

Évaluation du logiciel Open Source Osirix chez les patients atteints de fibrose pulmonaire idiopathique

Johanna Pradelli

► **To cite this version:**

Johanna Pradelli. Évaluation du logiciel Open Source Osirix chez les patients atteints de fibrose pulmonaire idiopathique. Médecine humaine et pathologie. 2014. <dumas-01219818>

HAL Id: dumas-01219818

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01219818>

Submitted on 23 Oct 2015

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

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

UNIVERSITE DE NICE SOPHIA ANTIPOLIS

Faculté de Médecine

THESE D'EXERCICE DE MEDECINE

POUR LE

DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE

PAR

Johanna PRADELLI

NEE LE 28 SEPTEMBRE 1985 A ANTIBES

**EVALUATION DU LOGICIEL OPEN SOURCE
OSIRIX CHEZ LES PATIENTS ATTEINTS DE
FIBROSE PULMONAIRE IDIOPATHIQUE**

SOUTENUE ET PRESENTEE PUBLIQUEMENT

A NICE LE 21 OCTOBRE 2014

DEVANT LE JURY COMPOSE DE

MONSIEUR LE PROFESSEUR CHARLES-HUGO MARQUETTE, PRESIDENT DU JURY
ET DIRECTEUR DE THESE

MONSIEUR LE PROFESSEUR Paul HOFMAN,

MONSIEUR LE PROFESSEUR Bernard PADOVANI,

MADAME LE DOCTEUR SYLVIE LEROY.

UNIVERSITE DE NICE SOPHIA ANTIPOLIS

Faculté de Médecine

THESE D'EXERCICE DE MEDECINE

POUR LE

DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE

PAR

Johanna PRADELLI

NEE LE 28 SEPTEMBRE 1985 A ANTIBES

**EVALUATION DU LOGICIEL OPEN SOURCE
OSIRIX CHEZ LES PATIENTS ATTEINTS DE
FIBROSE PULMONAIRE IDIOPATHIQUE**

SOUTENUE ET PRESENTEE PUBLIQUEMENT

A NICE LE 21 OCTOBRE 2014

DEVANT LE JURY COMPOSE DE

MONSIEUR LE PROFESSEUR CHARLES-HUGO MARQUETTE, PRESIDENT DU JURY
ET DIRECTEUR DE THESE

MONSIEUR LE PROFESSEUR Paul HOFMAN,

MONSIEUR LE PROFESSEUR Bernard PADOVANI,

MADAME LE DOCTEUR SYLVIE LEROY.

LISTE DES PROFESSEURS DE LA FACULTE DE MEDECINE DE NICE

UNIVERSITE DE NICE-SOPHIA ANTIPOLIS

FACULTE DE MEDECINE

Liste des professeurs au 1er novembre 2014 à la Faculté de Médecine de Nice

Doyen	M. BAQUÉ Patrick
Assesseurs	M. ESNAULT Vincent M. CARLES Michel Mme BREUIL Véronique
Conservateur de la bibliothèque	Mme DE LEMOS
Chef des services administratifs	Mme CALLEA Isabelle
Doyens Honoraires	M. AYRAUD Noël M. RAMPAL Patrick M. BENCHIMOL Daniel

Professeurs Honoraires

M. BALAS Daniel	M. LALANNE Claude-Michel
M. BLAIVE Bruno	M. LAMBERT Jean-Claude
M. BOQUET Patrice	M. LAZDUNSKI Michel
M. BOURGEON André	M. LEFEBVRE Jean-Claude
M. BOUTTÉ Patrick	M. LE BAS Pierre
M. BRUNETON Jean-Noël	M. LE FICHOUX Yves
Mme BUSSIERE Françoise	M. LOUBIERE Robert
M. CHATEL Marcel	M. MARIANI Roger
M. COUSSEMENT Alain	M. MASSEYEFF René
M. DAR COURT Guy	M. MATTEI Mathieu
M. DELMONT Jean	M. MOUIEL Jean
M. DEMARD François	Mme MYQUEL Martine
M. DOLISI Claude	M. OLLIER Amédée
M. FREYCHET Pierre	M. ORTONNE Jean-Paul
M. GÉRARD Jean-Pierre	M. SCHNEIDER Maurice
M. GILLET Jean-Yves	M. TOUBOL Jacques
M. GRELLIER Patrick	M. TRAN Dinh Khiem
M. HARTER Michel	M. ZIEGLER Gérard
M. INGLES AKIS Jean-André	

M.C.A. Honoraire

Mlle ALLINE Madeleine

M.C.U. Honoraires

M. ARNOLD Jacques
 M. BASTERIS Bernard
 Mlle CHICHMANIAN Rose-Marie
 M. EMILIOZZI Roméo
 M. GASTAUD Marcel
 M. GIRARD-PIPAU Fernand
 M. GIUDICELLI Jean
 M. MAGNÉ Jacques
 Mme MEMRAN Nadine
 M. MENGUAL Raymond
 M. POIRÉE Jean-Claude
 Mme ROURE Marie-Claire

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

M.	AMIEL Jean	Urologie (52.04)
M.	BENCHIMOL Daniel	Chirurgie Générale (53.02)
M.	BOILEAU Pascal	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie (50.02)
M.	DARCOURT Jacques	Biophysique et Médecine Nucléaire (43.01)
M.	DESNUELLE Claude	Biologie Cellulaire (44.03)
Mme	EULLER-ZIEGLER Liana	Rhumatologie (50.01)
M.	FENICHEL Patrick	Biologie du Développement et de la Reproduction (54.05)
M.	FUZIBET Jean-Gabriel	Médecine Interne (53.01)
M.	GASTAUD Pierre	Ophthalmologie (55.02)
M.	GILSON Éric	Biologie Cellulaire (44.03)
M.	GRIMAUD Dominique	Anesthésiologie et Réanimation Chirurgicale (48.01)
M.	HASSEN KHODJA Reda	Chirurgie Vasculaire (51.04)
M.	HÉBUTERNE Xavier	Nutrition (44.04)
M.	HOFMAN Paul	Anatomie et Cytologie Pathologiques (42.03)
M.	LACOUR Jean-Philippe	Dermato-Vénérologie (50.03)
Mme	LEBRETON Élisabeth	Chirurgie Plastique, Reconstructrice et Esthétique (50.04)
M.	MICHIELS Jean-François	Anatomie et Cytologie Pathologiques (42.03)
M.	MOUROUX Jérôme	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire (51.03)
M.	PAQUIS Philippe	Neurochirurgie (49.02)
M.	PRINGUEY Dominique	Psychiatrie d'Adultes (49.03)
M.	QUATREHOMME Gérald	Médecine Légale et Droit de la Santé (46.03)
M.	ROBERT Philippe	Psychiatrie d'Adultes (49.03)
M.	SANTINI Joseph	O.R.L. (55.01)
M.	THYSS Antoine	Cancérologie, Radiothérapie (47.02)
M.	VAN OBBERGHEN Emmanuel	Biochimie et Biologie Moléculaire (44.01)

PROFESSEURS PREMIERE CLASSE

M.	BAQUE Patrick	Anatomie – Chirurgie Générale (42.01)
M.	BATT Michel	Chirurgie Vasculaire (51.04)
M.	BÉRARD Étienne	Pédiatrie (54.01)
M.	BERNARDIN Gilles	Réanimation Médicale (48.02)
M.	BONGAIN André	Gynécologie-Obstétrique (54.03)
Mme	CRENESSE Dominique	Physiologie (44.02)
M.	DE PERETTI Fernand	Anatomie-Chirurgie Orthopédique (42.01)
M.	DRICI Milou-Daniel	Pharmacologie Clinique (48.03)
M.	ESNAULT Vincent	Néphrologie (52-03)
M.	FERRARI Émile	Cardiologie (51.02)
M.	GIBELIN Pierre	Cardiologie (51.02)
M.	GUGENHEIM Jean	Chirurgie Digestive (52.02)
Mme	ICHAÏ Carole	Anesthésiologie et Réanimation Chirurgicale (48.01)
M.	LONJON Michel	Neurochirurgie (49.02)
M.	MARQUETTE Charles-Hugo	Pneumologie (51.01)
M.	MARTY Pierre	Parasitologie et Mycologie (45.02)
M.	MOUNIER Nicolas	Cancérologie, Radiothérapie (47.02)
M.	PADOVANI Bernard	Radiologie et Imagerie Médicale (43.02)
M.	PAQUIS Philippe	Neurochirurgie (49.02)
Mme	PAQUIS Véronique	Génétique (47.04)
M.	RAUCOULES-AIMÉ Marc	Anesthésie et Réanimation Chirurgicale (48.01)
Mme	RAYNAUD Dominique	Hématologie (47.01)
M.	ROSENTHAL Eric	Médecine Interne (53.01)
M.	SCHNEIDER Stéphane	Nutrition (44.04)
M.	THOMAS Pierre	Neurologie (49.01)
M.	TRAN Albert	Hépatogastro-entérologie (52.01)

PROFESSEURS DEUXIEME CLASSE

M.	ALBERTINI Marc	Pédiatrie (54.01)
Mme	ASKENAZY-GITTARD Florence	Pédopsychiatrie (49.04)
M.	BAHADORAN Philippe	Cytologie et Histologie (42.02)
M.	BAQUÉ Patrick	Anatomie - Chirurgie Générale (42.01)
M.	BARRANGER Emmanuel	Gynécologie Obstétrique (54.03)
M.	BENIZRI Emmanuel	Chirurgie Générale (53.02)
Mme	BLANC-PEDEUTOUR Florence	Cancérologie – Génétique (47.02)
M.	BREAUD Jean	Chirurgie Infantile (54-02)
Mlle	BREUIL Véronique	Rhumatologie (50.01)
M.	CANIVET Bertrand	Médecine Interne (53.01)
M.	CARLES Michel	Anesthésiologie Réanimation (48.01)
M.	CASSUTO Jill-Patrice	Hématologie et Transfusion (47.01)
M.	CHEVALLIER Patrick	Radiologie et Imagerie Médicale (43.02)
Mme	CHINETTI Giulia	Biochimie-Biologie Moléculaire (44.01)
M.	DUMONTIER Christian	Chirurgie plastique
M.	FERRERO Jean-Marc	Cancérologie ; Radiothérapie (47.02)
M.	FOURNIER Jean-Paul	Thérapeutique (48-04)
M.	FREDENRICH Alexandre	Endocrinologie, Diabète et Maladies métaboliques (54.04)
Mlle	GIORDANENGO Valérie	Bactériologie-Virologie (45.01)

M.	GUÉRIN Olivier	Gériatrie (48.04)
M.	HANNOUN-LEVI Jean-Michel	Cancérologie ; Radiothérapie (47.02)
M.	IANNELLI Antonio	Chirurgie Digestive (52.02)
M.	JOURDAN Jacques	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire (51.03)
M.	LEVRAUT Jacques	Anesthésiologie et Réanimation Chirurgicale (48.01)
M.	PASSERON Thierry	Dermato-Vénérologie (50-03)
M.	PICHE Thierry	Gastro-entérologie (52.01)
M.	PRADIER Christian	Épidémiologie, Économie de la Santé et Prévention(46.01)
M.	ROGER Pierre-Marie	Maladies Infectieuses; Maladies Tropicales (45.03)
M.	ROHRLICH Pierre	Pédiatrie (54.01)
M.	RUIMY Raymond	Bactériologie-virologie (45.01)
Mme	SACCONI Sabrina	Neurologie (49.01)
M.	SADOUL Jean-Louis	Endocrinologie, Diabète et Maladies Métaboliques (54.04)
M.	STACCINI Pascal	Biostatistiques et Informatique Médicale (46.04)
M.	THOMAS Pierre	Neurologie (49.01)
M.	TROJANI Christophe	Chirurgie Orthopédique et Traumatologique (50.02)
M.	VENISSAC Nicolas	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire (51.03)
M.	ROHRLICH Pierre	Pédiatrie (54.01)
M.	RUIMY Raymond	Bactériologie – virologie (45.01)
M.	SADOUL Jean-Louis	Endocrinologie, Diabète et Maladies Métaboliques (54.04)
M.	STACCINI Pascal	Biostatistiques et Informatique Médicale (46.04)
M.	THOMAS Pierre	Neurologie (49.01)
M.	TROJANI Christophe	Chirurgie Orthopédique et Traumatologique (50.02)
M.	VENISSAC Nicolas	Chirurgie Thoracique et Cardio-Vasculaire (51.03)

