

**UNIVERSITÉ TOULOUSE III – PAUL SABATIER**

**FACULTÉS DE MÉDECINE**

---

ANNÉE 2019

2019 TOU3 1520

**THÈSE**

**POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE**

**MÉDECINE SPÉCIALISÉE CLINIQUE**

Présentée et soutenue publiquement

Par

**Cyndie BA**

Le 05 avril 2019

**RÉPERCUSSIONS PULMONAIRES DES MODALITÉS  
D'ANESTHÉSIE ÉVALUÉES PAR ÉCHOGRAPHIE :  
UNE ÉTUDE PROSPECTIVE EN CHIRURGIE  
ORTHOPÉDIQUE PROGRAMMÉE**

Directrice de thèse : Dr Laetitia BOSCH

**JURY**

Monsieur le Professeur Olivier FOURCADE  
Monsieur le Professeur Vincent MINVILLE  
Monsieur le Professeur Stein SILVA SIFONTES  
Monsieur le Docteur Etienne CAVAINAC  
Madame le Docteur Laetitia BOSCH  
Monsieur le Docteur Fabrice FERRE

Président  
Assesseur  
Assesseur  
Assesseur  
Suppléante  
Invité

**TABLEAU du PERSONNEL HU**  
**des Facultés de Médecine de l'Université Paul Sabatier Toulouse III**  
**au 1<sup>er</sup> septembre 2018**

**Professeurs Honoraires**

Doyen Honoraire	M. CHAP Hugues	Professeur Honoraire	M. FREXINOS Jacques
Doyen Honoraire	M. GUIRAUD-CHAUMEIL Bernard	Professeur Honoraire	Mme GENESTAL Michèle
Doyen Honoraire	M. LAZORTHES Yves	Professeur Honoraire	M. GERAUD Gilles
Doyen Honoraire	M. PUEL Pierre	Professeur Honoraire	M. GHISOLFI Jacques
Doyen Honoraire	M. ROUGE Daniel	Professeur Honoraire	M. GOUZI Jean-Louis
Doyen Honoraire	M. VINEL Jean-Pierre	Professeur Honoraire	M. GUIRAUD CHAUMEIL Bernard
Professeur Honoraire	M. ABBAL Michel	Professeur Honoraire	M. HOFF Jean
Professeur Honoraire	M. ADER Jean-Louis	Professeur Honoraire	M. JOFFRE Francis
Professeur Honoraire	M. ALBAREDE Jean-Louis	Professeur Honoraire	M. LACOMME Yves
Professeur Honoraire	M. ARBUS Louis	Professeur Honoraire	M. LAGARRIGUE Jacques
Professeur Honoraire	M. ARLET Jacques	Professeur Honoraire	Mme LARENG Marie-Blanche
Professeur Honoraire	M. ARLET Philippe	Professeur Honoraire	M. LARENG Louis
Professeur Honoraire	M. ARLET-SUAU Elisabeth	Professeur Honoraire	M. LAURENT Guy
Professeur Honoraire	M. ARNE Jean-Louis	Professeur Honoraire	M. LAZORTHES Franck
Professeur Honoraire	M. BARRET André	Professeur Honoraire	M. LAZORTHES Yves
Professeur Honoraire	M. BARTHE Philippe	Professeur Honoraire	M. LEOPHONTE Paul
Professeur Honoraire	M. BAYARD Francis	Professeur Honoraire	M. MAGNAVAL Jean-François
Professeur Honoraire	M. BOCCALON Henri	Professeur Honoraire	M. MANELFE Claude
Professeur Honoraire	M. BONAFÉ Jean-Louis	Professeur Honoraire	M. MANSAT Michel
Professeur Honoraire	M. BONEU Bernard	Professeur Honoraire	M. MASSIP Patrice
Professeur Honoraire	M. BOUNHOURE Jean-Paul	Professeur Honoraire	Mme MARTY Nicole
Professeur Honoraire	M. BOUTAULT Franck	Professeur Honoraire	M. MAZIERES Bernard
Professeur Honoraire	M. BUGAT Roland	Professeur Honoraire	M. MONROZIES Xavier
Professeur Honoraire	M. CAHUZAC Jean-Philippe	Professeur Honoraire	M. MOSCOVICI Jacques
Professeur Honoraire	M. CARATERO Claude	Professeur Honoraire	M. MURAT
Professeur Honoraire	M. CARLES Pierre	Professeur Honoraire	M. OLIVES Jean-Pierre
Professeur Honoraire	M. CARRIERE Jean-Paul	Professeur Honoraire	M. PAGES B.
Professeur Honoraire	M. CARTON Michel	Professeur Honoraire	M. PASCAL Jean-Pierre
Professeur Honoraire	M. CATHALA Bernard	Professeur Honoraire	M. PESSEY Jean-Jacques
Professeur Honoraire	M. CHABANON Gérard	Professeur Honoraire	M. PLANTE Pierre
Professeur Honoraire	M. CHAMONTIN Bernard	Professeur Honoraire	M. PONTONNIER Georges
Professeur Honoraire	M. CHAP Hugues	Professeur Honoraire	M. POURRAT Jacques
Professeur Honoraire	M. CHAVOIN Jean-Pierre	Professeur Honoraire	M. PRADERE Bernard
Professeur Honoraire	M. CLANET Michel	Professeur Honoraire	M. PRIS Jacques
Professeur Honoraire	M. CONTE Jean	Professeur Honoraire	Mme PUEL Jacqueline
Professeur Honoraire	M. COSTAGLIOLA Michel	Professeur Honoraire	M. PUEL Pierre
Professeur Honoraire	M. COTONAT Jean	Professeur Honoraire	M. PUJOL Michel
Professeur Honoraire	M. DABERNAT Henri	Professeur Honoraire	M. QUERLEU Denis
Professeur Honoraire	M. DALOUS Antoine	Professeur Honoraire	M. RAILHAC Jean-Jacques
Professeur Honoraire	M. DALY-SCHVEITZER Nicolas	Professeur Honoraire	M. REGIS Henri
Professeur Honoraire	M. DAVID Jean-Frédéric	Professeur Honoraire	M. REGNIER Claude
Professeur Honoraire	M. DELSOL Georges	Professeur Honoraire	M. REME Jean-Michel
Professeur Honoraire	Mme DELISLE Marie-Bernadette	Professeur Honoraire	M. ROCHE Henri
Professeur Honoraire	Mme DIDIER Jacqueline	Professeur Honoraire	M. ROCHICCIOLI Pierre
Professeur Honoraire	M. DUCOS Jean	Professeur Honoraire	M. ROLLAND Michel
Professeur Honoraire	M. DUFFAUT Michel	Professeur Honoraire	M. ROQUE-LATRILLE Christian
Professeur Honoraire	M. DUPRE M.	Professeur Honoraire	M. RUMEAU Jean-Louis
Professeur Honoraire	M. DURAND Dominique	Professeur Honoraire	M. SALVADOR Michel
Professeur Honoraire associé	M. DUTAU Guy	Professeur Honoraire	M. SALVAYRE Robert
Professeur Honoraire	M. ESCANDE Michel	Professeur Honoraire	M. SARRAMON Jean-Pierre
Professeur Honoraire	M. ESCHAPASSE Henri	Professeur Honoraire	M. SIMON Jacques
Professeur Honoraire	M. ESCOURROU Jean	Professeur Honoraire	M. SUC Jean-Michel
Professeur Honoraire	M. ESQUERRE J.P.	Professeur Honoraire	M. THOUVENOT Jean-Paul
Professeur Honoraire	M. FABIÉ Michel	Professeur Honoraire	M. TKACZUK Jean
Professeur Honoraire	M. FABRE Jean	Professeur Honoraire	M. TREMOULET Michel
Professeur Honoraire	M. FAUVEL Jean-Marie	Professeur Honoraire	M. VALDIGUIE Pierre
Professeur Honoraire	M. FOURNIAL Gérard	Professeur Honoraire	M. VAYSSÉ Philippe
Professeur Honoraire	M. FOURNIE Bernard	Professeur Honoraire	M. VIRENQUE Christian
Professeur Honoraire	M. FOURTANIER Gilles	Professeur Honoraire	M. VOIGT Jean-Jacques
Professeur Honoraire	M. FRAYSSE Bernard		

**Professeurs Émérites**

Professeur ADER Jean-Louis  
 Professeur ALBAREDE Jean-Louis  
 Professeur ARBUS Louis  
 Professeur ARLET-SUAU Elisabeth  
 Professeur BOCCALON Henri  
 Professeur BONEU Bernard  
 Professeur CARATERO Claude  
 Professeur CHAMONTIN Bernard  
 Professeur CHAP Hugues  
 Professeur CONTÉ Jean  
 Professeur COSTAGLIOLA Michel  
 Professeur DABERNAT Henri  
 Professeur FRAYSSE Bernard  
 Professeur DELISLE Marie-Bernadette  
 Professeur GUIRAUD-CHAUMEIL Bernard  
 Professeur JOFFRE Francis

Professeur LARENG Louis  
 Professeur LAGARRIGUE Jacques  
 Professeur LARENG Louis  
 Professeur LAURENT Guy  
 Professeur LAZORTHES Yves  
 Professeur MAGNAVAL Jean-François  
 Professeur MANELFE Claude  
 Professeur MASSIP Patrice  
 Professeur MAZIERES Bernard  
 Professeur MOSCOVICI Jacques  
 Professeur MURAT  
 Professeur ROQUES-LATRILLE Christian  
 Professeur SALVAYRE Robert  
 Professeur SARRAMON Jean-Pierre  
 Professeur SIMON Jacques

P.U. - P.H. Classe Exceptionnelle et 1 <sup>ère</sup> classe		P.U. - P.H. 2 <sup>ème</sup> classe	
M. ADOUE Daniel (C.E)	Médecine Interne, Gériatrie	Mme BONGARD Vanina	Epidémiologie
M. AMAR Jacques (C.E)	Thérapeutique	M. BONNEVIALLE Nicolas	Chirurgie orthopédique et traumatologique
M. ATTAL Michel (C.E)	Hématologie	M. BUREAU Christophe	Hépatogastro-entéro
M. AVET-LOISEAU Hervé (C.E.)	Hématologie, transfusion	Mme CASPER Charlotte	Pédiatrie
Mme BEYNE-RAUZY Odile	Médecine Interne	Mme CHARPENTIER Sandrine	Médecine d'urgence
M. BIRMES Philippe	Psychiatrie	M. COGNARD Christophe	Neuroradiologie
M. BLANCHER Antoine	Immunologie (option Biologique)	M. LAIREZ Olivier	Biophysique et médecine nucléaire
M. BONNEVIALLE Paul (C.E)	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie.	M. LAROCHE Michel	Rhumatologie
M. BOSSAVY Jean-Pierre (C.E)	Chirurgie Vasculaire	M. LEOBON Bertrand	Chirurgie Thoracique et Cardiaque
M. BRASSAT David	Neurologie	M. LOPEZ Raphael	Anatomie
M. BROUCHET Laurent	Chirurgie thoracique et cardio-vascul	M. MARTIN-BLONDEL Guillaume	Maladies infectieuses, maladies tropicales
M. BROUSSET Pierre (C.E)	Anatomie pathologique	M. MARX Mathieu	Oto-rhino-laryngologie
M. CALVAS Patrick (C.E)	Génétique	M. MAS Emmanuel	Pédiatrie
M. CARRERE Nicolas	Chirurgie Générale	M. OLIVOT Jean-Marc	Neurologie
M. CARRIE Didier (C.E)	Cardiologie	M. PORTIER Guillaume	Chirurgie Digestive
M. CHAIX Yves	Pédiatrie	M. RONCALLI Jérôme	Cardiologie
M. CHAUVEAU Dominique	Néphrologie	Mme RUYSSSEN-WITRAND Adeline	Rhumatologie
M. CHOLLET François (C.E)	Neurologie	Mme SAVAGNER Frédérique	Biochimie et biologie moléculaire
M. DAHAN Marcel (C.E)	Chirurgie Thoracique et Cardiaque	M. SOL Jean-Christophe	Neurochirurgie
M. DE BOISSEZON Xavier	Médecine Physique et Réadapt Fonct.	Mme TREMOLLIERES Florence	Biologie du développement
M. DEGUINE Olivier (C.E)	Oto-rhino-laryngologie	Mme VEZZOSI Delphine	Endocrinologie
M. DUCOMMUN Bernard	Cancérologie		
M. FERRIERES Jean (C.E)	Epidémiologie, Santé Publique		
M. FOURCADE Olivier	Anesthésiologie	<b>P.U. Médecine générale</b>	
M. FOURNIÉ Pierre	Ophthalmologie	M. MESTHÉ Pierre	
M. GAME Xavier	Urologie	M. OUSTRIC Stéphane	
M. GEERAERTS Thomas	Anesthésiologie et réanimation		
M. IZOPET Jacques (C.E)	Bactériologie-Virologie	<b>Professeur Associé Médecine générale</b>	
Mme LAMANT Laurence (C.E)	Anatomie Pathologique	M. ABITTEBOUL Yves	
M. LANG Thierry (C.E)	Biostatistiques et Informatique Médicale	M. POUTRAIN Jean-Christophe	
M. LANGIN Dominique (C.E)	Nutrition		
M. LAUQUE Dominique (C.E)	Médecine Interne	<b>Professeur Associé en Neurologie</b>	
M. LIBLAU Roland (C.E)	Immunologie	Mme PAVY-LE TRAON Anne	
M. MALAUAUD Bernard	Urologie		
M. MANSAT Pierre	Chirurgie Orthopédique		
M. MARCHOU Bruno (C.E)	Maladies Infectieuses		
M. MAZIERES Julien	Pneumologie		
M. MOLINIER Laurent	Epidémiologie, Santé Publique		
M. MONTASTRUC Jean-Louis (C.E)	Pharmacologie		
Mme MOYAL Elisabeth	Cancérologie		
Mme NOURHASHEMI Fatemeh (C.E)	Gériatrie		
M. OSWALD Eric	Bactériologie-Virologie		
M. PARANT Olivier	Gynécologie Obstétrique		
M. PARIENTE Jérémie	Neurologie		
M. PARINAUD Jean (C.E)	Biol. Du Dévelop. et de la Reprod.		
M. PAUL Carle	Dermatologie		
M. PAYOUX Pierre	Biophysique		
M. PAYRASTRE Bernard (C.E)	Hématologie		
M. PERON Jean-Marie	Hépatogastro-entérologie		
M. PERRET Bertrand (C.E)	Biochimie		
M. RASCOL Olivier (C.E)	Pharmacologie		
M. RECHER Christian	Hématologie		
M. RISCHMANN Pascal (C.E)	Urologie		
M. RIVIERE Daniel (C.E)	Physiologie		
M. SALES DE GAUZY Jérôme (C.E)	Chirurgie Infantile		
M. SALLES Jean-Pierre (C.E)	Pédiatrie		
M. SANS Nicolas	Radiologie		
Mme SELVES Janick	Anatomie et cytologie pathologiques		
M. SERRE Guy (C.E)	Biologie Cellulaire		
M. TELMON Norbert (C.E)	Médecine Légale		
M. VINEL Jean-Pierre (C.E)	Hépatogastro-entérologie		

