
Mémoire Dans quelle mesure l'acquisition d'images d'échographie pulmonaire par les infirmiers du PIT d'André-Renard est-elle faisable et acceptable chez les patients présentant une dyspnée aiguë en contexte préhospitalier ?

Auteur : Meyers, Gaëtan

Promoteur(s) : LOPEZ IGLESIAS, Raphaëlle

Faculté : Faculté de Médecine

Diplôme : Master en sciences infirmières, à finalité spécialisée en pratiques avancées

Année académique : 2025-2026

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/27209>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

Dans quelle mesure l'acquisition d'images d'échographie pulmonaire par les infirmiers du PIT d'André-Renard est-elle faisable et acceptable chez les patients présentant une dyspnée aiguë en contexte préhospitalier ?

Mémoire présenté par **Gaëtan MEYERS**

En vue de l'obtention du grade de

Master en Sciences Infirmières

Année académique 2025 - 2026

Dans quelle mesure l'acquisition d'images d'échographie pulmonaire par les infirmiers du PIT d'André-Renard est-elle faisable et acceptable chez les patients présentant une dyspnée aiguë en contexte préhospitalier ?

Mémoire présenté par **Gaëtan MEYERS**

En vue de l'obtention du grade de

Master en Sciences Infirmières

Année académique 2025 - 2026

Promoteur : Dr Raphaëlle Lopez Iglesias

Nombre de mots : 6874

Engagement de non plagiat.

Je soussigné(e) NOM Prénom.....MEYERS Gaëtan.....
Matricule étudiant :5151234.....

Déclare avoir pris connaissance de la charte anti-plagiat de l'Université de Liège et des dispositions du Règlement général des études et des évaluations. Je suis pleinement conscient(e) que la copie intégrale ou d'extraits de documents publiés sous quelque forme que ce soit (ouvrages, publications, rapports d'étudiant, internet, etc...) sans citation (i.e. mise en évidence de la citation par des guillemets) ni référence bibliographique précise est un plagiat qui constitue une violation des droits d'auteur relatifs aux documents originaux copiés indûment ainsi qu'une fraude. En conséquence, je m'engage à citer, selon les standards en vigueur dans ma discipline, toutes les sources que j'ai utilisées pour produire et écrire le mémoire que je dépose.

Fait le5/8/26.....

Signature



Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier chaleureusement Dr Raphaëlle Lopez pour son accompagnement, sa disponibilité et ses précieux conseils tout au long de ce travail. Son soutien et la confiance qu'elle m'a accordée ont été essentiels à la réalisation de ce mémoire.

Je remercie également Dr Matthieu Gensburger d'avoir accepté de consacrer du temps à la formation pratique des infirmiers et d'avoir partagé son expérience en échographie pulmonaire.

Mes remerciements vont aussi à l'ensemble de mes collègues du CHU site André-Renard ainsi que mon chef de service Arnaud Biemar. Je voudrais particulièrement exprimer ma gratitude aux infirmiers et ambulanciers du PIT, pour leur participation, leur disponibilité et leur implication dans ce projet, malgré les contraintes du travail préhospitalier. Sans eux, cette étude n'aurait pas pu voir le jour.

Je souhaite enfin remercier tout particulièrement ma compagne pour son soutien, sa patience et sa compréhension tout au long de ce parcours exigeant, marqué par de nombreuses nouvelles aventures, tant sur le plan personnel que professionnel.

Une pensée particulière va également à ma fille, qui a été une source de motivation durant cette dernière année.

Table des matières

1.	Préambule	5
2.	Introduction	6
2.1.	La dyspnée aiguë en contexte préhospitalier	6
2.2.	L'échographie pulmonaire ciblée et le profil B	7
2.3.	L'acquisition d'images par des non-médecins	7
2.4.	Question de recherche et objectifs	10
2.5.	Hypothèses	11
3.	Matériel et méthodes	11
3.1.	Type d'étude	11
3.2.	Cadre conceptuel et justification méthodologique	11
3.3.	Populations étudiées	12
3.4.	Intervention étudiée	14
3.5.	Outils et collecte des données	17
3.6.	Analyse des données	17
3.6.1.	Analyse quantitative	17
3.6.2.	Analyse qualitative	18
3.6.3.	Mise en relation des données	18
3.7.	Aspects éthiques et protection des données	19
3.8.	Qualité méthodologique et biais potentiels	19
4.	Résultats	20
4.1.	Résultats du questionnaire pré-intervention	20
4.2.	Résultats de la phase terrain	22
4.3.	Patients éligibles non échographiés	23
4.4.	Relecture médicale secondaire des images	24
4.5.	Comparaison entre les interprétations infirmières et la relecture médicale	25
4.6.	Résultats du questionnaire post-intervention	25
4.7.	Résultats qualitatifs des entretiens	27
4.8.	Mise en relation des résultats quantitatifs et qualitatifs	29
5.	Discussion	31
5.1.	Forces, limites et biais de l'étude	34
5.2.	Perspectives pour la pratique infirmière et la recherche	35
6.	Conclusion	38
7.	Références bibliographiques	39
8.	Annexes	42

Liste des abréviations

AMB : Ambulancier (code d'identification des participants)

BANANA : *Basel Approach for coNtextual ANAlysis*

BLUE : *Bedside Lung Ultrasound in Emergency*

BPCO : Bronchopneumopathie chronique obstructive

CEHFUL : Comité d'éthique hospitalo-facultaire universitaire de Liège

CHU : Centre hospitalier universitaire

FR : Fréquence respiratoire

IC 95 % : Intervalle de confiance à 95 %

INF : Infirmier (code d'identification des participants)

OAP : Œdème aigu du poumon

OP : Ordre permanent

P25-P75 : Percentiles 25 et 75

PIT : *Paramedical Intervention Team*

RGPD : Règlement général sur la protection des données

SIAMU : Soins intensifs et aide médicale urgente

SMUR : Service mobile d'urgence et de réanimation

SpO₂ : Saturation pulsée en oxygène

Résumé

Contexte. La dyspnée aiguë est fréquente en préhospitalier et son origine peut être difficile à préciser sur la seule base de l'évaluation clinique. L'échographie pulmonaire pourrait compléter cette évaluation, mais son utilisation par les infirmiers du *Paramedical Intervention Team* (PIT) belge reste à notre connaissance, non documentée.

Objectif. Évaluer la faisabilité et l'acceptabilité de l'acquisition d'images d'échographie pulmonaire en contexte préhospitalier par les infirmiers du PIT chez des patients adultes présentant une dyspnée aiguë.

Méthode. Une étude pilote prospective, monocentrique et à méthodologie mixte a été menée sur le PIT du CHU de Liège, site André-Renard. Après une formation théorique et pratique, les infirmiers ont réalisé une acquisition ciblée sur quatre zones pulmonaires antérieures. La réalisation des examens, leur durée, la qualité des images et l'accord avec une relecture médicale ont été décrits. Des questionnaires et des entretiens ont exploré l'acceptabilité et les conditions d'intégration.

Résultats. Parmi 36 patients éligibles, une échographie a été réalisée chez 32 (88,9 %). Vingt-huit examens disposaient d'un enregistrement exploitable, soit 77,8 % de l'ensemble des patients éligibles. Parmi ces 28 examens, 19 étaient interprétables lors de la relecture médicale (67,9 %). La durée médiane d'acquisition était de 3,5 minutes (P25-P75 : 2-5). L'accord exact sur les trois modalités de cotation concernait 81,3 % des 112 zones analysées. Les professionnels jugeaient l'outil faisable et souhaitaient poursuivre son utilisation. Les principaux freins concernaient l'accessibilité du matériel, le manque de pratique et l'absence de feedback régulier.

Conclusion. L'acquisition ciblée d'images d'échographie pulmonaire par les infirmiers du PIT apparaît faisable et acceptable. La qualité reste toutefois inconstante et son intégration nécessite un matériel immédiatement disponible, une pratique régulière, une relecture des images et un cadre professionnel clairement défini.

Mots-clés : échographie pulmonaire ; soins préhospitaliers ; infirmier ; faisabilité ; acceptabilité

Abstract

Background. Acute dyspnea is common in the prehospital setting, and its cause can be difficult to determine based solely on clinical assessment. Lung ultrasound could complement this assessment, but, to the best of our knowledge, its use by nurses within a Belgian *Paramedical Intervention Team* (PIT) has not been documented.

Objective: To evaluate the feasibility and acceptability of lung ultrasound image acquisition by PIT nurses in the prehospital setting in adult patients presenting with acute dyspnea.

Methods. A prospective, single-centre, mixed-methods pilot study was conducted within the Paramedical Intervention Team of Liège University Hospital, André Renard site. Following theoretical and practical training, nurses performed focused image acquisition from four anterior lung zones. The proportion of examinations performed, acquisition time, image quality, and agreement between the nurses' assessments and medical review were documented. Questionnaires and interviews explored acceptability and the conditions required for implementation.

Results. Of 36 eligible patients, 32 underwent lung ultrasound (88.9%). Twenty-eight examinations had a usable recording, representing 77.8% of all eligible patients. Of these 28 examinations, 19 were considered interpretable on medical review (67.9%). The median acquisition time was 3.5 minutes (IQR: 2–5). Exact agreement across the three rating categories was observed in 81.3% of the 112 lung zones analysed. Professionals considered the tool feasible, and nurses expressed a desire to continue using it. The main barriers were equipment accessibility, limited practical experience, and the lack of regular feedback.

Conclusion. Focused lung ultrasound image acquisition by PIT nurses appears feasible and acceptable. However, image quality remains inconsistent, and implementation requires readily available equipment, regular practice, image review, and a clearly defined professional framework.

Keywords: lung ultrasound ; prehospital care ; nurse ; feasibility ; acceptability

1. Préambule

Cette étude est née de mon expérience d'infirmier au sein du *paramedical intervention team* (PIT) du centre hospitalier universitaire (CHU) de Liège, site André-Renard. La dyspnée occupe une place importante dans notre activité et demande une évaluation rapide, structurée et prudente.

Sur le terrain, le binôme infirmier-ambulancier dispose de peu de temps et d'informations parfois incomplètes. Les antécédents ou les traitements habituels ne sont pas toujours connus, le patient peut être anxieux ou épuisé et les conditions d'examen sont moins favorables qu'à l'hôpital. Distinguer certaines causes de dyspnée, notamment un œdème aigu du poumon (OAP) d'une exacerbation de bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO) peut alors être difficile.

Mon intérêt pour l'échographie pulmonaire s'est développé en observant son utilisation par des médecins. Elle peut apporter une information complémentaire à l'anamnèse, aux paramètres vitaux, à l'examen clinique et à l'auscultation.

Je me suis donc demandé si des infirmiers du PIT pouvaient acquérir des images utiles en intervention, sans se substituer à l'interprétation médicale. Cette question relève directement des sciences infirmières, puisqu'elle concerne le développement des compétences et du raisonnement clinique infirmiers, ainsi que l'intégration sûre d'un nouvel outil dans une pratique en binôme.

Ce travail étudie cette possibilité en tenant compte des contraintes du terrain, du fonctionnement du binôme, de la sécurité du patient et du cadre professionnel belge.

2. Introduction

2.1. La dyspnée aiguë en contexte préhospitalier

La dyspnée aiguë est fréquente en préhospitalier, Kauppi et al. rapportent environ 9 % des prises en charge (1). La dyspnée est une expérience subjective d'inconfort respiratoire, composée de sensations distinctes dont l'intensité peut varier (2). L'exacerbation de BPCO et l'OAP figurent parmi les causes fréquentes de difficultés respiratoires (3). Leurs présentations cliniques peuvent être similaires, alors que leur prise en charge diffère.

