



كلية الطب
والصيدلة - مراكش
FACULTÉ DE MÉDECINE
ET DE PHARMACIE - MARRAKECH

Année 2023

Thèse N° 056

Corrélation de la sévérité radiologique aux biomarqueurs inflammatoires et au pronostic des atteintes pulmonaires de la COVID-19

THÈSE

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 06/02/2023

PAR

Mme. Ikram ZOUINE

Née Le 30 juillet 1995 à Marrakech

POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MEDECINE

MOTS-CLÉS :

COVID-19 – TDM thoracique – Pronostic – Biomarqueurs inflammatoires
Sévérité – D-dimères – CRP – Lymphocyte

JURY

Mr.	H. JALAL Professeur de Radiologie	PRÉSIDENT
Mme.	S. ALJ Professeur de Radiologie	RAPPORTEUR
Mme.	K. ZEHLANE Professeur de Bactériologie -Virologie	} JUGES
Mr.	M. KHALLOUKI Professeur d'Anesthésie-réanimation	
Mr	E. ATMANE Professeur de Radiologie	

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

رَبِّ أَوْزِعْنِي أَنْ أَشْكُرَ نِعْمَتَكَ
الَّتِي أَنْعَمْتَ عَلَيَّ وَعَلَىٰ وَالِدَيَّ
وَأَنْ أَعْمَلَ صَالِحًا تَرْضَاهُ
وَأَدْخِلْنِي بِرَحْمَتِكَ فِي عِبَادِكَ
الصَّالِحِينَ

Serment d'Hippocrate

Au moment d'être admis à devenir membre de la profession médicale, je m'engage solennellement à consacrer ma vie au service de l'humanité.

Je traiterai mes maîtres avec le respect et la reconnaissance qui leur sont dus. Je pratiquerai ma profession avec conscience et dignité.

La santé de mes malades sera mon premier but.

Je ne trahirai pas les secrets qui me seront confiés.

Je maintiendrai par tous les moyens en mon pouvoir l'honneur et les nobles traditions de la profession médicale.

Les médecins seront mes frères.

Aucune considération de religion, de nationalité, de race, aucune considération politique et sociale, ne s'interposera entre mon devoir et mon patient.

Je maintiendrai strictement le respect de la vie humaine dès sa conception.

Même sous la menace, je n'userai pas mes connaissances médicales d'une façon contraire aux lois de l'humanité.

Je m'y engage librement et sur mon honneur.

Déclaration Genève, 1948





LISTE DES PROFESSEURS



UNIVERSITE CADI AYYAD
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE
MARRAKECH

Doyens Honoraires : Pr. Badie Azzaman MEHADJI
: Pr. Abdelhaq ALAOUI YAZIDI

ADMINISTRATION

Doyen : Pr Mohammed BOUSKRAOUI
Vice doyen à la Recherche et la coopération : Pr. Mohamed AMINE
Vice doyen aux affaires pédagogiques : Pr. Redouane EL FEZZAZI
Vice doyen chargé de la Pharmacie : Pr. Said ZOUHAIR
Secrétaire Général : Mr. Azzeddine EL HOUDAIGUI

Professeurs de l'enseignement supérieur

Nom et Prénom	Spécialité	Nom et Prénom	Spécialité
ABKARI Imad	Traumato- orthopédie	FADILI Wafaa	Néphrologie
ABOU EL HASSAN Taoufik	Anesthésie- réanimation	FAKHIR Bouchra	Gynécologie- obstétrique
ABOUCHADI Abdeljalil	Stomatologie et chir maxillofaciale	FAKHRI Anass	Histologie- embyologie cytogénétique
ABOULFALAH Abderrahim	Gynécologie- obstétrique	FOURAIJI Karima	Chirurgie pédiatrique
ABOUSSAIR Nisrine	Génétique	GHANNANE Houssine	Neurochirurgie
ADALI Imane	Psychiatrie	GHOUNDALE Omar	Urologie
ADMOU Brahim	Immunologie	HACHIMI Abdelhamid	Réanimation médicale

AGHOUTANE El Mouhtadi	Chirurgie pédiatrique	HAJJI Ibtissam	Ophtalmologie
AISSAOUI Younes	Anesthésie – réanimation	HAROU Karam	Gynécologie– obstétrique
AIT AMEUR Mustapha	Hématologie Biologique	HOCAR Ouafa	Dermatologie
AIT BENALI Said	Neurochirurgie	JALAL Hicham	Radiologie
AIT BENKADDOUR Yassir	Gynécologie– obstétrique	KADDOURI Said	Médecine interne
AIT–SAB Imane	Pédiatrie	KAMILI El Ouafi El Aouni	Chirurgie pédiatrique
ALJ Soumaya	Radiologie	KHALLOUKI Mohammed	Anesthésie– reanimation
AMAL Said	Dermatologie	KHATOURI Ali	Cardiologie
AMINE Mohamed	Epidémiologie– clinique	KHOUCHANI Mouna	Radiothérapie
AMMAR Haddou	Oto–rhino– laryngologie	KISSANI Najib	Neurologie
AMRO Lamyae	Pneumo– phtisiologie	KRATI Khadija	Gastro– entérologie
ANIBA Khalid	Neurochirurgie	KRIET Mohamed	Ophtalmologie
ARSALANE Lamiae	Microbiologie – Virologie	LAGHMARI Mehdi	Neurochirurgie
ASMOUKI Hamid	Gynécologie– obstétrique	LAKMICH MohamedAmine	Urologie
ATMANE El Mehdi	Radiologie	LAKOUICHMI Mohammed	Stomatologie et Chirurgie maxillo faciale
BAIZRI Hicham	Endocrinologie et maladiesmétaboliques	LAOUAD Inass	Néphrologie
BASRAOUI Dounia	Radiologie	LOUHAB Nisrine	Neurologie
BASSIR Ahlam	Gynécologie– obstétrique	LOUZI Abdelouahed	Chirurgie – générale
BELBARAKA Rhizlane	Oncologie médicale	MADHAR Si Mohamed	Traumato– orthopédie
BELKHOU Ahlam	Rhumatologie	MANOUDI Fatiha	Psychiatrie
BEN DRISS Laila	Cardiologie	MANSOURI Nadia	Stomatologie et chiru maxillo faciale
BENALI Abdeslam	Psychiatrie	MAOULAININE Fadl mrabih rabou	Pédiatrie (Neonatalogie)
BENCHAMKHA Yassine	Chirurgie réparatrice et plastique	MARGAD Omar	Traumatologie – orthopédie
BENELKHAÏAT BENOMAR Ridouan	Chirurgie – générale	MATRANE Aboubakr	Médecine nucléaire

BENHIMA Mohamed Amine	Traumatologie – orthopédie	MLIHA TOUATI Mohammed	Oto-Rhino – Laryngologie
BENJELLOUN HARZIMI Amine	Pneumo- phtisiologie	MOUAFFAK Youssef	Anesthésie – reanimation
BENJILALI Laila	Médecine interne	MOUDOUNI Said Mohammed	Urologie
BOUCHENTOUF Rachid	Pneumo- phtisiologie	MOUFID Kamal	Urologie
BOUKHANNI Lahcen	Gynécologie– obstétrique	MOUTAJ Redouane	Parasitologie
BOUKHIRA Abderrahman	Biochimie – chimie	MOUTAOUAKIL Abdeljalil	Ophtalmologie
BOUMZEBRA Drissi	Chirurgie Cardio- Vasculaire	MSOUGGAR Yassine	Chirurgie thoracique
BOURRAHOUE Aicha	Pédiatrie	NAJEB Youssef	Traumato- orthopédie
BOURROUS Monir	Pédiatrie	NARJIS Youssef	Chirurgie générale
BOUSKRAOUI Mohammed	Pédiatrie	NEJMI Hicham	Anesthésie- reanimation
BSISS Mohamed Aziz	Biophysique	NIAMANE Radouane	Rhumatologie
CHAFIK Rachid	Traumato- orthopédie	OUALI IDRISSE Mariem	Radiologie
CHAKOUR Mohamed	Hématologie Biologique	OUBAHA Sofia	Physiologie
CHELLAK Saliha	Biochimie- chimie	OULAD SAIAD Mohamed	Chirurgie pédiatrique
CHERIF IDRISSE EL GANOUNI Najat	Radiologie	QACIF Hassan	Médecine interne
CHOULLI Mohamed Khaled	Neuro pharmacologie	QAMOUISS Youssef	Anesthésie- reanimation
DAHAMI Zakaria	Urologie	RABBANI Khalid	Chirurgie générale
DAROUASSI Youssef	Oto-Rhino – Laryngologie	RADA Nouredine	Pédiatrie
DRAISS Ghizlane	Pédiatrie	RAIS Hanane	Anatomie pathologique
EL ADIB Ahmed Rhassane	Anesthésie- réanimation	RAJI Abdelaziz	Oto-rhino-laryngologie
EL AMRANI Moulay Driss	Anatomie	ROCHDI Youssef	Oto-rhino- laryngologie
EL ANSARI Nawal	Endocrinologie et maladies métaboliques	SAMKAOUI Mohamed Abdenasser	Anesthésie- reanimation
EL BARNI Rachid	Chirurgie- générale	SAMLANI Zouhour	Gastro- entérologie

EL BOUCHTI Imane	Rhumatologie	SARF Ismail	Urologie
EL BOUIHI Mohamed	Stomatologie et chir maxillofaciale	SORAA Nabila	Microbiologie - Virologie
EL FEZZAZI Redouane	Chirurgie pédiatrique	SOUMMANI Abderraouf	Gynécologie- obstétrique
EL HAOURY Hanane	Traumato- orthopédie	TASSI Noura	Maladies infectieuses
EL HATTAOUI Mustapha	Cardiologie	TAZI Mohamed Illias	Hématologie- Clinique
EL HOUDZI Jamila	Pédiatrie	YOUNOUS Said	Anesthésie- reanimation
EL IDRISSE SLITINE Nadia	Pédiatrie	ZAHLANE Kawtar	Microbiologie - virology
EL KARIMI Saloua	Cardiologie	ZAHLANE Mouna	Médecine interne
EL KHADER Ahmed	Chirurgie générale	ZAOUI Sanaa	Pharmacologie
EL KHAYARI Mina	Réanimation médicale	ZEMRAOUI Nadir	Néphrologie
EL MGHARI TABIB Ghizlane	Endocrinologie et maladies métaboliques	ZIADI Amra	Anesthésie - reanimation
EL OMRANI Abdelhamid	Radiothérapie	ZOUHAIR Said	Microbiologie
ELFIKRI Abdelghani	Radiologie	ZYANI Mohammed	Médecine interne
ESSAADOUNI Lamiaa	Médecine interne		

Professeurs Agrégés

Nom et Prénom	Spécialité	Nom et Prénom	Spécialité
ABDOU Abdessamad	Chiru Cardio vasculaire	SEBBANI Majda	Médecine Communautaire (médecine préventive, santé publique et hygiène)
ABIR Badreddine	Stomatologie et Chirurgie maxillo faciale	HAZMIRI Fatima Ezzahra	Histologie- embyologie cytogénétique
ADARMOUCH Latifa	Médecine Communautaire (médecine préventive, santé publique et hygiène)	JANAH Hicham	Pneumo- phtisiologie
AIT BATAHAR Salma	Pneumo- phtisiologie	LAFFINTI Mahmoud Amine	Psychiatrie
ALAOUI Hassan	Anesthésie - Réanimation	LAHKIM Mohammed	Chirurgie générale
ALJALIL Abdelfattah	Oto- rhino- laryngologie	MESSAOUDI Redouane	Ophtalmologie
ARABI Hafid	Médecine physique et réadaptation fonctionnelle	MOUHSINE Abdelilah	Radiologie

ARSALANE Adil	Chirurgie Thoracique	NADER Youssef	Traumatologie –orthopédie
ASSERRAJI Mohammed	Néphrologie	NASSIM SABAH Taoufik	Chirurgie Réparatrice et Plastique
BELBACHIR Anass	Anatomie–pathologique	RHARRASSI Isam	Anatomie–patologique
BELHADJ Ayoub	Anesthésie – Réanimation	SALAMA Tarik	Chirurgie pédiatrique
BOUZERDA Abdelmajid	Cardiologie	SEDDIKI Rachid	Anesthésie – Réanimation
CHRAA Mohamed	Physiologie	SERGHINI Issam	Anesthésie – Réanimation
EL HAOUATI Rachid	Chirurgie Cardio–vasculaire	TOURABI Khalid	Chirurgie réparatrice et plastique
EL KAMOUNI Youssef	Microbiologie Virologie	ZARROUKI Youssef	Anesthésie – Réanimation
EL MEZOUARI El Moustafa	Parasitologie Mycologie	ZIDANE Moulay Abdelfettah	Chirurgie Thoracique
ESSADI Ismail	Oncologie Médicale	BELGHMAIDI Sarah	OPhtalmologie
GHAZI Mirieme	Rhumatologie	BENNAOUI Fatiha	Pédiatrie
Hammoune Nabil	Radiologie	FENNANE Hicham	Chirurgie Thoracique
ABDELFETTAH Youness	Rééducation et Réhabilitation Fonctionnelle	REBAHI Houssam	Anesthésie – Réanimation
ELBAZ Meriem	Pédiatrie	ZOUIZRA Zahira	Chirurgie Cardio–vasculaire
FDIL Naima	Chimie de CoordinationBio–organique		

Professeurs Assistants

Nom et Prénom	Spécialité	Nom et Prénom	Spécialité
AABBASSI Bouchra	PédoPsychiatrie	ELJAMILI Mohammed	Cardiologie
ABALLA Najoua	Chirurgie pédiatrique	ELOUARDI Youssef	Anesthésie reanimation
ABOUDOURIB Maryem	Dermatologie	EL–QADIRY Rabiy	Pédiatrie
ABOULMAKARIM Siham	Biochimie	FASSI Fihri Mohamed jawad	Chirurgie générale
ACHKOUN Abdessalam	Anatomie	GEBRATI Lhoucine	Chimie physique
AHBALA Tariq	Chirurgie générale	HAJHOUI Farouk	Neurochirurgie
AIT ERRAMI Adil	Gastro–entérologie	HAJJI Fouad	Urologie
AKKA Rachid	Gastro – entérologie	HAMRI Asma	Chirurgie Générale
AMINE Abdellah	cardiologie	HAZIME Raja	Immunologie

ARROB Adil	Chirurgie réparatrice et plastique	IDALENE Malika	Maladies infectieuses
AZAMI Mohamed Amine	Anatomie pathologique	JALLAL Hamid	Cardiologie
AZIZ Zakaria	Stomatologie et chir maxillo faciale	KHALLIKANE Said	Anesthésie-réanimation
AZIZI Mounia	Néphrologie	LACHHAB Zineb	Pharmacognosie
BAALLAL Hassan	Neurochirurgie	LAHLIMI Fatima Ezzahra	Hématologie Clinique
BABA Hicham	Chirurgie générale	LAHMINE Widad	Pédiatrie
BELARBI Marouane	Néphrologie	LAMRANI HANCHI Asmae	Microbiologie-virologie
BELFQUIH Hatim	Neurochirurgie	LOQMAN Souad	Microbiologie et toxicologie environnementale
BELLASRI Salah	Radiologie	MAOUJOURD Omar	Néphrologie
BENAMEUR Yassir	Médecine nucléaire	MEFTAH Azzelarab	Endocrinologie et maladies métaboliques
BENANTAR Lamia	Neurochirurgie	MILOUDI Mohcine	Microbiologie - Virologie
BENCHAFAI Ilias	Oto- rhino- laryngologie	MOUGUI Ahmed	Rhumatologie
BENYASS Youssef	Traumatologie- orthopédie	MOULINE Souhail	Microbiologie- virologie
BENZALIM Meriam	Radiologie	NASSIH Houda	Pédiatrie
BOUHAMIDI Ahmed	Dermatologie	OUERAGLI NABIH Fadoua	Psychiatrie
BOUTAKIOUTE Badr	Radiologie	OUMERZOUK Jawad	Neurologie
CHAHBI Zakaria	Maladies infectieuses	RAGGABI Amine	Neurologie
CHEGGOUR Mouna	Biochimie	RAISSI Abderrahim	Hématologie Clinique
CHETOUI Abdelkhalek	Cardiologie	RHEZALI Manal	Anesthésie-réanimation
CHETTATI Mariam	Néphrologie	ROUKHSI Redouane	Radiologie
DAMI Abdallah	Médecine Légale	SAHRAOUI Houssam Eddine	Anesthésie-réanimation
DARFAOUI Mouna	Radiothérapie	SALLAHI Hicham	Traumatologie- orthopédie
DOUIREK Fouzia	Anesthésie-réanimation	SAYAGH Sanae	Hématologie
DOULHOUSNE Hassan	Radiologie	SBAAI Mohammed	Parasitologie- mycologie

EL- AKHIRI Mohammed	Oto- rhino- laryngologie	SBAI Asma	Informatique
EL AMIRI My Ahmed	Chimie de Coordinationbio- organnique	SIRBOU Rachid	Médecine d'urgence et decatastroph
EL FADLI Mohammed	Oncologie médicale	SLIOUI Badr	Radiologie
EL FAKIRI Karima	Pédiatrie	WARDA Karima	Microbiologie
EL GAMRANI Younes	Gastro-entérologie	YAHYAOUI Hicham	Hématologie
EL HAKKOUNI Awatif	Parasitologie mycologie	YANISSE Siham	Pharmacie galénique
EL JADI Hamza	Endocrinologie et maladies métaboliques	ZBITOU Mohamed Anas	Cardiologie
EL KHASSOUI Amine	Chirurgiepédiatrique	ZIRAOUI Oualid	Chimie thérapeutique
ELATIQI Oumkeltoum	Chirurgieréparatrice et plastique	ZOUITA Btissam	Radiologie

LISTE ARRÉTÉE LE 26/09/2022



DEDICACES



« Parfois notre lumière s'éteint, puis elle est rallumée par un autre être humain. Chacun de nous doit de sincères remerciements à ceux qui ont ravivé leur flamme. »
Albert Schweitzer



*Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut...
Tous les mots ne sauraient exprimer ma gratitude, Mon
amour, mon respect, et ma reconnaissance...
Aussi, c'est tout simplement que...*

 Je dédie cette thèse ...

*A mon idole dans la vie, la personne sans qui ce travail
n'aurait pas eu lieu, à ma grande sœur Dr ZOUINE*

Yousra

*Pour tout l'aide et le soutien que tu m'apportes, autant dans la
vie personnelle que professionnelle, je te dédie ce travail*

Pour tous nos moments de joie et de complicité

*Tes encouragements, ta bienveillance et ton soutien m'ont
permis d'avancer et de devenir la personne que je suis*

*Les mots ne sauront exprimés ma gratitude et l'amour que je te
porte*

Je t'aime

A mes chers parents, que dieu vous préserve

A mon très cher père Mustapha ZOUINE

*Je te dédie ce travail preuve de mon respect, ma gratitude et
de l'amour que je te porte. Je serai toujours reconnaissante des
sacrifices faits pour notre éducation. Tes encouragements et ta
présence m'ont toujours été d'un grand soutien.*

A ma très chère mère Halima FERHAT

A ma source de tendresse

*Tu as voué ton existence à nous élever, tous les mots de ce
monde ne sauront exprimer l'amour et l'affection que je te
porte, j'espère te rendre fière. Reçoit cet humble travail signe
de ma reconnaissance.*

A mes chères tantes et deuxième mamans,

*Mama Khadija, ma tante Amina FERHAT, ma tante
Mahjouba FERHAT et ma tante Zineb FERHAT*

*Je tiens à vous à exprimer ma gratitude et tout l'estime que j'ai
pour vous. Vous avez toujours été là pour moi, me
soutenant et m'encourageant dans tout ce que j'entreprends.
Vous êtes de véritables modèles pour moi. Votre présence a
toujours illuminé ma route et je serai toujours reconnaissante
pour ça. Voyez en ce travail, l'expression du profond amour
que je vous porte.*

A mon petit frère adoré Mohamed Lyazid ZOUINE

Mon cadeau du ciel

*Tu seras toujours mon meilleur ami et mon confident, ta
présence dans ma vie est une bénédiction. Nous avons partagé
tant de moments mémorables faits de haut et de bas. Tu es une
personne extraordinaire et j'espère que notre lien sera toujours
aussi fort.*

A ma sœur Bahia ZOUINE, son mari Ismaïl

*BENGHAZALA et leur deux petites princesses Sofia et
Sara*

*Votre présence égaye mon quotidien. Que dieu protège votre
petite famille. A toi ma sœur, tu as toujours été là pour moi, à
guider mes pas et m'épauler dans mes choix, Sara et Sofia font
notre bonheur à tous, j'espère les voir grandir et devenir des
personnes accomplies dans l'avenir.*

A mon cher époux Ayoub LEKHLIFI

Depuis notre rencontre, j'ai toujours admiré ta sagesse, ton bon sens et ton intelligence. Tu as su me faire rire, me soutenir et me reconforter quand il le fallait. Partager ma vie avec toi est un pur bonheur au quotidien. Merci pour ton amour et ton affection et j'espère passer le restant de mes jours à tes côtés.

A ma belle famille

Je tiens à vous exprimer le respect que j'ai pour vous. Merci pour vos encouragements et votre soutien.

A mes amis d'enfance Walid KHAY IBBAT et Nawaf BENADDIA

Près de 23 ans d'amitié nous rassemble, nous avons grandi ensemble, partagé des souvenirs inoubliables. Chacun a pris un chemin différent, mais ça ne nous a pas empêché de garder des liens intacts. Vous m'avez soutenu et conseillé, et je tiens à vous remercier pour ça.

A mes amis de parcours Meriem SAHM, Soumia SELLAM, Sophia YAHYAOUI, Chaïmae TAOUSSI

Nous avons commencé ce parcours ensemble, vécu le stress des examens et des gardes, et vous avez rendu ces moments difficiles plus agréables à vivre. Je ne cesserai de vous remercier pour votre présence et votre soutien.

Aux belles rencontres faites lors de mon parcours
d'internat,

Nada BOUTBAGHA, Salma BOUSTANI, Sofia FARHAT

Merci pour votre soutien constant et votre amitié précieuse.

A l'équipe de dermatologie du CHU d'Agadir : Dr Hanane
EL HALLA, Dr EL ALAOUI Fatimazahra, Dr EL IDRISSI
Badr, Dr AIT OUSSOUS Sara, Dr BELLASRI Salma et
surtout à mon équipe de choc Dr MHAIMER Soukaina et
Dr Imane LAKHAL

Vous êtes devenus une deuxième famille pour moi, J'espère que
les années à venir nous réuniront dans la joie et la réussite.

Merci pour tout ce que vous m'apportez au quotidien.

A tous ceux qui me sont chers et que j'ai involontairement
omis de citer.

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à
l'élaboration de ce travail.



REMERCIEMENTS



A NOTRE MAÎTRE ET PRÉSIDENT DE THÈSE
MONSIEUR LE PROFESSEUR JALAL Hicham

Professeur de l'enseignement supérieur

Nous vous remercions de l'honneur que vous nous avez fait en acceptant de présider notre jury.

Je vous remercie de votre enseignement et je vous suis très reconnaissante de bien vouloir porter intérêt à ce travail.

Veillez trouver ici, Professeur, l'expression de mes sincères remerciements

A NOTRE MAÎTRE ET RAPPORTEUR DE THÈSE :
MADAME LE PROFESSEUR SOUMAYA ALJ

Professeur de l'enseignement supérieur

Je vous serai toujours reconnaissante pour votre gentillesse, votre disponibilité et votre bienveillance.

Merci pour le temps que vous m'avez accordé. Les mots ne sauraient exprimer mon immense gratitude envers vous ainsi que ma profonde admiration devant la personne que vous êtes.

Vous serez toujours un exemple par vos qualités humaines et votre dévouement.

Veillez trouver ici cher maître, le témoignage de ma gratitude et de mon profond respect

A NOTRE MAÎTRE ET JUGE DE THÈSE :

MADAME LE PROFESSEUR KAWTAR ZAHLANE

Professeur de l'enseignement supérieur

Nous vous remercions vivement pour l'honneur que vous nous faites en acceptant de juger ce travail. Nous sommes très sensibles à votre gentillesse. Que ce travail soit pour nous l'occasion de vous exprimer notre admiration ainsi que notre gratitude.

Veillez agréer, cher maître, en nos sentiments les plus respectueux.

A NOTRE MAÎTRE ET JUGE DE THÈSE :

MONSIEUR LE PROFESSEUR KHALLOUKI

MOHAMED

Professeur de l'enseignement supérieur

Vous m'avez fait l'honneur de faire partie de notre jury. Nous avons pu apprécier l'étendue de vos connaissances et vos grandes qualités humaines.

Soyez assuré, Professeur, de mon profond respect.

A NOTRE MAÎTRE ET JUGE DE THÈSE :

MONSIEUR LE PROFESSEUR ATMANE EL MEHDI

Professeur de l'enseignement supérieur

Nous tenons à vous exprimer nos sincères remerciements de bien vouloir faire partie du jury de notre travail. Il nous est particulièrement agréable de vous exprimer notre profonde gratitude



ABBREVIATIONS



Liste des abréviations

SARS-CoV-2	:	Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2.
COVID-19	:	Coronavirus Disease 2019.
SDRA	:	Syndrome De Détresse Respiratoire Aigue.
OMS	:	Organisation Mondiale De La Santé.
CRP	:	Protein C Réactive
RT-PCR	:	Reverse Transcription-Polymerasechainreaction
ROC	:	Receiver Operating Characteristiccurve.
AUC	:	Area Under The Curve.
TMPRSS2	:	Serine Protéase Transmembranaire 2
TDM	:	Tomodensitométrie
IL	:	Interleukine.
HTA	:	Hypertension Artérielle.
Ig	:	Immunoglobuline
BPCO	:	Bronchopneumopathie Chronique Obstructive
LDH	:	Lactate Déshydrogénase
HRCT	:	High-Resolutioncomputedtomography
MPR	:	Reconstruction Multiplanaire
USI	:	Unité De Soins Intensifs

Liste des figures

- Figure 1** : TDM thoracique démontrant l'étendue des lésions de la Covid-19
- Figure 2** : Répartition selon le sexe
- Figure 3** : Répartition selon l'âge
- Figure 4** : Répartition selon les comorbidités
- Figure 5** : Répartition de la symptomatologie des patients
- Figure 6** : Scanner thoracique fenêtre parenchymateuse coupe axiale montrant des foyers en verre dépoli en plage de disposition périphérique sous pleurale
- Figure 7** : Scanner thoracique fenêtre parenchymateuse coupe axiale et coupe coronale montrant un foyer de condensation parenchymateuse nodulaire de disposition périphérique plus marquée au niveau des bases
- Figure 8** : Scanner thoracique en fenêtre parenchymateuse en coupes axiales montrant des foyers en verre dépoli associés à des réticulations réalisant l'aspect en crazy paving.
- Figure 9** : Scanner thoracique en fenêtre parenchymateuse en coupe axiale montrant un foyer de condensation nodulaire entouré d'une couronne en verre dépoli réalisant l'aspect en halo.
- Figure 10** : Scanner thoracique en fenêtre parenchymateuse en coupe axiale montrant un foyer en verre dépoli entouré d'une couronne de condensation réalisant l'aspect de halo inversé.
- Figure 11** : Aspect scanographique de la Covid-19
- Figure 12** : Répartition des aspects typique et atypique en imagerie
- Figure 13** : Répartition des patients selon l'extension scanographique des lésions
- Figure 14** : TDM thoracique démontrant l'étendue des lésions de la Covid-19
- Figure 15** : Répartition des leucocytes selon la sévérité clinique

- Figure 16** : Répartition des lymphocytes selon la sévérité clinique.
- Figure 17** : Répartition de la CRP selon la sévérité clinique
- Figure 18** : Répartition du taux de D-dimères selon la sévérité clinique
- Figure19** : Courbe ROC
- Figure 20** : Courbe ROC utilisant l'extension scanographique et le taux de CRP
- Figure 21** : Courbe ROC utilisant l'extension scanographique et le taux de GB
- Figure 22** : Courbe ROC utilisant l'extension scanographique et le taux de DD
- Figure 23** : Physiopathologie de l'orage cytokinique
- Figure 24** : Cas de COVID-19 déclarés chaque semaine par WHO Regions
- Figure 25** : Poids de la pandémie de Covid-19 déclarés selon les régions OMS le 15 novembre 2020 (OMS)
- Figure 26** : Nombre de patients hospitalisés en réanimation par million
- Figure 27** : Evolution du nombre de cas hospitalisés en réanimation et leur moyenne mobile sur 7jours au Maroc du 02/03/2020 au 29/11/2020
- Figure 28** : Nombre de décès hebdomadaires au Maroc du 02/03/2020 au 29/11/2020
- Figure29** : Radiographie thoracique de face objectivant des opacités de type alvéolaires de disposition mixte prédominantes en périphérie bilatérales plus marquées au niveau des bases évoquant une infection Covid-19
- Figure 30** : Scanner thoracique en fenêtre parenchymateuse coupe axiale montrant des foyers en verre dépoli nodulaire de disposition mixte à prédominance périphérique plus marqués au niveau des bases
- Figure 31** : Scanner thoracique en fenêtre parenchymateuse coupe axiale A et sagittale B montrant des foyers en verre dépoli en plage de disposition mixte à prédominance périphérique plus marqué au niveau des bases.