**FACULTE DE MEDECINE TOULOUSE-RANGUEIL**

**133, route de Narbonne - 31062 TOULOUSE Cedex**

**Doyen : E. SERRANO**

<b>P.U. - P.H.</b> Classe Exceptionnelle et 1 <sup>ère</sup> classe		<b>P.U. - P.H.</b> 2 <sup>ème</sup> classe	
M. ACAR Philippe	Pédiatrie	M. ARBUS Christophe	Psychiatrie
M. ACCADBLED Franck	Chirurgie Infantile	M. AUSSEIL Jérôme	Biochimie et biologie moléculaire
M. ALRIC Laurent (C.E)	Médecine Interne	M. BERRY Antoine	Parasitologie
Mme ANDRIEU Sandrine	Epidémiologie	M. BONNEVILLE Fabrice	Radiologie
M. ARNAL Jean-François	Physiologie	M. BOUNES Vincent	Médecine d'urgence
Mme BERRY Isabelle (C.E)	Biophysique	Mme BOURNET Barbara	Gastro-entérologie
M. BUJAN Louis (C. E)	Urologie-Andrologie	M. CHAPUT Benoit	Chirurgie plastique et des brûlés
Mme BURA-RIVIERE Alessandra	Médecine Vasculaire	M. CHAYNES Patrick	Anatomie
M. BUSCAIL Louis (C.E)	Hépatogastro-Entérologie	Mme DALENC Florence	Cancérologie
M. CANTAGREL Alain (C.E)	Rhumatologie	M. DECRAMER Stéphane	Pédiatrie
M. CARON Philippe (C.E)	Endocrinologie	M. DELOBEL Pierre	Maladies Infectieuses
M. CHAUFOUR Xavier	Chirurgie Vasculaire	M. FAGUER Stanislas	Néphrologie
M. CHIRON Philippe (C.E)	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie	M. FRANCHITTO Nicolas	Addictologie
M. CONSTANTIN Arnaud	Rhumatologie	M. GARRIDO-STÖWHAS Ignacio	Chirurgie Plastique
M. COURBON Frédéric	Biophysique	M. GATIMEL Nicolas	Médecine de la reproduction
Mme COURTADE SAIDI Monique	Histologie Embryologie	Mme GOMEZ-BROUCHET Anne-Muriel	Anatomie Pathologique
M. DAMBRIN Camille	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire	M. HUYGHE Eric	Urologie
M. DELABESSE Eric	Hématologie	Mme LAPRIE Anne	Radiothérapie
M. DELORD Jean-Pierre	Cancérologie	M. LAURENT Camille	Anatomie Pathologique
M. DIDIER Alain (C.E)	Pneumologie	M. MARCHEIX Bertrand	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
Mme DULY-BOUHANICK Béatrice	Thérapeutique	M. MAURY Jean-Philippe	Cardiologie
M. ELBAZ Meyer	Cardiologie	M. MEYER Nicolas	Dermatologie
M. GALINIER Michel (C.E)	Cardiologie	M. MUSCARI Fabrice	Chirurgie Digestive
M. GLOCK Yves (C.E)	Chirurgie Cardio-Vasculaire	M. REINA Nicolas	Chirurgie orthopédique et traumatologique
M. GOURDY Pierre	Endocrinologie	M. SILVA SIFONTES Stein	Réanimation
M. GRAND Alain (C.E)	Epidémiologie. Eco. de la Santé et Prévention	M. SOLER Vincent	Ophtalmologie
M. GROLLEAU RAOUX Jean-Louis	Chirurgie plastique	Mme SOMMET Agnès	Pharmacologie
Mme GUIMBAUD Rosine	Cancérologie	Mme SOTO-MARTIN Maria-Eugénia	Gériatrie et biologie du vieillissement
Mme HANAIRE Hélène (C.E)	Endocrinologie	M. TACK Ivan	Physiologie
M. KAMAR Nassim	Néphrologie	M. VERGEZ Sébastien	Oto-rhino-laryngologie
M. LARRUE Vincent	Neurologie	M. YSEBAERT Loic	Hématologie
M. LAUWERS Frédéric	Anatomie		
M. LEVADE Thierry (C.E)	Biochimie		
M. MALECAZE François (C.E)	Ophtalmologie	<b>P.U. Médecine générale</b>	
M. MARQUE Philippe	Médecine Physique et Réadaptation	Mme ROUGE-BUGAT Marie-Eve	
Mme MAZEREEUW Juliette	Dermatologie		
M. MINVILLE Vincent	Anesthésiologie Réanimation	<b>Professeur Associé de Médecine Générale</b>	
M. OTAL Philippe	Radiologie	M. BOYER Pierre	
M. RAYNAUD Jean-Philippe (C.E)	Psychiatrie Infantile	M. STILLMUNKES André	
M. RITZ Patrick	Nutrition		
M. ROLLAND Yves (C.E)	Gériatrie	<b>Professeur Associé en Pédiatrie</b>	
M. ROUGE Daniel (C.E)	Médecine Légale	Mme CLAUDET Isabelle	
M. ROUSSEAU Hervé (C.E)	Radiologie		
M. ROUX Franck-Emmanuel	Neurochirurgie		
M. SAILLER Laurent	Médecine Interne		
M. SCHMITT Laurent (C.E)	Psychiatrie		
M. SENARD Jean-Michel (C.E)	Pharmacologie		
M. SERRANO Elie (C.E)	Oto-rhino-laryngologie		
M. SOULAT Jean-Marc	Médecine du Travail		
M. SOULIE Michel (C.E)	Urologie		
M. SUC Bertrand	Chirurgie Digestive		
Mme TAUBER Marie-Thérèse (C.E)	Pédiatrie		
Mme URO-COSTE Emmanuelle	Anatomie Pathologique		
M. VAYSSIERE Christophe	Gynécologie Obstétrique		
M. VELLAS Bruno (C.E)	Gériatrie		

<b>M.C.U. - P.H.</b>		<b>M.C.U. - P.H.</b>	
M. ABBO Olivier	Chirurgie infantile	Mme ABRAVANEL Florence	Bactériologie Virologie Hygiène
M. APOIL Pol Andre	Immunologie	Mme BASSET Céline	Cytologie et histologie
Mme ARNAUD Catherine	Epidémiologie	Mme CAMARE Caroline	Biochimie et biologie moléculaire
Mme BERTOLI Sarah	Hématologie, transfusion	M. CMBUS Jean-Pierre	Hématologie
M. BIETH Eric	Génétique	Mme CANTERO Anne-Valérie	Biochimie
Mme CASPAR BAUGUIL Sylvie	Nutrition	Mme CARFAGNA Luana	Pédiatrie
Mme CASSAGNE Myriam	Ophthalmologie	Mme CASSOL Emmanuelle	Biophysique
Mme CASSAING Sophie	Parasitologie	Mme CAUSSE Elizabeth	Biochimie
M. CAVAINAC Etienne	Chirurgie orthopédique et traumatologie	M. CHASSAING Nicolas	Génétique
Mme CHANTALAT Elodie	Anatomie	M. CLAVEL Cyril	Biologie Cellulaire
M. CONGY Nicolas	Immunologie	Mme COLOMBAT Magali	Anatomie et cytologie pathologiques
Mme COURBON Christine	Pharmacologie	Mme CORRE Jill	Hématologie
Mme DAMASE Christine	Pharmacologie	M. DE BONNECAZE Guillaume	Anatomie
Mme de GLISEZENSKY Isabelle	Physiologie	M. DEDOIT Fabrice	Médecine Légale
Mme DE MAS Véronique	Hématologie	M. DELPLA Pierre-André	Médecine Légale
M. DUBOIS Damien	Bactériologie Virologie Hygiène	M. DESPAS Fabien	Pharmacologie
Mme FILLAUX Judith	Parasitologie	M. EDOUARD Thomas	Pédiatrie
M. GANTET Pierre	Biophysique	Mme ESQUIROL Yolande	Médecine du travail
Mme GENNERO Isabelle	Biochimie	Mme EVRARD Solène	Histologie, embryologie et cytologie
Mme GENOUX Annelise	Biochimie et biologie moléculaire	Mme GALINIER Anne	Nutrition
M. HAMDJ Safouane	Biochimie	Mme GALLINI Adeline	Epidémiologie
Mme HITZEL Anne	Biophysique	Mme GARDETTE Virginie	Epidémiologie
M. IRIART Xavier	Parasitologie et mycologie	M. GASQ David	Physiologie
Mme JONCA Nathalie	Biologie cellulaire	M. GATIMEL Nicolas	Médecine de la reproduction
M. KIRZIN Sylvain	Chirurgie générale	Mme GRARE Marion	Bactériologie Virologie Hygiène
Mme LAPEYRE-MESTRE Maryse	Pharmacologie	Mme GUILBEAU-FRUGIER Céline	Anatomie Pathologique
M. LHERMUSIER Thibault	Cardiologie	M. GUILLEMINAULT Laurent	Pneumologie
M. LHOMME Sébastien	Bactériologie-virologie	Mme GUYONNET Sophie	Nutrition
Mme MONTASTIER Emilie	Nutrition	M. HERIN Fabrice	Médecine et santé au travail
Mme MOREAU Marion	Physiologie	Mme INGUENEAU Cécile	Biochimie
Mme NOGUEIRA M.L.	Biologie Cellulaire	M. LEANDRI Roger	Biologie du dével. et de la reproduction
M. PILLARD Fabien	Physiologie	M. LEPAGE Benoit	Biostatistiques et Informatique médicale
Mme PUISSANT Bénédicte	Immunologie	Mme MAUPAS SCHWALM Française	Biochimie
Mme RAYMOND Stéphanie	Bactériologie Virologie Hygiène	M. MIEUSSET Roger	Biologie du dével. et de la reproduction
Mme SABOURDY Frédérique	Biochimie	M. MOULIS Guillaume	Médecine interne
Mme SAUNE Karine	Bactériologie Virologie	Mme NASR Nathalie	Neurologie
M. TAFANI Jean-André	Biophysique	M. RIMAILHO Jacques	Anatomie et Chirurgie Générale
M. TREINER Emmanuel	Immunologie	M. RONGIERES Michel	Anatomie - Chirurgie orthopédique
Mme VAYSSE Charlotte	Cancérologie	Mme VALLET Marion	Physiologie
M. VIDAL Fabien	Gynécologie obstétrique	M. VERGEZ François	Hématologie
<b>M.C.U. Médecine générale</b>		<b>M.C.U. Médecine générale</b>	
M. BRILLAC Thierry		M. BISMUTH Michel	
Mme DUPOUY Julie		Mme ESCOURROU Brigitte	

Maitres de Conférences Associés de Médecine Générale

Dr BIREBENT Jordan  
Dr BOURGEOIS Odile  
Dr CHICOULLAA Bruno

Dr FREYENS Anne  
Dr IRI-DELAHAYE Motoko  
Dr LATROUS Leila

# REMERCIEMENTS

## ***A notre jury,***

A Monsieur le Professeur Olivier Fourcade. Je vous remercie de me faire l'honneur de présider mon jury de thèse. Votre sens de la pédagogie et votre savoir sont essentiels à l'anesthésie-réanimation toulousaine. Soyez assuré de ma gratitude et de mon profond respect.

A Monsieur le Professeur Vincent Minville. Merci de me faire l'honneur de siéger dans mon jury de thèse et pour ton enseignement de qualité tout au long de ces années. Sois assuré de ma gratitude et de mon profond respect.

A Monsieur le Professeur Stein Silva Sifontes. Merci de me faire l'honneur de juger mon travail de thèse. Merci pour ta pédagogie et ton investissement dans la formation des internes. Ce fut un plaisir de travailler auprès de toi au cours de ces deux semestres en Réanimation. Sois assuré de ma gratitude et de mon profond respect.

A Monsieur le Docteur Etienne Cavaignac. Merci de me faire l'honneur de juger mon travail de thèse et de représenter la spécialité chirurgicale dans ce jury. Travailler à tes côtés est un réel plaisir, en termes de communication et d'efficacité. Sois assuré de ma gratitude et de mon profond respect.

A Monsieur le Docteur Fabrice Ferré. Je te remercie de me faire l'honneur de juger mon travail. Ton aide méthodologique et statistique m'a été d'un réel secours pour ce travail de thèse. Merci pour ton sens de l'enseignement auprès des internes et pour ta motivation au travail.

A ma directrice de thèse, Madame le Docteur Laetitia Bosch. Toujours le sourire, la bonne humeur incarnée. Merci pour ton aide et ton encadrement dans ce travail et pour tout ce que tu m'as appris au cours de mes semestres d'internat. Sois assurée de mon admiration et de mon profond respect.

## ***A la famille,***

A Loïc, pour ces six belles années passées à tes côtés, pour ton soutien indéfectible au quotidien, ton amour, nos fous rires, ta gentillesse. Merci pour ces lectures et relectures de ma thèse, tes suggestions. Vivement notre voyage au bout du monde et tous nos projets par la suite. Tu le sais, il y a trop peu de mots pour te décrire ce que je ressens et ce que tu m'apportes. Je t'aime

A mes parents, un immense merci pour votre éducation, votre aide au cours de ces longues années d'étude, sans votre amour et votre foi en moi je n'en serais pas là et je ne serais pas qui je suis aujourd'hui. Merci pour toutes ces belles valeurs de partage, de tolérance et de respect que vous m'avez inculquées, vous êtes mon moteur. Je vous aime fort

A ma sœur, sans toi, c'est sûr, je ne serais pas là, vu le nombre de fois incalculable où tu m'as sauvé la vie, rien n'aurait été possible ! Merci pour ton soutien, ton amour au quotidien, merci de m'avoir embêtée quelques fois pour me remettre sur les rails. Je suis contente que tu aies trouvé tonton Juju ^^ . Juju quant à toi, que dire.... Tu fais que des bêtises ! Merci pour ces fous rires, ta bonne humeur et ton sens du partage. Par contre, évite de trop former Lolo au rhum, ça ne lui réussit pas ! Je suis heureuse que vous soyez plus près de nous les néo-bordelais ! Je vous aime fort

A ma belle-famille, Pascal, Safia, Habiba et Sami, merci de m'accueillir auprès de vous et merci pour votre gentillesse, je suis très heureuse de vous avoir rencontrés, je vous aime.

## ***Aux copains du lycée,***

A Laura, Lo, Cl-, meilleure amie depuis (presque) toujours, un bonheur de t'avoir toujours auprès de moi malgré les années et la distance. Si heureuse de te voir épanouie avec Bertrand et Raphael, promis, je tâcherai d'être une tata parfaite

A Hugues, ami de lycée, collègue, merci pour ces fous rires au quotidien ! Plein de bonheur à toi,

A Matou, (oui oui, je te considère comme une amie du lycée !) merci pour ces bons moments, toujours un plaisir de te voir ! A nous les côtes de bœuf !

A Steph, Sarah, Marie-Clé, Gomar (pensée scientifique +++ pour toi qui passe ta thèse en même temps que moi !) pour tous ces bons moments.

## ***Aux ami(e)s de la fac,***

Au gang *Benetton* :

Alice, cette thèse avec toi, ce n'est pas pour rien, une force de caractère, un modèle de courage, la femme parfaite ! Merci pour toutes ces belles années et ton soutien dans les moments difficiles,

Gisou, mon asiat' préférée, la première amie des « ennemis » purpanais, plus de 10 ans d'amitié, toujours resplendissante, un courage sans faille, tu es toujours là pour les tiens et tes amis, Paris, c'est trop loin, tu me manques !

Jeannette, mon acolyte des ECN et des voyages, ma psychiatre préférée (mais non Cyndie, c'est pas ça être un psychopathe !), beaucoup de fous rires, de longues discussions, un bonheur d'être ton amie, je te souhaite tout ce qu'il y a de plus beau !

La Mimb, heureusement que le black power est là face à l'adversité ! Toujours là malgré la distance, chirurgienne hors pair, une amie parfaite, tu me manques !

Camille, rencontrée trop tard, je me souviens de nos longues discussions à Calvi et ailleurs, tu es une personne en or et je te souhaite tout le bonheur du monde avec Nico et le futur « vous » !

PJ, Jean-Pierre, mon best comme on dit, que de souvenirs avec toi ! Des soirées, des fous rires, des jours entiers à refaire la vie, des soirées de folie dans cette coloc de l'enfer, reviiiiiiiiens ! T'es trop loin dans le grand nord !

## ***A mes cointernes,***

Balech, LA découverte tardive, mais alors quelle découverte !! A ces aprem dans le bureau d'ILM, à ces fous rires et ces « râlagés » en bonne et due forme « Vincent, vraiment, des fois, je crois que je suis bipolaire », à tous ces gins (au Club s'il vous plaît) et à notre amitié ! Ce soir, je te veux AU TOP.

Floflo, Kiki, mes deux mamans de l'anesth-réa, un plaisir d'avoir appris à vos côtés, vous êtes parfaites ! Et avec Nelly pour couronner le tout (même si les indications d'épuration c'est pas ton fort !), un plaisir de vous revoir régulièrement autour d'un café/verre.

A ce 1<sup>er</sup> semestre de chir tho avec Thib, le seul chinois qui fait du breakdance et qui en plus est bon aux escape game !, Quentin V., même si tu as essayé de me tuer à coup de praliné, va, je ne t'en veux point. A boubou, ma pneumologue préférée, retrouvée un peu plus tard en Réanimation, un souvenir mémorable que ce voyage à Bali avec Lio, merci pour ta franchise, ta gentillesse et ton sens de la pédagogie.

A ce semestre de réa poly, que de fous rires entre Pompom et Minipouce, Marion et Carole, Panpan, Modriche « la barre de fer », Jerem, Aemilia et Camille !

A l'ortho, interne, la dream team avec Charlène (mon chaaaat, fous rires, longues discussions, bières en pagaille, brainstorming, bref le kiff), Luigi mon chat bis, pas là aujourd'hui, tristesse, un plaisir de te retrouver en réa!, Kéké la rondelle, Laeti L., la reine de l'œnologie, Manu P. et ses powerpoints d'expert, Pompom, Anne Cé et Charlotte.

