



**HAL**  
open science

# Modèle prédictif de l'infection au COVID-19 à l'aide de l'échographie pulmonaire aux urgences : étude de cohorte prospective

Alexandre Lecourtois

► **To cite this version:**

Alexandre Lecourtois. Modèle prédictif de l'infection au COVID-19 à l'aide de l'échographie pulmonaire aux urgences : étude de cohorte prospective. Médecine humaine et pathologie. 2022. dumas-03934391

**HAL Id: dumas-03934391**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03934391>**

Submitted on 11 Jan 2023

**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.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

**UNIVERSITE DE PICARDIE JULES VERNE**

**FACULTE DE MEDECINE D'AMIENS**

**2022**

**N°2022-102**

**THESE D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE**

**Médecine d'Urgence**

**PRESENTEE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT**

**LE 28 SEPTEMBRE 2022**

**PAR**

**Alexandre LECOURTOIS**

**MODELE PREDICTIF DE L'INFECTION AU COVID-19 A L'AIDE DE  
L'ECHOGRAPHIE PULMONAIRE AUX URGENCES : ETUDE DE COHORTE  
PROSPECTIVE**

Le Président du Jury,

**Monsieur le Professeur Michel SLAMA,**

Les Juges,

**Monsieur le Professeur Julien MAIZEL,**

**Monsieur le Docteur Stéphane BAR,**

Le Directeur de thèse,

**Monsieur le Docteur Pierre GOSSET,**



*A mon Président de jury,*

*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 aujourd'hui de présider le jury de cette thèse.*

*Recevez mes sincères remerciements et le témoignage de ma profonde considération.*

*A mes juges,*

*Monsieur le Professeur Julien MAIZEL  
Professeur des Universités-Praticien Hospitalier  
(Médecine Intensive Réanimation)  
Assesseur 2ème cycle  
Chef du Service de Médecine Intensive Réanimation*

*Monsieur le Docteur Stéphane BAR  
Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier  
Anesthésie Réanimation*

*Vous me faites l'honneur de juger ce travail.*

*Soyez assuré de mon profond respect et de ma plus grande reconnaissance.*

*A mon directeur de thèse,*

*Monsieur le Docteur Pierre GOSSET  
Praticien Hospitalier  
Médecin Responsable  
Service d'Accueil des Urgences Polyvalentes Adultes  
SAUPA - SAMU 80*

*Merci d'avoir accepté de travailler avec moi.*

*Merci pour ce que tu m'as apporté et appris, pour ta patience, pour tes conseils.*

**A mes grands parents, Lucie, Paule, Guy, Nelly et Bernard,**

*Sans qui tout cela ne serait pas possible, vous m'avez toujours mis dans les meilleures conditions pour réussir. Si j'en suis là aujourd'hui, c'est aussi grâce à vous. Merci pour votre soutien inconditionnel depuis maintenant 27 ans, même dans les périodes les plus difficiles. J'ai une pensée pour ceux qui ne sont plus présents. J'espère, à travers ce travail, vous rendre un bel hommage.*

**A mes parents, Bertrand et Elisabeth,**

*Impossible de résumer en quelques lignes à quel point je vous suis redevable de ce que vous m'avez inculqué. J'en suis là, en grande partie grâce à votre éducation, et parce que vous m'avez donné les moyens d'y arriver. Et merci à toi maman pour m'avoir inculqué la passion pour les sciences médicales.*

**A mon frère, Jean Baptiste,**

*Merci d'avoir été à mes côtés et toujours soutenu. J'espère que tu prendras autant de plaisir que moi dans ta nouvelle carrière dédiée à la défense de notre patrie.*

**A ma compagne, Sarah,**

*Merci de partager ta vie avec moi depuis plusieurs années maintenant. Tu m'apportes tant, et cela, quotidiennement. Nous avons tous deux bien changé depuis nos rendez-vous à la BU. Mais, c'est toujours à deux que l'on aborde le futur. Compte sur moi pour t'aider comme tu m'as aidé pour ta thèse.*

**A ma belle-famille, Jean François, Soraya et Julie,**

*Merci pour votre accueil et de ce que vous m'apportez au travers de Sarah. Merci de votre bienveillance et de votre gentillesse.*

**A mes co-internes de médecine d'urgence,**

*J'ai eu un grand plaisir d'être à vos côtés lors des différents cours de DES et différents congrès. Merci d'avoir partagé tant d'expérience tout au long de ces 4 dernières années de spécialité.*

**A ces Docteurs qui m'ont tout appris**

*Désolé de ne pas pouvoir tous vous citer, mais j'en suis là également grâce à vous.*

### **Aux équipes des urgences du CHU d'Amiens,**

*Merci de m'avoir aidé en tant qu'externe, puis jeune interne et bientôt docteur junior. Vous m'avez donné la passion des urgences aussi bien en intra qu'en extra-hospitalier. Merci d'avoir rendu possible cette étude et donc cette thèse réalisée dans vos murs.*

### **Aux équipes de gériatrie du CHU d'Amiens,**

*Merci de m'avoir apporté toutes ces connaissances, apporté ce soutien, de m'avoir fait goûter aux compléments protidiques et à l'eau gélifiée (même si honnêtement ce n'était parfois pas super bon). Merci de tout ce que vous avez fait pour mon grand-père et de ce que vous lui avez apporté avec une pensée toute particulière pour mon Docteur référent Mme GALLOPIN.*

### **A l'équipe de réanimation du CHAM,**

*Vous m'avez vu débutant dans votre spécialité. Vous m'avez beaucoup appris dans la gestion d'un patient critique au travers de la théorie et de la pratique, et cela malgré la difficulté rencontrée dans la gestion des multiples gardes dans cette période de COVID.*

### **Aux équipes de pédiatrie et urgences pédiatriques de St-Quentin et Compiègne**

*Merci de m'avoir accepté en tant que FFI et donc tout jeune médecin, de m'avoir aidé dans mes premières prescriptions et prises en charge. Grâce à vous je sais maintenant qu'il existe une spécialité où il est possible de travailler avec des doudous, peluches et bonbons dans la blouse. C'est vraiment plaisant. (tout ceci facilitant évidemment énormément l'examen clinique des petits).*

### **A l'équipe de réanimation et des urgences d'Abbeville**

*Merci de m'avoir permis d'approfondir mes connaissances avec vous et de m'avoir aidé à composer mon jury de thèse auprès de vos médecins.*

### **A mes amis,**

*Merci d'avoir toujours été présents et de m'avoir soutenu tout au long de ces années, depuis le collègue pour certains.*



## **TABLE DES MATIERES**

<b>INTRODUCTION</b>	<b>P. 9</b>
<b>MATERIEL ET METHODE</b>	<b>P.10</b>
<b>RESULTATS</b>	<b>P.13</b>
<b>DISCUSSION</b>	<b>P.14</b>
<b>CONCLUSION</b>	<b>P.18</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>P.19</b>
<b>ANNEXE</b>	<b>P.23</b>
<b>RESUME</b>	<b>P.28</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>P.28</b>

## INTRODUCTION

La COVID-19 (acronyme de l'infection au coronavirus 2019) est une maladie infectieuse émergente causée par une souche de coronavirus appelée SARS-CoV-2 [1]. La pandémie actuelle a entraîné un nombre élevé d'admissions aux urgences en raison d'une suspicion d'infection par la COVID-19. Un test de diagnostic du coronavirus SARS-CoV-2 peut être réalisé, pour les cas où l'examen clinique est suspect de COVID-19, par des tests de réaction en chaîne par polymérase après transcription inverse pour la détection de l'ARN viral (RT-PCR). Cependant, au début de la pandémie, les résultats n'étaient généralement disponibles que jusqu'à 48 heures après le prélèvement [2]. Ce long délai a donc entraîné un isolement de nombreux patients suspects de la maladie, ce qui a pu conduire à la saturation des unités dédiées à leur hospitalisation.

