

Année 2020-2021

N°

Thèse

Pour le

DOCTORAT EN MEDECINE

Diplôme d'État
par

Quoc-Minh TRAN

Né le 27 Juin 1991 à PARIS (75019)

TITRE

LE PORT DU MASQUE EST-IL EFFICACE POUR PREVENIR LA TRANSMISSION DU VIRUS DE LA GRIPPE?

Présentée et soutenue publiquement le 4 Novembre 2021 devant un jury composé de :

Président du Jury : Professeur Laurent MEREGHETTI , Bactériologie-Virologie, Hygiène Hospitalière, Faculté de Médecine -Tours

Membres du Jury :

Professeur Catherine GAUDY- GRAFFIN , Bactériologie-Virologie,Hygiène Hospitalière Faculté de Médecine – Tours

Professeur Clarisse DIBAO-DINA , Médecine Générale, PU, Faculté de Médecine – Tours

Directeur de thèse: Docteur Alexandra BADEY-MEURISSE ,Médecine Générale - Chambray-lès-Tours

LE PORT DU MASQUE EST-IL EFFICACE POUR PREVENIR LA TRANSMISSION DU VIRUS DE LA GRIPPE?

RESUME

Introduction

La grippe , infection respiratoire virale aigüe fréquente et très contagieuse , est une maladie et un problème majeur de santé publique à l'échelle planétaire avec un coût sanitaire, social, et économique considérable, comme le montre son historique à travers les siècles , en particulier pendant la grippe espagnole de 1918 à 1920 qui aurait causé entre 50 et 100 millions de morts dans le monde.

La vaccination et les antiviraux représentent des armes efficaces contre la grippe mais ils doivent être accompagnés du respect des gestes barrières dont font partie, l'hygiène des mains, la distanciation physique et **le port de masque**.

Le port du masque est-il efficace pour prévenir la transmission du virus grippal?

Méthode

Histoire du virus de la Grippe et du port du masque, synthèse bibliographique sur l'efficacité des masques en tissu, masques chirurgicaux et appareils de protection respiratoire (FFP).

Les études choisies sur l'efficacité du masque ont été réalisées avant et pendant la pandémie de Covid-19 actuelle où le port de masque a été imposé en intérieur dans la plupart des pays au monde mais aussi en extérieur dans certains pays.

Résultats et conclusion

L'efficacité du port du masque dans les milieux de soins et les laboratoires est reconnue depuis de nombreuses années car le masque fait partie des Equipements de Protection Individuelle (EPI) incontournables dans les Précautions Standard et les Précautions Complémentaires d'Hygiène.

Par contre, les études disponibles sur l'impact du port du masque dans la population pendant une pandémie ou épidémie de grippe sont encore peu nombreuses et difficiles à mettre en place mais il faut favoriser le principe de précaution et recommander le port du masque dans la communauté afin de limiter la transmission du virus grippal par des personnes infectées contagieuses .

La discussion reste ouverte sur le type de masque efficace à utiliser dans la population générale.

Mots-clés

Grippe, Pandémie grippale, Hémagglutinine, Neuraminidase, glissement antigénique, cassure antigénique, Vaccination anti-grippale, gestes barrières, distanciation physique, hygiène des mains, Masques de protection, masque chirurgical, appareil de protection respiratoire, efficacité des masques.

IS MASK WEARING EFFECTIVE TO PREVENT INFLUENZA VIRUS TRANSMISSION?

ABSTRACT

Introduction

Influenza, an acute viral respiratory infection, is a frequent , very contagious disease and a major world public health problem with a considerable economic social health cost as its history shows through the centuries in particular during Spanish Flu from 1918 to 1920 which would have caused 50 to 100 million deaths in the world.

Vaccination and antivirals are effective weapons against the Flu but they must be accompanied by respect for barrier gestures which include Hand Hygiene, Physical Distancing and **Mask Wearing**.

Is Mask Wearing effective to prevent Influenza virus transmission?

Method

History of Influenza virus and Mask wearing, Bibliographic synthesis of effectiveness of Fabric masks, Surgical masks and Respiratory Protection Devices (Filtering Face piece Particles or FFP). Selected studies about effectiveness of the masks have been executed before and during current Covid 19 pandemic, where Mask wearing is mandatory indoors in the most countries in the world but also outdoors in certain countries .

Results and conclusion

Effectiveness of Mask wearing in care settings and laboratories is recognized for many years because masks are part of Individual Protection Equipment (IPE) unavoidable in Hygiene Standard Precautions and Additional Precautions.

On the other hand, available studies on Mask wearing impact in the community during Flu pandemic or epidemic are still few and difficult to set up but we must promote the precautionary principle and recommend Mask wearing in the community in order to limit the influenza virus transmission by contagious infected people.

The discussion remains open for the effective type of mask to wear in the community.

Keywords

Influenza , Flu pandemic, Hemagglutinin, Neuraminidase, antigenic drift, antigenic shift, Flu vaccination, barrier gestures, Physical Distancing, Hand Hygiene, Protective face mask, Surgical mask, Respiratory protection devices (FFP).

UNIVERSITE DE TOURS
FACULTE DE MEDECINE DE TOURS

DOYEN

Pr Patrice DIOT

VICE-DOYEN

Pr Henri MARRET

ASSESEURS

Pr Denis ANGOULVANT, *Pédagogie*

Pr Mathias BUCHLER, *Relations internationales*

Pr Theodora BEJAN-ANGOULVANT, *Moyens – relations avec l'Université*

Pr Clarisse DIBAO-DINA, *Médecine générale*

Pr François MAILLOT, *Formation Médicale Continue*

Pr Patrick VOURC'H, *Recherche*

RESPONSABLE ADMINISTRATIVE

Mme Fanny BOBLETER

DOYENS HONORAIRES

Pr Emile ARON (†) – 1962-1966

Directeur de l'Ecole de Médecine - 1947-1962

Pr Georges DESBUQUOIS (†) - 1966-1972

Pr André GOUAZE (†) - 1972-1994

Pr Jean-Claude ROLLAND – 1994-2004

Pr Dominique PERROTIN – 2004-2014

PROFESSEURS EMERITES

Pr Daniel ALISON

Pr Gilles BODY

Pr Jacques CHANDENIER

Pr Philippe COLOMBAT

Pr Etienne DANQUECHIN-DORVAL

Pr Pascal DUMONT

Pr Dominique GOGA

Pr Gérard LORETTE

Pr Dominique PERROTIN

Pr Roland QUENTIN

PROFESSEURS HONORAIRES

P. ANTHONIOZ – P. ARBEILLE – A. AUDURIER – A. AUTRET – P. BAGROS – P. BARDOS – C. BARTHELEMY – J.L. BAULIEU – C. BERGER – JC. BESNARD – P. BEUTTER – C. BONNARD – P. BONNET – P. BOUGNOUX – P. BURDIN – L. CASTELLANI – A. CHANTEPIE – B. CHARBONNIER – P. CHOUTET – T. CONSTANS – P. COSNAY – C. COUET – L. DE LA LANDE DE CALAN – J.P. FAUCHIER – F. FETISSOF – J. FUSCIARDI – P. GAILLARD – G. GINIES – A. GOUDEAU – J.L. GUILMOT – O. HAILLOT – N. HUTEN – M. JAN – J.P. LAMAGNERE – F. LAMISSE – Y. LANSON – O. LE FLOCH – Y. LEBRANCHU – E. LECA – P. LECOMTE – AM. LEHR-DRYLEWICZ – E. LEMARIE – G. LEROY – M. MARCHAND – C. MAURAGE – C. MERCIER – J. MOLINE – C. MORAIN – J.P. MUH – J. MURAT – H. NIVET – L. POURCELOT – P. RAYNAUD – D. RICHARD-LENOBLE – A. ROBIER – J.C. ROLLAND – D. ROYERE – A. SAINDELLE – E. SALIBA – J.J. SANTINI – D. SAUVAGE – D. SIRINELLI – J. WEILL

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

ANDRES Christian.....	Biochimie et biologie moléculaire
ANGOULVANT Denis	Cardiologie
APETOH Lionel.....	Immunologie
AUPART Michel.....	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
BABUTY Dominique	Cardiologie
BAKHOS David.....	Oto-rhino-laryngologie
BALLON Nicolas.....	Psychiatrie ; addictologie
BARILLOT Isabelle.....	Cancérologie ; radiothérapie
BARON Christophe	Immunologie
BEJAN-ANGOULVANT Théodora	Pharmacologie clinique
BERHOUEZ Julien	Chirurgie orthopédique et traumatologique
BERNARD Anne	Cardiologie
BERNARD Louis	Maladies infectieuses et maladies tropicales
BLANCHARD-LAUMONNIER Emmanuelle	Biologie cellulaire
BLASCO Hélène.....	Biochimie et biologie moléculaire
BONNET-BRILHAULT Frédérique	Physiologie
BOURGUIGNON Thierry	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
BRILHAULT Jean.....	Chirurgie orthopédique et traumatologique
BRUNEREAU Laurent.....	Radiologie et imagerie médicale
BRUYERE Franck.....	Urologie
BUCHLER Matthias.....	Néphrologie
CALAIS Gilles.....	Cancérologie, radiothérapie
CAMUS Vincent.....	Psychiatrie d'adultes
CORCIA Philippe.....	Neurologie
COTTIER Jean-Philippe	Radiologie et imagerie médicale
DEQUIN Pierre-François.....	Thérapeutique
DESOUBEAUX Guillaume.....	Parasitologie et mycologie
DESTRIEUX Christophe	Anatomie
DIOT Patrice.....	Pneumologie
DU BOUEXIC de PINIEUX Gonzague	Anatomie & cytologie pathologiques
DUCLUZEAU Pierre-Henri.....	Endocrinologie, diabétologie, et nutrition
EL HAGE Wissam.....	Psychiatrie adultes
EHRMANN Stephan	Médecine intensive – réanimation
FAUCHIER Laurent.....	Cardiologie
FAVARD Luc.....	Chirurgie orthopédique et traumatologique
FOUGERE Bertrand	Gériatrie
FOUQUET Bernard.....	Médecine physique et de réadaptation
FRANCOIS Patrick.....	Neurochirurgie
FROMONT-HANKARD Gaëlle	Anatomie & cytologie pathologiques
GATAULT Philippe.....	Néphrologie
GAUDY-GRAFFIN Catherine.....	Bactériologie-virologie, hygiène hospitalière
GOUPILLE Philippe	Rhumatologie
GRUEL Yves.....	Hématologie, transfusion
GUERIF Fabrice.....	Biologie et médecine du développement et de la reproduction
GUILLON Antoine.....	Médecine intensive – réanimation
GUYETANT Serge	Anatomie et cytologie pathologiques
GYAN Emmanuel.....	Hématologie, transfusion
HALIMI Jean-Michel.....	Thérapeutique
HANKARD Régis.....	Pédiatrie
HERAULT Olivier	Hématologie, transfusion
HERBRETEAU Denis	Radiologie et imagerie médicale
HOURIOUX Christophe.....	Biologie cellulaire
IVANES Fabrice	Physiologie
LABARTHE François	Pédiatrie
LAFFON Marc	Anesthésiologie et réanimation chirurgicale, médecine d'urgence
LARDY Hubert.....	Chirurgie infantile
LARIBI Saïd.....	Médecine d'urgence
LARTIGUE Marie-Frédérique	Bactériologie-virologie
LAURE Boris.....	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
LECOMTE Thierry.....	Gastroentérologie, hépatologie
LESCANNE Emmanuel.....	Oto-rhino-laryngologie
LINASSIER Claude	Cancérologie, radiothérapie
MACHET Laurent.....	Dermato-vénéréologie
MAILLOT François	Médecine interne
MARCHAND-ADAM Sylvain	Pneumologie

MARRET Henri	Gynécologie-obstétrique
MARUANI Annabel	Dermatologie-vénéréologie
MEREGHETTI Laurent	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
MITANCHEZ Delphine	Pédiatrie
MORINIERE Sylvain	Oto-rhino-laryngologie
MOUSSATA Driffa	Gastro-entérologie
MULLEMAN Denis	Rhumatologie
ODENT Thierry	Chirurgie infantile
OUAISSI Mehdi	Chirurgie digestive
OULDAMER Lobna	Gynécologie-obstétrique
PAINTAUD Gilles	Pharmacologie fondamentale, pharmacologie clinique
PATAT Frédéric	Biophysique et médecine nucléaire
PERROTIN Franck	Gynécologie-obstétrique
PISELLA Pierre-Jean	Ophthalmologie
PLANTIER Laurent	Physiologie
REMERAND Francis	Anesthésiologie et réanimation, médecine d'urgence
ROINGEARD Philippe	Biologie cellulaire
ROSSET Philippe	Chirurgie orthopédique et traumatologique
RUSCH Emmanuel	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
SAINT-MARTIN Pauline	Médecine légale et droit de la santé
SALAME Ephrem	Chirurgie digestive
SAMIMI Mahtab	Dermatologie-vénéréologie
SANTIAGO-RIBEIRO Maria	Biophysique et médecine nucléaire
THOMAS-CASTELNAU Pierre	Pédiatrie
TOUTAIN Annick	Génétique
VAILLANT Loïc	Dermato-vénéréologie
VELUT Stéphane	Anatomie
VOURC'H Patrick	Biochimie et biologie moléculaire
WATIER Hervé	Immunologie
ZEMMOURA Ilyess	Neurochirurgie

PROFESSEUR DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE

DIBAO-DINA Clarisse
LEBEAU Jean-Pierre

PROFESSEURS ASSOCIES

MALLET Donatien
 Soins palliatifs || POTIER Alain | Médecine Générale |
| ROBERT Jean | Médecine Générale |

PROFESSEUR CERTIFIE DU 2ND DEGRE

MC CARTHY Catherine
 Anglais |

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

AUDEMARD-VERGER Alexandra	Médecine interne
BARBIER Louise	Chirurgie digestive
BINET Aurélien	Chirurgie infantile
BISSON Arnaud	Cardiologie (CHRO)
BRUNAUT Paul	Psychiatrie d'adultes, addictologie
CAILLE Agnès	Biostat., informatique médical et technologies de communication
CARVAJAL-ALLEGRIA Guillermo	Rhumatologie (au 01/10/2021)
CLEMENTY Nicolas	Cardiologie
DENIS Frédéric	Odontologie
DOMELIER Anne-Sophie	Bactériologie-virologie, hygiène hospitalière
DUFOUR Diane	Biophysique et médecine nucléaire
ELKRIEF Laure	Hépatologie – gastroentérologie
FAVRAIS Géraldine	Pédiatrie
FOUQUET-BERGEMER Anne-Marie	Anatomie et cytologie pathologiques
GOUILLEUX Valérie	Immunologie
GUILLON-GRAMMATICO Leslie	Epidémiologie, économie de la santé et prévention

HOARAU Cyrille.....	Immunologie
LE GUELLEC Chantal.....	Pharmacologie fondamentale, pharmacologie clinique
LEFORT Bruno.....	Pédiatrie
LEGRAS Antoine.....	Chirurgie thoracique
LEMAIGNEN Adrien.....	Maladies infectieuses
MACHET Marie-Christine.....	Anatomie et cytologie pathologiques
MOREL Baptiste.....	Radiologie pédiatrique
PARE Arnaud.....	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
PIVER Éric.....	Biochimie et biologie moléculaire
REROLLE Camille.....	Médecine légale
ROUMY Jérôme.....	Biophysique et médecine nucléaire
SAUTENET Bénédicte.....	Thérapeutique
STANDLEY-MIQUELESTORENA Elodie.....	Anatomie et cytologie pathologiques
STEFIC Karl.....	Bactériologie
TERNANT David.....	Pharmacologie fondamentale, pharmacologie clinique
VUILLAUME-WINTER Marie-Laure.....	Génétique

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

AGUILLON-HERNANDEZ Nadia.....	Neurosciences
NICOGLLOU Antonine.....	Philosophie – histoire des sciences et des techniques
PATIENT Romuald.....	Biologie cellulaire
RENOUX-JACQUET Cécile.....	Médecine Générale

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES

BARBEAU Ludivine.....	Médecine Générale
ETTORI-AJASSE Isabelle.....	Médecine Générale
PAUTRAT Maxime.....	Médecine Générale
RUIZ Christophe.....	Médecine Générale
SAMKO Boris.....	Médecine Générale

CHERCHEURS INSERM - CNRS - INRAE

BECKER Jérôme.....	Chargé de Recherche Inserm – UMR Inserm 1253
BOUAKAZ Ayache.....	Directeur de Recherche Inserm – UMR Inserm 1253
BRIARD Benoit.....	Chargé de Recherche Inserm – UMR Inserm 1100
CHALON Sylvie.....	Directeur de Recherche Inserm – UMR Inserm 1253
DE ROCQUIGNY Hugues.....	Chargé de Recherche Inserm – UMR Inserm 1259
ESCOFFRE Jean-Michel.....	Chargé de Recherche Inserm – UMR Inserm 1253
GILOT Philippe.....	Chargé de Recherche Inrae – UMR Inrae 1282
GOUILLEUX Fabrice.....	Directeur de Recherche CNRS – EA 7501 - ERL CNRS 7001
GOMOT Marie.....	Chargée de Recherche Inserm – UMR Inserm 1253
HEUZE-VOURCH Nathalie.....	Directrice de Recherche Inserm – UMR Inserm 1100
KORKMAZ Brice.....	Chargé de Recherche Inserm – UMR Inserm 1100
LATINUS Marianne.....	Chargée de Recherche Inserm – UMR Inserm 1253
LAUMONNIER Frédéric.....	Chargé de Recherche Inserm - UMR Inserm 1253
LE MERREUR Julie.....	Directrice de Recherche CNRS – UMR Inserm 1253
MAMMANO Fabrizio.....	Directeur de Recherche Inserm – UMR Inserm 1259
MEUNIER Jean-Christophe.....	Chargé de Recherche Inserm – UMR Inserm 1259
PAGET Christophe.....	Chargé de Recherche Inserm – UMR Inserm 1100
RAOUL William.....	Chargé de Recherche Inserm – UMR CNRS 1069
SI TAHAR Mustapha.....	Directeur de Recherche Inserm – UMR Inserm 1100
SUREAU Camille.....	Directrice de Recherche émérite CNRS – UMR Inserm 1259
WARDAK Claire.....	Chargée de Recherche Inserm – UMR Inserm 1253

CHARGES D'ENSEIGNEMENT

Pour l'Ecole d'Orthophonie

DELORE Claire.....	Orthophoniste
GOUIN Jean-Marie.....	Praticien Hospitalier

Pour l'Ecole d'Orthoptie

BOULNOIS Sandrine.....	Orthoptiste
SALAME Najwa.....	Orthoptiste

Pour l'Ethique Médicale

BIRMELE Béatrice.....	Praticien Hospitalier
-----------------------	-----------------------

SERMENT D'HIPPOCRATE

En présence des Maîtres de cette Faculté,
de mes chers condisciples
et selon la tradition d'Hippocrate,
je promets et je jure d'être fidèle aux lois de
l'honneur et de la probité dans l'exercice de la
Médecine.