A la pédi-mater, Thomas, Anne-cé, Etienne, Lucie, Charlotte, Amazigh (ton mur dans la chambre de garde....tu m'épuises), Julie F., tous ensemble face à l'adversité !!

A cette équipe parfaite de neurochir, Delpiiiiine un plaisir de te connaître entre fous rires, verres en terrasse, à quand le retour en terre toulousaine?, Chacha, Kéké la rondelle et Luigi, vous savez déjà tout : de l'amour! Adameuuuuuh mon petit chat, un plaisir de t'avoir retrouvé lors de ma première séniorisation. Et aussi Emilie, Chloé, Maelys.

A mes premiers internes, mes soldats (HayHayHay) à qui je dois ce charmant surnom aux consonances germaniques et qui m'ont beaucoup, beaucoup aidé dans ce travail. Je vous en suis extrêmement reconnaissante. Adam, Etienne, Jojo la roussette, le SOCLARRRRRD, Romaigne, Juju, Charlus bourreau des cœurs.

A ce dernier semestre de séniorisation en réa Purpan où je retrouve encore mon Luigi, Lise, Poupot (oui, ça va, je retire ce que j'avais dit !!!), Arthur, Gabie, Valérie, Sarah, Christopher, Sandrine, Elisabeth, Thomas et Emma. Un grand bisou à Aude aussi, connue sur le tard, un plaisir d'avoir pu travailler avec toi, je penserai à toi sur mes îles quand tu te débattras dans les couches !

A tous mes cointernes de promo, croisés en garde ou ailleurs, Nina (niveau gouffa, on se soutient), Alexis, Edouard N., Elisa, Poetpoet, Soukaina. Et tous les autres, promos du dessous/dessus, Nicolas, Paul B., Juliette, Edouard C. (grand amour de Loïc, je vais finir par être jalouse), Pierre Al Hadi, Julien C., Bougébougé, Caro Halimi, Elodie, et tous ceux que j'oublie.

## ***Aux cointernes de Tarbes,***

Clem, mon chaaaat ! Un bonheur de t'avoir toujours auprès de moi, à nos longues discussions dans ma chambre tarbaise (avec le rhum arrangé et le chat, sinon c'est pas marrant), une fille en or, le cœur sur la main, drôle à en avoir un six-pack, brillante qui plus est ! Une longue histoire d'amitié qui ne fait que commencer !

Marie Lerouuuuuux, beaucoup de beaux souvenirs tarbais, on se voit trop peu, il faut que l'on remédie à ça !

A tous les autres, pour ces bons souvenirs, Kantor, Juju (merci pour l'abandon au bout de 2 mois hein, je ne m'en remets toujours pas !), Pierre T. pour ces longues discussions, Lulu, Clémence S., ...

## ***Aux médecins qui m'ont formée,***

A l'équipe de thoracique : Olivier, Isa, Virginie, Amina, Laeti, Laure C., vous m'avez accompagnée et fait confiance au cours de mes premiers pas balbutiants en anesthésie, je vous en suis extrêmement reconnaissante.

A l'équipe de Réa Purpan x2 : Béa, merci pour ton apprentissage et ta gentillesse, Stein, Guillaume et sa tenue de lumière (le boul le plus parfait !), David Roussette ou barbe rousse, brillant, pédagogue, adorable ! Merci pour ton soutien dans les moments difficiles et pour ces moments de rigolade. Tata, merci pour ton franc parler, ton humour, ta pédagogie, ton soutien et ta justesse. Véro, merci pour ton encadrement au cours de ces deux semestres. Hourcastagnette, merci pour ton sourire, ton apprentissage, merci pour tous ces verres en terrasse et pour Lya, qui sans toi, ferait sacrément la gueule ! Merci à Jean, Mumu, Leslie. Céline, merci pour ton apprentissage et ta gentillesse (encore désolée pour Euforie:/) Merci Marie pour cette cohabitation pendant 6 mois, pour cette relecture de thèse parfaite et ton soutien dans les moments difficiles. Il faut le rappeler, c'est quand même toi qui m'a motivé pour cette spécialité au cours de mon externat et je ne t'en remercierai jamais assez !

A l'équipe d'Orthopédie x2 : Claudius, LE maître incontesté de l'orthopédie, merci pour ton apprentissage, ton sens de l'humour et ta gentillesse, un bonheur de travailler à tes côtés. Bernard, « oh écoute » avec toi, les hommes-valises d'1mètre 10 n'ont qu'à bien se tenir, aucun dos ne peut te résister ! Que de fous rires, cette blague mythique du jet-ski restera gravée ! Chacha, merci pour ton apprentissage, ton franc parler, ta motivation et ton humour. Julie, la femme parfaite à l'humour exquis! Laeti, Fabrice, Vincent, vous savez déjà tout. Dr Menuuuuuut ! Un plaisir d'avoir pu travailler ces 2 semestres avec toi, j'attends toujours que vous alliez vous challenger avec Loic ! Claudine et Jean-phi. Caro, que dire de toi ! Un peu mon double pendant ces années d'internat, de longues discussions, beaucoup de fous rires, toutes ces gardes et repos de garde-piscine passés ensemble, je suis heureuse que tu aies pu trouver ton équilibre à Panam (bien que tu me manques !), merci d'avoir été là ! Merci aussi à Louis C.(Loulou), Etienne C., Greg, Vadim... vous me feriez presque changer d'avis sur les orthopédistes !

A l'équipe de pédiaterie : Carole (de l'amour !), Delphine, Bernard, merci pour votre apprentissage. Et côté parturientes, la préfète, Marie x2, Etienne (bon, mis à part notre divergence hémostatiques, je t'aime bien quand même !), Marion (je suis un peu devin hein ?, vivement de te revoir à Ducuing en Novembre !)

A l'équipe de neurochirurgie, Vincent A., toujours au top, merci pour ces multiples gardes et journées au BU, plein de bonheur à toi ! François, Elsa, Claire, Diane, Ségo, Louis, Fouad, Pr Geeraerts, merci à tous pour votre apprentissage, votre confiance et la motivation que vous m'avez su m'apporter.

A tous les médecins que j'ai pu croisé au cours de mon internat, Caro S., la joie de vivre au quotidien !, Caro P., Ioan (black power !), Gégé, Fouad A., Antoine A., Karim, Claudia, Mylène, Momo, Dalinda, Pierre M., Lucile...

A tous ceux que j'oublie

## ***Aux paramédicaux,***

Aux IADE avec qui j'ai eu le plaisir de travailler, Guillaume et Steph, M-C, Janine, Chantal, Anne-Laure, Béné, Nathalie, Hélène, Jean Chris, Béa, Martine,...

Aux soignants de réa : Fred x2, Galak, Véro (la reine de la dialyse), Pascal, Saida, Gaelle, Mathilde (bon, va falloir passer au niveau 3 aux mots fléchés hein !), Audrey, Alex, Olatz la basque, Rachou, Armand, Loic, Eva, Betty, MP, Sylvia, Bernie, Olivier, Hanane, Salim, Virginie B., Melanie, Lysis, Madline, Romain, Marie et tous ceux que j'oublie !!!

Aux IDE des consults d'ortho : un grand merci pour votre aide dans ce projet de thèse ! Vous êtes parfaites

Aux IDE de SSPI.

## ABREVIATIONS

ASC : aire sous la courbe

CPAP : continuous positive airway pressure

CRF : Capacité Résiduelle Fonctionnelle

EN : Echelle numérique

FiO<sub>2</sub> : fraction inspirée en oxygène

FR : Fréquence respiratoire

IMC : indice de masse corporelle

IOT : intubation oro-trachéale

LUS : Lung UltraSound

MET : équivalent métabolique

ML : masque laryngé

MR : Manœuvre de recrutement

O<sub>2</sub> : oxygène

PEP : Pression expiratoire positive

PTG : prothèse totale de genou

PUC : prothèse unicompartmentale de genou

RA : rachianesthésie

SpO<sub>2</sub> : saturation pulsée en oxygène

SSPI : salle de surveillance post-interventionnelle

VILI : Ventilation Induced Lung Injury

VNI : ventilation non invasive

VSAI : Ventilation spontanée avec aide inspiratoire

V<sub>t</sub> : Volume courant

# TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS .....	6
ABREVIATIONS .....	12
TABLE DES MATIERES.....	13
LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX.....	14
INTRODUCTION .....	15
MATERIEL ET METHODE.....	17
Schéma de l'étude .....	17
Population .....	17
Echographie pulmonaire et scores échographiques .....	17
Critère de jugement principal.....	20
Critères de jugement secondaires .....	20
Modalités anesthésiques et chirurgicales .....	21
Déroulement du protocole.....	22
Méthodologie statistique .....	25
Evaluation de la reproductibilité .....	26
RESULTATS .....	27
Description de la population .....	27
Description et évolution du score échographique de LUS .....	28
Influence de la technique d'anesthésie .....	30
Modalités d'anesthésie .....	31
Complications peropératoires.....	32
Expansion volémique peropératoire et en salle de surveillance post-interventionnelle .....	32
Complications en salle de surveillance post-interventionnelle .....	32
Durée d'hospitalisation et complications respiratoires au cours de l'hospitalisation .....	33
Facteurs associés au score de LUS .....	33
Score de LUS à J1 et prédiction des complications respiratoires postopératoires ..	34
DISCUSSION .....	35
CONCLUSION .....	39
BIBLIOGRAPHIE .....	40
ANNEXES .....	44
ABSTRACT.....	50

# LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

FIGURE 1 : ECHOGRAPHIE PULMONAIRE NORMALE.....	18
FIGURE 2 : ECHOGRAPHIE PULMONAIRE : LIGNES B1, OEDEME INTERSTITIEL .....	18
FIGURE 3. ECHOGRAPHIE PULMONAIRE : CONSOLIDATION PULMONAIRE (C).....	19
FIGURE 4. SCHEMA DU PROTOCOLE DE L'ETUDE .....	24
FIGURE 5 : EVOLUTION DU SCORE DE LUS .....	28
FIGURE 6 : EVOLUTION DU SCORE DE LUS SELON LA MODALITE D'ANESTHESIE : INTUBATION OROTRACHEALE (IOT), MASQUE LARYNGE (ML) ET RACHIANESTHESIE (RA).....	30
FIGURE 7 : EVOLUTION DU SCORE DE LUS SELON LES GROUPES ANESTHESIE GENERALE (AG) ET RACHIANESTHESIE (RA).....	31
FIGURE 8 : ANALYSE UNIVARIEE SELON MODELE DE REGRESSION LINEAIRE : IMC ET AGE .....	33
FIGURE 10 : COURBE ROC - LUS A J1 ET DETRESSE RESPIRATOIRE AIGUE .....	34
TABLEAU 1 : DONNEES EPIDEMIOLOGIQUES.....	27
TABLEAU 2 : EVOLUTION DU SCORE DE LUS SELON LA MODALITE D'ANESTHESIE .....	29

# INTRODUCTION

La période périopératoire est une phase à risque, pouvant donner lieu à des complications pulmonaires, qu'elles soient mécaniques ou inflammatoires. Dans la littérature, l'incidence des complications respiratoires postopératoires est de 5 à 10% pour toutes chirurgies confondues (1), pouvant atteindre 9 à 40% pour les chirurgies abdominales (2). En moyenne ces complications surviennent au cours des trois premiers jours postopératoires (3).

Après induction d'une anesthésie générale, plusieurs mécanismes entrent en jeu et concourent à l'apparition d'une hypoventilation alvéolaire et d'atélectasies.

D'une part, les agents hypnotiques intraveineux ou inhalés et les morphiniques créent une dépression des centres respiratoires. Celle-ci est à la fois d'origine centrale via l'activation des récepteurs GABA mais aussi d'origine périphérique via une atteinte des chémorécepteurs périphériques sensibles à l'O<sub>2</sub> et au CO<sub>2</sub>. Cette dépression entraîne une diminution de la fréquence respiratoire et du volume courant et donc une hypoventilation alvéolaire (4–7).

D'autre part, les agents anesthésiques, hypnotiques et curares principalement, entraînent une réduction du tonus et une paralysie des muscles respiratoires induisant une migration céphalique du diaphragme et une modification de la conformation de la cage thoracique. Cette perte de tonicité aboutit à une diminution de la capacité résiduelle fonctionnelle (CRF) (ANNEXE I) de 15 à 30%, majorée par la position allongée, la curarisation, la coelioscopie et la laparotomie. Cette réduction de la CRF peut engendrer dans certaines zones pulmonaires peu aérées, le plus souvent postéro-basales, la formation d'atélectasies. (4,7–10)

L'apparition d'atélectasies entraîne des anomalies du rapport ventilation/perfusion par la création d'un shunt : les alvéoles atélectasiées sont perfusées mais non ventilées. La composition du gaz alvéolaire se rapproche de celle du sang veineux mêlé, étant alors responsable d'une hypoxémie. Ces atélectasies apparaissent dès l'induction de l'anesthésie et persistent plusieurs jours après celle-ci, entraînant des complications pulmonaires postopératoires telles que l'apparition de pneumopathie, d'hypoxémie, et détresse respiratoire aiguë (11).

En plus de l'effet induit par les agents pharmacologiques, la mise sous ventilation mécanique induit des lésions inflammatoires regroupées sous le nom de « Ventilation Induced Lung Injury » ou « VILI » (11–15). L'atélectraumatisme, le barotraumatisme, le volotraumatisme et le biotraumatisme (ANNEXE II) sont les quatre mécanismes responsables de ces lésions. Ils participent ainsi au développement de dommages alvéolaires, bronchiques et à l'extrême peuvent aboutir à un syndrome de défaillance multiviscérale.

Dans la période postopératoire immédiate, d'autres facteurs peuvent être responsables d'une altération de la mécanique ventilatoire tels que la douleur, l'immobilisation, la dysfonction diaphragmatique post-anesthésie locorégionale, la curarisation résiduelle etc.

L'échographie pulmonaire est un moyen de suivi simple, rapide et non invasif, utilisé très largement en réanimation et se développant en anesthésie (16–18). La sémiologie échographique pulmonaire (19), organe pourtant réputé pour sa faible accessibilité aux ultrasons du fait de la présence d'air, a été développée par Lichstentein et al. depuis le milieu des années 1990 (20,21). Le score de LUS, ou score d'aération, initialement décliné en réanimation chez les patients en état critique, a alors pu être décrit (ANNEXE III)(19,20,22).

Des modifications du parenchyme pulmonaire ont été observées par l'intermédiaire de ce score après une chirurgie thoracique de résection pulmonaire du côté ventilé et donc non opéré (23). Dans ces zones, une perte d'aération en postopératoire avait été mise en évidence. L'anesthésie et la ventilation mécanique invasive pourraient donc avoir des répercussions directes sur le parenchyme pulmonaire. L'existence de ces anomalies échographiques du parenchyme pulmonaire reste encore à évaluer dans le cadre d'une chirurgie extrathoracique.

L'objectif de notre étude est de décrire par l'analyse du score de LUS les atteintes du parenchyme pulmonaire et leur évolution chez les patients pris en charge pour une chirurgie programmée d'arthroplastie de genou.

Les objectifs secondaires sont de décrire les atteintes pulmonaires observées selon les différentes modalités d'anesthésie nécessaires à la chirurgie programmée de genou, d'identifier les facteurs impliqués dans la perte d'aération pulmonaire, de déterminer l'incidence et le type des complications respiratoires postopératoires et d'évaluer la capacité de l'échographie pulmonaire à les prédire.

# MATERIEL ET METHODE

## **Schéma de l'étude**

Il s'agit d'une étude prospective, observationnelle de catégorie 3, ouverte, monocentrique menée dans le service d'Orthopédie – Traumatologie de l'Hôpital Pierre-Paul Riquet au sein du CHU de Toulouse. Celle-ci a été conduite pendant une durée de 9 mois de mai 2018 à janvier 2019.

Ce projet a reçu l'avis favorable du Comité de Protection des Personnes Sud-Ouest et Outre-Mer II (n° 2018-A02772-53).

Après information orale et écrite, la non-opposition du patient a été recueillie par l'un des médecins investigateurs.

## **Population**

Tous les patients majeurs, affiliés à un régime de sécurité sociale bénéficiant d'une chirurgie première programmée d'arthroplastie de genou (prothèse totale ou partielle, hors reprise) bénéficiant d'une anesthésie générale avec intubation oro-trachéale ou masque laryngé ou d'une rachianesthésie étaient éligibles à l'inclusion dans notre étude.

L'opposition du patient, l'existence d'anomalies pleurales préopératoires (épanchement pleural, antécédent de symphyse pleurale ou de talcage, pneumothorax récent), la grossesse, les patients majeurs protégés ou mineurs et la non-affiliation à un régime de sécurité sociale étaient des critères d'exclusion.