L'utilisation de l'échographie pulmonaire est une pratique courante pour diagnostiquer l'insuffisance respiratoire aiguë aux urgences, notamment grâce au protocole BLUE (l'échographie pulmonaire au chevet du patient en urgence) [3]. Les caractéristiques échographiques pulmonaires typiques de la maladie COVID-19 ont été récemment décrites [4]. L'utilisation de cet outil pendant la pandémie de COVID-19 pourrait être intéressante pour permettre un triage rapide, simple et fiable des patients suspectés d'être infectés par le COVID-19 et admis aux urgences. De plus, la visualisation des signes précoces dans des zones spécifiques pourrait être un marqueur prédictif de la sévérité de la maladie [5].

Notre objectif principal était de développer un modèle de diagnostic du COVID-19 basé sur l'échographie pulmonaire et les caractéristiques cliniques chez les patients suspectés d'infection au COVID-19 admis aux urgences.

Notre objectif secondaire était d'étudier la relation entre les signes à l'échographie pulmonaire et l'admission en unité de soins intensifs (USI), les complications respiratoires et la mortalité.

## MATERIEL ET METHODE

Les objectifs et les procédures de l'étude ont été approuvés par un comité de révision institutionnel (CHU Amiens-Picardie, PI2020\_843\_0030) et ont été enregistrés sur Clinicaltrials.gov (NCT04368338). Le présent rapport a été rédigé conformément aux recommandations de la déclaration "Strengthening the Reporting of Observational studies in Epidemiology" (STROBE). Le consentement éclairé a été obtenu de tous les participants individuels inclus dans l'étude.

Il s'agissait d'une étude observationnelle et prospective, réalisée dans le service des urgences d'un Centre Hospitalier Universitaire entre mars et avril 2020.

Les critères d'inclusion étaient des patients adultes admis aux urgences pour une suspicion d'infection par le COVID-19, ayant eu un test RT-PCR du SRAS-CoV-2 et pour lesquels le médecin urgentiste a décidé de réaliser une échographie pulmonaire dans le cadre du protocole BLUE [3].

Les critères de non-inclusion étaient des patients âgés de moins de 18 ans ou sous tutelle ou curatelle, la grossesse, une mauvaise échogénicité due à la présence d'un obstacle acoustique (pneumothorax, emphysème sous-cutané, etc.), une pneumopathie interstitielle chronique suspectée ou prouvée, ou le refus de donner son consentement. Le critère d'exclusion était l'impossibilité d'acquérir des images d'échographie pulmonaire de qualité suffisante.

L'échographie pulmonaire a été réalisée avec l'appareil d'échographie TE7 distribué par Mindray™ (Shenzhen, Chine) et une sonde C5-2s™. Les lignes A et les lignes B sont des artefacts reconnus par les recommandations internationales fondées sur des recommandations internationales [6]. Pour rappel, les lignes A correspondent à des artefacts horizontaux, équidistants et parallèles à la ligne pleurale. La ligne B est strictement définie comme : toujours : un artefact en queue de comète, issu de la ligne pleurale, se déplaçant de concert avec le glissement pulmonaire ; et presque toujours : un artefact long, bien défini, effaçant les lignes A, hyperéchogène. Dans une vue de côté selon l'axe court, trois lignes B (ou d'avantage) sont appelées fusées pulmonaires et définissent le syndrome interstitiel [7].

Le nombre de lignes B a été compté uniquement aux points BLUE supérieurs et inférieurs. Nous n'avons pas compté les lignes B au niveau des PLAPS car elles ne sont visibles que chez

un quart des sujets sains [7,9]. Le nombre de lignes B a été compté dans un balayage de l'axe court en regard de l'espace intercostal. (Figure 1).

Les images ont été enregistrées sous forme de boucle vidéo et analysées à posteriori par deux experts en échographie pulmonaire sans connaissance du statut RT-PCR du SRAS-CoV-2 du patient (SB, PG). Un examinateur était considéré comme un expert s'il avait réalisé au moins 50 échographies pulmonaires [10].

L'étude a débuté lorsque le médecin urgentiste en charge du patient, qui est suspecté d'être atteint du COVID-19, décide de réaliser une échographie pulmonaire dans le cadre du protocole BLUE.

Les données démographiques suivantes ont été recueillies : âge, sexe, indice de masse corporelle, antécédents médicaux et traitement personnel. Les données cliniques suivantes ont été recueillies : fréquence cardiaque (FC), pression artérielle moyenne (PAM) et saturation pulsée en oxygène (SpO<sub>2</sub>). L'échelle de coma de Glasgow, la fréquence respiratoire et la pression artérielle systolique ont été utilisées pour calculer le score qSOFA (quick Sequential Organ Failure Assessment) [11]. Les données biologiques suivantes ont été recueillies : numération lymphocytaire, taux de protéine C-réactive (CRP) et rapport entre la pression partielle d'oxygène artériel et la fraction inspirée d'oxygène (PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>) (mmHg).

L'admission en unité de soins intensifs, les complications respiratoires (syndrome de détresse respiratoire aiguë (SDRA), selon la définition de Berlin [12], et embolie pulmonaire) et la mortalité ont été recueillies prospectivement 14 jours après l'inclusion du patient par un médecin en aveugle des résultats de l'échographie pulmonaire et du diagnostic de COVID-19 (AL).

Le critère de jugement principal était le résultat de la RT-PCR du SARS-CoV-2. Deux RT-PCR négatives étaient nécessaires pour classer le patient comme négatif pour le COVID-19 [13]. Les critères de jugement secondaires étaient l'admission en unité de soins intensifs, les complications respiratoires et la mortalité 14 jours après l'inclusion.

Un plan d'analyse des données et des statistiques a été rédigé et publié sur un serveur accessible au public (Clinicaltrials.gov (NCT04368338)) avant l'accès aux données.

Nous avons estimé qu'environ 30 % des patients, se présentant aux urgences avec une suspicion de COVID 19, auraient un diagnostic correspondant par RT-PCR du SRAS-CoV-2. Ainsi, l'inclusion de 100 patients permet d'estimer la sensibilité et la spécificité avec une

précision de 18% et 12%, respectivement, avec une puissance de 80% et un degré de signification de 5% (hypothèse de 50% pour la sensibilité et la spécificité).

La normalité de la distribution des variables a été vérifiée à l'aide du test d'Agostino-Pearson. Les données sont exprimées sous forme de moyennes (écart-type (ET)), de médianes (intervalle interquartile [intervalle]) ou de nombres (proportion en %), selon le cas. Le test t de Student ou le test de Mann-Whitney ont été utilisés pour comparer les variables quantitatives tandis que le test du chi-deux ou le test de Fischer ont été utilisés pour comparer les variables qualitatives. La performance de l'échographie pulmonaire associée aux caractéristiques cliniques dans le diagnostic du COVID-19 ainsi que la prédictibilité de l'admission en USI, des complications respiratoires et de la mortalité ont été évaluées à l'aide de modèles de régression logistique univariés. Un modèle multivarié a été construit à l'aide d'un modèle logistique, avec une pénalité par Elastic Net afin d'éviter le surajustement, pour les plusieurs paramètres échographiques qui étaient significatifs dans l'analyse univariée. Le paramètre de pénalité de crête L2 nommé  $\alpha$  a été fixé à 0,9 et le paramètre de pénalité Lasso L1 optimal nommé  $\lambda$  a été déterminé par validation croisée 10 fois [14]. De tels modèles pénalisés sont connus pour offrir une plus grande stabilité pour les prédictions futures [15]. La courbe ROC (Receiver Operating Characteristic) a été construite et l'aire sous la courbe ROC (AUC) déterminée avec un intervalle de confiance calculé à 95% (95% CI) pour évaluer la capacité discriminante du modèle. Le meilleur seuil de diagnostic a été défini comme celui fournissant l'indice de Youden le plus élevé. Les valeurs  $P < 0,05$  ont été considérées comme statistiquement significatives. Le logiciel R Core Team® (2017, Vienne, Autriche) a été utilisé pour toutes les analyses statistiques.

