC empirique du nombre de lignes B à l'EP8 est présentée Figure 3.

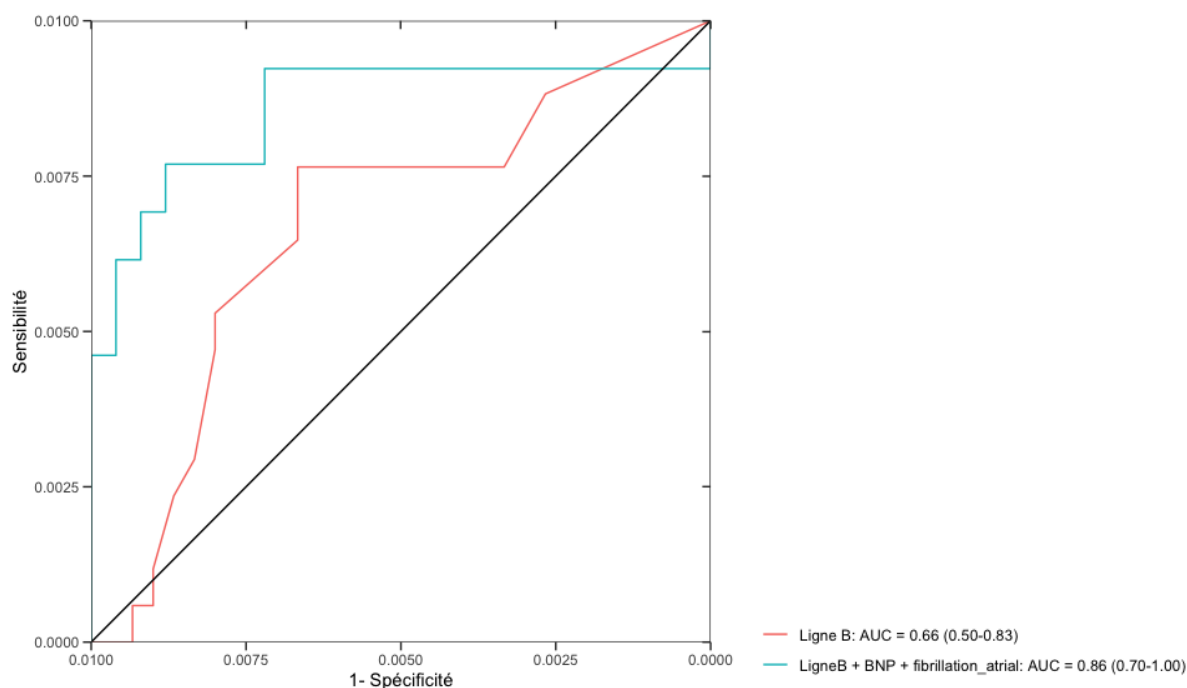


Figure 3 : Représentation graphique des courbes ROC modélisée en fonction des variables (fibrillation atriale, BNP et nombre de lignes B) et empirique des lignes B mesurées à l'EP8

Les courbes ROC modélisées nous ont renseignées sur les variables à associer dans des algorithmes décisionnels proposés (Tableau 7).

Tableau 7 : Caractéristiques discriminantes des combinaisons d'examens

Algorithmes décisionnels	Sensibilité	Spécificité	AUC
(1) BNP > 600 ng/L	0.67 (0.35, 0.90)	0.82 (0.63, 0.94)	0.78 (0.61-0.96)
(2) Lignes B \geq 5	0.57 (0.34, 0.77)	0.83 (0.63, 0.95)	0.71 (0.58-0.85)
(3) Lignes B \geq 7	0.60 (0.32, 0.84)	0.75 (0.57, 0.89)	0.66 (0.52-0.80)
(4) Lignes B \geq 7 ou lignes \geq 5 et présence d'une fibrillation atriale	0.73 (0.39, 0.94)	0.81 (0.62, 0.94)	0.74 (0.59-0.89)
(5) Lignes B \geq 7 ou lignes \geq 5 et BNP > 600 ng/L	0.62 (0.32, 0.86)	0.79 (0.59, 0.92)	0.71 (0.55-0.86)

Un seuil de BNP sérique à 600 ng/L a été choisi pour une utilisation aisée en pratique clinique. Le « bénéfice net » espéré correspond au pourcentage de patients dont la SHS est détectée grâce à l'EP8 et à l'association d'une autre variable (BNP seuil > 600 ng/L et présence d'une fibrillation atriale) sans ajout de faux positifs.

Pour un seuil de prévalence de la SHS à 0.38, les algorithmes décisionnels (4) et (5) peuvent espérer détecter 17 patients en SHS sur 100 sans ajout de faux positifs.

Concernant la détection des lignes B à l'aide de l'EP8 avec un seuil supérieur ou égal à 5 lignes B (EP8B5) pour une prévalence équivalente de la maladie, le « bénéfice net » serait de 20 patients pour 100 (Figure 4).

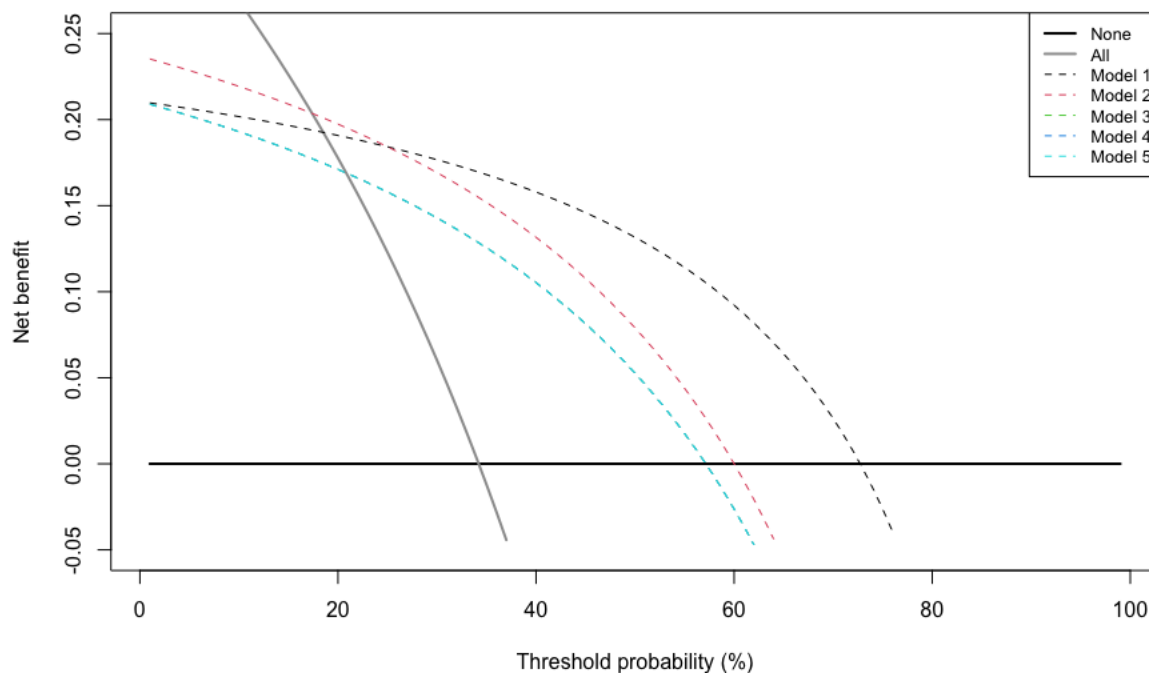


Figure 4 : Courbe de décision selon 5 modalités de diagnostics de SHS. Le seuil optimal est indiqué sur l'axe des abscisses et le bénéfice net est indiqué sur l'axe des ordonnées.

All: ETT; Algorithme décisionnel 1 (Model 1) : BNP >600 ng/L ; Algorithme décisionnel 2 (Model 2) : Lignes B \geq 5 ; Algorithme décisionnel 3 (Model 3) : Lignes B \geq 7 ; Algorithme décisionnel 4 (Model 4) : Lignes B \geq 7 ou lignes B \geq 5 et présence d'une fibrillation atriale ; Algorithme décisionnel 5 (Model 5) : Lignes B \geq 7 ou lignes B \geq 5 et BNP > 600 ng/L ; None : Aucun test. Les courbes des algorithmes décisionnels (3), (4) et (5) se superposent.