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

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

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

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis
fidèle à mes promesses.

Que je sois couvert d'opprobre
et méprisé de mes confrères
si j'y manque.

REMERCIEMENTS

Aux membres du jury

Je remercie Monsieur **le Professeur Laurent MEREGHETTI** de me faire l'honneur de présider ce jury de thèse . Je vous exprime mon profond respect et ma gratitude.

Je remercie Madame **la Professeure Catherine GAUDY- GRAFFIN** de l'intérêt porté à ce travail et d'avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse . Soyez assurée de ma sincère reconnaissance.

Je remercie Madame **la Professeure Clarisse DIBAO-DINA** d'avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse et d'évaluer mon travail. Je vous en suis très reconnaissant.

Je remercie ma directrice de thèse , **la Docteure Alexandra BADEY- MEURISSE** d'avoir eu la gentillesse d'accepter de diriger cette thèse . Merci pour votre disponibilité ,votre patience ,votre soutien et vos conseils.

A ma famille

Merci à maman et papa pour votre amour infini et votre soutien indéfectible durant toutes ces longues années d'études.

A tous mes amis

Merci à vous tous pour votre bonne humeur contagieuse, vos bons conseils et votre joie de vivre qui m'ont soutenu pendant toutes ces années.

TABLE DES MATIERES

PAGES LIMINAIRES.....	2
TABLE DES MATIERES.....	10
ABREVIATIONS	14
INTRODUCTION.....	16
OBJECTIFS	17
METHODOLOGIE.....	18

PREMIERE PARTIE: GENERALITES SUR LA GRIPPE19

<u>I- RAPPELS SUR LES VIRUS DE LA GRIPPE.....</u>	19
A- Structure de la particule virale.....	20
B- Classification et nomenclature	21
C- Origine de la variabilité des virus grippaux: glissement et réassortiment.....	22
D- Diagnostic clinique	24
E- Diagnostic virologique.....	25

II- HISTORIQUE: LES PANDEMIES DE GRIPPE AU XXEME ET XXIEME SIECLES.....27

A- La Grippe espagnole de 1918 à 1920.....	27
B- La Grippe asiatique de 1957 à 1958.....	29
C- La Grippe de Hong Kong de 1968 à 1970.....	30
D- La Grippe russe de 1977 à 1978.....	31
E- La pandémie redoutée mais manquée de grippe aviaire due au H5N1.....	31
F- La grippe porcine de 2009 à 2010.....	32

<u>III- SURVEILLANCE DE LA GRIPPE</u>	34
A- Surveillance au niveau mondial	34
B- Surveillance au niveau européen	34
C- Surveillance en France	35
<u>IV- MESURES GENERALES DE PREVENTION CONTRE LA GRIPPE</u>	36
A- Vaccination antigrippale	36
1. Découverte du vaccin contre la grippe.....	36
2. Composition et nature des vaccins anti-grippaux	37
3. Différents types de vaccins	38
4. Recommandations vaccinales	38
B- Traitement préventif antiviral	40
1. Les inhibiteurs de la neuraminidase virale : Oseltamivir et Zanamivir	40
2. Traitement préventif en post-exposition	41
C- Les mesures d'hygiène	41
<u>1. En milieu communautaire</u>	41
1.1. Hygiène des mains	42
1.2. Port de masque.....	44
1.3. Autres gestes.....	45
<u>2. En milieu de soins</u>	46
2.1. Précautions Standard actualisées	46
2.2. Précautions complémentaires de type gouttelettes.....	47
2.3. Mesures de distanciation sociale.....	47

**DEUXIEME PARTIE: LE PORT DU MASQUE FACIAL DANS
LA PREVENTION CONTRE LA GRIPPE48**

I- LE MASQUE A TRAVERS L'HISTOIRE 48

II- LES DIFFERENTS TYPES DE MASQUES DE PROTECTION..... 52

A- Masques dits « Grand Public » 52

B- Masques de type chirurgical55

1. Définition et Utilisation55

2. Description et caractéristiques des masques chirurgicaux 56

3. Précautions et mode d'emploi57

4. Durée d'utilisation- Péréemption- Réutilisation.....59

5. Inconvénients60

C- Masques ou Appareils de Protection Respiratoire FFP61

1. Définition- Utilisation61

2. Description et caractéristiques des masques FFP..... 63

3. Précautions et mode d'emploi.....65

4. Durée d'utilisation- Péréemption- Réutilisation65

5. Inconvénients et effets indésirables..... 67

III- EFFICACITE DES MASQUES DE PROTECTION CONTRE LA GRIPPE

A- Efficacité des masques dits « grand public » ou « faits maison ».....69

B- Efficacité des masques chirurgicaux..... 73

C- Efficacité des masques FFP..... 79

IV- DISCUSSION.....84

A- Sur les limites de notre étude..... 84

B- Sur l'efficacité et l'utilité des masques..... 85

C- Sur la différence de perception du masque en Orient et en Occident..... 93

D- Sur le port de masque obligatoire chez les enfants
dès l'âge de 6 ans104

E- Sur la pollution par les masques: solutions de recyclage - autres alternatives
..... 106

F- Sur les leçons à tirer de la pandémie de Covid-19 pour les futures épidémies
et pandémies de grippe..... 113

CONCLUSION 124

BIBLIOGRAPHIE.....126

ANNEXES..... 142

Tableau 1: Efficacité des masques en tissu143

Tableau 2: Efficacité des masques chirurgicaux.....144

Tableau 3 : Efficacité des masques FFP145

Tableau 4 : Comparaison Grippe et Covid-19146

FIGURES 21 figures

ABREVIATIONS

ADN	Acide DésoxyRibonucléique
AFNOR	Association Française de Normalisation (créée en 1929)
APR	Appareil de Protection Respiratoire
ANSM	Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des Produits de Santé
ANSES	Agence Nationale de Sécurité sanitaire, de l'alimentation , de l'Environnement et du Travail
ARN	Acide Ribonucléique
BPCO	Broncho-pneumopathie Chronique Obstructive
CDC	Centers for Diseases Prevention and Control (USA)
CEA	Commissariat à l'Energie Atomique
CHI	Centre Hospitalier Intercommunal
CMG	Centres mondiaux de la Grippe (Global Influenza Centers)
CNR	Centre National de Référence
CNRS	Centre National de Recherche Scientifique
DGA	Direction Générale de l'Armement
DGS	Direction Générale de la Santé
ECDC	European Center for Diseases Prevention and Control
ECR	Essai Contrôlé Randomisé (ou RCT Randomized Controlled Trial)
EHPAD	Etablissement d'Hébergement pour Personnes Agées Dépendantes
EPI	Equipement de Protection Individuelle
FFP	Filtering Facepiece Particle (Pièce Faciale Filtrante contre les Particules)
GEIG	Groupe d'Expertise et d'Information sur la Grippe
HAS	Haute Autorité de Santé
HCSP	Haut Conseil de Santé Publique
INRS	Institut National de Recherche Scientifique
INSERM	Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale
IPBES	Intergovernmental science-policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services

MDCK	Madin-Darby Canine Kidney (cellules épithéliales d'un chien Cocker Spaniel isolées par Madin et Darby en 1958)
MEDLINE	Medical literature Analysis and retrieval System On line (base de données bibliographiques , gérée par la Bibliothèque Nationale médicale américaine)
MERS	Middle East Respiratory Syndrome (détecté en 2015 au Moyen Orient)
OMS	Organisation mondiale de la Santé (World Health Organization- WHO)
PNAS	Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States (Comptes-Rendus de l'Académie Nationale des Sciences des Etats-Unis)
PC	Précautions Complémentaires d'Hygiène
PS	Précautions Standard d'Hygiène`
RT-PCR	Reverse Transcriptase- Polymerase Chain Reaction
SHA	Solution Hydro-Alcoolique
SDRA	Syndrome de Détresse Respiratoire Aigu
SpF	Santé Publique France
SRAS	Syndrome Respiratoire aigu Sévère
UFC	Union Fédérale des Consommateurs
UNS	Usage Non Sanitaire (UNS1 et UNS2 pour les masques barrières en tissu)
UVGI	Ultraviolet Germicidal Irradiation (Irradiation Germicide Ultraviolette)

INTRODUCTION

La grippe (ou influenza) est une infection virale respiratoire aiguë fréquente et très contagieuse, qui sévit sur un mode épidémique, saisonnier essentiellement de novembre à avril dans les pays tempérés ,et permanent dans les pays tropicaux. Elle touche les oiseaux et certains mammifères dont l'Homme , le porc et le furet.

Souvent banalisée comme synonyme de rhume ou de « coup de froid » , la grippe est une maladie sérieuse et un problème majeur de santé publique à l'échelle planétaire (1).

Elle est responsable dans le monde d'une morbi-mortalité élevée avec environ 5 millions de cas de maladies graves et de 290 000 à 650 000 décès par an (2) , essentiellement des personnes à risque - les jeunes enfants, les femmes enceintes, les personnes âgées de plus de 65 ans et celles souffrant d'affections chroniques (3) .En France, la grippe touche 2 à 8 millions de personnes par an et provoque environ 10 000 décès en moyenne chaque hiver , plus de 90% de décès surviennent chez les personnes âgées de 65 ans ou plus(4).

Le coût sanitaire et social annuel de la grippe est considérable , évalué à plusieurs milliards de dollars aux Etats-Unis et entre 230 et 840 millions d'euros en France pour une épidémie annuelle moyenne (5).

La transmission inter-humaine de la grippe est essentiellement respiratoire à travers des gouttelettes riches en virus provenant de la toux et des éternuements des sujets infectés .Le diagnostic de la grippe en période d'épidémie est simple et une grippe non compliquée nécessite seulement un traitement symptomatique .

La prévention de la grippe repose sur une vaccination annuelle , proposée dans la plupart des pays industrialisés aux personnes à risque (6) et sur l'application des mesures barrières et de distanciation physique (7) qui ne sont globalement pas respectées de nos jours dans la population .

Dans le contexte actuel de la crise sanitaire provoquée par la pandémie due au SARS-COV-2 , un Coronavirus inconnu du public mais respiratoire comme le virus grippal, le port obligatoire du masque a été imposé à toute la population dans tous les secteurs d'activité de la plupart des pays, particulièrement dans les lieux publics et les espaces clos tels les cabinets médicaux de ville.

Des études observationnelles ont fait remarquer que dans les pays (surtout asiatiques) où le port du masque généralisé est bien respecté avec les autres gestes barrières, la pandémie de la Covid-19 progresse moins vite et cause moins de décès.

Pourrait-on, dans une épidémie saisonnière de grippe (surtout celle où il n'y a pas d'adéquation entre les virus vaccinaux et les virus circulants) ou dans une pandémie grippale , pratiquer la même politique pour limiter la transmission du virus grippal?

OBJECTIFS

L'objectif principal de cette étude est de montrer que le **port du masque** doit être intégré par tout un chacun comme une **geste barrière essentiel** qui permet , avec l'hygiène des mains , la distanciation physique , et la vaccination de contrer la propagation des virus respiratoires tels les virus grippaux ou le Coronavirus et ainsi de pouvoir se protéger soi-même et dans le même temps protéger les autres.

L'objectif secondaire de notre tâche est d'essayer de faire évoluer les mentalités par rapport au port du masque: alors qu'en Asie, depuis les années 1960 , 1970, le port du masque est devenu un geste réflexe du quotidien pour se protéger contre la pollution, les allergies, les bactéries, les virus , en Occident on en est encore à refuser de porter un masque ou à faire des manifestations anti-masque en pleine pandémie de Coronavirus...

Actuellement, Il est établi que la transmission des virus grippaux se fait , comme pour les Coronavirus, par des gouttelettes respiratoires , mais aussi par aérosols et par contact via les surfaces contaminées ou directement de personne à personne . Il faudrait éviter au maximum les contacts directs , les accolades, les embrassades, les serremments de main en pleine épidémie saisonnière de grippe ou pendant une pandémie grippale comme actuellement pendant la pandémie de la Covid-19.

Dans une première partie, nous ferons un rappel sur la grippe: le virus grippal, sa structure, les pandémies du XXème et XXIème siècles , et les mesures de prévention contre la grippe.

Dans une deuxième partie, nous aborderons les masques: son histoire depuis l'Antiquité, les différents types de masques, leur composition, leur utilisation comme moyen de protection , leur réutilisation possible , leur efficacité dans la prévention contre les infections respiratoires .

La discussion de notre travail vise à tirer les leçons de la pandémie actuelle de Coronavirus en termes de gestes barrières pour mieux nous préparer à une éventuelle potentielle pandémie de grippe (par exemple la menace de la pandémie de grippe aviaire due au virus H5N1 existe toujours depuis 2003).

Nous discuterons du problème du recyclage des masques « jetables » qui est à nos yeux très important sur le plan économique et écologique en espérant que les recherches scientifiques avancent rapidement pour permettre leur réutilisation en toute sécurité avec une efficacité maximale.

Nous aborderons également les problèmes de la déforestation, de la surexploitation des ressources , de l'activité industrielle humaine et de l'élevage intensif qui sont les principaux facteurs des potentiels dérèglements à venir parmi lesquels les pandémies virales qui pourraient se multiplier dans les années à venir et causer encore plus de décès.

METHODOLOGIE

Pour la réalisation de ce travail, nous avons fait appel à différentes sources car notre étude nécessite des informations à la fois historiques et scientifiques.

Nous avons consulté plusieurs moteurs de recherche en premier *Google* avec des - mots-clés en français tels que: « *grippe* », « *pandémie grippale* », « *Historique de la grippe* », « *Grippe asiatique de 1957* », « *masque de protection* » « *grippe espagnole* », « *vaccination anti-grippale* » - mais aussi en anglais tels que : « *flu* », « *Spanish flu* », « *hemagglutinine gene* », « *neuraminidase gene* », « *antigenic drift* », « *antigenic swift* », « *surgical masks* », « *N95 masks* », « *efficacy of masks* ».

D'autres mots-clés font référence à des auteurs ayant écrit sur la grippe comme « *Patrick Berche* », « *Claude Hannoun* », « *René Dujarric de la Rivière* », « *Jonas Salk* », « *John Hulton* », « *Taubenberger* », « *Richard Shope* ».

Les banques de données *PubMed* , *Google Scholar* , *Europe PMC*, *NIH* (National Institute of Health) ,*NCBI* (National Center of Biotechnology Information) , *Cochrane Library*, *Cambridge University Press*, *Science citation Index*, *Embase*, *Researchgate*, *Wiley Online Library* , nous ont permis d'accéder à de nombreuses études sur les pandémies de grippe, sur la structure et les mutations des virus grippaux, les traitements antiviraux , la vaccination anti-grippale et les mesures d'hygiène telles que le port de masque.

Pour l'efficacité des masques , les sites officiels de structure faisant autorité tels que le *CDC*, *l'ECDC*, *l'INRS* , la *SF2H* , *l'AFNOR*, la *HAS*, *l'ANSES* , le *GERES*, les *Instituts Pasteur de Paris et de Lille* , *l'Agence Publique de Santé du Canada* (*APSC*) nous ont permis d'accéder à de nombreuses publications très intéressantes.

Certains ouvrages d'auteurs nous ont aidé dans nos recherches comme:

- « *Faut-il encore avoir peur de la grippe?* » de Patrick Berche
- « *Traité de virologie médicale* » de Jean-Marie Huraux
- « *La grippe , ennemie intime* » de Claude Hannoun

Les nombreuses recommandations et avis de Santé Publique France, de l'OMS (WHO) , du Ministère des Solidarités et de la Santé, de l'Institut Pasteur de Paris du Groupe d'Expertise et d'Information sur la Grippe (GEIG) , du Haut Conseil de Santé Publique (HCSP) nous ont également permis de mieux comprendre les enjeux de la grippe, maladie encore sous-estimée et méconnue du public.

PREMIERE PARTIE: GENERALITES SUR LA GRIPPE

Pendant longtemps , au moins jusqu'en 1919, on pensait à tort que le bacille de Pfeiffer, *Bacillus influenzae*, coccobacille à Gram négatif, découvert en 1892 par l'allemand Richard Pfeiffer (1848-1945) lors de la pandémie de grippe de 1888-1892 renommé *Haemophilus influenzae*, était la cause de la grippe.

Mais en 1931, Richard Shope découvre aux Etats-Unis le virus de la grippe porcine et démontre la relation entre les gripes porcines et humaines (8).

Cette découverte est bientôt suivie en 1933 par l'isolement du virus grippal chez l'Homme par un groupe de recherche au Royaume Uni dirigé par Patrick Laidlaw au NIMR (National Institute for Medical Research) qui réussit à transmettre le virus grippal aux furets via les filtrats des exsudats de gorge de patients grippés(9).

I- RAPPELS SUR LES VIRUS DE LA GRIPPE

Les virus grippaux ou *Myxovirus influenzae* sont des virus à ARN qui font partie de la famille des *Orthomyxoviridae* .

Ils se répartissent en 4 types : A, B, C, D, selon les propriétés antigéniques de leurs nucléoprotéines(NP).

Les virus de type A , les plus fréquents et les plus virulents , sont caractérisés et différenciés en sous-types sur la base de leurs antigènes de surface (10) :

- **L'hémagglutinine** (H1 à H18)
- **La neuraminidase**(N1 à N11)

Les virus de type A touchent principalement les oiseaux et seule une minorité d'entre eux affecte les mammifères dont l'Homme mais ce sont les plus dangereux car ils sont capables de muter très rapidement causant les épidémies saisonnières et les pandémies grippales (11) .

Les virus B et C sont presque exclusivement humains et très stables.

Les virus de type B (découverts en 1940) n'entraînent que des épidémies localisées surtout dans les petites communautés de personnes âgées , ils appartiennent à la lignée Victoria ou à la lignée Yamagata.

Les virus de type C (découverts en 1947) sont peu dangereux et présentent des symptômes qui s'apparentent à ceux d'un rhume (12) .

Le virus de type D, découvert récemment , touche essentiellement les porcs et le bétail aux Etats-Unis, mais aussi les bovins en France (13).

A- STRUCTURE DE LA PARTICULE VIRALE

La particule virale, observée au microscope électronique en 1943 (14) , mesure de 80 à 120 nanomètres, et est constituée d'une enveloppe bicouche lipidique hérissée de multiples spicules formées par les glycoprotéines de surface.

Les virus A et B ont deux glycoprotéines de surface , l'*Hémagglutinine* (H) et la *Neuraminidase* (N) , les deux principaux facteurs de virulence qui permettent au virus de s'agripper aux cellules de l'épithélium respiratoire puis de s'en échapper.