## RESULTATS

Cent patients ont été inclus. Les patients avaient un âge moyen de 68 (16) ans et un IMC moyen de 27 (6) kg.m<sup>-2</sup>. Trente et un (31 %) patients avaient une RT-PCR positive pour le SRAS-CoV-2. La pneumonie bactérienne était le diagnostic différentiel le plus fréquent (44 % en cas de RT-PCR négative du SRAS-CoV-2). La complication la plus fréquente était le SDRA (29 % en cas de RT-PCR positive pour le SRAS-CoV-2) (Figure 2).

Il n'y avait pas de différence significative entre les patients ayant une RT-PCR SARS-CoV-2 positive et négative en termes d'âge, d'IMC, de traitement personnel ou d'antécédents médicaux, à l'exception du statut tabagique ( $p = 0,01$ ).

Le nombre de lignes B aux points BLUE, de lignes B confluentes, d'une ligne pleurale épaissie, de consolidations aux points BLUE et aux PLAPS, les scores qSOFA et les niveaux de CRP étaient significativement plus élevés. De plus les numérations lymphocytaires et les rapports PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> étaient significativement plus faibles chez les patients avec une RT-PCR SARS-CoV-2 positive que chez ceux avec une RT-PCR SARS-CoV-2 négative (Tableau 1).

Le modèle multivarié prédictif des patients ayant une RT-PCR positive a retenu les cinq caractéristiques indépendantes suivantes : score qSOFA  $\geq 1$ , nombre de lignes B aux points BLUE supérieurs  $\geq 3$ , consolidation et ligne pleurale épaissie aux points BLUE inférieurs, et ligne pleurale épaissie au PLAPS (Tableau 2).

Le modèle d'équation a donné une AUC de 0,82 (95%CI [0,75 - 0,90]). Le meilleur seuil pour l'équation était de -1,35, avec une sensibilité de 96,8 % (IC95 % [83,3 % - 99,9 %]), une spécificité de 62,3 % (IC95 % [49,8 % - 73,7 %]), une valeur prédictive positive de 53,6 % (IC95 % [40,9 % - 97,9 %]) et une valeur prédictive négative de 97,7 % (IC95 % [87,7 % - 98,6 %]) (Figure 3).

Le nombre de lignes B aux points BLUE supérieurs  $\geq 3$ , aux points BLUE inférieurs  $\geq 3$  et le rapport PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> étaient associés à la survenue d'un SDRA pour les patients ayant une RT-PCR SARS-CoV-2 positive (OR = 1,70 (IC 95 % [1,28-2,25],  $p = 0,001$  ; OR = 1,04 (IC 95 % [1,01-1,08]),  $p = 0,029$  ; OR = 1,00 (IC 95 % [1,00-1,01]),  $p = 0,006$ , respectivement) et l'admission en soins intensifs (OR = 1,60 (IC 95 % [1,21-2,12],  $p = 0,003$  ; OR = 1,04 (IC 95 % [1,01-1,08]),  $p = 0,016$  ; OR = 1,00 (IC 95 % [1,00-1,01]),  $p = 0,023$ , respectivement).

La concordance inter-observateur était bonne, avec un coefficient de concordance Kappa de 0,89 (IC 95 % [0,67-1,00]). Le coefficient de corrélation intra-classe pour la concordance des évaluations quantitatives (nombre de lignes B détectées) était de 0,92 (IC 95 % [0,81-0,97]).

## DISCUSSION

Nos résultats suggèrent qu'un modèle simple basé sur les signes vus à trois points prédéfinis de l'échographie pulmonaire, associé à un score clinique simple, pourrait permettre de prédire la survenue d'une RT-PCR positive au SARS-CoV-2 avec une sensibilité élevée chez les patients suspects de COVID-19 admis aux urgences. Le nombre de lignes B aux points BLUE était associé à la survenue d'un SDRA et à l'admission aux soins intensifs. Nous sommes les premiers à proposer un triage d'urgence basé sur le protocole BLUE à partir d'une cohorte avec un nombre élevé de patients.

Le diagnostic de COVID-19 doit être confirmé par RT-PCR pour les patients présentant des cas suspects [2]. Cependant, certains cas suspects présentent des résultats négatifs à la RT-PCR en raison de la sensibilité limitée (71%) des méthodes de test de laboratoire existantes ou d'une faible charge virale [13]. En outre, l'exclusion du COVID-19 sur la base d'un seul test RT-PCR peut retarder le diagnostic et, à terme, affecter le contrôle et la prévention de la pandémie de COVID-19.

La tomodensitométrie (TDM) thoracique a été fortement recommandée car elle est très sensible pour détecter la maladie à un stade précoce [16]. L'analyse des tomographies thoraciques de patients atteints de COVID-19 a permis d'identifier les principaux aspects de la maladie. Dans le contexte de l'admission aux urgences, nous pouvons supposer que les patients se trouvent principalement dans la phase initiale de la maladie. Cette phase initiale a été caractérisée par une opacification en verre dépoli, des consolidations et un « crazy paving » (verre dépoli combiné à un épaississement interlobulaire) [17]. La distribution a été montrée comme étant prédominante dans les lobes pulmonaires moyens et inférieurs. Ils s'étendent aux zones supérieures au stade avancé [18]. La localisation de la pneumopathie à la COVID-19 est également typique : bilatérale, périphérique et sous-pleurale. Cependant, la forte contagiosité du SRAS-CoV-2 et le risque de transporter des patients instables font du scanner thoracique une option limitée pour les patients suspects de COVID-19 [4].

L'échographie pulmonaire présente plusieurs avantages. Elle est non irradiante, non invasive et sa courbe d'apprentissage est rapide [6,19,20]. La concordance inter-observateur dans cette étude était bonne, proche de celle d'autres études [21,22]. L'utilisation de cet outil pour trier les patients lors d'un rush massif aux urgences peut être d'un grand intérêt [23]. Concernant le problème de la contamination, des recommandations ont été émises pour protéger le patient et l'échographiste, notamment en ce qui concerne le nettoyage et la désinfection des sondes d'échographies [24].

Les anomalies observées au scanner thoracique peuvent être facilement identifiées et on leur retrouve une équivalence à l'échographie pulmonaire [25]. Au cours des premiers jours, l'observation d'une zone en verre dépoli, unique ou multiple, dispersé ou parcellaire, et d'un pavage flou au scanner peuvent correspondre à la description de lignes B focales unilatérales ou bilatérales à l'échographie pulmonaire. Au cours de l'évolution de la maladie, l'aspect des consolidations à grande échelle et des plages en verre dépoli multi-lobaires peuvent correspondre à des lignes B diffuses bilatérales avec une ligne pleurale irrégulière et des consolidations sous-pleurales [26].