Dans la région liégeoise, l'ordre permanent (OP) 14, élaboré et validé par des représentants des services d'urgence disposant d'un PIT, encadre la prise en charge infirmière de l'insuffisance respiratoire aiguë notamment chez l'adulte (annexe 1). L'infirmier s'appuie sur l'anamnèse, les paramètres vitaux, l'examen clinique et l'électrocardiogramme (ECG). Bien que non mentionnée dans l'OP, l'auscultation pulmonaire contribue aussi à l'orientation. Un doute peut néanmoins persister entre exacerbation de BPCO et OAP et conduire à une prise en charge couvrant les deux hypothèses.

Cette incertitude peut affecter la prise en charge. Dans une cohorte rétrospective de 2 123 patients admis aux urgences pour dyspnée, 38 % avaient reçu un traitement initial jugé inapproprié et le sous-traitement était associé à une mortalité hospitalière plus élevée (4). Cette difficulté est renforcée par les limites de certains éléments de l'examen clinique. L'auscultation pulmonaire possède notamment un faible pouvoir discriminant, comme rapporté par la méta-analyse d'Arts et al., avec une sensibilité de 46 % et une spécificité de 67 % pour la recherche d'un OAP (5).

2.2. L'échographie pulmonaire ciblée et le profil B

Face à ces limites, l'échographie pulmonaire peut apporter une information complémentaire à l'évaluation clinique. Pour l'OAP, Wang et al. rapportent une sensibilité de 97 % et une spécificité de 98 %, contre respectivement 94,1 % et 92,4 % chez Al Deeb et al. (6,7). Ces résultats doivent toutefois être intégrés de façon globale aux symptômes, aux antécédents et aux paramètres vitaux, sans se substituer à l'évaluation clinique. L'échographie pulmonaire permet de repérer des modifications de l'aération pulmonaire. Les lignes B sont des artefacts verticaux hyperéchogènes issus de la ligne pleurale, atteignant le bas de l'écran et se déplaçant avec le glissement pleural. Lorsqu'elles sont multiples et bilatérales, elles évoquent un syndrome interstitiel (8). Le protocole *bedside lung ultrasound in emergency* (BLUE) standardise leur recherche. Le profil B associe un glissement pleural à plusieurs lignes B bilatérales et peut, dans un contexte clinique compatible, orienter vers un OAP (9).

2.3. L'acquisition d'images par des non-médecins

Les données sur l'échographie pulmonaire par des non-médecins sont surtout hospitalières ou issues de systèmes préhospitaliers différents du PIT belge, ce qui limite leur transposition. La revue de Swamy et al. rapporte qu'après une formation et une pratique répétée, des infirmiers peuvent acquérir et interpréter des images échographiques ciblées pour repérer les lignes B et les épanchements pleuraux (10). Chez 226 patients hospitalisés pour dyspnée aiguë, Mumoli et al. rapportent, après 32 heures de formation, une sensibilité de 95,3 % et une spécificité de 88,2 % pour identifier l'origine cardiogénique de la dyspnée (11).

Des études préhospitalières menées aux États-Unis par des *paramédics* dans des systèmes différents du PIT belge, rapportent des résultats variables. Dans une étude pilote, des *paramédics* formés ont obtenu 63 % de clips interprétables et un accord de $\kappa = 0,60$ avec l'expert pour détecter les lignes B. Leur présence bilatérale avait une sensibilité de 80 % et une spécificité de 72 % pour l'OAP (12). À l'inverse, le dispositif de Becker et al., associant acquisition paramédicale et interprétation médicale à distance, n'atteignait pas les seuils de faisabilité. Les difficultés concernaient le matériel, la transmission, la qualité d'image et les contraintes préhospitalières (13).

Ces résultats suggèrent que l'apprentissage de l'échographie pulmonaire par des non-médecins est possible, mais que son intégration ne dépend pas uniquement de la compétence technique. Elle est également influencée par les conditions de terrain, l'organisation du travail et le matériel disponible. Cette intégration doit également être envisagée dans le respect du cadre légal infirmier belge.

La législation ne cite pas explicitement l'échographie pulmonaire parmi les prestations infirmières. Elle prévoit toutefois, parmi les actes B2 réalisés sur prescription médicale, la manipulation d'appareils d'investigation selon une procédure définie. Dans cette perspective, l'acquisition d'images et le repérage de critères échographiques standardisés, comme les lignes B, doivent être distingués de leur interprétation diagnostique médicale (14-16).

L'introduction de l'échographie pulmonaire dans un PIT ne peut donc pas être évaluée uniquement à partir de ses performances diagnostiques. Elle pose aussi la question du temps nécessaire à l'examen, de la disponibilité du matériel et de la qualité des images. S'y ajoutent son intégration dans le travail du binôme infirmier-ambulancier, son acceptabilité par les professionnels et sa conformité au cadre légal.

Avant un déploiement plus large, il est nécessaire d'évaluer si des infirmiers formés peuvent acquérir en préhospitalier des images interprétables à la relecture médicale et intégrer l'examen à leur pratique. À notre connaissance, aucune étude publiée n'a évalué conjointement sa faisabilité technique, son acceptabilité professionnelle et ses contraintes organisationnelles dans un PIT belge.

La figure 1 synthétise ce cheminement.

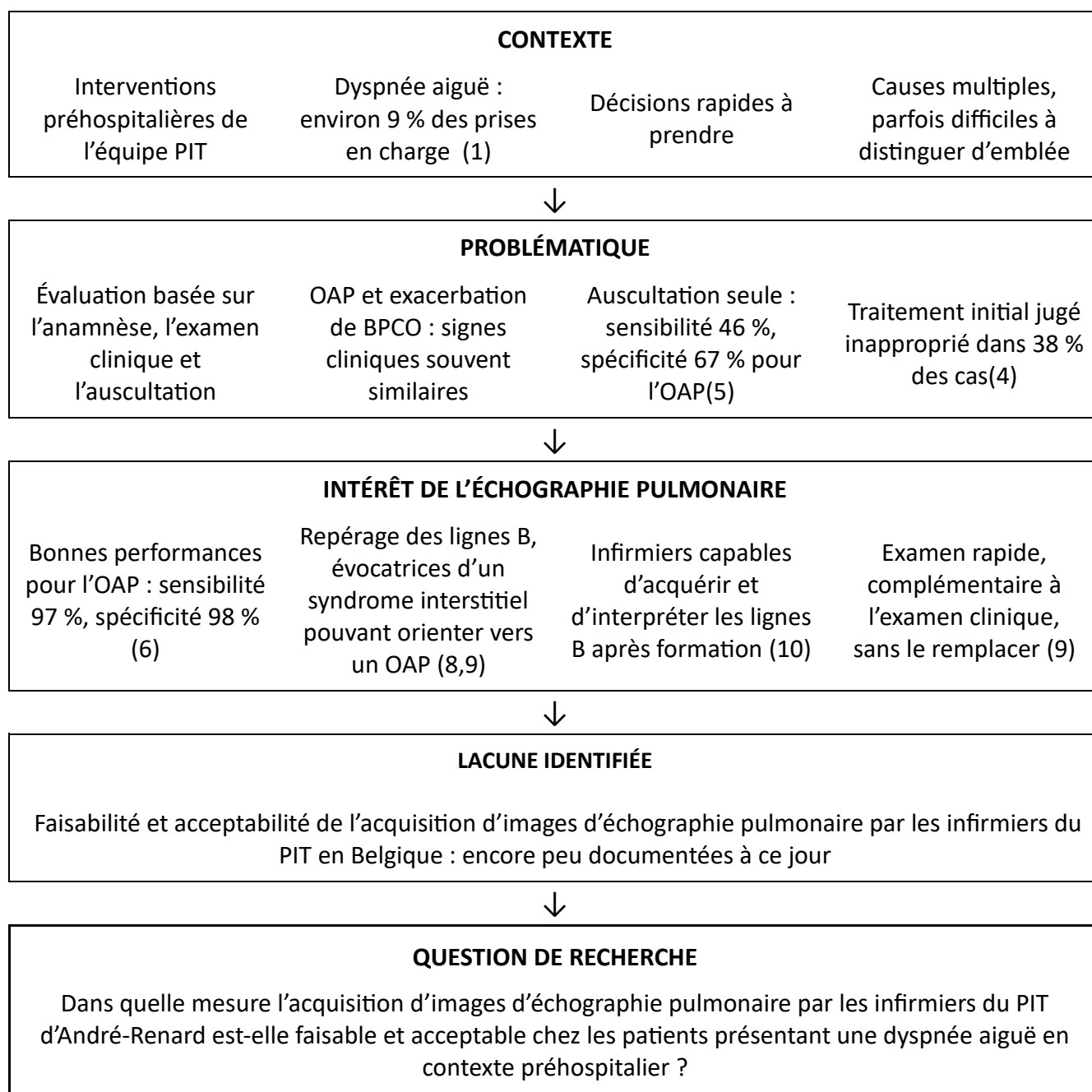


Figure 1. Synthèse du contexte, de la problématique et de la question de recherche de l'étude

2.4. Question de recherche et objectifs

Objectif principal :

- Évaluer la faisabilité de l'acquisition, par les infirmiers du PIT du CHU de Liège, site André-Renard, d'images d'échographie pulmonaire interprétables par relecture médicale chez des patients présentant une dyspnée aiguë en contexte préhospitalier.

Objectifs secondaires :

- Décrire la proportion d'examens réalisés parmi les patients éligibles et, parmi les examens réalisés, la proportion ayant donné lieu à un enregistrement disponible pour la relecture médicale.
- Décrire la durée des acquisitions, les raisons de non-réalisation ou d'absence d'enregistrement, ainsi que la qualité technique des images.
- Décrire l'accord exact, zone par zone, entre les observations des infirmiers et la relecture médicale.
- Explorer l'acceptabilité de la pratique, les freins, les facilitateurs et les conditions nécessaires à son intégration, à partir de l'expérience des infirmiers et des ambulanciers.

Cette étude examine la faisabilité et l'acceptabilité de l'échographie pulmonaire dans les conditions réelles du PIT, sans évaluer sa performance diagnostique ni son efficacité clinique.

2.5. Hypothèses

Hypothèse principale :

- Après une formation ciblée, les infirmiers du PIT sont capables d'acquérir, dans la majorité des examens réalisés, des images d'échographie pulmonaire interprétables par un médecin expert.

Hypothèses secondaires :

- L'examen peut être réalisé chez une proportion importante des patients éligibles, dans un temps compatible avec une intervention préhospitalière.
- Cette pratique est jugée acceptable par les infirmiers et les ambulanciers.
- La concordance entre les images des infirmiers et la relecture du médecin expert est satisfaisante

3. Matériel et méthodes

3.1. Type d'étude

Il s'agit d'une étude pilote prospective, monocentrique, de faisabilité et d'acceptabilité, à méthodologie mixte, menée au sein du PIT du CHU de Liège, site André-Renard à Herstal. Le volet quantitatif a décrit l'utilisation de l'échographie, la durée et la qualité des acquisitions. Le volet qualitatif a exploré le vécu des professionnels, les freins, les facilitateurs et les conditions d'intégration.

3.2. Cadre conceptuel et justification méthodologique

Cette étude a été conçue et présentée selon les recommandations relatives aux études pilotes et de faisabilité (17,18).

Deux repères issus des sciences de l'implémentation ont également été mobilisés :

- Les résultats d'implémentation décrits par Proctor et al. ont permis de centrer l'analyse sur la faisabilité, l'acceptabilité, la pertinence perçue et l'adoption initiale de l'échographie pulmonaire (19). La fidélité au protocole n'a pas fait l'objet d'une mesure spécifique, même si certains écarts

à la procédure d'acquisition et d'enregistrement ont été décrits. Le coût d'implémentation, la pénétration dans le service et la durabilité n'ont pas été évalués et ont uniquement été abordés comme perspectives.