## **Echographie pulmonaire et scores échographiques**

### ***Bases de l'échographie pulmonaire***

L'échographie pulmonaire est un moyen de suivi simple, réalisable au lit du patient et non invasif. De plus, de nombreux travaux ont permis d'appuyer la reproductibilité de l'échographie pulmonaire avec un taux de concordance à 0,89 après une formation très limitée (24). En effet, après une formation théorique puis pratique guidée, la réalisation de dix échographies pulmonaires permet d'atteindre un niveau d'expert(25).

L'échographie pulmonaire doit être réalisée sur 12 quadrants (6 quadrants par poumon : antérieur/latéral/postérieur et supérieur/inférieur) afin de réaliser une cartographie complète du poumon (ANNEXE IV).

L'échographie d'un poumon normalement aéré (ci-contre) est caractérisée par la présence de lignes dites « A » témoins d'un artéfact de répétition de la ligne pleurale lié à la présence d'air. Ce sont des lignes horizontales se superposant sur une distance équivalente à la distance peau-plèvre.

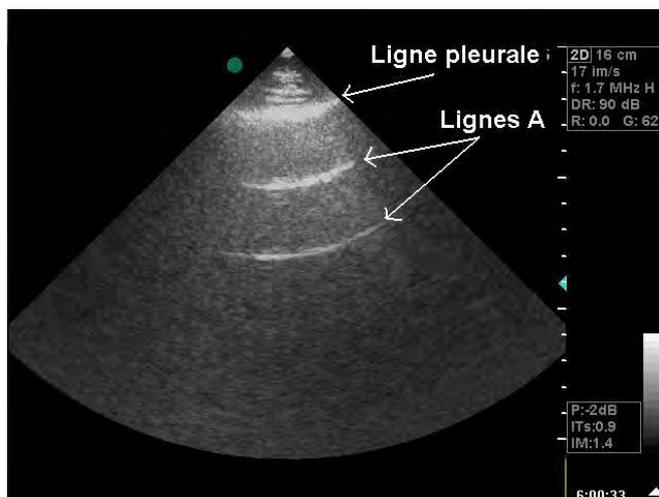


Figure 1 : Echographie pulmonaire normale

Un syndrome alvéolo-interstitiel est mis en évidence par la présence de lignes hyperéchogènes, dites « B », naissant de la ligne pleurale en « queue de comète ». Elles sont le témoin de l'épaississement des septa, de la présence d'eau, de cellules inflammatoires ou de cellules tumorales au niveau du parenchyme pulmonaire. Elles sont mobiles, descendent sans épuisement et effacent les lignes A. Elles se divisent en deux types : « B1 » (ci-dessous) lorsqu'elles sont bien définies, elles correspondent généralement à la présence d'un œdème interstitiel. Les lignes « B2 » quant à elles sont coalescentes, correspondant le plus souvent à la présence d'un œdème pulmonaire avec comblement alvéolaire.



Figure 2 : Echographie pulmonaire : lignes B1, œdème interstitiel

Une consolidation pulmonaire dite « C » est caractérisée à l'échographie par une structure tissulaire hypoéchogène avec bronchogramme aérique dynamique. Le poumon est alors dit « tissulaire » ou « hépatisé ». La consolidation pulmonaire correspond à une perte complète de l'aération pulmonaire avec persistance d'aération des bronchioles distales et, en pratique clinique, à une atélectasie pulmonaire, un œdème pulmonaire majeur, une pneumopathie ou à une contusion pulmonaire.

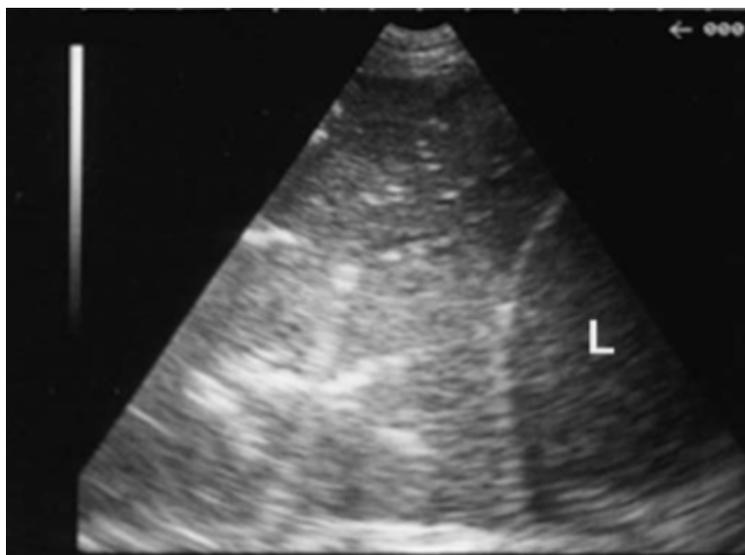


Figure 3. Echographie pulmonaire : consolidation pulmonaire (C)

### **Score de LUS**

Le score de LUS ou score d'aération permet de chiffrer les anomalies pulmonaires décrites ci-dessus (ANNEXE II). La répétition du score LUS à intervalle régulier aide à suivre l'évolution de ces anomalies, et à évaluer les répercussions d'un traitement ou d'une stratégie ventilatoire (20,21).

Pour l'applicabilité du score de LUS, le poumon est cartographié, selon la sémiologie décrite ci-dessus. Chaque quadrant est défini selon son caractère « normal = N », « syndrome alvéolo-interstitiel = B1/B2 » ou « consolidation = C ». Le caractère « N » est côté 0 point, le caractère B1, 1 point, le caractère B2, 2 points et enfin le poumon contus (C), 3 points. Plus ce score est élevé, moins le poumon est aéré.

Ce score, de 0 (bonne aération) à 36 (aération très compromise) initialement décrit chez les patients de réanimation, a récemment été transposé chez les patients en périopératoire (26,27).

## Critère de jugement principal

Le critère de jugement principal était l'évolution du score échographique pulmonaire de LUS après une chirurgie programmée d'arthroplastie de genou.

Ce score a été calculé à partir de trois échographies pleuropulmonaires réalisées en préopératoire, en postopératoire immédiat en salle de surveillance post-interventionnelle (SSPI) et en postopératoire le lendemain de l'intervention (J1) par l'un des médecins anesthésistes du service, expert en échographie pulmonaire. En effet, l'apprentissage de l'échographie pulmonaire est à l'heure actuelle inclus dans la formation initiale des anesthésistes réanimateurs au CHU de Toulouse. Une formation supplémentaire théorique d'une heure et pratique guidée de deux heures a été mise en place pour chaque investigateur.

## Critères de jugement secondaires

Les critères de jugement secondaires comprenaient :

- La description et l'évolution des scores échographiques dans 3 groupes selon la modalité anesthésique :
  - Anesthésie périmédullaire par rachianesthésie
  - Anesthésie générale avec ventilation mécanique par masque laryngé
  - Anesthésie générale avec ventilation mécanique par sonde d'intubation orotrachéale
- L'identification de facteurs influençant la perte d'aération pulmonaire à J1 : âge, index de masse corporelle, score ASA, modalités d'anesthésie et de ventilation
- Les complications respiratoires jusqu'à J7 et/ou à la sortie d'hospitalisation si plus précoce, étaient recueillies grâce aux informations contenues dans le dossier du patient au cours de son séjour hospitalier. Ces complications pouvaient être de différente nature :
  - Détresse respiratoire aiguë : définie comme au moins un épisode de désaturation <90% avec signes cliniques de dysfonction respiratoire (polypnée, cyanose, mise en jeu des muscles respiratoires accessoires) justifiant l'instauration d'oxygénothérapie et une surveillance rapprochée
  - Pneumopathie : définie comme un foyer clinique ou radiologique avec hyperthermie, justifiant l'introduction d'une antibiothérapie,
  - Désaturation : définie arbitrairement comme une diminution de saturation pulsée en oxygène (SpO2) de plus de 4% par rapport à l'état de base,

- Oxygénoréquérance : définie comme la nécessité d'administration d'au moins 1 litre d'oxygène chez les patients habituellement en air ambiant ou majoration du débit d'oxygène d'au moins 1 litre par rapport à l'oxygénothérapie de base chez les patients sous oxygène à domicile,
- Bronchospasme : défini comme un tableau de spasticité bronchique avec frein expiratoire justifiant l'introduction d'aérosols.
- Embolie pulmonaire : définie après diagnostic scannographique.

## **Modalités anesthésiques et chirurgicales**

Le choix de la technique anesthésique était réalisé selon l'appréciation de l'anesthésiste référent du patient. Celui-ci était aveugle des résultats de l'échographie préopératoire. L'inclusion dans notre protocole n'influe pas sur la prise en charge du patient.

Les patients étaient équipés d'une voie veineuse périphérique et bénéficiaient d'une surveillance scopée avec monitoring de la SpO<sub>2</sub>, de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle selon les recommandations en vigueur.

Les rachianesthésies étaient réalisées, après aseptie chirurgicale, avec une aiguille de type Whitacre (Vigon®) de 90mm de 22G ou 25G selon la morphologie du patient. Les molécules utilisées étaient de la BUPIVACAINE isobare 5mg/ml ou de la LEVOBUPIVACAINE isobare 5mg/ml entre 8 à 12 mg en association avec du SUFENTANIL 2,5µg selon le protocole de service. Une injection intraveineuse systématique de SUFENTANIL 5 à 10µg était réalisée avant la ponction. Après mise en place d'une oxygénothérapie, le patient était installé en décubitus latéral du côté non opéré pour la ponction rachidienne puis restait dix minutes dans cette position avant d'être installé en décubitus dorsal pour la chirurgie.

Les anesthésies générales étaient réalisées de façon standardisée selon les recommandations en vigueur. L'induction anesthésique, après préoxygénation au masque facial, était effectuée par voie intraveineuse et l'entretien anesthésique par voie intraveineuse ou inhalatoire par SEVOFLURANE ou DESFLURANE. Le choix des molécules d'induction et des molécules d'entretien était laissé à l'appréciation de l'anesthésiste responsable du patient. Les modes de ventilation utilisés étaient de la ventilation assistée-contrôlée (en pression ou en volume) avec un relais par ventilation spontanée avec aide inspiratoire en vue du retrait du dispositif supraglottique ou de la

sonde d'intubation. La gestion de la FiO<sub>2</sub> et de la PEP étaient adaptées au besoin du patient. Les respirateurs utilisés étaient des respirateurs AYSIS CS2 (General Electrics®) à objectif de concentration. Les sondes d'intubation utilisées étaient des sondes à ballonnet de type SUPER SAFETY CLEAR (Rüschelit®) et les dispositifs supraglottiques étaient des masques laryngés préformés AURA-i™ (Ambu®).

La chirurgie d'arthroplastie de genou a été retenue comme modèle de chirurgie extrathoracique car c'est une méthode chirurgicale reproductible et réalisée dans la même position, en décubitus dorsal, par des opérateurs entraînés. Selon la nécessité chirurgicale, les prothèses étaient mises en place avec ou sans garrot et pouvaient ou non être cimentées indépendamment du protocole. Les prises en charge pré et postopératoire sont standardisées et encadrées par un protocole d'épargne transfusionnelle préopératoire et par un protocole de réhabilitation précoce avec optimisation analgésique, mobilisation précoce et kinésithérapie. La chirurgie d'arthroplastie de genou est une chirurgie fréquemment réalisée dans le service d'Orthopédie-Traumatologie du CHU de Toulouse avec en 2017 la mise en place de 220 prothèses totales et de 70 prothèses unicompartimentales de genou.

## **Déroulement du protocole**

Chaque patient répondant aux critères d'inclusion bénéficiait d'une information écrite et orale. Sa non-opposition était recueillie avant l'inclusion dans l'étude.

Les données issues de la consultation d'anesthésie étaient recueillies : sexe, âge, indice de masse corporelle, antécédents médicaux et chirurgicaux (notamment cardio-respiratoires), traitements, capacité métabolique, score ASA.

Le jour de l'intervention (J0), une première échographie pleuropulmonaire était réalisée avant l'intervention. Le patient bénéficiait d'une mesure de sa saturation pulsée en oxygène (SpO<sub>2</sub>) en air ambiant.

Les données peropératoires recueillies étaient les suivantes :

- Technique d'anesthésie :
  - Anesthésie générale :
    - Type de dispositif : sonde d'intubation ou dispositif supra-glottique (masque laryngé)
    - Entretien anesthésique : gaz halogénés, anesthésie intraveineuse
  - Rachianesthésie :
    - Niveau sensitif testé au froid avant incision
- Paramètres de ventilation : type de ventilation, volume courant (Vt), pression expiratoire positive (PEP), pression motrice (définie comme la pression de plateau moins la pression expiratoire positive), fraction inspirée en oxygène (FiO2), fréquence respiratoire (FR), durée de ventilation, manœuvres de recrutement (MR)
- Expansion volémique peropératoire : type et quantité de solutés administrés
- Données chirurgicales : type de chirurgie, durée opératoire
- Complications peropératoires : hémorragie >500mL, bronchospasme, échec de rachianesthésie nécessitant conversion, embolie graisseuse, anaphylaxie, inhalation, intubation difficile, intubation sélective, nausées/vomissements, laryngospasme.

Le suivi échographique comportait une seconde échographie pleuropulmonaire en salle de surveillance post-interventionnelle (SSPI), en ventilation spontanée, après extubation ou ablation du dispositif supra-glottique en cas d'anesthésie générale. La SpO2 au cours de l'échographie et les informations du postopératoire immédiat étaient recueillies :

- Expansion volémique en SSPI : type de soluté administré et quantité
- Analgésie : titration morphinique
- Utilisation d'une technique de ventilation non invasive (VNI) : VSAI-PEP ou CPAP
- Complications en salle de réveil : hyperalgésie définie comme une échelle numérique > 3 malgré une titration en opiacés de plus de 10mg, curarisation résiduelle, anaphylaxie, bronchospasme, nausées/vomissements postopératoires, rétention aiguë d'urine, désaturation <90%

Une troisième et dernière échographie pleuropulmonaire était réalisée le lendemain de l'intervention (J1), au lit du patient.

Chaque échographie était réalisée avec une sonde curviligne de 5MHz avec l'échographe SONOSITE® X-PORTE, en décubitus dorsal en proclive 30° puis en décubitus latéral droit et gauche pour l'analyse des zones postérieures. Les médecins investigateurs (internes, internes séniors et séniors) réalisant les échographies pulmonaires faisaient partie du service d'anesthésie du service d'Orthopédie-Traumatologie et avaient tous bénéficié d'une formation préalable dans le cadre de leur cursus universitaire et d'une formation approfondie théorique et pratique à l'échographie pleuropulmonaire. Pour un même patient, les différentes échographies (préopératoire, postopératoire en SSPI et postopératoire le lendemain de la chirurgie) étaient réalisées par le même opérateur. Celui-ci n'était pas en aveugle de la technique anesthésique utilisée.

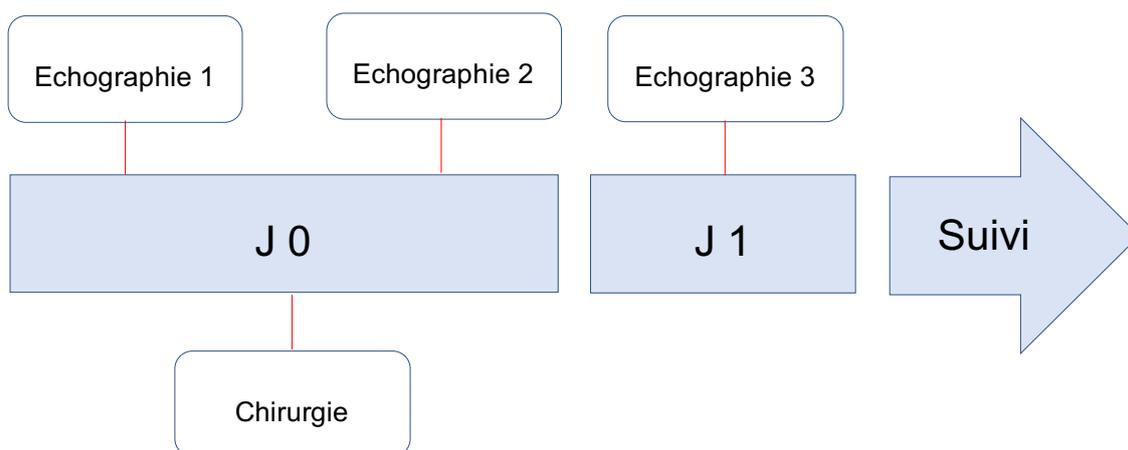


Figure 4. Schéma du protocole de l'étude

A la sortie du patient ou à J7 postopératoire le cas échéant, les données suivantes étaient recueillies :

- SpO2 minimale
- Introduction d'une oxygénothérapie ou majoration du débit d'oxygénothérapie si le patient bénéficiait d'une oxygénothérapie au long cours
- Apparition d'une hyperthermie
- Complications pulmonaires postopératoires : détresse respiratoire aiguë, pneumopathie, embolie pulmonaire, bronchospasme nécessitant l'introduction d'aérosols.