6. Discussion

Dans notre étude portant sur 53 patients hémodialysés, nous avons montré que la mesure des lignes B par l'EP8 avec un seuil de lignes B supérieur ou égal à 5 (EP8B5) est associée de façon significative à la présence d'une SHS identifiée par l'ETT (utilisée comme méthode de référence) avant la séance d'hémodialyse. Nous avons également montré que l'EP8B5 apparaît comme un bon outil diagnostique (AUC : 0.71 [0.58-0.85]) à la différence du score clinique et de la BIS (AUC respectivement à 0.54 et 0.55). Alors que les paramètres de l'ETT renseignent sur l'augmentation des pressions intravasculaires, la présence d'une SHS est difficilement détectable à l'examen clinique et à la mesure par BIS. La spécificité de l'EP8 dans notre étude est meilleure que celle retrouvée dans l'étude de Bobot *et al* qui a évalué également les performances discriminantes de l'échographie pulmonaire pour diagnostiquer la SHS chez 31 patients hémodialysés (approximativement 60 % en utilisant le score en 28 sites³ versus 83% dans notre étude). L'avantage de l'EP8B5 est de bénéficier d'une bonne spécificité compte tenu de la prévalence faible de la SHS en hémodialyse ($\pi = 38\%$).

Dans notre étude, une prise de poids inter-dialytique plus élevée est significativement associée à la présence d'une SHS identifiée par l'ETT ce qui est cohérent avec la littérature³³. L'étude *LUST* qui a utilisé l'échographie pulmonaire en comparaison au *standard-of-care* pour guider la titration du poids sec chez 79 patients hémodialysés, montre que la détection de la SHS par l'échographie pulmonaire est meilleure que l'examen clinique³⁵ ce qui est concordant avec nos résultats. Tout comme dans la littérature, nous avons montré que la présence d'un antécédent de fibrillation atriale est associée à la SHS. En effet, la fibrillation atriale a été récemment caractérisée comme associée de façon indépendante à la SHS dans une étude multicentrique portant sur les patients de 35 centres d'hémodialyse³⁶. Concernant les données biologiques, la chlorémie était plus élevée dans le groupe « absence de SHS ». Une hypothèse pouvant expliquer ce phénomène pourrait être le volume d'ultrafiltration plus bas favorisant une accumulation du chlore sérique³⁷. Dans notre travail, un index de masse maigre (défini comme le quotient de la masse maigre sur la taille au carré) ou *LTI* faible, est associé significativement à un état de SHS. Dans la littérature, un *LTI* et un *FTI* (index de masse grasse défini comme le quotient de la masse grasse sur la taille au carré) faibles sont également associés de façon significative à un état de SHS chez des patients avec une maladie rénale chronique au stade 4-5³⁸. De plus, un *LTI* < 10 % est significativement lié à un taux élevé d'IL-6 dans une population d'hémodialysés³⁹ et le *LTI* est prédictif de la mortalité après ajustement sur l'état de SHS, l'albumine sérique et l'index de comorbidité de Charlson. Un niveau de *LTI* inférieur au 10^{ème} percentile est à l'origine d'une augmentation du risque relatif de mortalité de 1.57 (95% CI =

1.13–2.20, $P < 0.05$)⁴⁰. Cependant, notre étude n'a pas montré de lien entre les marqueurs de l'inflammation ou de dénutrition et un état de SHS⁴¹. Enfin, dans notre étude, le niveau de BNP sérique possède une meilleure capacité prédictive de l'état de SHS que l'EP8B5. Topalyai *et al* ont démontré une excellente performance diagnostique du BNP plasmatique lorsque le seuil choisi était supérieur à 500 ng/L (AUC = 0.91)⁴². Le seuil optimal de BNP mesuré en pré-dialyse pour diagnostiquer l'état de SHS a été calculé à 667 ng/L dans notre étude, ce qui est comparable au résultat proposé par Topalyai *et al*.

Pour aller plus loin, nous avons créé un algorithme décisionnel pour l'estimation de la SHS en intégrant l'EP8 dans le but d'améliorer les performances des méthodes actuelles. En effet, l'utilisation de modèles prédictifs a la prétention d'améliorer nos pratiques en s'affranchissant de l'aléa de l'examen clinique, de l'imprécision des méthodes de mesures volumétriques et de la complexité de l'ETT⁴³. Cette démarche s'inscrit dans un plus large champ d'aide à la prescription tout comme le développement récent de modèles de machine learning permettant de faire des prédictions en temps réel à l'aide du volume sanguin relatif et d'assister le clinicien pour l'estimation du volume d'ultrafiltration⁴⁴.

Le faible effectif de la cohorte ne permettait pas une validation intrinsèque correcte d'un éventuel score de risque de SHS. La modélisation de courbes ROC permettait de choisir des variables à intégrer dans un algorithme décisionnel. La création d'un algorithme décisionnel en utilisant des paramètres faciles d'accès tels que la présence d'un antécédent ou non de fibrillation atriale, le dosage du BNP sérique pré-dialytique et la réalisation d'EP8 s'inscrivait dans cette démarche.

Dans notre population, nous avons montré que le meilleur « bénéfice net » afin de diagnostiquer l'état de SHS est en faveur de l'EP8B5 suivi de la mesure du BNP avec un seuil supérieur à 600 ng/L. Les algorithmes décisionnels proposés n'ont pas eu les capacités prédictives attendues et méritent d'être testés sur une population d'hémodialisés plus importante. En effet, les performances diagnostiques des algorithmes décisionnels associant les paramètres clinico-biologiques et l'EP8B5 sont plus faibles que la seule prise en compte d'un seuil de BNP supérieur à 600 ng/L ou du résultat de l'EP8B5 afin de prédire l'état de SHS. La performance de l'EP8 est néanmoins renforcée en présence d'un antécédent de fibrillation atriale. Concernant le BNP, ce test présente une limite importante car la mesure de BNP pré-dialytique ou post-dialytique ne permet pas de distinguer les patients normo-volémiques ou déshydratés⁴⁵, un taux de BNP normal ou bas signant avant tout l'absence de dysfonction ventriculaire gauche⁴⁶.

Notre étude possède un certain nombre de limites. Premièrement, une des faiblesses à signaler est la réalisation de l'ETT, de l'EP8, de la BIS et du score clinique par le même opérateur. L'expérimentateur est issu d'une formation de néphrologue sans expertise pointue en ETT et en échographie pulmonaire. De plus, les résultats du score clinique sont fortement dépendants des compétences de l'opérateur en ce qui concerne la recherche de signe physique, même si celui-ci a été aidé d'une fiche d'items à compléter. Par ailleurs, le recrutement a été monocentrique.

Ensuite, le seuil de lignes B déterminé par l'EP8 maximisant le nombre moyen de patients correctement identifiés comme étant en SHS est de 7, ce qui remet en question l'utilisation d'un seuil à 5 lignes^{26,47,48}.

Enfin, la recherche d'un état de SHS à l'aide de l'EP8, donne un résultat binaire (over-hydratation versus pas d'over-hydratation) et ne distingue pas un état normovolémique d'un état hypovolémique ou d'une déshydratation. Par ailleurs, la BIS n'a pas montrée de bonne performance diagnostique de SHS car elle n'arrive pas à distinguer le volume du compartiment plasmatique du volume du compartiment extravasculaire⁴⁹.

Pour terminer, il est à préciser que l'ETT identifie la surcharge du compartiment intravasculaire alors que l'EP8 est le reflet de l'eau extravasculaire pulmonaire, ces deux outils distinguant donc l'état de deux compartiments liquidiens différents. Cet élément pourrait expliquer que nous ayons retrouvé chez un tiers de nos patients du groupe « absence de SHS » un nombre de lignes de B ≥ 5 , résultat similaire à ceux de Bobot *et al.* Il a été à ce titre avancé que si la congestion pulmonaire sans surcharge volumique peut être diagnostiquée par l'EP8, alors les lignes B pourraient être un marqueur d'urémie et/ou d'inflammation, dans la mesure où il a été observé chez les patients dialysés une altération de la perméabilité pulmonaire en lien avec l'inflammation médiée par les toxines urémiques⁵⁰⁻⁵².