- L'approche *Basel Approach for coNtextual ANAlysis* (BANANA) a servi de repère pour analyser les facteurs contextuels influençant l'utilisation de l'outil (20).

Le critère principal de faisabilité technique était la proportion d'examens jugés interprétables par le médecin expert. La qualité globale des images a été évaluée selon l'échelle de Russell et al., dans laquelle un score de 3/5 correspond à une visualisation modérée de la ligne pleurale malgré certains défauts techniques (21). À partir de cette définition, le seuil minimal d'interprétabilité a été fixé à un score $\geq 3/5$.

Les critères secondaires comprenaient la proportion d'examens réalisés parmi les patients éligibles, la proportion d'enregistrements exploitables, la durée d'acquisition, les raisons de non-réalisation ou d'absence d'enregistrement, les différents critères techniques de qualité, ainsi que l'accord descriptif entre les observations infirmières et la relecture médicale. L'acceptabilité, la pertinence perçue, l'adoption potentielle et les déterminants contextuels ont été explorés au moyen des questionnaires et des entretiens.

3.3. Populations étudiées

Trois populations ont participé directement à l'étude : les patients, les infirmiers du PIT et les ambulanciers. Un médecin expert a assuré la relecture indépendante des images. Les patients constituent la population clinique auprès de laquelle sont réalisées les acquisitions. Les infirmiers en sont la population professionnelle principale, ils réalisent les acquisitions, complètent les fiches de recueil et participent aux questionnaires et aux entretiens. Les ambulanciers sont inclus dans le volet qualitatif, afin d'explorer leur perception de l'intégration de l'échographie au sein du binôme.

Les patients ont été inclus selon un échantillonnage non probabiliste de convenance, reposant sur l'inclusion consécutive des patients adultes pris en charge par le PIT pour une dyspnée aiguë durant la période d'étude. La collecte de terrain s'est déroulée du 20 avril au 23 juin 2026. Les critères d'inclusion et d'exclusion, définis pour chacune des populations concernées, sont présentés dans le tableau 1.

Tableau 1. *Populations de l'étude et critères d'inclusion et d'exclusion*

Population	Critères d'inclusion	Critères d'exclusion
Patients	• Âge ≥ 18 ans • Dyspnée aiguë avec ≥ 1 critère clinique • Prise en charge par le PIT CHU site André-Renard durant la période de collecte • Consentement oral • Capacité à comprendre l'information et à consentir	• Âge < 18 ans • Refus de participation • Contre-indication thoracique à l'utilisation de la sonde • Impossibilité de réaliser l'échographie dans le contexte de soins
Infirmiers du PIT	• Infirmier en fonction au PIT du CHU site André-Renard • Titulaire de la spécialisation SIAMU • Consentement libre, éclairé et écrit • Disponibilité pour la formation • Participation à la collecte terrain	• Refus ou absence de consentement • Incapacité à suivre la formation • Absence prolongée ou retrait de l'activité PIT durant l'étude
Médecin expert	• Médecin urgentiste, interniste ou intensiviste • Expérience validée en échographie pulmonaire • Affiliation à un service universitaire d'urgence ou de soins intensifs • Accord pour une relecture indépendante et en aveugle	• Absence de formation ou de pratique régulière en échographie pulmonaire • Non-disponibilité pour la relecture • Refus de participer
Ambulanciers	• Ambulancier participant aux interventions du PIT • Consentement libre, éclairé et écrit • Participation volontaire au volet qualitatif	• Refus de participation

Note. Les critères cliniques d'inclusion des patients comprenaient notamment : FR > 25 /min, SpO₂ < 94 %, signes de détresse respiratoire, œdèmes des membres inférieurs, orthopnée, râles/ronflements/sifflements à l'auscultation ou tirage. FR : fréquence respiratoire ; SpO₂ : saturation pulsée en oxygène ; PIT : Paramedical Intervention Team ; SIAMU : soins intensifs et aide médicale urgente.

3.4. Intervention étudiée

L'intervention correspond à l'acquisition d'images d'échographie pulmonaire par les infirmiers du PIT chez des patients adultes en dyspnée aiguë, en complément de l'évaluation clinique habituelle et sans modifier la prise en charge thérapeutique. La procédure prévoyait que l'échographie ne soit réalisée que lorsque l'état clinique et l'organisation de l'intervention le permettaient, sans retarder les soins prioritaires.

Avant la phase d'application, les infirmiers participants ont complété un questionnaire pré-intervention, destiné à explorer leurs perceptions initiales, leurs attentes et leur niveau de confiance concernant l'échographie pulmonaire (annexe 2).

Ils ont ensuite suivi une formation combinant un e-learning vidéo de 43 minutes ainsi qu'une séance pratique de 2 heures organisée en interne et animée par un médecin expérimenté en échographie pulmonaire, différent du médecin urgentiste ayant réalisé la relecture experte des clips. Cette formation portait sur les principes de base de l'échographie pulmonaire, la manipulation de la sonde, la visualisation des repères anatomiques et l'identification d'images normales ou pathologiques (annexe 3).

Les ambulanciers ont également bénéficié, pendant leur temps de travail, d'une présentation pratique de 15 minutes portant sur les objectifs de l'étude, les principes de base de l'échographie pulmonaire et la manipulation de la sonde et de la tablette afin d'assister techniquement l'infirmier lors de l'acquisition.

Les infirmiers formés ont réalisé des clips de 3 secondes chez les patients inclus, sur les quatre zones pulmonaires antérieures définies dans la procédure (cohérentes avec les points antérieurs du protocole BLUE (9)).

Une ligne B était définie comme un artefact vertical hyperéchogène naissant de la ligne pleurale, atteignant le bas de l'écran sans atténuation, effaçant les lignes A et se déplaçant avec le glissement pleural. Une zone était considérée comme positive lorsqu'au moins trois lignes B étaient visibles sur une même image échographique (8).

Les acquisitions étaient réalisées à l'aide d'une sonde portable Vscan Air® (GE HealthCare) connectée à une tablette, en mode pulmonaire, puis les clips étaient pseudonymisés par code d'identification et relus secondairement par le médecin expert.

Lorsqu'une échographie était réalisée, l'infirmier complétait une fiche de recueil (annexe 4) et les clips étaient conservés pour la relecture par le médecin expert à l'aide d'une grille standardisée (annexe 5). Les patients éligibles non échographiés étaient consignés dans un registre documentant les raisons de non-réalisation (annexe 6).

À l'issue de la phase terrain, les infirmiers ont complété un questionnaire post-intervention (annexe 7). Des entretiens semi-structurés ont ensuite été réalisés deux semaines après la collecte des données, auprès des infirmiers et des ambulanciers volontaires afin d'approfondir les freins, les facilitateurs et les conditions d'intégration de l'échographie pulmonaire dans la pratique du PIT (annexes 8 et 9).

Le déroulement chronologique de l'étude est synthétisé dans la Figure 2.

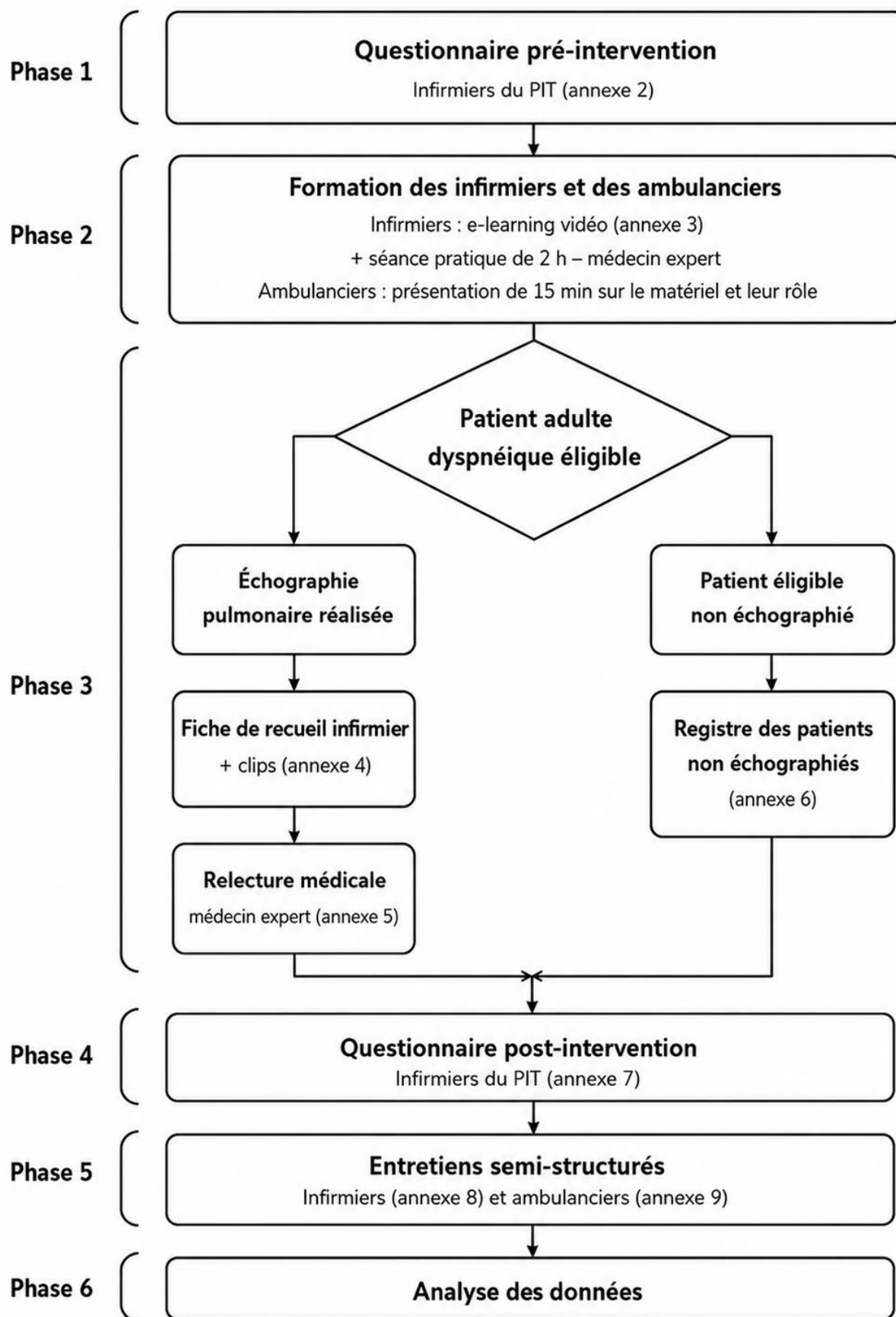


Figure 2. Organisation de la collecte des données

3.5. Outils et collecte des données

La collecte reposait sur les questionnaires pré/post, la fiche infirmière, la grille de relecture médicale, le registre des patients éligibles non échographiés et les guides d'entretien semi-structurés (annexes 2 à 9). Les questionnaires exploraient les perceptions, la confiance et l'acceptabilité. La fiche documentait le contexte, la durée, les conditions d'acquisition et l'influence perçue sur le raisonnement. La grille évaluait la qualité, l'interprétabilité et la présence de lignes B ou d'un profil B. Le registre précisait les motifs de non-réalisation et les entretiens exploraient les freins, les facilitateurs et les conditions d'intégration dans le binôme.

3.6. Analyse des données

L'analyse des données a suivi une approche mixte, associant une analyse quantitative descriptive et une analyse qualitative thématique. Les deux volets ont été traités séparément, puis mis en relation. Les données quantitatives ont été traitées avec Excel et R Commander. ChatGPT a uniquement aidé à la mise en forme de deux tableaux dans les annexes, sans intervenir dans l'analyse ou l'interprétation.

3.6.1. Analyse quantitative

L'analyse quantitative a principalement reposé sur des indicateurs descriptifs adaptés aux objectifs de faisabilité (17,18).