- Figure 32** : Scanner thoracique en fenêtre parenchymateuse coupe axiale A et coupe coronale B montrant un foyer de condensation parenchymateuse nodulaire de disposition périphérique prédominante plus marqué au niveau des bases
- Figure 33** : A–Scanner thoracique fenêtre parenchymateuse coupe axiale montrant des foyers de condensation en bande de disposition sous pleurale. B–Scanner thoracique fenêtre parenchymateuse coupe sagittale montrant des foyers de condensation en plage de disposition sous pleurale prédominante plus marqué au niveau des bases.
- Figure 34** : Scanner thoracique en fenêtre parenchymateuse coupe axiale montrant des foyers en verre dépoli associés à des épaissements des septa interlobulaires réalisant l’aspect en crazy paving.
- Figure 35** : Scanner thoracique en fenêtre parenchymateuse coupe axiale montrant des réticulations à grandes mailles sous pleurales bilatérales, sur fond de verre dépoli par endroits réalisant l’aspect en crazy paving (cercle) au niveau du Fowler gauche
- Figure 36** : Scanner thoracique fenêtre parenchymateuse coupes axiales montrant des épaissements des lignes septales et non septales.
- Figure 37** : Scanner thoracique en fenêtre parenchymateuse coupe axiale montrant un foyer en verre dépoli entouré d’une couronne de condensation réalisant l’aspect de halo inversé.
- Figure 38** : Scanner thoracique en fenêtre parenchymateuse en coupe axiale objectivant des foyers de dilatation de branches associés à une infection Covid-19
- Figure 39** : Scanner thoracique en fenêtre parenchymateuse en coupe axiale(A) et coronale (B) objectivant un épanchement pleural bilatéral de faible abondance associé à une infection Covid-19.
- Figure 40** : Scanner thoracique en fenêtre médiastinale coupe axiale (A) et coronale (B) en fenêtre parenchymateuse coupe axiale (C) objectivant une dilatation du tronc de l’artère pulmonaire et de ses branches de division associée à une infection Covid-19

- Figure 41** : Scanner thoracique en fenêtre parenchymateuse en coupes axiales montrant une dilatation vasculaire en regard des foyers en verre dépoli
- Figure 42** : Scanner thoracique fenêtre parenchymateuse coupe axiale objectivant des nodules et micronodules sous pleuraux et parenchymateux associés à une infection Covid-19
- Figure 43** : Scanner thoracique fenêtre parenchymateuse coupe axiale montrant un foyer de condensation nodulaire entouré d'une couronne en verre dépoli réalisant l'aspect de halo.
- Figure 44** : Arbre décisionnel illustrant la démarche diagnostique devant des opacités en verre dépoli
- figure 45** : TDM thoracique en coupes axiales objectivant des plages de verre dépoli diffuses des deux hémichamps pulmonaires, confluentes, symétriques, prédominantes en péri-hilaire et dans les régions supérieures, épargnantes les zones sous pleurales et les culs-de-sac pleuraux en rapport avec un pneumocystose
- Figure 46** : TDM thoracique en coupe coronale et axiale chez un patient de 23 ans avec maladie de Goodpasture présentant une hémoptysie avec au scanner des plages en verre dépoli multifocales ,bilatérales , plus marquées en péri hilaire et à droite avec épanchement pleural droit de faible abondance. En rapport avec une hémorragie alvéolaire.
- Figure 47** : Patiente de 30 ans suivie pour une cardiopathie non documentée, admise pour une dyspnée d'installation aiguë avec à la TDM : Opacités en verre dépoli basales bilatérales et périhilaires, des épaissements lisses des lignes septales et un épanchement pleural bilatéral de faible abondance en rapport avec un œdème cardiogénique.
- Figure 48** : Patiente de 45 ans, élèveuse d'oiseau qui présente une dyspnée et chez qui la TDM thoracique sans injection en fenêtre parenchymateuse révèle du verre dépoli en mosaïque avec coexistence de zones hyper, normo et hypodense réalisant un aspect en fromage de tête. Compatible avec une pneumopathie d'hypersensibilité non fibrosante.

- Figure 49** : Les courbes ROC du modèle qualitatif et du modèle semi-quantitatif multivarié pour le diagnostic de la sévérité de la maladie à Coronavirus 2019 (COVID-19).
- Figure 50** : Différents degrés d'atteinte de pneumonie COVID-19. L'atteinte pulmonaire, évaluée visuellement comme le ratio du poumon pathologique sur le poumon sain, peut être classée comme minime <10% (A), modérée 10-25% (B), étendue 25-50% (C), sévère 50-75% (D) ou critique >75% (E). Une atteinte diffuse et des condensations déclives font évoquer un syndrome de détresse respiratoire aigu (E).
- Figure 51** : A-C Images de tomodensitométrie thoracique sans contraste chez une femme de 46 ans présentant une légère pneumonie à COVID-19. Les images tomodensitométriques montrent des opacités en verre dépoli dans le segment postérieur du lobe supérieur droit, le segment supérieur des poumons bilatéraux et le segment basal postérieur du lobe gauche droit. D-F, images tomodensitométriques thoraciques non contrastées d'un homme de 20 ans atteint d'une pneumonie légère à COVID-19. Les images CT montrent des opacités en verre dépoli et une consolidation dans plusieurs segments pulmonaires, et le CT-SS est de 7.
- Figure 52** : A-C, images de tomodensitométrie thoracique sans contraste chez un homme de 56 ans atteint d'une grave pneumonie à COVID-19. D-F, images de tomodensitométrie thoracique sans contraste chez un homme de 69 ans atteint d'une grave pneumonie à COVID-19.
- Figure 53** : Exemples de segmentation automatique des limites des poumons par algorithme en présence de lésions pulmonaires sévères.
- Figure 54** : Courbe ROC : les cas sévères et critiques utilisant score de sévérité à la TDM et la LDH

Liste des tableaux

- Tableau I** : Les valeurs de références des biomarqueurs inflammatoires
- Tableau II** : Répartition des patients selon leur évolution
- Tableau III** : Répartition des patients selon leur pronostic
- Tableau IV** : Analyse de la corrélation entre l'extension scanographique des lésions et le pronostic
- Tableau V** : Analyse de la corrélation entre l'extension scanographique des lésions et la saturation en o₂
- Tableau VI** : Analyse de la corrélation entre l'étendue des lésions scanographiques et l'âge des patients
- Tableau VII** : Analyse de la corrélation entre l'étendue des lésions scanographiques et les biomarqueurs
- Tableau VIII** : Zones sous la courbe des variables
- Tableau IX** : Variables étudiés avec leurs seuils prédictifs
- Tableau X** : Chiffres clés au 29/11/2020 (13)
- Tableau XI** : Sex-ratio dans les différentes études
- Tableau XII** : L'âge Rapporté Chez Les Malades COVID-19
- Tableau XIII** : Comorbidités Trouvées Dans d'autres Etudes
- Tableau XIV** : Les aspects scanographiques dans les séries de la littérature
- Tableau XV** : Classification CO-RADS
- Tableau XVI** : Taux De Leucocytes Selon Le Niveau d'atteinte
- Tableau XVII** : Taux De Lymphocytes Selon Le Niveau d'atteint
- Tableau XVIII** : Tableau comparatif des médianes et moyennes des différentes études



PLAN



INTRODUCTION	01
MATERIEL ET METHODE	04
I. Type, lieu, et période de l'étude	05
II. Patients de l'étude	05
1. Critères d'inclusion :	05
2. Critères d'exclusion	05
III. Recueil des données	06
1. Imagerie	06
2. Les Biomarqueurs étudiées	07
3. Evaluation du pronostic	07
IV. Méthode d'analyse des données	08
V. Considération éthique	08
RESULTATS	09
I. Statistiques descriptives	10
1. Sexe :	10
2. Répartition selon l'âge	10
3. Répartition selon les comorbidités	11
4. Répartition de la symptomatologie des patients	12
5. La saturation en oxygène :	12
6. Répartition de l'évolution des patients	12
II. Imagerie de la COVID-19	13
1. Aspect typique de la Covid-19	13
2. Aspects atypiques de la Covid-19	14
III. Evaluation de la sévérité	17
IV. Répartition des valeurs des biomarqueurs selon l'extension scanographique des lésions :	18
1. Répartition du taux de leucocytes	18
2. Répartition du taux de Lymphocytes	18

V. Statistiques analytiques	20
1. Analyse univariée des variables	20
2. Etude de la spécificité et la sensibilité de l'âge, la saturation et des biomarqueurs	23
3. Etude de la spécificité et la sensibilité du scanner comparé aux marqueurs biologiques	24
DISCUSSION	27
I. Généralités	28
1. Définition	28
2. Histoire naturelle de la maladie	29
3. Situation épidémiologie	30
II. Diagnostic positif	36
1. Diagnostic clinique	36
2. Diagnostic sérologique	36
3. Diagnostic radiologique	37
III. Les diagnostics différentiels radiologiques	53
IV. Evaluation de la gravité de l'atteinte pulmonaire COVID-19	56
1. Rôle du scanner dans l'évaluation de la gravité	56
2. Rôle de la biologie dans l'évaluation de la gravité	63
3. Concordance du scanner et des biomarqueurs inflammatoires et la comparaison de leurs performances diagnostiques dans l'évaluation de la gravité de l'atteinte pulmonaire de la COVID-19	68
V. Modalités de traitement	70
CONCLUSION	71
RESUMES	73
ANNEXES	79
BIBLIOGRAPHIES	88



INTRODUCTION



L'Organisation mondiale de la santé (OMS) a annoncé que la COVID-19 était une pandémie le 12 mars 2020. (1) A ce jour 667 815 009 cas ont été recensés dans le monde dont 6 729 542 décès et le bilan de décès journalier ne cesse de s'alourdir avec l'apparition de nouveaux variants et mutants. (2)

Cette pandémie a commencé à apparaître à Wuhan, dans la province de Hubei, en Chine. (1) La maladie s'est rapidement répandue dans la ville et finalement dans le monde. Ces infections étaient causées par un nouveau coronavirus SARS-CoV-2, nommée COVID-19. (1-3)

Si les symptômes peuvent aller d'un simple syndrome grippal classique fait de toux, de fièvre ou d'arthralgies, ils peuvent être plus graves et traduire l'atteinte de tous les systèmes. (4)

L'imagerie par le biais du scanner thoracique a été considérée comme ayant une sensibilité élevée chez les patients infectés par le SRAS-CoV-2, elle est donc largement utilisée pour aider à la gestion des patients.(3)L'étendue de l'implication scanographique est le paramètre visuel, qui pourrait refléter le plus la gravité de la maladie, permettant ainsi la catégorisation des patients, l'aide à leur prise en charge clinique et la prévention des complications graves.(5)

A cela, s'ajoute un bilan biologique perturbé, traduisant une réponse inflammatoire excessive, qualifiée de véritable orage cytokinique. (5)Cet orage est la conséquence d'une réponse immunitaire innée et adaptative déséquilibrée, responsable de lésions tissulaires irréversibles menant à une défaillance multiviscérale. (4)Les biomarqueurs couramment utilisés pour évaluer la gravité de la maladie Covid -19 sont le D - Dimer, la CRP, l'IL6 et la LDH. Le taux de D-dimères peut être associé à la gravité de l'inflammation plutôt que directement lié à l'état d'hypercoagulation chez les patients atteints de pneumonie SRAS-COV-2. (6) La CRP chez les patients atteints de Covid -19 sévère augmente de manière significative au stade initial, avant même les résultats du scanner et sa progression est un signal de détérioration clinique. (7)

*D*ans cette étude, nous avons examiné la relation entre les niveaux des marqueurs inflammatoires et le score de gravité scanographique chez les patients atteints de pneumonie SRAS-COV-2 pour prouver s'il existe une corrélation entre eux ou non, et ainsi évaluer le rôle du scanner par rapport aux biomarqueurs comme valeur pronostique de la gravité de la maladie COVID-19 et du résultat clinique à court terme.



MATÉRIEL ET MÉTHODE



I. Type, lieu, et période de l'étude :

Il s'agit d'une étude diagnostique transversale monocentrique entreprise à l'hôpital ibn Tofail au niveau du Centre dédié au COVID-19. La durée de l'étude s'est étendue entre septembre 2020 au 30 novembre 2020, correspondant à la deuxième vague de la maladie au Maroc.

II. Patients de l'étude :

177 patients âgés de plus de 18 ans admis avec un diagnostic de Covid-19 confirmé en laboratoire ont été inclus dans l'étude. Les données ont été recueillies sur la démographie et la gravité de la maladie.

1. Critères d'inclusion :

Notre étude inclut tous les patients admis pour infection Covid-19, ayant été hospitalisés au centre dédié au Covid-19 de l'hôpital IBN tofail (hors réanimation) et dont les dossiers étaient complets.

2. Critères d'exclusion :

Nous avons exclu les patients dont les dossiers étaient incomplets, ou qui ont reçu un traitement susceptible de fausser les résultats biologiques (corticothérapie).

III. Recueil des données :

Les données cliniques, biologiques, l'imagerie radiologique, ont été relevées rétrospectivement à partir des dossiers des patients hospitalisés au niveau du chapiteau installé à l'hôpital IBN TOFAIL.

En se basant sur une fiche d'exploitation (Annexe).

HRCT et les biomarqueurs inflammatoires ont été réalisés chez les patients au moment de leur admission.

1. Imagerie :

- L'appareil de tomodensitométrie utilisé dans notre étude est Hitachi 16 barrettes.
- Durée de l'examen : 2 min.
- Protocoles et déroulement de l'examen : Patients en décubitus dorsal. En inspiration profonde puis apnée
- Acquisition hélicoïdale sur le thorax en haute résolution, coupe axiale avec reconstruction MPR sans injection de produit de contraste.
- Etude en fenêtres parenchymateuses et médiastinales

La gravité de la maladie a été classée selon la classification de la Société française de radiologie qui a proposé une harmonisation de l'estimation de l'extension pulmonaire totale, qualifiée de légère entre 0-25%, modérée entre 25-50%, sévère entre 50-75% et critique au-delà de 75%.

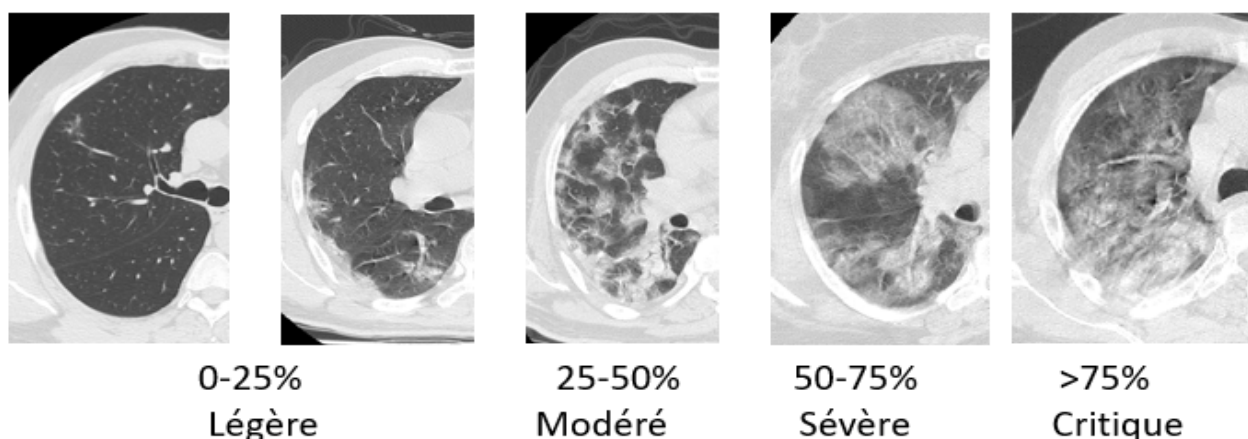


Figure 1 : TDM thoracique démontrant l'étendue des lésions de la Covid-19

2. Les Biomarqueurs étudiés :

Les biomarqueurs inclus dans notre étude étaient les suivant :

Tableau I : Les valeurs de références des biomarqueurs inflammatoires

Marqueurs	Valeurs de référence
GB	4000-10000
Lymphocytes	1500-4000
CRP	<6 mg/L
D-Dimères	<500 ug/L

3. Evaluation du pronostic :

Les patients ont été considérés comme ayant un bon pronostic lorsqu'ils sont sortis de l'USI ou transférés vers une unité d'hospitalisation et étaient considérés comme ayant un mauvais pronostic lorsqu'ils étaient transférés en unité de soins intensifs ou en cas de décès..

IV. Méthode d'analyse des données :

L'analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel SPSS version 27. L'analyse descriptive a consisté à :

- Calculer des fréquences pour les variables qualitatives,
- Utiliser des mesures de tendance centrale (moyennes) et de dispersion (écart-type) pour les variables quantitatives. Le test t a été utilisé pour comparer les moyennes des données quantitatives entre 2 groupes afin de déterminer s'il existe une différence statistiquement significative entre les moyennes.

Pour comparer les moyennes entre plus de 2 groupes, l'analyse de variance à sens unique (ANOVA) a été utilisée pour déterminer s'il existe des différences statistiquement significatives entre les moyennes.

Une analyse bivariée a été faite pour déterminer s'il existe une relation entre 2 variables qualitatives en utilisant le test du chi carré (χ^2). Le niveau de signification a été fixé à 0,05 pour l'étude.

Pour étudier la spécificité et la sensibilité scanographique versus celle des biomarqueurs, nous avons utilisé la courbe ROC, celle-ci nous a permis de préciser la zone sous la courbe de chaque élément, appelée « AUC ».

L'AUC de la courbe du biomarqueur étudié doit être supérieur ou égal à 0.5 afin que celui-ci soit performant.

Les courbes ROC permettent aussi de détecter la meilleure valeur seuil scanographique et des marqueurs biologiques pour la détection des cas graves.

V. Considération éthique :

L'anonymat et le respect de la confidentialité des patients ont été respectés.



RESULTATS



La totalité des patients atteints par la COVID-19 et respectant les critères de notre étude est de 177 patients.

I. Statistiques descriptives:

1. Sexe :

L'analyse des résultats montre une prédominance masculine de 65.5% soit 116 hommes atteints contre 61 femmes soit 34.5%. Le sex-ratio est de 1.9

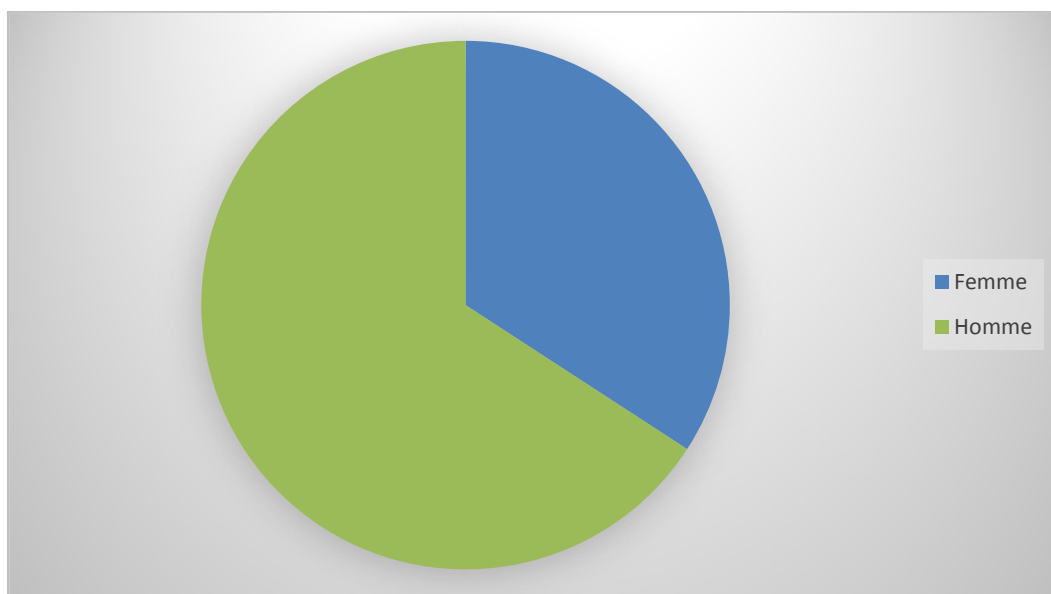


Figure 2: Répartition selon le sexe

2. Répartition selon l'âge :

L'âge médian du total des patients est de 59 ans.

L'âge médian des cas sévères est de 61.9 ans, celui des cas non sévères est de 56.8 ans. La tranche d'âge prépondérante est celle des 50-69 ans (84 patients) soit 47% de l'échantillon, suivie des 70-90 ans (51 patients) 28% de l'échantillon puis celle des 30-49 ans (37 patients) soit 20% et enfin la catégorie <30 ans (5 patients) représentant les 2% restants.

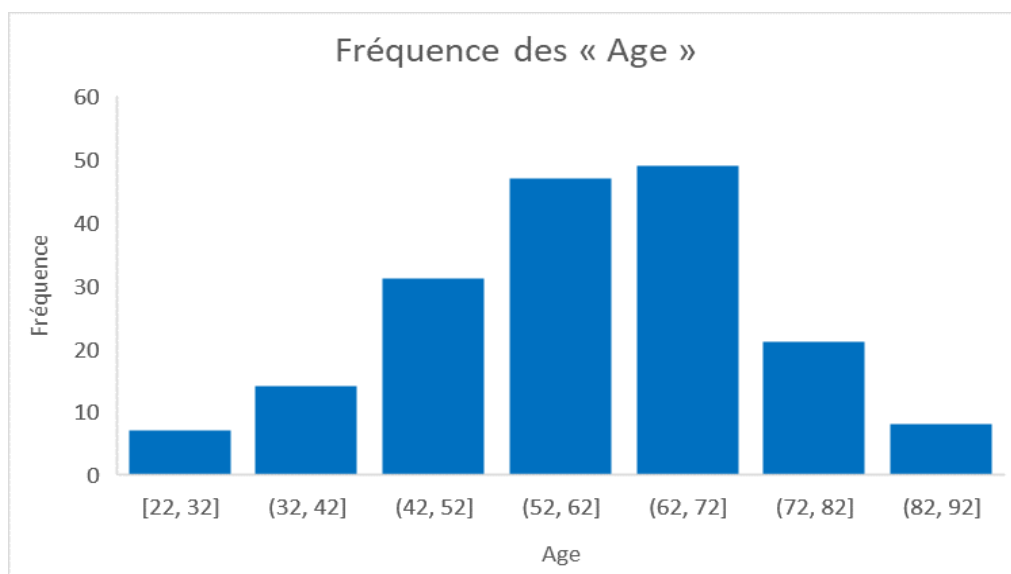


Figure 3 : Répartition selon l'âge

3. Répartition selon les comorbidités :

148 patients de notre étude présentaient une ou plusieurs comorbidités dont 129 cas sévères. La plus fréquente de ces comorbidités est le diabète, avec un pourcentage de 28%

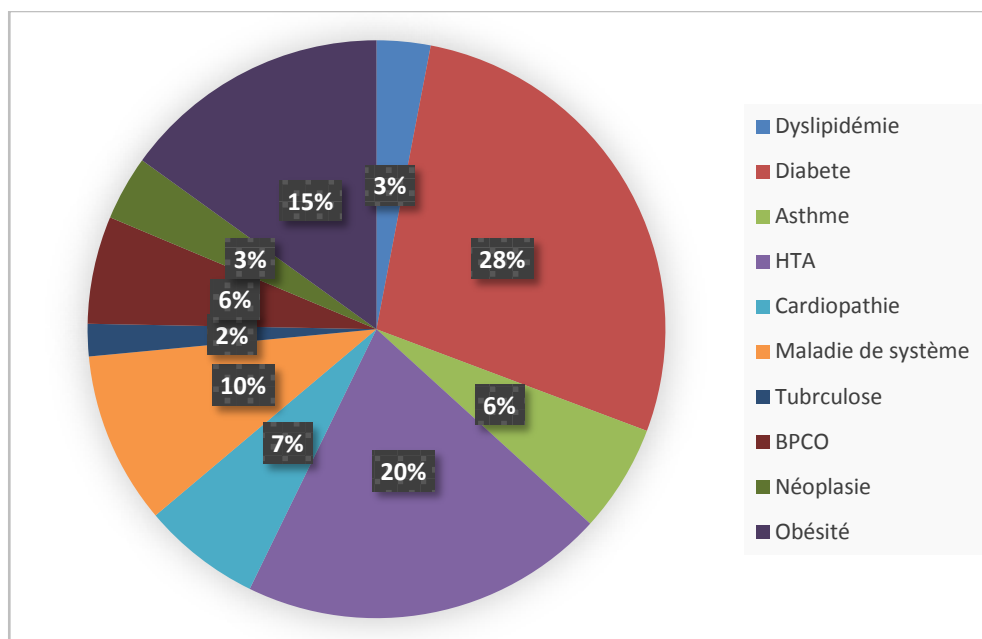


Figure 4 : Répartition selon les comorbidités

4. Répartition de la symptomatologie des patients :

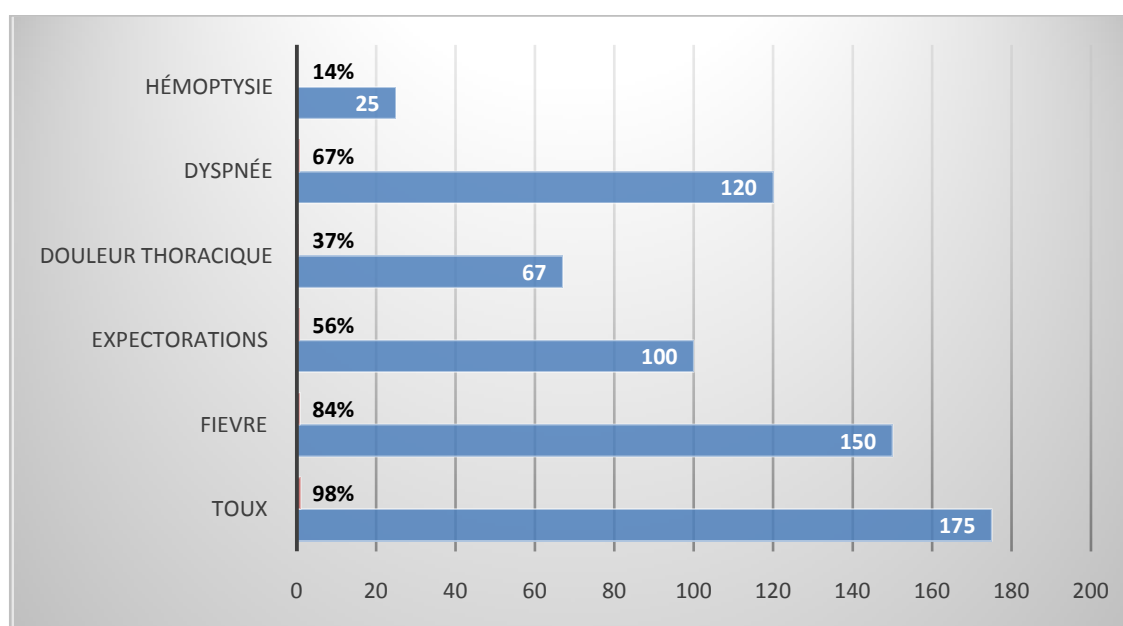


Figure 5: Répartition de la symptomatologie des patients.

5. La saturation en oxygène :

Une saturation < 90% a été enregistrée chez 43,2% des patients, entre 90–95% chez 16% des patients et une SaO₂>95% chez 40,8% des patients

6. Répartition de l'évolution des patients :

Tableau II : Répartition des patients selon leur évolution

Evolution	Effectifs	Pourcentage
Sortie de l'USI (après avoir achevé le traitement)	117	66.1%
Transfert en unité d'hospitalisation	29	16.4%
Transfert en unité de réanimation	29	16.4%
Décès	2	1.1%
Total	177	100%

Tableau III : Répartition des patients selon leur pronostic

Bon pronostic	146	82.5%
Mauvais pronostic	31	17.5%
Total	177	100%

Sur les 177 patients inclus dans notre étude 146 avaient un bon pronostic : sont sorti de l'USI après avoir achevé leur traitement (n=117) ou transféré en unité d'hospitalisation (n=29) soit un pourcentage de 82.5%, alors que 31 d'entre eux avaient un mauvais pronostic et ont été hospitalisé en réanimation (n=29) ou sont décédé (n=2) et ils représentaient 17.5% de notre échantillon.