7. Conclusion

Notre étude a montré que l'EP8 est un outil simple et rapide à utiliser qui permet d'étayer le diagnostic de l'état de SHS chez les patients hémodialysés avec une capacité discriminante supérieure à celle de l'examen clinique et de la BIS.

Nous avons choisi d'utiliser un score en « 8 sites » dans notre étude, or une étude comparative chez des patients hémodialysés admis pour OAP montre que l'utilisation d'autres topographies d'analyse (en 4, 6 et 8 sites) des lignes B est possible pour déterminer la présence d'une congestion pulmonaire. Cela permettrait de raccourcir le temps de manipulation et d'inciter à son utilisation⁵³, voire de l'intégrer à d'autres paramètres clinico-biologiques afin de diagnostiquer l'état de SHS plus finement.

L'ambition de ces études traitant de l'estimation de l'état de SHS chez les patients hémodialysés reste d'apporter une aide à la prescription du volume d'ultrafiltration nécessaire au début de la séance d'hémodialyse, élément d'importance cruciale participant à la morbi-mortalité des patients hémodialysés.

8. Bibliographie

1. Mehta RL, Bouchard J. Controversies in Acute Kidney Injury: Effects of Fluid Overload on Outcome. *Controversies in Acute Kidney Injury*. 2011;174:200-211. doi:10.1159/000329410
2. Banerjee D, Ma JZ, Collins AJ, Herzog CA. Long-term survival of incident hemodialysis patients who are hospitalized for congestive heart failure, pulmonary edema, or fluid overload. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2007;2(6):1186-1190. doi:10.2215/CJN.01110307
3. Bobot M, Zieleskiewicz L, Jourde-Chiche N, et al. Diagnostic performance of pulmonary ultrasonography and a clinical score for the evaluation of fluid overload in haemodialysis patients. *Néphrologie & Thérapeutique*. 2021;17(1):42-49. doi:10.1016/j.nephro.2020.10.008
4. Jambrik Z, Monti S, Coppola V, et al. Usefulness of ultrasound lung comets as a nonradiologic sign of extravascular lung water. *Am J Cardiol*. 2004;93(10):1265-1270. doi:10.1016/j.amjcard.2004.02.012
5. Zoccali C, Moissl U, Chazot C, et al. Chronic Fluid Overload and Mortality in ESRD. *JASN*. 2017;28(8):2491-2497. doi:10.1681/ASN.2016121341
6. Raimann J, Liu L, Ulloa D, Kotanko P, Levin NW. Consequences of overhydration and the need for dry weight assessment. *Contrib Nephrol*. 2008;161:99-107. doi:10.1159/000130414
7. Mathew AT, Fishbane S, Obi Y, Kalantar-Zadeh K. Preservation of residual kidney function in hemodialysis patients: reviving an old concept. *Kidney International*. 2016;90(2):262-271. doi:10.1016/j.kint.2016.02.037
8. Morgan AG. Contribution of Uremia to Pulmonary Edema in ESRD. *Seminars in Dialysis*. 1989;2(3):192-192. doi:https://doi.org/10.1111/j.1525-139X.1989.tb00601.x
9. Torino C, Gargani L, Sicari R, et al. The Agreement between Auscultation and Lung Ultrasound in Hemodialysis Patients: The LUST Study. *CJASN*. 2016;11(11):2005-2011. doi:10.2215/CJN.03890416
10. Mandelbaum A, Ritz E. Vena cava diameter measurement for estimation of dry weight in haemodialysis patients. *Nephrol Dial Transplant*. 1996;11 Suppl 2:24-27. doi:10.1093/ndt/11.supp2.24
11. *Bioimpedance Devices for the Assessment of Body Fluid Volume for Patients Undergoing Dialysis: A Review of the Clinical Effectiveness, Cost-Effectiveness and Guidelines – An Update*. Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health; 2015. Accessed September 11, 2021. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK349962/>
12. Chen L, Chen Y-Y, Ling Y-S, Lin C-H, He J-X, Guan T-J. Investigation of optimum N-terminal probrain natriuretic peptide level in patients on maintained hemodialysis. *Ren Fail*. 2017;39(1):372-378. doi:10.1080/0886022X.2017.1287732
13. Stenberg J, Melin J, Lindberg M, Furuland H. Brain natriuretic peptide reflects individual variation in hydration status in hemodialysis patients. *Hemodial Int*. 2019;23(3):402-413. doi:10.1111/hdi.12751
14. Chiu DYY, Green D, Abidin N, Sinha S, Kalra PA. Cardiac imaging in patients with chronic kidney disease. *Nature Reviews Nephrology*. 2015;11(4):207-220. doi:10.1038/nrneph.2014.243
15. Nagueh SF, Smiseth OA, Appleton CP, et al. Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr*. 2016;29(4):277-314. doi:10.1016/j.echo.2016.01.011
16. Liu Y-W, Su C-T, Sung J-M, et al. Association of left ventricular longitudinal strain with mortality among stable hemodialysis patients with preserved left ventricular ejection fraction. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2013;8(9):1564-1574. doi:10.2215/CJN.10671012

17. Han JH, Han JS, Kim EJ, et al. Diastolic Dysfunction Is an Independent Predictor of Cardiovascular Events in Incident Dialysis Patients with Preserved Systolic Function. *PLoS One*. 2015;10(3):e0118694. doi:10.1371/journal.pone.0118694
18. Huang J-C, Tsai Y-C, Wu P-Y, et al. Independent Association of Overhydration with All-Cause and Cardiovascular Mortality Adjusted for Global Left Ventricular Longitudinal Systolic Strain and E/E' Ratio in Maintenance Hemodialysis Patients. *KBR*. 2018;43(4):1322-1332. doi:10.1159/000492591
19. Massari F, Iacoviello M, Scicchitano P, et al. Accuracy of bioimpedance vector analysis and brain natriuretic peptide in detection of peripheral edema in acute and chronic heart failure. *Heart Lung*. 2016;45(4):319-326. doi:10.1016/j.hrtlng.2016.03.008
20. Hur E, Usta M, Toz H, et al. Effect of Fluid Management Guided by Bioimpedance Spectroscopy on Cardiovascular Parameters in Hemodialysis Patients: A Randomized Controlled Trial. *American Journal of Kidney Diseases*. 2013;61(6):957-965. doi:10.1053/j.ajkd.2012.12.017
21. Onofriescu M, Siriopol D, Voroneanu L, et al. Overhydration, Cardiac Function and Survival in Hemodialysis Patients. *PLOS ONE*. 2015;10(8):e0135691. doi:10.1371/journal.pone.0135691
22. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, et al. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med*. 2012;38(4):577-591. doi:10.1007/s00134-012-2513-4
23. Siriopol D, Onofriescu M, Voroneanu L, et al. Dry weight assessment by combined ultrasound and bioimpedance monitoring in low cardiovascular risk hemodialysis patients: a randomized controlled trial. *Int Urol Nephrol*. 2017;49(1):143-153. doi:10.1007/s11255-016-1471-0
24. Lichtenstein D, Mézière G, Biderman P, Gepner A, Barré O. The Comet-tail Artifact. *Am J Respir Crit Care Med*. 1997;156(5):1640-1646. doi:10.1164/ajrccm.156.5.96-07096
25. Miglioranza MH, Gargani L, Sant'Anna RT, et al. Lung Ultrasound for the Evaluation of Pulmonary Congestion in Outpatients: A Comparison With Clinical Assessment, Natriuretic Peptides, and Echocardiography. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2013;6(11):1141-1151. doi:10.1016/j.jcmg.2013.08.004
26. Torino C, Tripepi R, Loutradis C, et al. Can the assessment of ultrasound lung water in haemodialysis patients be simplified? *Nephrology Dialysis Transplantation*. 2020;(gfaa285). doi:10.1093/ndt/gfaa285
27. Mallamaci F, Benedetto FA, Tripepi R, et al. Detection of Pulmonary Congestion by Chest Ultrasound in Dialysis Patients. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2010;3(6):586-594. doi:10.1016/j.jcmg.2010.02.005
28. Bedetti G, Gargani L, Sicari R, Gianfaldoni ML, Molinaro S, Picano E. Comparison of prognostic value of echographic [corrected] risk score with the Thrombolysis in Myocardial Infarction (TIMI) and Global Registry in Acute Coronary Events (GRACE) risk scores in acute coronary syndrome. *Am J Cardiol*. 2010;106(12):1709-1716. doi:10.1016/j.amjcard.2010.08.024
29. Kim YJ, Jeon HJ, Kim YH, et al. Overhydration measured by bioimpedance analysis and the survival of patients on maintenance hemodialysis: a single-center study. *Kidney Res Clin Pract*. 2015;34(4):212-218. doi:10.1016/j.krcp.2015.10.006
30. Brennan JM, Blair JE, Goonewardena S, et al. Reappraisal of the Use of Inferior Vena Cava for Estimating Right Atrial Pressure. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2007;20(7):857-861. doi:10.1016/j.echo.2007.01.005
31. Nagueh SF, Kopelen HA, Zoghbi WA. Relation of mean right atrial pressure to echocardiographic and Doppler parameters of right atrial and right ventricular function. *Circulation*. 1996;93(6):1160-1169. doi:10.1161/01.cir.93.6.1160
32. La Franca E, Manno G, Ajello L, et al. Physiopathology and Diagnosis of Congestive Heart Failure: Consolidated Certainties and New Perspectives. *Current Problems in*