PROFESSEUR DES UNIVERSITES

M.	SAUTRON Jean-Baptiste	Médecine Générale
----	-----------------------	-------------------

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

Mme	ALUNNI-PERRET Véronique	Médecine Légale et Droit de la Santé (46.03)
M.	AMBROSETTI Damien	Cytologie et Histologie (42.02)
Mme	BANNWARTH Sylvie	Génétique (47.04)
M.	BENOLIEL José	Biophysique et Médecine Nucléaire (43.01)
Mme	BERNARD-POMIER Ghislaine	Immunologie (47.03)
Mme	BUREL-VANDENBOS Fanny	Anatomie et Cytologie pathologiques (42.03)
M.	DELOTTE Jérôme	Gynécologie-Obstétrique (54.03)
M.	DOGLIO Alain	Bactériologie-Virologie (45.01)
M.	FOSSE Thierry	Bactériologie-Virologie-Hygiène (45.01)
M.	GARRAFFO Rodolphe	Pharmacologie Fondamentale (48.03)
Mme	GIOVANNINI-CHAMI Lisa	Pédiatrie (54.01)
Mme	HINAULT Charlotte	Biochimie et biologie moléculaire (44.01)
Mlle	LANDRAUD Luce	Bactériologie–Virologie (45.01)
Mme	LEGROS Laurence	Hématologie et Transfusion (47.01)
Mme	MAGNIÉ Marie-Noëlle	Physiologie (44.02)
Mme	MOCERI Pamela	Cardiologie (51.02)
Mme	MUSSO-LASSALLE Sandra	Anatomie et Cytologie pathologiques (42.03)
M.	NAÏMI Mourad	Biochimie et Biologie moléculaire (44.01)
M.	PHILIP Patrick	Cytologie et Histologie (42.02)
Mme	POMARES Christelle	Parasitologie et mycologie (45.02)
Mlle	PULCINI Céline	Maladies Infectieuses; Maladies Tropicales (45.03)
M.	ROUX Christian	Rhumatologie (50.01)

M.	TESTA Jean	Épidémiologie Économie de la Santé et Prévention (46.01)
M.	TOULON Pierre	Hématologie et Transfusion (47.01)

PROFESSEURS ASSOCIES

M.	HOFLLIGER Philippe	Médecine Générale
Mme	POURRAT Isabelle	Médecine Générale
M.	PRENTKI Marc	Biochimie et Biologie Moléculaire

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES

Mme	CHATTI Kaouthar	Biophysique et Médecine Nucléaire
M	DARMON David	Médecine Générale
M	GARDON Gilles	Médecine Générale
Mme	MONNIER Brigitte	Médecine Générale
M	PAPA Michel	Médecine Générale

PROFESSEURS CONVENTIONNES DE L'UNIVERSITE

M.	BERTRAND François	Médecine Interne
M.	BROCKER Patrice	Médecine Interne Option Gériatrie
M.	CHEVALLIER Daniel	Urologie
Mme	FOURNIER-MEHOUAS Manuella	Médecine Physique et Réadaptation
M.	QUARANTA Jean-François	Santé Publique

*« Soigner. Donner des soins,
C'est aussi une politique.
Cela peut être fait avec une rigueur
Dont la douceur est l'enveloppe essentielle.
Une attention exquise à la vie,
Que l'on veille et surveille.
Une précision constante.
Une sorte d'élégance dans les actes,
Une présence et une légèreté,
Une prévision et une sorte de perception
Très éveillée qui observe les moindres signes.
C'est une sorte d'œuvre, de poème
(Et qui n'a jamais été écrit),
Que la sollicitude intelligente compose.»*

Paul Valéry.

REMERCIEMENTS

A Monsieur le Professeur Charles Hugo MARQUETTE,

Je vous remercie pour votre accompagnement dans ma formation durant ces quatre années d'internat. C'est un honneur pour moi de me former à vos côtés.

A Monsieur le Professeur Paul HOFMAN,

Je vous remercie de m'avoir fait l'honneur de siéger dans ce jury et de juger ce travail.

A Monsieur le Professeur Bernard PADOVANI,

C'est un honneur pour moi de bénéficier de votre expertise dans mon travail. Je vous remercie d'avoir accepté d'être membre de mon jury.

A Madame le Docteur Sylvie LEROY,

C'est une réelle chance pour moi de bénéficier de ton savoir et de tes compétences médicales. Je te remercie profondément pour ton soutien et ton écoute.

A mes aînés,

Céline, merci du fond du cœur pour ton soutien et ton aide au quotidien. Je suis heureuse de pouvoir poursuivre ma formation pendant deux ans à tes côtés!

Monsieur Macone, merci de me faire grandir de votre expérience tous les jours.

Pierre, votre écoute et vos conseils m'ont été d'une grande aide et réconfort : Merci infiniment.

Monsieur Perrin, merci pour votre accompagnement quand j'étais toute jeune interne: votre sagesse et dévouement sont des exemples pour moi.

Pierre Marie, merci pour la confiance que vous avez mis en moi. Ce fut un réel plaisir de travailler à vos côtés pendant ces années.

Démosthènes, merci pour la formation que vous m'avez délivré pendant ces derniers mois. Ce fut un réel plaisir de vous rencontrer : merci de m'avoir fait confiance dans les différents projets entrepris.

Dottore Ariani, grazie mille per la sua disponibilità e aiuta in questo progetto.

Marie Baqué, merci pour vos compétences, votre simplicité et gentillesse.

Charles et Michèle, merci pour votre soutien et vos attentions : ça a été un plaisir de travailler avec vous : vous allez me manquer !!

Merci à Mme Bonnetaud pour son aide et sa gentillesse.

Merci au docteur Van Gysel pour son aide en statistique!

A ma famille et proches,

A ma sœur Emmanuelle, je n'ai pas assez de place ici pour te remercier. Tu soignes tous mes maux depuis tant d'années et malgré la distance, tu as été près de moi à chaque seconde. Que ferai-je sans toi ? Tu es mon exemple. Prends soin de toi, de mon amourette et la bichette qui va arriver. Je t'aime.

A mon frère Antoni, quelle fierté d'être ta sœur ! Je suis ta grande sœur et pourtant tu me protèges comme un grand frère : je t'aime.

A mes parents, merci pour tout ce que vous avez fait pour moi et pour votre soutien dans tous mes projets : je vous aime.

Laurent, je suis heureuse tous les jours à tes cotés ; merci pour ta patience, ta gentillesse et ton amour : je t'aime.

Papi, mamie, vous avez suivi notre parcours sans en perdre une miette depuis tant d'années : Ca y est on y est arrivé ! Merci pour votre amour.

Merci à mes tantes, oncles, cousins, cousines, belles-soeurs et beaux-frères pour leur soutien quotidien!

Merci à ma grande tante Paquita.

A mes amis,

Fabien et Sandra, je suis contente de vous retrouver. Fabien, c'est une chance de t'avoir rencontré dans ma formation professionnelle : tu es un médecin exemplaire !

Agnès, tu es partie ma cop's mais je pense à toi !! Bon courage pour la suite et félicitations pour ton mariage !

Eric, le temps passe mais c'est toujours un plaisir de te revoir !!

A mes co-internes : merci pour votre soutien, votre écoute. C'est un plaisir de travailler avec vous : maintenant c'est moi la chef !!

Merci aux infirmiers et infirmières, aides-soignantes et soignants du H2, HDJ, H3S et endoscopie, Ariane et Jennifer pour votre soutien quotidien tout au long de mon parcours.

Merci à ma petite famille du H3Réa : votre bonne humeur et votre gentillesse m'ont souvent redonnées le sourire.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	2
LISTE DES ABREVIATIONS	6
RESUME	7
I INTRODUCTION	9
II MATERIELS ET METHODES	15
1) Sélection des patients	16
2) Données cliniques	17
3) Exploration fonctionnelle respiratoire	17
4) Tomodensitométrie thoracique	17
5) Analyse statistique	18
III RESULTATS.....	19
1) Description de la population	20
2) Manipulation du logiciel Osirix.....	22
3) Analyse tomodensitométrique du volume pulmonaire et corrélation avec les EFR.....	22
4) Paramètres de densité pulmonaire.....	24
5) Corrélation entre paramètres de densité pulmonaire et fonction respiratoire	26
6) Suivi longitudinal des patients.....	28
IV DISCUSSION.....	30
V CONCLUSION	36
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	38
LISTE DES ILLUSTRATIONS ET TABLEAUX.....	42
ANNEXES.....	43
Annexe 1: Etapes de segmentation pulmonaire par le logiciel Osirix.....	43
Annexe 2: Corrélation entre les paramètres de densité pulmonaire (skweness et kurtosis) et les EFR (CVF, CPT et DLCO).	44
SERMENT D'HIPPOCRATE	45

LISTE DES ABREVIATIONS

BPCO	<i>BronchoPneumopathie Chronique Obstructive</i>
CPT	<i>Capacité Pulmonaire Totale</i>
CVF	<i>Capacité Vitale Forcée</i>
DICOM	<i>Digital Imaging and Communication in Medicine</i>
DLCO	<i>Diffusion Libre du monoxyde de Carbone</i>
EFR	<i>Explorations Fonctionnelles Respiratoires</i>
FPI	<i>Fibrose Pulmonaire Idiopathique</i>
HU	<i>Hounsfield Unit</i>
L	<i>Litre</i>
M	<i>Mètre</i>
Min	<i>Minute</i>
ml	<i>Millilitre</i>
MLA	<i>Mean Lung Attenuation</i>
PA	<i>Paquet-Années</i>
PIC	<i>Pneumopathie Interstitielle Commune</i>
PID	<i>Pneumopathie Interstitielle Diffuse</i>
PHS	<i>Pneumopathie d'Hypersensibilité</i>
PINS	<i>Pneumopathie Interstitielle Non Spécifique</i>
ROI	<i>Region Of Interest</i>
TDM	<i>TomoDensitoMétrie</i>
UIP	<i>Usual Interstitial Pneumonia</i>
VEMS	<i>Volume Expiratoire Minimal par Seconde</i>

RESUME

La tomodensitométrie thoracique et les explorations fonctionnelles respiratoires sont les pierres angulaires du diagnostic et du suivi des patients atteints de fibrose pulmonaire idiopathique (FPI). La quantification lésionnelle radiologique est un élément du pronostic qui peut aussi être déterminante pour la décision thérapeutique. Cependant, la mesure de densité n'est pas utilisée en pratique courante. La mise à disposition du logiciel Open Source OSIRIX permet une analyse aisée des images radiologiques au format DICOM et des paramètres de densité pulmonaire. Notre objectif a été d'étudier si ce logiciel pouvait être utilisé chez les patients atteints de FPI. Nous nous sommes intéressés à la comparaison du volume pulmonaire mesuré par le logiciel à ceux mesurés par la pléthysmographie. Ensuite, nous avons étudié la corrélation entre les paramètres de densité et les paramètres fonctionnels respiratoires. Enfin, chez les patients pour lesquels nous disposons d'un suivi scanographique et fonctionnel respiratoire, nous nous sommes intéressés à la corrélation entre la variation dans le temps des paramètres TDM et de la fonction respiratoire.