II. Imagerie de la COVID-19 :

1. Aspect typique de la Covid-19 :

Les aspects typiques de la Covid chez nos patients sont le verre dépoli évalué à 38.5%, l'aspect en « crazy paving » a été retrouvé dans 18% des cas, et la condensation parenchymateuse dans 33% des cas



Figure 6: Scanner thoracique fenêtre parenchymateuse coupe axiale montrant des foyers en verre dépoli en plage de disposition périphérique sous pleurale

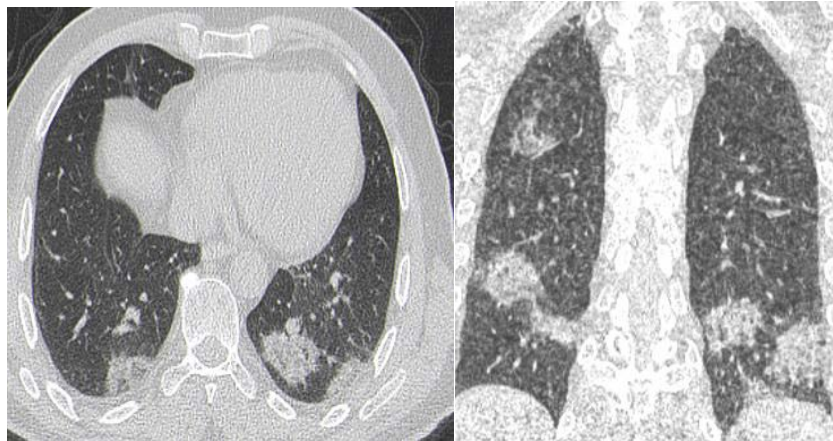


Figure 7 : Scanner thoracique fenêtré parenchymateuse coupe axiale et coupe coronale montrant un foyer de condensation parenchymateuse nodulaire de disposition périphérique plus marquée au niveau des bases

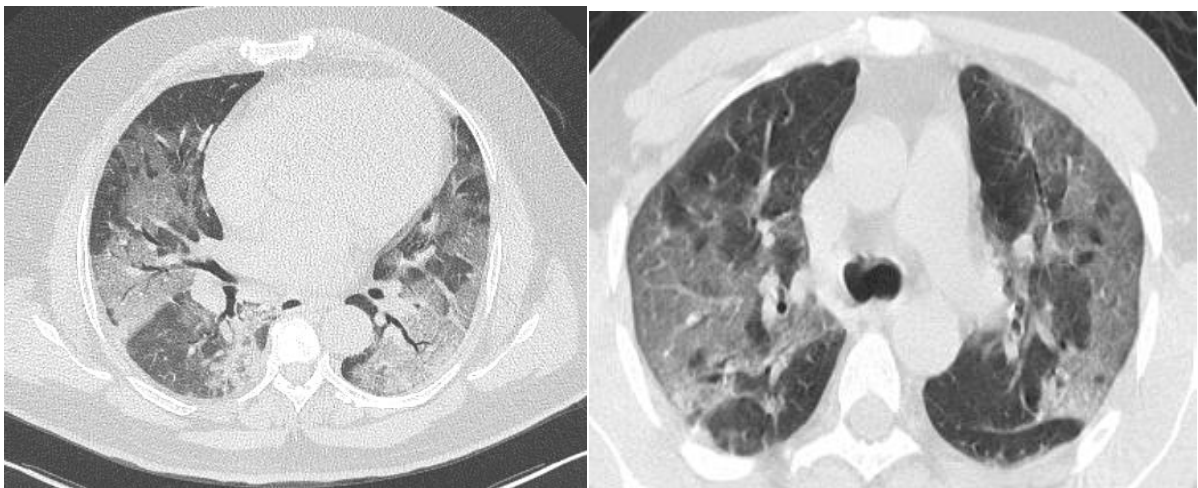


Figure 8: Scanner thoracique en fenêtré parenchymateuse en coupes axiales montrant des foyers en verre dépoli associés à des réticulations réalisant l'aspect en crazy paving.

2. Aspects atypiques de la Covid-19 :

Les aspects atypiques sont représentés par : la condensation nodulaire 1.7%, le signe du Halo 2.8%, les nodules excavés 1.1%, la présence de micronodules branchés 2.8%, et la présence d'épanchement pleural 3.3%.

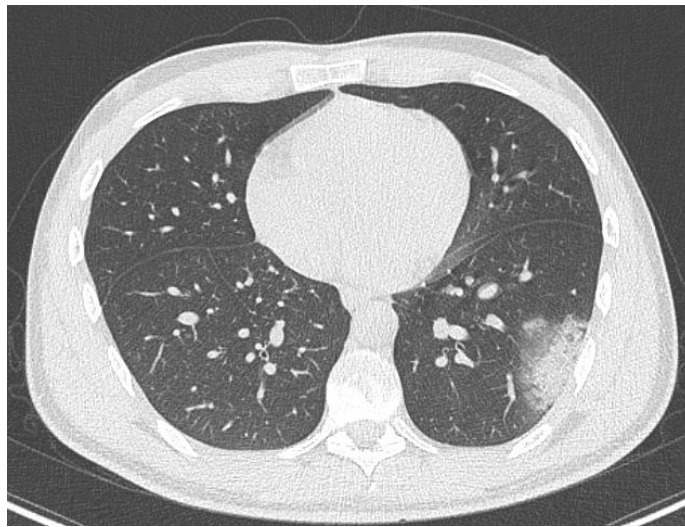


Figure 9 : Scanner thoracique en fenêtrage parenchymateux en coupe axiale montrant un foyer de condensation nodulaire entouré d'une couronne en verre dépoli réalisant l'aspect en halo.

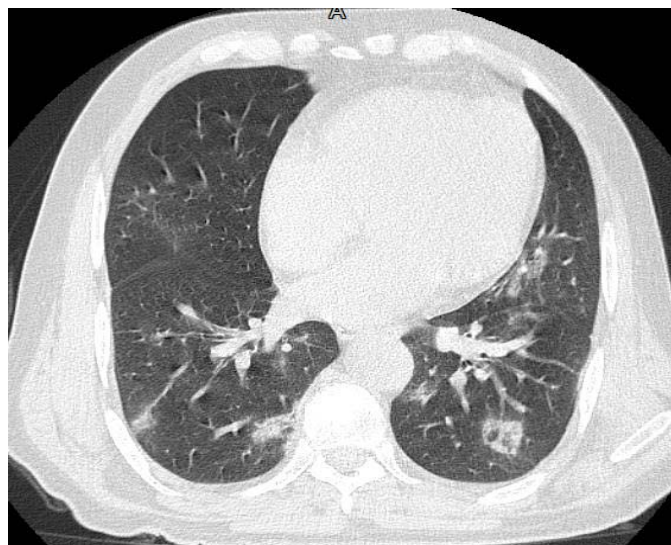


Figure 10 : Scanner thoracique en fenêtrage parenchymateux en coupe axiale montrant un foyer en verre dépoli entouré d'une couronne de condensation réalisant l'aspect de halo inversé.

Corrélation de la sévérité radiologique aux biomarqueurs inflammatoires et au pronostic des atteintes pulmonaires de la COVID-19

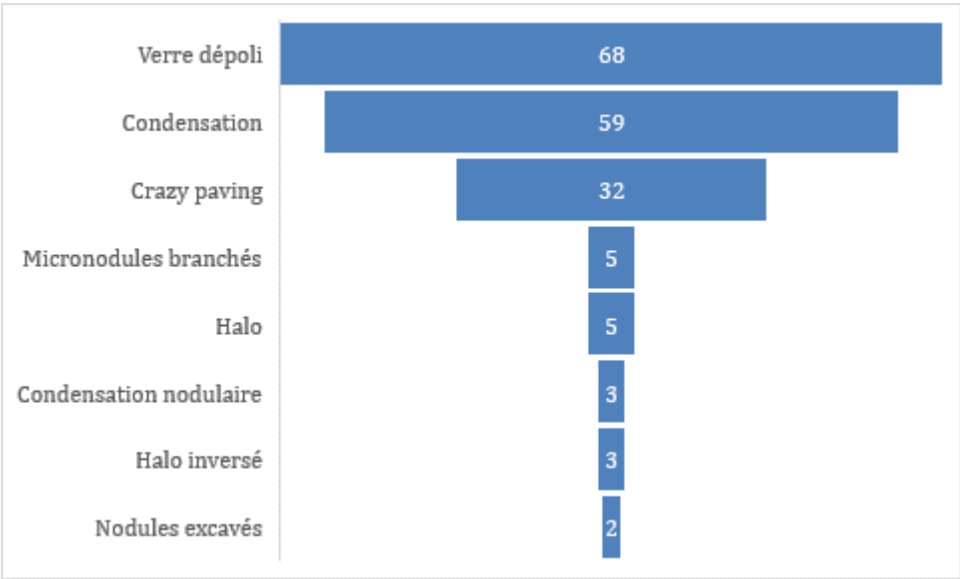


Figure 11 : Aspect scanographique de la Covid-19

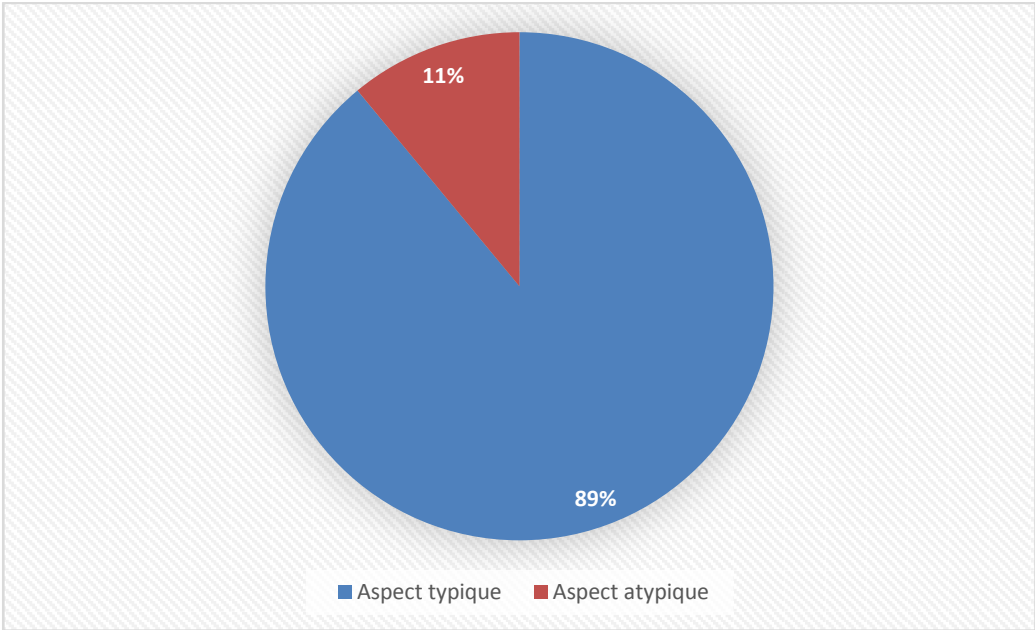


Figure 12: Répartition des aspects typique et atypique en imagerie

III. Evaluation de la sévérité :

- Gravité scanographique a été réparti selon la classification SFR :
 - Extension minimale 0-25% a été retrouvée chez 39 patients soit 22% des cas
 - Extension modérée 25-50% a été retrouvée chez 48 patients soit 27% des cas
 - Extension sévère 50-75% a été retrouvée chez 61 patients soit 35% des cas
 - Extension critique > 75% a été retrouvée chez 29 patients soit 16% des cas

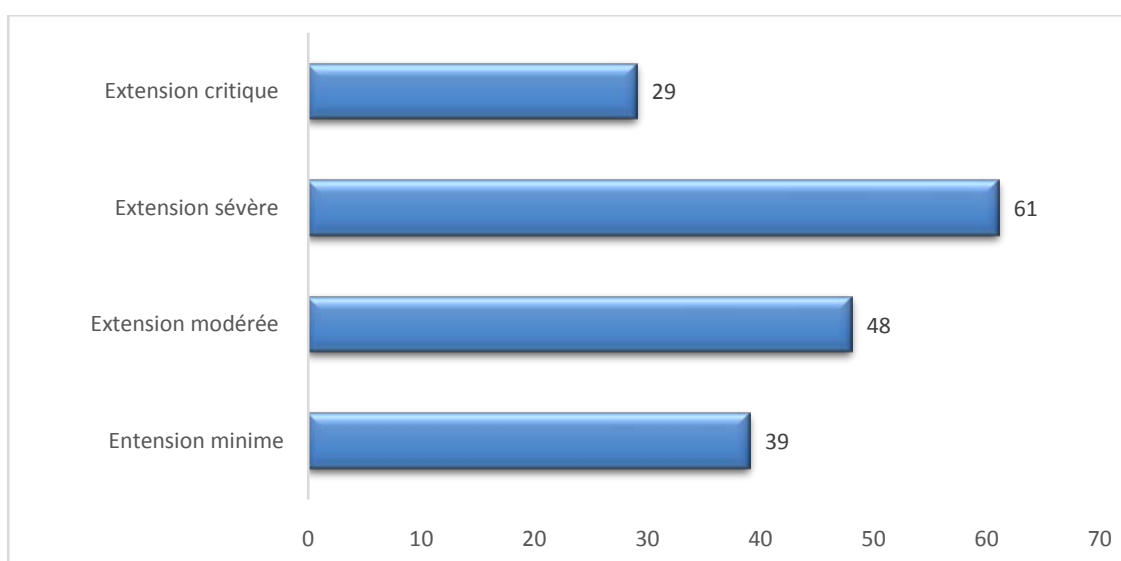


Figure 13 : Répartition des patients selon l'extension scanographique des lésions

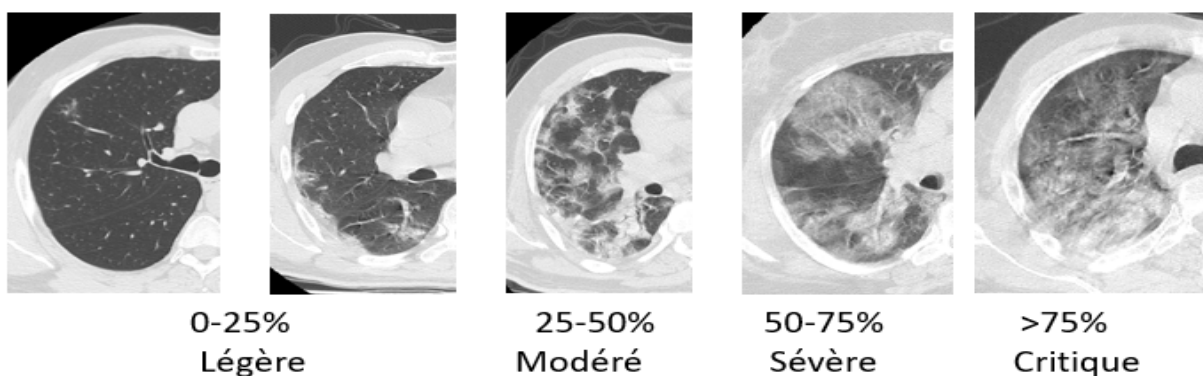


Figure 14 : TDM thoracique démontrant l'étendue des lésions de la Covid-19

IV. Répartition des valeurs des biomarqueurs selon l'extension scanographique des lésions :

1. Répartition du taux de leucocytes :

- La médiane des leucocytes est de $11670/\text{mm}^3$ [4700–30000] chez les patients dont l'atteinte est sévère à critique contre $3585/\text{mm}^3$ [4420–15070] chez les patients dont l'atteinte est minime à modérée. L'hyperleucocytose a été notée chez 44% des patients.

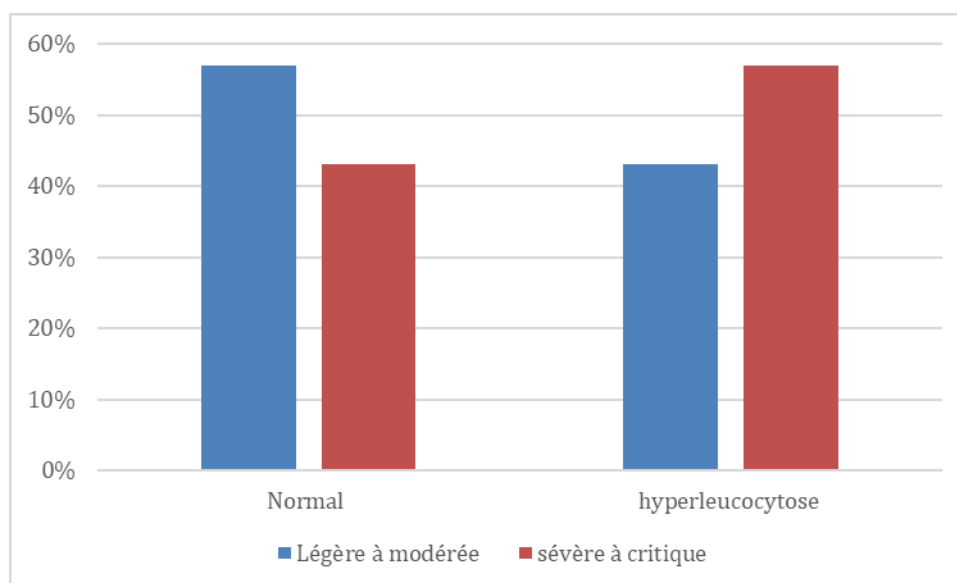


Figure 15 : Répartition des leucocytes selon la sévérité clinique

2. Répartition du taux de Lymphocytes :

La médiane des lymphocytes observée est de $998/\text{mm}^3$ [730–1340] chez les patients ayant une atteinte sévère à critique contre $1351/\text{mm}^3$ [1290–2105] chez ceux ayant une atteinte légère à modéré. La lymphopénie a été notée chez 63.22% des patients

Corrélation de la sévérité radiologique aux biomarqueurs inflammatoires et au pronostic des atteintes pulmonaires de la COVID-19

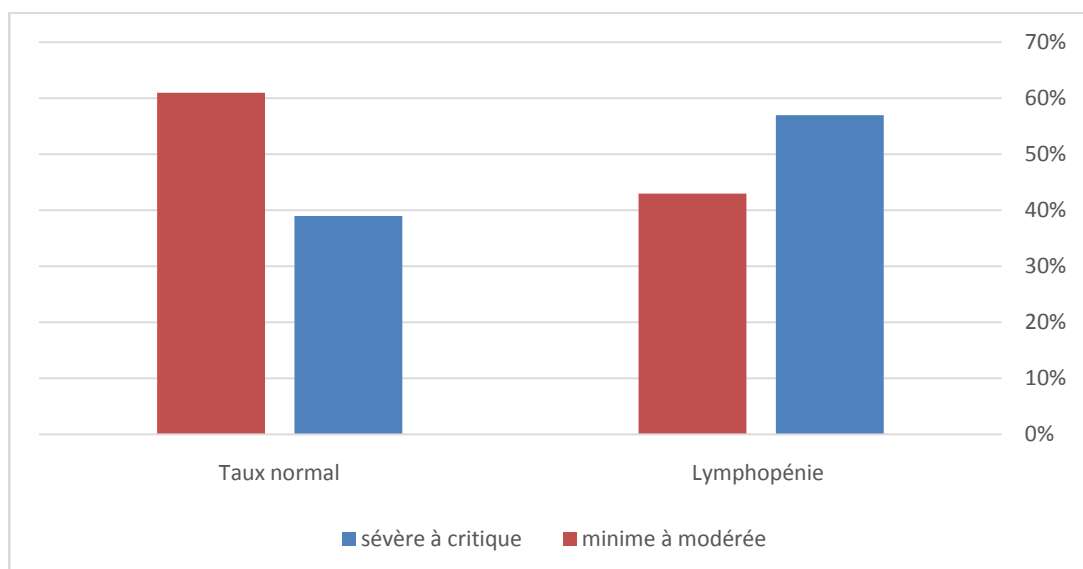


Figure 16 : Répartition des lymphocytes selon la sévérité clinique.

2.1. Répartition du taux de CRP :

La médiane de la CRP du groupe sévère à critique est 161 mg/L [14-470] contre 87 mg/L [3-200] chez celui avec extension minime à modérée

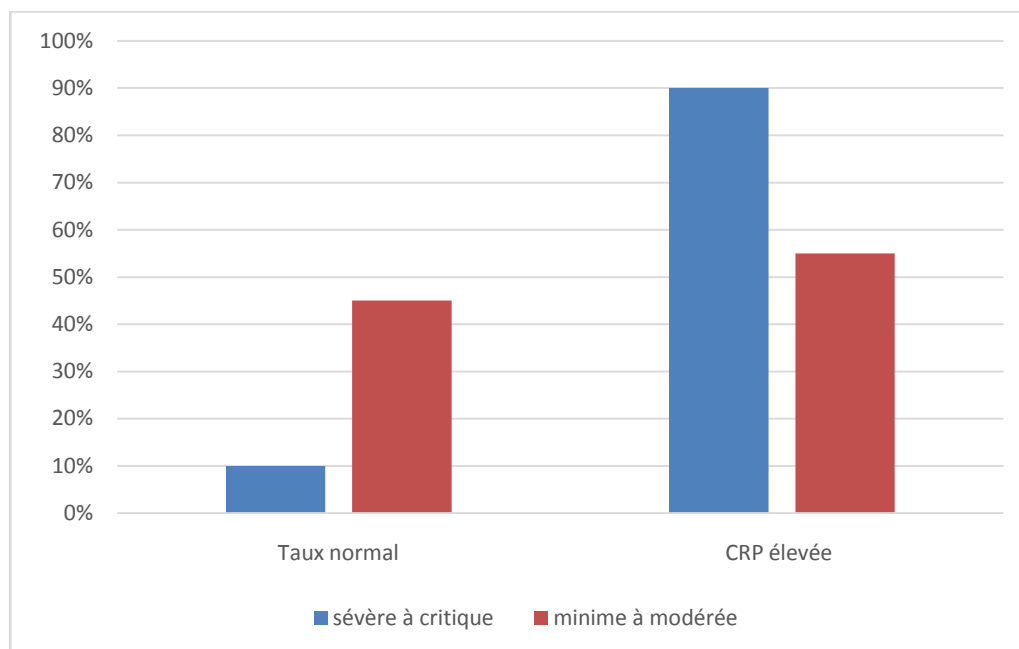


Figure 17 : Répartition de la CRP selon la sévérité clinique

2.2. Répartition du taux de D-dimères :

La médiane des D-dimères du groupe avec atteinte sévère à critique est 5757 ug /L [320-30370] contre 1479 ug/L [150-2150] chez celui avec atteinte minime à modérée

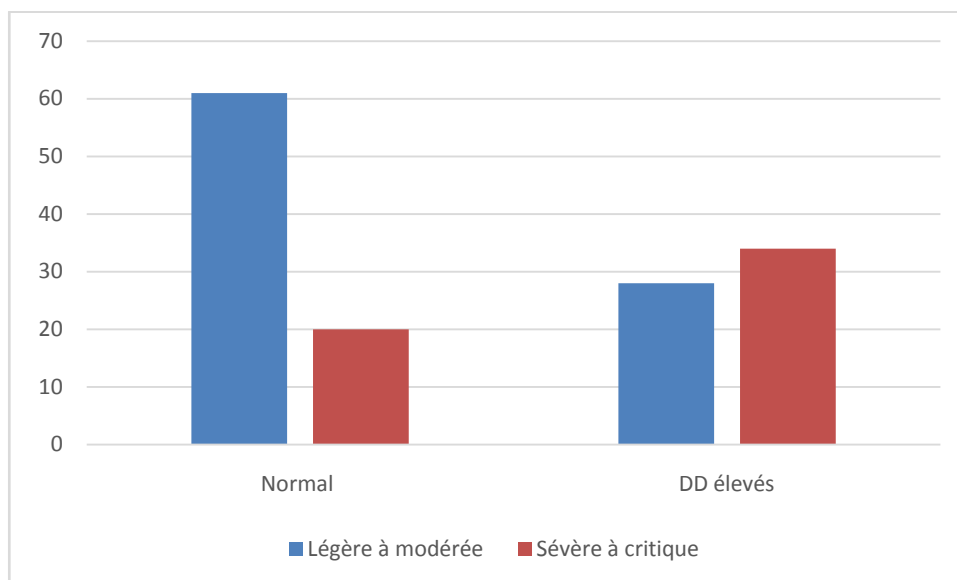


Figure 18 : Répartition du taux de D-dimères selon la sévérité clinique

V. Statistiques analytiques :

1. Analyse univariée des variables :

1.1. Corrélation entre le pronostic et l'extension scanographique:

Tableau IV : Analyse de la corrélation entre l'extension scanographique des lésion et le pronostic

			Evolution		P
			Mauvais Pronostic	Bon Pronostic	
Extension	Légère à modérée	Effectif	11	77	0.033
		Pourcentage	10.5%	89.5%	
	Sévère à critique	Effectif	20	69	
		Pourcentage	22.5%	77.5%	

Corrélation de la sévérité radiologique aux biomarqueurs inflammatoires et au pronostic des atteintes pulmonaires de la COVID-19

Une corrélation statistiquement significative a été détectée entre l'extension scanographique des lésions et l'évolution des patients avec un $p=0.033$.

1.2. Corrélation entre extension scanographique et SaO₂ :

Tableau V : Analyse de la corrélation entre l'extension scanographique des lésions et la saturation en O₂

			Sao2		P
			<90	≥ 90	
Extension	Légère à modérée	Effectif	9	78	<0.001
		Pourcentage	9.41%	90.58%	
	Sévère à critique	Effectif	54	36	
		Pourcentage	60.22%	39.77%	

Une corrélation statistiquement significative a été détectée entre l'extension scanographique des lésions et la saturation en O₂ des patients avec un $p<0.001$.

1.3. Corrélation entre extension scanographique et l'âge :

Tableau VI : Analyse de la corrélation entre l'étendue des lésions scanographique et l'âge des patients

	Extension	Moyenne	Ecart-type	P
Age	Légère à modérée	56.85	16.123	0.017
	Sévère a critique	61.91	11.163	

Une corrélation statistiquement significative a été détectée entre l'extension scanographique des lésions et l'âge des patients avec un $p=0.017$, avec une moyenne d'âge de 56 ans chez les patients ayant une extension légère à modérée et de 61 ans chez les patients ayant une extension sévère à critique.

**Corrélation de la sévérité radiologique aux biomarqueurs inflammatoires
et au pronostic des atteintes pulmonaires de la COVID-19**

1.4. Corrélation entre extension scanographique et les marqueurs biologiques :

Tableau VII : Analyse de la corrélation entre l'étendue des lésions scanographique et les biomarqueurs

	Extension	Moyenne	Ecart-type	p
GB	Légère à modérée	9244.18	3585.765	0.13
	Sévère à critique	11670.13	12610.690	
CRP	Légère à modérée	87.46	72.483	p<0.001
	Sévère à critique	161.08	120.679	
LYMPHOCYTES	Légère à modérée	1351.8480	669.07303	0.001
	Sévère à critique	998.6338	589.55429	
CREAT	Légère à modérée	8.44	3.159	0.216
	Sévère a critique	9.81	8.133	
TP	Légère à modérée	28.389	3.5721	0.88
	Sévère à critique	28.274	2.0953	
DD	Légère à modérée	1479.368	1386.6173	0.032
	Sévère à critique	5757.036	9932.4269	

Une corrélation statistiquement significative a été détectée entre l'extension scanographique des lésions et la CRP avec un $p=0.017$, le taux de lymphocytes avec un $p=0.001$ et le taux de D-Dimères avec un $p=0.032$

2. Etude de la spécificité et la sensibilité de l'âge, la saturation et des biomarqueurs :

- Dans notre étude, les AUC calculés étaient comme suit : l'âge 0.663, La saturation 0.797, les leucocytes 0.572, lymphocytes 0.682, DD 0.651, CRP 0.746 mg/l. Les biomarqueurs ayant des AUC < ou égal à 0.5 ont été exclus de l'étape suivante (Créatinine).