- Cardiology*. 2021;46(3):100691. doi:10.1016/j.cpcardiol.2020.100691
33. Hajian-Tilaki K. Sample size estimation in diagnostic test studies of biomedical informatics. *J Biomed Inform*. 2014;48:193-204. doi:10.1016/j.jbi.2014.02.013
 34. Hecking M, Moissl U, Genser B, et al. Greater fluid overload and lower interdialytic weight gain are independently associated with mortality in a large international hemodialysis population. *Nephrol Dial Transplant*. 2018;33(10):1832-1842. doi:10.1093/ndt/gfy083
 35. The Agreement between Auscultation and Lung Ultrasound in Hemodialysis Patients: The LUST Study | American Society of Nephrology. Accessed October 7, 2019. <https://cjasn.asnjournals.org/content/11/11/2005.long>
 36. Kaartinen K, Rautavaara J, Aitkoski A, et al. Fluid overload is an independent predictor of atrial fibrillation in end-stage renal disease: A prospective study using insertable cardiac and body composition monitors. *Clin Nephrol*. 2020;94(3):127-134. doi:10.5414/CN109997
 37. Nagami GT. Hyperchloremia – Why and how. *Nefrología (English Edition)*. 2016;36(4):347-353. doi:10.1016/j.nefro.2016.06.006
 38. Tsai Y-C, Chiu Y-W, Tsai J-C, et al. Association of fluid overload with cardiovascular morbidity and all-cause mortality in stages 4 and 5 CKD. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2015;10(1):39-46. doi:10.2215/CJN.03610414
 39. Wang Y-W, Lin T-Y, Peng C-H, Huang J-L, Hung S-C. Factors Associated with Decreased Lean Tissue Index in Patients with Chronic Kidney Disease. *Nutrients*. 2017;9(5):E434. doi:10.3390/nu9050434
 40. Castellano S, Palomares I, Moissl U, et al. Risk identification in haemodialysis patients by appropriate body composition assessment. *Nefrologia*. 2016;36(3):268-274. doi:10.1016/j.nefro.2016.01.007
 41. Jacobs LH, van de Kerkhof JJ, Mingels AM, et al. Inflammation, overhydration and cardiac biomarkers in haemodialysis patients: a longitudinal study. *Nephrol Dial Transplant*. 2010;25(1):243-248. doi:10.1093/ndt/gfp417
 42. Tapolyai M, Faludi M, Réti V, et al. Volume estimation in dialysis patients: the concordance of brain-type natriuretic peptide measurements and bioimpedance values. *Hemodial Int*. 2013;17(3):406-412. doi:10.1111/hdi.12023
 43. Touzot M, Seris P, Maheas C, et al. Mathematical model to predict B-type natriuretic peptide levels in haemodialysis patients. *Nephrology (Carlton)*. 2020;25(1):82-89. doi:10.1111/nep.13586
 44. Chaudhuri S, Han H, Monaghan C, et al. Real-time prediction of intradialytic relative blood volume: a proof-of-concept for integrated cloud computing infrastructure. *BMC Nephrol*. 2021;22(1):274. doi:10.1186/s12882-021-02481-0
 45. Lee SW, Song JH, Kim GA, Lim HJ, Kim M-J. Plasma brain natriuretic peptide concentration on assessment of hydration status in hemodialysis patient. *Am J Kidney Dis*. 2003;41(6):1257-1266. doi:10.1016/s0272-6386(03)00358-5
 46. Wang AY-M, Wai-Kei Lam C. The Diagnostic Utility of Cardiac Biomarkers in Dialysis Patients. *Seminars in Dialysis*. 2012;25(4):388-396. doi:10.1111/j.1525-139X.2012.01099.x
 47. Bedetti G, Gargani L, Sicari R, Gianfaldoni ML, Molinaro S, Picano E. Comparison of prognostic value of echographic [corrected] risk score with the Thrombolysis in Myocardial Infarction (TIMI) and Global Registry in Acute Coronary Events (GRACE) risk scores in acute coronary syndrome. *Am J Cardiol*. 2010;106(12):1709-1716. doi:10.1016/j.amjcard.2010.08.024
 48. Picano E, Frassi F, Agricola E, Gligorova S, Gargani L, Mottola G. Ultrasound lung comets: a clinically useful sign of extravascular lung water. *J Am Soc Echocardiogr*. 2006;19(3):356-363. doi:10.1016/j.echo.2005.05.019
 49. Davies SJ, Davenport A. The role of bioimpedance and biomarkers in helping to aid clinical decision-making of volume assessments in dialysis patients. *Kidney International*.

2014;86(3):489-496. doi:10.1038/ki.2014.207

50. Sherman RA. Crackles and Comets: Lung Ultrasound to Detect Pulmonary Congestion in Patients on Dialysis is Coming of Age. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2016;11(11):1924-1926. doi:10.2215/CJN.09140816

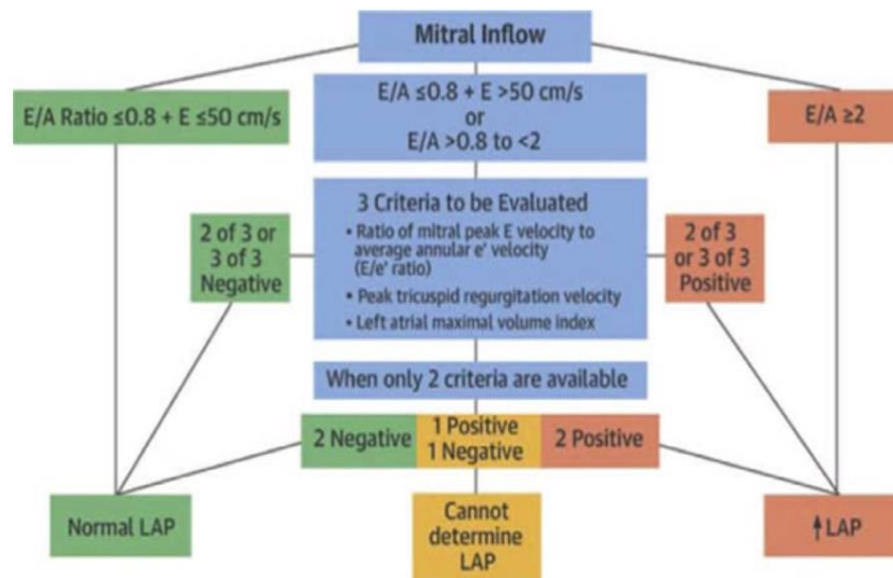
51. Scheel PJ, Liu M, Rabb H. Uremic lung: new insights into a forgotten condition. *Kidney Int.* 2008;74(7):849-851. doi:10.1038/ki.2008.390