Cinquante-huit patients ont été sélectionnés à partir de la base de données régionale des pneumopathies infiltratives diffuses. Le diagnostic de FPI était établi à partir de critères tomodensitométriques et/ou anatomopathologiques. Les volumes et paramètres de densité pulmonaires ont été mesurés sur le volume pulmonaire total par le logiciel après une étape de segmentation pulmonaire réalisée par une technique semi-automatique. Aucune intervention manuelle supplémentaire n'était nécessaire.

Il existait une excellente corrélation entre les volumes pulmonaires mesurés par la pléthysmographie (CPT et CVF) et le volume mesuré par Osirix (respectivement $R= 0.80$ et $R= 0.88$ $p<0.0001$). Les valeurs des trois paramètres de densité pulmonaire MLA, skewness et

kurtosis étaient strictement superposables aux données présentes dans la littérature. La corrélation la plus importante mise en évidence est celle entre la densité pulmonaire (MLA), la capacité pulmonaire totale (CPT) et la capacité vitale forcée (CVF) respectivement $R = -0.70$ $p < 0.0001$ et $R = -0.68$ $p < 0.0001$). La corrélation la moins importante concernait la DLCO et le coefficient de kurtosis ($R = 0.37$ $p < 0.01$). On observait aussi une corrélation dans le temps entre la variation de la CVF et la variation des paramètres densitométriques. La tomодensitométrie thoracique couplée à l'histoire clinique est actuellement la pierre d'angle de la démarche diagnostique dans les PID. Les logiciels d'analyse densitométrique n'ont probablement pas leur place dans la démarche diagnostique. Ils ont peut-être un intérêt chez les patients dont l'évolution clinique et fonctionnelle respiratoire est équivoque (aggravation ? stabilité ?) et pour lesquels il y a un enjeu thérapeutique. Nous avons montré que le logiciel Open Source Osirix faisait au moins aussi bien que les logiciels dédiés aux consoles radiologiques. Reste maintenant à évaluer à grande échelle la place réelle de ce type d'approche dans le suivi des patients atteints de FPI.

I INTRODUCTION

La fibrose pulmonaire idiopathique (FPI) est une pathologie de l'interstitium pulmonaire, d'évolution progressive et de cause inconnue. Il s'agit d'une affection grave dont le taux de mortalité est supérieur à la plupart des cancers (médiane de survie à 3 ans) (1). Jusqu'à un passé récent, le corps médical en général était désarmé face à cette affection car il n'existait aucun traitement en dehors de la transplantation pulmonaire qui était réservée aux patients suffisamment jeunes et sans comorbidités.

Des efforts intenses ont été entrepris au cours des quinze dernières années qui ont abouti à une meilleure compréhension des mécanismes physiopathologiques qui soutendent la FPI (2); la création d'index pronostiques (3) et la mise sur le marché d'un premier traitement et le développement de nouvelles molécules encore en cours d'essai.

Le premier médicament à avoir obtenu l'Autorisation de Mise sur le Marché est la Pirfénidone®, molécule à activité anti-inflammatoire et antiproliférative qui a démontré un bénéfice en terme de ralentissement de la dégradation de la fonction respiratoire et une tolérance clinique acceptable chez les patients ayant une capacité vitale forcée (CVF) $\geq 50\%$ et une valeur du transfert de monoxyde de carbone (DLCO) $\geq 35\%$ (4,5).

La deuxième molécule prochainement disponible est un inhibiteur des Tyrosines Kinases, famille de molécules également utilisées en cancérologie qui agit comme bloqueur des voies de signalisation impliquées dans le processus fibrotique (6,7).

Dans ce contexte, il devient crucial que le praticien puisse disposer de moyens simples et robustes pour surveiller l'évolution de la maladie, afin de pouvoir proposer en temps et en heure l'accès aux traitements disponibles, l'accès à de nouvelles molécules dans le cadre d'essais cliniques ou l'accès à la greffe pulmonaire, en cas de progression de la maladie.

La tomodensitométrie thoracique a une place essentielle dans le diagnostic des pneumopathies infiltratives diffuses (PID) chroniques. L'amélioration de la qualité des images a permis une caractérisation lésionnelle plus précise, indispensable au raisonnement diagnostique. Dans la FPI, ce dernier repose sur l'association de plusieurs lésions élémentaires définissant un profil lésionnel (pattern) évocateur permettant dans la majorité des cas de faire l'économie d'une biopsie pulmonaire chirurgicale (1,8–10)

Certains travaux ont montré que l'analyse des images tomodensitométriques permettait de préciser le pronostic, aussi bien au moment du diagnostic, que dans le suivi du patient. La quantification lésionnelle de l'extension des lésions de fibrose est un des éléments de gradation de la sévérité de la maladie. Les critères scanographiques retenus comme associés à un risque augmenté de mortalité sont l'extension du rayon de miel au diagnostic et sa progression au cours du suivi (8,11–13).

Les explorations fonctionnelles respiratoires sont la pierre angulaire de l'évaluation de la gravité de la FPI et de sa surveillance. Différentes études ont montré qu'un déclin de la capacité vitale forcée (CVF) à 6 ou 12 mois était associé à une diminution de la survie (14,15). Le déclin de la fonction respiratoire et notamment de la CVF et de la capacité de diffusion du monoxyde de carbone (DLCO) est clairement identifié comme un facteur prédictif de mortalité (3,16).

Afin d'améliorer et d'homogénéiser l'évaluation de la maladie, différents scores composites associant les données fonctionnelles respiratoires et radiologiques ont été développés et permettent de déterminer de manière plus objective le pronostic de la maladie (17,18)

Certaines études ont mis en évidence une corrélation entre les différents « patterns » radiologiques et les explorations fonctionnelles respiratoires (19,20).

L'évaluation radiologique de l'extension des zones de fibrose dans la FPI et dans les pneumopathies infiltratives diffuses en général étant soumise à des variations intra et inter-observateurs, des techniques de quantification automatisée ont été développées pour améliorer sa reproductibilité (21–23). Les plus simples d'entre elles reposent sur l'analyse des histogrammes de densité du parenchyme pulmonaire (24–29)

Les paramètres de densité utilisés sont l'atténuation pulmonaire moyenne (MLA pour Mean Lung Attenuation), le coefficient de dissymétrie (Skewness) et le coefficient d'aplatissement (Kurtosis). L'atténuation pulmonaire moyenne est la moyenne des densités dans le volume d'intérêt. Skweness et kurtosis sont des paramètres de répartition de ces densités. Chez un sujet sain, l'histogramme de densité est dit « pointu » et asymétrique, dévié vers la gauche sur l'axe des abscisses; autrement dit la majorité des pixels se trouve dans une zone étroite de densité basse (densité pulmonaire normale comprise entre -900 et -700 Hounsfield Unit (HU)) (**figure 1a**).

Chez un sujet atteint de fibrose pulmonaire, l'atténuation pulmonaire moyenne est plus importante et la distribution des densités différente: l'histogramme est dit aplati (kurtosis plus faible), dévié vers la droite (skweness plus faible) (**figure 1b**). Ceci traduit à la fois une densification du parenchyme pulmonaire et une réduction de son volume.

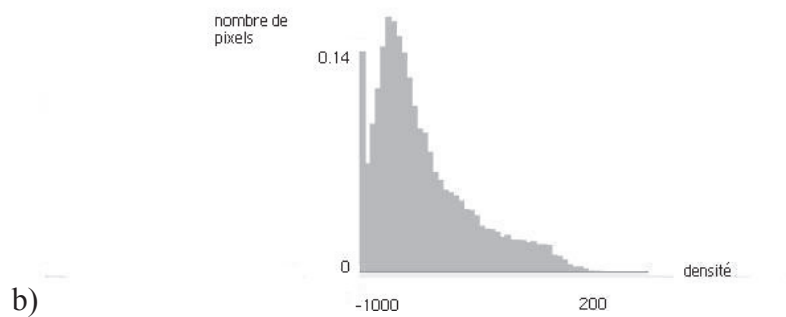
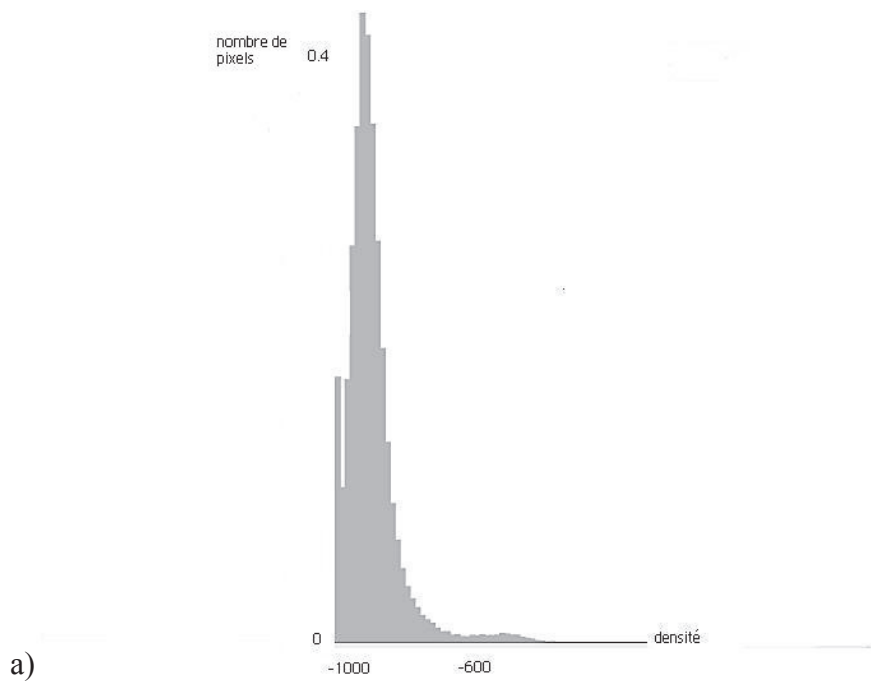


Figure 1: Histogrammes de densité pulmonaire scanographique: (a): Chez un sujet sain, l'histogramme de densité est pointu et dévié vers la gauche (un grand nombre de pixels se situe entre des densités normales de -900 à -700 HU). b) Histogramme de densité chez un patient atteint de FPI : l'histogramme est aplati, et la répartition de densité déviée vers la droite (un grand nombre de pixels se situent entre des densités plus élevées).

L'analyse des densités pulmonaires a montré son intérêt dans le suivi et l'évaluation pronostique de FPI mais ne fait cependant pas partie de la pratique courante (24,26). Do et al. (30), ont même suggéré que l'analyse des densités pulmonaires, combinée au pattern radiologique, pouvait aider au diagnostic différentiel entre PINS et UIP chez les patients ne présentant pas de rayon de miel. Un des freins à l'introduction de l'imagerie thoracique dans la surveillance en pratique clinique courante est l'absence de standardisation des techniques de mesures de densité, la nécessité d'une expertise radiologique dédiée et surtout le coût élevé des licences des logiciels d'analyse d'images nécessaires à ces études.

Des logiciels « Open Source » tel qu'OSIRIX (31), permettent une analyse aisée des images au format DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine). Ils pourraient représenter une solution pour introduire l'imagerie thoracique dans la surveillance des patients souffrant de pathologies pulmonaires interstitielles (28,29) et notamment de FPI.