Les variables catégorielles ont été présentées sous forme d'effectifs et de pourcentages. Les variables quantitatives continues ont été décrites par la médiane et les percentiles 25 et 75 (P25-P75), compte tenu du faible effectif et de la distribution asymétrique des données. Les items de Likert, considérés comme des variables ordinales, ont été présentés par la proportion de réponses en accord (scores 4-5).

Les fiches de recueil infirmières et la relecture médicale ont été analysées de manière descriptive. La proportion d'images interprétables a été présentée en effectifs, pourcentages et intervalle de confiance à 95 %. Les critères techniques de la grille (profondeur, gain, *bat-sign*, ligne A, visibilité de la ligne pleurale) ont été décrits pour préciser les éléments influençant la qualité des acquisitions.

Pour la présence de lignes B par zone, l'accord entre l'infirmier et le médecin expert a été décrit en distinguant l'accord exact, les discordances de seuil, la sur-détection et la sous-détection.

La modification de l'hypothèse diagnostique après l'examen, l'influence perçue sur le raisonnement thérapeutique et la confiance auto-évaluée par l'infirmier ont été analysées de manière descriptive. Les questionnaires pré/post ont aussi été analysés descriptivement, sans test apparié faute d'appariement individuel des réponses.

3.6.2. Analyse qualitative

Les entretiens ont été retranscrits intégralement et analysés selon une approche thématique. Les retranscriptions pseudonymisées ont été archivées et restent consultables dans le cadre de l'étude. Les propos ont d'abord été codés, puis regroupés en thèmes portant sur l'expérience d'utilisation, les freins, les facilitateurs, la formation, la charge perçue, le travail en binôme et les conditions d'intégration de l'échographie pulmonaire dans la pratique du PIT.

L'interprétation des thèmes a été structurée à partir des résultats d'implémentation décrits par Proctor, notamment la faisabilité, l'acceptabilité, la pertinence perçue et l'adoption potentielle de l'outil (19). Les déterminants contextuels inspirés de l'approche BANANA ont également été mobilisés pour préciser les facteurs organisationnels, matériels, humains et environnementaux influençant l'intégration de l'échographie pulmonaire

Les réponses ouvertes des questionnaires ont complété cette analyse. Des verbatims illustratifs ont été sélectionnés dans le respect de l'anonymat.

3.6.3. Mise en relation des données.

Les données de terrain ont été comparées aux réponses des questionnaires et des entretiens afin de repérer les points communs et les différences, puis de mieux comprendre les conditions nécessaires à l'utilisation de l'outil.

3.7. Aspects éthiques et protection des données

L'étude a été réalisée après avis favorable du Comité d'Éthique Hospitalo-Facultaire Universitaire de Liège (CEHFUL), référence 2025-471, numéro belge B7072026000013. Compte tenu du contexte préhospitalier, le consentement des patients a été recueilli oralement, de manière adaptée à leur état clinique, et documenté avec traçabilité (annexe 10). L'échographie n'a pas remplacé l'évaluation clinique habituelle et n'avait pas pour objectif de se substituer au raisonnement clinique ni aux protocoles de prise en charge. Les éventuelles modifications ou influences déclarées par les infirmiers ont été recueillies comme données exploratoires de perception, sans constituer un critère d'efficacité thérapeutique.

Les professionnels ont participé sur base volontaire, avec consentement libre et éclairé (annexes 11 et 12). Les questionnaires ont été anonymisés et les entretiens enregistrés uniquement après accord des participants. Toutes les données ont ensuite été pseudonymisées et traitées conformément au RGPD. La participation pouvait être retirée à tout moment sans conséquence sur les soins ou la situation professionnelle.

3.8. Qualité méthodologique et biais potentiels

Une formation commune, une procédure limitée aux mêmes quatre zones pulmonaires et l'utilisation d'outils de recueil identiques visaient à homogénéiser les conditions d'acquisition, sans supprimer les différences liées à l'expérience des opérateurs. La relecture indépendante par un médecin expert reposait sur une grille unique afin de standardiser l'évaluation des images (annexe 5). Le carnet d'admission du PIT a permis de contrôler la cohérence entre les missions pour dyspnée aiguë et les patients documentés.

Un biais de sélection restait possible, la réalisation de l'échographie dépendant de l'état clinique et des contraintes opérationnelles. Le registre des patients éligibles non échographiés a été utilisé pour documenter les situations concernées et leurs motifs (annexe 6).

Un biais de désirabilité sociale pouvait également se présenter vu la proximité professionnelle entre l'investigateur et les participants. L'anonymisation des questionnaires, la confidentialité des entretiens et le caractère volontaire de la participation visaient à en limiter l'influence.

Enfin, la qualité des acquisitions pouvait varier selon l'expérience des opérateurs, la morphologie des patients et les conditions de terrain. Le caractère monocentrique et le faible effectif limitaient la généralisation des résultats, conformément à la nature pilote de l'étude.

Une lecture critique synthétique du volet qualitatif et de la méthodologie mixte selon les grilles COREQ et le MMAT est présentée en annexe 21 (22,23).

4. Résultats

4.1. Résultats du questionnaire pré-intervention

L'analyse a porté sur 15 questionnaires. Les répondants étaient majoritairement âgés de 31 à 40 ans (53,3 %) et 46,7 % n'avaient aucune expérience préalable en échographie. La dyspnée aiguë faisait partie de leur pratique régulière, tandis que 66,7 % rapportaient un doute entre BPCO et OAP 2 à 3 fois par mois.

Les perceptions initiales étaient globalement favorables, tous les participants estimaient que l'échographie pouvait renforcer l'autonomie infirmière et 93,3 % la jugeaient utile pour affiner le diagnostic et réalisable dans le contexte du PIT. La connaissance déclarée de la signification des lignes B était élevée (86,7 %), alors que seuls 26,7 % se sentaient compétents pour interpréter l'auscultation pulmonaire lors d'une dyspnée aiguë. La confiance à l'idée d'utiliser l'échographe restait plus modérée (53,3%). Le manque de temps constituait le frein anticipé le plus fréquent (46,7 %).

La synthèse des résultats est présentée dans le Tableau 2. La distribution complète des réponses et les données brutes anonymisées figurent en annexe 13.

Tableau 2. Synthèse des résultats du questionnaire pré-intervention

Indicateur	Résultat
Questionnaires analysés	15
Répartition selon le sexe	7 hommes / 8 femmes
Tranche d'âge majoritaire	31-40 ans : 8/15 (53,3 %)
Absence d'expérience préalable en échographie	7/15 (46,7 %)
Dyspnée aiguë rencontrée 2-3 fois/mois	8/15 (53,3 %)
Aisance globale dans la gestion des dyspnées aiguës	9/15 favorables (60,0 %)
Connaissance déclarée de la signification des lignes B	13/15 favorables (86,7 %)
Sentiment de compétence pour interpréter l'auscultation pulmonaire	4/15 favorables (26,7 %)
Échographie perçue comme plus performante que l'auscultation	9/15 favorables (60,0 %)
Doute BPCO/OAP rencontré 2-3 fois/mois	10/15 (66,7 %)
Renforcement de l'autonomie infirmière	15/15 favorables (100,0 %)
Utilité pour affiner le diagnostic	14/15 favorables (93,3 %)
Faisabilité dans le contexte du PIT	14/15 favorables (93,3 %)
Motivation à participer à la formation	14/15 favorables (93,3 %)
Amélioration possible des décisions cliniques	13/15 favorables (86,7 %)
Soutien potentiel des ambulanciers	13/15 favorables (86,7 %)
Manque d'outils diagnostiques sur le terrain	11/15 d'accord (73,3 %)
Confiance à l'idée d'utiliser l'outil	8/15 favorables (53,3 %)
Crainte liée au manque de temps	7/15 d'accord (46,7 %)
Contraintes logistiques susceptibles de compliquer l'utilisation	5/15 d'accord (33,3 %)
Difficulté à réaliser l'examen en urgence	5/15 d'accord (33,3 %)
Risque d'augmentation de la charge de travail	5/15 d'accord (33,3 %)
Échographie perçue comme réservée aux médecins	4/15 d'accord (26,7 %)

Note. Les variables catégorielles sont présentées en n/N (%). Pour les items de Likert, les réponses favorables correspondent aux scores 4-5. Pour les items formulés négativement, ils correspondent à un accord avec la difficulté ou le frein énoncé. PIT : Paramedical Intervention Team.

4.2. Résultats de la phase terrain

Vingt-huit fiches de recueil infirmier ont été analysées. La durée médiane d'acquisition était de 3,5 minutes (2-5) et 85,7 % des examens étaient réalisés en 5 minutes ou moins. Les infirmiers rapportaient des lignes B dans au moins une zone chez 46,4 % des patients et un profil B dans 7,1 % des cas. Une modification de l'hypothèse clinique était déclarée dans 17,9 % des situations et une influence perçue sur le raisonnement thérapeutique dans 21,4 %. Le Tableau 3 présente l'ensemble des résultats, les données détaillées figurent en annexe 14.

Tableau 3. Synthèse des résultats issus des fiches de recueil infirmier

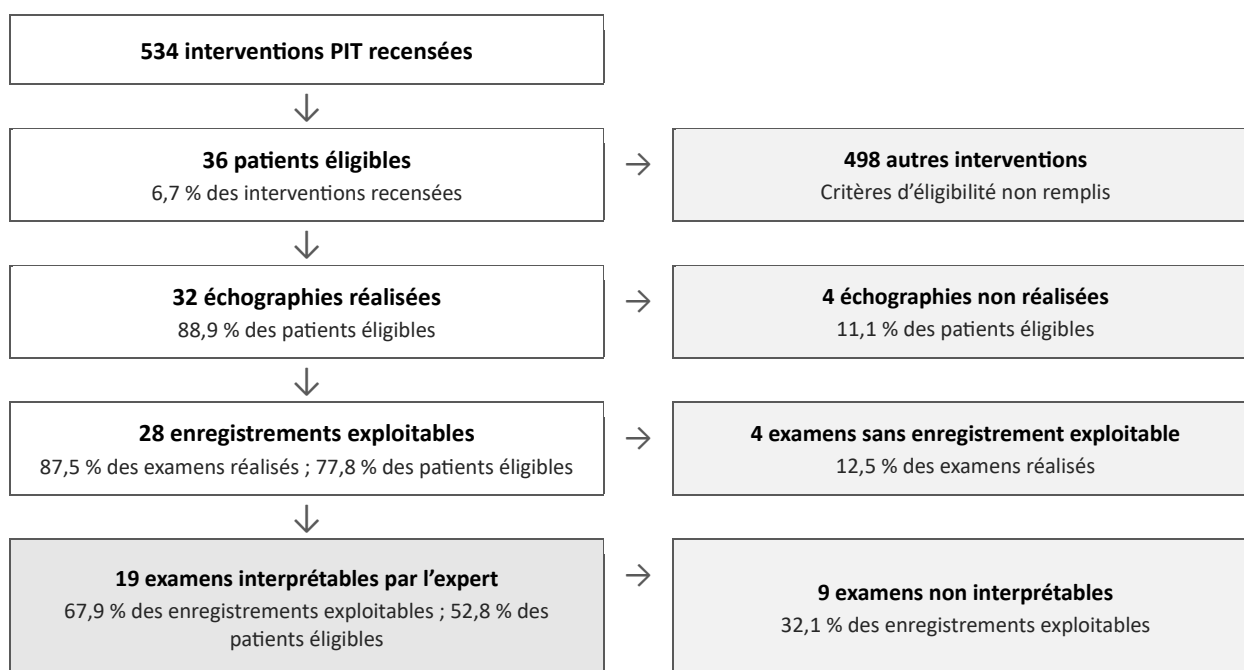
Indicateur	Résultat
Fiches infirmières analysées	28
Âge des patient(e)s (ans)	72,5 (67,8-82,8)
Sexe féminin	14/28 (50,0 %)
Sexe masculin	14/28 (50,0 %)
Durée d'acquisition (min)	3,5 (2-5)
Durée minimale-maximale (min)	1,5-15
Acquisition réalisée en ≤ 5 min	24/28 (85,7 %)
Quatre zones pulmonaires documentées	28/28 (100,0 %)
Lignes B dans au moins une zone	13/28 (46,4 %)
Au moins une zone avec ≥3 lignes B	7/28 (25,0 %)
Profil B perçu par l'infirmier	2/28 (7,1 %)
Qualité perçue de l'image (score /5)	3/5 (2,8-4)
Confiance infirmière (score /5)	3/5 (3-4)
Modification de l'hypothèse clinique	5/28 (17,9 %)
Influence perçue sur le raisonnement thérapeutique	6/28 (21,4 %)

Note. L'âge et la durée d'acquisition sont présentés en médiane (P25-P75). Les scores de qualité perçue et de confiance sont présentés en médiane (P25-P75) sur une échelle de 1 à 5. L'étendue correspond aux valeurs minimale et maximale. Les variables catégorielles sont présentées en n/N (%).