52. Di Nicolò P, Magnoni G, Granata A. Lung Ultrasound in Hemodialysis: A Card to be Played? *Blood Purif.* 2017;44(1):1-7. doi:10.1159/000457897

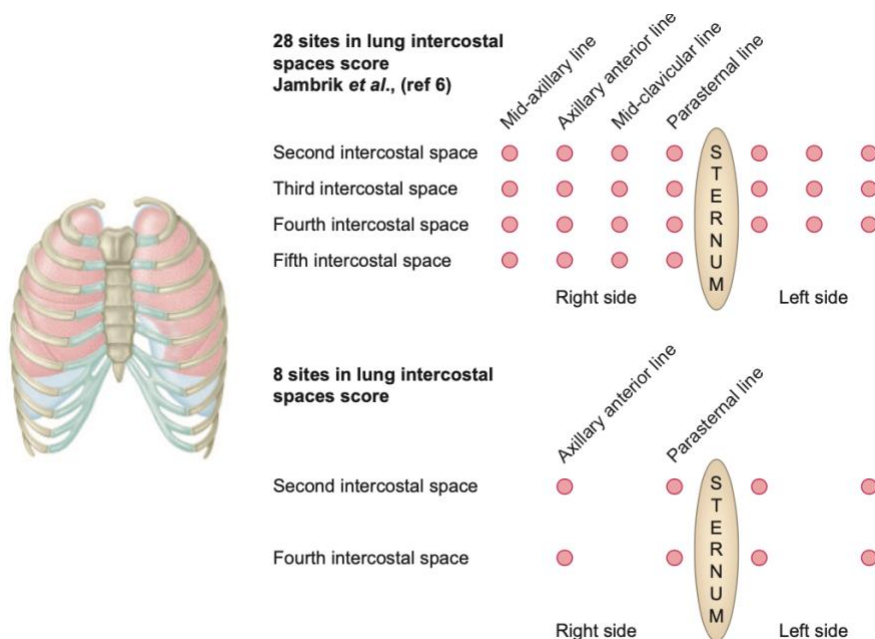
53. Reisinger N, Lohani S, Hagemeyer J, Panebianco N, Baston C. Lung Ultrasound to Diagnose Pulmonary Congestion Among Patients on Hemodialysis: Comparison of Full Versus Abbreviated Scanning Protocols. *Am J Kidney Dis.* Published online June 3, 2021:S0272-6386(21)00632-6. doi:10.1053/j.ajkd.2021.04.007

9. Annexes

Annexe 1: Algorithme de décision selon les mesures écho-cardiographiques



Annexe 2 : Cartographie des zones d'analyse en échographie pulmonaire du score en 28 et 8 sites



Annexe 3 : Paramètres cliniques et dialytiques de la population de l'étude

Caractéristiques	N = 53 ¹	Caractéristiques	N = 53 ¹
POID_AV (Kg)	78 (67, 94) / NA : 3	dextro_fin.x	6.45 (5.47, 7.25)/NA : 37
POID_AP (Kg)	70 (63, 90)	Ca	
TA_DEB_AV_SYS (mmHg)	103 (0, 133) / NA : 16	1.5	44 (83%)
TA_DEB_AV_DIA (mmHg)	40 (0, 57) / NA : 16	1.75	9 (17%)
TA_COU_AV_SYS (mmHg)	140 (127, 157)	K	
TA_COU_AV_DIA (mmHg)	65 (52, 77)	2	23 (43.9%)
TA_COU_AP_SYS (mmHg)	150 (135, 178)	3	22 (42%)
TA_COU_AP_DIA (mmHg)	74 (60, 82)	4	8 (15%)
POULS_deb (/min)	68 (60, 76)	Conductivité	137.8 (1.43)
Pouls_AP_Couche.x (/min)	66 (59, 78)	Bicarbonate	32.6 (1.44)
TPS_COMPRESSION (min)	6.03 (16) / NA : 1	Glucose	
Prise de poids inter-dialytique (Kg)	2.30 (1.50, 3.30)	1	40 (75%)
Perte de poids en séance (Kg)	1.70 (0.75, 2.50)	1.5	13 (25%)
Delta poids cible (%)	0.75 (-0.03, 1.68)/NA : 17	FAV	NA : 21
Volume de sang traité (L)	80 (54, 83)	humero basilique droite	1 (4.8%)
Ultrafiltration total (L)	2.13 (1.43, 2.84)/NA : 1	Huméro céphalique gauche	3 (14%)
Température dialysat (°C)	35 (35, 36)	Radiale basse droite	5 (24%)
Débit sang (mL/min)	350 (300, 350)	radiale basse gauche	7 (33%)
KT/V	1.25 (1.05, 1.50)/NA : 24	radiale gauche	3 (14%)
Recirculation (%)	12.0 (8.0, 16.0)/NA : 30	radiale haute gauche	1 (4.8%)
Dialyseur		radio-céphalique droite	1 (4.8%)
PMMA	12 (22.6%)	CATHETER CENTRAL	NA : 3
PES	17 (33,6%)	fémoral gauche	1 (6.7%)
PAN	4 (7,6%)	jugulaire droit	12 (80%)
PEPA	11 (20,8%)	jugulaire gauche	1 (6.7%)
PS +VIT E	8 (15%)	Mode d'arrivé	NA : 21
Restitution	NA : 9	Ambulance	10 (31%)
Bonne	43 (98%)	TAP	18 (56%)
Sans restitution	1 (2.3%)	TAXI	3 (9.4%)
dextro_deb.x	7.6 (6.1, 10.7)/NA : 31	Véhicule personnel	1 (3.1%)
dextro_mi.x	8.15 (6.98, 8.38)/NA : 41		

¹n (%); Médiane (25%, 75%); NA : Non disponible

Annexe 4 : Données de l'examen clinique et de la BIS pour la population d'étude

Caractéristiques	N = 53 ¹
Examen clinique	
NYHA >3	3 (5.7%)
Critères mineurs	0 (0%)
Œdèmes périphériques	7 (13%)
BIS	
OH (L)	1.90 (0.50, 3.10)
V (L)	33 (29, 41)
ECW (%)	12 (4, 17)
OH/ECW >15%	17 (32%)
TBW (L)	35 (30, 43)
ECW (L)	17.0 (14.5, 19.7)
ICW (L)	17.5 (14.5, 21.7)
E/I	0.98 (0.88, 1.09)
LTM (kg)	18 (10, 39)
FAT (kg)	12 (3, 26)
ATM (kg)	33 (16, 44)
BCM (kg)	18 (6, 26)
LTI (kg/m ²)	14 (10, 18)
FTI (kg/m ²)	15 (10, 20)
Q (%)	94 (86, 97)

¹n (%); Median (IQR), Mean (SD); OH: Overhydratation; ATM: Adipose tissue mass; LTM: Lean tissue mass; LTI: Lean tissue index; FAT: Fat mass; FTI: Fat tissue index ; TBW: Total body water; ECW: Extracellular water ; ICW : Intracellular water ; Q : qualité de l'examen

Annexe 5 : Données biologiques de la population d'étude

Données	N = 47 ¹
BNP (ng/L)	334 (134, 659)
(NA)	1
Natrémie (mmol/L)	137.0 (133.0, 139.0)
(NA)	2
Potassium (mmol/L)	4.60 (4.20, 5.10)
(NA)	2
Protides (g/L)	65 (60, 70)
(NA)	12
Globules rouges (T/L)	3.68 (3.22, 3.89)
(NA)	2
Albumine (g/L)	36.8 (33.1, 39.6)
(NA)	2
Chlore (mmol/L)	102.0 (100.0, 105.0)
(NA)	2
CO2 (mmol/L)	23.10 (22.70, 25.00)
(NA)	2
Calcémie (mmol/L)	2.25 (2.14, 2.38)
(NA)	2
Phosphorémie (mmol/L)	1.40 (1.08, 1.63)
(NA)	2
Hématocrite (%)	34.1 (31.4, 36.6)
(NA)	2
Hémoglobine (g/dL)	11.10 (10.10, 11.70)
(NA)	2
Globules blancs (G/L)	6.30 (4.90, 7.70)
(NA)	2
Plaquettes (G/L)	190 (154, 235)
(NA)	2
CRP (mg/L)	4 (2, 10)
(NA)	2