L'objectif de notre étude est d'évaluer l'intérêt du logiciel Open Source Osirix chez les patients atteints de FPI en terme de quantification lésionnelle parenchymateuse. Nous avons comparé dans un premier temps la mesure des volumes pulmonaires par le logiciel par rapport à la pléthysmographie. Nous avons étudié ensuite la corrélation entre les paramètres de densité pulmonaire et les paramètres fonctionnels respiratoires à un temps donné. Enfin, chez les patients pour lesquels nous disposions d'un suivi scanographique et fonctionnel respiratoire, nous nous sommes intéressés à la corrélation entre la variation des paramètres TDM et de la fonction respiratoire.

II MATERIELS ET METHODES

1) Sélection des patients

Il s'agit d'une étude observationnelle menée au sein du service de pneumologie du Centre Hospitalier Universitaire de Nice.

La sélection des patients a été réalisée à partir de la base de données régionale des pneumopathies infiltratives pulmonaires.

Les critères d'inclusion étaient les suivants:

- diagnostic de fibrose pulmonaire idiopathique selon les critères ATS/ERS (1) retenu après discussion du dossier en réunion de concertation pluridisciplinaire réunissant pneumologues, radiologues et anatomopathologistes.
- l'existence d'une imagerie thoracique et d'une exploration fonctionnelle respiratoire concomitante (espacées d'un délai inférieur ou égal à un mois)
- à distance (strictement supérieure à 3 mois) de toute exacerbation.

Les critères de non-inclusion étaient les suivants:

- diagnostics incompatibles avec une FPI selon les critères ATS/ERS,
- pneumopathies interstitielles secondaires, associées aux connectivites, médicamenteuses ou environnementales,
- scanners thoraciques ne répondant pas aux critères de qualité pour l'interprétation d'une PID.

2) Données cliniques

Les caractéristiques cliniques recueillies pour chaque patient étaient les suivantes : l'âge, le sexe, le tabagisme en paquet-années (PA), les EFR (cf.infra), le stade de sévérité de la fibrose, le test de marche de six minutes (TM6).

3) Exploration fonctionnelle respiratoire

Sur le plan fonctionnel étaient recueillies les données d'explorations fonctionnelles respiratoires, réalisées selon les recommandations européennes ATS/ERS (32), comprenant une spirométrie (VEMS, VEMS/CVF, CVF), une mesure des volumes pulmonaires gazeux par pléthysmographie (CPT) et une mesure du transfert du monoxyde de carbone (DLCO) corrigé par le taux d'hémoglobine. Le matériel de pléthysmographie utilisée était le modèle suivant: Body Box 5500 (Médisoft Ex-pair, Belgique). Les données de la fonction respiratoire permettaient de séparer les fibroses légères à modérées ($CVF \geq 50$ et $DLCO \geq 35\%$) des fibroses sévères ($CVF < 50\%$ ou $DLCO < 35\%$).

4) Tomodensitométrie thoracique

Tous les scanners étaient réalisés selon les recommandations internationales pour le diagnostic des PID (1) , dans le service d'imagerie thoracique du CHU de Nice (B Padovani, M Baqué), sur un scanner General Electric, Light Speed 64 (VCT), Software Version: 11HW12.5.

Le CDrom de stockage de l'imagerie était chargé dans un micro-ordinateur portable fonctionnant avec le système d'exploitation MacOS 10.8 ou 10.9. Le logiciel Open Source Osirix installé sur cet ordinateur est spécialement conçu pour la navigation et la manipulation d'images selon un mode multidimensionnel. Il permet également la mesure de densité et de

volumes pulmonaires. Les images stockées sur le CDrom étaient automatiquement extraites par le logiciel Osirix qui les enregistrerait sur sa propre base de données.

Pour chaque patient, la première étape est dite étape de «segmentation pulmonaire». Elle vise à extraire par une technique semi-automatique ce qui correspond au parenchyme pulmonaire et de l'isoler des tissus et structures environnants (**annexe 1**). Pour des raisons de simplicité et de rapidité d'analyse, l'air contenu dans la trachée et les grosses voies aériennes a été délibérément inclus dans l'analyse. Au terme de cette étape de segmentation, on a défini la région d'intérêt (ROI) correspondant au volume pulmonaire total. On peut alors s'intéresser aux mesures des paramètres de densité sur l'ensemble du parenchyme pulmonaire.

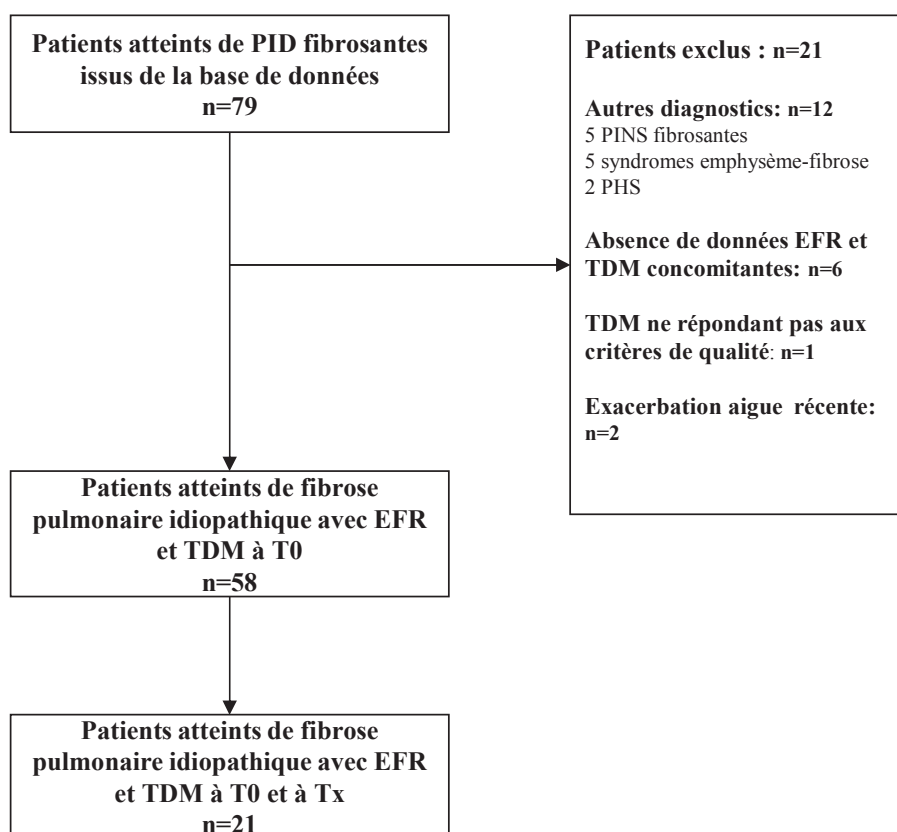
5) Analyse statistique

Les données quantitatives sont présentées sous formes de moyennes \pm déviation standard. Pour les comparaisons entre groupes, les données continues étaient analysées par un test de Mann Whitney. Un test de Bland Altman (33) a permis de comparer la méthode de mesure radiologique du volume pulmonaire à la pléthysmographie considérée comme la méthode de référence. Un test de corrélation de Spearman a été effectué pour analyser la relation entre chaque valeur tomodensitométrique (MLA, skewness, kurtosis) et chaque valeur fonctionnelle respiratoire à T₀, ainsi que pour analyser leur variation dans le temps. Un test des rangs de Wilcoxon a été utilisé pour étudier les variations des paramètres fonctionnels et tomodensitométriques entre T₀ et T_x. Un résultat a été considéré comme significatif pour un petit $p < 0.05$. L'analyse statistique a été réalisée à l'aide des logiciels statistiques Statview 5.0 et XLSTAT.

III RESULTATS

1) Description de la population

Soixante-dix-neuf patients suspects de FPI étaient extraits de notre base de données (**figure2**). Douze ont été exclus en raison d'un diagnostic alternatif, six en raison de l'absence d'EFR et de scanner concomitant, 1 en raison d'un scanner de qualité insuffisante et deux en raison de l'existence d'une exacerbation aigüe récente. Ainsi donc, 58 patients ont été inclus dans l'étude. Vingt-six patients étaient des cas incidents (signes cliniques datant de moins de 6 mois) et 32 cas étaient des cas prévalents. Le sexe ratio homme/femme était de 2.9 et l'âge moyen de 72 ± 9 ans. Un tiers des patients étaient anciens fumeurs avec un tabagisme évalué en moyenne à 23 paquets-année (**tableau 1**). Trente-sept patients étaient atteints d'une fibrose légère à modérée contre 21 patients atteints de fibrose sévère. Nous disposions d'une évaluation fonctionnelle respiratoire et d'une imagerie thoracique à T₀ pour la totalité des patients, et pour 21 d'entre eux, nous disposions d'une évaluation fonctionnelle respiratoire et d'une imagerie thoracique à T₀ et T_x ($x \geq 6$ mois) avec un délai moyen entre les deux évaluations de 19 mois (range 6-36 mois) (**figure 2**). La répartition des diagnostics de PIC (certaine, possible, probable, incompatible) était la suivante: 27 patients étaient classés PIC certaine sur la base de l'imagerie, 21 classés PIC certaine sur la base de l'imagerie et de la biopsie pulmonaire chirurgicale et 10 classés PIC possible sur la base de l'imagerie.



PID: Pneumopathie Interstitielle Diffuse; PINS: Pneumopathie Interstitielle Non Spécifique ; PHS: Pneumopathie d'Hypersensibilité.

Figure 2: Organigramme des patients inclus dans l'étude.

Variabiles	Moyenne±DS	range
Age, années	72±9	46-85
Tabagisme, PA	23±24	0-80
CVF, l (%)	2,35±0,89 (72)	1,09-4,05
VEMS, l (%)	1,89±0,71 (74)	0,62-3,56
VEMS/CVF, %	82±10	49-117
DLCO, ml/mmHg/min (%)	10,78±4,64 (45)	2,93-23,23
CPT, l (%)	4,28±1,25 (70)	2,05-6,98
Vol radio, l	3,65±1,29	1,37-6,12
Distance TM6, m	375±110	160-617
Nadir SpO2, %	87±6	70-98
MLA, HU	-701±78	-825/-514
Skweness	1,63±0,52	0,62-3,35
Kurtosis	3,18±3,36	-0.46-23.14

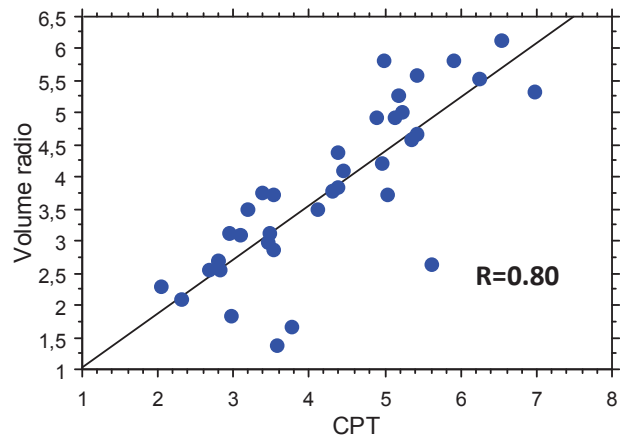
Tableau 1: Caractéristiques cliniques, fonctionnelles et tomodynamométriques des patients à T0 (DS= déviation standard, vol radio= volume radiologique).