Notre modèle a retrouvé les mêmes caractéristiques typiques de la pneumonie COVID-19 visualisées dans d'autres études [4,25]. Le signe le plus fréquent était l'épaississement de la ligne pleurale dans les zones inférieures et basales (point BLUE inférieur et PLAPS), qui était irrégulier en raison d'une inflammation pleurale (77 % dans les cas de RT-PCR positive pour le SARS-CoV-2) [4,25]. Ce signe indique généralement une pneumonie et/ou un SDRA [6]. La présence d'une consolidation est également un signe important [4], mais sa présence au point BLUE inférieur plutôt qu'au PLAPS peut soulever des questions d'un point de vue physiopathologique. En tout cas, la présence d'une consolidation au niveau du PLAPS n'est pas suffisamment discriminante par rapport à la présence d'une pneumonie bactérienne, ce qui peut expliquer son absence dans le modèle [6]. De plus, cette consolidation est sous-pleurale et de petite taille aux points BLUE inférieurs, ce qui correspond à une lésion pulmonaire liée à la pré-maladie ou à une COVID-19 modérée, ce qui est lié au diagnostic précoce lors de l'admission aux urgences [5]. Il a été démontré que les lignes B elles-mêmes présentent une variété de motifs, y compris focaux, multifocaux et confluent, et qu'elles sont trouvées bilatéralement, ce qui peut diminuer leur nature discriminatoire [4,26,27]. Cependant, la présence de plus de trois lignes B (qui définissent le syndrome interstitiel [6]) dans les zones supérieures et antérieures des poumons (point BLUE supérieur) permet de classer la gravité de la lésion pulmonaire liée à la COVID-19 comme "grave" [5]. Plusieurs études ont montré que le nombre de lignes B est corrélé à une mortalité plus élevée chez les patients en soins intensifs atteints de SDRA [28]. Ainsi, la présence de plus de trois lignes B dans cette zone peut à la fois renforcer la discrimination de la maladie et prédire l'apparition de la gravité respiratoire (SDRA). En revanche, le nombre de lignes B au niveau du PLAPS est sujet à une grande variabilité, ce qui peut expliquer son absence dans le modèle [7,9].

Le score qSOFA a été introduit lors du 3ème consensus international pour le Sepsis et le Choc septique (Sepsis-3) en février 2016 [11]. Il s'agit d'une version simplifiée du score SOFA qui



visé à identifier les patients présentant un risque élevé d'évolution défavorable suite à leur infection. Lors de la publication de cette étude, peu d'études avaient alors étudié ce score dans ce contexte et il avait alors été constaté que celui-ci pourrait ne pas être adapté à cette fin pour les patients COVID-19, en partie parce que peu de patients présentaient une défaillance circulatoire [29,30]. Depuis, une étude de cohorte retrospective multicentrique de 2021 a comparé les différents scores de sévérités et il ressort que le score qSOFA n'était pas le meilleur score pour prédire la mortalité chez les patients atteints du COVID 19 en comparaison des scores PSI et le CURB-65. Néanmoins il reste néanmoins le score le plus facile à mettre en application tout en gardant une bonne spécificité [38].

Notre étude présentait plusieurs limites. La première était l'interprétation des lignes B qui apparaissent au point BLUE supérieur. Une distribution diffuse et non homogène des lignes B avec un épaississement de la ligne pleurale pourrait également être caractéristique d'une maladie pulmonaire interstitielle chronique, mais ce diagnostic faisait partie des critères de non-inclusion [31]. Cependant, l'échographie pulmonaire peut également distinguer l'œdème pulmonaire cardiogénique et non cardiogénique [32]. Un examen minutieux de la ligne pleurale peut être considéré comme la clé pour différencier le schéma de la ligne B [33]. Deuxièmement, la spécificité de tous les signes échographiques pulmonaires découverts est faible [6]. Toutefois, la prédominance équilibrée des atteintes lobulaires observée avec le COVID-19 permettrait de le différencier de la grippe et de la pneumonie bactérienne [34,35]. Troisièmement, le gold standard utilisé (RT-PCR du SRAS-CoV-2) a une sensibilité limitée. Nous avons augmenté la sensibilité en classant les patients négatifs uniquement s'ils avaient deux tests négatifs. La comparaison d'un nouveau test à un gold standard imparfait peut inévitablement générer des résultats moins fiables [36]. Les résultats de cette étude doivent être interprétés en gardant ce point critique à l'esprit. Enfin, nous n'avons pas utilisé les zones décrites dans le protocole d'acquisition de la "proposal for international standardisation of the use of lung ultrasound for COVID-19 patients " [37]. Nous avons préféré utiliser trois points standardisés et reconnus internationalement dans le cadre de l'urgence [3]. De plus, l'imagerie de nombreuses régions prend du temps [5]. Cependant, l'utilisation de ces zones limitées a pu occulter certains signes décrits comme spécifiques de la pneumonie COVID-19, tels que le "faisceau lumineux" [31].

Depuis la publication de cette étude en juin 2020, de nombreuses études ont été publiées concernant l'intérêt de l'échographie pulmonaire chez les patients suspects d'être atteints par la COVID 19.

Une étude a notamment établi un score (« Score COVILUS » entre 1 et 6 points) prenant en compte le coefficient de chaque variable de l'échographie pulmonaire dans un modèle

logistique multivarié. Cette étude porte sur 100 patients dont 29% ayant une PCR COVID 19 positive. Il a alors été démontré qu'un score  $\geq 4$  pouvait prédire un test de dépistage du SRAS-CoV-2 positif avec une sensibilité de 94 % (86-98 %), une spécificité de 66 % (46-82 %) pour une valeur prédictive positive de 53 % (40-91 %) et une valeur prédictive négative de 96 % (86-97 %) (Tableau 3). Leur conclusion est donc que l'utilisation du score COVILUS pourrait diagnostiquer l'infection par le COVID-19 avec une sensibilité particulièrement bonne et pourrait faciliter un triage plus efficace des patients se présentant aux urgences (39). Une étude multicentrique de mars 2020 publiée en 2021, réunissant 20 centres pour un total de 1462 patients, avait pour objectif de décrire la précision diagnostique de la combinaison des modèles de probabilité de l'échographie pulmonaire et des phénotypes cliniques dans la prédiction des résultats du test par RT-PCR. Ce qui a permis de mettre en évidence, via un protocole standardisé d'échographie différent, que l'échographie pouvait être utile pour guider rapidement la prise en charge afin d'utiliser au mieux les ressources hospitalières lors d'une pandémie, et peut même représenter le seul outil de diagnostic disponible dans les zones à ressources limitées et ce, de manière fiable. (40)

Une étude a également démontré l'évolution des lésions échographiques pulmonaires tout au long de la COVID 19. Ainsi, au début de la maladie légère-moderée, on observe de discrètes lignes B dispersées ainsi que de petites ( $< 1$  cm) consolidations. Les consolidations apparaissent comme des zones hypoéchogènes sous-pleurales avec une bordure irrégulière (signe de déchiquetage) et un motif de "poumon blanc" à l'arrière. Au fur et à mesure que la maladie progresse, les lignes B fusionnent et deviennent plus confluentes et multifocales. Les consolidations augmentent en taille, et les lignes pleurales deviennent irrégulières et épaissies [93,100]. Dans les maladies graves, les consolidations peuvent prendre un aspect tissulaire. Pendant la récupération, les consolidations et les lignes B disparaissent progressivement, tandis que les artefacts de réverbération horizontaux normaux (lignes A) deviennent proéminents. Les épanchements pleuraux sont généralement absents. (41) (Figure 4)

## CONCLUSION

En conclusion, l'association des signes échographiques pulmonaires issus de la méthodologie du protocole BLUE et du qSOFA pourrait permettre le triage des patients suspects d'infection à COVID-19 admis aux urgences, avec une grande sensibilité.

Ce résultat vient appuyer et encourager la formation des urgentistes à maîtriser cette compétence. En plus d'être inscrit, depuis 2016, dans notre formation de manière consensuelle, cette pratique doit dorénavant s'intégrer dans notre pratique quotidienne et ce, d'autant plus depuis la présence d'un échographe dans chaque établissement d'urgence.