4.3. Patients éligibles non échographiés

Entre le 20 avril et le 23 juin 2026, 534 interventions PIT ont été recensées à partir du carnet d'admission. Parmi elles, 36 concernaient des patients présentant une dyspnée aiguë et répondant aux critères d'éligibilité. Leur parcours jusqu'à la relecture médicale est présenté dans la figure 3.

Sur les 36 patients éligibles, 32 ont bénéficié d'une échographie. Un enregistrement exploitable a été obtenu pour 28 d'entre eux. Parmi les 8 situations restantes, 4 échographies n'ont pas été réalisées et 4 examens n'ont pas fourni d'enregistrement exploitable. Les raisons étaient principalement liées à des difficultés techniques, à des facteurs humains ou à des contraintes organisationnelles. Aucun refus de patient n'a été rapporté.



Motifs des 8 situations sans enregistrement exploitable	n
Problème technique ou d'enregistrement	3
Facteur humain, oubli ou manque d'habitude	3
Contrainte organisationnelle ou priorité des soins	2
Refus du patient	0

Figure 3. Flux des interventions recensées et devenir des examens échographiques chez les patients éligibles

Note. La relecture médicale concernait les 28 enregistrements exploitables. Un examen était considéré comme interprétable lorsque le score global de qualité était $\geq 3/5$.

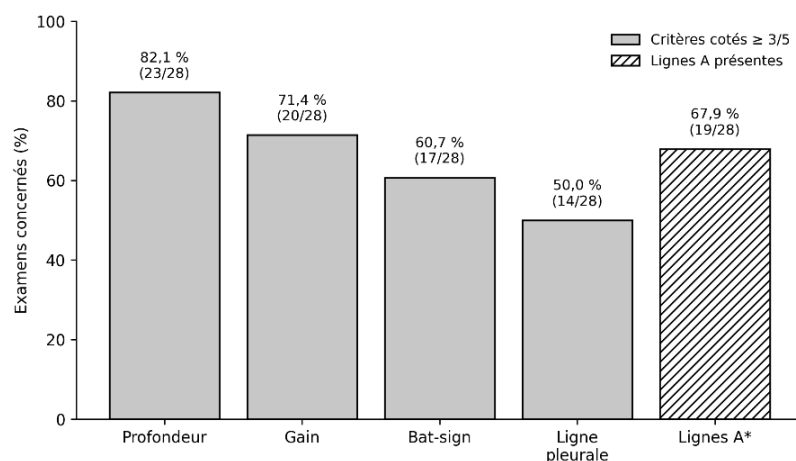
4.4. Relecture médicale secondaire des images

La relecture médicale secondaire a porté sur les 28 examens disposant d'un enregistrement exploitable. La grille de l'expert évaluait la présence de lignes B et d'un profil B dans les quatre zones, ainsi que plusieurs critères techniques (profondeur, gain, *bat-sign*, visibilité de la ligne pleurale, lignes A).

La qualité globale attribuée par le médecin expert présentait une médiane de 3/5 (2-4). Parmi les 28 examens relus, 19 étaient considérés comme interprétables selon le seuil défini, soit 67,9 % (47,6-84,1%). La profondeur et le gain étaient les critères les plus souvent satisfaisants, tandis que la visibilité de la ligne pleurale et le *bat-sign* l'étaient moins fréquemment (Figure 4).

L'expert identifiait des lignes B dans au moins une zone chez 12 patients sur 28 (42,9 %), dont 7 (25,0 %) présentaient au moins une zone comportant trois lignes B ou plus. Un profil B était retenu dans 2 situations sur 28 (7,1 %). Rapporté à l'ensemble des 36 patients éligibles, un enregistrement exploitable et interprétable a été obtenu dans 52,8 % des situations. Les données détaillées sont présentées en annexe 16.

Figure 4. Critères techniques favorables à la relecture



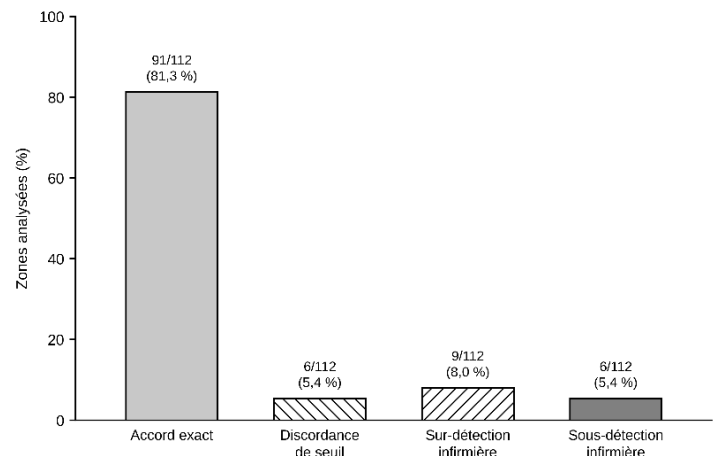
Note. Les critères profondeur, gain, bat-sign et visibilité de la ligne pleurale étaient considérés comme satisfaisants lorsqu'ils étaient cotés $\geq 3/5$ par le médecin expert.

* La barre hachurée correspond à la présence de lignes A, analysée comme une variable binaire présente/absente. Les données complètes par examen et par zone sont reprises en annexe 16.

4.5. Comparaison entre les interprétations infirmières et la relecture médicale

Sur les 112 zones explorées, l'infirmier et le médecin expert sont d'accord sur la présence ou l'absence de lignes B dans 86,6 % des cas, les discordances relevant d'une sur-détection (8,0 %) ou d'une sous-détection infirmière (5,4 %). L'accord était exact sur les 3 modalités de cotation dans 81,3 % des zones, les 6 discordances restantes ne portant que sur le seuil de 3 lignes B (figure 5 ; annexe 17).

Figure 5. *Concordance zone par zone entre la fiche infirmière et la relecture médicale secondaire*



Note. La figure présente la répartition des 112 zones analysées selon quatre catégories. L'accord exact correspond à l'attribution de la même modalité de cotation par l'infirmier et par le médecin expert (absence, moins de 3, au moins 3 lignes B). La discordance de seuil correspond aux zones pour lesquelles les deux évaluateurs concluaient à la présence de lignes B mais divergeaient sur le seuil de trois.

4.6. Résultats du questionnaire post-intervention

Le questionnaire post-intervention a été complété par 11 infirmiers, contre 15 avant l'intervention. Cette diminution s'explique par les changements dans la composition et les disponibilités de l'équipe au cours de l'étude.

Tous les répondants avaient suivi la formation à l'échographie pulmonaire. Les réponses étaient favorables concernant la faisabilité, la manipulation du matériel, la compatibilité avec le rythme des interventions et le souhait de poursuivre l'utilisation. Elles étaient plus partagées concernant le caractère suffisant de la formation et la communication avec les médecins.

Les réponses ouvertes soulignaient surtout le besoin de pratique, de relecture des images et de feedback médical. Les résultats détaillés figurent dans le Tableau 4 et en annexe 18

Tableau 4. *Synthèse des résultats du questionnaire post-intervention infirmier*

Indicateur	Résultat
Répondants au questionnaire post-intervention	11
Faisabilité perçue au sein du PIT	11/11 favorables (100,0 %)
Matériel facile à manipuler	11/11 favorables (100,0 %)
Acceptation positive par les patients	11/11 favorables (100,0 %)
Souhait de continuer à utiliser l'échographie	11/11 favorables (100,0 %)
Intégration future dans l'évaluation des dyspnées	11/11 favorables (100,0 %)
Compatibilité avec le rythme des interventions	10/11 favorables (90,9 %)
Confiance dans la distinction OAP/BPCO	10/11 favorables (90,9 %)
Amélioration de la compréhension de la dyspnée	9/11 favorables (81,8 %)
Formation reçue jugée suffisante	7/11 favorables (63,6 %)
Conditions de terrain limitantes	4/11 d'accord (36,4 %)
Échographie jugée difficile en situation d'urgence	0/11 d'accord (0,0 %)
Échographie jugée utile dans la pratique quotidienne	8/11 favorables (72,7 %)
Confiance accrue pour évaluer globalement une dyspnée	7/11 favorables (63,6 %)
Perception que l'intégration améliorerait la prise en charge	11/11 favorables (100,0 %)
Accueil favorable par les autres intervenants de l'aide médicale urgente	4/11 favorables (36,4 %)
Communication facilitée avec les médecins	4/11 favorables (36,4 %)
Participation à la formation	11/11 (100,0 %)

Note. Les résultats correspondent au nombre et à la proportion de répondants ayant attribué un score de 4 ou 5 sur l'échelle de Likert. Pour les items formulés comme des freins ou des contraintes, un score de 4 ou 5 traduit un accord avec la contrainte. La distribution complète des scores de 1 à 5 est présentée en annexe 18.

4.7. Résultats qualitatifs des entretiens

Au total, 20 entretiens semi-structurés ont été analysés (12 infirmiers du PIT, 8 ambulanciers). Les thèmes ont été regroupés transversalement et mis en lien avec les déterminants contextuels de l'approche BANANA, les effectifs correspondant au nombre de participants ayant évoqué chaque thème au moins une fois (Tableau 5; analyses détaillées en annexes 19 et 20).

Chez les infirmiers, le principal frein concernait l'accessibilité et la localisation du matériel (11/12). L'échographe et la tablette n'étaient pas toujours disponibles dès le premier contact avec le patient, ce qui imposait d'anticiper leur utilisation et favorisait parfois l'oubli. Le besoin de pratique et d'automatismes était également fréquent (10/12). Les participants se considéraient encore débutants dans la manipulation de la sonde, de la tablette et du système d'enregistrement : « *L'échographie, c'est un truc où on débute. Il faudrait vraiment le faire de façon régulière* » (INF07). Ils demandaient davantage de pratique, de relecture des clips et de feedback médical.

L'échographie était surtout perçue comme un complément à l'anamnèse, à l'examen clinique et à l'auscultation. Elle venait principalement confirmer, écarter ou renforcer une hypothèse déjà construite, sans modifier systématiquement le raisonnement. La charge cognitive était généralement jugée faible. Le temps représentait surtout une crainte avant l'utilisation. Une fois le matériel prêt, l'acquisition était décrite comme rapide. Les principales pertes de temps concernaient la connexion, l'enregistrement et la fiche liée à l'étude. Dans les situations les plus critiques, les soins immédiats restaient prioritaires.