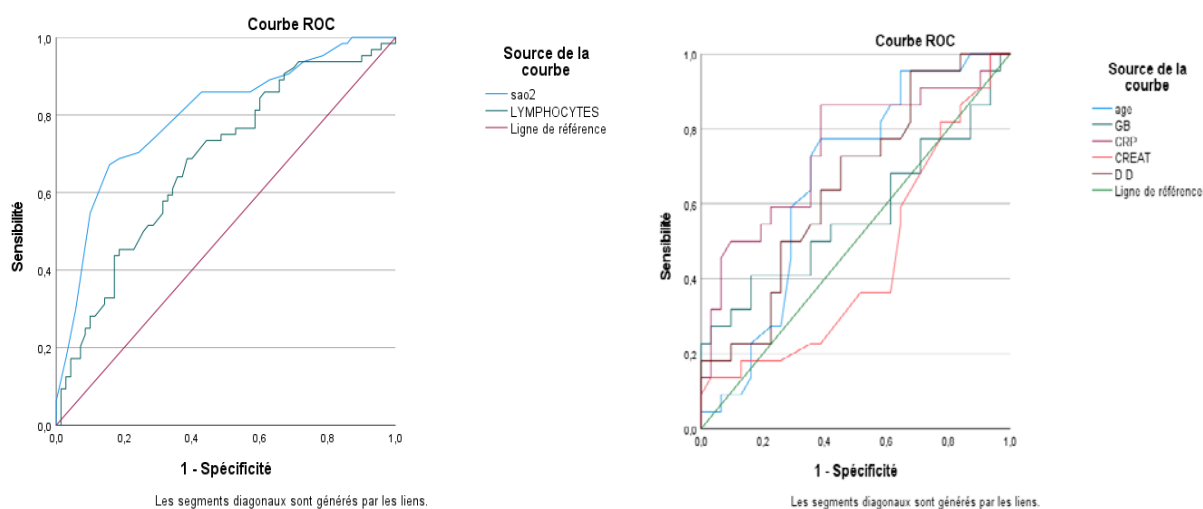


Figure19 : Courbe ROC

Tableau VIII : Zones sous la courbe des variables

		Zone sous la courbe			
Variable(s) de résultats tests	Zone	Erreur standard ^a	Sig. asymptotique ^b	Intervalle de confiance asymptotique à 95 %	
				Borne inférieure	Borne supérieure
age	,663	,075	,045	,515	,810
GB	,572	,085	,376	,405	,739
CRP	,746	,071	,002	,606	,886
CREAT	,447	,082	,516	,286	,608
D D	,651	,076	,063	,503	,799

		Zone sous la courbe			
Variable(s) de résultats tests	Zone	Erreur standard ^a	Sig. asymptotique ^b	Intervalle de confiance asymptotique à 95 %	
				Borne inférieure	Borne supérieure
sao2	,797	,039	,000	,720	,873
LYMPHOCYTES	,682	,046	,000	,591	,772

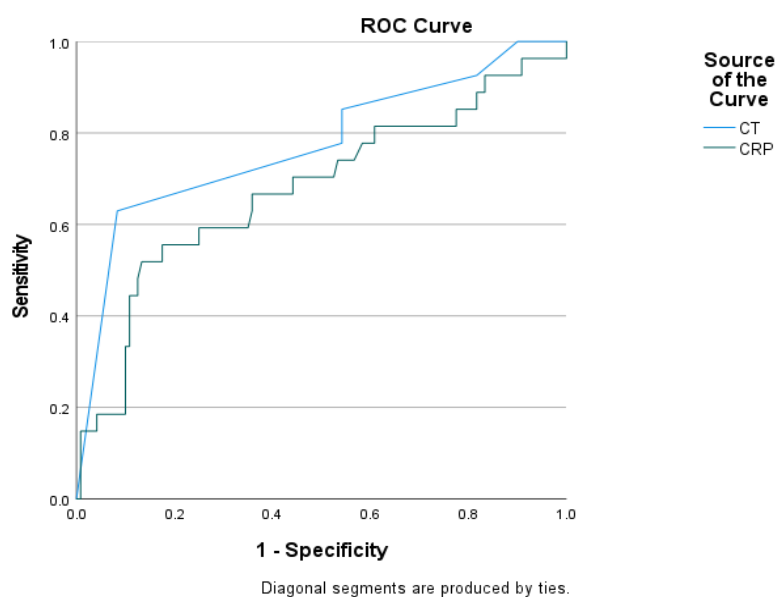
Corrélation de la sévérité radiologique aux biomarqueurs inflammatoires et au pronostic des atteintes pulmonaires de la COVID-19

Les seuils optimaux prédictifs de la sévérité retrouvés grâce à l'analyse de la courbe ROC sont :

Tableau IX : variables étudiés avec leurs seuils prédictifs

Variables	Seuils prédictifs
Age	61.5 ans
Saturation	92.5%
Leucocytes	11 210 cellules/mm ³
CRP	95 mg/L
Lymphocytes	995 cellules/mm ³
D-Dimères	700 ug/L

3. Etude de la spécificité et la sensibilité du scanner comparé aux marqueurs biologiques :



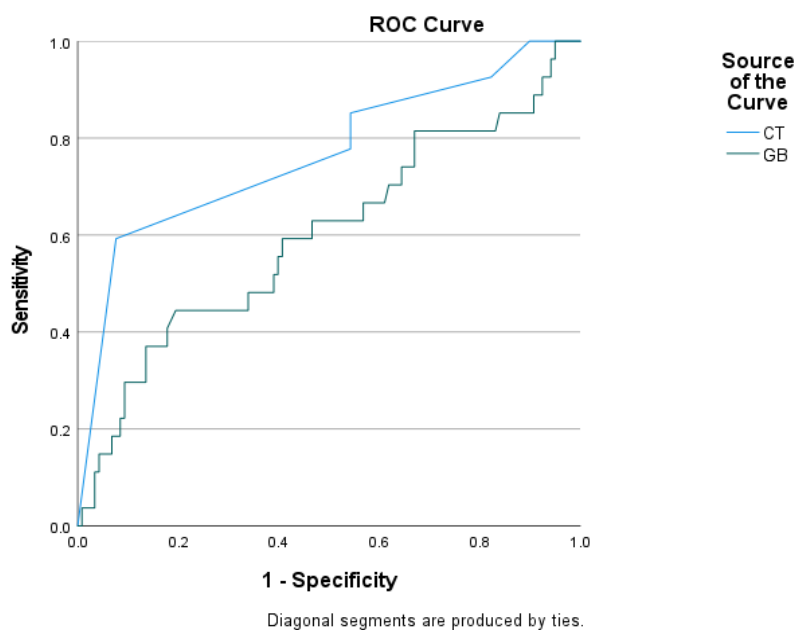
Area Under the Curve

Test Result Variable(s)	Area
CT	.773
CRP	.679

Figure 20 : Courbe ROC utilisant l'extension scanographique et le taux de CRP

Corrélation de la sévérité radiologique aux biomarqueurs inflammatoires et au pronostic des atteintes pulmonaires de la COVID-19

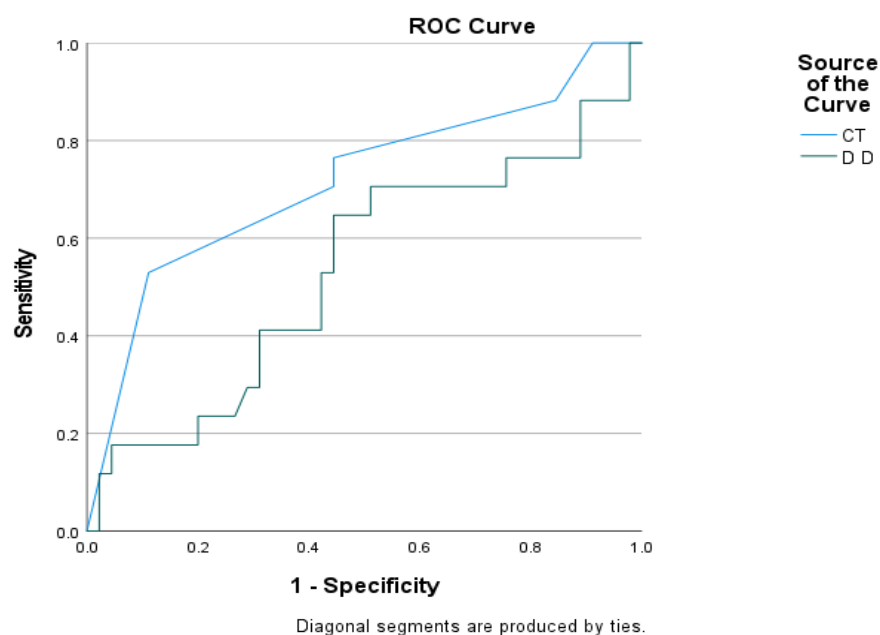
L'analyse de la courbe ROC a montré que l'aire sous la courbe (AUC) était significativement élevée en utilisant le Cut off du score de gravité CT \geq 50% et le cut off de CRP \geq 95 mg/L pour les cas graves de COVID-19, avec une sensibilité, une spécificité de 85% et 58%, par rapport à 75% et 55% respectivement.



Area Under the Curve	
Test Result Variable(s)	Area
CT	.766
GB	.599

Figure 19 : Courbe ROC utilisant l'extension scanographique et le taux de GB

L'analyse de la courbe ROC a montré que l'aire sous la courbe (AUC) était significativement élevée en utilisant le Cut off du score de gravité CT \geq 50% et le cut off de GB \geq 11210 elm/mm³ pour les cas graves de COVID-19, avec une sensibilité, une spécificité de 85% et 55%, par rapport à 62% et 55% respectivement.



Area Under the Curve

Test Result Variable(s)	Area
CT	.716
DD	.534

Figure 20 : Courbe ROC utilisant l'extension scanographique et le taux de DD

L'analyse de la courbe ROC a montré que l'aire sous la courbe (AUC) était significativement élevée en utilisant le Cut off du score de gravité CT $\geq 50\%$ et le cut off de DD ≥ 700 ug/L, pour les cas graves de COVID-19, avec une sensibilité, une spécificité de 80% et 48%, par rapport à 70% et 40% respectivement.

Au total l'analyse de la courbe ROC a montré que l'aire sous la courbe (AUC) était significativement élevée en utilisant la gravité scanographique en comparaison avec les aires sous la courbe des différents marqueurs biologiques permettant ainsi la prédiction des cas critiques de COVID-19.



DISCUSSION



I. Généralités :

1. Définition :

Selon l'organisation mondiale de la santé, la COVID-19 se définit comme étant une infection respiratoire due au virus SARS-CoV-2. (8) La transmission se fait en général par voie aérienne par le biais de gouttelettes respiratoires et de contacts. Sur le plan clinique, la COVID 19 peut aller d'une forme asymptomatique, à une forme légère ou modérée, en se manifestant par un syndrome grippal fait de toux, fièvre, des myalgies et fatigue, ce qui peut rendre difficile la distinction entre la COVID-19 et les autres infections, en particulier pendant la saison de la grippe. (9,10) Cependant, des formes plus sévères ont été déclarées, nécessitant une prise en charge hospitalière aux unités de soins intensifs, ces cas se définissent par l'un des éléments suivants : insuffisance respiratoire, fréquence respiratoire ≥ 30 , saturation en oxygène au repos $\leq 93\%$, $PaO_2/FiO_2 \leq 300$ mmHg. Devant, le nombre ascendants de patients présentant une forme sévère à critique de l'atteinte, les systèmes de santé ont été submergés, mettant au défi les infrastructures sanitaires du monde entier, d'où l'intérêt de proposer divers outils permettant de prédire le pronostic des patients pour une meilleure prise en charge.

2. Histoire naturelle de la maladie :

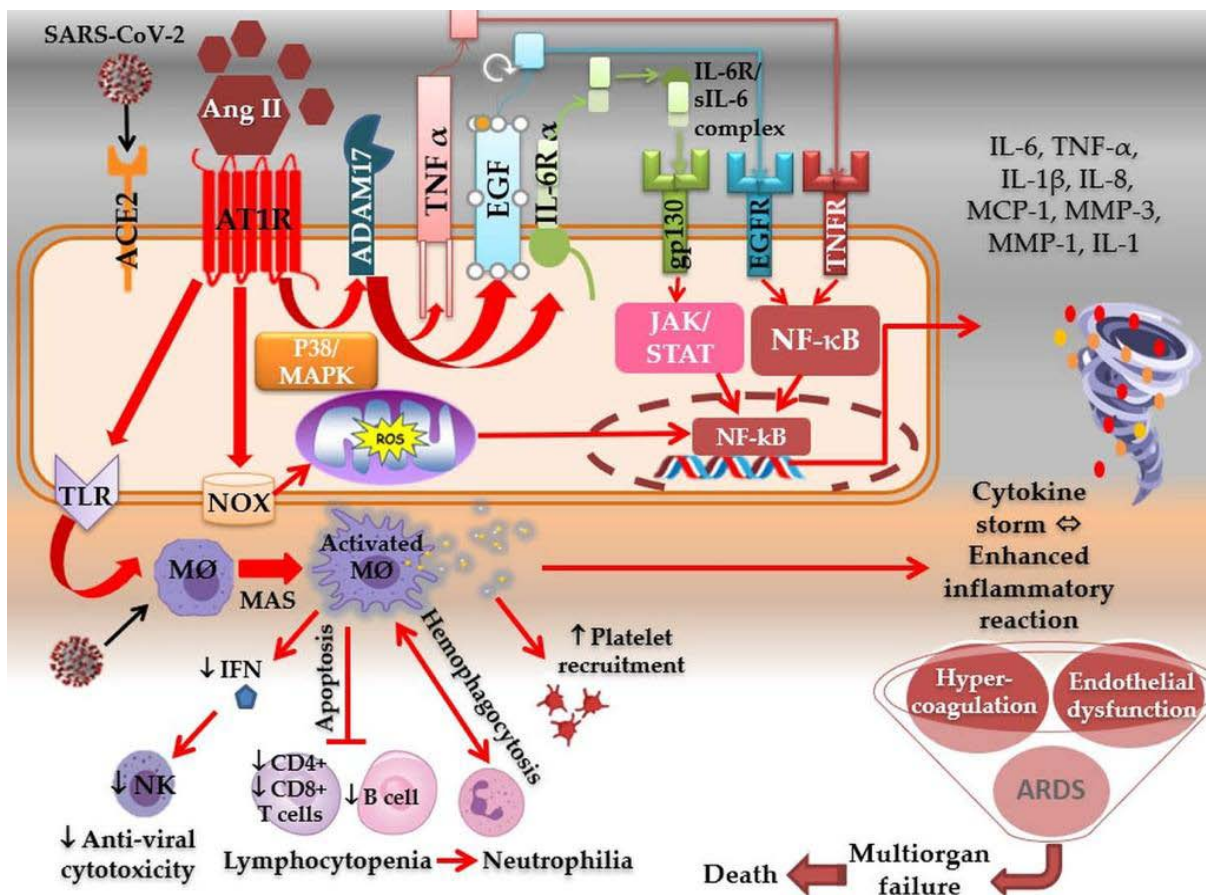


Figure 23: Physiopathologie de l'orage cytokinique (11)

L'entrée cellulaire du SRAS-CoV-2 dépend de la liaison des protéines S couvrant la surface du virion au récepteur cellulaire ACE2, et de l'amorçage des protéines S par TMPRSS2, une sérine protéase de la membrane de l'hôte. Le SRAS-CoV-2 peut rapidement activer les cellules Th1 pathogènes pour qu'elles sécrètent des cytokines pro-inflammatoires, telles que le facteur stimulant les colonies de granulocytes et de macrophages (GM-CSF) et l'interleukine-6 (IL-6). Le GM-CSF active ensuite les monocytes inflammatoires CD14+ CD16+ pour produire de grandes quantités d'IL-6, de facteur de nécrose tumorale- α (TNF- α) et d'autres cytokines. La tempête de cytokines dans le COVID-19 est caractérisée par une forte expression d'IL-6 et de TNF- α . Cette réponse exagérée du système immunitaire est à l'origine des atteintes graves dues

Corrélation de la sévérité radiologique aux biomarqueurs inflammatoires et au pronostic des atteintes pulmonaires de la COVID-19

à la COVID-19. Liu et al ont constaté des diminutions significatives et durables du nombre de lymphocytes (cellules CD4+ et CD8+), en particulier des cellules T CD8+, mais des augmentations du nombre de neutrophiles chez les patients atteints de COVID-19 sévère par rapport aux patients légers. (12)

3. Situation épidémiologique :

3.1. La situation mondiale :

En 22 novembre 2020, plus de 57,8 millions de cas et 1,3 million de décès ont été signalés dans le monde depuis le début de la pandémie. Parmi les patients atteints en cette même période, 38 966 ont fait un passage en réanimation. (12)

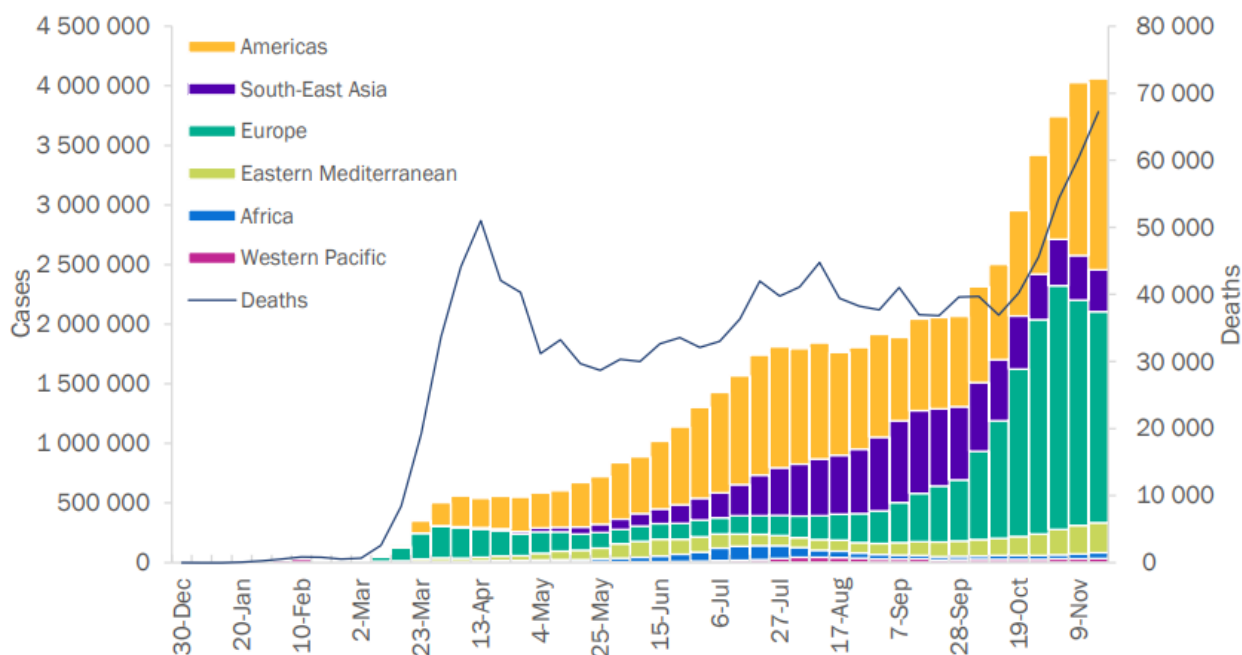


Figure 24 : Cas de COVID-19 déclarés chaque semaine par WHO Regions (13)

Corrélation de la sévérité radiologique aux biomarqueurs inflammatoires
et au pronostic des atteintes pulmonaires de la COVID-19

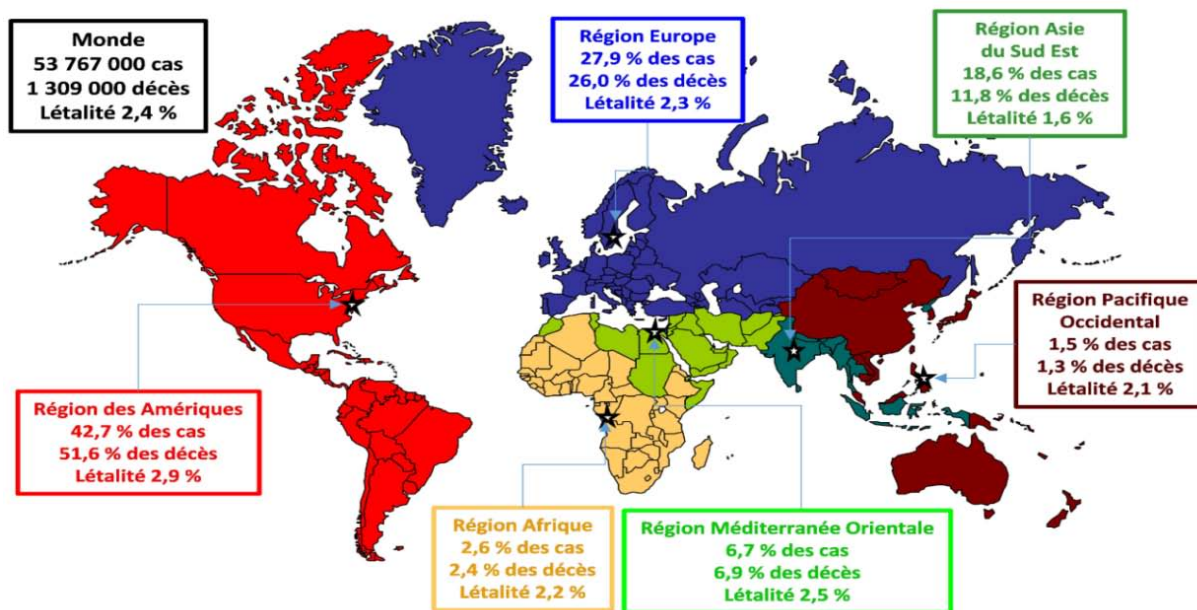


Figure 25 : Poids de la pandémie de Covid-19 déclarés selon les régions OMS le 15 novembre 2020 (OMS)

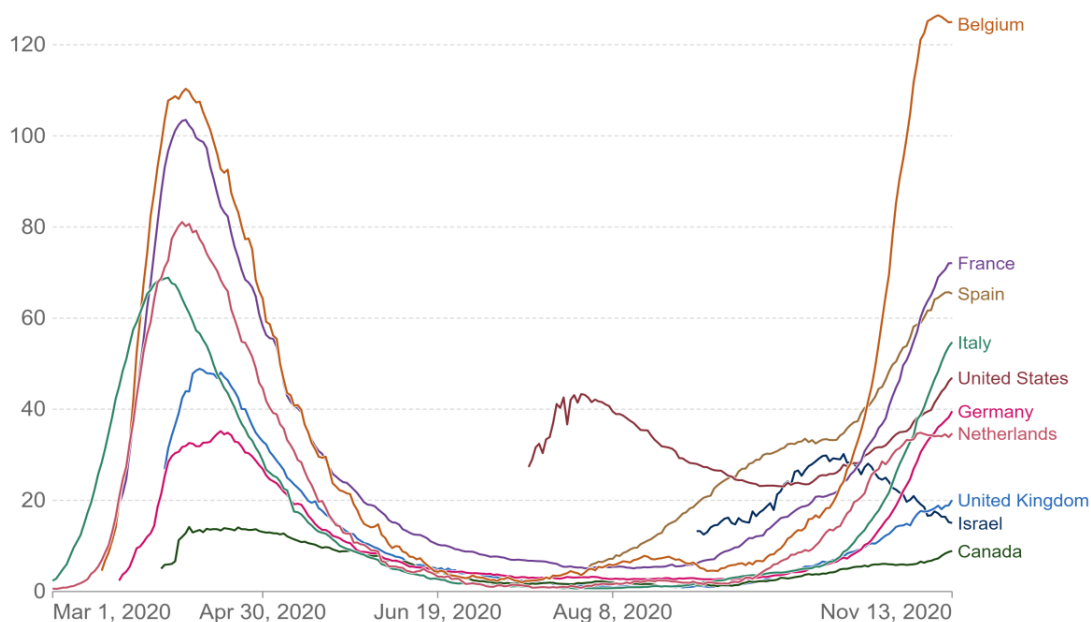


Figure 26 : Nombre de patients hospitalisés en réanimation par million (IC13)

Corrélation de la sévérité radiologique aux biomarqueurs inflammatoires et au pronostic des atteintes pulmonaires de la COVID-19

3.2. La situation épidémiologique au Maroc :

Au Maroc, la situation épidémiologique liée à l'infection au SARS COV-2 a connu une variabilité dans le temps. A la date du 29 Novembre 2020, le royaume du Maroc a déclaré un total de 353803 cas, 302314 guérisons et 5789 décès correspondant à un taux de létalité de 1,6%. Durant cette même date, le nombre d'hospitalisation en réanimation était estimé à 1041 patients. (14)

Tableau X : Chiffres clés au 29/11/2020 (14)

Total des cas : 353 803		
Total des décès 5 789	Total des guéris 302 314	Total de tests 3939350
Taux létalité 1,6%	Taux de guérison 85,4%	Taux de positivité 8,98%

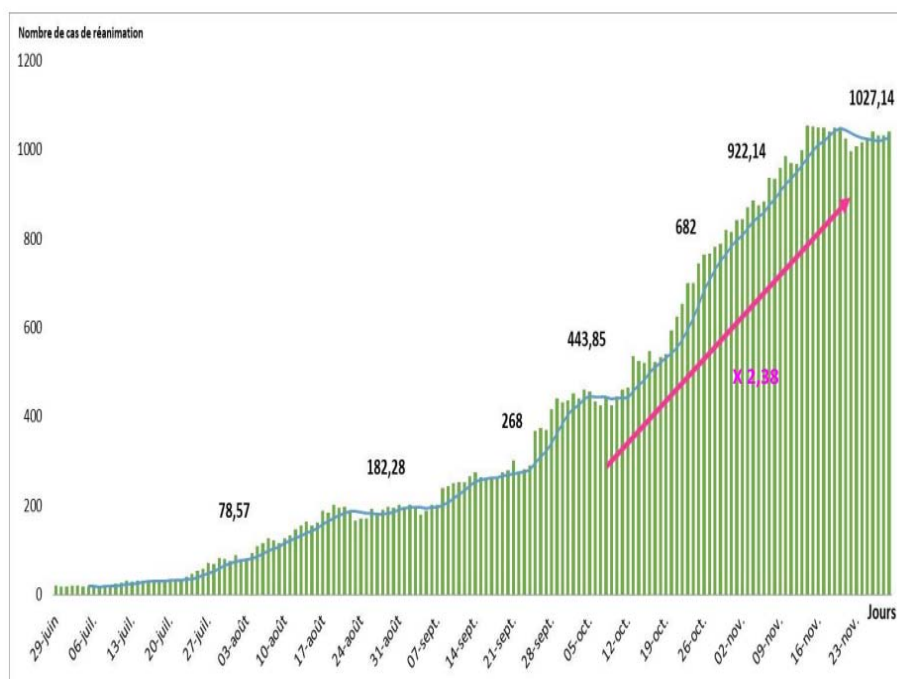


Figure 27 : Evolution du nombre de cas hospitalisés en réanimation et leur moyenne mobile sur 7jours au Maroc du 02/03/2020 au 29/11/2020 (14)

Corrélation de la sévérité radiologique aux biomarqueurs inflammatoires et au pronostic des atteintes pulmonaires de la COVID-19

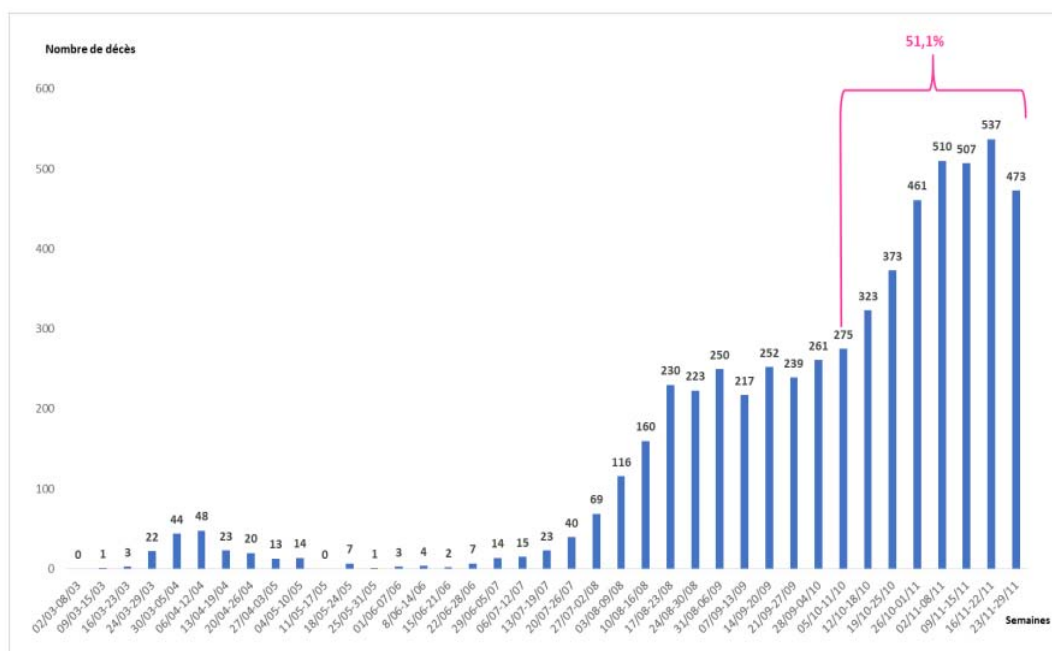


Figure 28 : Nombre de décès hebdomadaires au Maroc du 02/03/2020 au 29/11/2020 (14)