¹Médiane (25%, 75%); NA: Non disponible

Annexe 6 : Description de la population selon la présence d'une SHS identifiée par ETT (47 patients)

Données	Absence de SHS, N = 30 ¹	SHS, N = 17 ¹	p-value ²
Age (en années)	66 (51,75)	69 (54,82)	0.3
Homme	17 / 30 (57%)	12 / 17 (71%)	0.3
BMI (kg/m²)	24.9 (22.4,30.7)	24.0 (21.0,26.0)	0.2
Diurèse résiduelle (ml/24h)			0.8
Anurique	16/17 (93.9%)	10 / 11 (91%)	
> 500	1 / 17 (6.1%)	1 / 11 (9.1%)	
(NA)	13	6	
Nombre de jour de dialyse (jours)			>0.9
2	3 / 16 (19%)	2 / 8 (25%)	
3	13 / 16 (81%)	6 / 8 (75%)	
(NA)	14	9	
Débit de FAV (ml/min)	1040 (800,1200)	755 (562,1020)	0.10
(NA)	9	7	
Incident en dialyse (en mois)	13 (4,40)	24 (14,94)	0.068
(NA)	3	1	
Antécédent de Tx rénale	1 / 28 (3.6%)	4 / 17 (24%)	0.060
(NA)	2	0	
Démarrage sur cathéter central	9 / 28 (32%)	6 / 17 (35%)	0.8
(NA)	2	0	
HTA	24 / 28 (86%)	16 / 17 (94%)	0.6
(NA)	2	0	
Dyslipidémie	9 / 28 (32%)	7 / 17 (41%)	0.5
(NA)	2	0	
Diabète	10 / 28 (36%)	8 / 16 (50%)	0.4
(NA)	2	1	
Tabagisme actif	3 / 28 (11%)	2 / 17 (12%)	>0.9
(NA)	2	0	

Données	Absence de SHS, N = 30 ¹	SHS, N = 17 ¹	p-value ²
Fibrillation atriale	3 / 28 (11%)	7 / 17 (41%)	0.027
(NA)	2	0	
Antécédent de coronaropathies	6 / 28 (21%)	4 / 16 (25%)	>0.9
(NA)	2	1	
FEVG (%)	65.0 (60,68)	60.0 (54,60)	0.13
(NA)	2	2	
Hypertrophie Ventriculaire Gauche	10 / 28 (36%)	4 / 15 (27%)	0.5
(NA)	2	2	
AOMI > stade 2	2 / 28 (7.1%)	1 / 17 (5.9%)	>0.9
(NA)	2	0	
Antécédent de tabagisme	11 / 28 (39%)	6 / 16 (38%)	>0.9
(NA)	2	1	
Antécédent de cancer	4 / 25 (16%)	3 / 14 (21%)	0.7
(NA)	5	3	
Antécédent de cirrhose			>0.9
Aucun	20 / 21 (95%)	11 / 12 (92%)	
B	1 / 21 (4.8%)	1 / 12 (8.3%)	
(NA)	9	5	
BPCO	1 / 28 (3.6%)	2 / 17 (12%)	0.5
(NA)	2	0	
Dialyse sur cathéter central veineux	8 / 28 (29%)	5 / 17 (29%)	>0.9
(NA)	2	0	
Antécédent d'infection SARS-COV2	0 / 28 (0%)	2 / 17 (12%)	0.14
(NA)	2	0	

¹n / N (%); Median (25% , 75%); ²Fisher's exact test; Wilcoxon rank sum test; Pearson's Chi-squared test; Wilcoxon rank sum exact test

Annexe 7 : Description de la population selon la présence d'une SHS identifiée par ETT (suite)

Données	Absence de SHS, N = 30 ¹	SHS, N = 17 ¹	p-value ²
Nombre d'antihypertenseurs			0.6
1	12 / 21 (57%)	9 / 13 (69%)	
2	5 / 21 (24%)	1/13 (7.7%)	
3	4 / 21 (19%)	3 / 13 (23%)	
Posologie ASE (µg/semaine)	40 (25,50)	50 (28,88)	0.6
POIDS_AV	79 (68,94)	71 (66,83)	0.3
(NA)	1	1	
POIDS_AP	76 (68,91)	68 (53,78)	0.2
TA_COU_AV_SYS (mmHg)	145 (130,164)	141 (129,152)	0.3
TA_COU_AV_DIA (mmHg)	68 (55,79)	65 (52,72)	0.5
TA_COU_AP_SYS (mmHg)	151 (136,184)	156 (135,175)	>0.9
TA_COU_AP_DIA (mmHg)	75 (60,85)	70 (58,82)	0.4
POULS début séance	70 (64,82)	63 (55,70)	0.13
Prise de poids inter-dialytique (Kg)	2.00 (0.77,2.65)	2.60 (2.00,3.40)	0.047
Perte de poids en séance (Kg)	1.60 (0.62,2.44)	2.20 (1.50,2.60)	0.2
Volume de sang traité (L)	70 (48,83)	82 (72,83)	0.2
Ultrafiltration total (L)	2.00 (0.60,2.60)	2.40 (1.60,3.00)	0.14
(NA)	1	0	
Dextro début séance (mmol/l)	6.9 (6.0,10.1)	8.6 (7.2,11.5)	0.3
(NA)	20	8	
Dextro fin séance (mmol/l)	7.20 (6.55,8.50)	6.10 (5.50,6.90)	0.3
(NA)	23	12	
Température dialysat (°C)	35 (34,36)	35 (35,36)	0.8

Données	Absence de SHS, N = 30 ¹	SHS, N = 17 ¹	p-value ²
Delta poids cible (%)	0.40 (-0.22,1.40)	0.60 (0.45,1.90)	0.3
(NA)	11	6	
KT/V	1.20 (1.06,1.43)	1.44 (1.16,1.56)	0.3
(NA)	17	7	
Recirculation (%)	11.0 (8.0,15.0)	12.0 (8.0,16.0)	>0.9
(NA)	19	8	
Ca (mEq/L)			0.5
1.5	23 / 30 (77%)	15 / 17 (88%)	
1.75	7 / 30 (23%)	2 / 17 (12%)	
K (mEq/L)			>0.9
2	14 / 31 (46.3%)	8 / 17 (47%)	
3	11 / 30 (37%)	7 / 17 (41%)	
4	5 / 30 (17%)	2 / 17 (12%)	
Conductivité (µS/cm)	138 (1.16)	137 (1.70)	0.3
Bicarbonate (mEq/L)	32.8 (1.26)	32.5 (1.84)	0.2
Glucose (mmol/l)			>0.9
1	22 / 30 (73%)	13 / 17 (76%)	
1.5	8 / 30 (27%)	4 / 17 (24%)	

¹n / N (%); ²Median (25%, 75%); ³Fisher's exact test; Wilcoxon rank sum test; Pearson's Chi-squared test; Wilcoxon rank sum exact test

Annexe 8 : Description de la population selon la présence d'une SHS identifiée par ETT (suite)