Ainsi sa réalisation, sa disponibilité au lit du patient, sa rapidité d'exécution et son caractère non irradiant en font un outil fondamental, qui ne remplacera pas la tomodensitométrie, mais pourrait avoir un intérêt dans un service des urgences n'ayant pas à sa disposition un scanner ou en cas de forte affluence.

Toutefois, ces résultats méritent d'être confirmés par des études incluant davantage de patients ou multicentriques.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Park M, Cook AR, Lim JT, Sun Y, Dickens BL. A Systematic Review of COVID-19 Epidemiology Based on Current Evidence. *Journal of Clinical Medicine* 2020; **9**: 967.
2. Loeffelholz MJ, Tang Y-W. Laboratory diagnosis of emerging human coronavirus infections – the state of the art. *Emerging Microbes & Infections* 2020; **9**: 747–56.
3. Lichtenstein D, Mezière G. Relevance of Lung Ultrasound in the Diagnosis of Acute Respiratory Failure: The BLUE Protocol. *Chest* 2008; **134**: 117–25.
4. Chinese Critical Care Ultrasound Study Group (CCUSG), Peng Q-Y, Wang X-T, Zhang L-N. Findings of lung ultrasonography of novel corona virus pneumonia during the 2019–2020 epidemic. *Intensive Care Medicine* 2020 Mar 12; doi 10.1007/s00134-020-05996-6.
5. Smith MJ, Hayward SA, Innes SM, Miller A. Point-of-care lung ultrasound in patients with COVID-19 - a narrative review. *Anaesthesia* 2020 Apr 10; doi 10.1111/anae.15082.
6. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M et al. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Medicine* 2012; **38**: 577–91.
7. Lichtenstein D, Mézière G, Biderman P, Gepner A, Barré O. The Comet-tail Artifact: An Ultrasound Sign of Alveolar-Interstitial Syndrome. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 1997; **156**: 1640–6.
8. Lichtenstein D, Mezière G. The BLUE-points: three standardized points used in the BLUE-protocol for ultrasound assessment of the lung in acute respiratory failure. *Critical Ultrasound Journal* 2011; **3**: 109–10.
9. Frasure SE, Matilsky DK, Siadecki SD, Platz E, Saul T, Lewiss RE. Impact of patient positioning on lung ultrasound findings in acute heart failure. *European Heart Journal: Acute Cardiovascular Care* 2014; **4**: 326–32.
10. Arbelot C, Dexheimer Neto FL, Gao Y et al. Lung Ultrasound in Emergency and Critically Ill Patients: Number of Supervised Exams to Reach Basic Competence. *Anesthesiology* 2020 Jan 6; doi 10.1097/ALN.0000000000003096.
11. Singer M, Deutschman CS, Seymour CW et al. The Third International Consensus Definitions for Sepsis and Septic Shock (Sepsis-3). *JAMA* 2016; **315**: 801.
12. Acute Respiratory Distress Syndrome: The Berlin Definition. *JAMA* 2012; **307**: 2526–33.
13. Ai T, Yang Z, Hou H et al. Correlation of Chest CT and RT-PCR Testing in Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in China: A Report of 1014 Cases. *Radiology* 2020: 200642.
14. Pavlou M, Ambler G, Seaman SR et al. How to develop a more accurate risk prediction model when there are few events. *The BMJ* 2015; **351**.

15. Kessler RC, Hwang I, Hoffmire CA et al. Developing a practical suicide risk prediction model for targeting high-risk patients in the Veterans health Administration. *International Journal of Methods in Psychiatric Research* 2017; **26**.
16. Revel M-P, Prosch H, Silva M, Sverzellati N, Gleeson F, Brady A. COVID-19 patients and the radiology department – advice from the European Society of Radiology (ESR) and the European Society of Thoracic Imaging (ESTI). *European Radiology* 2020 Apr 20; doi 10.1007/s00330-020-06865-y.
17. Jin Y-H, Cheng Z-S, Cheng H et al. A rapid advice guideline for the diagnosis and treatment of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) infected pneumonia (standard version). *Military Medical Research* 2020; **7**: 4.
18. Yang W, Sirajuddin A, Zhang X et al. The role of imaging in 2019 novel coronavirus pneumonia (COVID-19). *European Radiology* 2020 Apr 15; doi 10.1007/s00330-020-06827-4.
19. Noble VE, Lamhaut L, Capp R et al. Evaluation of a thoracic ultrasound training module for the detection of pneumothorax and pulmonary edema by prehospital physician care providers. *BMC Medical Education* 2009; **9**: 3.
20. Inchingolo R, Smargiassi A, Moro F et al. The Diagnosis of Pneumonia in a Pregnant Woman with COVID-19 Using Maternal Lung Ultrasound. *American Journal of Obstetrics and Gynecology* 2020: S0002937820304683.
21. Jambrik Z, Monti S, Coppola V et al. Usefulness of ultrasound lung comets as a nonradiologic sign of extravascular lung water. *The American Journal of Cardiology* 2004; **93**: 1265–70.
22. Platz E, Pivetta E, Merz AA, Peck J, Rivero J, Cheng S. Impact of device selection and clip duration on lung ultrasound assessment in patients with heart failure. *The American Journal of Emergency Medicine* 2015; **33**: 1552–6.
23. Wee LE, Fua T-P, Chua YY et al. Containing COVID-19 in the Emergency Department: The Role of Improved Case Detection and Segregation of Suspect Cases. *Academic Emergency Medicine* 2020; **27**: 379–87.
24. Abramowicz JS, Basseal JM. World Federation for Ultrasound in Medicine and Biology Position Statement: How to Perform a Safe Ultrasound Examination and Clean Equipment in the Context of COVID-19. *Ultrasound in Medicine & Biology* 2020: S0301562920301496.
25. Xing C, Li Q, Du H, Kang W, Lian J, Yuan L. Lung ultrasound findings in patients with COVID-19 pneumonia. *Critical Care* 2020; **24**: 174.
26. Fiala MJ. Ultrasound in COVID-19: a timeline of ultrasound findings in relation to CT. *Clinical Radiology* 2020 Apr 18; doi 10.1016/j.crad.2020.04.003.

27. Lomoro P, Verde F, Zerboni F et al. COVID-19 pneumonia manifestations at the admission on chest ultrasound, radiographs, and CT: single-center study and comprehensive radiologic literature review. *European Journal of Radiology Open* 2020: 100231.
28. Sakka SG, Klein M, Reinhart K, Meier-Hellmann A. Prognostic Value of Extravascular Lung Water in Critically Ill Patients. *Chest* 2002; **122**: 2080–6.
29. Su Y, Tu G, Ju M et al. Comparison of CRB-65 and quick sepsis-related organ failure assessment for predicting the need for intensive respiratory or vasopressor support in patients with COVID-19. *Journal of Infection* 2020: S0163445320302814.
30. Ihle-Hansen H, Berge T, Tveita A et al. COVID-19: Symptoms, course of illness and use of clinical scoring systems for the first 42 patients admitted to a Norwegian local hospital. *Tidsskrift for Den norske legeforening* 2020 Apr 23; doi 10.4045/tidsskr.20.0301.
31. Volpicelli G, Gargani L. Sonographic signs and patterns of COVID-19 pneumonia. *The Ultrasound Journal* 2020; **12**: 22.
32. Copetti R, Soldati G, Copetti P. Chest sonography: a useful tool to differentiate acute cardiogenic pulmonary edema from acute respiratory distress syndrome. *Cardiovascular Ultrasound* 2008; **6**: 16.
33. Ferré A, Guillot M, Lichtenstein D et al. Lung ultrasound allows the diagnosis of weaning-induced pulmonary oedema. *Intensive Care Medicine* 2019; **45**: 601–8.
34. Wang H, Wei R, Rao G, Zhu J, Song B. Characteristic CT findings distinguishing 2019 novel coronavirus disease (COVID-19) from influenza pneumonia. *European Radiology* 2020 Apr 22; doi 10.1007/s00330-020-06880-z.
35. Tsung JW, Kessler DO, Shah VP. Prospective application of clinician-performed lung ultrasonography during the 2009 H1N1 influenza A pandemic: distinguishing viral from bacterial pneumonia. *Critical Ultrasound Journal* 2012; **4**: 16.
36. Hawkins DM, Garrett JA, Stephenson B. Some issues in resolution of diagnostic tests using an imperfect gold standard. *Statistics in Medicine* 2001; **20**: 1987–2001.
37. Soldati G, Smargiassi A, Inchingolo R et al. Proposal for international standardization of the use of lung ultrasound for COVID-19 patients; a simple, quantitative, reproducible method. *Journal of Ultrasound in Medicine* n/a.
38. Artero, Arturo et al. “Severity Scores in COVID-19 Pneumonia: a Multicenter, Retrospective, Cohort Study.” *Journal of general internal medicine* vol. 36,5 (2021): 1338-1345. doi:10.1007/s11606-021-06626-7
39. Validation of the COVILUS score to diagnose COVID-19 in an emergency room cohort. S. Bar, Levivier, 1 H. Dupont, 1 and P. Gosset 1