3.3. Données épidémiologiques des patients atteints du COVID-19 :

a. Le sexe :

L'étude a retrouvé une prédominance masculine avec 116 hommes atteints contre 61 femmes. Le sex-ratio étant de 1.9. Les résultats obtenus sont alors en concordance avec la série Engin et al qui a regroupé 974 patients COVID-19, dont 572 hommes (58,7%) et 402 femmes (41,3%) avec un sex-ratio à 1.4 (15), une étude égyptienne réalisé par Iman et al où 742 patients ont été inclus, dont 451 (60,8%) étaient des hommes et 291 (39,2%) étaient des femmes a démontré un sex-ratio à 1.5. (16) En plus de l'étude chinoise menée par Shuchang et al, qui a démontré que la proportion des hommes était significativement plus élevée chez les non-survivants que celle chez les survivants ($P < 0,01$). (17) Selon l'étude de Jai et al, Une sensibilité accrue des hommes au SARS-CoV-2 est attribuée aux androgènes tels que la testostérone et la dihydrotestostérone. Les androgènes se lient aux androgen receptors (AR) qui agissent à leur tour comme un activateur de de l'ARN polymérase. (18)

Tableau XI : Sex-ratio dans les différentes études

Etude	Pays	Sex-ratio
Engin et al	Turquie	1.4
Iman et al	Egypte	1.5
Notre étude	Maroc	1.9

b. L'âge:

Il a été montré dans la présente étude que l'âge médian des cas sévères est de 61.9 ans, avec une tranche d'âge prépondérante de 50-69 ans (84 patients). Dans la cohorte de l'étude de Shuchang et al, l'âge médian était de 48 ans (14-84 ans) et 58 ans (33-95 ans) pour survivants et non-survivants, respectivement. (19) L'âge moyen dans l'étude d'Iman et al, était de $56,59 \pm 14,88$ ans, avec une tranche d'âge allant de 23 à 93 ans. (16) L'âge avancé a été identifié comme un prédicteur indépendant majeur de la mortalité dans le SARS et le MERS, deux autres virus appartenant à la même famille des coronavirus. La fonction cellulaire et la production excessive de cytokines de type Th2 chez les personnes âgées pourraient donc conduire à un déficit du contrôle de la réplication virale et à des réponses pro-inflammatoires plus prolongées, conduisant potentiellement à un mauvais pronostic. (20)

Tableau XII : L'âge rapporté chez les malades COVID-19

Etude	Pays	Taille échantillon	L'âge médian	Tranche d'âge prépondérante
Shuchang et al	Chine	134	68	(59-76)
Roberto et al	Brésil	148	69	(54-82)
Notre étude	Maroc	177	61.9	(50-69)

c. Les Comorbidités :

Les résultats obtenus dans notre étude ont montré que 148 patients présentaient une ou plusieurs comorbidités avec 28% de patients présentant un diabète suivi de l'HTA avec un pourcentage de 20%. Les antécédents médicaux du patient et ses comorbidités jouent un rôle

Corrélation de la sévérité radiologique aux biomarqueurs inflammatoires et au pronostic des atteintes pulmonaires de la COVID-19

pronostique majeur dans le risque de présenter une forme grave ou de décéder d'une infection à SARS-CoV-2. Ainsi, dans une méta-analyse portant sur 32 articles, les comorbidités les plus fréquemment objectivées comme étant associées à un risque de développer une forme grave ou de décéder de l'infection étaient l'hypertension, le diabète, les maladies cardiovasculaires, les maladies hépatiques, les maladies pulmonaires, les tumeurs malignes, les maladies cérébrovasculaires, la BPCO et l'asthme. (20) Dans une cohorte de patients COVID-19 de la ville de New York (États-Unis), les diabétiques présentaient un risque accru d'hospitalisation (OR : 2,24), d'admission à l'hôpital (OR : 2,24 ; 95%CI : 1,84 - 2,73) et de maladie grave (OR : 1,24 ; 95%CI : 1,03-1,50). Sur le plan mécanique, l'expression de l'ACE2, le récepteur d'entrée du SRAS-CoV-2, est accrue chez les patients atteints de diabète de type 2 dans les poumons et d'autres tissus. Cette élévation est associée à une inflammation chronique, l'activation des cellules endothéliales et la résistance à l'insuline, ce qui aggrave la réponse inflammatoire et conduit à un dysfonctionnement de la barrière alvéolo-capillaire. En résumé, l'évolution clinique et le pronostic du COVID-19 chez les patients diabétiques étaient significativement plus sévères. (21)

Tableau XIII : Comorbidités trouvées dans d'autres études

Etude/antécédents	Diabète	HTA	Asthme	Cardiopathie
Roberto et al n=148	45%	75%	16%	22%
Shuchang et al n= 134	13%	28%	14%	11%
Bicheng et al n= 82	18.3%	56.1%	14.6%	20.7%
Notre étude n=177	28%	20%	6%	7%

II. Diagnostic positif :

1. Diagnostic clinique :

Sur le plan clinique, l'infection COVID-19 peut aller d'une forme asymptomatique à des formes nécessitant une prise en charge hospitalière au niveau d'unités de soin intensif. Cependant, dans la majorité des cas, la symptomatologie reste non spécifique se résumant à des signes fonctionnels : dyspnée, toux, asthénie et myalgies ; et des signes physiques : fièvre, polypnée, tachycardie et une diminution de SaO₂

L'OMS a défini le niveau de sévérité de l'atteinte COVID-19 par l'installation d'une pneumonie caractérisée par une saturation en oxygène < 90% en air ambiant, une fréquence respiratoire > 30 respirations/min pour les adultes avec des signes de luttés respiratoires.

Bien que l'examen clinique puisse orienter le niveau de sévérité des patients, le recours à l'imagerie et aux biomarqueurs inflammatoires est d'une utilité pour pouvoir catégoriser les patients.

2. Diagnostic sérologique :

2.1. RT-PCR :

Parmi les méthodes diagnostiques pour la mise en évidence de l'infection SARS-COV 2, la RT-PCR (reverse transcriptase ploymerasechainreaction) était de loin la plus utilisées par les structures sanitaires. La RT-PCR est actuellement le gold standard pour la détection du SRAS-Cov-2 en raison de sa capacité à mesurer directement les parties génomiques virales. (22)

2.2. Sérologie :

Le test sérologique (IgM et IgG) peut être utilisé à des fins de dépistage pour évaluer les profils d'anticorps dans une large population, surtout au niveau de structures non équipés de matériel permettant la réalisation de PCR. Lors d'une revue systématique menée par Böger et al. Les tests immunologiques (IgM et IgG) ont été évalués dans cinq études comme méthode de

diagnostic du COVID-19 montrant une sensibilité et une spécificité élevée estimées à 85%. La sensibilité des tests sérologiques augmente avec les jours suivant l'apparition des symptômes en dépassant celle du PCR à partir de j8 de l'apparition des symptômes. (23)

3. Diagnostic radiologique :

La réalisation d'une imagerie devant des signes cliniques évocateurs d'une infection COVID-19 a permis d'orienter les patients au niveau des services d'admission. En effet avec une sensibilité élevée à plus de 90%, la scannographie a permis le diagnostic de patients en anticipation aux résultats du RT-PCR. Cependant, la spécificité du scanner est plus variable. Des séries chinoises et italiennes rapportent des valeurs de 25% et 56% respectivement. (24)

3.1. La radiographie standard :

La radiographie standard présente des limites par rapport à la tomodensitométrie face à la mise en évidence de l'atteinte pulmonaire de l'infection COVID-19 avec une sensibilité à 69%.(25)

Plusieurs lésions peuvent être mises en évidence par la radiographie standard :

a. Image en verre dépoli :

Les images retrouvées au CXR et CT les plus souvent de COVID-19 comprennent la consolidation pulmonaire et les opacités en verre dépoli. Les images en verre dépoli observées sur CT peuvent souvent avoir une corrélation qui est extrêmement difficile à détecter sur CXR. Souvent, des opacités réticulaires accompagnant les régions de verre dépoli sont plus facilement appréciables sur le CXR standard (Fig. 29). Les opacités pulmonaires floues sur CXR peuvent parfois être diffuses rendant l'identification difficile dans certains cas (25)

b. Condensation bilatérale des lobes inférieurs :

Contrairement à la pneumonie aigue communautaire, où l'atteinte est unilatérale et unifocale, la pneumopathie covid-19 présente une multifocalité de l'atteinte de l'espace aérien avec une distribution au niveau des lobes inférieurs. (26)

c. Opacités périphériques :

L'une des caractéristiques les plus uniques et quelque peu spécifiques de la pneumonie COVID-19 est la fréquence élevée d'atteinte pulmonaire périphérique, souvent reflétant d'autres processus inflammatoires. (25)

d. Atteinte pulmonaire diffuse :

Les opacités pulmonaires diffuses chez les patients atteints de COVID-19 ont une image similaire à celle d'autres processus infectieux ou inflammatoires, y compris le syndrome de détresse respiratoire aiguë (SDRA). Lorsque l'atteinte pulmonaire touche la majorité du parenchyme pulmonaire, les patients sont généralement hypoxiques et nécessitent une intubation. (27) Les opacités pulmonaires peuvent évoluer rapidement vers une coalescence diffuse dans les 1 à 3 semaines suivant l'apparition des symptômes, souvent culminants environ 6 à 12 jours après la présentation clinique initiale. (28, 29)

Devant le manque de données radiographiques des dossiers exploités dans notre étude, leurs aspects n'ont pu être rapportés dans l'étude.

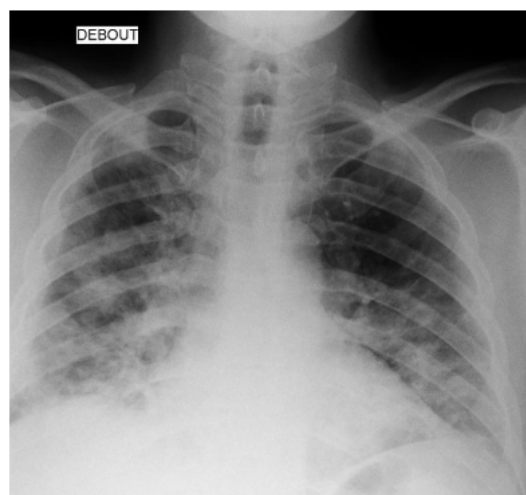


Figure 29 : Radiographie thoracique de face objectivant des opacités de type alvéolaires de disposition mixte prédominantes en périphérie bilatérales plus marquées au niveau des bases évoquant une infection Covid-19

3.2. La tomodensitométrie thoracique :

A la TDM thoracique, l'atteinte pulmonaire à la COVID-19 peut se manifester par différents aspects selon l'évolution et la gravité de l'atteinte pulmonaire: on distingue des présentations scanographiques typiques et atypiques.

a. Les manifestations typiques en scanographie :

Les caractéristiques tomographiques les plus typiques de la pneumonie à COVID-19 sont des opacités en verre dépoli bilatérales et multifocales. Les lésions prédominent classiquement dans la partie périphérique, postérieure et basale des poumons (30)

a.1. Image en verre dépoli :

Les lésions en verre dépolis ont une distribution périphérique, le plus souvent au niveau des lobes inférieurs et bilatéraux, et sont les plus fréquemment rencontrées en image scanographique lors de l'atteinte pulmonaire de la covid-19.(30,31,32) Dans le tout premier examen radiologique de 21 patients par Chung et al. (33), l'image en verre dépoli a été trouvée chez 57% des patients et était considérée comme la première manifestation radiographiquement visible au scanner thoracique chez certains patients. (34) La première biopsie post-mortem chez un patient COVID-19 a montré un œdème pulmonaire et la formation d'une membrane hyaline dans les deux poumons, ce qui pourrait être le moteur pathologique sous-jacent de l'image en verre dépoli. (35)

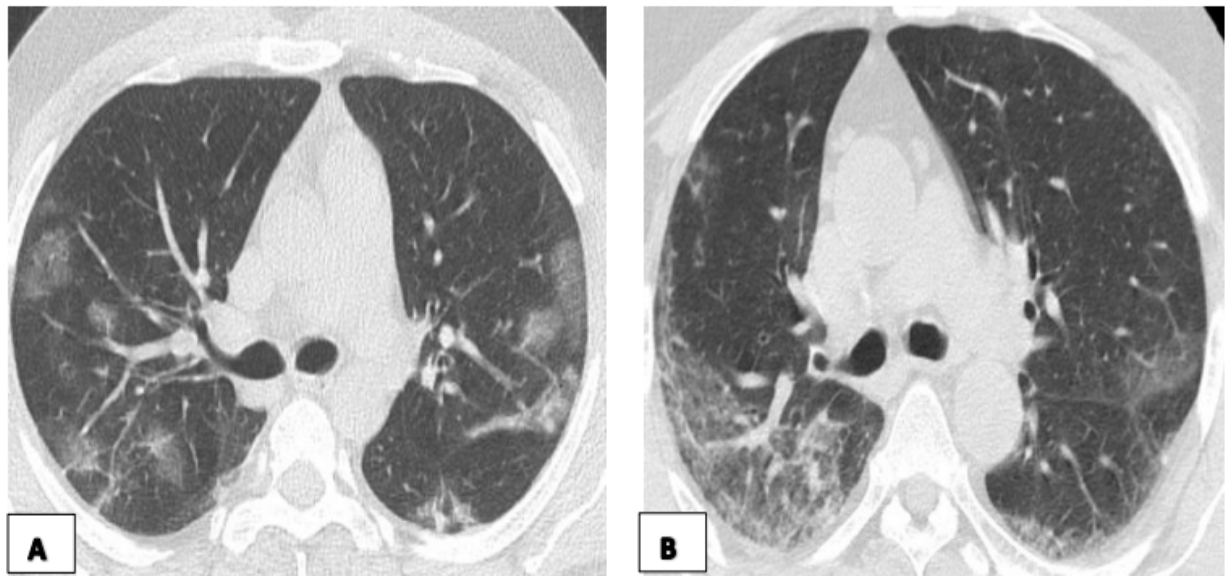


Figure 30 : Scanner thoracique fenêtre parenchymateuse coupe axiale montrant des foyers en verre dépoli nodulaire de disposition mixte à prédominance périphérique plus marqués au niveau des bases

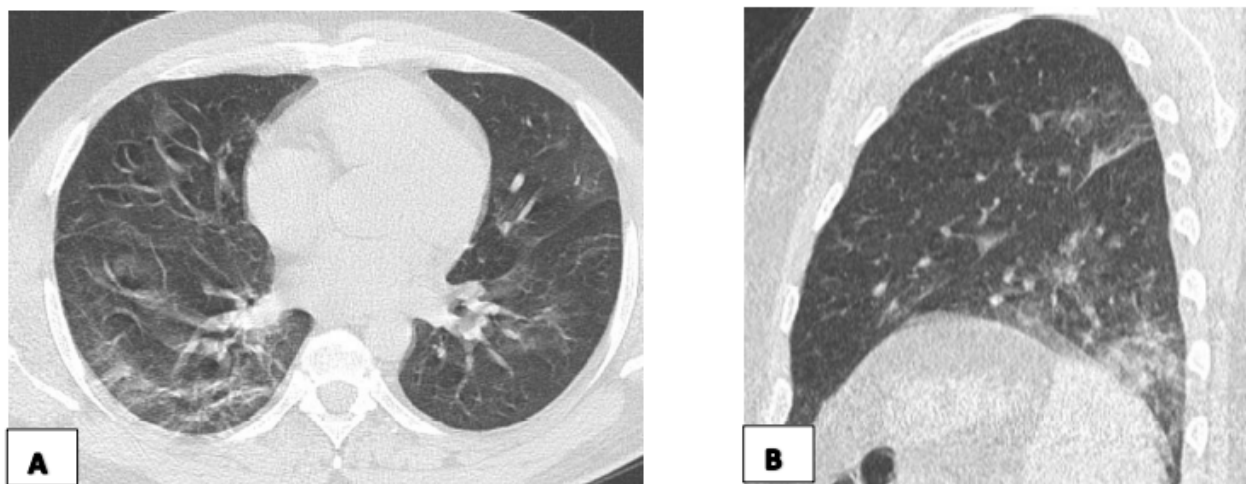


Figure 31 : Scanner thoracique fenêtre parenchymateuse coupe axiale A et sagittale B montrant des foyers en verre dépoli en plage de disposition mixte à prédominance périphérique plus marquée au niveau des bases

a.2. Image de consolidation :

L'image de consolidation fait référence au remplacement de l'air alvéolaire par des fluides, des cellules ou des tissus pathologiques, se manifestant par une augmentation de la densité parenchymateuse pulmonaire qui masque les marges des vaisseaux sous-jacents et les parois des voies respiratoires. (36) Multifocale, inégale, ou consolidation segmentaire, répartie dans les aires sous-pleurales ou le long des faisceaux bronchovasculaires, se présente généralement chez les Patients COVID-19 avec un taux d'occurrence de 2 à 64%. (29, 36, 37)

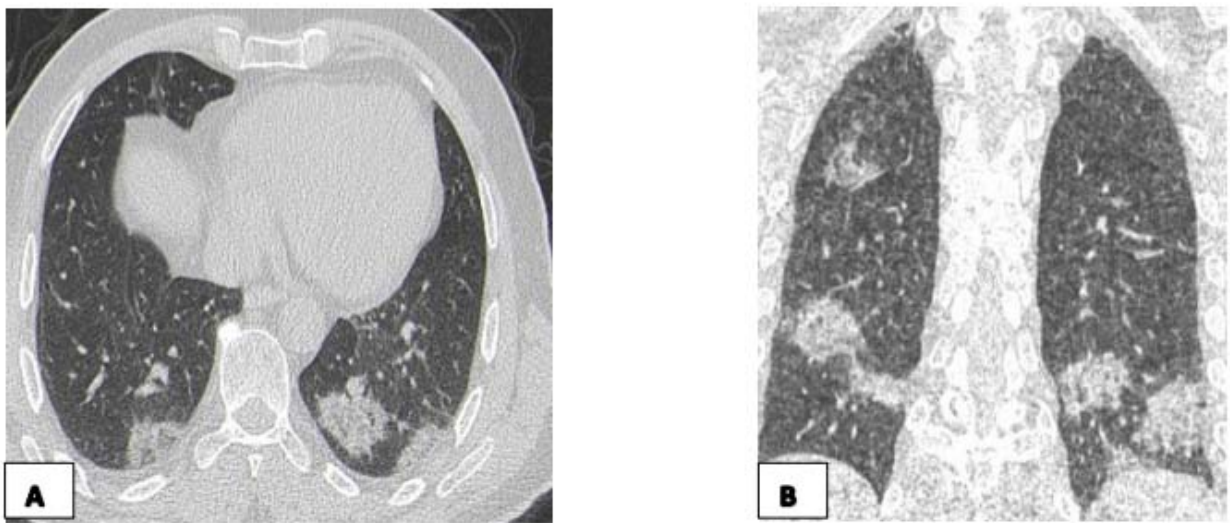


Figure 32 : scanner thoracique fenêtré parenchymateuse coupe axiale A et coupe coronale B montrant des foyers de condensation parenchymateuses nodulaires de disposition périphérique prédominants plus marquée au niveau des bases

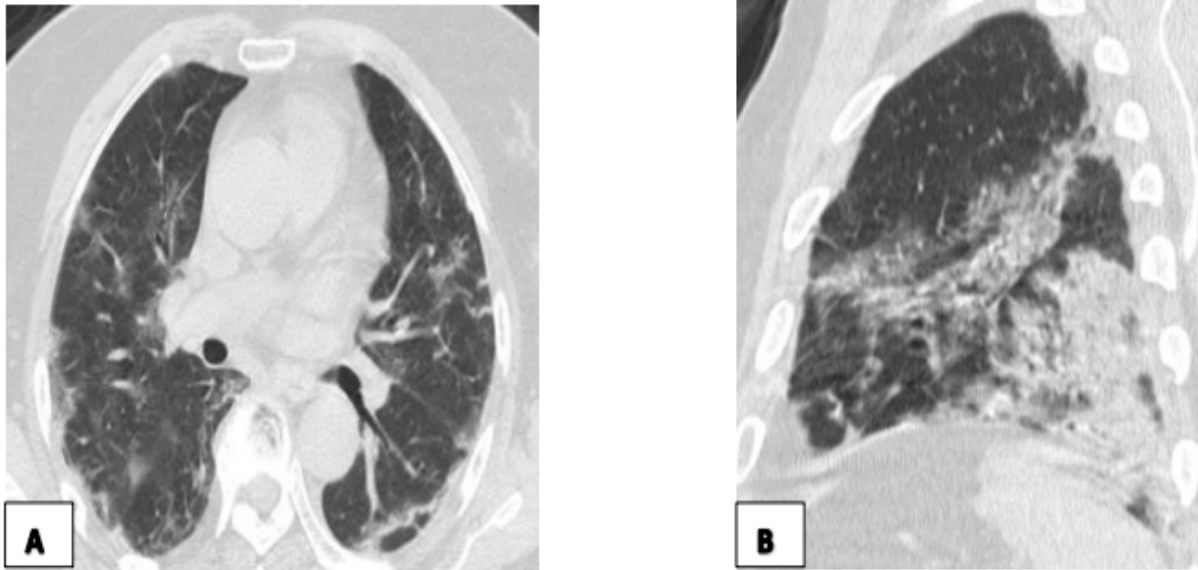


Figure 33 : A-Scanner thoracique fenêtre parenchymateuse coupe axiale montrant des foyers de condensation en bande de disposition sous pleurale. B- Scanner thoracique fenêtre parenchymateuse coupe sagittale montrant des foyers de condensation en plage de disposition sous pleurale prédominante plus marquée au niveau des bases.

a.3. Crazy paving :

Le crazy paving se manifeste par des septas interlobulaires et des lignes intralobulaires épaissies avec une superposition sur un fond de verre dépoli ressemblant à des pavés irréguliers.(33) D'après les connaissances pathologiques antérieures sur le SRAS, ce signe peut résulter de l'œdème alvéolaire et de l'inflammation interstitielle de la lésion pulmonaire aiguë.(37, 39) Des recherches récentes ont rapporté que 5 à 36% des patients COVID-19 présentaient des images en crazy paving dans leurs études. (29, 38) De plus, en combinaison avec une image en verre dépoli diffuse et une consolidation, le crazy paving peut être le signal de l'évolution de l'atteinte COVID-19 vers un stade avancé de la maladie. (35)

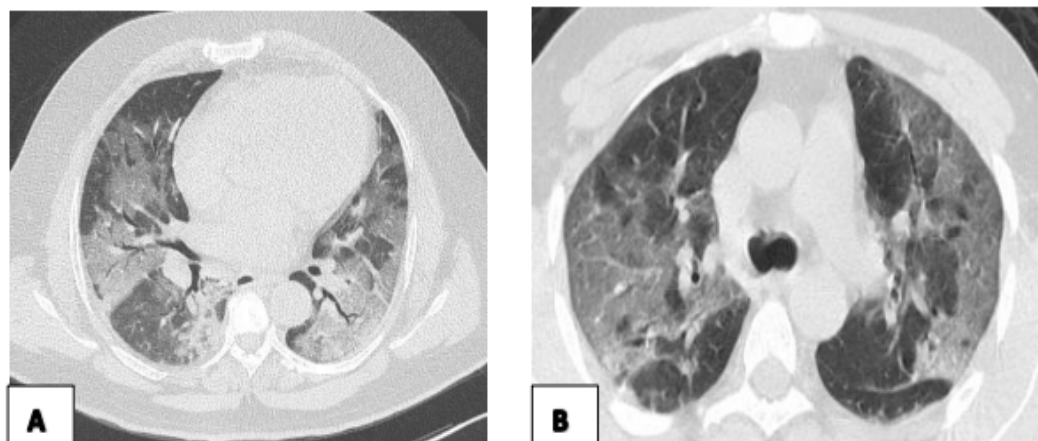


Figure 34 : Scanner thoracique fenêtre parenchymateuse coupe axiale montrant des foyers en verre dépoli associés à des épaissements des septa interlobulaires réalisant l'aspect en crazy paving.

a.4. Réticulation intra-lobulaire :

La réticulation intra-lobulaire est le reflet d'une distorsion avec épaissement de l'interstitium intra lobulaire, séparant les acini entre eux. Dans le cadre de la COVID-19, ces lésions surajoutées au verre dépoli sont responsables d'un aspect dit en « crazy paving », aspécifique de manière isolée, mais évocateur d'une forme sévère dans le cadre de l'épidémie.



Figure 35: Scanner thoracique en fenêtre parenchymateuse coupe axiale montrant des réticulations à grandes mailles sous pleurales bilatérales, sur fond de verre dépoli par endroits réalisant l'aspect en crazy paving (cercle) au niveau du Fowler gauche.

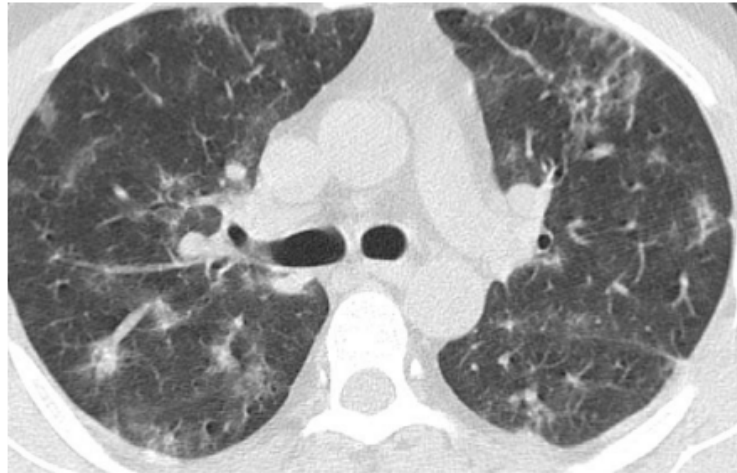


Figure 36 : Scanner thoracique fenêtré parenchymateuse coupes axiales montrant des épaisissements des lignes septales et non septales.

a.5. Signe du halo inversé ou signe de l'atoll :

Le signe du halo inversé, également connu sous le nom de signe de l'atoll, défini comme une image en verre dépoli arrondi focal entouré d'une consolidation annulaire plus ou moins complète. (36) Il a été initialement signalé comme étant spécifique de la pneumonie cryptogénique organisée (40, 41) mais a ensuite été décrit chez d'autres patients.(42) Récemment, ce signe a été signalé dans plusieurs cas de COVID-19, qui peut être attribué à la progression de la maladie, développant la consolidation autour du verre dépoli et laissant une intensité diminuée au centre.(43, 39, 44, 45).