2) Manipulation du logiciel Osirix

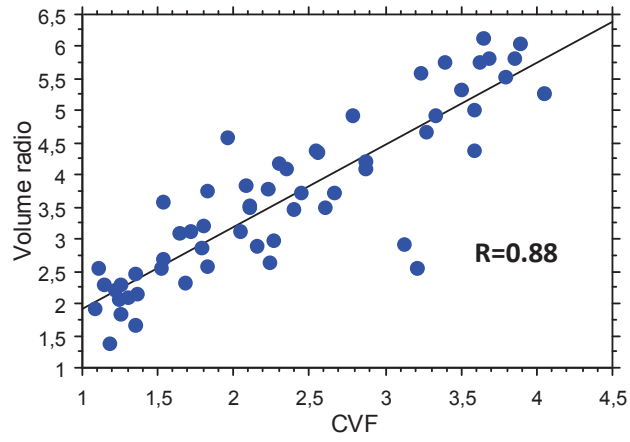
L'évaluateur (J.Pradelli) a suivi une formation d'environ 1 heure à l'utilisation du logiciel. La facilité d'utilisation et le caractère intuitif du logiciel a permis d'effectuer la segmentation pulmonaire, de mesurer le volume pulmonaire et les paramètres de densité en moins de cinq minutes pour chacun des patients.

3) Analyse tomодensitométrique du volume pulmonaire et corrélation avec les EFR

Nous avons comparé à T₀ le volume pulmonaire mesuré par le logiciel Osirix à partir des images radiologiques, au volume pulmonaire mesuré par pléthysmographie que nous avons considérée comme étant la méthode de référence. Nous avons mis en évidence une corrélation excellente entre la CPT et le volume pulmonaire mesuré par Osirix ($R= 0.80$, $p<0.0001$) (**figure 3a**). Cependant, il existait un différentiel de 0.48 litre (IC 95%: -0.21,-0.74) (soit 11%) entre les deux méthodes, la mesure TDM sous-estimant systématiquement le volume pulmonaire total. De la même manière, il existait une excellente corrélation entre la CVF et le volume pulmonaire total mesuré par Osirix (**figure 3b**) ($R= 0.88$ $p<0.0001$).



(a)



(b)

**Figure 3 : Corrélation entre le volume pulmonaire radiologique mesuré par le logiciel Osirix et a) la CPT
b) la CVF.**

4) Paramètres de densité pulmonaire

Les valeurs moyennes de densité pulmonaire calculés par Osirix étaient les suivants: MLA=-701 ±78 HU, skewness 1.63±0.52 et kurtosis 3.18±3.36 (**tableau 1**). La densité du parenchyme pulmonaire était statistiquement plus élevée dans le groupe de fibroses sévères que dans le groupe de fibroses légères à modérées (-665 versus -722 HU, p=0.006). De même, les valeurs de skewness et de kurtosis étaient plus basses dans le groupe fibroses sévères que dans le groupe fibroses légères à modérées (**tableau 2**). Un patient se distinguait de la cohorte par une valeur extrême de kurtosis à 23.14 associée à une valeur basse de MLA. Ce patient avait une FPI sévère caractérisée par l'abondance de macrokystes en rayon de miel.

Variables	Fibroses sévères		Fibroses légères à modérées		p
	Moyenne±DS	Range	Moyenne±DS	Range	
CVF, l (%)	1,80±0,60 (60)	1,09-3,50	2,66±0,87 (79)	1,18-4,05	0,0003
VEMS, l (%)	1,45±0,50(62)	0,62-2,82	2,14±0,69 (82)	0,75-3,56	0,0002
VEMS/CVF, %	86±12	51-117	81±9	49-99	0,03
DLCO, ml/mmHg/min (%)	6,68±3,07 (28)	2,93-13,51	13,07±3,67 (54)	6,91-23,23	<0,0001
CPT, l (%)	3,70±1,30 (58)	2,05-6,98	4,61±1,12 (76)	2,31-6,53	0,02
Distance TM6, m	320±104	160-530	419±95	240-617	0,009
Nadir SpO2, %	83±6	70-95	90±5	78-98	0,0005
MLA, HU	-665±73	-785/-514	-722±73	-825/-517	0,006
Skweness	1,46±0,58	0,79-3,35	1,73±0,46	0,62-2,73	0,01
Kurtosis	2,83±4,86	0,09-23,14	3,38±2,16	-0,46-8,57	0,01

Tableau 2: Comparaison des paramètres fonctionnels et densitométriques entre les patients présentant une fibrose « sévère » ou « légère à modérée ».

Au seuil de -712 HU, la MLA a une sensibilité de 0.71 pour l'identification des FPI sévères.

Si on utilise les valeurs seuil de 1.44 et 1.32 pour le skewness et kurtosis, ces deux paramètres de densité avaient une spécificité respective de 0.81 et 0.89 pour l'identification des FPI sévères (**figure 4**).

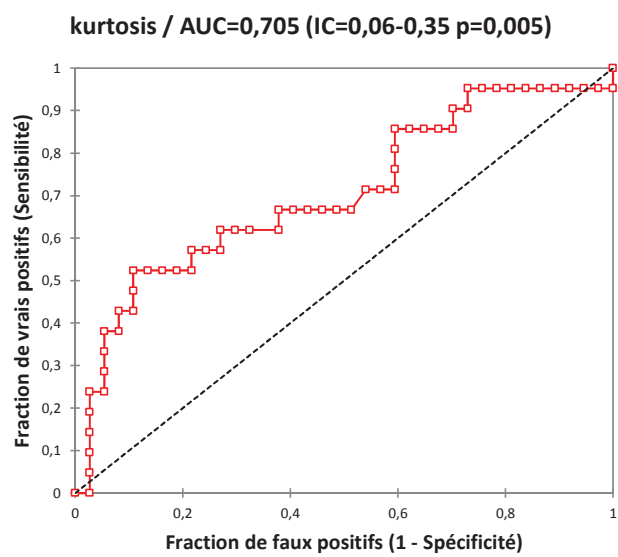
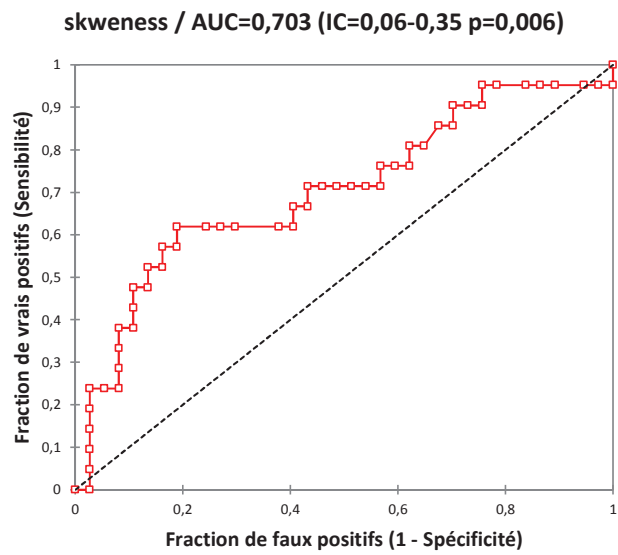
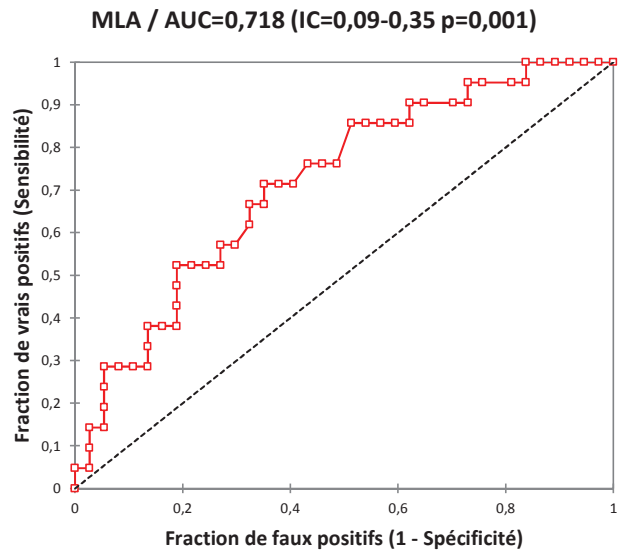


Figure 4: Courbes ROC illustrant la sensibilité et la spécificité des paramètres de densité pour l'identification des fibroses sévères.

5) Corrélation entre paramètres de densité pulmonaire et fonction respiratoire

Nous avons mis en évidence l'existence d'une corrélation entre les paramètres de densité et les données fonctionnelles respiratoires au temps T₀.

La densité pulmonaire est inversement corrélée à la fonction respiratoire; c'est-à-dire que plus la densité pulmonaire augmente, plus la fonction respiratoire se dégrade. La corrélation la plus importante mise en évidence est celle entre la densité pulmonaire, la capacité pulmonaire totale (CPT) et la capacité vitale forcée (CVF) (respectivement: $R=-0.70$ $p<0.0001$ et $R=-0.68$ $p<0.0001$) (**tableau 3 et figure 5**). De plus, nous avons mis en évidence une corrélation positive entre skewness et kurtosis et la CVF et la CPT (**tableau 3 et annexe 2**). En d'autres termes, les valeurs de skewness et kurtosis évoluent dans le même sens que la CVF et la CPT. Nous n'avons pas mis en évidence de corrélation entre la DLCO et les paramètres de densité mais il existait un nombre important de valeurs manquantes (11 valeurs manquantes à T₀).

		CVF	DLCO	CPT
MLA	Coefficient de corrélation	-0,68	-0,50	-0,70
	p	<0,0001	0,0006	<0,0001
	n	58	47	36
Kurtosis	Coefficient de corrélation	0,58	0,37	0,61
	p	<0,0001	0,01	0,0003
	n	58	47	36
Skweness	Coefficient de corrélation	0,65	0,42	0,63
	p	<0,0001	0,004	0,0002
	n	58	47	36

Tableau 3: Corrélation entre les paramètres densitométriques et fonctionnels respiratoires à T₀. (n= nombre de valeurs)

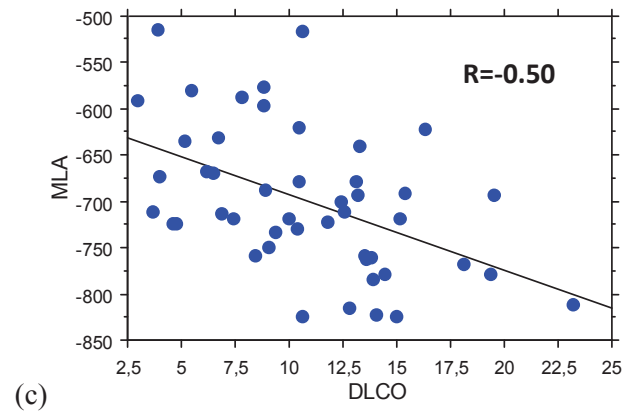
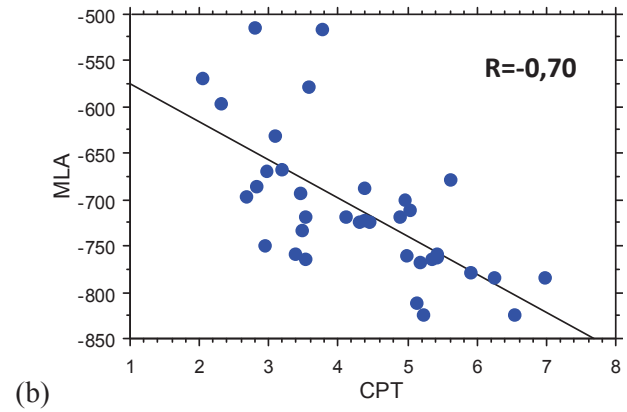
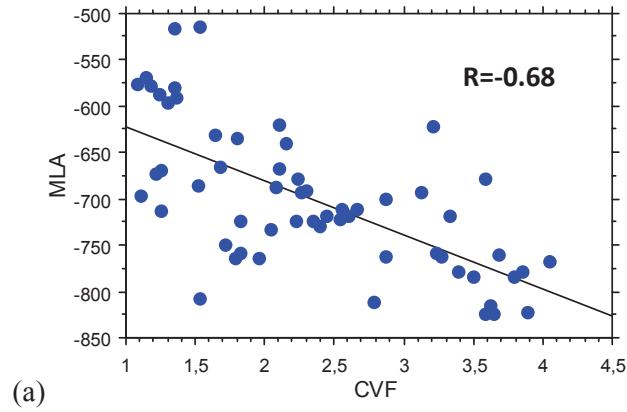


Figure 5: Corrélation entre la densité pulmonaire MLA et a) la CVF, b) la CPT, et c) la DLCO) à T0.