40. Lung ultrasound for the early diagnosis of COVID-19 pneumonia: an international multicenter study Giovanni Volpicelli<sup>1\*</sup> , Luna Gargani<sup>2\*</sup> , Stefano Perlini<sup>3</sup>
41. Sideris GA, Nikolakea M, Karanikola AE, Konstantinopoulou S, Giannis D, Modahl L. Imaging in the COVID-19 era: Lessons learned during a pandemic. *World J Radiol.* 2021 Jun 28;13(6):192-222. doi: 10.4329/wjr.v13.i6.192. PMID: 34249239; PMCID: PMC8245753.

## ANNEXE

**Tableau 1.** Caractéristiques démographiques, cliniques, échographiques et biologiques des patients présentant une RT PCR SARS-COV2 positive et une RT PCR SARS-COV2 négative. Les valeurs sont présentées sous forme de moyennes (écart-type), de nombres (proportion (%)) ou de médianes (IQR [fourchette]).

	<b>Positive RT PCR</b> n = 31	<b>Negative RT PCR</b> n = 69	<b>P-value</b>
<b>Age; années</b>	67 (16)	69 (16)	0.980
<b>Feminin; n (%)</b>	20 (65%)	39 (56%)	0.600
<b>IMC; kg.m<sup>-2</sup></b>	30 (3)	26 (3)	0.060
<b>Antécédents; n (%)</b>			
Hypertension artérielle	21 (68%)	36 (52%)	0.220
Maladie coronarienne	2 (6%)	13 (19%)	0.190
Tabagisme	2 (6%)	21 (30%)	<b>0.010</b>
Maladie artérielle périphérique	2 (6%)	4 (6%)	0.740
Accident vasculaire cérébral	7 (23%)	9 (13%)	0.360
Diabète	3 (10%)	7 (10%)	0.770
Dyslipidémie	10 (32%)	21 (30%)	0.960
<b>Traitement personnel; n (%)</b>			
IEC	5 (16%)	11 (16%)	0.790
ARA II	8 (26%)	10 (15%)	0.280
AINS	0	1 (1%)	0.680
<b>qSOFA</b>	1 (0-1[0-2])	0 (0-1[0-1])	<b>0.003</b>
<b>Fréquence cardiaque; bpm</b>	97 (80-115[70-127])	88 (80-105[67-134])	0.220
<b>PAM; mmHg</b>	96 (13)	98 (17)	0.675
<b>SpO<sub>2</sub>; %</b>	95 (93-98[85-100])	97 (93-99[82-100])	0.220
<b>Supérieurs et inférieurs Point BLUE</b>	6 (2-10[0-30])	3 (1-7[0-16])	<b>0.042</b>
Nombre de lignes B	3 (10%)	0	<b>0.008</b>
Lignes B confluentes ; n (%)	24 (77%)	26 (38%)	<b>&lt;0.001</b>
Ligne pleurale épaissie ; n (%)	17 (54%)	11 (16%)	<b>&lt;0.001</b>
Consolidations ; n (%)			
<b>Point PLAPS</b>			
Lignes B confluentes ; n (%)	10 (32%)	8 (12%)	<b>0.030</b>
Ligne pleurale épaissie ; n (%)	24 (77%)	26 (38%)	<b>&lt;0.001</b>
Consolidations ; n (%)	18 (58%)	23 (33%)	<b>0.040</b>
<b>Numération de Lymphocyte; 10<sup>9</sup>.l<sup>-1</sup></b>	1.50 (1.04-2.08 [0.60-3.55])	2.02 (1.80-2.24 [0.59-3.85])	<b>0.010</b>
<b>CRP; mg.l<sup>-1</sup></b>	118 (71-151[14-327])	42 (12-125[0-291])	<b>0.005</b>
<b>PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> ratio; %</b>	298 (119)	338 (105)	0.120

RT-PCR : transcription inverse pour la détection de l'ARN viral, IMC : indice de masse corporelle, IEC : Inhibiteurs de l'Enzyme de Conversion de l'angiotensine, ARA II :



antagoniste des récepteurs de l'angiotensine II, AINS : Anti-Inflammatoires Non Stéroïdiens, qSOFA : quick Sequential Organ Failure Assessment, PAM : Pression Artérielle Moyenne, SpO2 : Saturation en Oxygène, points BLUE : points d'échographie pulmonaire en urgence, PLAPS : points de syndrome pleural alvéolaire postérolatéral, PaO2/FiO2 : rapport entre la pression partielle d'oxygène artériel et la fraction d'oxygène inspiré.

**Tableau 2.** Paramètres sélectionnés dans le modèle multi-varié

Parametres	Coefficients	Odds ratio (95% CI)
Interval	-1.95	
Condensation des points BLUE inférieurs	0.87	2.39 (2.07-2.69)
Epaississement pleural au PLAPS	0.68	1.97 (1.72-2.22)
Epaississement pleural au point BLUE inférieur	0.55	1.73 (1.49-1.98)
Nombre de lignes B au point BLUE supérieur $\geq 3$	0.42	1.52 (1.31-1.79)
qSOFA $\geq 1$	0.05	1.05 (1.01-1.10)

qSOFA : évaluation séquentielle rapide de la défaillance d'un organe, points BLUE : Échographie pulmonaire au chevet du patient aux urgences, PLAPS : Points du syndrome pleural alvéolaire postéro-latéral.