Les ambulanciers estimaient que l'outil s'intégrait facilement. Leur rôle était surtout logistique : préparer la tablette, installer le matériel et assister l'infirmier pendant l'acquisition. Aucun ne rapportait de surcharge majeure : « *Une chose en plus dans l'intervention, mais pas d'un point de vue négatif* » (AMB02). Les difficultés concernaient principalement l'emplacement du matériel et sa recharge.

Dans l'ensemble, l'acceptabilité était favorable. La faisabilité dépendait toutefois d'un matériel immédiatement accessible, d'un enregistrement simple, d'une pratique régulière et d'un retour sur les images. Une répartition claire des tâches au sein du binôme était également nécessaire.

Les principaux thèmes, leur fréquence d'apparition, leur dimension contextuelle et les verbatims illustratifs sont synthétisés dans le **Tableau 5**.

Tableau 5. Synthèse des thèmes récurrents issus des entretiens qualitatifs

Thème principal	Population concernée / récurrence	Dimension contextuelle associée	Synthèse descriptive	Verbatim illustratif
Accessibilité et localisation du matériel	Infirmiers 11/12	Matériel · Organisation	Frein principal : matériel pas toujours disponible au premier contact.	« Il devrait être disponible dès le premier contact avec le patient. » (INF05)
Besoin de pratique et d'automatismes	Infirmiers 10/12	Individu	Frein évolutif : aisance attendue avec la répétition du geste.	« Il faudrait vraiment le faire de façon régulière. » (INF07)
Rôle de confirmation dans le raisonnement clinique	Infirmiers 8/12	Tâche · Individu	Utilité surtout comme appui au raisonnement clinique existant.	« Elle venait plutôt confirmer ou exclure une hypothèse. » (INF09)
Charge mentale faible, voire aidante	Infirmiers 8/12	Individu	Facilitateur : l'outil peut rassurer s'il reste ciblé sur les lignes B.	« Cela allège la réflexion et apporte un élément rassurant. » (INF05)
Temps perçu : crainte puis examen rapide	Infirmiers 7/12	Tâche	Dimension ambivalente : peur de perdre du temps, mais acquisition rapide si matériel prêt.	« Une fois que c'était lancé, ça allait super vite. » (INF07)
Besoin de feedback et de supervision	Infirmiers 6/12	Équipe · Organisation	Frein à l'appropriation : besoin de retour médical sur les images.	« Une validation régulière des cas serait utile. » (INF05)
Formation : bonne base mais insuffisante seule	Infirmiers 6/12	Organisation	Formation initiale utile, mais besoin de pratique et de suivi.	« Il manque le drill, les automatismes et le suivi. » (INF11)
Motivation et valorisation du rôle infirmier	Infirmiers 5/12	Individu	Facilitateur : outil perçu comme extension pertinente de l'évaluation clinique.	« Je la vois comme un outil clinique qui devrait prendre sa place. » (INF05)
Intégration fluide dans le binôme	Ambulanciers 8/8	Équipe · Tâche	Facilitateur : pas de surcharge majeure perçue par les ambulanciers.	« C'était fluide. » (AMB02)
Rôle d'appui logistique	Ambulanciers 8/8	Équipe · Matériel	Facilitateur : préparation tablette/sonde et soutien à l'infirmier.	« Mon rôle était surtout logistique. » (AMB03)
Dilemme matériel et recharge	Ambulanciers 7/8	Matériel · Organisation	Frein organisationnel partagé : disponible dans le sac ou chargé dans l'ambulance.	« Si on le met dans le sac, il est disponible tout de suite, mais il risque de se décharger. » (AMB08)

Note. Les récurrences correspondent au nombre de participants ayant évoqué le thème au moins une fois. Elles sont présentées comme des indicateurs de récurrence et non comme des résultats statistiques. BANANA : Basel Approach for coNtextual ANALysis.

4.8. Mise en relation des résultats quantitatifs et qualitatifs

La mise en relation des résultats quantitatifs et qualitatifs montre que l'acceptabilité favorable ne suffisait pas à garantir une utilisation systématique. La réalisation dépendait surtout de l'accessibilité du matériel, de l'organisation du binôme, de la maîtrise de l'enregistrement et de la pratique régulière (Tableau 6).

Tableau 6. Mise en relation des résultats quantitatifs et qualitatifs

Résultat quantitatif	Résultat qualitatif associé	Lecture intégrée descriptive	Dimension concernée
Durée médiane : 3,5 min (2-5). Durées de 15 min : 2 situations.	Examen rapide lorsqu'il était intégré au déroulement de l'intervention. Plus difficile si le matériel n'était pas prêt ou si le contexte était instable.	La durée soutient la faisabilité pratique, sous réserve d'un matériel préparé, d'un accès suffisant au patient et d'un contexte interventionnel favorable.	Faisabilité pratique
Examens interprétables : 19/28 (67,9 % ; IC 95 % : 47,6%-84,1%). Qualité médiane : 3/5 (2-4). Accord exact : 91/112 zones (81,3 %). Profils B confirmés : 2/2.	Acquisition et confiance liées à la pratique, aux conditions d'intervention et à la possibilité de revoir les enregistrements. Formation initiale utile, mais exposition limitée ; besoin de pratique répétée et de feedback médical.	Une majorité des examens était interprétable et l'accord était élevé, mais l'interprétabilité restait inconstante. Un apprentissage progressif, avec relecture et renforcement technique, paraît nécessaire.	Faisabilité technique et concordance
Enregistrements exploitables : 28/36 patients éligibles (77,8 %). Freins (n = 8) : techniques/enregistrement, 3 ; humains/oubli-habitude, 3 ; organisationnels, 2. Refus du patient : 0.	Oubli, manque d'habitude, préparation du matériel, difficultés d'enregistrement et priorité aux soins ou au SMUR. Besoin d'un matériel immédiatement accessible et d'une répartition claire des tâches.	Faisabilité élevée mais incomplète. Les non-réalisations relevaient surtout de l'organisation du travail et de l'enregistrement, non d'un rejet de l'outil.	Adoption et faisabilité opérationnelle
Questionnaire post-intervention (n = 11) : faisabilité dans le PIT, facilité du matériel, acceptation par les patients et souhait de poursuivre favorables chez 11/11 répondants.	Perception globalement positive ; outil jugé utile pour compléter le raisonnement clinique dans les dyspnées indifférenciées.	Acceptabilité élevée, sans utilisation systématique. L'adoption dépendait de la préparation du matériel, des priorités de soins, de l'organisation du binôme et de l'habitude.	Acceptabilité professionnelle
Formation jugée suffisante : 7/11 (63,6 %). Souhait de poursuivre : 11/11.	Besoin de pratique régulière, de rappels, de simulation, de relecture d'images et de feedback médical.	L'outil était accepté, mais son appropriation durable nécessite un accompagnement au-delà de la formation initiale.	Appropriation et pérennisation
Qualité perçue par les infirmiers : médiane 3/5 (2,8-4). Relecture médicale : résultats présentés dans la section dédiée.	Difficultés liées à la position et à la morphologie du patient, à la luminosité, aux réglages et au manque d'expérience.	La qualité dépendait de l'opérateur, mais aussi des conditions concrètes d'acquisition en intervention.	Faisabilité technique
Hypothèse diagnostique modifiée : 5/28 (17,9 %). Influence perçue sur le raisonnement thérapeutique : 6/28 (21,4 %).	Outil d'aide au raisonnement permettant surtout de confirmer, d'exclure ou de renforcer une hypothèse dans certaines dyspnées.	L'échographie n'était pas un outil décisionnel autonome, mais un support complémentaire au raisonnement clinique infirmier.	Utilité perçue

Note. Les résultats quantitatifs sont présentés en n/N (%) ou sous forme de médiane (P25-P75). L'interprétabilité des examens repose sur l'évaluation du médecin expert. L'accord exact zone par zone correspond à la proportion de zones pour lesquelles l'infirmier et le médecin expert ont attribué la même catégorie de lignes B. Les résultats qualitatifs sont issus de l'analyse thématique des entretiens. IC 95 % : intervalle de confiance à 95 % ; P25-P75 : 25e et 75e percentiles ; PIT : *Paramedical Intervention Team* ; SMUR : service mobile d'urgence et de réanimation.

5. Discussion

Cette étude apporte une réponse favorable mais nuancée à la question de recherche. Après un e-learning de 43 minutes et deux heures de pratique, une acquisition enregistrée et jugée interprétable par le médecin expert a été obtenue chez 19 des 36 patients éligibles (52,8 %). Ce résultat obtenu en conditions préhospitalières réelles constitue un premier niveau de faisabilité. La chaîne de faisabilité restait toutefois fragile. 32 patients ont été échographiés (88,9 %), 28 avaient un enregistrement exploitable (77,8 %) et 19 de ces 28 examens étaient interprétables (67,9 % (47,6-84,1 %)). L'intervalle de confiance est large, ce qui s'explique par le faible effectif. Le geste paraît donc réalisable en conditions réelles, même si sa faisabilité technique reste partielle en raison des difficultés d'enregistrement et de la qualité variable des images.

Contrairement à ce qui était attendu, la durée n'a pas constitué un obstacle majeur. La durée médiane était de 3,5 minutes (2-5) et 85,7 % des acquisitions ne dépassaient pas cinq minutes. Deux acquisitions ont toutefois duré 15 minutes, sans qu'une cause ait été précisée. Le chronométrage concernait uniquement la réalisation de l'échographie. Sans groupe comparatif, il ne permet pas d'affirmer que l'examen n'allongeait pas l'intervention, même si 10 répondants sur 11 le jugeaient compatible avec le rythme habituel de prise en charge.

Parmi les examens relus, la proportion d'examens interprétables est proche des 63 % de clips exploitables rapportés par Schoeneck et al. chez des *paramédics* formés (12). La comparaison reste prudente, Schoeneck et al. évaluaient des clips individuels, alors que notre critère portait sur l'ensemble d'un examen de quatre zones, dans un système de secours et avec un dispositif de formation différents. Ces observations rejoignent plus largement la littérature consacrée à l'acquisition et à l'interprétation de l'échographie pulmonaire par des non-médecins, qui rapporte des résultats globalement favorables après une formation ciblée, tout en soulignant l'hétérogénéité des programmes et des niveaux de performance (10). Les difficultés observées rejoignent surtout celles décrites par Becker et al., disposer d'un échographe ne suffit pas, car la qualité des images, les contraintes techniques et l'environnement de l'intervention influencent directement le résultat (13). Dans notre étude, les huit situations n'ayant pas abouti à un enregistrement exploitable relevaient de problèmes techniques ou d'enregistrement (3

cas), d'oublis ou d'un manque d'habitude (3 cas), ainsi que de contraintes organisationnelles ou de la priorité donnée aux soins (2 cas). Aucun refus de patient n'a été enregistré.

La qualité des images doit être interprétée au regard de l'expérience encore limitée des opérateurs. Le score global médian était de 3/5 (2-4). La profondeur et le gain étaient les critères les mieux maîtrisés, tandis que le *bat-sign* et la ligne pleurale restaient plus difficiles à visualiser. La morphologie ou la position du patient, la luminosité, le manque de place ainsi que l'expérience de l'opérateur pouvaient compliquer l'enregistrement. La difficulté ne tient donc pas au seul positionnement de la sonde, elle concerne aussi la préparation du matériel, le choix du mode, la recherche des repères et l'enregistrement des clips. Une formation courte permet d'apprendre les bases du geste, mais elle ne suffit pas à elle seule. La formation reçue n'était jugée suffisante que par 7 répondants sur 11 (63,6 %) et 6 infirmiers sur 12 décrivaient en entretien une base utile mais incomplète. Une pratique répétée, la relecture des images et un retour ciblé restent nécessaires pour progresser et maintenir les compétences (24).