6) Suivi longitudinal des patients

Nous avons analysé et comparé les données densitométriques et fonctionnelles respiratoires à T0 et Tx. Nous avons mis en évidence une altération significative de la CVF (perte moyenne de 240ml soit environ 10%, $p=0.01$) et du volume radiologique (perte en moyenne de 220ml soit 4%, $p<0.04$.) entre T0 et Tx. La variation de la DLCO et la variation des paramètres de densité n'étaient pas statistiquement significatives entre T0 et Tx même si elles avaient toutes une tendance à l'aggravation (**tableau 4**).

Variabiles	T0	Tx	Variation	p
CVF, l	2,48	2,24	-0,24±0.39 (10)	0,01
DLCO, ml/mmHg/min	12,54	10,66	-2,8±5.2 (14)	NS
MLA, HU	-712	-686	26,3±80 (3)	NS
Kurtosis	2,99	2,44	-0,56± 1.96 (10)	NS
Skweness	1,68	1,5	-0,17±0.44 (9)	NS
Volume radiologique, l	3,65	3,49	-0,22±0.63 (4)	0,04

Tableau 4: Evolution dans le temps des paramètres de fonction respiratoire et de densité pulmonaire (délai moyen de 19 mois). Sont représentées les moyennes des valeurs, la variation moyenne entre T0 et Tx (en valeur absolue et pourcentage) et son écart type. (NS= nons significatif)

C'est pourquoi, nous n'avons étudié que la corrélation entre la variation de la CVF et celle des paramètres de densité entre T0 et Tx. (**figure 6**).

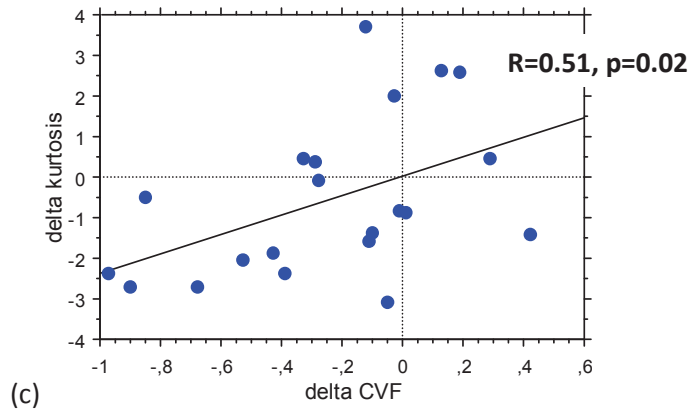
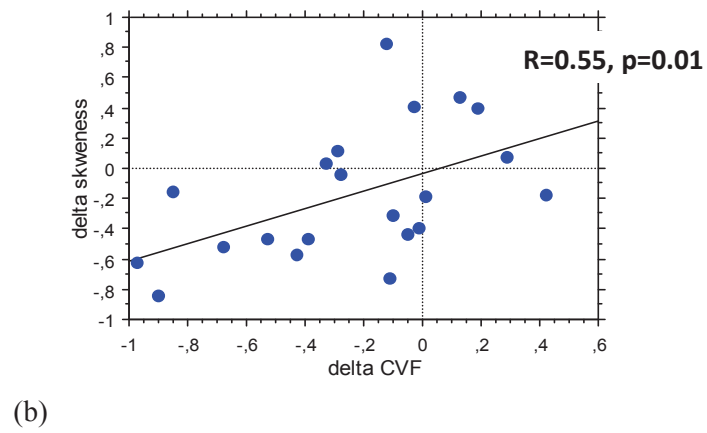
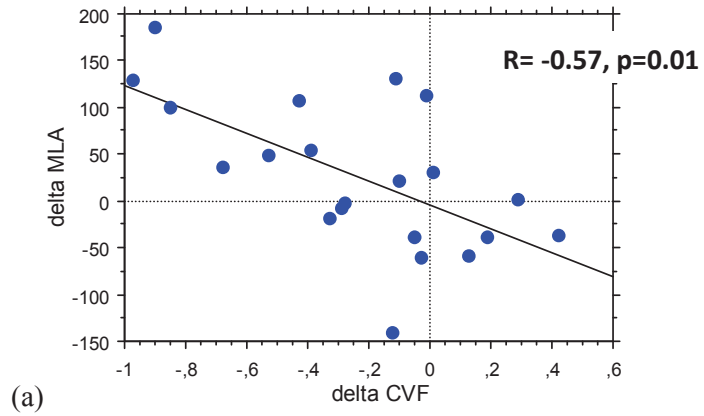


Figure 6: Corrélation entre la variation dans le temps des paramètres de densité a) MLA, b) skewness, c) kurtosis et la variation de la CVF.

IV DISCUSSION

Nous avons montré une excellente corrélation entre le volume pulmonaire mesuré par le logiciel Osirix et les volumes mesurés par pléthysmographie. Nous avons aussi montré que le logiciel permettait d'obtenir une quantification lésionnelle du parenchyme pulmonaire. Nous avons mis en évidence une forte corrélation entre les paramètres fonctionnels respiratoires principaux utilisées dans l'évaluation de la sévérité de la FPI et les trois paramètres de densité parenchymateuse. Enfin, dans le cadre du suivi longitudinal du patient, nous avons mis en évidence une corrélation modérée entre la variation des paramètres de densité et la variation de la CVF.

Entre les deux techniques de mesure de volumes, il existe une différence moyenne de 480 ml (soit 11%), le volume pulmonaire mesuré par le logiciel étant plus faible que celui mesuré par la pléthysmographie. Cette différence systématique a été rapportée dans des études antérieures (34) et est liée aux caractéristiques anatomiques de la cage thoracique : la position allongée, lors de la réalisation du scanner, entraîne une réduction du volume pulmonaire d'environ 500 ml (35). La mesure radiologique du volume pulmonaire nous permet donc de la même façon que l'exploration fonctionnelle, d'évaluer et de suivre l'existence d'un syndrome restrictif.

Dans notre étude, les paramètres de densité (MLA, skewness et kurtosis) calculés sur l'ensemble du volume pulmonaire sont du même ordre de grandeur que les données présentes dans la littérature chez des patients atteints de FPI (24,26,36). Les patients souffrant de fibrose sévère ont des paramètres de densité plus sévèrement altérés que les patients souffrant de fibrose légère à modérée. Par ailleurs, la relation entre paramètres de densité et fonction respiratoire que nous observons est parfaitement en concordance avec les données de la littérature (24,25,29,36). La densité moyenne du parenchyme pulmonaire (MLA) est négativement corrélée avec les paramètres fonctionnels respiratoires. Une densité moyenne élevée, traduit un poumon qui se fibrose, ce qui est associé à une détérioration de la fonction

respiratoire. Le patient qui se distinguait par une valeur très élevée de kurtosis associée à une valeur faible de densité pulmonaire, se comportait en terme de pattern de densité comme un emphysémateux car en réalité, il présentait des macrokystes en rayon de miel. Ce cas extrême souligne les limites de l'utilisation de l'étude automatisée de densité. Le degré de corrélation entre les paramètres de densité et de fonction respiratoire est relativement fort; autrement dit l'intensité avec laquelle les deux variables évoluent ensemble est forte. Cette corrélation avait été rapportée par Best et al. chez des patients atteints de FPI (24). Nous avons observé un degré de corrélation similaire entre le paramètre kurtosis et la CVF ($R= 0.53$ versus $R= 0.58$ respectivement dans cette étude et dans la nôtre). Dans notre étude, la relation la plus étroite entre fonction respiratoire et paramètres de densité concernait les volumes (CVF et CPT) et la densité moyenne (MLA). Dans l'étude de Best et al. (24) consacrée aux FPI, cette relation concernait CVF et kurtosis. Dans l'étude de Ariani et al. (29) qui s'est intéressée au poumon de la sclérodemie, cette relation concernait CVF, DLCO et kurtosis.

Dans notre étude, la relation entre l'estimation de l'échangeur (DLCO) et les paramètres de densité était faible (respectivement pour MLA, skewness et kurtosis: $R= -0.50$, $R= 0.42$, $R= 0.37$, $p<0.01$). Dans la littérature, elle est éminemment variable (24,29,36). Cette grande variabilité est probablement multifactorielle (valeurs manquantes et reproductibilité faible de la mesure de DLCO). A notre connaissance, notre étude est la première à s'être intéressée au suivi longitudinal des données densitométriques et fonctionnelles respiratoires. L'étude de Best en 2008 (26) s'était intéressée à l'évolution des paramètres de densité dans le temps et avait montré qu'elle pouvait avoir une valeur prédictive sur la survie. Cependant, dans cette étude, l'évolution dans le temps de la fonction respiratoire n'était pas rapportée. C'est pourquoi la comparaison avec l'évolution des paramètres de densité n'avait pu être faite. Dans notre étude, la CVF s'altérait de façon significative au cours du temps. De la même manière,

nous avons observé une tendance à l'altération au cours du temps des paramètres densitométriques. Mais, en raison probablement d'un faible effectif, cette variation n'atteignait pas les seuils de significativité. La MLA augmentait, traduisant la densification du parenchyme et skewness et kurtosis diminuaient. La variation des paramètres de densité était modérément corrélée à la variation de la CVF: la variation de MLA était inversement corrélée à la variation de CVF. En d'autres termes, l'augmentation de densité était associée à une diminution de la CVF et donc à une dégradation de la fonction respiratoire. La variation de skewness et kurtosis évoluait dans le même sens que la CVF (une diminution de skewness/kurtosis associée à une diminution de CVF).

Une des limites de notre étude est l'absence de mesure spirométrique couplée à la tomodynamométrie. En effet, la mesure de densité pulmonaire étant dépendante du degré d'inspiration, un monitoring de l'inspiration aurait peut-être permis une analyse plus précise de la relation entre les paramètres de densité et les paramètres fonctionnels. Une deuxième limite à notre étude est le faible effectif de patient notamment pour l'étude de la corrélation entre l'évolution radiologique et l'évolution fonctionnelle respiratoire dans le temps. Le scanner n'étant pas un élément de suivi systématique des patients atteints de FPI, les réévaluations radiologiques étaient le plus souvent réalisées dans un contexte d'aggravation aiguë de l'état clinique: embolie pulmonaire, pneumopathie aiguë, exacerbation de fibrose.... et non dans le cadre du suivi systématique du patient. Ces états cliniques aigus constituant des critères de non inclusion dans notre étude, notre effectif de patients pour lesquels nous disposions d'un scanner thoracique de réévaluation en « état stable » était faible. Enfin, le nombre de données manquantes pour certaines variables est également à prendre en compte dans l'interprétation des résultats rendus non significatifs.