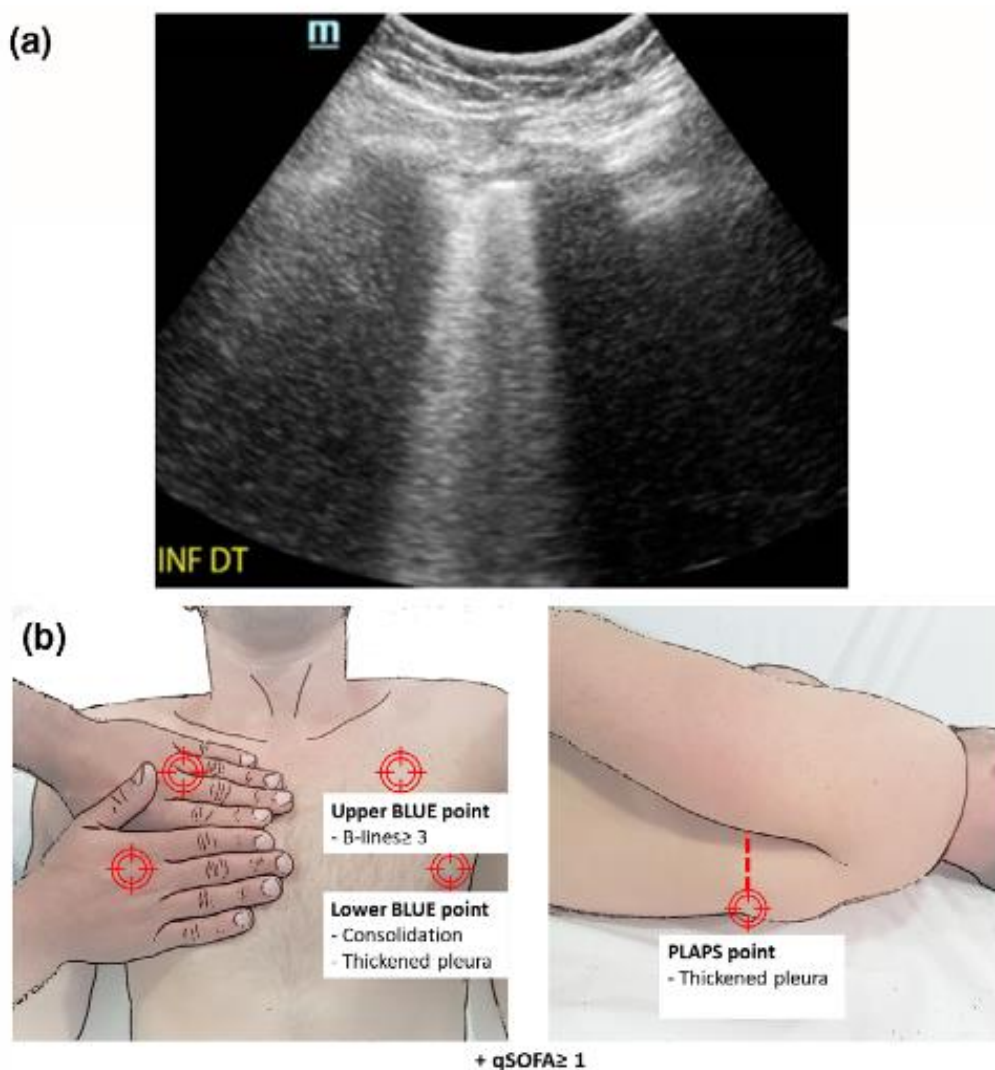
Modèle d'équation =  $-1,95 + 0,05 * (qSOFA \geq 1) + 0,42 * (\text{Nombre de lignes B au point BLUE supérieur} \geq 3) + 0,55 * (\text{Épaississement pleural au point BLUE inférieur}) + 0,87 * (\text{Condensation des points BLUE inférieurs}) + 0,68 * (\text{Épaississement pleural au PLAPS})$ .

**Tableau 3.** COVILUS Score

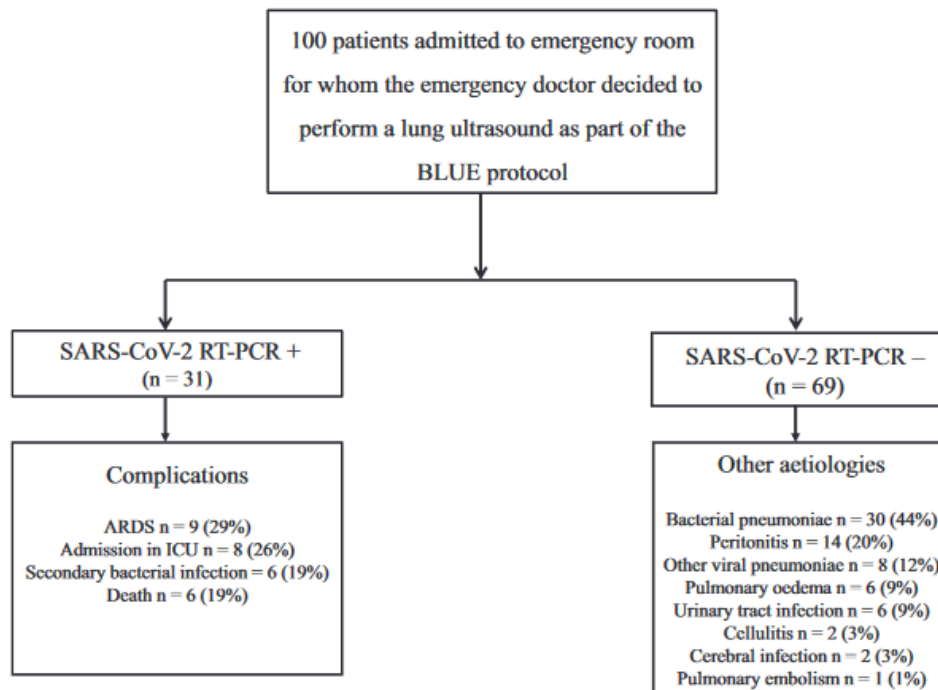
Lung ultrasound signs	Points
Upper BLUE point: B lines $\geq 3$	1
Lower BLUE point: Thickened pleura	1
Lower BLUE point: Subpleural consolidation	2
PLAPS point: Thickened pleura	2

BLUE, bedside lung ultrasound in emergency; PLAPS, posterolateral alveolar and/or pleural syndrome.

**Figure 1 :** (a) Consolidation sous-pleurale du thorax antérieur et inférieur associé à une plèvre épaissie. (b) Le protocole « bed-side lung ultrasound emergency » (BLUE) concerne trois points dans chaque hémithorax. Les deux sites antérieurs se situent, pour le site supérieur, en regard de la 1ère main et, pour le site inférieur, en regard de la 2ème main, placés sous chaque clavicule. Le site postérolatéral (PLAPS) est le prolongement transversal postérieur du site antérieur inférieur, positionné le plus postérieurement possible chez un patient en décubitus dorsal.

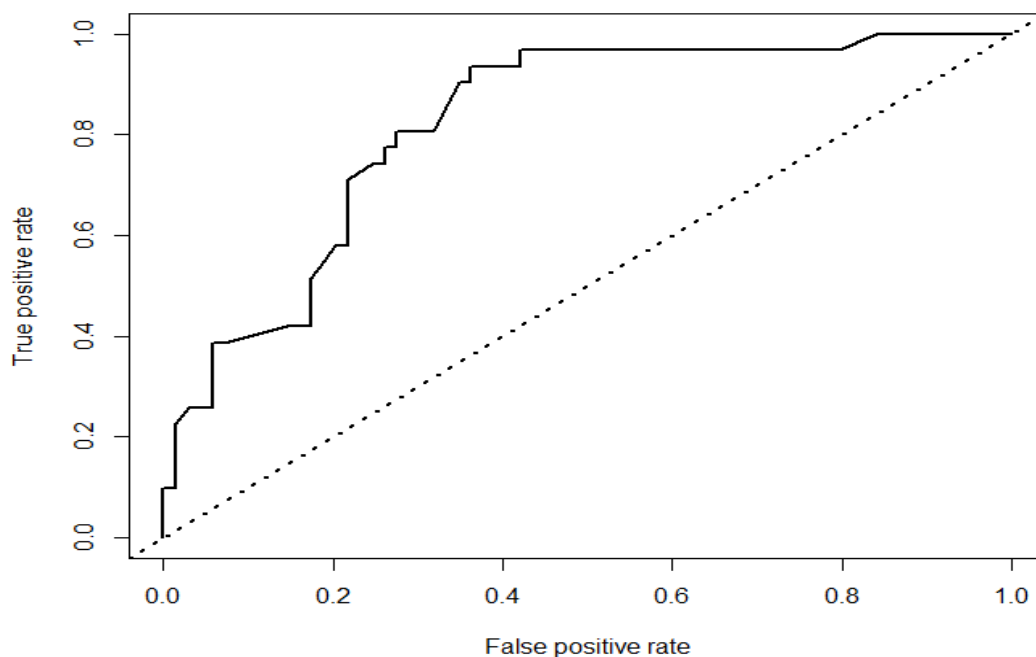


**Figure 2 :** Diagramme de flux détaillant les complications en cas de RT-PCR positive et les autres étiologies en cas de RT-PCR négative.