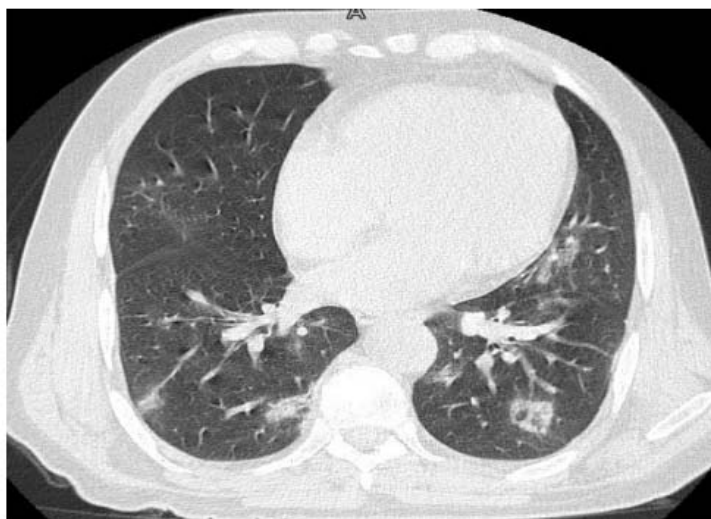


Figure 37 : Scanner thoracique en fenêtre parenchymateuse coupe axiale montrant un foyer en verre dépoli entouré d'une couronne de condensation réalisant l'aspect de halo inversé.

b. Les manifestations atypiques en scanographie :

b.1. Bronchogramme aérien :

Le bronchogramme aérien a été définie comme la présence d'image de bronches remplies d'air (faible densité) sur un fond de poumon opaque (forte atténuation) sans air. Cependant, selon un récent rapport d'observation générale de l'autopsie de la COVID-19, le bronchogramme aérien peut être dû à une accumulation du mucus gélatineux au niveau des bronches. (34)

b.2. Les modifications des voies aériennes :

Les modifications des voies respiratoires comprennent la bronchectasie et l'épaississement de la paroi bronchique. (34) La bronchectasie a été signalée dans certains cas de COVID-19, tandis qu'un épaississement de la paroi bronchique a été signalé chez environ 10 à 20% des patients COVID-19. (36, 37) La pathogénèse peut être liée au dommage inflammatoire de la paroi bronchique entraînant une fibrose et une bronchectasie tractive. (36) Li et al ont étudié 83 patients atteints de la COVID-19 et ont trouvé que l'incidence de l'épaississement de la paroi bronchique chez les patients sévères à critiques était significativement plus élevée que chez les patients ordinaires. (38)



Figure 38 : Scanner thoracique en fenêtre parenchymateuse en coupe axiale objectivant des foyers de dilatation de branches associés à une infection Covid-19

b.3. Ligne curviligne sous-pleurale :

Cette manifestation a été définie comme une opacité fine curviligne d'une épaisseur de 1 à 3 mm, située à moins d'un centimètre et parallèle à la ligne sous-pleurale. (36) Wu et al et Li et al ont tous deux signalé qu'environ 20% des patients atteints de COVID-19 présentaient ce signe, qui pourrait être lié à un œdème pulmonaire ou à une fibrose de la COVID-19. (37, 38)

b.4. Les atteintes pleurales :

Des atteintes pleurales, notamment un épaississement pleural et un épanchement pleural, ont été signalées dans la COVID-19. L'épaississement pleural est le signe le plus répandu. (40) Selon une étude comprenant 81 patients atteints de COVID-19, 32% d'entre eux ont montré un épaississement pleural, tandis que 5% ont montré un épanchement pleural. (29, 40) D'après l'expérience de l'infection par le coronavirus du syndrome respiratoire du Moyen-Orient (MERS-CoV) et des résultats récents, la présence d'un épanchement pleural peut indiquer un mauvais pronostic dans le cas de l'infection par le COVID-19. (39)

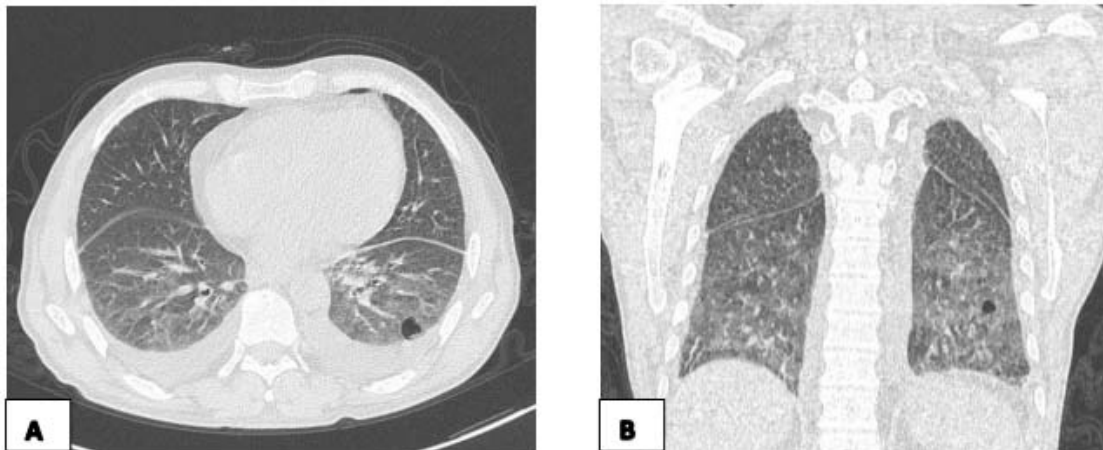


Figure 39 : Scanner thoracique en fenêtrage parenchymateux en coupe axiale(A) et coronale (B) objectivant un épanchement pleural bilatéral de faible abondance associé à une infection Covid-

19.

b.5. Élargissement vasculaire :

L'élargissement vasculaire est souvent décrit comme la dilatation des vaisseaux pulmonaires autour et à l'intérieur des lésions sur les images tomodensitométriques. Cette manifestation pourrait être attribuée aux dommages et au gonflement de la paroi capillaire causée par des facteurs pro-inflammatoires. (34)

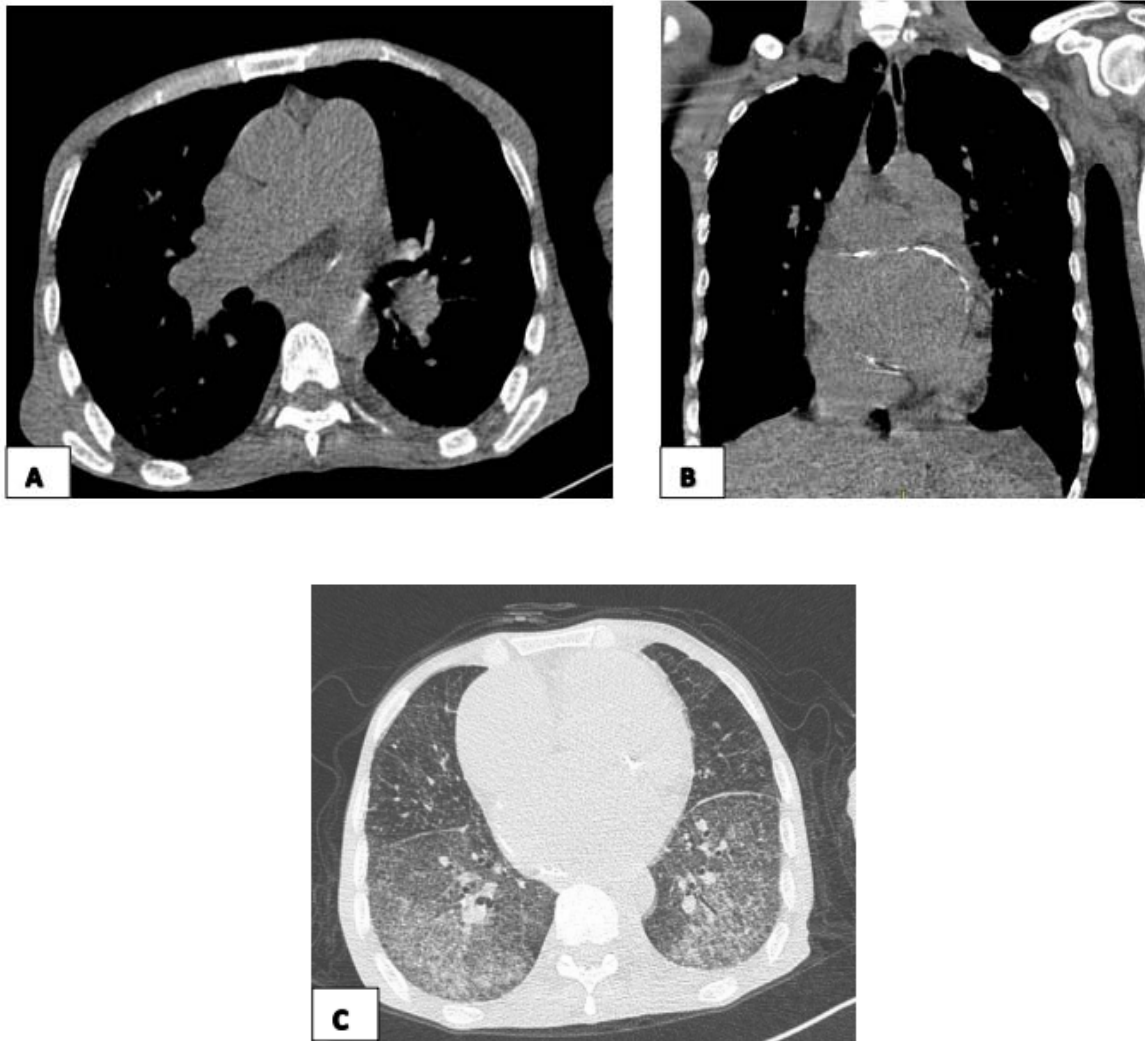


Figure 40 : Scanner thoracique en fenêtre médiastinale coupe axiale (A) et coronale (B) fenêtre parenchymateuse coupe axiale (C) objectivant une dilatation du tronc de l'artère pulmonaire et de ses branches de division associée à une infection Covid-19



Figure 41 : Scanner thoracique en fenêtre parenchymateuse en coupes axiales montrant une dilatation vasculaire en regard des foyers en verre dépoli.



Figure 42 : Scanner thoracique fenêtré parenchymateuse coupe axiale objectivant des nodules et micronodules sous pleuraux et parenchymateux associés à une infection Covid-19



Figure 43 : Scanner thoracique fenêtré parenchymateuse coupe axiale montrant un foyer de condensation nodulaire entouré d'une couronne en verre dépoli réalisant l'aspect de halo.

b.6. Lymphadénopathie :

La lymphadénopathie désigne une augmentation de la taille des ganglions lymphatiques, qui peut être secondaire à une infection bactérienne, virale ou fongique, à une maladie auto-immune ou à une tumeur maligne. Une lymphadénopathie a été signalée chez 4 à 8% des patients atteints de COVID-19. (37, 40) De plus, elle était considérée comme l'un des facteurs de risque significatifs de pneumonie sévère/critique de COVID-19. (38) La présence d'un épanchement pleural et de minuscules nodules pulmonaires étendus en concomitance avec la lymphadénopathie peut suggérer une surinfection bactérienne. (46)

b.7. Autres signes :

D'autres signes ont été rapportés. Il s'agit de signe de bulle d'air, de nodules et le signe du halo.

- Résultats de l'imagerie covid-19 :

Tableau XIV : Les aspects scanographiques dans les séries de la littérature

Image/étude	Kunhua Li et al n=83	Abdollahi et al n = 523	Moradi et al n = 115	Notre étude n=177
Verre dépoli	97.6%	94.1%	60.2%	38%
Crazy paving	36.1%	21.2%	-	18%
Condensation	63.9%	91%	29.5%	33%
Micronodules branchés	-	-	-	2%
Halo	-	-	-	2%
Condensations nodulaires	7.2%	-	3.5%	1%
Nodules excavés	-	-	-	1%
Halo inversé	-	-	23.5%	1%

Les signes radiologiques les plus retrouvés, lors de notre étude, au niveau de la scanographie restent les manifestations typiques englobant : les images en verre dépoli, le crazy paving et les images de condensation. Ce qui rejoint les résultats des études de Kunhua Li et al, Abdollahi et al, pour l'étude de Moradi et al. Les images en verre dépoli restaient les plus prédominantes avec absence d'image de crazy paving.

c. La classification CO-RADS :

Sur la base des résultats de l'examen tomодensitométrique et le type de lésions typiques et atypiques, le niveau de suspicion d'une infection par COVID-19 est classé de très faible ou CO-RADS 1 à très élevé ou CO-RADS 5. Ce système de classification a permis aux différents radiologues et cliniciens de faire la part entre les patients potentiellement COVID positif et ceux dans le diagnostic de l'infection est moins probable.

Tableau XV : Classification Co-rads

CORADS 1	NON	TDM Normale ou lésions non infectieuses (sarcoïdose, fibrose, tumeur..)
CORADS 2	Faible	Anomalie en rapport avec d'autres infections (bronchiolites, aspect en bourgeon d'arbre...)
CORADS 3	Indéterminée	Signes en faveur d'une infection, mais pas très évocateur du COVID 19 : verre dépoli focal, bronchopneumonie, pneumonie lobaire, embole septique...)
CORADS 4	Élevée	* Verre dépolie unilatéral. Crazy paving unilatéral. * Condensations multiples sans lésion typique associée.
CORADS 5	Très élevée	Aspect Typique : * Atteinte périphérique, bilatérale et basale. * Verre dépoli et Crazy paving : Atteinte Multifocale. * Verre dépoli et Condensations multifocales. * Signe du halo inversé. Dilatation vasculaire.
CORADS 6	PCR +	

III. Les diagnostics différentiels radiologiques :

Le recours très large au scanner thoracique au cours de l'épidémie a conduit inévitablement à rencontrer des lésions mimant l'aspect de la COVID-19. (47) la connaissance des autres étiologies du verre dépoli qui reste la manifestation radiologique la plus fréquente de la maladie est donc essentiel. L'arbre décisionnel suivant résume les étiologies les plus courantes du verre dépoli et les orientations diagnostiques selon son aspect, sa distribution et l'installation clinique des symptômes.

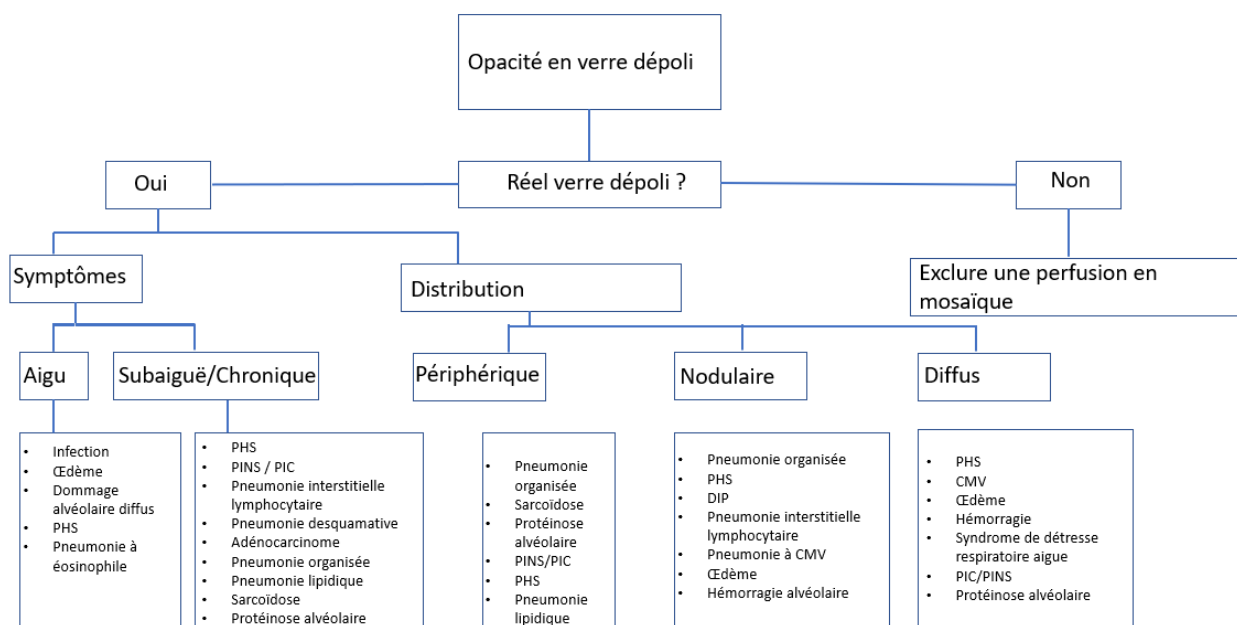


Figure 44 : Arbre décisionnel illustrant la démarche diagnostique devant des opacités en verre dépoli (47)

A noter: PINS pneumopathie interstitielle non spécifique, PIC pneumopathie interstitielle commune, PHS pneumopathie d'hypersensibilité, DIP pneumopathie interstitielle desquamative, CMV cytomégalovirus. (47)

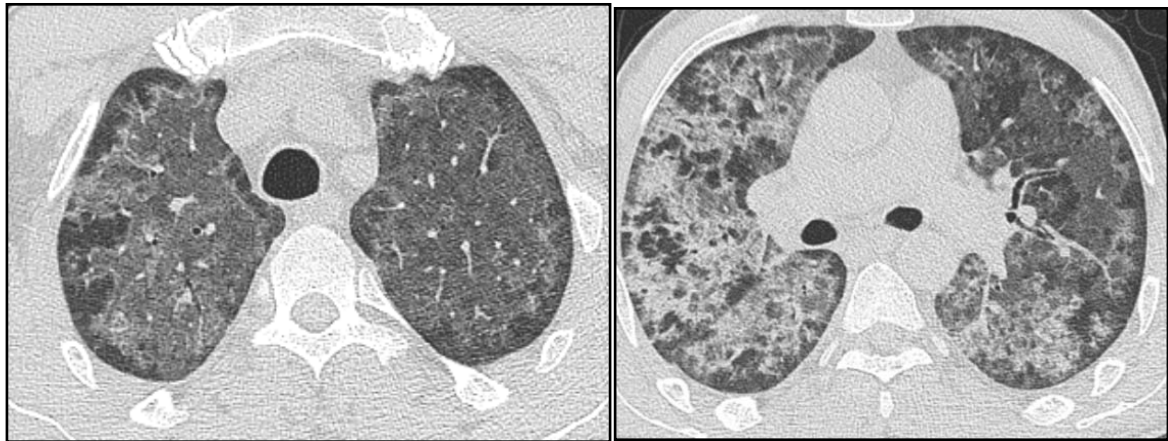


figure 45 : TDM thoracique en coupes axiales objectivant des plages de verre dépoli diffuses des deux hémichamps pulmonaires, confluentes, symétriques, prédominantes en péri-hilaire et dans les régions supérieures, épargnant les zones sous pleurales et les culs-de-sac pleuraux en rapport avec une pneumocystose

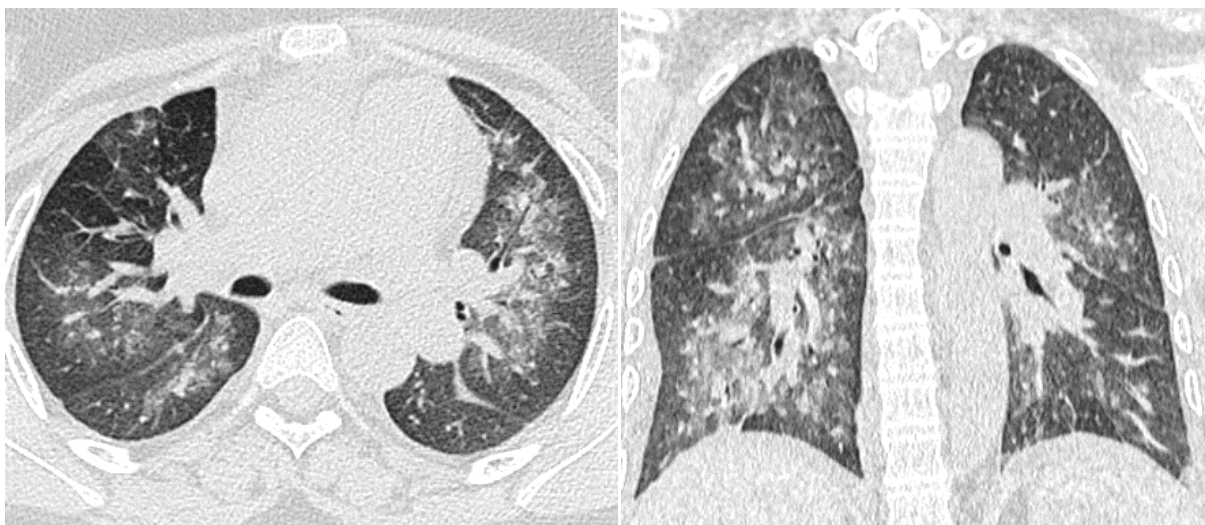


Figure 46 :TDM thoracique en coupe coronale et axiale chez un patient de 23 ans avec maladie de Goodpasture présentant une hémoptysie avec au scanner des plages en verre dépoli multifocales ,bilatérales , plus marquées en péri hilaire et à droite avec épanchement pleural droit de faible abondance. En rapport avec une hémorragie alvéolaire.



Figure 47 : Patiente de 30 suivie pour une cardiopathie non documentée, admise pour une dyspnée d'installation aiguë avec à la TDM : Opacités en verre dépoli basales bilatérales et périhilaires, des épaissements lisses des lignes septales et un épanchement pleural bilatéral de faible abondance en rapport avec un œdème cardiogénique.

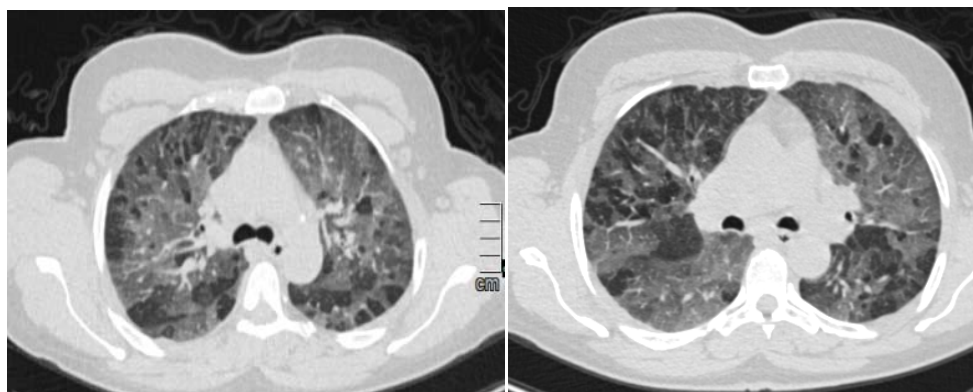


Figure 48 : Patiente de 45 ans, élèveuse d'oiseau qui présente une dyspnée et chez qui la TDM thoracique sans injection en fenêtre parenchymateuse révèle du verre dépoli en mosaïque avec coexistence de zones hyper, normo et hypodense réalisant un aspect en fromage de tête . Compatible avec une pneumopathie d'hypersensibilité non fibrosante.

IV. Evaluation de la gravité de l'atteinte pulmonaire COVID-19:

Dans la pneumonie COVID-19, la TDM thoracique représente un outil diagnostique et pronostique permettant de catégoriser les patients selon la sévérité de l'atteinte pulmonaire, en association aux présentations cliniques et aux biomarqueurs inflammatoires, conditionnant alors l'hospitalisation et la prise en charge thérapeutique.

1. Rôle du scanner dans l'évaluation de la gravité :

1.1. Méthodes qualitative :

La méthode qualitative proposée par Devie et al, permet une évaluation rapide et simple de l'examen tomodensitométrique, afin d'identifier les patients à risque de développer une forme sévère de la maladie. Ce modèle est basé sur l'évaluation de l'implication centrale du parenchyme pulmonaire par la maladie, d'un épanchement pleural et d'une large implication d'au moins un lobe supérieur ou du lobe moyen. Ce modèle qualitatif ne diffère pas en termes de performances d'un modèle intégrant le score CT semi-quantitatif total le plus couramment utilisé et précédemment validé, basé sur l'étendue globale de la maladie. (47) Aucune différence significative dans les performances diagnostiques entre ces deux modèles n'a été constatée ($P = 0,209$) grâce à la courbe ROC (fig.49).

En se basant alors sur trois caractéristiques tomodensitométriques qualitatives "faciles à évaluer", à savoir :

- L'implication centrale du parenchyme pulmonaire par la maladie ;
- Un épanchement pleural ;
- Une atteinte importante d'au moins un lobe supérieur ou du lobe moyen.

L'utilisation de ce modèle qualitatif peut faciliter l'évaluation du scanner thoracique par le radiologue en évitant le calcul fastidieux du score semi-quantitatif total du scanner.

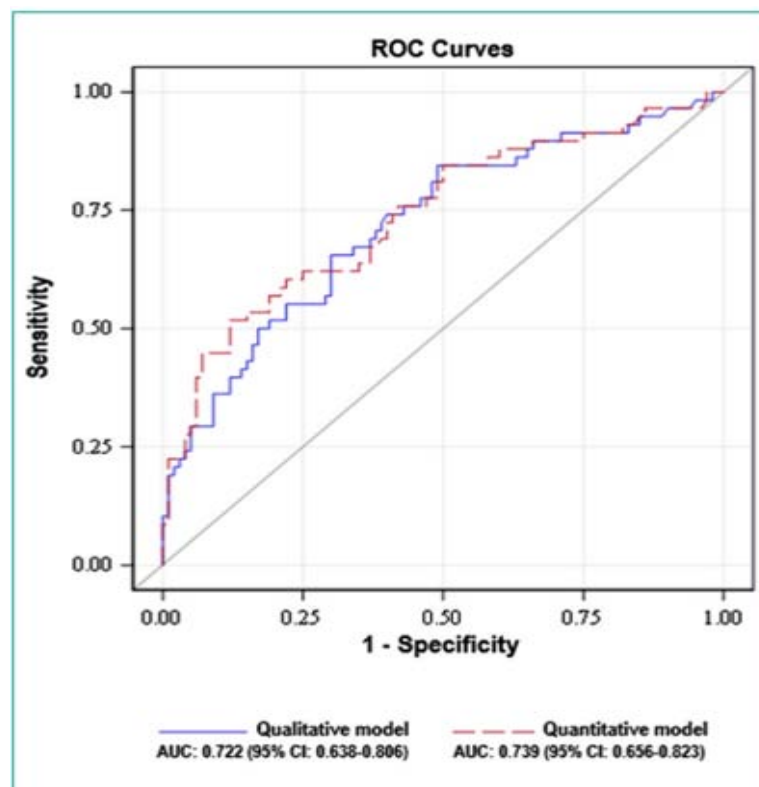


Figure 49: les courbes ROC du modèle qualitatif et du modèle semi-quantitatif multivarié pour le diagnostic de la sévérité de la maladie à Coronavirus 2019 (COVID-19).