Dans le cas du virus de type C, il n'y a qu'une sorte de spicule à la surface de la particule virale assurant les fonctions à la fois de l'hémagglutinine et de la neuraminidase.

L'*Hémagglutinine* représente 40% des glycoprotéines de surface , elle permet la fixation du virus sur l'acide sialique terminal des cellules de l'épithélium cilié de l'arbre respiratoire . Elle est très immunogène induisant la production d'anticorps dont certains peuvent être neutralisants .

Elle favorise aussi la fusion des membranes virales et cellulaires au cours de la phase de pénétration du virus.

La *Neuraminidase* est une sialidase qui permet la libération de virions néoformés en lysant les acides sialiques à la surface de la cellule , ce qui détache l'hémagglutinine donc la particule virale (15)

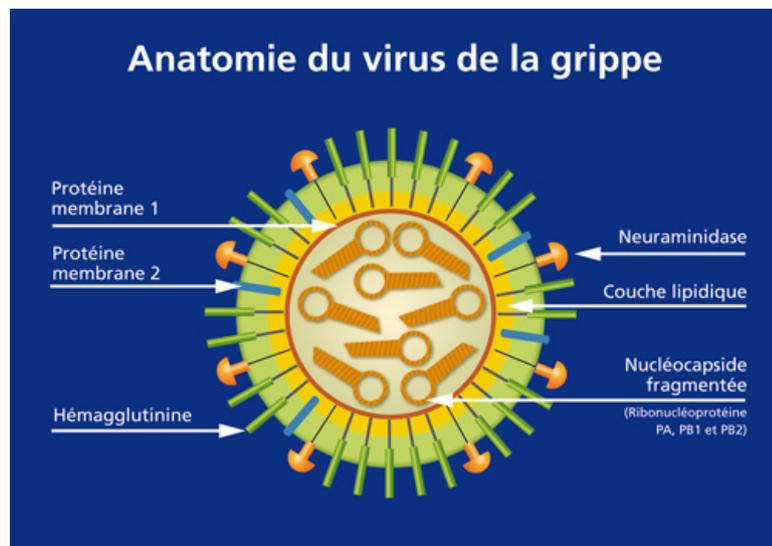


Figure 1- Vue schématique du virus ouvert avec les 8 nucléocapsides de son génome, son hémagglutinine et sa neuraminidase
(GEIG- information grippe)

En plus des glycoprotéines de surface, l'enveloppe virale est constituée de deux autres protéines virales: *la protéine de matrice M1* qui sous-tend l'ensemble de l'enveloppe virale et surtout **la protéine M2** qui joue le rôle de canal ionique pour les virus de type A.

A l'intérieur de la particule virale, le génome viral est formé de molécules d'ARN *simple brin* - ou *monocaténaire* -comprenant 13 500 nucléotides et fragmenté en 8 segments (nucléocapsides) pour les virus A et B et 7 seulement pour le virus C.

Le génome code pour :

- **1 Hémagglutinine,**
- **1 Neuraminidase,**
- **3 ARN polymérases virales** qui permettent la synthèse du virus , dites **PA** (*protéine acide*) **PB1 et PB2** (*protéines basiques 1 et 2*)
- **et 3 protéines de structure M, NP, et NS** constituant l'ossature du virus (16)

La protéine NP (nucléoprotéine) détermine le type viral A , B ou C.

B- CLASSIFICATION ET NOMENCLATURE

La classification des virus grippaux s'applique surtout aux virus de type A dont certains sont hautement pathogènes pour l'Homme , elle s'appuie sur les propriétés antigéniques de l'hémagglutinine (18 sous-types H) et de la neuraminidase (11 sous-types N), ce qui peut donner 198 combinaisons possibles.

Chez l'homme , il existe des virus H1, H2 , H3 et N1 ou N2 responsables de la grippe annuelle.

Tous les sous-types existent dans le monde aviaire avec des virus à pathogénicité très variable pour les oiseaux.

Ces dernières années , un virus hautement pathogène pour l'Homme , le virus H5N1 s'est propagé sous la forme d'une panzootie d'influenza aviaire mais se transmet de manière très rare chez l'Homme , il est alors question de grippe aviaire dont le danger demeure encore aujourd'hui.

La désignation officielle des souches de virus grippal a été définie pour la première fois en 1971, elle renseigne sur l'identité de la souche et la nature des antigènes de surface (hémagglutinine et neuraminidase) en mentionnant l'espèce animale d'origine si ce n'est pas une souche humaine (17)

Pour désigner une souche de virus grippal , il faut indiquer:

- *le type antigénique (A , B ou C)*
- *L'origine animale (si ce n'est pas précisé, le virus a été isolé chez l'homme)*
- *Le lieu d'origine du virus (1er isolement)*
- *Le numéro d'ordre d'isolement du virus*
- *Les deux derniers chiffres de l'année d'isolement du virus*
- *La formule antigénique entre parenthèse avec H pour hémagglutinine et N pour neuraminidase*

Exemples : A/ Canard/ Memphis/ 546/ 74 (H11N9) - A/ California/7/2004(H3N2)

Les sous-types A(H1N1) pdm09 (virus H1 N1 de la pandémie de grippe 2009) et A(H3 N2) circulent actuellement chez l'homme .

C- ORIGINE DE LA VARIABILITE DES VIRUS GRIPPAUX: GLISSEMENT ET REASSORTIMENT

La diversité des virus A de la grippe a pu être dévoilée grâce aux anticorps dirigés contre l'hémagglutinine et la neuraminidase .

Les variations de virulence observées lors des épidémies sont expliquées par les nombreuses mutations spontanées que subit le génome viral , suite aux nombreuses erreurs de recopiage que font les ARN polymérases au cours de la réplication du virus (18).

Les virus grippaux évoluent et mutent selon deux mécanismes :

- **Le glissement ou la dérive antigénique (antigenic drift)**

Sous la pression des anticorps présents dans la population immunisée contre le virus saisonnier , les molécules d'hémagglutinine et/ou de neuraminidase sont légèrement modifiées , aboutissant à une divergence de ces protéines par rapport à celles du virus d'origine .

Les virus mutés acquièrent un avantage sélectif et se propagent facilement dans la population , étant mal reconnus par les anticorps.

Cela explique la perpétuelle évolution des virus lors des épidémies saisonnières. Pour tenir compte des glissements antigéniques , il faut renouveler les souches vaccinales tous les ans , en utilisant le dernier virus isolé l'année précédente.

- **Le réassortiment ou la cassure antigénique (antigenic shift)**

La structure du génome viral en 8 segments portant chacun 1 gène facilite ces réassortiments entre deux virus infectant un même individu ou un animal tel le porc car ils peuvent se multiplier dans les mêmes cellules et donner naissance, au cours du processus d'assemblage, à des *virus réassortis* portant des gènes provenant de chacun des 2 virus (19).

Les virus recombinants acquièrent des propriétés nouvelles et la population est très sensible à ces virus inconnus de l'immunité préexistante.

Cela explique l'origine des grandes pandémies qui surviennent à la suite de ces réassortiments génétiques (ou cassures antigéniques).

A l'heure actuelle, les spécialistes redoutent une recombinaison génétique entre le virus de la grippe aviaire A (H5N1) et un virus humain circulant tel que virus H3N2 qui pourrait donner naissance à un nouveau virus hautement pathogène pour l'Homme (20).

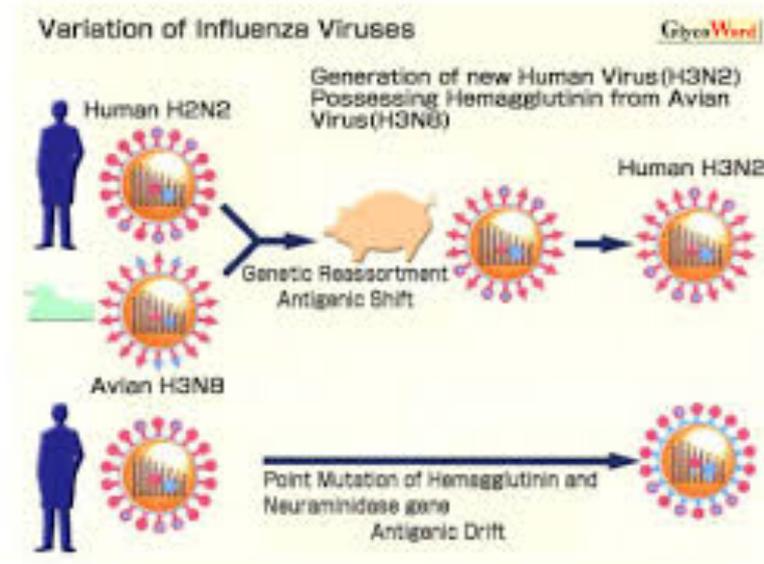


Figure 2: Réassortiment antigénique (antigenic shift) et glissement antigénique (antigenic drift)

D- DIAGNOSTIC CLINIQUE

La période d'incubation est courte (de 1 à 3 jours) après le contage.

La grippe peut se présenter sous différentes formes cliniques:

- **Les formes asymptomatiques ou paucisymptomatiques** qui représentent 10 à 15% des cas (21).
- **Les formes symptomatiques classiques** (22)

Le début est brutal avec des signes généraux tels qu'une fièvre élevée , des céphalées, des myalgies, des arthralgies, une asthénie .

À ce tableau s'ajoutent des signes d'atteinte respiratoire (congestion nasale, rhinorrhée, toux sèche, pharyngite) , de l'odynophagie (douleur lors de la déglutition), de la dysphonie (trouble de la voix).

La fièvre dure 2 à 4 jours , l'évolution est en général favorable sans traitement mais l'asthénie et la toux peuvent persister jusqu'à deux semaines.

Il est courant d'observer un « V » grippal : après l'incubation, il y a une forte fièvre puis une chute de température avant une remontée de la température.

- **Les formes compliquées** (23, 24)

Les risques de complication sont à prendre en compte chez les sujets à risque (sujets définis dans les indications vaccinales)

Les complications possibles des voies aériennes supérieures sont la laryngite aiguë, l'otite moyenne aiguë et la sinusite aiguë.

Les complications des voies aériennes inférieures sont la bronchite aiguë et les pneumopathies.

.La pneumonie bactérienne secondaire se présente sous la forme d'une dégradation clinique du patient avec une récurrence fébrile, une toux productive , des expectorations purulentes , une dyspnée , une douleur thoracique.

Le bilan biologique montre un syndrome inflammatoire et la radiographie du thorax une opacité pulmonaire.

Les germes responsables retrouvés sont Staphylococcus aureus, Streptococcus pneumoniae, Streptocoques pyogènes ou Haemophilus influenzae.

On a pu également mettre en évidence chez les personnes âgées fragiles hospitalisées ou en institution des bacilles négatifs genre Entérobactéries ou des bactéries anaérobies.

.La pneumonie virale liée au virus de la grippe, appelée *grippe maligne* est rare et de mauvais pronostic . Il s'agit d'une pneumopathie alvéolo-interstitielle hypoxémiant rapidement évolutive vers un syndrome de détresse respiratoire aigu (SDRA) en raison d'un oedème pulmonaire aigu. Elle peut être suivie d'une défaillance multiviscérale.

Les complications extra-respiratoires peuvent être cardiaques (myocardites, péricardites) hépatiques, digestives, neurologiques (méningo-encéphalite, syndrome de Reye - encéphalopathie et dégénérescence graisseuse du foie-en cas de prise d'aspirine ou de salicylés au long cours) ou musculaires (myosite touchant surtout les enfants)

E- DIAGNOSTIC VIROLOGIQUE

Les diagnostics différentiels de la grippe sont nombreux car le tableau clinique du syndrome grippal peut être induit par d'autres agents que le virus grippal:

- infections virales à tropisme respiratoire, mimant les symptômes de la grippe: le *virus syncytial respiratoire (VRS) , l'Adénovirus, le Rhinovirus, le Coronavirus, le Métapneumovirus, le virus parainfluenza.*
- Infections respiratoires bactériennes à *Mycoplasma pneumoniae, Haemophilus influenzae, Bordetella pertussis , Legionella pneumophila, Streptococcus pneumoniae .*

Le diagnostic de certitude se fait par l'analyse des prélèvements réalisés au niveau des voies aériennes supérieures par écouvillonnage nasopharyngé, lavage nasal ou lavage nasopharyngé, aspiration nasopharyngée , ou encore sur le liquide de lavage broncho-alvéolaire chez l'adulte.

Les méthodes diagnostiques sont les suivantes (25, 26, 27):

1-La RT-PCR (Reverse Transcriptase- Polymerase Chain Reaction)

De par sa sensibilité et sa spécificité élevées , la **RT- PCR** est la méthode de référence pour le diagnostic de la grippe.

C'est une technique de biologie moléculaire qui permet de réaliser l'extraction de l'ARN viral du prélèvement, la rétro-transcription de l'ARN viral en ADNc (complémentaire) grâce à la Reverse Transcriptase , puis la réaction en chaîne par polymérase de cet ADNc.

Le prélèvement nasopharyngé reste la méthode de référence dans la plupart des indications (il faut que le préleveur soit bien formé) mais le prélèvement salivaire est une alternative utile quand le prélèvement nasopharyngé s'avère difficile voire dangereux (chez les jeunes enfants, les personnes âgées, les déficients mentaux).

Les techniques RT-PCR en point final et RT-PCR quantitative permettent un diagnostic fiable et peuvent être complétées par un séquençage du génome viral dans un but épidémiologique , c'est ce qui est réalisé dans les Centres Nationaux de Référence de la grippe en France.

L'inconvénient de ce test est son coût (environ 50 € avec le prélèvement) et le délai de plusieurs heures voire plusieurs jours pour un rendu de résultat par un laboratoire de biologie spécialisé.

2- Les techniques immunologiques rapides (immuno-fluorescence indirecte ou tests immuno-électrophorétiques)

Elles détectent les antigènes viraux grâce aux anticorps monoclonaux.

Ce sont des techniques de détection rapide(résultat en 30 minutes) , moins coûteuses que la RT-PCR (environ 30 euros avec le prélèvement naso-pharyngé) et qui permettent de déterminer le type de grippe mais leur sensibilité est parfois limitée.

La performance de ces tests dépend de l'expertise du laboratoire et de la qualité de l'échantillon prélevé. Un résultat négatif doit être confirmé par une RT-PCR.

3-Les tests rapides d'orientation diagnostique de la grippe ou TROD

Ils détectent les nucléoprotéines des virus grippaux par *immuno-chromatographie* grâce aux anticorps fixés sur des bandelettes donc permettent de rechercher les virus grippaux circulants.

Ils peuvent donner des résultats très rapidement (environ 15 minutes) mais ont tendance à donner des *faux négatifs*.

Ils sont cependant fortement utilisés comme tests présomptifs afin d'orienter rapidement le traitement.

Les résultats négatifs sont toujours confirmés par des méthodes plus sensibles et spécifiques telles que la PCR.

4- L'isolement du virus sur culture cellulaire (cellules de rein de chien MDKC)

Cette technique est très sensible, spécifique, mais assez coûteuse et permet d'effectuer un typage et un sous- typage du virus grippal .

Elle est cependant exceptionnellement nécessaire car sa pratique est difficile et longue (il faut attendre plusieurs jours pour avoir le résultat).

5- De nouveaux tests sont en train de s'imposer :

- *L'approche PCR Multiplex respiratoire* permet de détecter rapidement et simultanément le matériel génétique de 22 virus et bactéries (dont les virus grippaux A et B, le SARS-COV-2) dans un même prélèvement oropharyngé ou nasopharyngé

- *Des tests d'amplification isothermique de l'acide nucléique* de type « *Alere i influenza* » ont été élaborés et permettent de détecter les virus A et B de la grippe avec une sensibilité supérieure à 90% , une spécificité supérieure à 96% et un rendu de résultat en moins de 15 minutes pour une prise de décision immédiate et fiable (28).

II - HISTORIQUE: LES PANDEMIES DE GRIPPE AU XXème et XXIème SIECLES

L'histoire de la grippe remonte à plus de dix mille ans avec le développement de la domestication des oiseaux , notamment des canards qui sont d'importants pourvoyeurs de virus au porc (29) ainsi que l'élevage de porcs qui jouent un rôle crucial dans l'émergence des épidémies de grippe humaine (16) .

Les symptômes de la grippe humaine ont été décrits par Hippocrate, le célèbre médecin grec ,en 412 avant JC lors d'une épidémie survenue à Périnthus en Grèce dans son ouvrage intitulé « *Des épidémies* » (30).

Le terme « *Influenza* » est apparu à Florence vers la deuxième partie du XVème siècle pour désigner la grippe , on parle de « *influenza di freddo* » , qui définit une épidémie à début brutal , apparaissant vers la fin de l'automne , avec les vents froids (31). Cette maladie , d'apparition soudaine est caractérisée par une forte fièvre , des maux de tête, des courbatures, des éternuements, une toux sèche puis productive , elle est aussi très contagieuse et peut entraîner la mort.

Le mot français « grippe » aurait une origine germanique « *greifen* » et signifie « *griffe, croc, ou accrochage* » , il est utilisé par le docteur Sauvage lors de l'épidémie de 1743 (31) .

Au XVIIIe siècle, , les termes « *follette, coquette, grenade générale* » ont aussi été utilisés.

Une pandémie grippale est une épidémie qui sévit à l'échelle d'une zone géographique très étendue à l'occasion de l'émergence d'un nouveau virus grippal résultant généralement d'une modification génétique majeure.

Depuis 1510, date de la première pandémie grippale décrite au Royaume Uni, plusieurs autres pandémies ont été décrites à travers les siècles , les plus meurtrières étant celles de **1510**(où Ambroise Paré évoque une pandémie de grippe maligne qui ravage l'Europe) ,**1729**, **1830** et surtout la grippe espagnole de **1918** (32).

A- LA GRIPPE ESPAGNOLE DE 1918 à 1920

C'est le nom donné à la plus importante et la plus meurtrière pandémie de grippe connue dans l'histoire de l'humanité et qui a sévi dans le monde entre 1918 et 1920. Elle a été appelée à tort « *grippe espagnole* » car l'Espagne , non engagée dans la première guerre mondiale, donc non soumise à la censure, publie librement et publiquement les informations sur cette maladie , à l'inverse de ses voisins.

Elle apparaît en mars 1918 dans les camps militaires du Kansas aux Etats -Unis (33) puis franchit l'Atlantique et s'étend en Europe à partir d'avril 1918 avec l'arrivée des troupes militaires américaines alliées en France et au Royaume-Uni (34).