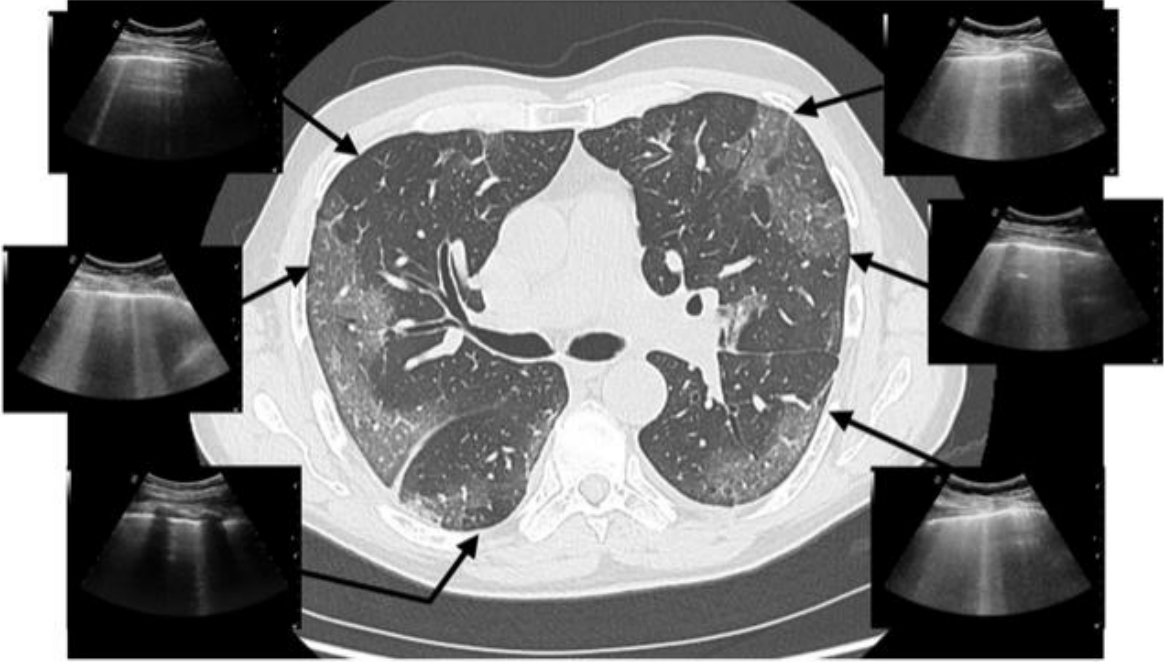


ARDS, Syndrome de détresse respiratoire aiguë. UCI, Unité de soins intensifs.

**Figure 3 :** Courbe ROC



**Figure 4 :** Image scannographique thoracique d'un patient de 65 ans présentant des lésions de COVID 19 pulmonaire avec corrélation entre l'imagerie scannographique et échographique.



## RESUME

### **Modèle prédictif de l'infection au COVID-19 à l'aide de l'échographie pulmonaire aux urgences : étude de cohorte prospective.**

**Introduction:** L'échographie pulmonaire pourrait permettre le triage des patients suspectés d'être infectés par le COVID-19 et admis aux urgences. Nous avons cherché à développer un modèle prédictif pour le diagnostic de COVID-19 basé sur l'échographie pulmonaire et les caractéristiques cliniques dans les services d'urgence.

**Matériel et méthode:** Il s'agissait d'une étude observationnelle et prospective. Les zones d'analyse de l'échographie pulmonaire ont été dérivées de la méthodologie du "BLUE" protocole : points pulmonaires supérieurs, inférieurs et "Syndrome alvéolaire et/ou pleural postérieur et/ou latéral" (points PLAPS). Un modèle multivarié a été construit en utilisant un modèle logistique et l'aire sous la courbe ROC (AUC) a été calculée pour évaluer la capacité discriminante du modèle. Cent patients ont été inclus, dont 31 avaient une RT-PCR positive pour le SARS-CoV-2. La pneumopathie bactérienne était le diagnostic différentiel le plus fréquent (44 % en cas de RT-PCR négative au SARS-CoV-2).

**Résultats:** Le modèle multivarié prédictif pour une RT-PCR positive a retenu cinq caractéristiques indépendantes : qSOFA  $\geq 1$ , nombre de lignes B aux points "BLUE" supérieurs  $\geq 3$ , consolidation et ligne pleurale épaissie aux points "BLUE" inférieurs, et une ligne pleurale épaissie au PLAPS. Le modèle a donné une AUC de 0,82 (IC à 95 % [0,75 - 0,90]). Le meilleur seuil pour le modèle basé sur l'équation a donné une sensibilité de 96,8 % (IC 95 % [83,3 % - 99,9 %]), une spécificité de 62,3 % (IC 95 % [49,8 % - 73,7 %]), une valeur prédictive positive de 53,6 % (IC 95 % [40,9 % - 97,9 %]) et une valeur prédictive négative de 97,7 % (IC 95 % [87,7 % ; 98,6 %]).

**Conclusion:** L'association des signes échographiques pulmonaires et du qSOFA pourrait permettre le triage des patients suspects d'infection à COVID-19 admis aux urgences, avec une sensibilité élevée.

**Mots clés:** Echographie pulmonaire, COVID-19, Triage, qSOFA, Service d'Urgences.

---

## ABSTRACT

### **Predictive model of COVID-19 infection using lung ultrasound in the emergency room : a prospective cohort study.**

**Background:** Lung ultrasound could allow the triage of patients with suspected COVID-19 infection admitted to the emergency room. We aimed to develop a predictive model for COVID-19 diagnosis based on lung ultrasound and clinical features in the ER.

**Material and method:** This was an observational and prospective study. The areas of lung ultrasound analysis were derived from the methodology of the BLUE protocol: upper and lower BLUE-points and "posterolateral alveolar pleural syndrome-points" (PLAPS points). A multivariate model was constructed using a logistic model with the area under the ROC curve (AUC) calculated to assess the discriminative capacity of the model. One hundred patients were included, of whom 31 had a positive SRAS-CoV-2 RT-PCR. Bacterial pneumonia was the most common differential diagnosis (44% in case of a negative SRAS-CoV-2 RT-PCR).

**Results:** The predictive multivariate model for positive RT-PCR retained five independent features: qSOFA  $\geq 1$ , number of B lines at the upper BLUE points  $\geq 3$ , consolidation and thickened pleural line at the lower BLUE points, and a thickened pleural line at the PLAPS. The model yielded an AUC of 0.82 (95% CI [0.75 - 0.90]). The best threshold for the equation-based model yielded a sensitivity of 96.8% (95% CI [83.3%-99.9%]), a specificity of 62.3% (95% CI [49.8% - 73.7%]), a positive predictive value of 53.6% (95% CI [40.9% - 97.9%]), and a negative predictive value of 97.7% (95% CI [87.7% - 98.6%]).

**Conclusion:** The association of lung ultrasound signs and qSOFA could allow the triage of patients with suspected COVID-19 infection admitted to the emergency room, with high sensitivity.

**Keywords:** lung ultrasound, COVID-19, triage, qSOFA, Emergency Room.