Les zones de consolidation, les bronchiectasies et les bronchiectasies de traction étaient significativement plus souvent retrouvées dans le groupe de patients sévères. En accord avec certaines autres études, le signe du bronchogramme aérien et l'épanchement pleural étaient également significativement plus souvent retrouvés. (48)

La densité des lésions pulmonaires est également un marqueur de sévérité, puisque les zones de consolidation pulmonaire apparaissent plus étendues que les opacités en verre dépoli chez les patients gravement malades. Un épanchement pleural et une distorsion architecturale précoce avec bronchiectasies de traction sur le scanner thoracique initial indiqueraient également un mauvais pronostic. Une série chinoise suggère que la consolidation dans les lobes supérieurs sur le CT initial est également associée à de mauvais résultats. (49)

1.2. Méthodes quantitatives visuelles :

a. L'étendue selon SIT/SFR :

Le principal signe scanographique de gravité est l'étendue des anomalies parenchymateuses sur le scanner initial. De nombreuses études rapportent une corrélation entre l'extension des lésions et la sévérité clinique. La Société d'imagerie thoracique (SIT) et la société française de radiologie (SFR) recommandent ainsi de grader l'atteinte parenchymateuse selon une classification visuelle en 5 stades, basée sur le pourcentage de poumon lésé : atteinte absente ou minime (< 10%), modérée (10-25%), étendue (25-50%), sévère (50-75%) ou critique (> 75%) (70). Cette évaluation est subjective mais reste simple à exécuter. (49)

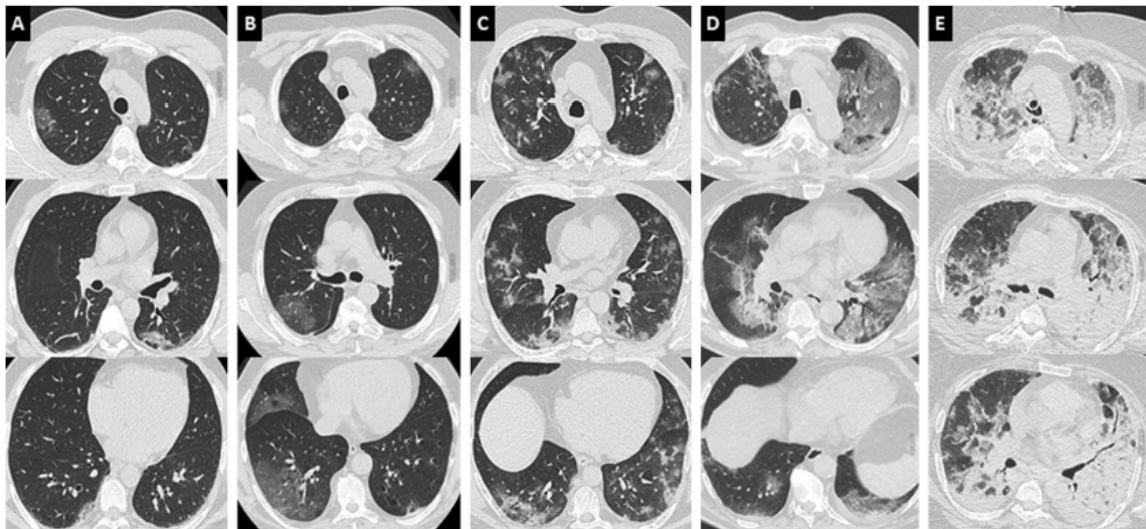


Figure 50 . Différents degrés d'atteinte de pneumonie COVID-19. L'atteinte pulmonaire, évaluée visuellement comme le ratio du poumon pathologique sur le poumon sain, peut être classée comme minime < 10% (A), modérée 10-25% (B), étendue 25-50% (C), sévère 50- 75% (D) ou critique > 75% (E). Une atteinte diffuse et des condensations déclives font évoquer un syndrome de détresse respiratoire aigu (E). (49)

Corrélation de la sévérité radiologique aux biomarqueurs inflammatoires et au pronostic des atteintes pulmonaires de la COVID-19

Lors de notre étude, 17% des patients ont présenté une extension critique > 75%, 35% des patients ont présenté une extension sévère 50-75%, 28% des patients ont présenté une extension modérée 25-50% et 20% des patients ont présenté une extension minime 0-25%.

b. La méthode de Yang et al :

Les auteurs ont développé un CT-SS thoracique pour évaluer la charge de la COVID-19 sur le scanner initial obtenu à l'admission. Ce score utilise la densification du parenchyme pulmonaire comme substitut de l'extension de la maladie dans les poumons. Le CT-SS est une adaptation d'une méthode précédemment utilisée pour décrire l'opacité en verre dépoli, l'opacité interstitielle et le piégeage de l'air, qui a été corrélée avec des paramètres cliniques et de laboratoire chez des patients après le SRAS. Selon la structure anatomique, les 18 segments des deux poumons ont été divisés en 20 régions, dans lesquelles le segment apical postérieur du lobe supérieur gauche a été subdivisé en régions segmentaires apicales et postérieures, tandis que le segment basal antéro-médial du lobe inférieur gauche a été subdivisé en régions segmentaires antérieures et basales. Les opacités pulmonaires dans chacune des 20 régions pulmonaires ont été évaluées subjectivement sur les images de tomодensitométrie thoracique à l'aide d'un système attribuant des scores de 0, 1 et 2 si la densification parenchymateuse concernait 0%, moins de 50% ou égale ou supérieure à 50% de chaque région, respectivement. Le CT-SS a été défini comme la somme des scores individuels dans les 20 régions du poumon, qui peuvent varier de 0 à 40 points. (50)

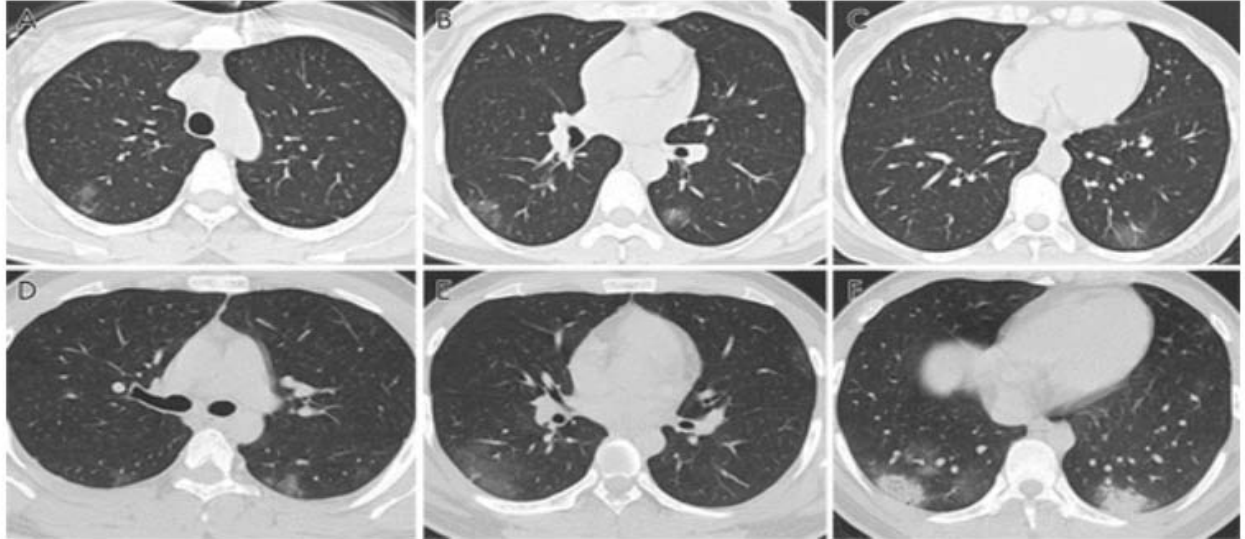


Figure 46 : A-C Images de tomодensitométrie thoracique sans contraste chez une femme de 46 ans présentant une légère pneumonie à COVID-19. Les images tomодensitométriques montrent des opacités en verre dépoli dans le segment postérieur du lobe supérieur droit, le segment supérieur des poumons bilatéraux et le segment basal postérieur du lobe gauche droit. D-F, images tomодensitométriques thoraciques non contrastées d'un homme de 20 ans atteint d'une pneumonie légère à COVID-19. Les images CT montrent des opacités en verre dépoli et une consolidation dans plusieurs segments pulmonaires, et le CT-SS est de 7.

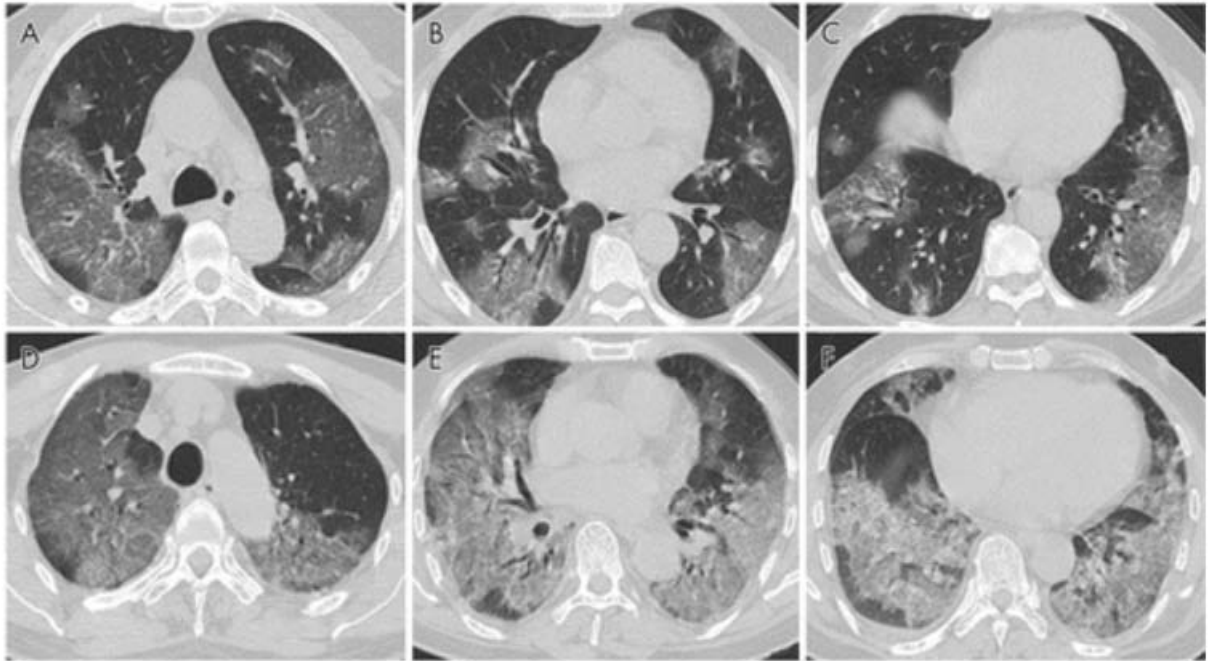


Figure 52 : A-C, images de tomодensitométrie thoracique sans contraste chez un homme de 56 ans atteint d'une grave pneumonie à COVID-19. Les images CT montrent de multiples opacités en verre dépoli dans plusieurs segments pulmonaires, et le CT-SS est de 28. D-F, images de tomодensitométrie thoracique sans contraste chez un homme de 69 ans atteint d'une grave pneumonie à COVID-19. Les images TDM montrent de multiples opacités en verre dépoli et un épaississement septal ; la manifestation d'imagerie est ce qu'on appelle des poumons blancs ; le CT-SS est de 35.

Dans cette étude les auteurs ont constaté que le CT-SS était plus élevé dans les cas graves que dans les cas légers. Plus important encore, ils ont déterminé qu'un seuil CT-SS de 19,5 pouvait identifier les COVID-19 graves, avec une sensibilité de 83,3% et une spécificité de 94%, ce qui donne une VPN de 96,3%. (50)

Cependant l'évaluation reste assez complexe et subjective laissant place à des marges d'erreurs pouvant surestimées le nombre de patients présentant une atteinte grave.

1.3. Méthodes quantitatives automatiques :

Un algorithme informatique a été développé pour détecter et quantifier de manière automatique et robuste les régions de pneumonie associées à COVID19 ainsi que la progression de la maladie dans le temps. Cette approche unique d'enregistrement a été utilisée pour créer de manière innovante une carte thermique qui illustre visuellement la progression de la maladie. Les résultats de cette étude sur les tomodensitométries longitudinales de 20 patients atteints de COVID-19 vérifié ont démontré la faisabilité du logiciel informatique pour faciliter l'évaluation de la présence, de la sévérité et du changement de la sévérité des anomalies pulmonaires associées à la COVID-19. Le logiciel pourrait être utilisé pour détecter et quantifier la pneumonie représentée sur les images CT associées au COVID-19 ainsi que d'autres processus pulmonaires infectieux ou inflammatoires. Cependant cette méthode présente plusieurs limites. Tout d'abord, la confusion entre les anomalies pulmonaires associées à la maladie COVID-19 et d'autres types d'anomalies qui ont un aspect similaire à celui de la pneumonie (par exemple, une pneumopathie interstitielle, des nodules pulmonaires non solides et une insuffisance cardiaque). Deuxièmement, la présence de comorbidités pourrait affecter la segmentation et l'évaluation des lésions dans la COVID-19. (51)

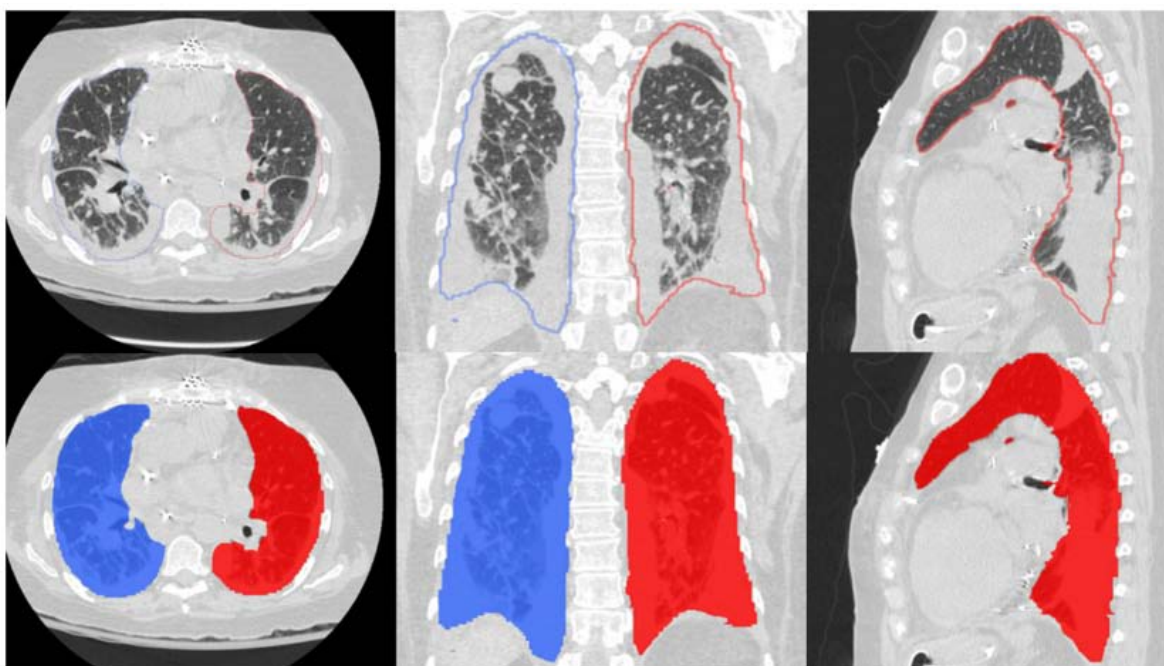


Figure 53 : Exemples de segmentation automatique des limites des poumons par algorithme en présence de lésions pulmonaires sévères. (51)

2. Rôle de la biologie dans l'évaluation de la gravité :

2.1. Taux de leucocytes :

Notre étude a montré que les taux de leucocytes chez les patients dont l'atteinte est sévère à critique est de [4700–30000] avec une médiane à 11670/mm³ contre un taux entre [4420–15070] avec une médiane à 3585/ mm³ chez les patients dont l'atteinte est minime à modérée. Ce qui rejoint les résultats de Ferreira et al dont l'étude a montré des taux de leucocytes élevés avec une médiane à 7970/mm³ (5500–10,370) chez les patients ayant une atteinte pulmonaire sévère dans des stades avancés de la maladie. (52) L'étude de Canovi et al a mis en évidence à son tour, la relation entre l'hyperleucocytose et l'extension de l'atteinte pulmonaire, l'étendue de l'atteinte du parenchyme pulmonaire était associée à une réponse inflammatoire élevée, comme le suggère l'augmentation des globules blancs en circulation. (53)

Tableau XVI : taux de leucocytes selon le niveau d'atteinte

leucocytes (/mm ³)/étude	Notre étude	Ferreira et al	Canovi et al
Atteinte minime a modérée	3585	5305	4790
Atteinte sévère à critique	11670	7970	6220

2.2. Taux de Lymphocytes :

Selon le travail de Homayounieh et al La raison de la déficience lymphocytaire est incertaine mais pourrait être liée à la propension accrue du virus SRAS-CoV-2 à infecter les lymphocytes, à l'apoptose des lymphocytes médiées par les cytokines ou à l'inhibition de la production de lymphocytes. (54) Une lymphopénie a été retrouvée chez 63.22% des patients de notre étude, avec une médiane de 990/mm³ [730-1340] chez les cas sévères contre 1430/mm³ [1290-2105] chez les cas non sévères. L'étude de Homayounieh et al a présenté des résultats similaires à notre série avec un taux de lymphocytes à 953 ± 439 chez les patients avec une atteinte pulmonaire sévère. (54)

Un taux de lymphocytes bas a aussi été observés dans l'étude d'Ahmed et al où le nombre de lymphocytes a présenté une relation hautement significative avec le score de sévérité de l'atteinte pulmonaire a la TDM thoracique et p<0,001 avec une lymphopénie dans les cas sévères de 700/mm³ [450-1100], tandis que dans les cas légers et modérés, la médiane et étaient respectivement de 1700/mm³ [1100-1900] et 2000 /mm³ [1100-2200]. (55)

Tableau XVII : taux de lymphocytes selon le niveau d'atteinte

Lymphocytes (/mm ³)/étude	Notre étude	Homayounieh et al	Ahmed et al
Atteinte minime a modérée	1430	1173	1700
Atteinte sévère à Critique	990	953	700

2.3. Taux de CRP :

Le niveau de CRP du groupe avec une atteinte sévère à critique est considérablement élevé avec une médiane à 161 mg/L [14-470] contre 87 mg/L [3-200] chez celui avec extension minimale à modérée. Ce travail a donc démontré que la valeur de la CRP représentait le facteur biologique le plus en faveur d'une atteinte sévère à critique avec un $p < 0.001$ et $AUC = 0.7$. L'équipe d'Engin et al a déterminé, à son tour, que l'augmentation de la gravité de l'atteinte au scanner thoracique était positivement corrélée à la CRP ($p < 0.001$). Les patients présentant des résultats typiques du COVID-19 au scanner thoracique avaient des niveaux de CRP plus élevés que les autres patients. En outre, il a été démontré que l'incidence des résultats d'imagerie négatifs en termes de COVID-19 était 9,09 fois plus élevée dans les cas où la valeur de la CRP était $< 12,5$ mg/dL. La valeur seuil pour détecter une atteinte pulmonaire COVID-19 avec des résultats d'imagerie négatifs a été déterminée comme étant de 12,35 mg/dL. (56)

2.4. Taux de D-dimères :

La médiane des D-dimères du groupe avec atteinte sévère à critique est 5757 $\mu\text{g/L}$ [320-30370] contre 1479 $\mu\text{g/L}$ [150-2150] chez celui avec atteinte minimale à modérée. Ahmed et al ont décrit une relation hautement significative entre le score de gravité de la scanographie et le taux de D-dimères des patients avec une valeur $p < 0,001$. La médiane de D-dimères chez les patients présentant une TDM normal était de 850 [500-1550] $\mu\text{g/L}$, contrairement aux cas sévères, où la médiane de D-dimères a atteint 7100 [5400-10200] $\mu\text{g/L}$. Pour l'étude Spiezia et al., ils ont rapporté des taux de fibrinogène et de D-dimères significativement élevés chez 22 patients atteints de COVID-19 et d'insuffisance respiratoire aiguë, ainsi que des profils thromboélastométriques hypercoagulables. (56) Dans l'étude de Ferreira et al, l'élévation des taux de D-dimères était plus marquée chez des groupes avec plus de 2 biomarqueurs inflammatoires positifs signant alors le mauvais pronostic du patient avec une valeur $p < 0,001$. (52)

Tableau XVIII : Tableau comparatif des médianes et moyennes des différentes études

		Notre étude	Ferreira et al	Mohammad-Mehdi et al	Pang et al.
Cas sévères	leucocytes(/mm ³)	11670.13	7970 (5500-10,370)	9300	8400
	Lymphocytes(/mm ³)	998.6	870 (606-977)	1500	900
	D-dimères (µg /L)	5757.03	2248 (1275-5556)	3147.7	1600
	CRP (mg/l)	161.08	147 (108-210)	130.6	460
Cas non sévères	Leucocytes (/mm ³)	9244.18	5305 (3930-6990)	8300	5700
	Lymphocytes	1351.8	960 (766-1245)	1200	1300
	d-dimères (µg /L)	120,4	442 (341-592)	3450.7	600
	CRP (mg/l)	87.46	33 (16-49)	113.3	149

2.5. Taux de LDH :

L'étude menée par l'équipe de Magdy et al. a mis l'accent sur la corrélation entre l'élévation des taux de LDH chez les patients avec une atteinte sévère à critique et l'étendue des lésions pulmonaires à la TDM thoracique, le score de sévérité à la TDM et les niveaux de LDH étaient significativement plus élevés dans les cas sévères et critiques ainsi que chez les patients décédés par rapport aux cas avec une atteinte légère révélant une p value <0,001. Aucune signification statistique n'a été détectée dans le score de sévérité à la TDM et les niveaux de LDH entre les cas sévères et critiques (valeur P = 0,963 et 0,569, respectivement). (58) Vu le manque de données biologiques, notre série n'a pu inclure LDH comme biomarqueur prédictif de la sévérité de l'atteinte pulmonaire dans la COVID-19.

Corrélation de la sévérité radiologique aux biomarqueurs inflammatoires et au pronostic des atteintes pulmonaires de la COVID-19

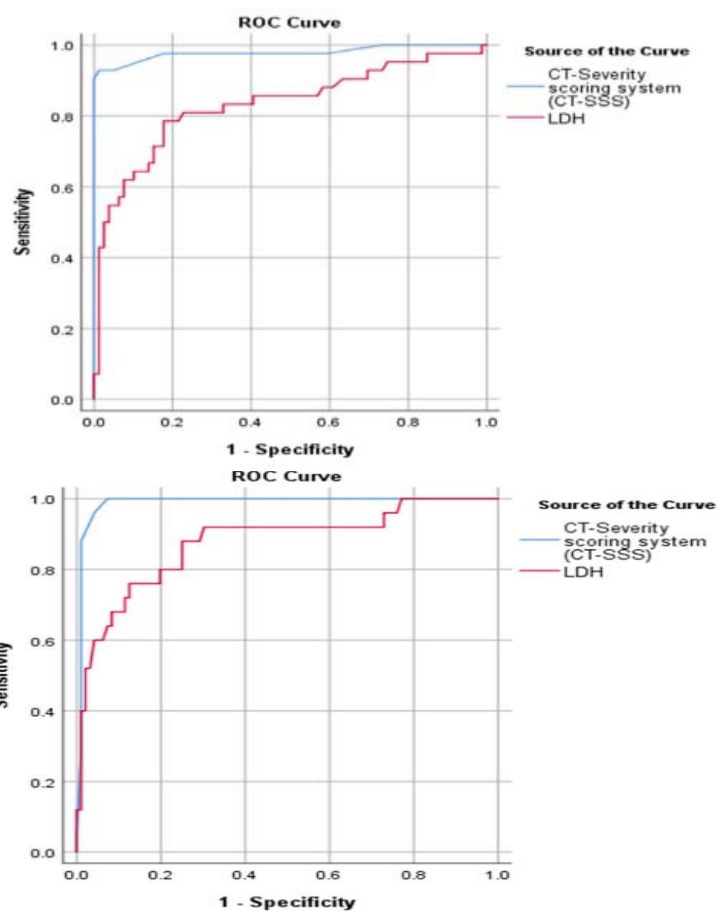


Figure 54 : Courbe ROC : les cas sévères et critiques utilisant score de sévérité à la TDM et la LDH (58)

Par rapport aux autres biomarqueurs, notamment la CRP, les lymphocytes pour leur valeur prédictive en matière de sévérité de la maladie COVID-19 et le résultat clinique, la LDH s'est avérée avoir une plus grande précision et une aire sous la courbe (AUC) plus importante. Ce qui rend l'augmentation de ses valeurs plus significatives pour évaluer la sévérité de l'infection COVID-19.

3. Concordance du scanner et des biomarqueurs inflammatoires et la comparaison de leurs performances diagnostiques dans l'évaluation de la gravité de l'atteinte pulmonaire de la COVID-19 :

3.1. Scanner et taux de leucocytes :

Les résultats analytiques de la corrélation entre le taux de leucocyte et l'extension de l'atteinte pulmonaire à la scanographie était non significative dans cette étude avec un $p=0.13$. Toutefois, selon une étude égyptienne, il a été démontré une tendance à l'hyperleucocytose avec l'augmentation de la sévérité de la maladie et l'extension de l'atteinte pulmonaire avec un $p=0,075$. Cela rejoint les résultats d'une méta analyse faite par l'équipe japonaise de Yamada et al. (59), regroupant 18 études de 3278 patients, qui a révélé que l'hyperleucocytose à l'admission est un élément de mauvais pronostic. Toutefois, les résultats obtenus par Rutkowska et al. rapporte la notion de diminution du nombre absolu de leucocytes suite au proportion faible de lymphocyte qui peut être liée à la sévérité de la maladie et se manifester davantage dans les cas graves avec une atteinte pulmonaire étendue à la TDM thoracique. (60) D'après l'analyse de l'aire sous la courbe (AUC), la sensibilité de la scanographie reste plus élevée à 85% contre 62% de celle du taux de leucocytes. Ce qui fait de l'imagerie, un élément pronostic plus performant en comparaison au taux de leucocytes.

3.2. scanner et taux de lymphocytes :

Notre étude a pu déterminer un lien entre la lymphopénie présente chez les patients présentant des atteintes sévères de la maladie et l'extension des lésions pulmonaires à la TDM thoracique. En effet, selon Orlicchio et al. (61) Une forte corrélation entre la lymphocytopenie et l'augmentation de l'étendue des lésions pulmonaires à l'examen tomодensitométrique thoracique a été mise en évidence, rejoignant alors les résultats de Rutkowska et al. où une proportion plus faible de lymphocytes a été observé chez les patients atteints de COVID-19 critique avec plus de 75% de l'atteinte scanographique que dans le groupe COVID-19 sévère avec une atteinte scanographique entre 49% et 75% de l'extension (respectivement, 10,3 vs 23,1, $p < 0,05$).

La proportion de lymphocytes T était également plus faible dans le groupe COVID-19 critique que dans le groupe COVID-19 sévère (respectivement 6,9 vs. 23,1, $p < 0,05$). De plus, selon Tordjman et al. , Sur les 168 patients, parmi les variables biologiques présentant une corrélation significative avec l'étendue du CT-scan on retrouve les lymphocytes, une analyse de la courbe ROC a permis de montrer Lymphocytes < 800 cellules/mm³ chez les patients présentant une atteinte $\geq 50\%$ à la tomodensitométrie avec une sensibilité = 0,89 ; une spécificité = 0,71 et AUC = 0,76. Ce qui réconforte notre étude analytique où le rapport entre la sévérité de l'atteinte à l'imagerie et la lymphopénie sont statistiquement lié avec un $p=0.001$.

3.3. scanner et taux de CRP :

Il a été déterminé par Engin et al. (56) que les patients présentant une atteinte sévère à la TDM thoracique avaient des niveaux de CRP plus élevés que les autres patients, et que le CT-SS thoracique était positivement corrélé avec la CRP ($p < 0,001$). Pour Tordjman et al. des taux de CRP élevé était observés chez les patients dont l'extension de la pneumonie COVID-19 était supérieur à 50% avec une sensibilité = 0.85, une spécificité = 0.63 et AUC = 0.79. Dans un même sens, nos résultats ont mis le point sur le rapport de l'augmentation des taux de CRP chez les patients présentant une extension des atteintes pulmonaires à la tomodensitométrie. De plus l'analyse des courbes ROC a permis la mise en évidence de l'élévation significative l'aire sous la courbe (AUC) en utilisant le Cut off du score de gravité CT $\geq 50\%$ et le cut off de CRP ≥ 95 mg/L pour les cas graves de COVID-19, avec une sensibilité, une spécificité de 85% et 58%, par rapport à 75% et 55% respectivement. Ce qui fait que la CRP représente le biomarqueur dont la sensibilité se rapproche le plus de la TDM thoracique et permettant de détecter les patients de mauvais pronostic.

3.4. scanner et taux de D-dimères :

Dans l'étude de Ferreira et al, l'élévation des taux de D-dimères était plus marquée chez des groupes avec plus de 2 biomarqueurs inflammatoires positifs signant alors le mauvais pronostic du patient avec une valeur $p < 0,001$, ces mêmes groupes ont présenté des opacités

pulmonaires >25% à la TDM thoracique. (52) Ce qui rejoint les résultats de Ahmed et al. (56) où une relation hautement significative a été trouvée entre le score de sévérité du scanner thoracique et le niveau de D-dimères des patients avec une valeur $p < 0,001$. L'étude de Alnowfal et al. a démontré à son tour les corrélations entre le taux de D-Dimères et les lésions pulmonaires évaluées par tomодensitométrie qui étaient significativement liées avec une valeur p inférieure à (0,05) et un coefficient de régression de (3,016).

La sensibilité de la scanographie reste plus élevée de par rapport à celle du taux de D-dimères avec des valeurs de 80% et 70% respectivement pour la détection du mauvais pronostic lié au COVID-19.

V. Modalités de traitement :

Au Maroc, la prise en charge thérapeutique a été systématisée selon un protocole national pour les cas ne présentant pas de facteurs de gravité. Cependant, pour les patients hospitalisés en réanimation, le protocole thérapeutique dépendait de l'état du patient. L'apport d'oxygène avec, au besoin, une FiO_2 élevée est la première ligne de traitement du patient présentant une hypoxémie sur pneumonie à SARS-Cov-2. En fonction de la FiO_2 nécessaire, l'oxygène peut être administré au moyen de lunettes nasales, de masques simples ou de masques à haute concentration. (62)

Pour le traitement médical, les données de la littérature et l'OMS s'accordent sur le fait que les corticoïdes, notamment la dexaméthasone à la dose de 6 mg/j pendant 10 jours, réduirait le nombre de décès en réanimation surtout pour les patients qui nécessitent une oxygénation (63).

Dans tous les cas, compte-tenu de l'absence de traitement spécifique établi, les traitements de support à visée symptomatique et les soins et de confort doivent être renforcés. L'accompagnement des patients en phase avancée doit être attentif et approprié à leur état. (62)



CONCLUSION



L'arrivée de la pandémie Covid-19 a représenté un réel défi pour toutes les infrastructures sanitaires au monde. Des outils permettant de prédire la sévérité de l'atteinte pulmonaire ont fait l'objet de plusieurs études dans le but de trier les patients hospitalisés pour une meilleure prise en charge.

Le but de notre étude était de déterminer la corrélation entre la sévérité de l'atteinte pulmonaire à la tomodensitométrie et les biomarqueurs inflammatoires pour prédire le pronostic des patients Covid-19, et mettre en évidence les examens les plus sensibles. Nos résultats ont démontré que l'imagerie avait une grande valeur prédictive de la sévérité de l'atteinte pulmonaire par rapport aux courbes ROC qui ont démontré que l'aire sous la courbe (AUC) était significativement élevée en comparaison avec les aires sous la courbe des différents biomarqueurs inflammatoires. Ce qui souligne le grand apport de l'imagerie autant que moyen diagnostique dès les premières observations permettant une prise en charge précoce des patients ce qui pourra améliorer leur pronostic.