## Méthodologie statistique

L'état actuel de la littérature (Recherche PUBMED : mots clés : lung ultrasound, an(a)esthesiology, perioperative) concernant la sémiologie échographique pulmonaire en anesthésie ne nous permet pas de calculer une taille d'échantillon. En effet, la seule étude (28) évaluant l'échographie en anesthésie était réalisée dans le cadre spécifique de la chirurgie thoracique et donc à thorax ouvert. En conséquence, l'incidence des anomalies échographiques pulmonaires ne pouvait être appliquée à notre étude. En accord avec les standards méthodologiques concernant les études pilotes (29), il était convenu d'inclure un minimum de 30 patients par groupe (rachianesthésie, anesthésie générale avec masque laryngé, anesthésie générale avec sonde d'intubation) soit un total minimal de 90 patients. En considérant un risque de perte de suivi de 10%, il était nécessaire d'inclure 99 patients.

La normalité de la distribution des données a été exclue par un test de Shapiro-Wilk. Les variables continues sont présentées en médiane [extrêmes] ou moyenne (écart type) de façon appropriée. Les données qualitatives sont exprimées en nombre (%). Les variables catégorielles ont été comparées à l'aide du test exact de Fisher ou du test du Chi 2.

Le test non paramétrique U de Mann-Whitney a été utilisé pour comparer les variables continues entre les groupes « anesthésie générale » et « rachianesthésie ».

Le test non paramétrique de Kruskal-Wallis a été utilisé pour comparer les variables continues entre les groupes « rachianesthésie », « intubation oro-trachéale » et « masque laryngé ».

L'échographie pulmonaire étant réalisée en série (préopératoire, SSPI et J1), le test non paramétrique de Wilcoxon a permis de comparer les données en fonction du temps.

Pour évaluer la capacité de l'échographie pulmonaire à prédire une complication respiratoire postopératoire (détresse respiratoire aiguë, désaturation en O<sub>2</sub> de plus de 4%), l'aire sous la courbe (ASC) ROC a été calculée et comparée à l'aide du test de Delong. La meilleure valeur a été déterminée par l'index de Youden.

Une analyse univariée (régression linéaire) a été réalisée afin d'identifier les variables continues explicatives du score de LUS en postopératoire.

Afin de s'assurer de la concordance échographique des observateurs, un coefficient de corrélation intraclasse a été calculé (3 observateurs identiques sur une série de sujets testés).

Une valeur de  $p < 0.05$  a été considérée comme statistiquement significative. La correction de Bonferroni a été utilisée pour corriger le seuil de significativité lors des comparaisons multiples. L'analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel MedCalc Statistical Software, version 12.6.1 (MedCalc Software bvba, Ostend, Belgium; 2013).

### **Evaluation de la reproductibilité**

Bien que la reproductibilité de l'échographie pleuro-pulmonaire soit déjà largement documentée (24), une évaluation de la reproductibilité inter-observateur a été réalisée dans le service d'Orthopédie-Traumatologie. Trois médecins investigateurs (un interne, un interne séniorisé, un anesthésiste sénior) ont réalisé en série, en aveugle, une échographie chez cinq patients différents en postopératoire. Les mesures entre les différents opérateurs étaient reproductibles avec un coefficient de corrélation intraclasse de 0,97 [0,87-0,99].

# RESULTATS

## Description de la population

Entre le 22 mai 2018 et le 21 janvier 2019, 100 patients bénéficiant d'une arthroplastie de genou programmée dans le service d'Orthopédie-Traumatologie du CHU de Toulouse ont été inclus : 33 patients dans le groupe anesthésie générale avec masque laryngé (ML), 33 patients dans le groupe anesthésie générale avec intubation oro-trachéale (IOT) et 34 patients dans le groupe rachianesthésie (RA).

Tableau 1 : Données épidémiologiques

		Population totale n = 100	IOT n = 33	ML n = 33	RA n = 34	P
<b>DEMOGRAPHIE</b>						
<b>Age (années)</b>		65,5 [30-85]	65 [30-77]	62 [35-82]	67 [31-85]	0,41
<b>Sexe (homme/femme)</b>		37/63 (37%/63%)	16/17 (48%/52%)	11/22 (33%/67%)	10/24 (29%/71%)	0,23
<b>IMC</b>		26 [16-45]	26 [19-45]	25 [16-33]*	28 [22-43]*	<b>0,01</b>
<b>ASA</b>	<b>1</b>	27 (27%)	12 (36%)	11 (33%)	4 (12%)	<b>0,03</b>
	<b>2</b>	59 (59%)	18 (55%)	20 (61%)	21 (62%)	
	<b>3</b>	14 (14%)	3 (9%)	2 (6%)	9 (26%)	
<b>MET</b>	<b>&lt;4</b>	13 (13%)	3 (9%)	3 (9%)	7 (20%)	0,41
	<b>4-10</b>	77 (77%)	27 (82%)	25 (76%)	25 (74%)	
	<b>&gt;10</b>	10 (10%)	3 (9%)	5 (15%)	2 (6%)	
<b>ANTECEDENTS</b>						
<b>Pathologie respiratoire</b>		27 (27%)	4 (12%)	5 (15%)	18 (53%)	<b>0,0001</b>
<b>Pathologie cardiologique</b>		14 (14%)	4 (12%)	6 (18%)	4 (12%)	0,69
<b>Tabagisme</b>		11	5 (15%)	3 (9%)	3 (9%)	0,65
<b>TRAITEMENTS</b>						
<b>Bronchodilatateurs</b>		8 (8%)	1 (3%)	0	7 (20%)	<b>0,0035</b>
<b>Corticostéroïdes inhalés</b>		7 (7%)	1 (3%)	0	6 (18%)	<b>0,01</b>
<b>CHIRURGIE</b>						
<b>Type de chirurgie</b>	<b>PTG</b>	76 (76%)	21 (64%)	28 (85%)	27 (79%)	0,11
	<b>PUC</b>	24 (24%)	12 (36%)	5 (15%)	7 (21%)	
<b>Durée chirurgicale (min)</b>		60 [26-165]	65 [26-165]	60 [27-155]	60 [30-120]	0,6

IOT : intubation oro-trachéale ; ML : masque laryngé ; RA : rachianesthésie ; IMC : indice de masse corporelle ; MET : équivalent métabolique ; ASA : Physical Status Score ; PTG : prothèse totale de genou ; PUC : prothèse unicompartmentale de genou  
Résultats exprimés en médiane et extrêmes ou en nombre et pourcentage. p<0,05 significatif

\* p<0,05 comparé entre les groupes RA et ML

Le tableau 1 résume les données épidémiologiques de la population incluse. Il s'agissait principalement de femmes (63%), d'un âge médian de 65,5 ans [30-77] avec un état général conservé avec un score ASA 1 ou 2 dans plus de 75% des cas. Les patients bénéficiant d'une rachianesthésie avaient plus de comorbidités avec un score ASA plus élevé ( $p < 0,05$ ) et un indice de masse corporelle supérieur aux patients avec masque laryngé (28 [22-43],  $p < 0,05$ ). Dix-huit (53%) d'entre eux avait une pathologie respiratoire (15% et 12% dans les groupes masque laryngé et intubation oro-trachéale respectivement ;  $p < 0,05$ ). Les antécédents médicaux de notre population sont décrits en ANNEXE V. La saturation pulsée préopératoire en air ambiant ( $SpO_2$ ) était en médiane de 99 [93-100], sans différence entre les groupes.

### Description et évolution du score échographique de LUS

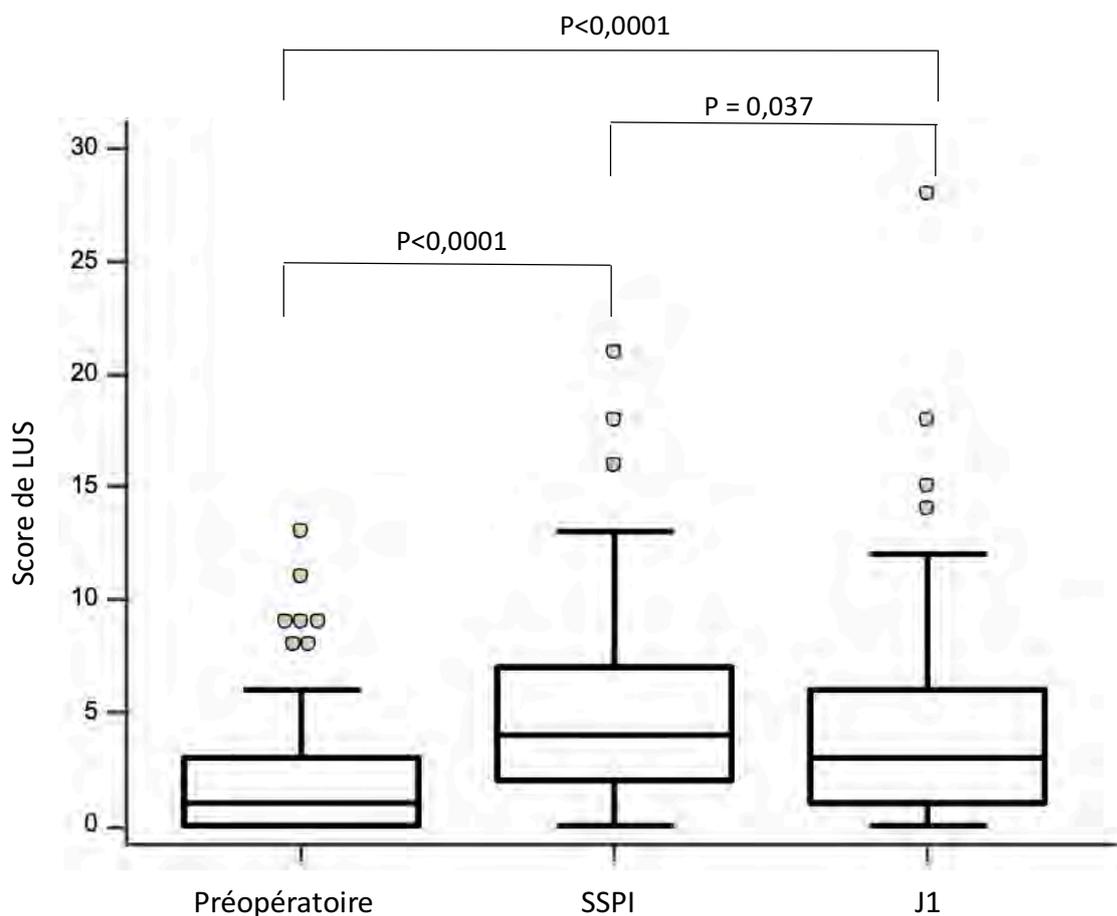


Figure 5 : Evolution du score de LUS

Concernant notre critère de jugement principal (figure 6 et tableau 2), il a été mis en évidence une différence statistiquement significative des scores de LUS entre les temps préopératoire, post opératoire en SSPI et à J1. Le score de LUS médian en préopératoire était de 1 [0-13]. En SSPI, nous retrouvons une perte d'aération significative par rapport au préopératoire avec un score de LUS médian à 4 [0-21] ( $p < 0,0001$ ). L'échographie à J1 permettait de mettre en évidence un gain d'aération significatif ( $p = 0,037$ ) par rapport à l'échographie réalisée en SSPI avec un score de LUS médian à 3 [0-28] mais également une perte d'aération significative par rapport à l'échographie préopératoire ( $p < 0,0001$ ).

Pour chaque technique d'anesthésie, la perte d'aération entre les temps préopératoire et SSPI ; et préopératoire et J1 était statistiquement significative. Dans le groupe masque laryngé, le gain d'aération entre l'échographie réalisée en salle de réveil et l'échographie à J1 était également significative.

Tableau 2 : Evolution du score de LUS selon la modalité d'anesthésie

	Population totale n = 100	IOT n = 33	ML n = 33	RA n = 34	p
<b>LUS pré op</b>	1 [0-13]	2 [0-13]*†	1 [0-8]*†	2 [0-11]*†	0,33
<b>LUS SSPI</b>	4 [0-21]	4 [0-18]*	4 [0-13]*°	4 [0-21]*	0,8
<b>LUS J1</b>	3 [0-28]	3 [0-28]†	3 [0-10]†°	5 [0-18]†	0,0503

IOT: intubation orotrachéale ; ML : masque laryngé ; RA : rachianesthésie; pré op : avant intervention chirurgicale ; SSPI : salle de surveillance post-interventionnelle ; J1 : lendemain de l'intervention chirurgicale

Résultats exprimés en médiane et extrêmes.  $p < 0,05$  significatif

\*  $p < 0,05$  entre le LUS préopératoire et le LUS en SSPI pour une technique d'anesthésie donnée

†  $p < 0,05$  entre le LUS préopératoire et le LUS à J1 pour une technique d'anesthésie donnée

°  $p < 0,05$  entre le LUS en SSPI et le LUS à J1 pour une technique d'anesthésie donnée

## Influence de la technique d'anesthésie

Le test non paramétrique de Kruskal-Wallis a permis de comparer l'évolution des scores de LUS en fonction des groupes « intubation oro-trachéale », « masque laryngé » et « rachianesthésie » (tableau 2 et figure 7). Les scores de LUS aux différents temps préopératoire, SSPI et J1 ne sont pas différents entre ces trois groupes ( $p=0,33$  pour le temps préopératoire,  $p=0,80$  en SSPI et  $p=0,0503$  à J1).

Néanmoins, la comparaison des scores de LUS en fonction des groupes « anesthésie générale » et « rachianesthésie » permet de mettre en évidence une perte d'aération plus importante à J1 chez les patients bénéficiant d'une rachianesthésie ( $p=0,01$ ) (Figure 8).

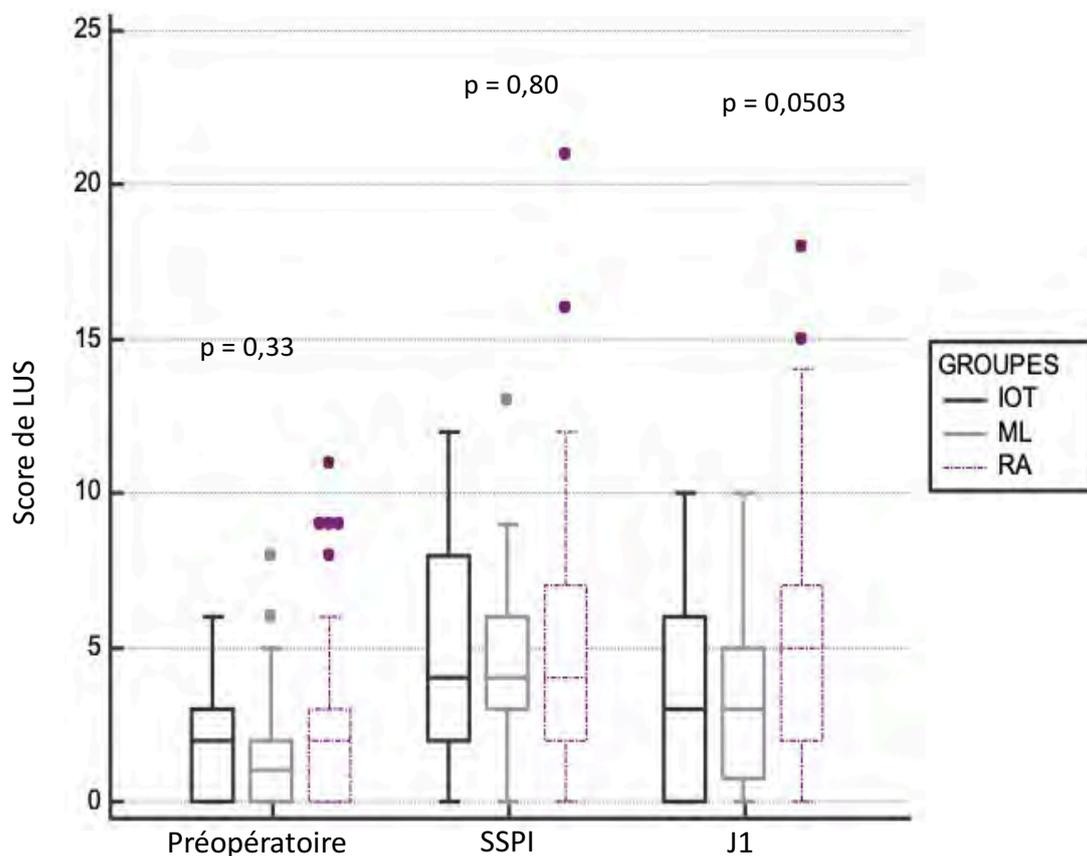


Figure 6 : Evolution du score de LUS selon la modalité d'anesthésie : intubation oro-trachéale (IOT), masque laryngé (ML) et rachianesthésie (RA)