L'épidémie s'est déclinée en trois vagues avec une variation de sa virulence en fonction du temps (35) :

- **la première vague de mars à septembre 1918**, a été relativement bénigne , avec une mortalité qui serait comprise entre 0,1 et 0,5 % (36).
- **la deuxième vague de septembre 1918 à début janvier 1919** a été particulièrement meurtrière . Le mois d'octobre 1918 marque le passage de l'épidémie en pandémie qui touche désormais tous les pays du globe, avec un pic de mortalité entre novembre et décembre 1918 , aux alentours de 2,5%.
- **la troisième vague de janvier 1919 à avril 1919** où le taux de mortalité tombe à 1%

Les Etats-Unis connaîtront une dernière réplique sérieuse en février 1920 puis l'épidémie s'éteint, évoluant vers la grippe saisonnière .

La très forte mortalité est surtout due à *des pneumonies bactériennes avec détresse respiratoire* et beaucoup de victimes sont mortes en quelques jours (37).

Le premier bilan de 1927 estime le nombre total de décès dans le monde à 21 millions pour une population de 1,9 milliard d'habitants en 1919 mais compte-tenu des sous-estimations surtout dans les pays du tiers-monde, l'estimation de Macfarlane Burnet entre **50 et 100 millions de décès** (38) avec **une mortalité globale à 5%** (39) semble plus probable.

L'épidémie a fait environ 2,5 millions de morts en Europe et plus de 400 000 morts en France , parmi lesquels le poète Guillaume Apollinaire et l'écrivain Edmond Rostand.

Alors que la grippe saisonnière frappe surtout les âges extrêmes de la vie, la grippe espagnole décime les adultes jeunes de 20 à 40 ans (38) et une forte mortalité est observée chez les femmes enceintes ainsi que la fréquence des avortements (16).

En 1997, Taubenberger réussit d'abord à typer le virus de la grippe espagnole qu'il baptisera **Influenza A/ South Carolina /1/18(H1N1)** et ensuite à le séquencer entièrement gène par gène notamment celui de l'hémagglutinine et celui de la neuraminidase grâce à l'aide de John Hultin (39) (40) .

Dans une étude publiée par les Comptes rendus de l'Académie américaine des Sciences(PNAS) l'équipe du professeur Michael Worobey de l'Université d'Arizona (41) explique l'origine du virus de la grippe espagnole et la vulnérabilité des jeunes adultes:

- Ce virus H1N1 serait né du réassortiment d'une souche humaine provenant de la grippe saisonnière H1N8 en circulation entre 1900 et 1917 avec des gènes aviaires de type N1, faisant émerger entre 1917 et 1918 une souche H1N1 , ancêtre lointaine de la souche H1N1 de 2009 mais beaucoup plus virulente.
- La vulnérabilité inhabituelle des jeunes adultes face à ce virus H1N1 s'explique par le fait que ces individus, nés entre 1880 et 1890 et ayant connu la grippe H3N8 étant enfants, n'ont pas été immunisés contre les virus de type H1.

B- LA « GRIPPE ASIATIQUE » de 1957-1958

C'est la deuxième pandémie importante du XXème siècle qui a duré de 1957 à 1958. Partie de Chine en février 1957, la grippe s'étend rapidement au sud-est asiatique par les routes terrestres et maritimes et gagne la totalité du monde en six mois (42) .

A l'exception des personnes âgées de plus de 70 ans, la population mondiale n'avait aucune immunité contre ce virus qui, sans surinfection bactérienne , pouvait être mortel par *pneumonie* et *oedème pulmonaire* .

Les sujets les plus à risques furent les *patients cardiaques* et les *femmes enceintes au troisième trimestre de grossesse* (43).

Cette pandémie de grippe est beaucoup moins meurtrière que la pandémie de 1918 et les estimations de décès dans le monde entier varient selon la source: le CDC avance le chiffre de 1,1 million de morts (44) alors que l'OMS les estime à 2 millions (42).

C'est à Hong Kong , où l'on dénombre 250 000 cas en peu de temps, que les chercheurs des laboratoires de Melbourne, Londres et Washington ont pu identifier le virus responsable de la pandémie .

Cette souche virale tout à fait nouvelle , non reconnue par les sérums dirigés contre les virus grippaux humains connus, est une **souche A (H2N2)** (44).

Des études poussées ont démontré que le virus H2N2 de la pandémie de 1957 résulte d'un *réassortiment génétique* avec une hémagglutinine et une neuraminidase d'origine aviaire tandis que les autres gènes proviennent de la souche H1N1 saisonnière d'origine humaine (45).

En fin de pandémie en 1958 ,tout comme pour la grippe espagnole , on remarque une atténuation de la virulence du virus H2N2 qui entretiendra désormais une grippe saisonnière dans la plupart des pays jusqu'en 1968 .

C- LA « GRIPPE DE HONG KONG » de 1968 à 1970

C'est la troisième pandémie importante de grippe du XXème siècle qui s'est répandue dans le monde entier à partir de l'été 1968 jusqu'au printemps 1970.

Elle serait apparue en Chine centrale en février 1968 avant de frapper la ville de Hong Kong en juillet 1968 touchant 500 000 personnes soit 15% de la population (46).

La grippe se diffuse à travers le monde suivant un chemin similaire à la grippe asiatique de 1957 : l'Asie, puis l'Australie pendant l'été 1968 , et à partir de l'automne 1968 le Royaume Uni et le reste de l'Europe(47).

Les Etats-Unis sont touchés en septembre 1968 par cette grippe importée des soldats revenant du Vietnam et qui a tué 50 000 personnes en trois mois (48)

Le virus responsable de la « grippe de Hong Kong » est un **nouveau virus H3 N2** qui dérive du virus saisonnier H2N2 par acquisition de deux gènes aviaires , l'un codant pour l'hémagglutinine H3 isolé chez des canards en Ukraine en 1963 et l'autre codant pour l'ARN polymérase PB1.

C'est aussi, comme pour le virus H2N2 de la grippe asiatique de 1957, *un virus issu de réassortiments génétiques* c'est-à-dire un virus hybride issu du croisement de plusieurs virus (49).

Ces virus pandémiques apparaissent chez le porc puis sont transmis à l'homme.

D'après l'épidémiologiste suisse Antoine Flahaut, la grippe de Hong Kong dont la propagation est accélérée par le développement des transports en avion est la première à avoir été surveillée par un réseau international chapeauté par l'OMS.

La pandémie de 1968-1970, peu connue voire oubliée ,a provoqué au moins un million de décès dans le monde, dont 100 000 décès aux Etats-Unis selon les estimations du CDC (50) et plus de 30 000 décès en France(51).

Elle est plus bénigne que la pandémie de grippe asiatique de 1957 car d'une part le vaccin saisonnier H2N2 assure une protection partielle de la population vaccinée et d'autre part la prise en charge des patients est améliorée et l'utilisation des antibiotiques plus efficace.

Le virus H3N2 remplace le virus H2N2 (qui disparaît après dix ans de circulation) et **circule encore à l'heure actuelle dans la plupart des pays au monde.**

D- LA «GRIPPE RUSSE » 1977 à 1978

Partie de Russie en novembre 1977, cette vraie pandémie grippale bénigne a fait le tour du monde en dix mois et frappe presque exclusivement les jeunes de moins de 25 ans.

Le virus responsable est un virus **H1N1** (souche notée *A/ USSR/90/77 (H1N1)*) isolé en 1977 en Russie et ayant une grande similitude génétique avec le virus H1N1 prévalent entre 1947 et 1957 sans pratiquement aucune mutation, ce qui explique l'atteinte exclusive des moins de 25 ans qui n'ont jamais rencontré ce virus (52).

La réapparition de ce virus après 27 ans de disparition est encore un mystère . On a retrouvé la trace de ce virus ré-émergent qui a circulé pendant environ un an avant d'être détecté en Chine et en Russie. Pour les chercheurs, l'hypothèse la plus probable semble être un accident de laboratoire suite à une manipulation malencontreuse (53).

Depuis 1977, ce virus H1N1 peu virulent est devenu saisonnier et circule conjointement avec le virus H3N2 un peu partout dans le monde jusqu'en 2009.

E- LA PANDEMIE REDOUTEE MAIS MANQUEE DUE AU VIRUS H5N1

Si la plupart des virus aviaires n'infectent pas l'Homme , certains sous-types parviennent parfois à franchir la barrière des espèces : c'est le cas du **virus H5N1** pathogène pour l'Homme et circulant encore à l'heure actuelle en Asie.

Ce virus H5N1 a été repéré pour la première fois en 1997 , lors d'une épidémie à Hong Kong tuant 6 personnes (54). Il est réapparu fin 2003 provoquant d'abord des épizooties chez les volailles dans plusieurs pays d'Asie suivies de cas humains, dont la plupart sont graves et surviennent chez des enfants et jeunes adultes exposés aux volailles (55).

En juillet 2010, on compte 500 cas humains et 296 morts en Asie (60% de mortalité) (56).

Ce nouveau virus H5N1 provient d'une souche virale H5 de caille ayant acquis le gène de la neuraminidase d'une souche H6N1 de canard et plusieurs gènes internes d'une souche H9N2 de caille (57).

Actuellement, **les autorités sanitaires redoutent toujours une évolution du virus vers une forme transmissible inter-humaine, porte ouverte à une pandémie meurtrière** ,car ce sous-type viral H5N1 inconnu de la population , échapperait à notre système immunitaire(55) .

F- LA « GRIPPE PORCINE » de 2009 à 2010

Première pandémie de grippe du XXIème siècle, la grippe porcine est partie du Mexique en avril 2009 pour s'étendre aux Etats-Unis , puis à tout le continent américain et très vite au reste du monde surtout grâce aux transports en avion (58).

Initialement appelée « grippe mexicaine » ou « grippe nord-américaine », elle a été nommée « grippe porcine » par l'OMS qui recommandera le 30 avril 2009 l'appellation « **Grippe A (H1N1)** » (59) .

Le virus responsable de la pandémie de 2009-2010 est une *souche hybride d'origine porcine et portant des gènes humains et aviaires* , un *virus réassorti* très différent du virus H1N1 de la grippe espagnole de 1918 (60) .

La majorité des patients touchés par la grippe avaient moins de 25 ans et les personnes âgées étaient généralement épargnées, probablement grâce au virus saisonnier H1N1 qui circule depuis des années et au vaccin annuel qui comporte un virus H1N1.

En 2010 , d'après les estimations de l'OMS, cette pandémie bénigne de grippe porcine due au virus H1N1 a touché 622 millions de patients mais n'a occasionné qu'environ 18 500 morts dans le monde soit une mortalité de 0,03% (la mortalité est de 0,1% pour les gripes saisonnières) .

Cependant une nouvelle étude modélisée par le CDC en 2012 avance une fourchette comprise entre **151 700 et 575 400 victimes pour la grippe A (H1N1)** dans le monde soit 15 fois plus de morts que les chiffres avancés par l'OMS(61).

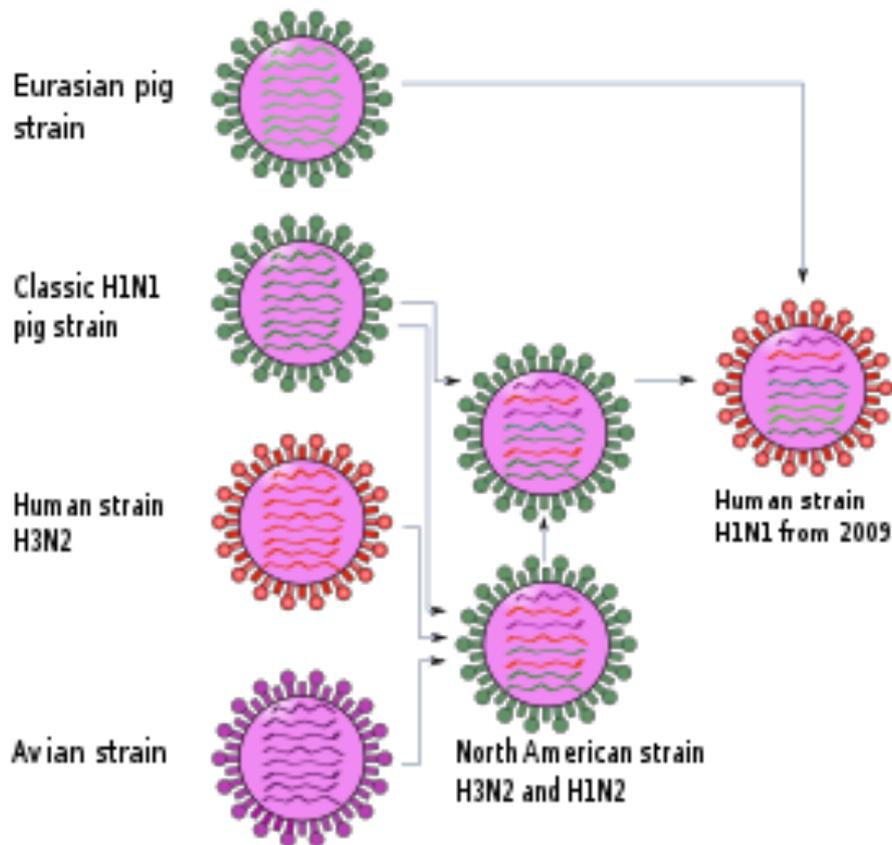


Figure 3 : Triple assortiment du virus H1N1 de 2009 qui contient les gènes de virus connus d'origine porcine , humaine et aviaire

Les pandémies du XXème et du XXIème font partie du cycle normal de circulation des virus grippaux chez l'Homme. Elles démarrent quand un nouveau virus grippal est capable d'infecter l'Homme et qu'il est capable de se transmettre facilement de personne à personne car la population est non protégée contre ce virus qui prend généralement la place de l'un des virus jusqu'alors responsables de gripes saisonnières participant aux épidémies hivernales et ce, jusqu'à la pandémie suivante.

Le profil des personnes touchées n'est pas toujours le même que pour la grippe saisonnière : les femmes enceintes étaient particulièrement à risque de formes graves lors des précédentes pandémies grippales. La grippe espagnole s'était caractérisée notamment par sa sévérité envers les jeunes adultes non immunisés.

L'ampleur et la gravité peuvent varier considérablement d'une pandémie à une autre . Ainsi la grippe espagnole a fait des dizaines de millions de victimes tandis que la pandémie de 2009 a été , en France, d'une ampleur comparable à la grippe saisonnière

Il faut noter que le développement des transports (aériens, maritimes, ferroviaires) , les réassortiments génétiques des virus , les activités humaines participent activement à la survenue plus fréquente et à l'aggravation des pandémies virales.

III -SURVEILLANCE DE LA GRIPPE (62) (63)

Différents réseaux de surveillance nationaux, régionaux et internationaux sont impliqués dans la surveillance des virus grippaux.

A- SURVEILLANCE AU NIVEAU MONDIAL

Dès sa création en 1947, l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) élabore un système virologique, épidémiologique et clinique de surveillance de la grippe à l'échelle mondiale, permettant d'apprécier le plus précisément possible le risque épidémique et d'adapter la composition vaccinale annuelle.

Elle dispose aujourd'hui **4 Centres Mondiaux de la Grippe** (CMG) à **Atlanta** aux Etats-Unis, à **Londres** au Royaume Uni, à **Melbourne** en Australie et à **Tokyo** au Japon.

Ces CMG collectent les informations virologiques en provenance de **119 centres nationaux de référence(CNR) de la grippe répartis dans 89 pays.**

B- SURVEILLANCE AU NIVEAU EUROPEEN

Au niveau européen , **l'ECDC** (European Center for Disease Prevention and Control), structure missionnée et financée par les pays membres de la Communauté Européenne , est en charge du renforcement de la surveillance des maladies et des systèmes d'alerte précoce.

Dans le cadre de la grippe, les missions de l'ECDC sont:

- *faire diminuer la morbidité et la mortalité de la grippe saisonnière en favorisant l'amélioration de la couverture vaccinale et le développement des programmes nationaux de santé publique*
- *améliorer le niveau de préparation contre une pandémie grippale , à l'échelon local, national et européen*
- *participer au développement de la recherche en matière de grippe*

C- SURVEILLANCE DE LA GRIPPE EN FRANCE

L'Agence Nationale de Santé Publique ou **Santé publique France** (SpF) créée en 2016 coordonne la surveillance de la grippe en France tant sur le plan épidémiologique que sur le plan virologique (64) .

1- Les objectifs de la surveillance épidémiologique de la grippe

sont la prévision, la détection précoce et le suivi des épidémies grippales en France ainsi que la surveillance des souches grippales en circulation et l'identification des populations les plus sévèrement touchées par la grippe.

Cette surveillance s'appuie sur:

- *Un réseau de surveillance de ville (**Sentinelles**)*
- *Une surveillance hebdomadaire de la mortalité par grippe*
- *Une surveillance hebdomadaire des passages et hospitalisations pour grippe dans un réseau de services d'urgence*
- *Une surveillance de cas groupés d'infections respiratoires basses dans les collectivités de personnes âgées*

Le **Réseau Sentinelles** de l'INSERM/ France a été créé en 1984 entre l'INSERM et la Direction Générale de la Santé (DGS) dans le but d'améliorer la surveillance et la connaissance épidémiologique des maladies transmissibles en France.

Ce réseau recueille en temps réel les notifications concernant 8 maladies infectieuses dont la grippe , il rassemble 1200 médecins sentinelles répartis sur tout le territoire dont près d'un quart participe à l'activité de surveillance continue.

2- La surveillance virologique de la grippe en France (65)

est coordonnée par le **Centre National de Référence (CNR) des virus des infections respiratoires** (dont la grippe) hébergé au sein de l'unité de Génétique Moléculaire des Virus à ARN (GMVR) à **l'Institut Pasteur de Paris**.

Deux laboratoires associés participent à cette surveillance : le laboratoire de virologie aux **Hospices civils de Lyon** et le laboratoire à **l'Institut Pasteur de Guyane** .

Cette surveillance s'effectue dans la population générale à partir des prélèvements effectués par les médecins préleveurs du Réseau Sentinelles et chez les sujets hospitalisés par le réseau RENAL (réseau national des laboratoires hospitaliers).

Le CNR doit caractériser les virus grippaux pour suivre l'adéquation entre les virus grippaux circulants et la composition vaccinale et mettre en évidence l'émergence éventuelle de nouveaux variants à potentiel épidémique voire pandémique. Il doit également suivre la sensibilité des virus circulants aux antiviraux

Toutes les souches virales détectées sont envoyées au CMG de la zone géographique concernée (Londres pour l'Europe) pour une analyse plus détaillée qui inclut l'étude génétique.

IV - MESURES GENERALES DE PREVENTION CONTRE LA GRIPPE

A- VACCINATION ANTIGRIPPALE

La vaccination est le premier geste de protection contre la grippe. Si elle ne permet pas toujours de l'éviter , elle réduit le risque de complications graves et de décès chez les personnes fragiles.