Données	Absence de SHS, N = 30 ¹	SHS, N = 17 ¹	p-value ²	Données	Absence de SHS, N = 30 ¹	SHS, N = 17 ¹	p-value ²
BNP (ng/L)	240 (72,424)	731 (410,990)	0.003	Calcémie (mmol/L)	2.25 (2.12,2.43)	2.26 (2.14,2.36)	0.8
(NA)	3	4		(NA)	4	4	
Natrémie (mmol/L)	137.0 (136.0,139.0)	135.0 (132.0,138.0)	0.2	Phosphorémie (mmol/L)	1.37 (1.17,1.58)	1.55 (1.07,1.87)	0.4
(NA)	4	4		(NA)	4	4	
Potassium (mmol/L)	4.60 (4.32,4.95)	4.50 (4.20,5.10)	>0.9	Hématocrite (%)	33.8 (32.4,36.1)	35.3 (30.0,35.6)	>0.9
(NA)	4	4		(NA)	4	4	
Protides (g/L)	65 (62,69)	66 (61,70)	0.6	Hémoglobine (g/dL)	11.05 (10.12,11.65)	11.20 (9.40,11.70)	0.8
(NA)	11	7		(NA)	4	4	
Globules rouges (T/L)	3.74 (3.40,3.93)	3.50 (3.19,3.68)	0.2	Globules blancs (G/L)	7.09 (5.33,8.05)	6.50 (4.90,7.21)	0.4
(NA)	4	4		(NA)	4	4	
Albumine (g/L)	35.5 (32.1,41.3)	36.8 (34.5,39.0)	0.6	Plaquettes (G/L)	210 (164,262)	168 (150,191)	0.087
(NA)	4	4		(NA)	4	4	
Chlore (mmol/L)	102.5 (101.0,104.8)	100.0 (97.0,101.0)	0.035	CRP (mg/L)	5 (2,15)	6 (3,7)	0.9
(NA)	4	4		(NA)	4	4	
CO2 (mmol/L)	23.00 (22.72,26.75)	24.00 (22.00,25.00)	0.8				
(NA)	4	4					

¹n / N (%); Median (25%, 75%); ²Fisher's exact test; Wilcoxon rank sum test; Pearson's Chi-squared test; Wilcoxon rank sum exact test

Annexe 9 : Prédiction de l'état de SHS identifié par ETT (analyse par régression logistique uni-variée)

Variables	OR ¹	95% IC ¹	p-value
Age (en années)	1.01	0.98, 1.05	0.44
Homme	1.84	0.53, 0.698	0.34
BMI (kg/m ²)	0.90	0.79, 0.99	0.038
Diurèse résiduelle (ml/24h)	1.00	0.99, 1.00	0.67
Nombre de jour de dialyse	0.69	0.09, 6.31	0.73
Débit de FAV (ml/min)	1.00	1.00, 1.00	0.11
Incident en dialyse (en mois)	1.00	1.00, 1.01	0.19
Antécédent de Tx rénale	8.31	1.10, 171	0.040
Démarrage de la dialyse sur cathéter central	1.15	0.31, 4.11	0.83
HTA	2.67	0.35, 54.7	0.36
Dyslipidémie	1.48	0.42, 5.22	0.54
Diabète	1.80	0.52, 6.42	0.36
Tabagisme actif	1.11	0.13, 7.46	0.91
Fibrillation atriale	5.83	1.34, 31.6	0.018
Antécédent de coronaropathies	1.22	0.27, 5.16	0.79
FEVG (%)	0.97	0.89, 1.05	0.48
Hypertrophie Ventriculaire Gauche	0.65	0.15, 2.51	0.73
AOMI > stade 2	0.81	0.04, 9.16	0.87
Antécédent de tabagisme	0.93	0.25, 3.26	0.91
Antécédent de cancer	1.43	0.25, 7.67	0.67
Antécédent de cirrhose			0.68
Aucun	—	—	
Child B	1.82	0.07, 49.1	

Variables	OR ¹	95% IC ¹	p-value
BPCO	3.60	0.32, 81.3	0.29
Dialyse sur cathéter central	1.04	0.26, 3.89	0.95
Nombre d'antihypertenseurs	0.88	0.35, 2.07	0.78
Posologie d'ASE (µg/semaine)	1.01	0.99, 1.03	0.38
POID_AV	1.00	0.99, 1.00	0.11
POID_AP	1.00	1.00, 1.01	0.36
TA_DEB_AP_SYS (mmHg)	1.01	0.99, 1.02	0.32
TA_DEB_AP_DIA (mmHg)	1.02	0.99, 1.05	0.27
TA_COU_AV_SYS (mmHg)	0.99	0.97, 1.01	0.33
TA_COU_AV_DIA (mmHg)	0.98	0.94, 1.01	0.20
TA_COU_AP_SYS (mmHg)	1.00	0.98, 1.02	0.88
TA_COU_AP_DIA (mmHg)	0.98	0.94, 1.02	0.35
POULS_deb	0.99	0.95, 1.02	0.37
Prise de poids inter-dialytique (Kg)	1.59	1.03, 2.65	0.037
Perte de poids en séance (Kg)	0.99		0.16
Volume de sang traité (L)	1.02	0.99, 1.04	0.25
Ultrafiltration total (L)	1.67	0.95, 3.18	0.075
Température dialysat (°C)	1.04	0.97, 1.14	0.29
delta_poids_cible (%)	1.08	1.02, 1.87	0.14
KT/V	4.05	0.35, 69.8	0.27
Recirculation (%)	0.97	0.83, 1.06	0.49
Ca	0.04	0.00, 19.9	0.32
K	0.87	0.36, 2.01	0.75

Variables	OR ¹	95% IC ¹	p-value
Conductivité (µS/cm)	0.77	0.47, 1.19	0.24
Bicarbonate	0.87	0.57, 1.30	0.49
Glucose	0.99	0.89, 1.09	0.81
BNP (ng/L)	1.002	1.001, 1.004	0.003
Natrémie (mmol/L)	0.8331	0.6599, 1.027	0.087
Potassium (mmol/L)	1.170	0.4136, 3.427	0.766
Protides (g/L)	1.043	0.953, 1.183	0.390
Globules rouges (T/L)	0.4466	0.0976, 1.774	0.254
Albumine (g/L)	1.047	0.9277, 1.202	0.469
Chlore (mmol/L)	0.8466	0.6915, 1.007	0.060
CO2 (mmol/L)	0.9210	0.7364, 1.135	0.437
Calcémie (mmol/L)	0.9321	0.0382, 26.39	0.965
Phosphorémie (mmol/L)	1.898	0.4377, 9.374	0.394
Hématocrite (%)	0.977	0.8372, 1.139	0.764
Hémoglobine (g/dL)	0.9243	0.5823, 1.474	0.734
Globules blancs (G/L)	0.8680	0.5776, 1.276	0.471
Plaquettes (G/L)	0.989	0.975, 1.001	0.072
CRP (mg/L)	0.970	0.8825, 1.008	0.155

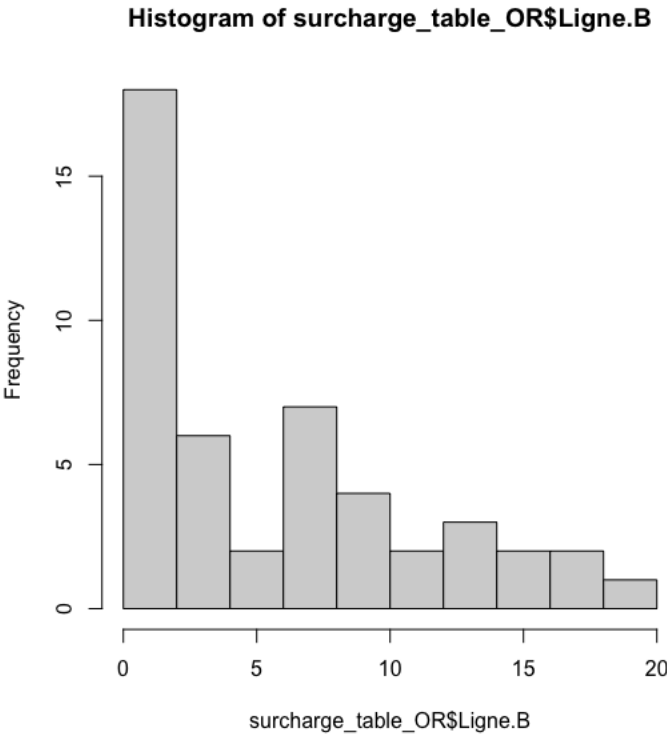
¹ OR = Odds Ratio, IC = Intervalle de confiance