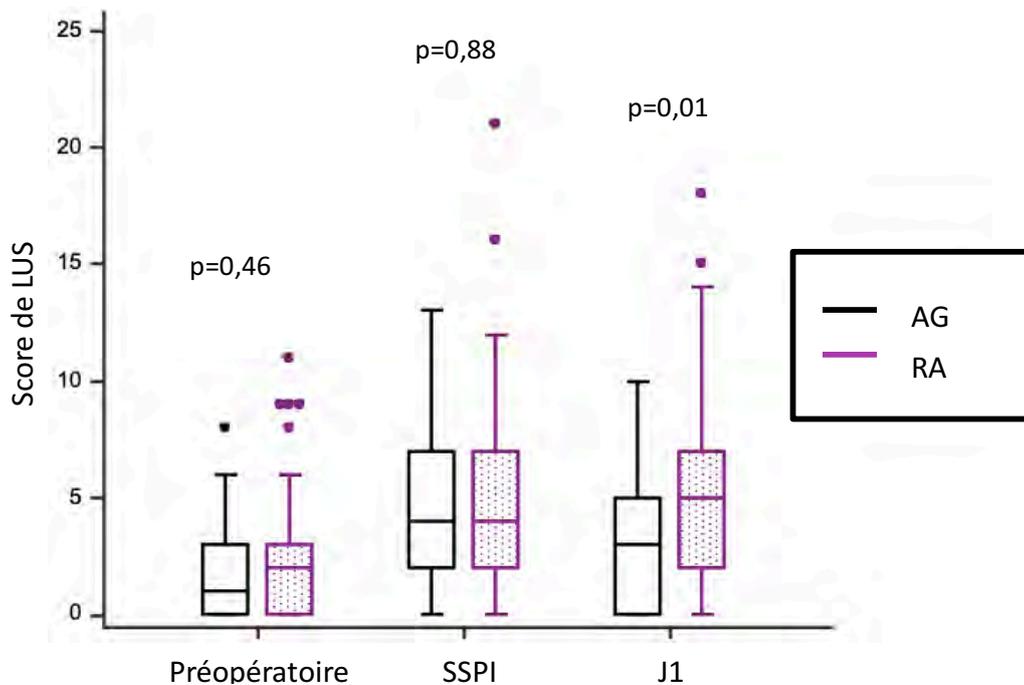


Figure 7 : Evolution du score de LUS selon les groupes anesthésie générale (AG) et rachianesthésie (RA)

## Modalités d'anesthésie

Le tableau en ANNEXE VI résume les paramètres ventilatoires pour les patients sous anesthésie générale. La durée médiane de ventilation était de 95,5 [40-210] minutes. L'anesthésie était entretenue par voie intraveineuse chez 70% des patients inclus. Les patients sous anesthésie générale avec intubation oro-trachéale étaient plus fréquemment curarisés ( $p < 0,0001$ ) et bénéficiaient également plus fréquemment de manœuvres de recrutement (42% contre 9% dans le groupe masque laryngé ;  $p = 0,002$ ). 62% des patients ventilés l'étaient avec un volume courant de 6 à 8 mL/kg de poids idéal théorique et 35% d'entre eux avec un volume courant de plus de 8 mL/kg de poids idéal théorique, sans différence statistiquement significative entre les groupes.

Le niveau sensitif avant incision chez les patients opérés sous rachianesthésie était en médiane en T10. 30% des patients avaient un niveau supérieur à T10. La répartition est répertoriée en annexe VII.

## **Complications peropératoires**

Concernant les complications peropératoires, présentées en annexe VIII, dans le groupe masque laryngé, deux patients ont présenté un bronchospasme et un patient a présenté un laryngospasme. Une seule intubation difficile a été rapportée. Un patient opéré sous anesthésie générale avec masque laryngé et deux patients opérés sous rachianesthésie ont présenté une hémorragie supérieure à 500mL. Dans notre cohorte, les patients inclus n'ont pas présenté d'échec de rachianesthésie, d'embolie graisseuse, de réaction anaphylactique, d'inhalation ni d'intubation sélective.

## **Expansion volémique peropératoire et en salle de surveillance post-interventionnelle**

L'expansion volémique par cristalloïdes peropératoire et en salle de surveillance post-interventionnelle était comparable entre les trois groupes (avec une médiane de 725 [250-2500] mL en peropératoire et 500 [0-1000] mL en salle de surveillance post-interventionnelle. Deux des patients opérés sous rachianesthésie ont bénéficié d'une administration de colloïdes en peropératoire et deux autres d'une transfusion en culots globulaires en salle de surveillance post-interventionnelle. En comparaison, aucun patient sous anesthésie générale n'a nécessité d'apport de colloïde ni de transfusion en culots globulaires.

## **Complications en salle de surveillance post-interventionnelle**

En salle de surveillance post-interventionnelle, les patients sous anesthésie générale recevaient significativement plus d'opiacés en salle de réveil et il persistait chez 29% d'entre eux une EN > 3 après 10mg d'opiacés ( $p < 0,0001$ ). En parallèle, les patients ayant bénéficié d'une rachianesthésie présentaient plus fréquemment des nausées et vomissements postopératoires et des rétentions aiguës d'urine ( $p < 0,0001$ ). Dans notre cohorte, aucun patient n'a présenté d'anaphylaxie ni de curarisation résiduelle. Une ventilation non invasive à l'aide de leur CPAP personnelle a été mise en place en salle de réveil chez cinq patients atteints de syndrome d'apnée du sommeil. Les complications en salle de surveillance post-interventionnelle sont rapportées en ANNEXE IX.

## Durée d'hospitalisation et complications respiratoires au cours de l'hospitalisation

Les patients inclus dans notre cohorte ont été hospitalisés pour une durée médiane de 7 [4-15] jours. Trente-neuf pour cent d'entre eux ont nécessité l'introduction d'une oxygénothérapie au cours de l'hospitalisation et 31% ont présenté au moins un épisode de désaturation de plus de 4% par rapport à leur SpO2 préopératoire. Cinq patients ont présenté une pneumopathie et deux d'entre eux une détresse respiratoire aiguë. Une patiente ayant bénéficié d'une intubation orotrachéale a présenté une embolie pulmonaire au cours de l'hospitalisation. Aucun patient n'a présenté de bronchospasme au cours de l'hospitalisation. Le tableau présenté en ANNEXE X rapporte les complications respiratoires au cours du séjour hospitalier. Il n'y avait pas de différence en termes de complications postopératoires entre les différents groupes.

## Facteurs associés au score de LUS

Une analyse univariée a été réalisée selon un modèle de régression linéaire afin de déterminer les variables explicatives du score de LUS à J1. Les patients les plus âgés ( $p=0,026$ ) et les patients ayant un indice de masse corporelle élevé ( $p=0,004$ ) sont les plus à même d'avoir une perte d'aération pulmonaire à J1 (figure 9).

Les autres variables étudiées (score ASA, antécédents respiratoires et cardiologiques, capacité métabolique, niveau de la rachianesthésie, modalités de ventilation, quantité d'opiacés en postopératoire, durée chirurgicale et de ventilation) ne semblent pas, quant à elles, influencer sur le score de LUS à J1.

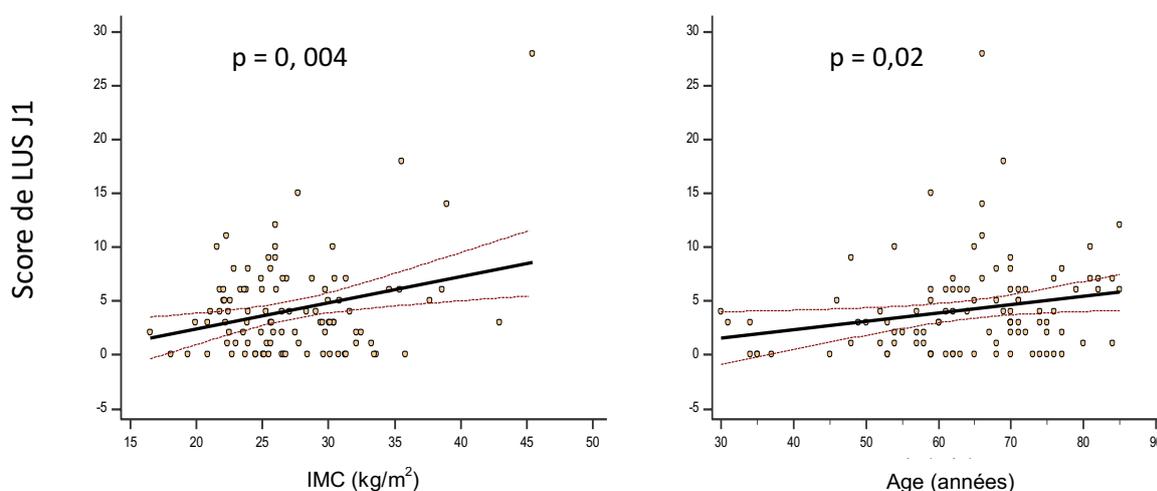


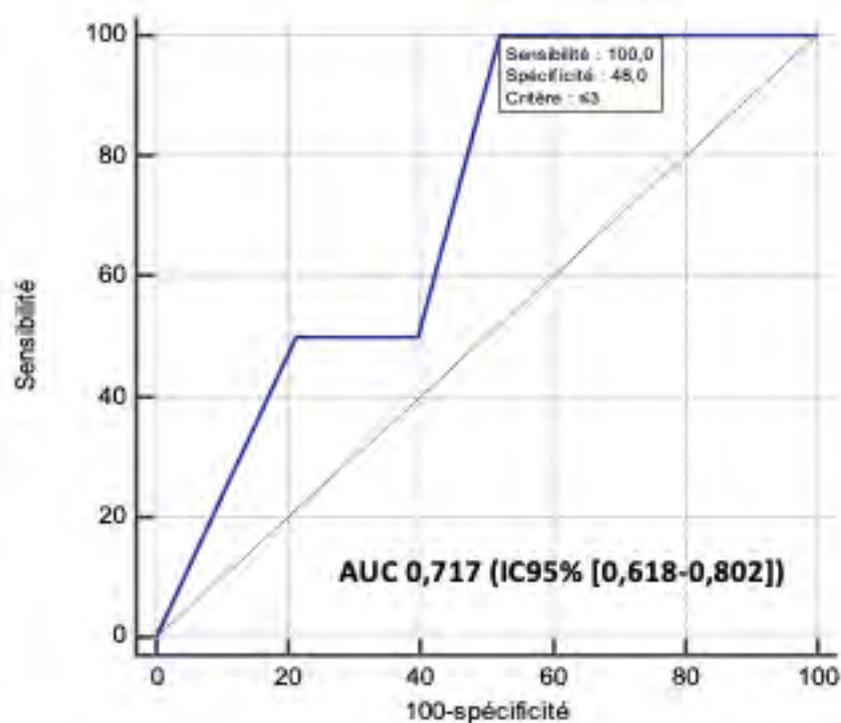
Figure 8 : Analyse univariée selon modèle de régression linéaire : IMC et âge

## Score de LUS à J1 et prédiction des complications respiratoires postopératoires

Afin de déterminer si l'échographie pulmonaire réalisée le lendemain de l'intervention permettait de prédire l'apparition d'une désaturation définie comme une désaturation de plus de 4% par rapport à la SpO2 préopératoire et l'apparition d'une détresse respiratoire aiguë en postopératoire, une analyse des aires sous la courbe ROC a été réalisée.

La meilleure aire sous la courbe (AUC 0,717 ; IC95% [0,618-0,802]) permettait de prédire avec une sensibilité de 100% et une spécificité de 48% pour un seuil inférieur ou égal à 3 l'absence d'une détresse respiratoire aiguë.

Figure 9 : Courbe ROC - LUS à J1 et Détresse respiratoire aiguë



## DISCUSSION

Cette étude est la seule à notre connaissance à s'intéresser à la sémiologie échographique pulmonaire en anesthésie extrathoracique. Nous avons ainsi décrit l'évolution de l'aération pulmonaire en périopératoire d'une chirurgie programmée d'arthroplastie de genou. Nous avons tout d'abord mis en évidence une perte d'aération initiale entre les temps préopératoire et postopératoire immédiat puis, dans un second temps, un gain d'aération entre le temps postopératoire immédiat et le lendemain de l'intervention. Toutefois, ce gain d'aération ne semble pas suffisant pour retrouver l'aération préopératoire.

La perte d'aération mise en évidence entre les temps préopératoire et postopératoire pourrait être liée à la détection échographique d'atélectasie et d'inflammation pulmonaire, principaux mécanismes lésionnels pulmonaires postopératoires (11,30). En effet, l'apparition de ces atteintes parenchymateuses, détectables à l'aide du score de LUS (26,31) est influencée par de nombreux facteurs décrits en introduction (techniques de ventilation, agents anesthésiques, type et durée de chirurgie, terrain, âge, position ...) (4).

Le gain d'aération au lendemain de l'intervention pourrait être expliqué par les protocoles de réhabilitation précoce mis en place au sein du service d'Orthopédie-Traumatologie du CHU de Toulouse avec un premier lever entre J0 et J1. Moore *et al.* (32) ont démontré que l'instauration d'un protocole de réhabilitation précoce après chirurgie (ERAS) permettait de diminuer de façon significative les complications pulmonaires postopératoires. Nous pouvons alors supposer que ces protocoles de mobilisation précoce permettent de limiter l'installation d'atélectasies. Leur formation intéresse particulièrement les zones dépendantes du poumon et sont liées à l'apparition d'un collapsus alvéolaire, secondaire à la diminution de la capacité résiduelle fonctionnelle, elle-même influencée par les facteurs sus-cités et notamment par la position (11,30).

Nous avons par ailleurs noté que le gain d'aération entre l'échographie en salle de surveillance post-interventionnelle et l'échographie à J1 n'était pas suffisant pour retrouver l'aération initiale ( $p < 0,0001$ ). Ceci peut être expliqué en partie par un défaut de gestion de l'analgésie limitant ainsi les activités et la mobilisation. En effet, la consommation en opiacés à J1 n'étant pas relevée dans notre étude, nous ne pouvons pas écarter une importante consommation morphinique après sortie de la salle de surveillance post-interventionnelle. La gestion non optimale de l'analgésie et la consommation morphinique, tant intraveineuse qu'intrathécale étant décrites dans la littérature comme facteur de risque d'atélectasie et de complication pulmonaire postopératoire (4,33).

Concernant notre comparaison entre les groupes « anesthésie générale » (avec intubation orotrachéale ou masque laryngé) et le groupe « rachianesthésie », nous avons pu mettre en évidence un moindre gain d'aération entre la salle de surveillance post-interventionnelle et le lendemain de la chirurgie dans notre groupe de patients opérés sous rachianesthésie par rapport aux patients sous anesthésie générale. Cette différence peut être expliquée par le fait que, dans notre cohorte, les patients sous rachianesthésie avaient plus de comorbidités, avec un score ASA plus élevé, un IMC plus important et avaient plus fréquemment une pathologie respiratoire préexistante. L'analyse univariée que nous avons réalisée permet d'établir une relation linéaire entre le score d'aération à J1 et l'IMC. Les patients en surpoids semblent les plus à même d'avoir une perte d'aération importante persistante en postopératoire. Cette perte d'aération peut être expliquée par la persistance d'atélectasies chez ces patients. En effet, dans l'étude d'Eichenberger *et al.* (34), des images scannographiques étaient réalisées en préopératoire, peropératoire et à J1 chez vingt patients obèses et vingt patients non obèses opérés par laparoscopie : les patients obèses étaient plus sujets aux atélectasies que les patients non obèses et celles-ci persistaient à J1 chez les sujets obèses alors qu'elles disparaissaient chez les sujets non obèses. Il est à préciser que dans notre cohorte, l'IMC médian des patients opérés sous rachianesthésie n'était que de 28 [22-43].