1- Découverte du vaccin contre la grippe

La toute première campagne de vaccination contre la grippe a eu lieu en 1944-1945 pour protéger les soldats américains venus combattre en Europe avec un taux de protection de 70 à 80% contre la grippe saisonnière (66).

Le vaccin bivalent (un virus A et un virus B) a été mis au point par l'équipe américaine de Thomas Francis Jr et Jonas Salk qui mettent à profit le nouveau procédé mis au point par Macfarlane Burnet en 1940 (67) afin de récolter dans le liquide allantoïde d'oeufs embryonnés de grandes quantités de virus que l'on peut titrer par hémagglutination et purifier par centrifugation à grande vitesse (68).

En France, à l'Institut Pasteur de Paris, René Dujarric de la Rivière et Claude Hannoun développent à partir de 1947 les premiers vaccins contre la grippe, *vaccins inactivés produits sur oeufs embryonnés* dont la production semi-industrielle démarre en 1955 et connaît un succès croissant(69).

2- Composition des vaccins contre la grippe

L'épidémie de grippe fin 1946 frappant les troupes américaines cantonnées au Japon et en Corée qui , pourtant sont systématiquement vaccinées contre la grippe depuis 1943 ,révèle l'absence de protection du vaccin et démontre la variabilité inconnue à l'époque du virus grippal circulant (70).

Dès lors , les vaccins sont préparés chaque année avec le dernier virus isolé la saison précédente avec pour but de contrecarrer les variations du virus.

Aujourd'hui , la composition du vaccin est décidée une fois par an (en février ou mars pour l'hémisphère nord et septembre pour l'hémisphère sud) au siège de l'OMS à Genève au cours d'une réunion d'experts des centres de référence pour retenir les souches virales qui seront recommandées pour la fabrication du vaccin à venir .

C'est une véritable course contre la montre que se livrent les laboratoires entre la décision de l'OMS et la mise à disposition des vaccins dans les pharmacies (71).

Les vaccins grippaux se composent actuellement de 2 souches A (H1N1 de 2009 et H3N2) et d'une ou 2 souches B selon que le vaccin est trivalent ou quadrivalent.

Pour l'hémisphère nord , les souches recommandées par l'OMS en Mars 2021 pour l'hiver 2021-2022 sont les suivantes:(72)

- pour les vaccins cultivés sur oeuf embryonné de poule

*A/ Victoria /2570/2019 (H1N1) pdm09
A/ Cambodia /e0826 360 / 2020 (H3N2)
B/ Washington /02/2019 (lignée Victoria)
B/ Phuket /3073/2013 (lignée yamagata)*

- pour les vaccins cultivés sur culture cellulaire

Les souches B sont les mêmes que les vaccins cultivés sur oeuf mais une des souches A diffère:

*A/ Wisconsin /588 /2019 (H1N1) pdm09
A/Cambodia/e0826 360 /2020 (H3N2)*

3- Les différents types de vaccins grippaux (72)

- **Le vaccin vivant atténué *Fluenz Tetra*** (utilisable de 24 mois à 17 ans révolus)

administrable par voie nasale mais n'est pas disponible en France.

- **Les vaccins inactivés injectables cultivés sur oeuf de poule embryonné**

sont de trois types: à virus entier, à *virus fragmenté* ou avec *des sous-unités à antigène de surface* , ces deux derniers sont de loin les plus utilisés (car moins réactogènes que les virus entiers) et sont commercialisés en France.

Les vaccins à virions fragmentés (*Vaxigrip Tetra* et *Fluarix Tetra*) sont constitués par des particules obtenues après dissociation du virus par un détergent.

Les vaccins avec des sous-unités à antigène de surface sont composés de neuraminidase et d'hémagglutinine virales inactivées et purifiées après élimination des autres constituants(*Influvac* et *Influvac Tetra A*)

- **Les vaccins inactivés injectables cultivés sur cellules de rein de chien MDCK à antigène de surface**

Depuis décembre 2018, sur avis de l'HAS d'octobre 2018, le vaccin *Flucelvax Tetra* ne contenant pas de trace de protéine d'oeuf ou d'antibiotique peut être utilisé chez les personnes allergiques à l'oeuf ou aux antibiotiques à partir de l'âge de 9 ans(73).

4- Recommandations vaccinales (6) (72)

En dehors des mesures barrière , les vaccins grippaux sont sûrs et constituent la mesure la plus efficace pour prévenir la grippe, prévenir les complications graves causées par la grippe et pour réduire l'impact d'une épidémie.

L'OMS recommande ***aux agents de santé*** et aux ***personnes courant le plus de risques de complications graves en cas d'infection grippale*** de se faire vacciner tous les ans avant le début de la saison grippale :

.*personnes âgées de 65 ans et plus,*

.*personnes souffrant d'affections chroniques (dont les diabétiques et les personnes obèses avec un IMC > 40 kg/m2)*

.*les femmes enceintes*

.*les jeunes enfants*

.*l'entourage des personnes immunodéprimées (nouveauté 2019)*

.*les personnels navigants des bateaux de croisière, d'avions, les guides de voyages, et les voyageurs .*

Un avis du 20 Mai 2020 de la HAS recommande , dans le contexte de la pandémie de la Covid 19, de maintenir la campagne de vaccination contre la grippe et d'améliorer la couverture vaccinale pour les professionnels de santé et les personnes à risque pour la saison hivernale 2020-2021(74).

Il est possible de se faire vacciner chez son médecin traitant, mais aussi par une infirmière , par une sage-femme (pour les femmes enceintes, son entourage et celui de l'enfant) et depuis 2018 par un pharmacien d'officine ayant validé une formation spécifique (72).

Les vaccins grippaux sont renouvelés tous les ans pour être en adéquation avec les virus circulants de l'hiver précédent et peuvent être administrés par **voie intramusculaire** (préférentiellement) ou par **voie sous-cutanée profonde** (75) :

- les vaccins *Influvac trivalent* et *Vaxigrip tetra* peuvent être utilisés dès l'âge de 6 mois
- Le vaccin *Influvac Tetra* ne peut être utilisé que chez les adultes et les enfants de plus de 3 ans
- Tous ces vaccins peuvent être proposés chez la femme enceinte à tout stade de la grossesse, sans risque pour le bébé.

Dans les populations pour lesquelles la vaccination est recommandée notamment pour les personnes âgées de 65 ans et plus, la couverture vaccinale est nettement inférieure à l'objectif de 75%(seulement environ 50% dans le groupe des personnes âgées de 65 ans ou plus et moins de 40% dans le groupe de celles de moins de 65 ans) (76).

En France, les vaccins commercialisés sont efficaces et sans adjuvants, la protection du vaccin s'établit environ 15 jours après la vaccination, elle dure au moins 6 mois et son efficacité qui peut aller jusqu'à 80% chez les adultes en bonne santé , chute à moins de 60 % chez les personnes âgées de plus de 65 ans (11) en raison surtout d'une immunité plus faible.

Malgré tout, le rapport bénéfice-risque est très en faveur de l'acte vaccinal:

- en effet, les effets indésirables sont le plus souvent bénins tels que de la fièvre, des douleurs au point d'injection, des douleurs musculaires ou articulaires , des céphalées, rarement des malaises alors que la diminution du nombre de décès grâce à la vaccination est notable car ce sont en moyenne 2000 décès qui sont évités chaque année chez les plus de 65 ans grâce à la vaccination (77).
- par ailleurs en France , de nombreuses entreprises proposent des campagnes de vaccination directement sur le lieu de travail pour tenter de diminuer l'impact de l'absentéisme évalué à 2 millions de journées de travail pour les épidémies faibles et jusqu'à 12 millions pour les épidémies intenses(11)

B- TRAITEMENT PREVENTIF ANTIVIRAL

Des médicaments antiviraux contre la grippe existent dans certains pays et permettent d'éviter des complications sévères ou des décès .

Il existe deux classes d'antiviraux (3):

- **les inhibiteurs de la neuraminidase virale (INA)**, surtout *l'Oseltamivir et le Zanamivir* mais aussi le Pérāmivir et le Laninamivir homologués dans plusieurs pays.
- **les inhibiteurs de la protéine M2** , les adamantanes (amantadine et rémantadine) mais une résistance des virus à ces médicaments a été fréquemment signalée, limitant l'efficacité du traitement .

Actuellement presque la majorité des virus grippaux en circulation est résistante aux adamantanes et l'OMS recommande les inhibiteurs de la neuraminidase en tant que traitement de première intention pour les personnes nécessitant une thérapie antivirale.

En Europe , deux inhibiteurs de la neuraminidase des virus grippaux A et B sont utilisés et ont l'AMM (Autorisation de Mise sur le Marché) européenne pour le traitement préventif et le traitement curatif de la grippe : ce sont ***l'Oseltamivir*** et le ***Zanamivir***.

1- Les Inhibiteurs de la neuraminidase :Oseltamivir et Zanamivir (78)

Molécule développée un peu avant 1996 par Gilead Health en Californie puis revendue au groupe suisse Hoffmann-la Roche, ***l'Oseltamivir*** commercialisé sous le nom de **Tamiflu** ,inhibe la réplication des virus grippaux et leur diffusion au sein de l'organisme en agissant au niveau de la circulation générale.

La synthèse totale de l'Oseltamivir se fait à partir de l'acide shikimique , biomolécule issue de la badiane ou anis étoilé de Chine (79).

La première prise doit être la plus précoce possible après le contact avec une source d'infection pour prévenir la maladie ; dès l'apparition des premiers symptômes de la grippe, ce médicament atténue les symptômes , réduit sa durée et, potentiellement ,les risques de complication.

Il est administré par voie orale et se présente donc sous forme de gélules pour un traitement prophylactique de 10 jours en général. Il est indiqué chez les personnes âgées de plus d'un an en prévention de la grippe.

Le **Zanamivir** (Relenza- laboratoire Glaxo SmithKline) est une molécule découverte en 1989 par le chercheur australien Graeme Laver (80).

Il a la même action que l'Oseltamivir mais son action est surtout localisée au niveau des voies respiratoires car il diffuse peu dans la circulation générale.

Il est administré par inhalation endobuccale et se présente donc sous la forme d'une poudre pour inhalation en flacon unidose . Ce mode d'administration ne convient pas aux enfants de moins de 5 ans .

2- Traitement prophylactique en post-exposition

La Haute Autorité de Santé (HAS) recommande d'utiliser ces INA uniquement (81):

- chez les personnes jugées à risque de complications âgées de un an ou plus y compris les femmes enceintes , ciblées par la vaccination , après un contact étroit datant de moins de 48 heures avec un cas confirmé ou présentant une symptomatologie typique de grippe,

- ou dans une collectivité de personnes à risque (par exemple collectivités de personnes âgées).

Le traitement doit être initié le plus précocement possible sans attendre la réponse virologique du cas suspect ou du contact étroit.

L'efficacité et la tolérance de ces INA n'est pas remise en cause après la publication par l'ECDC d'une revue bibliographique relative au traitement et à la prophylaxie de la grippe saisonnière ou pandémique par les INA surtout par l'Oseltamivir qui occupe toujours une place de choix dans la stratégie de lutte contre la grippe saisonnière.

C- LES MESURES D'HYGIENE

Si la vaccination reste la meilleure protection contre la grippe , il existe un ensemble de gestes simples appelées **gestes barrières** qui contribuent à limiter la transmission de la maladie d'une personne à une autre .

1- En milieu communautaire (82)

Des gestes simples de prévention, adoptés au quotidien, permettent de réduire la transmission des infections virales dont la grippe saisonnière .

Ces « **gestes barrières** » font barrage aux virus et permettent à chacun de se protéger et de protéger son entourage, ils sont au nombre de quatre (83):

- *se laver les mains régulièrement*
- *tousser ou éternuer dans son coude*
- *utiliser un mouchoir jetable en papier*
- *porter un masque jetable quand on est malade*



Figure 4 : Les 4 gestes barrières pour limiter la transmission des virus de l'hiver
(source ameli.fr)

1-1 Hygiène des mains

Une personne ayant une infection virale peut facilement transmettre le virus en touchant une autre personne ou le déposer sur des objets (brosse à dents, couverts...) ou sur des surfaces (lavabos, plans de travail, poignées de porte..).

On peut donc attraper le virus quand on entre en contact avec une ou des personnes malades ou quand on touche des objets ou des surfaces contaminés et que l'on porte ensuite les mains souillées au visage (bouche, yeux, nez)

Aussi, il est recommandé de se laver automatiquement les mains :

- *après avoir pris les transports en communs (bus, car , train, métro) en arrivant au bureau ou en rentrant chez soi*
- *après chaque sortie à l'extérieur*
- *après avoir toussé, éternué ou s'être mouché*
- *avant et après s'être occupé d'un bébé*
- *avant et après avoir rendu visite à une personne malade*
- *avant de préparer les repas, de les servir ou de manger*
- *après être allé aux toilettes*
- *avant et après s'être occupé d'un animal domestique.*

Comment bien se laver les mains ?

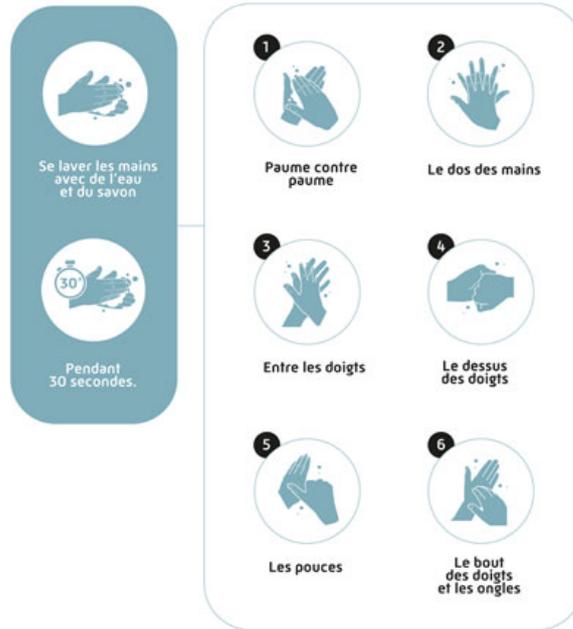


Figure 5: Le lavage des mains en 6 étapes pendant 30 secondes
(source *ameli.fr*)

Se laver les mains doit devenir un réflexe quotidien même en dehors des périodes d'épidémies pour se protéger de tous les microbes en circulation (bactéries ou virus).

Les mains doivent être lavées à l'eau et au savon (de préférence liquide) pendant 30 secondes, en frottant les ongles, le bout des doigts, la paume, le dos des mains et l'espace entre les doigts.

Après lavage , il faut sécher les mains avec une serviette propre en papier ou à l'air libre.

Une solution hydro-alcoolique peut aussi être utilisée en l'absence de savon et d'eau.

Comment bien porter le masque ?

i Où le trouver ?

En pharmacie, dans des boutiques de matériel médical ou sur internet.

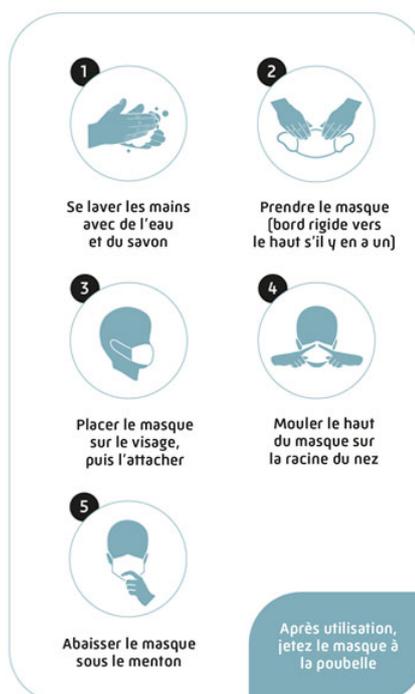


Figure 6 : Comment bien porter le masque (source ameli.fr)

1.2- Port du masque

Quand on est atteint d'une maladie contagieuse comme la grippe, on peut facilement transmettre le virus en touchant directement une autre personne (en l'embrassant ou en lui serrant la main par exemple) et en toussant ou en éternuant.

Le masque jetable type « masque chirurgical » est l'accessoire à adopter pour permettre d'éviter la « diffusion directe » du virus de la grippe. La « diffusion indirecte » du virus étant toujours possible, il faut se laver les mains régulièrement .

Après s'être lavé les mains, on place le masque sur le visage puis on l'attache soit par les élastiques derrière les oreilles soit par les lacets derrière la tête et la nuque .

Le bord haut , qui est rigide dans certains modèles de masques doit être moulé sur la racine du nez et le masque doit être abaissé sous le menton

Le masque n'est pas réutilisable , il doit être changé toutes les 4 heures ou dès qu'il est mouillé.

Après utilisation, il doit être jeté dans une poubelle couverte et un nouveau lavage des mains doit être réalisé.

1. 3- Les autres gestes barrières

- Eternuer ou tousser dans son coude

L'éternuement ou la toux chez une personne infectée par la grippe projette des gouttelettes et des micro-gouttelettes contenant des poussières, des saletés, des sécrétions et des virus provenant du nez, et des poumons. L'éternuement peut ainsi projeter des virus sur 1 à 6 mètres à la vitesse de 50 kilomètres à l'heure. Toutes les personnes se trouvant sur la trajectoire d'un éternuement ou d'une toux d'un malade grippé peut respirer ces virus et devenir malades à leur tour.

Pour limiter le risque de contamination, il est recommandé d'**éternuer ou tousser dans le pli de son coude plutôt que dans ses mains.**

En effet si on se couvre la bouche et le nez avec ses mains, les virus déposés sur les mains peuvent se transmettre à d'autres personnes quand on leur serre la main ou quand on touche un objet.

Si cela n'est pas possible (par exemple pour quelqu'un qui tient un enfant dans les bras), il est recommandé de se couvrir la bouche avec un mouchoir à usage unique, de le jeter dans une poubelle puis de se laver les mains.

Dans le cas où l'on a toussé ou éternué dans ses mains, il faut se laver les mains au plus vite pour éviter la contamination des personnes ou des objets.

- Utiliser un mouchoir à usage unique

En cas d'infection par la grippe, le nez coule et évacue un maximum de virus qui peuvent survivre de 8 à 12 heures sur un mouchoir.

Il est recommandé d'utiliser des mouchoirs en papier à usage unique, de les jeter immédiatement après usage dans une poubelle puis de se laver les mains.

A la maison, une poubelle fermée par un couvercle est préférable.

- diminuer les contacts des personnes malades en restant à domicile, en limitant les contacts avec les personnes à risque de complications grippales.

- aérer quotidiennement les logements

- pratiquer la distanciation physique (84)

la distanciation physique peut contribuer à limiter la transmission et la propagation de la maladie : la Chine, le Danemark, la France recommandent 1 mètre, alors que l'Allemagne, l'Australie, l'Italie préconisent 1,5 mètre, les Etats-Unis 6 pieds soit 1,8 mètre, le Royaume-Uni 2 mètres.