D'autres études ont été menées dans ce sens, et ont démontré que l'étendue des lésions tomodensitométriques était fortement corrélée à divers paramètres de la maladie, notamment la phase clinique et les paramètres biologiques, ce qui appuie fortement l'utilisation de la tomodensitométrie thoracique chez les patients atteints de pneumonie à COVID-19, comme moyen rapide et efficace pour prédire la gravité de l'atteinte et adapter la prise en charge des patients.

Les examens radiologiques, notamment la TDM thoracique représente alors l'un des outils plus performant dans la prédiction de la sévérité de l'atteinte pulmonaire de la COVID-19, mettant donc les radiologues dans les premiers rangs dans la prise en charge des patients COVID positif et permettant la mise en route de traitement adéquat.



RESUMES



Résumé

L'infection au SRAS-CoV2 est devenue une pandémie suite à une propagation rapide au niveau mondial. L'évolution de la maladie entraîne dans certains cas des complications sévères et mortelles. L'association de la sévérité radiologique avec des biomarqueurs efficaces comme la CRP, les leucocytes, les lymphocytes, les D –Dimères, serait utile pour le dépistage, la catégorisation des patients et la prévention des complications graves. L'objectif de cette étude était d'étudier l'association entre les niveaux de biomarqueurs inflammatoires et de les corréler avec les résultats de la tomodensitométrie pour identifier les patients à risque de complications fatales.

On a inclus dans l'étude 177 patients âgés de plus de 18 ans et admis entre le 1er septembre 2020 et le 30 novembre 2020 avec un diagnostic de Covid-19 confirmé par la biologie. Les données ont été recueillies sur la démographie, la sévérité de la maladie, les mesures de laboratoire, l'imagerie radiologique rétrospectivement à partir des dossiers des patients. La sévérité de la maladie a été classée en légère, légère à sévère et critique sur la base du CT Severity scoring. Chaque patient a été soumis à un HRCT Chest et à des biomarqueurs inflammatoires au moment de son admission.

Notre étude comptait 116 patients de sexe masculin et 61 patients de sexe féminin. L'âge moyen des patients ayant une atteinte pulmonaire sévère est de 61,9 ans, tandis que l'âge moyen des patients ayant une atteinte pulmonaire non sévère est de 56,8 ans et a montré une association significative avec la sévérité de l'atteinte pulmonaire (valeur p : 0,017). La sévérité de l'atteinte pulmonaire selon les résultats de la HRCT était plus importante chez les patients présentant à la fois des valeurs élevées de CRP (<0,001), de D – Dimer (valeur P 0,032) et de faibles valeurs de lymphocytes (valeur P : 0,001).

Corrélation de la sévérité radiologique aux biomarqueurs inflammatoires et au pronostic des atteintes pulmonaires de la COVID-19

Le scanner a par ailleurs montré des valeurs élevées de sensibilité pour la détection de cas graves par rapport à ces biomarqueurs.

Conclusion : la sévérité de la maladie de Covid-19 est corrélée à la sévérité radiologique et aux marqueurs inflammatoires, mais le scanner montre une meilleure sensibilité à la détection des cas graves.

Abstract

SARS-CoV2 infection has become a pandemic following a rapid spread worldwide. The course of the disease leads in some cases to severe and fatal complications. The association of radiological severity with effective biomarkers such as CRP, leukocytes, lymphocytes, D -Dimers, would be useful for screening, categorization of patients and prevention of severe complications. The objective of this study was to investigate the association between inflammatory biomarker levels and correlate them with CT findings to identify patients at risk for fatal complications.

177 patients older than 18 years and admitted between September 1, 2020, and November 30, 2020, with a biologically confirmed diagnosis of Covid-19 were included in the study. Data were collected on demographics, disease severity, laboratory measurements, radiological imaging retrospectively from patient records. Disease severity was classified as mild, mild to severe, and critical on the basis of CT Severity scoring. Each patient underwent HRCT Chest and inflammatory biomarkers at the time of admission, and the results were recorded.

Our study included 116 male and 61 female patients. The mean age of patients with severe lung involvement was 61.9 years, while the mean age of patients with non-severe lung involvement was 56.8 years and showed a significant association with the severity of lung involvement (p value: 0.017). The severity of lung involvement according to HRCT results was greater in patients with both high CRP (<0.001), D - Dimer (P value 0.032) and low lymphocyte values (P value: 0.001).

The scanner also showed high sensitivity values for the detection of severe cases with respect to these biomarkers.

Conclusion: the severity of Covid-19 disease correlates with radiological severity and inflammatory markers, which will allow immediate classification of patients into different risk groups after diagnosis, to ensure optimal resource allocation.

ملخص

أصبحت العدوى SARS-COV-2 وباءً بعد انتشارها السريع في جميع أنحاء العالم. يؤدي تطور المرض في بعض الحالات إلى مضاعفات خطيرة ومميتة. قد يكون ارتباط الشدة الإشعاعية بالمؤشرات الحيوية الفعالة مثل الكريات البيضاء والخلايا الليمفاوية مفيداً للفحص وتصنيف المرضى والوقاية من المضاعفات الخطيرة. كان الهدف من هذه الدراسة هو التحقق من الارتباط بين مستويات المؤشرات الحيوية الالتهابية وربطها بنتائج التصوير المقطعي لتحديد المرضى المعرضين لخطر حدوث مضاعفات قاتلة.

تم تضمين 177 مريضاً فوق سن 18 عاماً وتم قبولهم بين 1 سبتمبر 2020 و 30 نوفمبر 2020 بتشخيص Covid-19 الذي أكدته الدراسة البيولوجية. تم جمع البيانات عن الديمغرافية وشدة المرض والقياسات المخبرية و التصوير الإشعاعي بأثر رجعي من مخططات المريض. تم تصنيف شدة المرض على أنها خفيفة وخفيفة إلى شديدة ودرجة بناءً على درجة خطورة التصوير المقطعي المحسوب. خضع كل مريض لاختبار HRCT في الصدر ومؤشرات حيوية التهابية عند الدخول ، وتم تسجيل النتائج. تضمنت دراستنا 116 مريضاً و 61 مريضة. متوسط عمر المرضى الذين يعانون من تأثير رئوي حاد هو 61.9 سنة، في حين أن متوسط عمر المرضى الذين يعانون من إصابة غير حادة بالرئة هو 56.8 سنة وأظهر ارتباطاً كبيراً مع شدة المرض تورط الرئة (القيمة الاحتمالية: 0.017). كانت شدة تأثير الرئة وفقاً لنتائج HRCT أكبر في المرضى الذين لديهم قيم CRP عالية (> 0.001)، D-Dimer (قيمة 0.032 P) وقيم لمفاوية منخفضة (القيمة 0.001 P). أظهرت فحوصات التصوير المقطعي المحسوب أيضاً قيم حساسية عالية للكشف عن الحالات الشديدة مقارنة بهذه المؤشرات الحيوية.

الخلاصة: ترتبط شدة مرض كوفيد - 19 بالحدة الإشعاعية وعلامات الالتهاب، مما يسمح بتصنيف المرضى على الفور إلى مجموعات خطر مختلفة بعد التشخيص، من أجل ضمان التخصيص الأمثل للموارد.



ANNEXES



Annexes

I- Données épidémiologiques :

Numéro de téléphone

Identité

IP

Age

Tranche

- [] 20-30
- [] 31-40
- [] 41-50
- [] 51-60
- [] >61

Sexe

- () M
- () F

Tabac

- () Oui
- () Non

Si oui

- tabgisme actif
- tabagisme passif
- sevré

Antécédents

- Diabète
- HTA
- BPCO
- Cardiopathie
- Asthme
- Néphropathie
- Maladie de système
- Néoplasie
- Tuberculose
- Autre :

Maladie de système

- Oui
- Non

Si oui, laquelle

Néoplasie

- Oui
- Non

Si oui, laquelle

Cas particulier

Prise médicamenteuse

II- Profil clinique :

Circonstances de découverte

- PCR positive
- Imagerie évocatrice
- Signes respiratoires
- Signes extrarespiratoires
- Signes généraux
- Enquête d'un cas contact
- Patient asymptomatique

Signes respiratoires

- Cough
- Sputum
- Chest pain
- Hemoptysis
- Dyspnea

Signes extra respiratoires

- Myalgies
- Asthénie
- Diarrhée
- Nausées/vomissements
- Frissons
- Éruption cutanée
- Adénopathie cervicale
- Anosmie
- Aguesie

Signes généraux

- Fièvre
- Asthénie
- Anorexie
- Amaigrissement

Examen général

Fréquence cardiaque

- <60 bat/min
- 60-90 bat/min
- >90 bat/min

Fréquence respiratoire

- < 24 cycles/min
- > 24 cycles/min

SaO2

SaO2

- >95%
- 90-95%
- <90%

III- Profil paraclinique :

ECG

- QT <460 et ECG normal
- QT entre 460 ms – 500 ms et ECG anormal
- QT > 500 ms

TDM thoracique : présentation scanographique

- Images en verre dépoli
- Condensation alvéolaires bilatérales
- Anomalie interstitielle
- Aspect en mosaïque (crazy paving)
- Adénopathies médiastinales
- Épaississement péribronchovasculaire
- Dilatations vasculaires péri ou intralésionnelles
- Fine réticulations
- Épanchement péricardique
- Épanchement pleural liquidien
- Épanchement pleural aérien

CORADS : degré de suspicion

- () CORADS 1 : normal ou absence de signe d'infection
- () CORADS 2 : anomalie en rapport avec une infection autre que le covid-19
- () CORADS 3 : aspect pas clair covid-19
- () CORADS 4 : anomalies suspectant covid-19
- () CORADS 5 : aspect typique covid-19
- () CORADS 6 : PCR +

Extension pulmonaire

- [] légère 0 – 25%
- [] modéré 25 – 50%
- [] sévère 50 – 75%
- [] critique > 75%

Topographie

- [] bilatérales
- [] unilatéral
- [] sous pleurales
- [] régions postérieures
- [] multifocales

Biologie

GB

Hg

Plaquettes

PNN

Lymphocytes

NFS interprétation (1)

- Normal
- Anémie
- lymphopénie
- neutropénie
- thrombopénie
- hyperleucocytose

NFS de contrôle

GB

Hg

Plaquettes

Lymphocytes

PNN

NFS interprétation (2)

- Normal
- Anémie
- Lymphopénie
- Neutropénie
- Thrombopénie
- Hyperleucocytose

CRP initiale



BIBLIOGRAPHIES



1. **Li Q, Guan X, Wu P, et al. Early**
Transmission Dynamics in Wuhan, China, of Novel Coronavirus-Infected Pneumonia.
N Engl J Med. 2020;382(13):1199–1207. doi:10.1056/NEJMoa2001316

2. **Allocution liminaire du Directeur général de l'OMS lors du point presse sur la COVID-19 –
11 mars 2020 [Internet]. [cité 10 juin 2021].**
Disponible sur: <https://www.who.int/fr/director-general/speeches/detail/who-director-general-sopening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020>

3. **Zhou P, Yang XL, Wang XG, et al.**
A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin
[published correction appears in *Nature*. 2020 Dec;588(7836):E6]. *Nature.*
2020;579(7798):270–273. doi:10.1038/s41586-020-2012-7

4. **Ouassou H, Kharchoufa L, Bouhrim M, et al.**
The Pathogenesis of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): Evaluation and Prevention.
J Immunol Res. 2020;2020:1357983. Published 2020 Jul 10. doi:10.1155/2020/1357983

5. **Thèse 107-21.pdf [Internet]. [cité 20 janvier 2023]. Disponible sur :**
<http://wd.fmpm.uca.ma/biblio/theses/annee-htm/FT/2021/these107-21.pdf>

6. **Hu B, Huang S, Yin L.**
The cytokine storm and COVID-19.
J Med Virol. 2021;93(1):250–256. doi:10.1002/jmv.26232

7. **A. Manirambona, G. Tsoumbou-Bakana, K. Khouz, S. El Ouidih, S. Hassoune, S. Nani**
COVID 19 IN MOROCCO: EPIDEMIOLOGICAL SITUATION AT 2020/11/20 Laboratoire
d'épidémiologie,
Faculté de Médecine et de Pharmacie de Casablanca, Université HASSAN II, Maroc.

8. **https://www.who.int/fr/health-topics/coronavirus/coronavirus#tab=tab_1**

9. **Safiabadi Tali SH, LeBlanc JJ, Sadiq Z, et al.**
Tools and Techniques for Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2)/COVID-19 Detection.
Clin Microbiol Rev. 2021;34(3):e00228-20. Published 2021 May 12.
doi:10.1128/CMR.00228-20
10. **Alsharif W, Qurashi A.**
Effectiveness of COVID-19 diagnosis and management tools: A review.
Radiography (Lond). 2021 May;27(2):682-687.
11. **El-Arif G, Khazaal S, Farhat A, et al.**
Angiotensin II Type I Receptor (AT1R): The Gate towards COVID-19-Associated diseases.
Molecules. 2022; 27(7):2048. Published 2022 Mar 22.
12. **Hoffmann M, Kleine-Weber H, Schroeder S, et al.**
SARS-CoV-2 Cell Entry Depends on ACE2 and TMPRSS2 and Is Blocked by a Clinically Proven Protease Inhibitor. *Cell.*
2020;181(2):271-280.e8. *doi:10.1016/j.cell.2020.02.052*
13. **<https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/weekly-epi-update-14.pdf>**
14. **Manirambona, G. Tsoumbou-Bakana, K. Khouz, S. El Ouadih, S. Hassoune, S. Nani**
COVID 19 IN MOROCCO: EPIDEMIOLOGICAL SITUATION AT 2020/11/20 A. Laboratoire d'épidémiologie, Faculté de Médecine et de Pharmacie de Casablanca, Université HASSAN II, Maroc
15. **Beydoğan E, Yürük Atasoy P.**
The relationship between CRP at admission and thorax CT findings in patients diagnosed with COVID-19.
Int J Clin Pract. 2021 Dec;75(12):e14962.
16. **Abdollahi, I., Nabahati, M., Javanian, M. et al.**
Can initial chest CT scan predict status and clinical outcomes of COVID-19 infection? A retrospective cohort study.
Egypt J Radiol Nucl Med 52, 158 (2021). <https://doi.org/10.1186/s43055-021-00538-6>

- 17. Zhou S, Chen C, Hu Y, Lv W, Ai T, Xia L.**
Chest CT imaging features and severity scores as biomarkers for prognostic prediction in patients with COVID-19.
Ann Transl Med. 2020 Nov;8(21):1449.
- 18. Ranjan J, Ravindra A, Mishra B.**
Gender and genetic factors impacting COVID-19 severity.
J Family Med Prim Care. 2021;10(11):3956-3963. doi:10.4103/jfmprc.jfmprc_769_21
- 19. Zhou S, Chen C, Hu Y, Lv W, Ai T, Xia L.**
Chest CT imaging features and severity scores as biomarkers for prognostic prediction in patients with COVID-19.
Ann Transl Med. 2020 Nov;8(21):1449.
- 20. Zhou F, Yu T, Du R, et al.**
Clinical course and risk factors for mortality of adult inpatients with COVID-19 in Wuhan, China: a retrospective cohort study.
Lancet 2020;395:1054- 62.
- 21. Gao YD, Ding M, Dong X, et al.**
Risk factors for severe and critically ill COVID-19 patients: A review.
Allergy. 2021;76(2):428-455. doi:10.1111/all.14657
- 22. Munne K, Bhanothu V, Bhor V, Patel V, Mahale SD, Pande S.**
Detection of SARS-CoV-2 infection by RT-PCR test: factors influencing interpretation of results.
Virusdisease. 2021;32(2):187-189. doi:10.1007/s13337-021-00692-5
- 23. Vimercati L, Stefanizzi P, De Maria L, et al.**
Large-scale IgM and IgG SARS-CoV-2 serological screening among healthcare workers with a low infection prevalence based on nasopharyngeal swab tests in an Italian university hospital: Perspectives for public health.
Environ Res. 2021;195:110793. doi:10.1016/j.envres.2021.110793

24. **Kovács A, Palásti P, Veréb D, Bozsik B, Palkó A, Kincses ZT.**
The sensitivity and specificity of chest CT in the diagnosis of COVID-19.
Eur Radiol. 2021;31(5):2819–2824. doi:10.1007/s00330-020-07347-x

25. **Ng MY, Lee EYP, Yang J, et al.**
Imaging Profile of the COVID-19 Infection: Radiologic Findings and Literature Review.
Radiol Cardiothorac Imaging. 2020;2(1):e200034. Published 2020 Feb 13.
doi:10.1148/ryct.2020200034

26. **Chung M, Bernheim A, Mei X, et al.**
CT Imaging Features of 2019 Novel Coronavirus (2019-nCoV).
Radiology. 2020;295(1):202–207. doi:10.1148/radiol.2020200230

27. **Ye Z, Zhang Y, Wang Y, Huang Z, Song B.**
Chest CT manifestations of new coronavirus disease 2019 (COVID-19): a pictorial review.
Eur Radiol. 2020;30(8):4381–4389. doi:10.1007/s00330-020-06801-0

28. **Xu Z, Shi L, Wang Y, et al.**
Pathological findings of COVID-19 associated with acute respiratory distress syndrome
Lancet Respir Med. 2020;8(4):420–422. doi:10.1016/S2213-2600(20)30076-X

29. **Hansell DM, Bankier AA, MacMahon H, McLoud TC, Müller NL, Remy J.**
Fleischner Society: glossary of terms for thoracic imaging.
Radiology. 2008;246(3):697–722. doi:10.1148/radiol.2462070712

30. **Wu J, Wu X, Zeng W, et al.**
Chest CT Findings in Patients With Coronavirus Disease 2019 and Its Relationship With
Clinical Features.
Invest Radiol. 2020;55(5):257–261. doi:10.1097/RLI.0000000000000670

31. **Li K, Wu J, Wu F, et al.**
The Clinical and Chest CT Features Associated With Severe and Critical COVID-19
Pneumonia.
Invest Radiol. 2020;55(6):327–331. doi:10.1097/RLI.0000000000000672

- 32. Ajlan AM, Ahyad RA, Jamjoom LG, Alharthy A, Madani TA.**
Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV) infection: chest CT findings.
AJR Am J Roentgenol. 2014;203(4):782–787. doi:10.2214/AJR.14.13021
- 33. Shi H, Han X, Jiang N, et al.**
Radiological findings from 81 patients with COVID-19 pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study.
Lancet Infect Dis. 2020;20(4):425–434. doi:10.1016/S1473-3099(20)30086-4
- 34. Wong KT, Antonio GE, Hui DS, et al.**
Thin-section CT of severe acute respiratory syndrome: evaluation of 73 patients exposed to or with the disease.
Radiology. 2003;228(2):395–400. doi:10.1148/radiol.2283030541
- 35. Pan F, Ye T, Sun P, et al.**
Time Course of Lung Changes at Chest CT during Recovery from Coronavirus Disease 2019 (COVID-19).
Radiology. 2020;295(3):715–721. doi:10.1148/radiol.2020200370
- 36. Xie X, Zhong Z, Zhao W, Zheng C, Wang F, Liu J.**
Chest CT for Typical Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Pneumonia: Relationship to Negative RT-PCR Testing.
Radiology. 2020;296(2):E41–E45. doi:10.1148/radiol.2020200343
- 37. Fang Y, Zhang H, Xu Y, Xie J, Pang P, Ji W.**
CT Manifestations of Two Cases of 2019 Novel Coronavirus (2019-nCoV) Pneumonia.
Radiology. 2020;295(1):208–209. doi:10.1148/radiol.2020200280
- 38. Liu Q, Wang RS, Qu GQ, et al.**
Gross examination report of a COVID-19 death autopsy.
Fa Yi Xue Za Zhi. 2020;36(1):21–23. doi:10.12116/j.issn.1004-5619.2020.01.005
- 39. Li X, Zeng X, Liu B, Yu Y.**
COVID-19 Infection Presenting with CT Halo Sign.
Radiol Cardiothorac Imaging. 2020;2(1):e200026. Published 2020 Feb 12.
doi:10.1148/ryct.2020200026

- 40. Zompatori M, Poletti V, Battista G, Diegoli M.**
Bronchiolitis obliterans with organizing pneumonia (BOOP), presenting as a ring-shaped opacity at HRCT (the atoll sign). A case report.
Radiol Med. 1999;97(4):308–310.
- 41. Kim SJ, Lee KS, Ryu YH, et al.**
Reversed halo sign on high-resolution CT of cryptogenic organizing pneumonia: diagnostic implications.
AJR Am J Roentgenol. 2003;180(5):1251–1254. doi:10.2214/ajr.180.5.1801251
- 42. Gasparetto EL, Escuissato DL, Davaus T, et al.**
Reversed halo sign in pulmonary paracoccidioidomycosis.
AJR Am J Roentgenol. 2005;184(6):1932–1934. doi:10.2214/ajr.184.6.01841932
- 43. Huang P, Liu T, Huang L, et al.**
Use of Chest CT in Combination with Negative RT-PCR Assay for the 2019 Novel Coronavirus but High Clinical Suspicion.
Radiology. 2020;295(1):22–23. doi:10.1148/radiol.2020200330
- 44. Yoon SH, Lee KH, Kim JY, et al.**
Chest Radiographic and CT Findings of the 2019 Novel Coronavirus Disease (COVID-19): Analysis of Nine Patients Treated in Korea.
Korean J Radiol. 2020;21(4):494–500. doi:10.3348/kjr.2020.0132
- 45. Ye Z, Zhang Y, Wang Y, Huang Z, Song B.**
Chest CT manifestations of new coronavirus disease 2019 (COVID-19): a pictorial review.
European Radiology. 2020 Aug;30(8):4381–4389. DOI: 10.1007/s00330-020-06801-0.
- 46. Kanne JP, Little BP, Chung JH, Elicker BM, Ketani LH.**
Essentials for Radiologists on COVID-19: An Update—*Radiology* Scientific Expert Panel.
Radiology. 2020;296(2):E113–E114. doi:10.1148/radiol.2020200527
- 47. Cozzi D, Cavigli E, Moroni C, et al.**
Ground-glass opacity (GGO): a review of the differential diagnosis in the era of COVID-19.
Jpn J Radiol. 2021;39(8):721–732. doi:10.1007/s11604-021-01120-w

48. **Devie A, Kanagaratnam L, Perotin JM, et al.**
COVID-19: A qualitative chest CT model to identify severe form of the disease.
Diagn Interv Imaging. 2021;102(2):77-84. doi:10.1016/j.diii.2020.12.002
49. **Lodé B, Jalaber C, Orcel T, et al.**
Imagerie de la pneumonie COVID-19 [Imaging of COVID-19 pneumonia].
Journal D'Imagerie Diagnostique et Interventionnelle. 2020;3(4):249-258.
doi:10.1016/j.jidi.2020.04.011
50. **Yang R, Li X, Liu H, et al.**
Chest CT Severity Score: An Imaging Tool for Assessing Severe COVID-19.
Radiol Cardiothorac Imaging. 2020;2(2):e200047. Published 2020 Mar 30.
doi:10.1148/ryct.2020200047
51. **Pu J, Leader JK, Bandos A, et al.**
Automated quantification of COVID-19 severity and progression using chest CT images.
Eur Radiol. 2021;31(1):436-446. doi:10.1007/s00330-020-07156-2
52. **Ferreira RM, de Oliveira GS, da Rocha JR, et al.**
Biomarker evaluation for prognostic stratification of patients with COVID-19: the added value of quantitative chest CT.
Biomark Med. 2022;16(4):291-301. doi:10.2217/bmm-2021-0536
53. **Canovi S, Besutti G, Bonelli E, et al.**
The association between clinical laboratory data and chest CT findings explains disease severity in a large Italian cohort of COVID-19 patients.
BMC Infect Dis. 2021;21(1):157. Published 2021 Feb 8. doi:10.1186/s12879-021-05855-9
54. **Homayounieh F, Zhang EW, Babaei R, et al.**
Clinical and imaging features predict mortality in COVID-19 infection in Iran.
PLoS One. 2020;15(9):e0239519. Published 2020 Sep 24. doi:10.1371/journal.pone.0239519

55. **Noha O. Ahmed, Sherif N. Abbasb, Mostafa M. Mostafac, Amani M.A. Ghanid, Marwa S. Deifa ;**
Chest computed tomography severity score and its correlation with age group, sex, and laboratory test results among coronavirus disease 2019 health-care workers.
The Egyptian Journal of Chest Diseases and Tuberculosis 2022, 71:88-96
56. **Beydoğan E, Yürük Atasoy P.**
The relationship between CRP at admission and thorax CT findings in patients diagnosed with COVID-19.
Int J Clin Pract. 2021;75(12):e14962. doi:10.1111/ijcp.14962
57. **Spiezia L, Boscolo A, Poletto F, et al.**
COVID-19-Related Severe Hypercoagulability in Patients Admitted to Intensive Care Unit for Acute Respiratory Failure.
Thromb Haemost. 2020;120(6):998-1000. doi:10.1055/s-0040-1710018
58. **Magdy AM, Saad MA, El Khateeb AF, Ahmed MI, Gamal El-Din DH.**
Comparative evaluation of semi-quantitative CT-severity scoring versus serum lactate dehydrogenase as prognostic biomarkers for disease severity and clinical outcome of COVID-19 patients.
The Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine. 2021;52(1):114.
doi:10.1186/s43055-021-00493-2
59. **Yamada T, Wakabayashi M, Yamaji T, Chopra N, Mikami T, Miyashita H, et al.**
Value of leukocytosis and elevated C-reactive protein in predicting severe coronavirus 2019 (COVID-19): A systematic review and meta-analysis.
Clin Chim Acta Int J Clin Chem. oct 2020;509:235-43.
60. **Rutkowska E, Kwiecień I, Żabicka M, et al.**
Cytokines and Leukocytes Subpopulations Profile in SARS-CoV-2 Patients Depending on the CT Score Severity.
Viruses. 2021;13(5):880. Published 2021 May 11. doi:10.3390/v13050880

- 61. Orlacchio A, Gasparrini F, Roma S, et al.**
Correlations between chest-CT and laboratory parameters in SARS-CoV-2 pneumonia:
A single-center study from Italy.
Medicine (Baltimore). 2021;100(14):e25310. doi:10.1097/MD.00000000000025310
- 62. Dr Marie Krähenbühla , Pr Mauro Oddoa , Drs Lise Piquillouda, Et Dr Olivier Panteta,**
COVID-19: Prise en charge aux soins intensifs
Rev Med Suisse 2020; 16: 863-8
- 63. Horby P, Lim WS, Emberson JR, Mafham M, Bell JL, Linsell L, et al.**
Dexamethasone in Hospitalized Patients with Covid-19 – Preliminary Report.
New England Journal of Medicine 2020; 384(8): 693-704

قسم الطبيب

أقسم بالله العظيم

أن أراقب الله في مهنتي.

وأن أصون حياة الإنسان في كافة أطوارها في كل الظروف

والأحوال باذلة وسعي في إنقاذها من الهلاك و المرض

والألم والقلق.

وأن أحفظ للناس كرامتهم، و أستتر عورتهم، و أكتم سرهم.

وأن أكون على الدوام من وسائل رحمة الله، باذلة رعايتي الطبية للقريب والبعيد،

للسالِح والطالح، و الصديق والعدو.

وأن أثابر على طلب العلم، و أسخره لنفع الإنسان لا لأذاه.

وأن أوقر من علمني، وأعلم من يصغرني، و أكون أختاً لكل زميل في المهنة الطبية

مُتعاونين على البر والتقوى.

وأن تكون حياتي مصداق إيماني في سرِّي وعلانيتي، نقيّة مما يشينها تجاه

الله ورسوله و المؤمنين.

والله على ما أقول شهيد



كلية الطب
والصيدلة - مراكش
FACULTÉ DE MÉDECINE
ET DE PHARMACIE - MARRAKECH

أطروحة رقم 056

سنة 2023

ارتباط الصور الإشعاعية بالعلامات الحيوية الالتهابية والتشخيص بتلف الرئة من COVID-19

الأطروحة

قدمت ونوقشت علانية يوم 2023/02/06

من طرف

السيدة إكرام زوين

المزودة في 30 يوليو 1995 بمراكش

لنيل شهادة الدكتوراه في الطب

الكلمات الأساسية :

COVID-19 - تصوير مقطعي محوسب للصدر - تكهن - مؤشرات حيوية التهابية
شدة - CRP - D-dimer - خلايا لمفاوية

اللجنة

الرئيس	هـ. جلال	السيد
المشرفة	أستاذ في الفحص بالأشعة س. لعج	السيدة
الحكام	أستاذة في الفحص بالأشعة ك. زحلان	السيدة
	أستاذة في علم الجراثيم - علم الفيروسات م. الخلوقي	السيد
	أستاذ في طب التخدير والإنعاش ا. عتمان	السيد
	أستاذ في الفحص بالأشعة	