Par ailleurs, dans la littérature, il est décrit qu'un niveau sensitif thoracique haut entraîne une diminution du volume résiduel et de la capacité vitale par atteinte des muscles intercostaux (35,36) qui, chez les patients insuffisants respiratoires, peut être la cause d'une décompensation respiratoire (37). Le niveau sensitif médian dans notre cohorte était en T10 et 30% des patients avaient, avant incision, un niveau supérieur. Pour une chirurgie du genou, un niveau sensitif en T12 est recommandé par les experts (35). Dans notre étude, l'analyse univariée n'a pas permis de mettre en évidence de relation linéaire entre le niveau de rachianesthésie et le score de LUS à J1. Le niveau sensitif sous rachianesthésie étant testé avant incision, nous pouvons supposer que les données rapportées sous-estimaient le niveau sensitif réel.

De plus, dans le cadre de notre protocole de service, du SUFENTANIL par voie intrathécale à la dose de 2,5µg est administré en sa qualité d'adjuvant. L'administration intrathécale d'opioïdes entraîne une dépression respiratoire par altération des réponses à l'hypoxie et à l'hypercapnie pouvant être prolongée dans le temps de façon dose-dépendante (38) et pouvant en partie participer au moindre gain d'aération à J1. Aux faibles posologies utilisées dans notre cohorte, le risque de dépression respiratoire persiste quatre à six heures après l'injection intrathécale d'un opiacé liposoluble (37).

Dans notre analyse univariée, l'âge semble influencer le score échographique d'aération pulmonaire à J1. Le vieillissement physiologique pulmonaire a pour conséquence une augmentation de la capacité de fermeture, définie comme la somme du volume résiduel et du volume de fermeture, par la perte de l'élasticité du parenchyme pulmonaire avec l'âge (ANNEXE I)(39). L'augmentation de la capacité de fermeture est directement impliquée dans l'apparition précoce et prolongée d'atélectasie chez le sujet âgé lors du décubitus.

Concernant la capacité de l'échographie pulmonaire à prédire les complications pulmonaires, celle-ci ne semble pas être pertinente dans notre population. En effet si l'on considère le score ARISCAT (ANNEXE XI) décrit par Canet *et al.* (40), notre population était à très faible risque de complication pulmonaire : l'âge médian de notre population était de 65,5 ans, la Spo2 préopératoire en air ambiant médiane de 99%, il s'agissait de patients opérés d'une chirurgie programmée d'une durée médiane d'une heure et bénéficiant d'une stratégie d'épargne transfusionnelle préopératoire.

La courbe ROC s'intéressant à la capacité du score de LUS à J1 à prédire l'absence de détresse respiratoire aiguë peut sembler intéressante mais, en dépit de sa bonne sensibilité, sa mauvaise spécificité la rend peu discriminante. De plus, devant le faible effectif (2 patients), elle mérite d'être confirmée dans une population plus à risque de complication pulmonaire postopératoire.

### ***Forces et limites de l'étude***

Notre étude de cohorte prospective présente l'intérêt d'être la seule à décrire la sémiologie échographique pulmonaire en anesthésie pour chirurgie extrathoracique. Comme discuté précédemment, nos résultats semblent corrélés avec les données actuelles de la science.

Néanmoins, il faut souligner le faible effectif de notre cohorte et le biais de sélection lié à l'absence de randomisation rendant les groupes difficilement comparables.

En dépit des données de littérature concernant la reproductibilité de l'échographie pulmonaire (24) et du test de concordance réalisé, l'échographie demeure un examen opérateur-dépendant et entraînant par définition un biais d'évaluation.

Le caractère monocentrique de notre étude ne nous permet pas à l'heure actuelle de généraliser nos résultats, en effet, notre prise en charge des patients opérés d'une arthroplastie de genou au sein du service d'Orthopédie-Traumatologie du CHU de Toulouse inclut un protocole d'épargne transfusionnelle préopératoire et un protocole de réhabilitation rapide après chirurgie ; ces protocoles peuvent sous-estimer l'incidence des complications pulmonaires par rapport à la population générale.

Enfin, il nous semblerait intéressant de mettre en place une étude plus large, contrôlée et randomisée, incluant une population plus à risque de complication pulmonaire postopératoire afin d'évaluer l'intérêt d'associer le score de LUS dans un score prédictif plus performant de complication pulmonaire postopératoire, afin de cibler avec précision une population à risque qui pourrait bénéficier d'une prise en charge personnalisée (kinésithérapie respiratoire, ventilation non invasive en salle de surveillance ...).

## CONCLUSION

La période périopératoire est très à risque de complications pulmonaires, d'origine infectieuse, mécanique et inflammatoire. La sémiologie échographique pulmonaire, largement décrite en réanimation n'avait pas encore été étudiée en anesthésie extrathoracique. Nous avons mis en évidence, grâce à la réalisation d'échographies pulmonaires itératives et au calcul du score de LUS en périopératoire de chirurgie programmée d'arthroplastie de genou, une perte d'aération significative entre les temps préopératoire et postopératoire. Cette perte d'aération semble persister dans le temps en dépit d'un gain d'aération survenant entre la sortie de la salle de surveillance post-interventionnelle et le lendemain de la chirurgie. La capacité de l'échographie à prédire les complications pulmonaires postopératoires, dans une population à haut risque, reste à ce jour à évaluer.

*Vu permis d'imprimer  
Le Doyen de la Faculté  
de Médecine Toulouse - Purpan*



**Didier CARRIÉ**

*Bon jour à tous  
le 25/02/19.*

*O. FOURCIEUX*

*Professeur (M) - PULMONAIRE  
Coordination Anesthésie-Réanimation  
Toulouse Purpan  
Place du Dr. Baylac  
 TSA 40031 - 31058 TOULOUSE Cedex 9*

## BIBLIOGRAPHIE

1. Arozullah AM, Daley J, Henderson WG, Khuri SF. Multifactorial Risk Index for Predicting Postoperative Respiratory Failure in Men After Major Noncardiac Surgery. *Ann Surg*. 2000 Aug;232(2):242–53.
2. Brooks-Brunn JA. Predictors of Postoperative Pulmonary Complications Following Abdominal Surgery. *Chest*. 1997 Mar;111(3):564–71.
3. Lindberg P, Gunnarsson L, Tokics L, Secher E, Lundquist H, Brismar B, et al. Atelectasis and lung function in the postoperative period. *Acta Anaesthesiol Scand*. 1992 Aug;36(6):546–53.
4. Nau A, Hadj M, Raux M. Complications respiratoires postopératoires. :17.
5. BAZIN J-E, BOURGAIN J-L, CAPDEVILA X, CONSTANTIN J-M, CROS A-M, JABER S, et al. Ventilation en anesthésie. :101.
6. Hedenstierna G. GAS EXCHANGE DURING ANAESTHESIA. *Br J Anaesth*. 1990 Apr;64(4):507–14.
7. Hedenstierna G, Strandberg A, Brismar B. Functional residual capacity, thoraco-abdominal dimensions and central blood volume during general anesthesia with muscle paralysis and mechanical ventilation. *Anesthesiology*. 1985;62:247.
8. Westbrook PR, Stubbs SE, Sessler AD, Rehder K, Hyatt RE. Effects of anesthesia and muscle paralysis on respiratory mechanics in normal man. *J Appl Physiol*. 1973 Jan;34(1):81–6.
9. Hedenstierna G. Alveolar collapse and closure of airways: regular effects of anaesthesia. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2003 May;23(3):123–9.
10. Leif Tokics, Hedenstierna, Strandberg. Lung Collapse and Gas Exchange during General Anesthesia: Effects of Spontaneous Breathing, Muscle Paralysis, and Positive End-expiratory Pressure. *Anesthesiology*. 1987;66:157–67.
11. Tusman G, Böhm SH, Warner DO, Sprung J. Atelectasis and perioperative pulmonary complications in high-risk patients: *Curr Opin Anaesthesiol*. 2012

Feb;25(1):1–10.

12. Chu EK, Whitehead T, Slutsky AS. Effects of cyclic opening and closing at low- and high-volume ventilation on bronchoalveolar lavage cytokines\*: Crit Care Med. 2004 Jan;32(1):168–74.
13. Gattinoni L, Protti A, Caironi P, Carlesso E. Ventilator-induced lung injury: The anatomical and physiological framework: Crit Care Med. 2010 Oct;38:S539–48.
14. Thille A, Lellouche F, Brochard L. Barotraumatisme lors de la ventilation mécanique. Réanimation. 2005 Mar;14(2):133–9.
15. Curley GF, Laffey JG, Zhang H, Slutsky AS. Biotrauma and Ventilator-Induced Lung Injury. Chest. 2016 Nov;150(5):1109–17.
16. Lichtenstein DA. Lung ultrasound in the critically ill. Ann Intensive Care. 2014;4(1):1.
17. Lichtenstein DA, Lascols N, Mezière G, Gepner A. Ultrasound diagnosis of alveolar consolidation in the critically ill. Intensive Care Med. 2004 Feb;30(2):276–81.
18. Bouhemad B, Liu Z-H, Arbelot C, Zhang M, Ferarri F, Le-Guen M, et al. Ultrasound assessment of antibiotic-induced pulmonary reaeration in ventilator-associated pneumonia\*: Crit Care Med. 2010 Jan;38(1):84–92.
19. Bouhemad B, Zhang M, Lu Q, Rouby J-J. Clinical review: Bedside lung ultrasound in critical care practice. 11(1):9.
20. Soummer A, Perbet S, Brisson H, Arbelot C, Constantin J-M, Lu Q, et al. Ultrasound assessment of lung aeration loss during a successful weaning trial predicts postextubation distress\*: Crit Care Med. 2012 Jul;40(7):2064–72.
21. Bouhemad B, Mongodi S, Via G, Rouquette I. Ultrasound for “Lung Monitoring” of Ventilated Patients: Anesthesiology. 2015 Feb;122(2):437–47.
22. Beaulieu Y. Bedside echocardiography in the assessment of the critically ill: Crit Care Med. 2007 May;35(Suppl):S235–49.
23. Bosch L., Robin JJ., Mathe O., Minville V. Assessment of lung ultrasound for early detection of respiratory complications in thoracic surgery. [Toulouse]: Université

Paul Sabatier Toulouse III; 2015.

24. Lichtenstein D. Échographie pulmonaire en réanimation et aux urgences. *Réanimation*. 2008 Dec;17(8):722–30.

25. See KC, Ong V, Wong SH, Leanda R, Santos J, Taculod J, et al. Lung ultrasound training: curriculum implementation and learning trajectory among respiratory therapists. *Intensive Care Med*. 2016 Jan;42(1):63–71.

26. Monastesse A, Girard F, Massicotte N, Chartrand-Lefebvre C, Girard M. Lung Ultrasonography for the Assessment of Perioperative Atelectasis: A Pilot Feasibility Study. *Anesth Analg*. 2017 Feb;124(2):494–504.

27. Yu X, Zhai Z, Zhao Y, Zhu Z, Tong J, Yan J, et al. Performance of Lung Ultrasound in Detecting Peri-Operative Atelectasis after General Anesthesia. *Ultrasound Med Biol*. 2016 Dec;42(12):2775–84.

28. Smilevitch P. Intérêt de l'échographie pulmonaire pour l'anesthésie en chirurgie thoracique [Internet]. Université Toulouse III Paul Sabatier; 2013 [cited 2019 Jan 5]. Available from: <http://thesesante.ups-tlse.fr/217/1/2013TOU31576.pdf>

29. Lancaster GA, Dodd S, Williamson PR. Design and analysis of pilot studies: recommendations for good practice. *J Eval Clin Pract*. 2004 May 1;10(2):307–12.

30. Duggan M, Kavanagh BP. Pulmonary Atelectasis: A Pathogenic Perioperative Entity. *Anesthesiology*. 2005 Apr;102(4):838–54.

31. Shrestha GS, Weeratunga D, Baker K. Point-of-Care Lung Ultrasound in Critically ill Patients. *Rev Recent Clin Trials* [Internet]. 2018 Jan 31 [cited 2019 Feb 11];13(1). Available from: <http://www.eurekaselect.com/155465/article>

32. Moore JA, Conway DH, Thomas N, Cummings D, Atkinson D. Impact of a perioperative quality improvement programme on postoperative pulmonary complications. *Anaesthesia*. 2017 Mar;72(3):317–27.

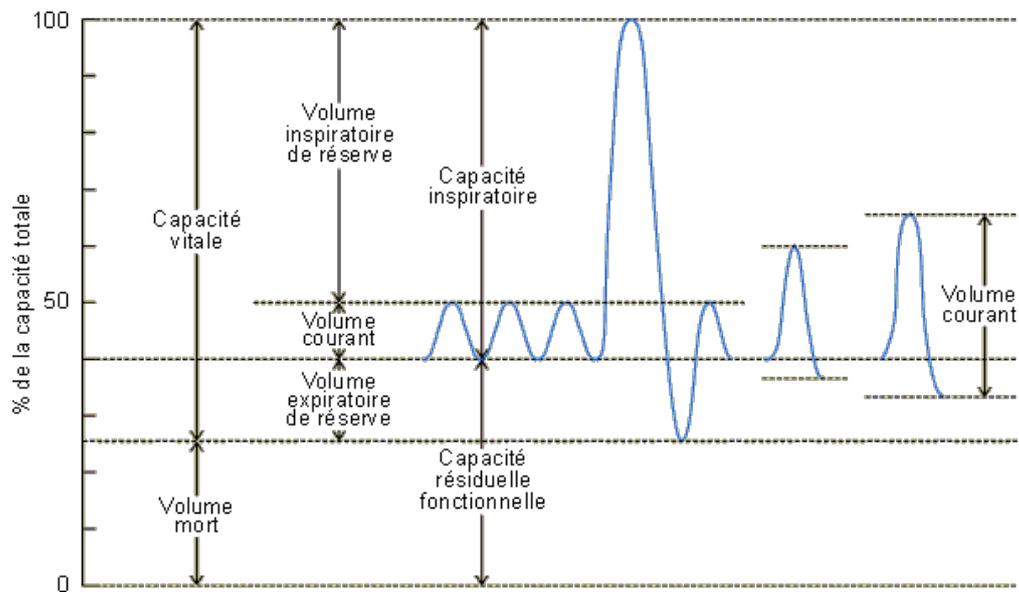
33. Warner DO. Preventing Postoperative Pulmonary Complications. 2000;92(5):6.

34. A.-S. Eichenberger, S. Proietti, S. Wicky. Morbid Obesity and Postoperative Pulmonary Atelectasis: An Underestimated Problem. *Anesth Analg*. 2002;95:1788–92.

35. Aveline DC. SFAR : Rachianesthésie : essentiel en 2013. SFAR. 2013;57.
36. Lirk P, Kleber N, Mitterschiffthaler G, Keller C, Benzer A, Putz G. Pulmonary effects of bupivacaine, ropivacaine, and levobupivacaine in parturients undergoing spinal anaesthesia for elective caesarean delivery: A randomised controlled study. *Int J Obstet Anesth.* 2010 Jul;19(3):287–92.
37. Les blocs périmédullaires chez l'adulte. *Ann Fr Anesth Réanimation.* 2007 Jul;26(7–8):720–52.
38. Bailey PL, Lu JK, Pace NL, Orr JA, White JL, Hamber EA, et al. Effects of Intrathecal Morphine on the Ventilatory Response to Hypoxia. *N Engl J Med.* 2000 Oct 26;343(17):1228–34.
39. Guénard H, Rouatbi S. Aspects physiologiques du vieillissement respiratoire. *Rev Mal Respir.* 2004 Nov;21(5):13–24.
40. Canet J, Gallart L, Gomar C, Paluzie G, Vallès J, Castillo J, et al. Prediction of Postoperative Pulmonary Complications in a Population-based Surgical Cohort: *Anesthesiology.* 2010 Dec;113(6):1338–50.