Au Québec, la règle des 2 mètres s'applique en général sauf pour les enfants (1 mètre) et dans le cas de rassemblements intérieurs dans les lieux publics où on ne parle ni ne circule (1,5 mètre).

En réalité, on ignore quelle distance est suffisante pour empêcher la propagation du coronavirus comme du virus grippal.

L'OMS a mis en avant une étude qui a conclu que le risque de transmission diminue considérablement (de 80%) lorsqu'on se trouve à un mètre d'une personne infectée et qu'il continue à diminuer à mesure qu'on s'en éloigne (85).

Cependant, d'après une étude récente (86) ,la distanciation physique ne doit pas être rigide mais doit s'adapter aux facteurs d'influence dont les principaux sont:

- *Les gouttelettes respiratoires*, notamment leur nombre et leur taille
- *La charge virale* (nombre de copies du virus dans un échantillon) qui varie d'une personne à une autre et en fonction du stade de la maladie.
- *La dose infectieuse* (nombre de copies du virus auxquelles le corps est exposé pour développer la maladie) de diverses souches de grippe qui varie de plusieurs milliers à plusieurs millions de copies. Elle varie d'un individu à un autre et dépend de la distance entre deux individus.
- *L'environnement* : la circulation de l'air, la ventilation, la température, l'humidité influencent différemment le sort des gouttelettes respiratoires que l'on soit à l'intérieur ou à l'extérieur, à l'école, au bureau ou au supermarché.

2- en milieu de soins

2.1- Précautions standard réactualisées (87)

Les Précautions standard (PS) constituent la base de la prévention de la transmission croisée des micro-organismes, elles ont montré leur efficacité et représentent les premières mesures à appliquer en milieu de soins pour ***assurer la sécurité du patient, la protection du personnel et la maîtrise de l'environnement.***

Il est nécessaire de bien les connaître et de ***les appliquer , pour tout soin, en tout lieu, pour tout patient quelque soit son statut infectieux, et par tout professionnel de santé .***

Mises en application en France en 1998, les PS ont été actualisées en 2017 par la Société Française d'Hygiène Hospitalière(SF2H) , il y a sept axes dont les deux plus importants dans ce travail sont:

Hygiène des mains

à effectuer avant et après un contact avec un patient, avant un geste aseptique, après un risque d'exposition à un produit biologique d'origine humaine, après un contact avec l'environnement du patient.

La désinfection des mains avec un produit hydro-alcoolique (PHA) découvert par le Professeur Didier PITTET en 1998 (hôpital universitaire de Genève) ,est la *technique de référence dans toutes les indications d'hygiène des mains en l'absence de souillure visible.* En cas de souillure visible, faire un lavage simple des mains avec du savon doux et de l'eau.

L'hygiène des mains concerne tout acteur de soins , qu'on porte des gants ou non, les patients et les résidents , mais aussi les visiteurs.

En cabinet médical de ville, il est recommandé de se laver les mains à l'eau et au savon au début et à la fin des consultations et de faire une friction avec un PHA entre chaque consultation.

- Les équipements de protection individuelle (EPI)
Utilisés seuls ou en association, ils protègent les professionnels de santé du risque d'exposition à des micro-organismes et désignent les mesures barrières suivantes:
 - .port de **gants**
 - .protection du visage : port de **masques à usage médical** et de **lunettes de sécurité** ou un **masque à visière**.
 - .protection de la tenue: **tablier** ou **sur-blouse** imperméable

2.2- Précautions complémentaires de type « gouttelettes » (88)

Sont applicables, en complément des précautions standard (PS) pour tout patient suspect ou atteint d'une infection contagieuse transmissible par « gouttelettes » telle que la **grippe**, la coqueluche, la méningite à méningocoque, la bronchiolite à VRS (Virus Syncytial Respiratoire), les oreillons, la rubéole.

Les principales mesures sont:

- Isolement en chambre individuelle du patient de préférence ou secteur géographique dédié et les sorties du patient hors de sa chambre sont limitées au strict nécessaire.
- port de masque chirurgical pour le soignant dès l'entrée dans la chambre
Le masque doit être retiré et éliminé dès la sortie de la chambre et une friction avec un PHA (produit hydro-alcoolique) doit être réalisée.
- port de masque chirurgical pour le patient
Dès l'entrée à l'hôpital notamment aux urgences , en consultation, et dès la sortie de la chambre .
- port de masque pour tout intervenant extérieur pénétrant dans la chambre du patient (dont les visiteurs)

2.3- Mesures de distanciation sociale

Il est recommandé d'effectuer des mesures d'éloignement destinées à protéger les personnes fragiles ou à risque de complications.

Les patients présentant des symptômes respiratoires doivent être mis à distance des autres personnes:

- en établissement de santé (hôpital, EHPAD) : isolement en chambre seule , limitation des visites, arrêt des activités collectives (89).
- en cabinet médical : privilégier les consultations sur RDV peut permettre de limiter le risque de transmission en salle d'attente (90) .

DEUXIEME PARTIE: LE PORT DE MASQUE DANS LA PREVENTION CONTRE LA GRIPPE

Si le masque facial de protection est devenu incontournable pendant cette pandémie de Covid-19 due à un Coronavirus (SARS-COV-2), il fait aussi partie des mesures barrières permettant de prévenir la transmission et la propagation du virus grippal pendant les épidémies de grippe saisonnière ou les pandémies de grippe , les virus étant tous les deux respiratoires avec une taille très proche : 80 à 120 nanomètres de diamètre pour le virus grippal (14) contre un diamètre de 60 à 140 nanomètres pour le SARS-COV-2 (91).

I- LE MASQUE A TRAVERS L'HISTOIRE (92)(93)

Depuis l'Antiquité, le masque a toujours tenu une place importante dans l'évolution de notre civilisation.

A ses origines, le masque avait une fonction funéraire. Dans les nécropoles d'Egypte et dans les tombeaux de Mycènes , le masque se résume à une simple feuille d'or qui moulait le visage des morts pour conserver les traits intacts.

Plus tard, le masque va être conçu en matériaux légers et apparaître au théâtre. Le masque va être alors fabriqué en écorce puis en cuir et finalement en toile épaisse induite de cire.

A la Renaissance , le masque de velours ou de satin noir est inventé à Venise et est ainsi devenu à la mode dans toute l'Europe , notamment grâce à la comédie italienne (Comedia dell'arte).

Les premiers masques de protection , fabriqués en vessie de porc , apparaissent sous l'Empire romain , et sont utilisés pour protéger les travailleurs des vapeurs toxiques au fond des mines.

Le naturaliste et auteur romain **Plinie** décrivait dès le 1er siècle dans ses « *Histoires naturelles* » (paragraphe XL) des ouvriers broyant le *minium*(oxyde de plomb) et s'enveloppant de vessies non soufflées qui, tout en leur permettant de voir à travers les empêchent d'aspirer cette poussière mortelle (131)

Le minium est aussi employé par les copistes dans les livres , il fait ressortir les lettres soit sur l'or soit sur le marbre , ce qu'on utilise même pour les tombeaux.

Au XVIe siècle, **Léonard de Vinci** propose l'utilisation d'un tissu imbibé d'eau à placer sur la bouche des navigateurs pour les prémunir d'éventuelles attaques chimiques lors des batailles navales.

La période entre le XIV^{ème} et le XVIII^{ème} siècle est marquée par plusieurs épidémies de grippe qui secouent l'Europe et pour les médecins de l'époque , la *contagion se fait par la bouche et le nez*.

Charles de Lorme, premier médecin du roi Louis XIII , invente alors en 1619 un masque en carton bouilli doté d'un bec à deux trous qui permet de respirer tout en se protégeant des effluves délétères.

On peut y mettre des produits à propriétés désinfectantes tels que des fleurs séchées, des herbes aromatiques, des épices ou du camphre.

Dès le XVIII^{ème} siècle, grâce à l'italien **Bernardino Ramazzini**, précurseur de la médecine du travail et véritable fondateur de l'hygiène professionnelle, on s'intéresse à tous les corps de métier exposés à des substances nocives.

Par exemple , on recommande aux travailleurs dans les marais insalubres de se protéger avec une étoffe ou un gaze sur le visage ou on conseille l'application sur la bouche et le nez d'une éponge humide ou d'un tissu fin serré en forme de cône aux broyeurs de couleurs, aux plâtriers, aux chapeliers.

Il suffit d'ajouter à l'eau du vinaigre ou de l'eau de chaux pour protéger les fabricants de colle forte, les vidangeurs , les fossoyeurs et même le personnel des hôpitaux.

A la fin du XIX^{ème} siècle, le médecin allemand **Carl Flügge** (1827-1923) soupçonnant la propagation des maladies à travers des gouttelettes respiratoires (gouttelettes de Flügge) expulsées lors d'un éternuement, d'une quinte de toux ou même de l'expression orale, plaide auprès de ses confrères pour le port d'un masque pendant les opérations chirurgicales.

Le professeur de chirurgie polonais **Jan Miculicz-Radecki** (1850-1905) auquel nous devons tout produit de protection individuelle y compris les masques de protection, a introduit en 1885 des gants de protection en soie et en 1896 des masques en coton couvrant efficacement la bouche et le nez(95) .

En fait, le premier « bandeau à bouche » imaginé par Miculicz consiste en une simple compresse de mousseline assez épaisse et à très petites mailles , recouvrant le nez, les narines .

Sur les conseils de Miculicz, l'un de ses assistants, le docteur Wilhem Hübener conçoit un masque qui se compose d'une feuille de gaze hydrophile pliée en deux fixée dans une monture en fil de fer .

Ce masque dit « masque de Miculicz » recouvre la moitié inférieure du nez, et la bouche, descend au dessous du menton et se fixe derrière les oreilles au moyen de branches de lunettes.

Des expériences , pendant lesquelles l'expérimentateur parle, tousse, éternue, montrent alors que le masque retient toutes les bactéries et que dans la majorité des cas , les boîtes de Pétri restent stériles (134).

En France, le masque , combattu par certains chirurgiens qui le déclarent tout à fait inutile si l'équipe opératoire ne parle pas, trouvera l'un de ses plus fervents défenseurs en la personne du professeur de chirurgie **Paul Berger** (1845-1908).

Il a enfilé le premier en France un masque de coton lors d'une intervention à l'hôpital Tenon à Paris en 1897(94).

Il fait en 1899 une importante déclaration à la société de chirurgie « De l'emploi du masque dans les opérations » et cite 60 opérations de cure radicale de hernies inguinales faites avec un masque où il ne relève que deux cas d'infections « *dont la source a pu nettement être établie et reconnue indépendante de toute contamination par le personnel ou le matériel opératoire* » (134).

C'est grâce au médecin sino-malaisien **Wu Lien Teh** (1879-1960) que les masques sont utilisés pour la première fois lors d'une épidémie de peste faisant des ravages en Mandchourie dans les années 1910-1911 (50 000 morts) quelques années avant la pandémie de grippe espagnole .

Ce médecin avait fait ses études à Cambridge au Royaume Uni à la fin du XIX ème siècle et était devenu l'un des grands spécialistes des maladies infectieuses et tropicales .

Il avait imposé le port du masque dans l'espace public pour prévenir le plus largement possible l'épidémie de peste et plusieurs de ses collègues, réfractaires à ses préconisations furent contaminés et moururent(131) .

En 1911, **Charles Broquet** (1876-1964) , médecin et biologiste français est en mission contre la peste en Mandchourie .

Dans ses mémoires, il recommande le port du masque par les soignants et par les malades pour limiter la contagion. Le port d'un masque a sauvé la vie à de nombreux médecins auxquels il était destiné dans un premier temps pour être étendu ensuite aux patients eux-mêmes puis à toute la population : la prophylaxie par le port de masque était née et elle a été reproduite pendant la grande grippe espagnole de 1918.

Les Européens et les Chinois utilisent un masque simple composé par une couche de coton maintenue au contact du visage par une compresse nouée derrière la tête associée à des lunettes pour protéger les yeux , le tout recouvert d'un passe-montagne en toile (134) .

Pendant la première guerre mondiale, pour tenter de protéger les soldats de l'attaque allemande au gaz contre les troupes britanniques , belges et canadiennes cantonnées à Ypres en 1915, des masques de protection font leur apparition sous forme de compresses de gaze imbibées d'hyposulfite de sodium .

Peu efficaces, ils sont remplacés par des masques-cagoule et en 1918 par des masques A.R.S. (Appareils Respiratoires Spéciaux) munis d'un filtre de carbone(96).

De 1918 à 1920, la grippe espagnole fait 50 à 100 millions de morts et popularise le port du masque , notamment aux Etats-Unis où la plupart des gens portent un *masque blanc en double couche de gaze* pour se protéger et où le masque est obligatoire dans certaines grandes villes comme San Francisco, Seattle, New-York.

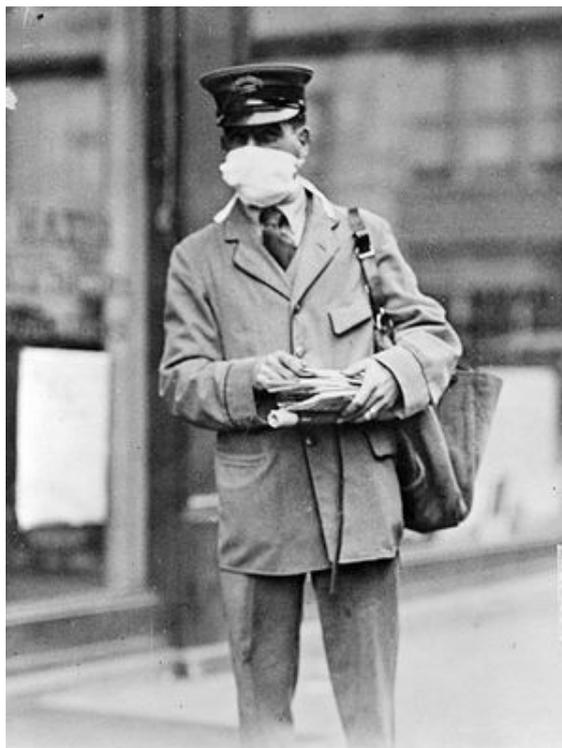


Figure 7 : facteur portant un masque blanc à New-York (Etats-Unis)

Ce port du masque semble ensuite disparaître quelques décennies avant de réapparaître en Asie dans les années 1960,1970, 1980 , notamment au Japon avec l'émergence de la maladie de Minamata (due à une importante pollution marine aux composés mercuriels par une usine pétrochimique).

De là, le Japon étant considéré comme un modèle de modernité, le masque gagne l'Asie de l'est et du sud-est : la Corée du sud, Taiwan, le Vietnam, la Chine, Singapour, Hong Kong où il est autant un outil de protection(contre les maladies respiratoires, la pollution, les allergènes) que de contestation (à Hong Kong un texte de loi interdit de se couvrir le visage pendant les manifestations) .

En 2003, l'épidémie de SRAS dû au SARS-COV-1 finit par normaliser le port du masque et inaugure l'obsession pour le stockage et la hantise de la pénurie.

Le monde occidental devient parallèlement plus familier au masque et commence à l'utiliser notamment en 2009 avec la pandémie de grippe A/H1N1.

Aujourd'hui, l'acceptation du masque semble totale au point que même en France , pays d'irréductibles Gaulois , on coud des masques à la maison pour tenter de se protéger contre le coronavirus (131).

II- LES DIFFERENTS TYPES DE MASQUES DE PROTECTION

(97) (98) (99)

Il existe à l'heure actuelle trois principaux types de masques de protection:

- les **masques dits « grand public »** en tissu ,
- les **masques de type chirurgical** en polypropylène,
- et les **masques ou appareils de protection respiratoire** , en polypropylène.

A- LES MASQUES DITS « GRAND PUBLIC »

Encore appelés **masques alternatifs, masques à usage non sanitaire, ou masques barrières** , ils sont destinés à compléter les gestes barrières et la distanciation physique et/ou sociale.

La plupart du temps *lavables et réutilisables* , ils sont facilement reconnaissables. Ce sont des **masques en textile** , à *filtration garantie*, **réservés à un usage hors du système de santé** , fabriqués par l'industrie du textile , mis en vente dans les pharmacies et la grande distribution ou mis à disposition dans les communes .

Ils sont fabriqués en respectant un cahier de charges exigeant élaboré par l'Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé (ANSM).

Avant toute mise sur le marché, ces masques doivent faire l'objet, sous la responsabilité de leur fabricant ou de leur importateur , de tests réalisés par des laboratoires compétents comme celui de la Direction Générale de l'Armement (DGA) visant à démontrer leurs capacités de filtration et de respirabilité.

Les masques « grand public » sont reconnaissables au logo qui doit apparaître sur leur emballage ou leur notice où doivent figurer aussi leurs performances de filtrabilité et de respirabilité .

Deux nouvelles catégories de masques « grand public » à usage non sanitaire ont ainsi été créées par une note d'information des Ministères de la Santé et de l'Economie et des Finances du 29 mars 2020 :

- **masques de catégorie 1** filtrant au moins 90% des particules de 3 microns à usage des professionnels au contact avec le public et ne présentant pas de signes respiratoires(hôtes et hôtesse de caisse, agents des force de l'ordre...)
- **masques de catégorie 2** filtrant au moins 70% des particules de 3 microns pour la protection à visée collective lorsqu'ils sont portés par toutes les personnes d'un même groupe ne présentant pas de signes respiratoires .



Figure 8 : masques « grand public » colorés

Les masques « grand public » **évitent surtout la projection vers l'entourage des gouttelettes émises par celui qui porte le masque** , ils protègent dans une moindre mesure celui qui le porte contre les projections de gouttelettes émises par une personne en vis-à-vis . Cependant ils n'ont pas les performances des masques chirurgicaux ou les masques de protection respiratoire .

Les personnes portant ce type de masque doivent l'ajuster au dessus du nez et sous le menton et respecter les mêmes mesures d'hygiène que pour les autres types de masques notamment en ce qui concerne l'hygiène des mains.

Un masque en tissu doit être changé *lorsqu'il est humide*, au moins toutes les *quatre heures* ,*quand on souhaite boire ou manger*, ou quand il est endommagé.

Pour les masques en tissu lavables , il convient de respecter le nombre de cycles de lavages préconisés par le fabricant. Le protocole de lavage, indiqué par le fabricant dans sa notice doit comporter un cycle de lavage à 60°C avec séchage complet , suivant les recommandations de l'ANSM (98).

Des visières (ou écrans faciaux) peuvent également être proposés, en complément du masque « grand public » , en cas de contact rapproché avec le public ne portant pas de masque . Elles protègent les muqueuses oculaires des porteurs des grosses gouttelettes émises immédiatement après une toux par une personne à proximité et face à l'écran mais ne permettent pas de se protéger des particules restées en suspension .