La comparaison avec le médecin expert conduit au même constat. Sur les 112 zones analysées, 91 ont été classées de manière identique selon les trois catégories de lignes B, soit un accord exact de 81,3 %. Les discordances relevaient plus souvent d'une sur-détection que d'une sous-détection. Les deux profils B repérés par les infirmiers ont été confirmés par l'expert. Il s'agit toutefois d'un accord brut, qui ne tient pas compte de la part d'accord attribuable au hasard. Ces résultats restent donc descriptifs. Un kappa standard n'a pas été retenu pour l'analyse par zone, car les quatre zones d'un même patient n'étaient pas indépendantes. Une analyse par patient aurait également été peu informative, puisque seuls deux profils B positifs avaient été observés.

La recherche des lignes B avait pour objectif de repérer, chez les patients présentant une dyspnée aiguë, un profil B compatible avec un OAP. L'étude évaluait toutefois la faisabilité de l'acquisition et non la sensibilité ou la spécificité diagnostique de l'échographie pour l'OAP.

L'acceptabilité auprès des professionnels était élevée. Tous les répondants jugeaient la pratique réalisable et souhaitaient la poursuivre.

Les entretiens décrivaient surtout un outil utile lorsque les données cliniques ne suffisaient pas à distinguer certaines causes de dyspnée. Cette adhésion n'a toutefois garanti ni une utilisation systématique, ni des images toujours exploitables.

Les réponses les moins favorables du questionnaire post-intervention concernaient la communication avec les médecins et l'accueil de la pratique par les autres intervenants de l'aide médicale urgente, jugés favorables par 4 répondants sur 11 dans les deux cas (36,4 %). Six infirmiers sur douze exprimaient d'ailleurs, en entretien, un besoin de retour médical sur leurs images. L'intégration de l'échographie ne dépend donc pas uniquement de l'infirmier et de son binôme, mais aussi de la place que lui reconnaissent le médecin, le SMUR et l'équipe hospitalière. Cet élément soutient l'idée d'organiser d'emblée un circuit de relecture et de retour médical au début de l'apprentissage plutôt que de laisser l'infirmier seul face à ses images.

Selon les dimensions de Proctor, les résultats montrent une faisabilité et une acceptabilité professionnelle globalement favorables, ainsi qu'une pertinence perçue de l'outil et un début d'adoption (19). La procédure n'était cependant pas toujours appliquée correctement. Le coût, l'utilisation à l'échelle du service et la durabilité n'ont pas été évalués. L'approche BANANA aide à situer les freins observés (20). Ils concernaient l'expérience et la confiance de l'infirmier, l'état du patient, l'accès rapide à l'échographe, le rangement du matériel, la charge de la tablette, l'enregistrement des clips et la possibilité d'obtenir un retour médical.

Les entretiens avec les ambulanciers apportent un autre point de vue. Leur participation concernait l'installation du patient, la préparation du matériel, la gestion de la tablette et le soutien pendant l'acquisition. Ce rôle s'intégrait naturellement à l'intervention et n'entraînait pas de surcharge notable. L'échographie apparaît donc davantage comme une pratique du binôme que comme une tâche supplémentaire pour le seul infirmier. Une répartition claire des rôles pourrait limiter les interruptions et les erreurs d'enregistrement.

Dans cet échantillon, la proportion d'examens jugés interprétables soutient l'hypothèse principale. Les hypothèses secondaires concernant la faisabilité pratique et l'acceptabilité sont également soutenues, malgré certaines limites. La procédure paraît réalisable dans la pratique, mais sa faisabilité technique reste partielle. Elle dépend notamment du contexte clinique, du matériel disponible et de l'habitude de l'équipe. Enfin, la concordance n'a été étudiée que de manière descriptive. Le faible nombre de profils B ne permet pas de tirer de conclusion sur la performance diagnostique.

Une acquisition interprétable est donc possible après une formation courte, sans que la procédure soit encore assez robuste pour une utilisation systématique.

5.1. Forces, limites et biais de l'étude

Cette étude présente plusieurs forces, elle a été menée en conditions réelles auprès de patients dyspnéiques, et non en simulation.

Tous les patients éligibles ont été recensés, y compris sans échographie ou enregistrement exploitable, évitant de limiter l'analyse aux situations favorables. La formation commune, les quatre mêmes zones et des outils identiques ont aussi homogénéisé les acquisitions.

La relecture par un médecin expert, distinct du médecin ayant participé à la formation, a apporté une évaluation extérieure de la qualité et de l'interprétabilité des images. Elle a aussi permis une comparaison avec les observations infirmières. La méthodologie mixte a permis de trianguler les données des questionnaires, des fiches de recueil de terrain et des entretiens, tandis que l'intégration du point de vue des ambulanciers a offert une meilleure compréhension du fonctionnement réel du binôme PIT.

Les limites restent importantes. Il s'agit d'une étude pilote, monocentrique, menée auprès d'un faible effectif pendant un peu plus de deux mois. Elle décrit l'expérience d'une seule équipe et ne peut pas être généralisée à l'ensemble des PIT belges. Le faible nombre de profils B limite encore davantage l'interprétation. Il ne permettait pas de calculer la sensibilité ou la spécificité de manière pertinente. L'accord observé avec l'expert ne peut donc pas être considéré comme une validation diagnostique.

Un biais de sélection ne peut pas être exclu. Parmi les quatre patients éligibles non échographiés, trois présentaient un critère de détresse respiratoire. Deux examens n'ont pas été réalisés par oubli, un par manque de temps pendant l'écolage d'un infirmier et le dernier lors d'une prise en charge pressée avec intervention du SMUR. L'urgence et les contraintes organisationnelles ont donc pu réduire le recours à l'échographie et conduire à surestimer sa faisabilité. Il n'est toutefois pas possible d'affirmer que les patients non échographiés étaient les plus instables.

Plusieurs facteurs pouvant influencer la qualité des images n'ont pas été étudiés de manière systématique. La taille, le poids et la position du patient ont bien été recueillis, mais leur lien avec la qualité des images n'a pas été analysé. Certaines de ces données étaient également manquantes. La luminosité, l'espace disponible, le stress, le mode d'imagerie ou l'expérience de l'opérateur n'ont pas

été relevés pour chaque examen. Le nombre d'acquisitions réalisées par infirmier et leur évolution n'ont pas non plus été suivis, ce qui empêche de décrire une courbe d'apprentissage.

La comparaison des questionnaires pré et post-intervention doit être interprétée avec prudence. Le nombre de répondants est passé de 15 à 11 et les réponses n'étaient pas appariées individuellement. Les différences observées décrivent des tendances de groupe, pas l'évolution de chaque participant. Un biais de désirabilité sociale ne peut pas être exclu, puisque l'investigateur travaillait dans l'équipe étudiée. Il ne faisait cependant pas partie de l'échantillon, l'anonymat des questionnaires, la confidentialité des entretiens et le rappel de l'absence de conséquence professionnelle visaient à limiter ce biais.

La relecture des images reposait sur un seul expert. L'avis d'un second expert sur l'ensemble des examens aurait permis de mieux apprécier la reproductibilité de l'évaluation. L'analyse qualitative a également été réalisée par un seul chercheur, sans double codage.

Enfin, l'acceptabilité des patients n'a pas été évaluée directement. Elle repose sur l'absence de refus et sur la perception des professionnels. Leur expérience propre reste inconnue. Les dimensions institutionnelles, financières, réglementaires et logistiques nécessaires à une intégration plus large n'étaient pas incluses dans cette étude.

5.2. Perspectives pour la pratique infirmière et la recherche

Plusieurs pistes se dégagent de ces résultats, à commencer par l'apport possible de l'échographie au raisonnement clinique. Dans cinq examens, les infirmiers ont rapporté une modification de leur hypothèse, dans six situations, une influence sur l'orientation thérapeutique. Dans d'autres cas, l'échographie a surtout renforcé une orientation déjà envisagée. Ces observations suggèrent une utilité comme complément à l'évaluation clinique, sans démontrer d'effet sur les traitements ou l'évolution du patient.

Dans la pratique infirmière, l'échographie pulmonaire constituerait un prolongement de l'évaluation clinique plutôt qu'un transfert d'acte médical. Cinq infirmiers sur douze décrivaient d'ailleurs cet outil comme une extension pertinente de leur rôle. Son développement nécessiterait toutefois un cadre clair et une articulation définie avec la décision médicale.

Sur le terrain, une première condition serait de disposer d'un échographe chargé, immédiatement accessible et rangé à un emplacement connu de l'équipe. Une procédure courte pourrait rappeler les indications, le mode d'imagerie, l'ordre des zones, la durée des clips et la vérification de leur enregistrement.

Le rôle de l'ambulancier devrait également y être précisé : installer le patient, préparer le matériel, gérer la tablette et poursuivre la surveillance pendant que l'infirmier réalise les images.

La formation initiale devrait être suivie de manipulations régulières, de simulations et d'une relecture médicale. Des audits de qualité permettraient aussi de repérer les difficultés rencontrées et de maintenir les compétences. Ces mesures rejoignent les recommandations de gouvernance du POCUS, qui insistent sur la formation continue, l'archivage, le feedback et l'assurance qualité (25,26).

Cette utilisation pourrait relever d'une prestation technique B2, sur prescription médicale ou dans le cadre d'un ordre permanent (14-16). Une procédure institutionnelle devrait alors préciser les responsabilités, les modalités de traçabilité et d'archivage ainsi que la conduite à tenir. Le repérage des lignes B contribuerait à l'évaluation clinique, sans se confondre avec le diagnostic médical d'OAP.

L'intégration de l'échographie pulmonaire dans le PIT devrait rester progressive. Une première étape, plus accessible, serait que l'infirmier acquière les images et les transmette à un médecin référent. Celui-ci pourrait les interpréter et guider la prise en charge, selon un fonctionnement proche de la transmission d'un ECG. Si la compétence des opérateurs et la validité du repérage sont ensuite confirmées par d'autres recherches, la présence de lignes B pourrait être intégrée comme critère échographique standardisé dans l'ordre permanent relatif à la dyspnée.

Dans une équipe préhospitalière médicalisée belge, Betz et al. rapportaient un recours à l'échographie clinique lors de 29,55 % des 6 126 interventions analysées, avec une application variable justifiant davantage de standardisation (27). L'échographie n'est donc pas systématique, même dans une équipe médicale formée. Son utilisation par l'infirmier PIT devrait être développée par étapes, sans se substituer à l'évaluation clinique ni au diagnostic médical.

Une prochaine étude devrait être prospective et multicentrique, menée dans plusieurs PIT de la région liégeoise appliquant le même ordre permanent. Les images seraient relues par deux médecins experts, chacun sans connaître les observations de l'infirmier ni l'avis de l'autre relecteur. Le diagnostic final posé à l'hôpital devrait également être établi sans connaissance du résultat de l'échographie préhospitalière.

Avec un effectif calculé à l'avance et un nombre suffisant de profils B, il deviendrait possible d'estimer la sensibilité, la spécificité et les rapports de vraisemblance. Un groupe de patients pris en charge sans échographie permettrait de mesurer l'effet réel de l'examen sur la durée d'intervention, la communication, les traitements et l'orientation. Le nombre d'examens réalisés par chaque opérateur devrait être suivi, afin de décrire la courbe d'apprentissage. L'expérience des patients reste enfin à explorer, de même que le coût, la maintenance et les responsabilités institutionnelles.

6. Conclusion

Cette étude pilote montre qu'après une formation ciblée et courte, des infirmiers du PIT peuvent acquérir en conditions préhospitalières des images d'échographie pulmonaire jugées interprétables par un médecin expert. Une acquisition enregistrée et interprétable a été obtenue chez 19 des 36 patients éligibles. Ce résultat constitue un début encourageant, mais la faisabilité technique reste partielle. L'enregistrement des clips, la visualisation de certains repères et la qualité des images doivent encore être améliorés.