Annexe 10 : Comparaison des paramètres d'ETT, d'EP8, de BIS et de la localisation de la fistule artério-veineuse (FAV) en fonction du débit de FAV

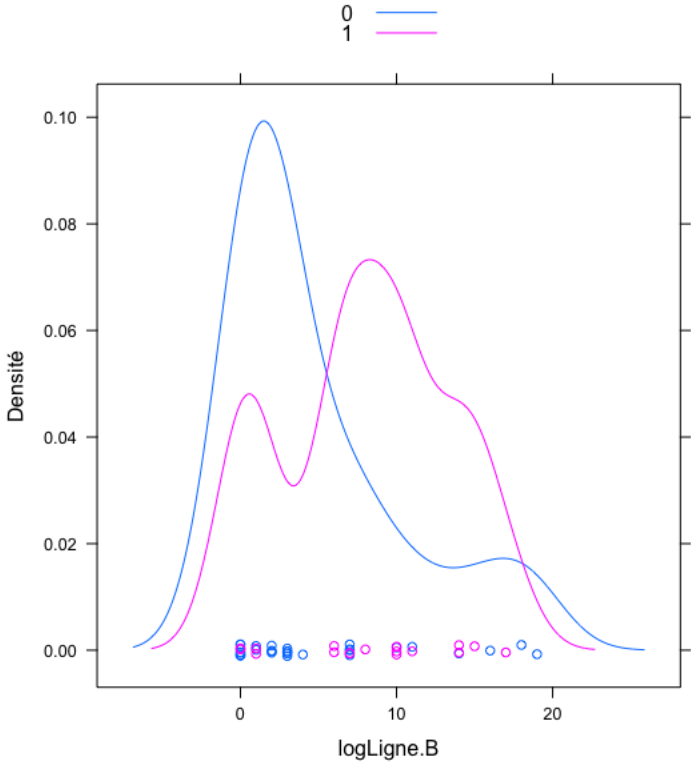
Variables	Débit FAV < 1000 ml/min, N = 17 ¹	Débit FAV > 1000 ml/min, N = 14 ¹	p-value ²
ETT			
E (m/s)	1.02 (0.80, 1.25)	0.77 (0.63, 0.86)	0.026
(NA)	2	0	
A (m/s)	0.78 (0.52, 0.94)	0.68 (0.51, 0.88)	0.6
(NA)	2	0	
E/A	1.15 (0.88, 2.44)	1.16 (0.84, 1.75)	0.6
Pente de décélération (m/s ²)	4.3 (4.0, 6.9)	5.8 (4.8, 6.4)	0.3
(NA)	5	2	
Temps de décélération (ms)	225 (147, 273)	137 (87, 168)	0.015
E/E'	10.3 (7.9, 15.3)	6.3 (4.8, 8.6)	0.015
PAPS > 35 mmHg	2 / 17 (12%)	1 / 14 (7.1%)	>0.9
EP8			
Lignes B (nombre)	7.0 (1.0, 14.0)	3.0 (0.0, 10.0)	0.5
Lignes B >= 5	9 / 17 (53%)	6 / 14 (43%)	0.6
BIS			
OH/ECW > 15 %	6 / 17 (35%)	5 / 14 (36%)	>0.9
FAV			
			0.3
Huméro basilique droite	1 / 10 (10%)	0 / 8 (0%)	
Huméro céphalique gauche	2 / 10 (20%)	0 / 8 (0%)	
Radiale basse droite	4 / 10 (40%)	1 / 8 (12%)	
Radiale basse gauche	2 / 10 (20%)	4 / 8 (50%)	
Radiale gauche	1 / 10 (10%)	2 / 8 (25%)	
Radiale haute gauche	0 / 10 (0%)	1 / 8 (12%)	
(NA)	7	6	

¹Médiane (25%, 75%); n / N (%); ²Wilcoxon rank sum test; Fisher's exact test; Pearson's Chi-squared test; Wilcoxon rank sum exact test; NA : Non disponible ; OH/ECW: Overhydration/Extracellular water

Annexe 11 : Distribution des lignes de B mesurées à l'EP8 dans la population d'étude



Annexe 12 : Distribution des lignes B après transformation logarithmique



10. Résumé

Contexte: Les outils d'évaluation de la surcharge hydrosodée (SHS) en hémodialyse, incluant la bioimpédance par spectrométrie (BIS), la mesure de la veine cave inférieure (VCI) et le dosage plasmatique du BNP présentent de nombreuses limites. Les performances de l'échographie pulmonaire dans l'évaluation de la SHS chez les patients hémodialysés sont mal connues. L'objectif de cette étude était donc d'estimer les performances de l'échographie pulmonaire pour le diagnostic de SHS à l'aide du score en « 8-sites » (EP8) et de la comparer à d'autres méthodes.

Matériels et méthodes: Nous avons réalisé une étude prospective sur une cohorte de 53 patients hémodialysés du service de Néphrologie Médecine Interne Dialyse et Transplantation du CHU d'Amiens. Les performances diagnostiques pré-dialyse de l'EP8, de la BIS, du BNP et de l'examen clinique étaient comparées à celle de l'échocardiographie transthoracique considérée comme le gold standard de la SHS. Les paramètres d'évaluation étaient l'aire sous la courbe (AUC) des Receiver-operating curves (ROC) et la DCA.

Résultats: Sur 47 patients ayant bénéficié d'une ETT, 17 présentaient un état de SHS. Le nombre de patients présentant un nombre de lignes B \geq 5 à l'EP8 (EP85B) était significativement plus élevé dans le groupe SHS (OR, 6.50; IC 95%, 1.80-28.1; P=0.004). Les AUC des courbes ROC de l'EP8-5B et du BNP $>$ 600 ng/L étaient respectivement à 0.71 (95% IC, 0.58-0.85) et 0.78 (95% IC, 0.61-0.96) pour le diagnostic de SHS. L'EP85B permet de diagnostiquer 20 patients en SHS sur 100 sans ajout de faux positif.

Discussion: Dans notre population, nous avons montré que le meilleur bénéfice net afin de diagnostiquer l'état de SHS est en faveur de l'EP85B, suivi de la mesure du BNP avec un seuil supérieur à 600 ng/L.

Conclusion L'EP8 est un outil performant pour le diagnostic de SHS chez les patients hémodialysés.

Mots clés: Hémodialyse, Échographie pulmonaire, Surcharge hydrosodée

Abstract

Background: Actual tools allowing the assessment of fluid overload (FO) in hemodialysis include bioimpedance by spectrometry (BIS), measurement of the inferior vena cava and plasmatic marker (BNP) have many limits. In this context, lung ultrasound to detect the extravascular lung water (EVLW) by driving the estimation of dry weight generates an increasing interest in hemodialysis. Our aim was to estimate the discriminatory power of lung ultrasound to estimate FO with the "8 sites score" (LU8) and to compare with others volumetric methods.

Methods: We realized a prospective observational cohort study, among 53 hemodialysis patients from the service of Nephrology, Internal Medicine Dialysis and transplantation of the Amiens University Hospital. We performed a LU8, BIS, clinical examination, and Trans-Thoracic echography (TTE) considered as our gold-standard before hemodialysis session to diagnose the FO.

Results: We performed TTE on 47 patients, 17 were diagnosed with FO. Patients with LU B lines \geq 5 (LU8B5) were significantly higher in the FO group. Positive LU8B5 increases the risk of FO by 6.5 times (OR, 6.50; CI 95%, 1.80-28.1; P = 0.004). LU8B5 and plasmatic BNP threshold $>$ 600 ng/L showed a discriminatory power to diagnose FO with respectively AUC (area under the curve) 0.71 (95% CI, 0.58-0.85) and 0.78 (95% CI, 0.61-0.96). LU8B5 allows the FO diagnosis of twenty-percent without adding false positive.

Discussion: We demonstrated that LU8B5 has the higher net benefit to diagnose FO followed by BNP threshold $>$ 600 ng/L.

Conclusion: LU8B5 is a performing tool to diagnose FO in hemodialysis patients.

Keywords: Hemodialysis, Lung ultrasound, Fluid overload