Les masques « faits maison » ou « do it yourself »(home made) peuvent aussi être classés dans ce type de masques barrières.

Leur capacité filtrante n'a pas encore été testée comme les masques dits « grand public » mais ce sont des masques en tissu pouvant répondre à un besoin des personnes ne présentant pas de signes respiratoires et non directement exposées .

Ils sont réutilisables , et sont à fabriquer et à utiliser suivant la norme *AFNOR SPEC S76-001*(couture verticale au milieu non recommandée)(100).

Les modalités d'entretien sont à respecter en conformité avec les précisions de l'ANSM.

Aux Etats-Unis, le CDC (Centers for Disease Control and Prevention) , dans le contexte de pénurie de masques , et pour réserver les masques chirurgicaux aux professionnels de santé, indique par un tutoriel détaillé comment confectionner à la maison des masques cousus en coton ou non cousus en tissu respirant , comportant deux couches , lavables et réutilisables(101).

Il recommande de porter ces masques dans l'espace public , surtout lorsque la distanciation physique est impossible à respecter, de ne pas les faire porter par les enfants âgés de moins de 2 ans ou par des personnes ayant des problèmes respiratoires.

Actuellement en France, il est devenu obligatoire de porter un masque dans les espaces publics clos comme les transports en commun , les centres commerciaux , les pharmacies, les cabinets médicaux de ville.

Des créateurs en profitent pour créer des masques originaux , transformant ce dispositif sanitaire en véritable accessoire de mode .

D'après l'équipe de chimistes et de biologistes de l'université de Chicago , le meilleur matériau pour les masques « grand public » ou faits maison pourrait être une combinaison de deux tissus , **le coton et la soie naturelle** ou **le coton et la mousseline**. Une telle combinaison permettait en effet de filtrer efficacement les gouttelettes et les particules aéroportées , **filtration qui est double, mécanique et électrostatique** (102).

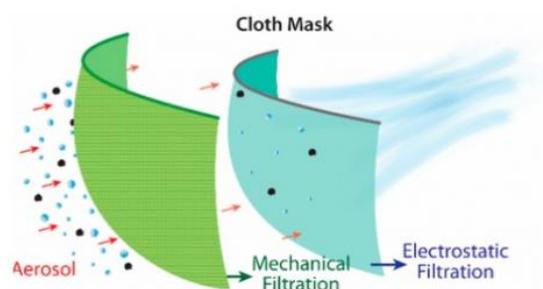


Figure 9 : La combinaison efficace de deux tissus du masque « fait maison »

B- LES MASQUES DE TYPE CHIRURGICAL (103)

1- Définition- Utilisation

Ils sont encore appelés **masques à usage médical, masques de soins, ou masques anti-projections** .

Ce sont des Dispositifs Médicaux de classe 1 qui relèvent de la compétence de l'ANSM (104) , qui doivent avoir le marquage CE et respecter la norme européenne **NF EN 14683** (équivalente à la norme ASTM F2100-19 aux Etats-Unis ou à la norme chinoise YYT 0969-2013 ou YY 0469-2011) (120).

Ils relèvent de la directive européenne 93/42/CEE.

Le masque chirurgical est principalement destiné à **éviter la projection vers l'entourage des gouttelettes émises par celui qui porte le masque** .Il protège également celui qui le porte contre les projections de gouttelettes émises par une personne en vis-à-vis.

En revanche, **il ne protège pas contre l'inhalation de très petites particules en suspension dans l'air** (98).

On distingue trois types de masques de type chirurgical selon leur capacité de filtration (97) :

- Type I efficacité de filtration > 95% des particules de 3 microns
- Type II efficacité de filtration > 98% des particules de 3 microns
- Type IIR efficacité de filtration > 98% des particules de 3 microns
+ protection contre les éclaboussures (R)

Les masques de type chirurgical doivent être réservés en priorité(105):

- aux professionnels de santé
 - . en cas de contact avec un patient présentant des signes d'infection respiratoire (précautions complémentaires « gouttelettes »)
 - . en cas d'infection respiratoire chez eux-mêmes
- aux patients ou résidents en cas de signe d'infection respiratoire et d'exposition aux personnes non protégées (précautions standard)
- aux professionnels de santé et aux patients (cumul de port de masque chez le soignant et le soigné) lors de soins rapprochés en face à face chez un patient suspect ou confirmé d'infection respiratoire telle que la grippe .

En pratique ,les masques de type I sont destinés à un usage général alors que les masques de type II et IIR sont réservés aux professionnels de santé (le type IIR est surtout réservé à ceux intervenant dans les salles d'opération).

2- Description et caractéristiques des masques de type chirurgical

Les masques de type chirurgical sont en général des écrans non stériles de largeur 175 mm (140 pour les masques pédiatriques) sur 95 mm de hauteur , à trois couches superposées : **deux couches de polypropylène (PP) non tissé** de type « Spunbond » aux fibres assez grosses servant de matériau de support enserrant une **couche très filtrante de PP non tissé** de type « Melt-blown ».

Le **Spunbond** est une matière innovante haut de gamme (100% PP non tissé) conçue pour un usage prolongé ou réutilisable. il offre un toucher et un drapé semblable au tissu, une résistance à la déchirure et peut être essuyé. Il est utilisé pour les masques sanitaires mais aussi dans les arts de la table (nappes, sets de table, serviettes) ou pour faire des draps(106).

Le **Melt-blown** est un tissu en PP non tissé 100% **fondue** par un procédé d'extrusion pour qu'il soit filtrant ,on y ajoute des charges électrostatiques lors du procédé de fabrication pour qu'il capte mieux les particules.

Il est utilisé pour les masques chirurgicaux et FFP2 mais aussi dans les couches pour bébés , les vêtements de protection jetables ou les blouses(107).

Les masques de type chirurgical peuvent être de différentes formes : le plus souvent à *plis* (en général trois plis longitudinaux pouvant se déployer) , mais aussi en *bec de canard* ou en *coque moulée*.

Les masques à trois plis sont les plus souvent utilisés et comportent donc trois couches(108):

- une face colorée à porter à l'extérieur (le plus souvent **bleue** , couleur assortie aux tenues du bloc opératoire mais parfois d'une autre couleur)
Cette face a des degrés d'imperméabilité plus ou moins importants selon le type de masque (I, II ou IIR)
D'après la Direction Générale de la Santé , la face colorée extérieure est moins salissante et porte les accroches des élastiques ainsi que les plicatures.
- une face intermédiaire filtrante sans fibres de verre (melt-blown)
- Une face interne blanche plus absorbante et plus confortable au contact de la peau

Ces masques sont tenus sur le visage soit le plus souvent par des **élastiques latéraux** en élasthanne (moins allergisante que le latex) passant derrière les oreilles (facilité de mise en place mais ajustement plus difficile au visage) soit par des **lanières** en non-tissé très doux à nouer derrière la tête (difficulté à mettre en place mais bon ajustement au visage) (98) .

Une barrette nasale métallique et recouverte de plastique permet d'ajuster le masque au niveau du nez , elle est souvent anti-buée(98)



Figure 10 : Masque chirurgical de type II
(2 couches de Spunbond non tissé enserrant une couche de Melt-blown non tissé)

3- Précautions et mode d'emploi

Pour une pose correcte du masque chirurgical , il faut bien respecter les gestes d'hygiène (109):

-avant de mettre le masque, il faut bien se laver les mains avec du savon ou faire une friction hydro-alcoolique(FHA)

-prendre avec les doigts un seul masque, le déplier, le tenir par le haut et passer les doigts dans les élastiques ou sur les lacets

-bien positionner le masque (face bleue imperméable à l'extérieur, face blanche absorbante à l'intérieur au contact de la peau du visage) sur le nez et la bouche en incluant le menton

-accrocher le masque en passant le masque derrière les oreilles ou en nouant les lacets derrière la tête

-modeler la barrette métallique et bien l'ajuster au niveau du contour du nez avec les deux index et ne plus toucher au masque.



MASQUE CHIRURGICAL

Adoptons les bons gestes

Porter un masque chirurgical ne suffit pas si les gestes d'hygiène ne sont pas respectés !



1. Lavez-vous les mains
avec du savon et de l'eau
ou un désinfectant
avant de mettre le masque.



2. Positionnez correctement le masque : à l'arrêt devant le nez, la bouche et menton. Ne laissez le masque se pencher en avant ou à l'arrière sur le nez.



3. Ne touchez plus le devant de votre masque : les mains. Si vous le touchez, évitez de vous toucher les mains.



4. Ne touchez pas votre masque : évitez d'être en contact direct avec le masque, le nez ou le front pour éviter de polluer l'intérieur du masque.



5. Évitez le masque de retomber sur l'avant : les parties avant du masque sont contaminées avant de le porter.



6. Jetez le masque après chaque utilisation : évitez de l'utiliser plusieurs fois. Mettez-le dans une poubelle fermée (en papier ou plastique).



7. Lavez-vous les mains avec du savon ou un désinfectant après avoir jeté le masque.



INRS - Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents de travail et des maladies professionnelles - 125, boulevard de France - 93170 La Plaine St-Denis - 01 49 59 36 00

www.inrs.fr

Figure 11: Mode d'emploi du masque chirurgical (Image INRS)

4- Durée des masques chirurgicaux - Péréemption- Réutilisation

Un masque de type chirurgical est un dispositif médical conçu pour un **usage unique** . ***Il doit être changé dès qu'il est mouillé ou souillé ou détérioré et au moins toutes les quatre heures*** (98)

Les masques de type chirurgical peuvent ne pas comporter de date de péremption. Ils pourront être utilisés après vérification de leur apparence, du bon état des fixations et du bon respect des conditions de stockage (zones sèches et bien ventilées , avec une température comprise entre 15°C et 25°C) .

En cas de doute il convient de contacter l'ARS régionale(98).

Chaque jour, en France, des milliers de masques sont portés avant d'être jetés à la poubelle, ils finissent parfois sur les trottoirs, polluent les rivières , les mers et les océans. Fabriqués à partir d'un dérivé du pétrole (le polypropylène) ils ne sont pas biodégradables.

Le coût économique et écologique dû aux conséquences du port de masques jetables est énorme. Et si les masques jetables étaient lavables et réutilisables?

Tests à l'appui, **Philippe Vroman**, enseignant-chercheur du laboratoire GEMTEX (Génie des Matériaux Textiles) de l'ENSAIT(Ecole Nationale Supérieure des Arts et Industries Textiles) à Roubaix , spécialiste des textiles non tissés, a démontré que les *masques chirurgicaux supportent d'être lavés jusqu'à cinq fois pour une utilisation grand public* (110) .

En effet, d'après lui, grâce au melt-blown (polypropylène fondu) très filtrant de la couche intermédiaire, ces masques perdent leur charge électrostatique après lavage (60°C 30 minutes en machine) mais conservent leur efficacité à filtrer les particules de 3 microns et plus et répondent toujours , **après 5 lavages** , à la réglementation AFNOR UNS1 soit une filtration de plus de 90% de particules de 3 microns retenues(111).

Ces tests ont été réalisés sur des masques de qualité (car il y a beaucoup de masques de contrefaçon) et le chercheur a constaté que le matériau ne se déstructure pas et que leur efficacité reste convaincante (113).

Cependant ,pour AFNOR (Association Française de Normalisation) , ces essais ont le mérite d'ouvrir le débat mais il faut rester vigilant car « rien ne serait pire que d'apporter une fausse confiance avec des qualités altérées, le lavage des masques chirurgicaux n'étant pas prévu par les fabricants »(112).

La Société Française d'Hygiène Hospitalière (SF2H) souligne la fragilité des masques chirurgicaux et rappelle que la qualité de filtration est importante mais que *l'intégrité des élastiques ou des lacets reste primordiale après plusieurs lavages*.

Elle appelle à réserver les masques chirurgicaux aux soignants et à porter un masque en tissu lavable sur le lieu de travail et dans les espaces clos(112).

Le Haut Conseil de Santé Publique (HCSP) et l'Académie de Médecine partagent cet avis et insistent sur le fait que *les masques chirurgicaux sont toujours actuellement à usage unique* (110) dans l'attente des résultats définitifs des études en cours au CNRS et à l'INSERM (126) .

5- Inconvénients des masques chirurgicaux (114)

Actuellement , dans le monde, aucune pathologie ne constitue une contre-indication au port du masque (grand public ou chirurgical) mais dans certains cas le respect de cette mesure barrière peut effectivement se révéler inconfortable ou causer quelques désagréments , surtout après un port de plus de 6 heures:

- Maux de tête qui peuvent survenir surtout avec les masques de type IIR comportant une couche supplémentaire imperméable contre les liquides biologiques .
- Gêne respiratoire en cas de pathologie chronique respiratoire (asthme, insuffisance respiratoire chronique notamment BPCO, syndrome d'hyperventilation respiratoire)

D'après le Professeur Housset, pneumologue au CHI de Créteil, les patients concernés peuvent être gênés voire très gênés par le port du masque qui complique leur respiration mais c'est une *gêne surmontable* et il leur conseille donc de s'habituer à respirer avec un masque en commençant à le porter pendant des périodes courtes.

Par ailleurs , les patients atteints de pathologie respiratoire chronique savent qu'ils n'ont pas trop le choix car sans masque , ils devront rester confinés chez eux .

- Problèmes dermatologiques ou allergiques au niveau du visage

Le visage peut montrer des signes d'intolérance avec le port du masque , souvent pendant de longues heures , pour ceux qui travaillent avec, notamment le personnel hospitalier.

Il y a un « confinement de la peau » qui provoque sur la peau des irritations, des frottements , une prolifération bactérienne due à la chaleur humide produite par la respiration , surtout dans la zone se trouvant sous les yeux, au niveau de l'arête du nez, sous le menton , et derrière les oreilles au contact avec les élastiques.

Cela reste des irritations secondaires bénignes comme une hypersensibilité, des rougeurs , des démangeaisons , une sécheresse cutanée.

Mais il y a une majoration des problèmes cutanés existants à cause de ce confinement de la peau qui entraîne humidité et macération: les pathologies existantes telles que *l'acné, la dermatite séborrhéique, la rosacée* peuvent ainsi s'amplifier.

Un éventuel risque en cas d'un port prolongé et répété du masque est de développer un *eczéma de contact* selon la composition du masque.

Pour supporter le masque sans problème , il faudrait:

- *se rafraîchir le visage régulièrement (par exemple avec un brumisateurs d'eau)*
- *boire beaucoup d'eau et plus souvent*
- *enlever le masque pour une activité sportive*
- *Raser sa barbe (frottement du masque avec les poils de barbe)*
- *Moins se maquiller, éviter les produits cosmétiques parfumés ou contenant des parabens et/ou des conservateurs*
- *Nettoyer sa peau avec un produit à pH neutre ou un peu acide pour rétablir le microbiote cutané*
- *Mettre sur le visage une crème hydratante anti-irritation le matin et une crème cicatrisante le soir*
- *Prendre de la vitamine C (qui renforce la paroi capillaire des petits vaisseaux)*
- *Réduire sa consommation d'aliments sucrés qui stimule la production du sébum*
- *Réduire sa consommation de produits laitiers au lait de vache cru(déconseillés en cas d'eczéma ou d'acné)*
- *Préférer les masques chirurgicaux ou les masques grand public de couleur neutre, pâle (plus respirants, donc plus confortables)*

Cependant, dans l'ensemble , le port du masque ne peut entraîner que quelques inconvénients sans gravité et d'après le Docteur Epstein, allergologue à Paris, « l'allergie au masque est exceptionnelle et n'est pas un motif de consultation fréquent ».

L'allergie au latex des élastiques peut exister mais le latex est souvent remplacé par l'élastanne (dérivé du polyuréthane et encore appelé spandex ou lycra) beaucoup moins allergisant que le latex.

C- LES MASQUES OU APPAREILS DE PROTECTION RESPIRATOIRE

1-Définition-Utilisation (98)(115)

Un masque de protection **FFP** (pour Filtering Facepiece Particle , littéralement Pièce Faciale Filtrante contre les Particules) ,aussi appelé Appareil de Protection Respiratoire (APR) de type filtrant, est **destiné à protéger celui qui le porte contre l'inhalation à la fois de gouttelettes et de particules en suspension dans l'air.**

C'est un **Équipement de Protection Individuelle (EPI)** dépendant du Ministère du Travail, utilisé par le personnel soignant pour se protéger contre les contaminations mais aussi par toute personne que le travail expose à des particules fines (sciure de bois, ponçage, limailles métalliques, démolition, désamiantage par exemple).

De type demi-masque (couvrant le nez, la bouche et le menton) ,et se composant d'une pièce faciale et d'un dispositif de filtration, ce masque FFP est soumis au respect des normes et des tests d'efficacité (taux de filtration, taux de fuite vers l'intérieur).

La norme **NF EN 149:2001+A1: 2009** définit ainsi trois catégories de masques FFP qui relèvent de la Directive européenne 89/686/CEE:

- Les masques FFP1 filtrant au moins 80% des aérosols de taille moyenne 0,6 microns (fuite totale vers l'intérieur < 22%)
Ils sont principalement utilisés comme *masques anti-poussière* , très efficaces pour le bricolage et les travaux divers, et assurent une protection respiratoire suffisante dans le bâtiment et l'industrie agro-alimentaire

Les fabricants utilisent des *élastiques de couleur jaune* pour les identifier.

- Les masques FFP2 filtrant au moins 94% des aérosols de taille moyenne 0,6 microns (fuite totale vers l'intérieur < 8%)
Ces masques permettent une protection dans divers domaines tels que l'industrie du verre, la fonderie, le bâtiment, l'industrie pharmaceutique, l'agriculture , **la Santé**.

Actuellement , dans le contexte de crise sanitaire, *les masques FFP2 sont prioritairement réservés aux professionnels de santé pour se protéger contre l'inhalation des micro-organismes tels que les virus (grippe, coronavirus entre autres) et les bactéries (tuberculose , peste..).*

Les fabricants utilisent des *élastiques de couleur blanche ou bleue* pour les Identifier

- Les masques FFP3 filtrant au moins 99% des aérosols de taille moyenne 0,6 microns (fuite totale vers l'intérieur < 2%)

Ce sont les masques FFP les plus filtrants qui offrent une protection contre de très fines particules d'amiante (asbestose) ou de silice (silicose) mais pas contre les gaz nocifs comme ceux émis par les véhicules en ville tels que les oxydes d'azote ou le monoxyde de carbone (utiliser alors un masque à gaz)

Ces masques FFP3 , très utilisés dans l'industrie chimique, **offrent aussi une protection efficace dans des procédures médicales qui génèrent des aérosols** telles que l'intubation endotrachéale, la bronchoscopie, la ventilation non-invasive, la trachéotomie.