Les professionnels ont bien accueilli la pratique, jugée compatible avec le rythme de l'intervention. Sa réalisation dépendait de l'état du patient, de la disponibilité du matériel, de l'expérience de l'opérateur et de l'organisation du binôme. L'accord avec la relecture médicale et la confirmation des deux profils B sont intéressants, mais le faible effectif ne permet pas de conclure à une capacité autonome de repérage de l'OAP.

Les hypothèses de faisabilité et d'acceptabilité sont donc globalement soutenues dans cet échantillon, sans que les résultats permettent de conclure à une utilisation systématique.

Une intégration future supposerait un matériel immédiatement disponible et une formation standardisée, entretenue par une pratique régulière et par la relecture des images, dans un cadre institutionnel clairement défini. Dans un premier temps, la transmission des acquisitions à un médecin référent paraît l'option la plus prudente. Des études plus larges devront ensuite déterminer si le repérage infirmier des lignes B peut être intégré de manière sûre à l'ordre permanent relatif à la dyspnée.

7. Références bibliographiques

1. Kauppi W, Herlitz J, Magnusson C, Palmér L, Axelsson C. Characteristics and outcomes of patients with dyspnoea as the main symptom, assessed by prehospital emergency nurses- a retrospective observational study. *BMC Emerg Med.* 28 août 2020;20(1):67. doi:10.1186/s12873-020-00363-6
2. Parshall MB, Schwartzstein RM, Adams L, Banzett RB, Manning HL, Bourbeau J, et al. An Official American Thoracic Society Statement: Update on the Mechanisms, Assessment, and Management of Dyspnea. *Am J Respir Crit Care Med.* 15 févr 2012;185(4):435-52. doi:10.1164/rccm.201111-2042ST
3. Laribi S, Keijzers G, Van Meer O, Klim S, Motiejunaite J, Kuan WS, et al. Epidemiology of patients presenting with dyspnea to emergency departments in Europe and the Asia-Pacific region. *Eur J Emerg Med.* oct 2019;26(5):345-9. doi:10.1097/MEJ.0000000000000571
4. Balen F, Lamy S, Froissart L, Mesnard T, Sanchez B, Dubucs X, et al. Risk factors and effect of dyspnea inappropriate treatment in adults' emergency department: a retrospective cohort study. *Eur J Emerg Med.* août 2024;31(4):276-80. doi:10.1097/MEJ.0000000000001129
5. Arts L, Lim EHT, van de Ven PM, Heunks L, Tuinman PR. The diagnostic accuracy of lung auscultation in adult patients with acute pulmonary pathologies: a meta-analysis. *Sci Rep.* 30 avr 2020;10(1):7347. doi:10.1038/s41598-020-64405-6
6. Wang Y, Shen Z, Lu X, Zhen Y, Li H. Sensitivity and specificity of ultrasound for the diagnosis of acute pulmonary edema: a systematic review and meta-analysis. *Med Ultrason.* 4 févr 2018;20(1):32-6. doi:10.11152/mu-1223
7. Al Deeb M, Barbic S, Featherstone R, Dankoff J, Barbic D. Point-of-care Ultrasonography for the Diagnosis of Acute Cardiogenic Pulmonary Edema in Patients Presenting With Acute Dyspnea: A Systematic Review and Meta-analysis. *Acad Emerg Med.* 2014;21(8):843-52. doi:10.1111/acem.12435
8. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein DA, Mathis G, Kirkpatrick AW, et al. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med.* 1 avr 2012;38(4):577-91. doi:10.1007/s00134-012-2513-4
9. Lichtenstein DA, Mezière GA. Relevance of Lung Ultrasound in the Diagnosis of Acute Respiratory Failure: The BLUE Protocol. *Chest.* 2008;134(1):117-25. doi:10.1378/chest.07-2800
10. Swamy V, Brainin P, Biering-Sørensen T, Platz E. Ability of non-physicians to perform and interpret lung ultrasound: A systematic review. *Eur J Cardiovasc Nurs.* août 2019;18(6):474-83. doi:10.1177/1474515119845972

11. Mumoli N, Vitale J, Giorgi-Pierfranceschi M, Cresci A, Cei M, Basile V, et al. Accuracy of Nurse-Performed Lung Ultrasound in Patients With Acute Dyspnea: A Prospective Observational Study. *Medicine (Baltimore)*. mars 2016;95(9):e2925. doi:10.1097/MD.0000000000002925
12. Schoeneck J, Coughlin R, Baloesu C, Cone D, Liu R, Kalam S, et al. Paramedic-performed Prehospital Point-of-care Ultrasound for Patients with Undifferentiated Dyspnea: A Pilot Study. *West J Emerg Med*. 24 mars 2021;22(3):750-5. doi:10.5811/westjem.2020.12.49254
13. Becker TK, Martin-Gill C, Callaway CW, Guyette FX, Schott C. Feasibility of Paramedic Performed Prehospital Lung Ultrasound in Medical Patients with Respiratory Distress. *Prehosp Emerg Care*. 2018;22(2):175-9. doi:10.1080/10903127.2017.1358783
14. Belgique. Banque de données Justel [arrete] [Internet]. Moniteur Belge; 1990 [cité 15 avr 2025]. Arrêté royal du 18 juin 1990 portant fixation de la liste des prestations techniques de l'art infirmier et de la liste des actes pouvant être confiés par un médecin ou un dentiste à des praticiens de l'art infirmier, ainsi que des modalités d'exécution relatives à ces prestations et à ces actes et des conditions de qualification auxquelles les praticiens de l'art infirmier doivent répondre. Disponible sur: <https://www.ejustice.just.fgov.be/eli/arrete/1990/06/18/1990022329/justel>
15. Conseil fédéral de l'art infirmier. Précisions apportées à la liste des prestations techniques de l'art infirmier et des actes médicaux confiés par un médecin ou un dentiste à des praticiens de l'art infirmier en vertu de l'arrêté royal du 18 juin 1990 [Internet]. Service public fédéral Santé publique, Sécurité de la Chaîne alimentaire et Environnement; mai 2026 [cité 28 juill 2026]. Disponible sur: https://organesdeconcertation.sante.belgique.be/sites/default/files/documents/irsg_precision_fr_version2.pdf
16. Belgique. Loi coordonnée du 10 mai 2015 relative à l'exercice des professions des soins de santé [Internet]. Moniteur belge; 10 mai 2015. Disponible sur: https://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/change_lg.pl?cn=2015051006&la=F&language=fr&table_name=loi
17. Lancaster GA, Thabane L. Guidelines for reporting non-randomised pilot and feasibility studies. *Pilot Feasibility Stud*. 6 oct 2019;5:114. doi:10.1186/s40814-019-0499-1
18. Bowen DJ, Kreuter M, Spring B, Cofta-Woerpel L, Linnan L, Weiner D, et al. How We Design Feasibility Studies. *Am J Prev Med*. mai 2009;36(5):452-7. doi:10.1016/j.amepre.2009.02.002
19. Proctor E, Silmere H, Raghavan R, Hovmand P, Aarons G, Bunger A, et al. Outcomes for Implementation Research: Conceptual Distinctions, Measurement Challenges, and Research Agenda. *Adm Policy Ment Health Ment Health Serv Res*. 1 mars 2011;38(2):65-76. doi:10.1007/s10488-010-0319-7
20. Mielke J, Leppla L, Valenta S, Zullig LL, Zúñiga F, Staudacher S, et al. Unraveling implementation context: the Basel Approach for coNtextual ANALysis (BANANA) in

implementation science and its application in the SMILe project. *Implement Sci Commun.* 1 oct 2022;3(1):102. doi:10.1186/s43058-022-00354-7

21. Russell FM, Ehrman RR, Barton A, Sarmiento E, Ottenhoff JE, Nti BK. B-line quantification: comparing learners novice to lung ultrasound assisted by machine artificial intelligence technology to expert review. *Ultrasound J.* 30 juin 2021;13(1):33. doi:10.1186/s13089-021-00234-6
22. Hong QN, Pluye P, Fàbregues S, Bartlett G, Boardman F, Cargo M, et al. Mixed Methods Appraisal Tool (MMAT), version 2018: User guide [Internet]. Montréal, Québec, Canada: McGill University, Department of Family Medicine; 2018 [cité 7 juill 2026]. Disponible sur: https://mixedmethodsappraisaltoolpublic.pbworks.com/w/file/attach/127916259/MMAT_2018_criteria-manual_2018-08-01_ENG.pdf
23. Tong A, Sainsbury P, Craig J. Consolidated criteria for reporting qualitative research (COREQ): a 32-item checklist for interviews and focus groups. *Int J Qual Health Care.* 2007;19(6):349-57. doi:10.1093/intqhc/mzm042
24. Duvivier RJ, van Dalen J, Muijtjens AM, Moulaert VR, van der Vleuten CP, Scherpbier AJ. The role of deliberate practice in the acquisition of clinical skills. *BMC Med Educ.* 6 déc 2011;11:101. doi:10.1186/1472-6920-11-101 PubMed Central PMCID: PMC3293754.
25. Aziz S, Edmunds CT, Barratt J. Implementation of a point-of-care ultrasound archiving system and governance framework in a UK physician-paramedic staffed helicopter emergency medical service. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 3 juin 2024;32(1):49. doi:10.1186/s13049-024-01224-y
26. American College of Emergency Physicians. Ultrasound Guidelines: Emergency, Point-of-Care, and Clinical Ultrasound Guidelines in Medicine. *Ann Emerg Med.* sept 2023;82(3):e115-55. doi:10.1016/j.annemergmed.2023.06.005
27. Betz R, Gilbert A, Moens D, Marissiaux L, Paquay M, Lopez Iglesias R, et al. Prehospital point of care ultrasound in Helicopter Emergency Medical Services: a 5-year experience study in Belgium. *Front Disaster Emerg Med.* 28 oct 2024;2:1440545. doi:10.3389/femer.2024.1440545

8. Annexes

Annexe 1. Ordre permanent 14 : Insuffisance respiratoire aiguë de l'adulte

Annexe 2. Questionnaire pré-intervention destiné aux infirmiers du PIT

Annexe 3. Description de la formation à l'échographie pulmonaire

Annexe 4. Fiche de recueil destinée à l'infirmier du PIT

Annexe 5. Grille de relecture du médecin expert

Annexe 6. Registre des patients éligibles non échographiés

Annexe 7. Questionnaire post-intervention destiné aux infirmiers du PIT

Annexe 8. Guide d'entretien semi-structuré destiné aux infirmiers du PIT

Annexe 9. Guide d'entretien semi-structuré destiné aux ambulanciers

Annexe 10. Fiche d'information et formulaire de consentement du patient

Annexe 11. Fiche d'information et formulaire de consentement de l'infirmier

Annexe 12. Fiche d'information et formulaire de consentement de l'ambulancier

Annexe 13. Statistiques descriptives du questionnaire pré-intervention

Annexe 14. Données détaillées issues des fiches de recueil infirmier

Annexe 15. Données détaillées des patients éligibles non échographiés ou sans enregistrement exploitable

Annexe 16. Tableau complet de la relecture médicale secondaire des échographies

Annexe 17. Analyse détaillée de l'accord exact entre les observations infirmières et la relecture médicale, zone par zone

Annexe 18. Données brutes anonymisées du questionnaire post-intervention

Annexe 19. Analyse qualitative par question posée auprès des infirmiers et des ambulanciers

Annexe 20. Analyse détaillée des entretiens semi-structurés : thèmes, sous-thèmes et verbatims

Annexe 21. Lecture critique de l'étude selon les grilles COREQ et MMAT

Annexe 22. Approbation de l'étude par le Comité d'éthique hospitalo-facultaire universitaire de Liège

Annexe 23. Approbation de l'amendement par le Comité d'éthique hospitalo-facultaire universitaire de Liège