De manière générale en pathologie respiratoire, l'évaluation radiologique visuelle, qualitative et quantitative, est utilisée pour juger de l'évolution de la pathologie. Cette évaluation visuelle est cependant subjective et sujette aux variations intra et inter observateurs. Ceci a bien été démontré dans l'emphysème. Dans l'étude de Bankier et al (37), l'évaluation radiologique subjective de l'emphysème avait tendance à surestimer le score d'emphysème et les variations inter-observateurs étaient importantes, suggérant qu'une mesure quantitative de l'emphysème était nécessaire. Pour cette raison, l'intérêt pour la quantification tomодensitométrique dans l'emphysème s'est développé (38–40). Dans les pathologies interstitielles pulmonaires, la quantification lésionnelle est un élément d'évaluation, qui peut être déterminant pour la décision thérapeutique (9). La quantification lésionnelle est le plus souvent réalisée selon des critères visuels et comme pour l'emphysème cette évaluation visuelle est sujette aux variations inter-observateurs. Ces dix dernières années, des techniques de quantification radiologique ont été développées pour l'approche des pathologies interstitielles (23–29) afin d'améliorer l'objectivité et la reproductibilité des mesures. L'étude de Best et al. (26) a même montré que l'évaluation objective des paramètres de densité pouvait avoir une valeur pronostique chez les patients atteints de FPI. Malgré leur intérêt dans l'évaluation de la sévérité et du pronostic, ces techniques de quantification de densités ne sont pas ou peu utilisées en pratique courante du fait du coût élevé des logiciels radiologiques, du temps opérateur pour l'analyse et de la nécessité d'une expertise radiologique. C'est pourquoi la mise à disposition des médecins en charge de patients atteints de FPI d'outils simples et performants, capables de caractériser objectivement les lésions interstitielles et leur évolution est un objectif qui mérite d'être évalué.

Le logiciel Open Source Osirix est facilement accessible, son utilisation est simple et rapide, il peut être manipulé sur un ordinateur personnel par un médecin non radiologue.

Après une étape de segmentation pulmonaire, l'acquisition des volumes pulmonaires et des paramètres de densité est obtenue en moins de 5 minutes. Deux méthodes de segmentation pulmonaire existent: la méthode par seuil de densité ou la méthode par intervalle. La plupart des études consacrées aux pathologies interstitielles font référence à une méthode de seuil de densité entre -1000 et -200 HU (24,28,41). Cependant, avec cette technique, la segmentation pulmonaire est parfois faussée par la prise en compte d'air intra digestif nécessitant une extraction manuelle de ces zones. La technique de segmentation pulmonaire par intervalle de densité conseillée par l'équipe de Rosset conceptrice du logiciel Osirix (31), permet l'obtention rapide d'un contrôle visuel en trois dimensions de meilleure qualité, sans aucune intervention manuelle supplémentaire. De plus, nous avons fait le choix, à visée d'épargne de temps, de prendre en compte l'air trachéal et des grosses bronches et de ne pas exclure ces zones de l'analyse de densité. Bien que nous sous-estimons la densité pulmonaire du fait d'un volume gazeux supplémentaire pris en compte dans l'analyse de densité, nous mettons tout de même en évidence une corrélation entre densité et fonction respiratoire.

V CONCLUSION

La tomodensitométrie thoracique (patterns lésionnels) couplée à l'histoire clinique est actuellement la pierre d'angle de la démarche diagnostique dans les PID. Les logiciels d'analyse densitométrique n'ont probablement pas leur place dans la démarche diagnostique. Ils ont peut-être un intérêt chez les patients dont l'évolution clinique et fonctionnelle respiratoire est équivoque (aggravation ? stabilité ?) et pour lesquels il y a un enjeu thérapeutique. Nous avons montré que le logiciel Open Source Osirix faisait au moins aussi bien que les logiciels dédiés aux consoles radiologiques. Reste maintenant à évaluer à grande échelle la place réelle de ce type d'approche dans le suivi des patients atteints de FPI.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Raghu G, Collard HR, Egan JJ, Martinez FJ, Behr J, Brown KK, et al. An official ATS/ERS/JRS/ALAT statement: idiopathic pulmonary fibrosis: evidence-based guidelines for diagnosis and management. *Am J Respir Crit Care Med*. 2011 Mar 15;183(6):788–824.
2. Nho RS. Current concept for the pathogenesis of idiopathic pulmonary fibrosis (IPF). *Clin Res Pulmonol* 2013 Aug; 1:1008.
3. Ley B, Ryerson CJ, Vittinghoff E, Ryu JH, Tomassetti S, Lee JS, et al. A multidimensional index and staging system for idiopathic pulmonary fibrosis. *Ann Intern Med*. 2012 May 15;156(10):684–91.
4. Noble PW, Albera C, Bradford WZ, Costabel U, Glassberg MK, Kardatzke D, et al. Pirfenidone in patients with idiopathic pulmonary fibrosis (CAPACITY): two randomised trials. *Lancet*. 2011 May 21;377(9779):1760–9.
5. King TE, Bradford WZ, Castro-Bernardini S, Fagan EA, Glaspole I, Glassberg MK, et al. A phase 3 trial of pirfenidone in patients with idiopathic pulmonary fibrosis. *N Engl J Med*. 2014 May 29;370(22):2083–92.
6. Richeldi L, Costabel U, Selman M, Kim DS, Hansell DM, Nicholson AG, et al. Efficacy of a tyrosine kinase inhibitor in idiopathic pulmonary fibrosis. *N Engl J Med*. 2011 Sep 22;365(12):1079–87.
7. Richeldi L, du Bois RM, Raghu G, Azuma A, Brown KK, Costabel U, et al. Efficacy and safety of nintedanib in idiopathic pulmonary fibrosis. *N Engl J Med*. 2014 May 29;370(22):2071–82.
8. Lynch DA, Godwin JD, Safrin S, Starko KM, Hormel P, Brown KK, et al. High-resolution computed tomography in idiopathic pulmonary fibrosis: diagnosis and prognosis. *Am J Respir Crit Care Med*. 2005 Aug 15;172(4):488–93.
9. Wagner M, Chang Chien KC, Aidara O, Fetita C, Brauner MW, Nunes H, et al. [CT imaging of chronic interstitial lung diseases: from diagnosis to automated quantification]. *Rev Mal Respir*. 2011 Dec;28(10):1207–15.
10. Wells AU. The revised ATS/ERS/JRS/ALAT diagnostic criteria for idiopathic pulmonary fibrosis (IPF)--practical implications. *Respir Res*. 2013;14 Suppl 1:S2.
11. Sumikawa H, Johkoh T, Colby TV, Ichikado K, Suga M, Taniguchi H, et al. Computed tomography findings in pathological usual interstitial pneumonia: relationship to survival. *Am J Respir Crit Care Med*. 2008 Feb 15;177(4):433–9.
12. Edey AJ, Devaraj AA, Barker RP, Nicholson AG, Wells AU, Hansell DM. Fibrotic idiopathic interstitial pneumonias: HRCT findings that predict mortality. *Eur Radiol*. 2011 Aug;21(8):1586–93.

13. Oda K, Ishimoto H, Yatera K, Naito K, Ogoshi T, Yamasaki K, et al. High-resolution CT scoring system-based grading scale predicts the clinical outcomes in patients with idiopathic pulmonary fibrosis. *Respir Res.* 2014;15:10.
14. Collard HR, King TE, Bartelson BB, Vourlekis JS, Schwarz MI, Brown KK. Changes in clinical and physiologic variables predict survival in idiopathic pulmonary fibrosis. *Am J Respir Crit Care Med.* 2003 Sep 1;168(5):538–42.
15. Flaherty KR, Mumford JA, Murray S, Kazerooni EA, Gross BH, Colby TV, et al. Prognostic implications of physiologic and radiographic changes in idiopathic interstitial pneumonia. *Am J Respir Crit Care Med.* 2003 Sep 1;168(5):543–8.
16. Schmidt SL, Tayob N, Han MK, Zappala C, Kervitsky D, Murray S, et al. Predicting pulmonary fibrosis disease course from past trends in pulmonary function. *Chest.* 2014 Mar 1;145(3):579–85.
17. King TE, Tooze JA, Schwarz MI, Brown KR, Cherniack RM. Predicting survival in idiopathic pulmonary fibrosis: scoring system and survival model. *Am J Respir Crit Care Med.* 2001 Oct 1;164(7):1171–81.
18. Wells AU, Desai SR, Rubens MB, Goh NSL, Cramer D, Nicholson AG, et al. Idiopathic pulmonary fibrosis: a composite physiologic index derived from disease extent observed by computed tomography. *Am J Respir Crit Care Med.* 2003 Apr 1;167(7):962–9.
19. Xaubet A, Agustí C, Luburich P, Roca J, Montón C, Ayuso MC, et al. Pulmonary function tests and CT scan in the management of idiopathic pulmonary fibrosis. *Am J Respir Crit Care Med.* 1998 Aug;158(2):431–6.
20. Sverzellati N, Calabrò E, Chetta A, Concari G, Larici AR, Mereu M, et al. Visual score and quantitative CT indices in pulmonary fibrosis: Relationship with physiologic impairment. *Radiol Med (Torino).* 2007 Dec;112(8):1160–72.
21. Zavaletta VA, Bartholmai BJ, Robb RA. High resolution multidetector CT-aided tissue analysis and quantification of lung fibrosis. *Acad Radiol.* 2007 Jul;14(7):772–87.
22. Yoon RG, Seo JB, Kim N, Lee HJ, Lee SM, Lee YK, et al. Quantitative assessment of change in regional disease patterns on serial HRCT of fibrotic interstitial pneumonia with texture-based automated quantification system. *Eur Radiol.* 2013 Mar;23(3):692–701.
23. Maldonado F, Moua T, Rajagopalan S, Karwoski RA, Raghunath S, Decker PA, et al. Automated quantification of radiological patterns predicts survival in idiopathic pulmonary fibrosis. *Eur Respir J.* 2014 Jan;43(1):204–12.
24. Best AC, Lynch AM, Bozic CM, Miller D, Grunwald GK, Lynch DA. Quantitative CT indexes in idiopathic pulmonary fibrosis: relationship with physiologic impairment. *Radiology.* 2003 Aug;228(2):407–14.
25. Camiciottoli G, Orlandi I, Bartolucci M, Meoni E, Nacci F, Diciotti S, et al. Lung CT densitometry in systemic sclerosis: correlation with lung function, exercise testing, and quality of life. *Chest.* 2007 Mar;131(3):672–81.

26. Best AC, Meng J, Lynch AM, Bozic CM, Miller D, Grunwald GK, et al. Idiopathic pulmonary fibrosis: physiologic tests, quantitative CT indexes, and CT visual scores as predictors of mortality. *Radiology*. 2008 Mar;246(3):935–40.
27. Sumikawa H, Johkoh T, Yamamoto S, Yanagawa M, Inoue A, Honda O, et al. Computed tomography values calculation and volume histogram analysis for various computed tomographic patterns of diffuse lung diseases. *J Comput Assist Tomogr*. 2009 Oct;33(5):731–8.
28. Ariani A, Carotti M, Gutierrez M, Bichisecchi E, Grassi W, Giuseppetti GM, et al. Utility of an open-source DICOM viewer software (OsiriX) to assess pulmonary fibrosis in systemic sclerosis: preliminary results. *Rheumatol Int*. 2014 Apr;34(4):511–6.
29. Ariani A, Bravi E, Saracco M, Parisi S, De Gennaro F, Idolazzi M et al. Comparison of interstitial lung disease CT indexes and pulmonary function values in systemic sclerosis patients: a multicenter study. *Ann Rheum Dis* 2014: in press.
30. Do K-H, Lee JS, Colby TV, Kitaichi M, Kim DS. Nonspecific interstitial pneumonia versus usual interstitial pneumonia: differences in the density histogram of high-resolution CT. *J Comput Assist Tomogr*. 2005 Aug;29(4):544–8.
31. Rosset A, Spadola L, Ratib O. OsiriX: an open-source software for navigating in multidimensional DICOM images. *J Digit Imaging*. 2004 Sep;17(3):205–16.
32. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J*. 2005 Aug;26(2):319–38.
33. Hanneman SK. Design, analysis, and interpretation of method-comparison studies. *AACN Adv Crit Care*. 2008 Jun;19(2):223–34.
34. Kauczor HU, Heussel CP, Fischer B, Klamm R, Mildenerger P, Thelen M. Assessment of lung volumes using helical CT at inspiration and expiration: comparison with pulmonary function tests. *AJR Am J Roentgenol*. 1998 Oct;171(4):1091–5.
35. Allen SM, Hunt B, Green M. Fall in vital capacity with posture. *Br J Dis Chest*. 1985 Jul;79(3):267–71.
36. Hartley PG, Galvin JR, Hunninghake GW, Merchant JA, Yagla SJ, Speakman SB, et al. High-resolution CT-derived measures of lung density are valid indexes of interstitial lung disease. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985. 1994 Jan;76(1):271–7.
37. Bankier AA, De Maertelaer V, Keyzer C, Gevenois PA. Pulmonary emphysema: subjective visual grading versus objective quantification with macroscopic morphometry and thin-section CT densitometry. *Radiology*. 1999 Jun;211(3):851–8.
38. Park KJ, Bergin CJ, Clausen JL. Quantitation of emphysema with three-dimensional CT densitometry: comparison with two-dimensional analysis, visual emphysema scores, and pulmonary function test results. *Radiology*. 1999 May;211(2):541–7.