# ANNEXES

## ANNEXE I : Volumes pulmonaires

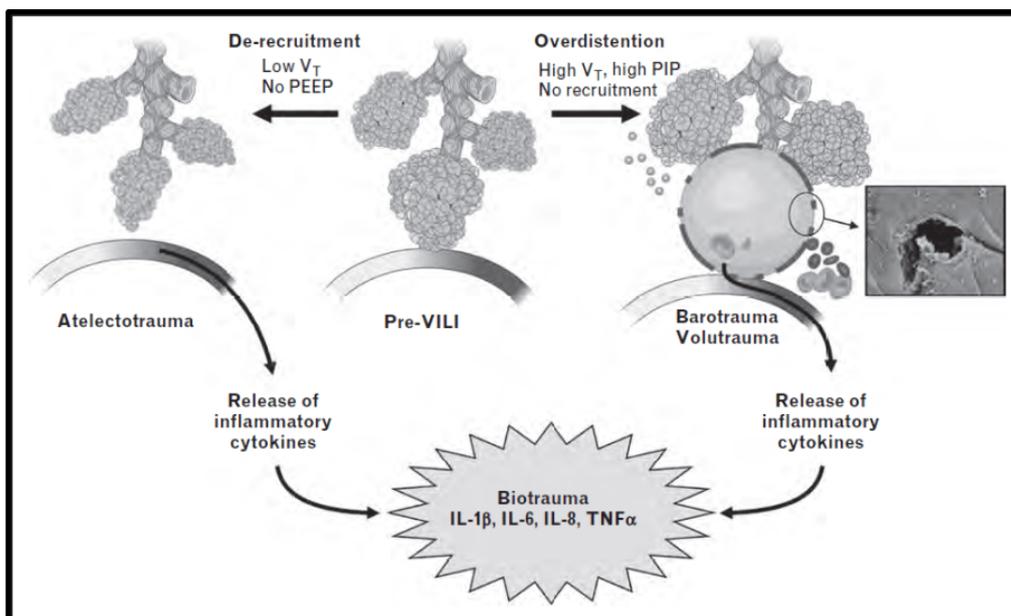


Volume mort = volume résiduel

Volume de fermeture = volume en deçà duquel survient le premier collapsus bronchiolaire

Capacité de fermeture = volume résiduel + volume de fermeture

## ANNEXE II : Ventilation Induced Lung Injury d'après Tusman et al. 2012



Atélectraumatisme : Ouverture-fermeture cyclique des alvéoles induisant des lésions de cisaillement et une inflammation locale par atteinte de la structure cellulaire alvéolaire entraînant la libération de cytokines pro-inflammatoires.

Barotraumatisme : Surpression intra-alvéolaire liée aux volumes et pressions insufflés pouvant conduire à une rupture bronchique ou alvéolaire avec libération d'agents pro-inflammatoires.

Volotraumatisme : Sur-distension d'alvéoles non atelectasiées : les alvéoles atelectasiées étant fermées, le volume courant insufflé se dirige vers les alvéoles ouvertes qui vont alors être surdistendues. Cette lésion est également responsable d'inflammation par relargage de cytokines pro-inflammatoires.

Biotraumatisme : Secondaire au relargage des cytokines pro-inflammatoires pouvant amplifier les lésions induites mécaniquement et, via dissémination systémique, induire un syndrome de défaillance multiviscérale.

### **ANNEXE III : Score de LUS, d'après Rouby. Score sur 36**

A répéter sur chaque quadrant pulmonaire.

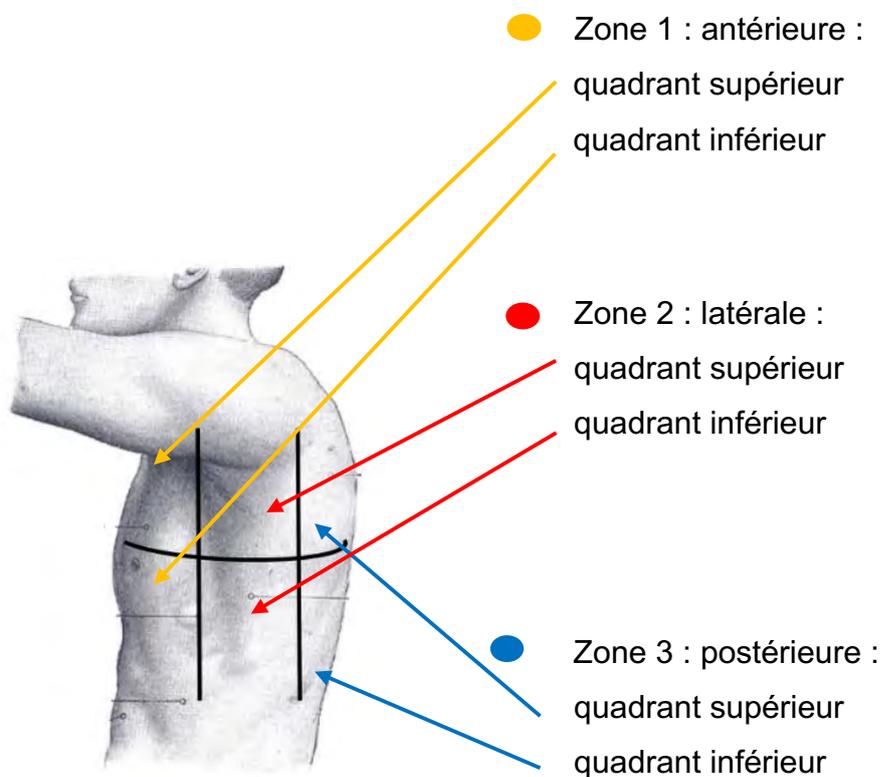
0 = N : normal

1 = B1 : Queues de comètes espacées

2 = B2 : Queue de comètes en rideau/coalescentes

3 = C : Consolidation pulmonaire

**ANNEXE IV : Description des 6 quadrants étudiés en échographie pleuropulmonaire, par hémithorax**



## ANNEXE V : Antécédents

	Population totale n=100	IOT n= 33	ML n=33	RA n=34
<b>Antécédents pulmonaires</b>				
<b>Tabagisme actif</b>	11 (11%)	5 (15%)	3 (9%)	3 (9%)
<b>BPCO</b>	7 (7%)	1(3%)	0	6 (17%)
<b>SAOS</b>	10 (10%)	2 (6%)	0	8 (24%)
<b>Asthme</b>	4 (4%)	1 (3%)	0	3 (9%)
<b>Emphysème</b>	1 (1%)	0	1 (3%)	0
<b>Pneumopathie &lt; 1 mois</b>	3 (3%)	1 (3%)	1 (3%)	1 (3%)
<b>EP &lt; 6 mois</b>	4 (4%)	0	1 (3%)	3 (9%)
<b>Pneumothorax ancien</b>	1 (1%)	0	1 (3%)	0
<b>HTAP</b>	2 (2%)	0	0	2 (6%)
<b>Cardiopathie</b>	12 (12%)	4 (12%)	6 (18%)	2 (6%)
<b>Maladie neuromusculaire</b>	0	0	0	0

BPCO : bronchopneumopathie chronique obstructive, SAOS : syndrome d'apnées du sommeil, EP : embolie pulmonaire, HTAP : hypertension artérielle pulmonaire

## ANNEXE VI : Paramètres ventilatoires sous ventilation mécanique

	AG n=66	IOT n = 33	ML n = 33	p
<b>Durée de ventilation (min)</b>	95,5 [40-210]	100 [57-210]	90 [40-210]	0,22
<b>Entretien (Halogénés/IV)</b>	20/46 (30%/70%)	12/21 (36%/64%)	8/25 (24%/76%)	0,29
<b>Curarisation</b>	23 (35%)	23 (70%)	0 (0%)	<b>&lt;0,0001</b>
<b>Type de ventilation (VVC/VPC)</b>	41/25 (62%/38%)	25/8 (76%/24%)	16/17 (48%/52%)	<b>0,02</b>
<b>Volume courant &lt;6 mL/kg PIT</b>	2 (3%)	1 (3%)	1 (3%)	
<b>6-8 mL/kg PIT</b>	41 (62%)	22 (67%)	19 (58%)	0,46
<b>&gt;8 mL/kg PIT</b>	23 (35%)	10 (30%)	13 (39%)	
<b>PEP (cmH20)</b>	5 [0-8]	5 [4-8]	5 [0-7]	<b>0,008</b>
<b>FiO2 (%)</b>	50 [30-60]	50 [35-60]	50 [30-60]	0,59
<b>Pression motrice (cmH20)</b>	11 [2-18]	10 [4-15]	11 [2-18]	0,56
<b>Manœuvres de recrutement</b>	17 (26%)	14 (42%)	3 (9%)	<b>0,002</b>

AG : anesthésie générale ; IOT : intubation oro-trachéale ; ML : masque laryngé ; RA : rachianesthésie ; SSPI : salle de surveillance post-interventionnelle ; IV : intraveineux ; VVC : ventilation à volume contrôlé ; VPC : ventilation à pression contrôlée ; PIT : poids idéal théorique selon la formule de Lorentz simplifiée ; PEP : pression expiratoire positive ; FiO2 : Fraction inspirée en oxygène ; Pression motrice = Pression de plateau - Pression expiratoire positive  
Résultats exprimés en médiane et extrêmes ou en nombre et pourcentage. p<0,05 significatif

## ANNEXE VII : Rachianesthésie : niveau sensitif avant incision

Métamère	RA n = 34
T12	11 (32%)
T10	13 (38%)
T8	1 (3%)
T6	6 (18%)
T4	3 (9%)

RA : rachianesthésie  
Résultats exprimés en nombre et pourcentage

## ANNEXE VIII : Complications peropératoires

	Population totale n = 100	IOT n = 33	ML n = 33	RA n = 34
Hémorragie	3 (3%)	0	1 (3%)	2 (6%)
Bronchospasme	2 (2%)	0	2 (6%)	/
Intubation difficile	/	1 (3%)	/	/
Nausées/Vomissements	2 (2%)	/	/	2 (6%)
Laryngospasme	1 (1%)	0	1 (3%)	0

AG : anesthésie générale ; IOT : intubation orotrachéale ; ML : masque laryngé ; RA : rachianesthésie  
Résultats exprimés en nombre et pourcentage.  $p < 0,05$  significatif

## ANNEXE IX : Complications en salle de surveillance post-interventionnelle

	Population totale n = 100	AG n = 66		RA n = 34	p
		IOT n = 33	ML n = 33		
Hyperalgie	19 (18%)	19 (29%)		0	
Titration opiacés (mg)	/	4 [0-26]		0 [0-10]	<0,0001
NVPO	10 (10%)	4 (6%)		6 (18%)	
RAU	4 (4%)	0		4 (12%)	
Bronchospasme	2 (2%)	1 (3%)	0	1 (3%)	0,6
SpO2 <90%	9 (9%)	3 (9%)	3 (9%)	3 (9%)	0,99

AG : anesthésie générale ; IOT : intubation orotrachéale ; ML : masque laryngé ; RA : rachianesthésie ; NVPO : nausées/vomissements postopératoires ; SpO2 : saturation pulsée en oxygène ; RAU : rétention aigue d'urines  
Résultats exprimés en médiane et extrêmes ou en nombre et pourcentage.  $p < 0,05$  significatif

## **ANNEXE X : Durée d'hospitalisation et complications postopératoires**

	<b>Population totale n = 100</b>	<b>IOT n = 33</b>	<b>ML n = 33</b>	<b>RA n = 34</b>	<b>P</b>
<b>Durée d'hospitalisation (j)</b>	7 [4-15]	7 [4-15]	7 [4-9]	7 [5-15]	0,23
<b>Pneumopathie</b>	5 (5%)	2 (6%)	2 (6%)	1 (3%)	0,79
<b>Introduction O2</b>	38 (38%)	13 (39%)	10 (30%)	15 (44%)	0,49
<b>Désaturation &gt;4% //SpO2 préop</b>	31 (31%)	10 (30%)	9 (27%)	12 (35%)	0,77
<b>DRA</b>	2 (2%)	1 (3%)	1 (3%)	0	0,59

*IOT : intubation orotrachéale ; ML : masque laryngé ; RA : rachianesthésie ; O2 : oxygène ; SpO2 : saturation pulsée en oxygène ; DRA : détresse respiratoire aiguë.*

*Résultats exprimés en médiane et extrêmes ou en nombre et pourcentage. p<0,05 significatif*

## **ANNEXE XI : Score ARISCAT : évaluation du risque de complication pulmonaire postopératoire**

<b>Facteur de risque</b>	<b>Score</b>
Age 51-80 ans	3
Age > 80 ans	16
SpO2 préop 91-95	8
SpO2 préop ≤ 90	24
Infection respi <1mois	17
Hb préop <10g/dL	11
Chirurgie abdominale haute	15
Chirurgie intrathoracique	24
Durée chirurgie >2-3h	16
Chirurgie >3h	23
Chirurgie en urgence	8

<b>Catégorie de risque</b>	<b>% complication pulmonaire postopératoire</b>
Faible risque <26 points	1,60%
Risque intermédiaire 26-44 points	13,30%
Haut risque ≥ 45 points	42,10%

## ABSTRACT

**Introduction:** Pulmonary complications are common in perioperative period related to hypoventilation and atelectasis. Pulmonary ultrasound semiology has not been yet studied in extrathoracic anaesthesia.

**Aim:** Identify ultrasound changes in anaesthesia on pulmonary parenchyma after knee arthroplasty surgery using LUS score in preoperative, immediate post-operative (D0) and late post-operative (D1) periods.

**Method:** Prospective cohort study from May 2018 to January 2019 with realization of three pulmonary ultrasounds, preoperative, immediate postoperative and late postoperative for each patient involved. LUS score's evolution was compared according to the different anaesthesia modalities (general anaesthesia with orotracheal intubation or laryngeal mask, spinal anaesthesia).

**Results:** 100 patients were involved (34 in the spinal anaesthesia group, 33 in the intubation group and 33 in the laryngeal mask group). Median preoperative LUS score was 1 [0-13], whereas in post anaesthesia care unit there was a loss of aeration with a median LUS score of 4 [0-21] ( $p < 0.0001$ ). Median LUS score at Day 1 was 3 [0-28], testifying a gain of aeration between post anaesthesia care unit and Day 1 ( $p = 0.037$ ) as well as a loss of aeration compared with preoperative period ( $p < 0.0001$ ). In "spinal anaesthesia" group, loss of aeration was higher than in "general anaesthesia" group ( $p = 0.01$ ).

**Conclusion:** LUS score's study in extrathoracic surgery demonstrates a significant loss of aeration between preoperative and postoperative periods. This loss of aeration appears to persist over time. To date, ability of ultrasound to predict postoperative pulmonary complications remains to be evaluated.

**Key-words:** Ultrasound, Pulmonary ultrasonography, an(a)esthesia, lungs, postoperative complications, orthopedic surgery, LUS score, aeration score, knee replacement, knee arthroplasty

---

## REPERCUSSIONS PULMONAIRES DES MODALITES D'ANESTHESIE EVALUEES PAR ECHOGRAPHIE : UNE ETUDE PROSPECTIVE EN CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE PROGRAMMEE

---

### RESUME :

**Rationnel** : La période périopératoire est très pourvoyeuse de complications pulmonaires liées à l'hypoventilation alvéolaire et aux atélectasies. La sémiologie échographique pulmonaire n'a pas encore été étudiée en anesthésie extrathoracique.

**Objectif** : Décrire les atteintes du parenchyme pulmonaire et leur évolution après chirurgie programmée d'arthroplastie de genou par l'étude du score échographique d'aération de LUS.

**Méthodes** : Etude de cohorte prospective de mai 2018 à janvier 2019 avec réalisation de trois échographies pulmonaires pour chaque patient inclus : préopératoire, postopératoire immédiat et le lendemain de l'intervention avec calcul du score de LUS. L'évolution de ce score a été comparée selon les différentes modalités d'anesthésies (anesthésie générale avec intubation oro-trachéale ou masque laryngé, rachianesthésie).

**Résultats** : 100 patients ont été inclus (34 dans le groupe rachianesthésie, 33 dans le groupe intubation et 33 dans le groupe masque laryngé). Le score de LUS médian était en préopératoire à 1 [0-13], en SSPI on notait une perte d'aération avec un score de LUS à 4 [0-21] ( $p < 0,0001$ ). Le LUS médian à J1 était à 3 [0-28] témoignant d'un gain d'aération entre l'échographie en SSPI et à J1 ( $p = 0,037$ ) mais également d'une perte d'aération par rapport au préopératoire ( $p < 0,0001$ ). Dans le groupe « rachianesthésie », la perte d'aération était plus importante ( $p = 0,01$ ).

**Conclusion** : L'étude du score de LUS en périopératoire nous a permis de mettre en évidence une perte d'aération significative entre les temps préopératoire et postopératoire. Cette perte d'aération semble persister dans le temps. La capacité de l'échographie à prédire les complications pulmonaires postopératoires reste à ce jour à évaluer.

---

**TITRE EN ANGLAIS** : *Pulmonary impacts of anesthetic modalities evaluated by ultrasound: A prospective study in scheduled knee arthroplasty*

---

**DISCIPLINE ADMINISTRATIVE** : Médecine spécialisée clinique

---

**MOTS-CLÉS** : échographie pulmonaire, anesthésie, poumons, complications postopératoires, chirurgie orthopédique, score de LUS, arthroplastie de genou, chirurgie prothétique de genou

---

**INTITULÉ ET ADRESSE DE L'UFR OU DU LABORATOIRE** :

Université Toulouse III-Paul Sabatier  
Faculté de médecine Toulouse-Purpan,  
37 Allées Jules Guesde 31000 Toulouse

---

**Directrice de thèse** : Laetitia BOSCH