39. Temizoz O, Etlik O, Sakarya ME, Uzun K, Arslan H, Harman M, et al. Detection and quantification of the parenchymal abnormalities in emphysema using pulmo-CT. *Comput Med Imaging Graph Off J Comput Med Imaging Soc.* 2007 Oct;31(7):542–8.
40. Pauls S, Gulkin D, Feuerlein S, Muche R, Krüger S, Schmidt SA, et al. Assessment of COPD severity by computed tomography: correlation with lung functional testing. *Clin Imaging.* 2010 Jun;34(3):172–8.
41. Sverzellati N, Zompatori M, De Luca G, Chetta A, Bnà C, Ormitti F, et al. Evaluation of quantitative CT indexes in idiopathic interstitial pneumonitis using a low-dose technique. *Eur J Radiol.* 2005 Dec;56(3):370–5.

LISTE DES ILLUSTRATIONS ET TABLEAUX

Figures :

Figure 1 : Histogrammes de densité pulmonaire scanographique.

Figure 2 : Organigramme des patients inclus dans l'étude.

Figure 3 : Corrélation entre le volume pulmonaire radiologique mesuré par le logiciel Osirix et a) la CPT b) la CVF.

Figure 4 : Courbes ROC illustrant la sensibilité et spécificité des paramètres de densité pour l'identification des fibroses sévères.

Figure 5 : Corrélation entre la densité pulmonaire (MLA) et les EFR (CVF, CPT, DLCO) à T₀.

Figure 6 : Corrélation entre la variation dans le temps des paramètres de densité a) MLA, b) skewness, c) kurtosis et la variation de la CVF.

Tableaux :

Tableau 1 : Caractéristiques cliniques, fonctionnels et densitométriques des patients inclus à T₀.

Tableau 2 : Comparaison des paramètres fonctionnels et densitométriques entre les patients présentant une fibrose « sévère » ou « légère à modérée ».

Tableau 3 : Corrélation entre les paramètres densitométriques et fonctionnels respiratoires à T₀.

Tableau 4 : Evolution dans le temps des paramètres de fonction respiratoire et de densité pulmonaire.

Annexe 1: Etapes de segmentation pulmonaire par le logiciel Osirix.

Configuration du logiciel:

Préférences d'Osirix

choisir « affichage visionneuse »

cocher « calculer asymétrie et kurtosis pour la région d'intérêt (ROI) »

Segmentation pulmonaire:

1) Sélection de la rubrique ROI

- Région de croissance (segmentation 2D/3D)

Paramètres de segmentation:

- seuil intervalle 1000

- cliquer sur une zone parenchyme pulmonaire d'apparence saine

- cliquer sur calculer

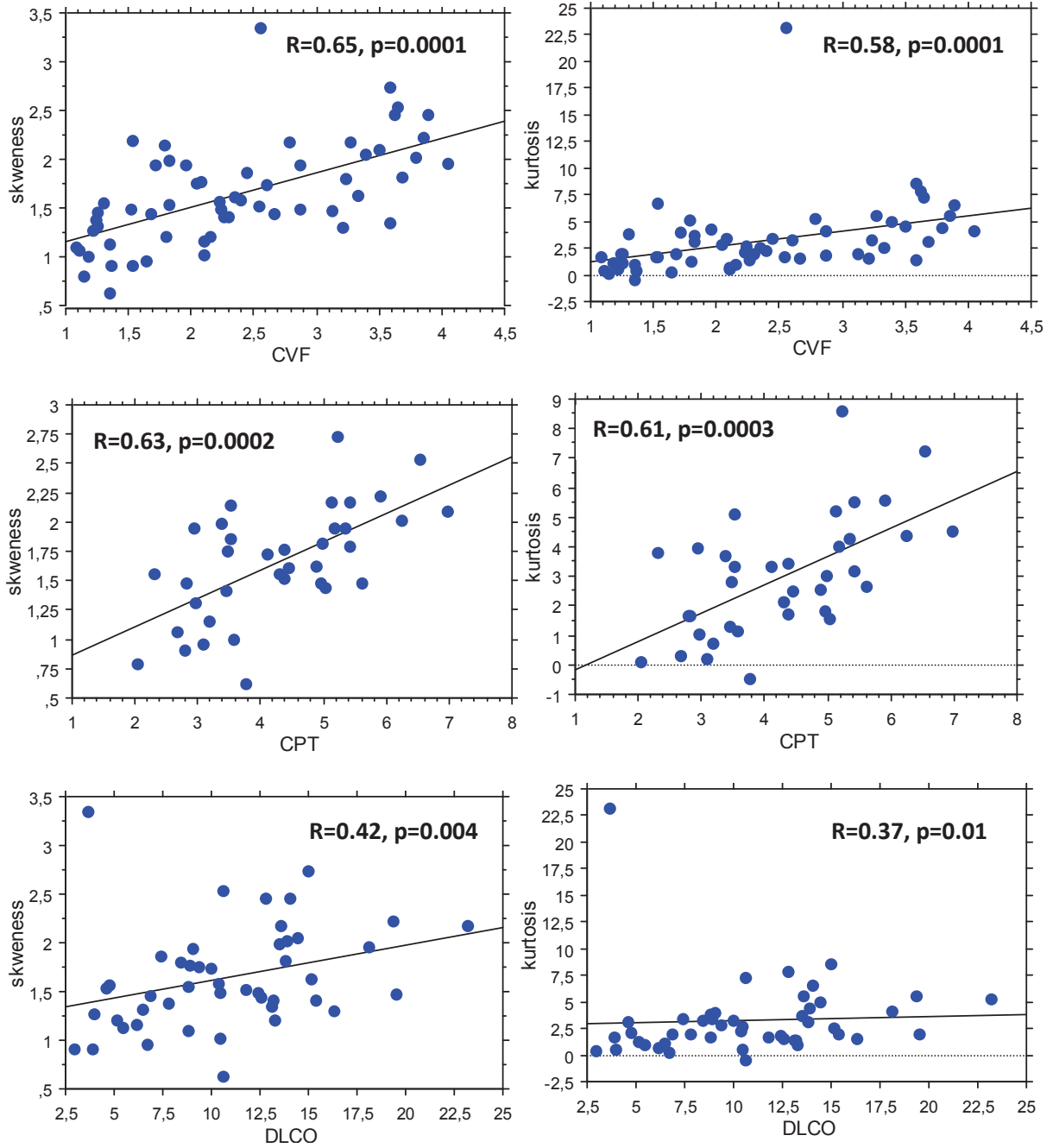
2) Sélection de la rubrique ROI

- ROI brosse fermeture

3) Sélection de la rubrique ROI

- volume de la ROI/ calcul du volume

Annexe 2: Corrélation entre les paramètres de densité pulmonaire (skweness et kurtosis) et les EFR (CVF, CPT et DLCO).



SERMENT D'HIPPOCRATE

En présence des Maîtres de cette école, de mes chers condisciples et devant l'effigie d'Hippocrate,

Je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine.

Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent, et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail.

Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Admise dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe. Ma langue taira les secrets qui me seront confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs, ni à favoriser le crime.

Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leur père.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses, que je sois couverte d'opprobre et méprisée de mes confrères si j'y manque.

RESUME

La tomodensitométrie thoracique et les explorations fonctionnelles respiratoires sont les pierres angulaires du diagnostic et du suivi des patients atteints de fibrose pulmonaire idiopathique (FPI). La quantification lésionnelle radiologique est un élément du pronostic qui peut aussi être déterminante pour la décision thérapeutique. Cependant, la mesure de densité n'est pas utilisée en pratique courante. La mise à disposition du logiciel Open Source OSIRIX permet une analyse aisée des images radiologiques au format DICOM et des paramètres de densité pulmonaire. Notre objectif a été d'étudier si ce logiciel pouvait être utilisé chez les patients atteints de FPI. Nous nous sommes intéressés à la comparaison du volume pulmonaire mesuré par le logiciel à ceux mesurés par la pléthysmographie. Ensuite, nous avons étudié la corrélation entre les paramètres de densité et les paramètres fonctionnels respiratoires. Enfin, chez les patients pour lesquels nous disposons d'un suivi scanographique et fonctionnel respiratoire, nous nous sommes intéressés à la corrélation entre la variation dans le temps des paramètres TDM et de la fonction respiratoire.

Cinquante-huit patients ont été sélectionnés à partir de la base de données régionale des pneumopathies infiltratives diffuses. Le diagnostic de FPI était établi à partir de critères tomodensitométriques et/ou anatomopathologiques. Les volumes et paramètres de densité pulmonaires ont été mesurés sur le volume pulmonaire total par le logiciel après une étape de segmentation pulmonaire réalisée par une technique semi-automatique. Aucune intervention manuelle supplémentaire n'était nécessaire.

Il existait une excellente corrélation entre les volumes pulmonaires mesurés par la pléthysmographie (CPT et CVF) et le volume mesuré par Osirix (respectivement $R= 0.80$ et $R= 0.88$ $p<0.0001$). Les valeurs des trois paramètres de densité pulmonaire MLA, skewness et kurtosis étaient strictement superposables aux données présentes dans la littérature. La corrélation la plus importante mise en évidence est celle entre la densité pulmonaire (MLA), la capacité pulmonaire totale (CPT) et la capacité vitale forcée (CVF) (respectivement: $R= -0.70$ $p<0.0001$ et $R= -0.68$ $p<0.0001$). La corrélation la moins importante concernait la DLCO et le coefficient de kurtosis ($R= 0.37$ $p<0.01$). On observait aussi une corrélation dans le temps entre la variation de la CVF et la variation des paramètres densitométriques.

La tomodensitométrie thoracique couplée à l'histoire clinique est actuellement la pierre d'angle de la démarche diagnostique dans les PID. Les logiciels d'analyse densitométrique n'ont probablement pas leur place dans la démarche diagnostique. Ils ont peut-être un intérêt chez les patients dont l'évolution clinique et fonctionnelle respiratoire est équivoque (aggravation ? stabilité ?) et pour lesquels il y a un enjeu thérapeutique. Nous avons montré que le logiciel Open Source Osirix faisait au moins aussi bien que les logiciels dédiés aux consoles radiologiques. Reste maintenant à évaluer à grande échelle la place réelle de ce type d'approche dans le suivi des patients atteints de FPI.