Les fabricants utilisent des *élastiques de couleur rouge* pour les identifier.

2- Description- Caractéristiques des masques FFP2 et FFP3 (116)(117)

Ils sont de formes et d'aspects différents :

- ils peuvent être munis d'une **soupape expiratoire ou non**
- La pièce faciale peut avoir une forme de **coque**, de **bec de canard** , ou être conçus en **2 ou 3 plis** .
- Ils peuvent aussi être munis ou non d'un **joint facial** .

Il existe pour certains modèles plusieurs tailles afin que leur efficacité puisse être maximale(mais pas de masque FFP pour les enfants)

Pour qu'un masque FFP soit étanche, il faut *qu'il soit adapté à la morphologie du visage de celui qui le porte et correctement ajusté au visage.*

Pour vérifier que le masque est bien adapté à son utilisateur , on réalise le **Fit-Test** (test d'ajustement) qui peut être qualitatif ou quantitatif :

- test qualitatif: basé sur la perception du goût sucré ou amer à travers le masque . Toute fuite au niveau du visage se manifeste par la perception du goût travers le masque
- test quantitatif : mesure de la concentration en particules à l'intérieur et à l'extérieur du masque ; toute fuite au niveau du visage se traduit par une augmentation de la concentration en particules à l'intérieur du masque.

Pour vérifier le bon ajustement du masque, il existe un test appelé **Fit-Check**(vérification d'ajustement):en l'absence de fuite, à l'inspiration forcée, avec une feuille plastique ou les mains en coquille sur le masque, le masque se plaque légèrement sur le visage.



Figure 12: masques FFP2 « en bec de canard » (à gauche) et FFP2 « à plis » (à droite)



Figure 13: masque FFP2 « en coque »



Figure 14: masque FFP3 en coque avec soupape

Les masques FFP2 ou FFP3 sont des demi-masques filtrants non stériles dont les dimensions diffèrent selon qu'ils sont « **en bec de canard** » (240x90mm) , « en **coque** » (160x105 mm) ou à « **2 ou 3 plis** » (175x 95 mm)

La pièce faciale se compose **d'au moins 4 couches** superposées de l'extérieur vers l'intérieur (118) :

- *Une couche externe en spunbond (Polypropylène ou PP) non tissé imperméable protectrice.*
- *Une première couche intermédiaire de spunbond tribochargé de type feutre , réalisé à base d'au moins deux types différents de fibres aptes à délivrer au tissu des charges électriques opposées renforçant la filtration.*
- *Une deuxième couche intermédiaire de melt-blown réalisée en une nappe non tissée (microfibres de PP soufflées à l'état fondu) et chargée en électricité statique pour être très filtrante.*
- *Une couche interne en contact avec le visage , en spunbond non tissé , non irritante et confortable.*

Les masques FFP3 ont une *couche supplémentaire de melt-blown intermédiaire* pour optimiser encore la filtration du masque , ce qui les rendent assez épais . Aussi la majorité d'entre eux sont proposés avec une soupape d'expiration pour faciliter la respiration.

Tous les masques disposent d'une **barrette nasale en acier recouverte de polypropylène** avec une couche de confort et d'étanchéité en polypropylène sous la barrette. **Les élastiques de maintien** sont double , sans latex, en spandex (élastanne ou lycra) donc non allergisants .

3- Précautions-Mode d'emploi (119)

Toujours consulter les notices d'emploi fournies par les fabricants:

- *ajuster les masques de protection: dépliage complet, liens élastiques bien en place, barrette nasale bien positionnée et ajustée*
- *une fois mis en place, ne plus manipuler le masque car il existe un risque de contamination de celui-ci et une contamination des mains.*
- *Une fois enlevé, le masque ne doit plus être réutilisé.*
- *Le masque doit être changé immédiatement en dehors de la présence du patient chaque fois qu'il est mouillé, souillé, ou mal positionné sur le visage*

Si utilisation du masque vis à vis d'un risque infectieux:

- *pratiquer un lavage simple ou une friction hydro-alcoolique des mains avant et après chaque changement de masque*
- *éliminer le masque dans la filière des DASRI (Déchets d'Activité de Soins à Risque infectieux)*

4- Durée d'utilisation- Péremption- Réutilisation

Un masque FFP retiré ne doit pas être réutilisé.

La durée de port doit être conforme à la notice d'utilisation . Dans tous les cas , elle **ne sera pas supérieure à 8 heures** sur une seule journée (98).

Les masques FFP sont sujets à un vieillissement naturel , c'est pourquoi ils ont une date de péremption au delà de laquelle leur efficacité n'est plus garantie.

Dans le contexte de la crise sanitaire actuelle et de la pénurie de masques FFP2 en mars 2020 , le Ministère du Travail a autorisé l'utilisation des stocks de masques FFP2 dont la date de péremption n'excède pas 24 mois sous certaines conditions(98):

- *les masques doivent avoir été stockés dans des conditions conformes à celles prévues par le fabricant ou le distributeur*
- *l'intégrité des conditionnements, l'apparence des masques (couleur d'origine), la solidité des élastiques et de la barrette nasale doivent avoir été vérifiées par examen visuel*
- *Un essai d'ajustement au visage doit être réalisé.*

Le manque de masques a pu conduire certains pays à autoriser la décontamination de ces masques pour les réutiliser , notamment:

Aux Etats-Unis: décontamination et réutilisation des N95 (équivalents aux FFP2)

- **décontamination par le peroxyde d'hydrogène en phase vapeur** : c'est le cas de l'entreprise BATTELLE basée dans l'Ohio qui a obtenu la certification de la FDA (Food and Drug Administration) lui permettant de décontaminer jusqu'à 80 000 masques par jour pendant 20 fois pour 20 réutilisations (121).
- **décontamination par les rayons UV** dans plusieurs hôpitaux du Nebraska (122)
- **décontamination à la chaleur sèche 30 minutes 75°C** , ou par **passage à la vapeur d'eau 10 minutes 60°C et 80% d'humidité** ou **exposition aux UV** à 254 nm, 8 volts, pendant 30 minutes (étude de l'Université de Stanford) (123, 124).

Dans tous les cas, les deux conditions primordiales pour la réutilisation sont :

- *la préservation des propriétés filtrantes*
- *Le respect de l'ajustement au visage*

Au Canada, le choix de l'Institut National de Santé Publique du Québec (INSPQ) s'est porté , sur la **décontamination par la vapeur de peroxyde d'hydrogène et l'irradiation ultraviolette** avec un pré-nettoyage nécessaire pour enlever les films biologiques et organiques (129) pour décontaminer et réutiliser les masques N95.

Au Japon

Akiba et son équipe de Hackerfarm ont développé avec leur projet baptisé *Hyjeia* (déesse de l'hygiène) un système peu onéreux de **décontamination et de stérilisation des masques N95 (FFP2) par irradiation germicide ultraviolette** ,qui peut être mis à la portée des petites unités hospitalières , centre de soins ou maisons de santé(130).

En France , actuellement les masques chirurgicaux et FFP2 doivent être jetés après quelques heures seulement d'utilisation (4 heures maximum pour les chirurgicaux, 8 heures maximum pour les FFP2)

Cependant, depuis le mois de mars 2020, un **consortium** (*Task Force*) mis en place par le CNRS , le CEA , l'INSERM et l'ANSES , avec la collaboration de plusieurs CHU et Universités , a *lancé une vaste enquête afin de trouver la meilleure méthode pour désinfecter et réutiliser les masques chirurgicaux et les masques FFP2* (entretien avec le Professeur Philippe Cinquin du CNRS de Grenoble) (128). Pour ces médecins, scientifiques et industriels, l'enjeu est double: éliminer la charge virale des masques tout en conservant leur capacité filtrante donc protectrice et pouvoir ainsi réutiliser les masques .

Les premiers résultats obtenus montrent que les masques chirurgicaux conservent leurs performances après un **lavage avec détergent jusqu'à 95°C** , avec **l'autoclave** (vapeur d'eau) et les **rayons gamma**, avec une perte d'efficacité de filtration inférieure à 2%.

Quant aux masques FFP2, ils conservent leurs performances après un traitement avec de **l'oxyde d'éthylène** (gaz) mais non avec les rayons gamma.

Olivier Terrier du CNRS de Tours vient aussi de démontrer que la **chaleur sèche à 70°C** détruit très efficacement une charge virale calibrée déposée sur des masques chirurgicaux et FFP2.

Mais ce ne sont encore que des résultats préliminaires et les recherches continuent. Par ailleurs, la *Task Force* française vient de rejoindre la *Task Force* internationale « ReUse » qui travaille sur les mêmes sujets et avec laquelle elle va partager tous ses résultats.

5 - Inconvénients et effets indésirables des masques FFP (98)

Le port d'un masque de type FFP est beaucoup plus contraignant (inconfort thermique, résistance respiratoire) qu'un masque chirurgical.

Les inconvénients et les effets indésirables dus au port de ce type de masque sont nombreux, parmi lesquels:

- Une seule taille ne peut convenir à toutes les morphologies du visage

Certains modèles de FFP2 ou FFP3 sont disponibles en 2 ou 3 tailles. Il convient de réaliser un *essai d'ajustement* (Fit Test) pour vérifier que le modèle soit adapté au porteur, cet essai peut être qualitatif ou quantitatif :

-essai qualitatif : 7 exercices à la suite : respirer normalement, respirer profondément, tourner la tête de droite à gauche, hocher la tête de haut en bas, parler à haute voix, se pencher en avant, respirer normalement.

-essai quantitatif : le résultat de mesure de chaque exercice doit être supérieur à un coefficient d'ajustement minimum recommandé.

Ces essais d'ajustement sont menés par une personne compétente en protection respiratoire comme le prestataire de service, le vendeur de masque FFP ou le chargé de prévention de l'entreprise.

- Problème de communication et d'audition

Tous les APR entravent la communication, le son étant amorti.

Le bruit engendré par les débits d'air des appareils avec soupape gêne aussi l'audition. Parler dans un FFP2 ou FFP3 peut nuire à l'étanchéité du masque et augmente le débit d'air de pointe.

- Contrainte thermique

En cas de forte chaleur, le port d'un FFP2 ou FFP3 peut causer des sensations d'inconfort, (hausse de température sous le masque, accumulation de condensation, hausse de l'humidité à l'intérieur du masque, vision obstruée, irritation cutanée, maux de tête).

Cela pourrait affecter des paramètres physiologiques comme *l'augmentation de la fréquence respiratoire et/ou de la fréquence cardiaque*.

Les conditions d'ambiance thermique , notamment l'humidité ambiante et une température de l'air élevées sont susceptibles d'accentuer ces sensations d'inconfort.

L'INRS recommande une **durée de port d'affilée maximale d'une heure pour les APR de type FFP** et atténuer l'inconfort lié à la chaleur en s'hydratant régulièrement , en refroidissant le front et le cou même en portant le masque.

Dans une ambiance très froide , la buée se condense sur les masques et la rigidité de certains matériaux induite par le froid peut diminuer l'étanchéité du masque.

- **Avantage et Inconvénient de la soupape d'expiration**

Les facteurs limitant la tolérance au port des APR type FFP2 et FFP3 sont essentiellement *la résistance respiratoire* et *la chaleur à l'intérieur du masque* .

La présence d'une *soupape (ou valve expiratoire)* permet de réduire la résistance lors de l'expiration et ainsi d'améliorer le confort de l'utilisateur.

Cette valve ne laisse passer l'air qu'au moment de l'expiration ,se ferme à l'inspiration et ne permet donc pas la pénétration des particules de l'air dans le masque. L'efficacité pour le porteur est donc identique à celle apportée par un masque sans soupape.

En revanche , *l'air expiré par le porteur à travers la soupape n'est pas filtré et est susceptible de contaminer l'environnement extérieur* .

III- EFFICACITE DES MASQUES DE PROTECTION

A- EFFICACITE DES MASQUES EN TISSU DITS « GRAND PUBLIC » OU « FAITS MAISON » (98)

Ces masques n'ont pas été soumis à l'ensemble des tests d'efficacité prescrits par les normes en vigueur .

Le peu d'études scientifiques sur les performances de filtration de ces masques montrent une **efficacité de filtration toujours inférieure à celle des masques chirurgicaux.**

Une étude chez le personnel hospitalier a également montré que *le risque d'infection respiratoire était plus important dans le groupe portant un masque en tissu que dans le groupe portant un masque chirurgical (138).*

Face à la pénurie des masques , ces masques en tissu permettent d'éviter malgré tout la projection vers l'entourage des gouttelettes émises par celui qui porte le masque et protègent également celui qui porte le masque contre la projection de gouttelettes émises par une personne en vis-à vis.

Les entreprises , après mise en oeuvre des mesures de protection collective et organisationnelle permettant d'assurer la santé et la sécurité de leurs salariés devront évaluer si la mise à disposition de masques en tissu est suffisante et adaptée aux risques résiduels encourus aux postes de travail .

1-Les entreprises et les laboratoires se sont mobilisés pour sélectionner les matières susceptibles de permettre la réalisation des masques alternatifs efficaces.

C'est le cas de **Abhiteja Konda et de son équipe à l'Université de Chicago qui ont évalué en avril 2020 l'efficacité de filtration et la respirabilité offertes par différentes combinaisons de couches de tissus** pour guider la confection de masques artisanaux en tissu.

Les essais ont été réalisés sur des échantillons de tissus placés entre une chambre munie d'un générateur de particules aérosols de chlorure de sodium (NaCl) et une chambre de collecte basse pression .

L'efficacité de filtration a été évaluée pour une large gamme de taille des particules (10nm- 6 microns) .

Leurs conclusions sont les suivantes(102):

- **Les matériaux de faible porosité et finement stressés** sont à privilégier;
- Le **coton 600 TPI** (Threads Per Inch = fils par pouce) apporte une protection satisfaisante pour des particules supérieures à 300 nm (0,3 microns) par filtrage mécanique;
- La **soie naturelle, la mousseline de coton et la flanelle** (tissu duveteux doux au toucher , à l'origine en laine cardée et maintenant en coton peigné) offrent une bonne protection vis-à-vis des particules les plus petites(< à 0,3 microns) par filtrage électrostatique;
- La superposition de 2 de ces 3 types de tissus (**1 couche de coton à forte densité de fibres et 2 couches de soie naturelle ou de mousseline**) offre une bonne protection dans la gamme de particules testées ;
- **La bonne adaptation du masque au visage est un élément déterminant de son efficacité** : une mauvaise adaptation au visage (modélisée par un trou) réduit de 60% l'efficacité de la filtration

2- En avril 2020, Elisabeth Mahase , dans le **British Medical Journal (BMJ)** fait une mise au point sur les masques en tissu et leur efficacité(135).

Elle rappelle tout d'abord les recommandations récentes du CDC , à savoir:

- Port de masque en tissu dans les lieux clos où la distanciation physique est difficile à respecter (exemple supermarchés, pharmacies)
- Pas de port de masques chirurgicaux ou de N95 (équivalents FFP2) pour la population générale car ces masques doivent être réservés aux soignants en période de pénurie.
- Comment faire un masque maison? Utiliser un tissu de coton tissé serré comme du tissu matelassé, des draps en coton ou du tissu pour T-shirt.
- Proposition de fabrication de masques avec ou sans couture au milieu , ou encore avec un bandana et un filtre à café.

Elle aborde ensuite la question de l'efficacité des masques en tissu:

- Les preuves ne sont pas suffisamment solides pour soutenir l'utilisation généralisée des masques en tissu en tant que mesure de protection contre les virus respiratoires tels le virus grippal ou le Sars-Cov-2
- cependant il y a **suffisamment de preuves pour soutenir l'utilisation de masques en tissu pendant de courtes périodes** par des individus particulièrement vulnérables lorsqu'ils sont dans des situations transitoires à haut risque.

Le port du masque à grande échelle peut-il avoir des effets négatifs?

D'après Mahase , la réponse est oui s'il compromet l'accès aux masques pour les personnes les plus exposées notamment les soignants .

Elle rappelle enfin les recommandations de l'OMS (WHO) à savoir:

- port de masques chirurgicaux réservés aux soignants
- Actuellement aucune preuve que le port d'un masque (médical ou autre) par des personnes en bonne santé en ville y compris le masquage communautaire universel puisse les empêcher d'être infectés par des virus respiratoires tels le virus grippal ou le Sars-Cov-2 .
- Attention au faux sentiment de sécurité avec un ***masque en tissu qui ne serait que partiellement efficace.***

3- Une étude menée par l'équipe de Ma Qing-Xia (publiée en Avril 2020) a testé l'efficacité de trois types de masques et de l'essuyage des mains en utilisant le virus atténué de la grippe aviaire H5N1 comme modèle du Sars-Cov-2 (virus enveloppés, sphériques, pléomorphes, de diamètre 80 à 120 nm) :

- l'essuyage des mains avec une serviette trempée dans de l'eau contenant du savon en poudre ou du chlore actif permet de réduire la quantité de virus (98,3% de réduction avec le savon, 96,62% de réduction avec 0,025% de chlore actif, et 99, 98% avec 0,25% de chlore actif)
- *le masque N95 (équivalent FFP2) bloque 99, 98% du virus*
- *le masque chirurgical bloque 97,14% des particules virales*
- *le masque « fait maison » (1 couche de tissu polyester et 3 couches de papier essuie-tout) a bloqué 95,15% du virus.*

Cette étude suggère donc ***qu'en période de pénurie de masques et de désinfectants, des masques « faits maison » et du savon en poudre peuvent être une alternative temporaire .***

Les auteurs proposent avec ces données, ***le port de masque couplé à un lavage de mains pour freiner la propagation des virus respiratoires (136).***

4- Une autre étude conduite par l'équipe de Kabindra Shakya (publiée en Mai 2017) a examiné l'efficacité de quatre types de masques (trois types de masques en tissu et un type de masque chirurgical) couramment portés dans les pays en voie de développement car peu onéreux(137).

Cinq tailles de sphères d'aérosol mono-dispersées (30, 100 et 500 nm ainsi que 1 et 2,5 microns) ont été utilisés pour évaluer la performance du masque facial.

Parmi les 3 types de masques en tissu, un masque en tissu avec soupape d'échappement a donné les meilleurs résultats avec une efficacité de filtration de 80 à 90% pour les tailles de particules de latex de polystyrène (PSL) mesurées. *Ce type de masque était d'efficacité presque similaire à un masque chirurgical.*

Deux styles de masques en tissu disponibles dans le commerce étaient les moins efficaces avec une efficacité de filtration de 39 à 65 % pour les particules de PSL et ils fonctionnaient mieux à mesure que la taille des particules augmentait.

La performance du masque N95 standard a été utilisée comme témoin pour comparer les résultats avec les masques en tissu.

Les résultats suggèrent que:

- les masques en tissu ne sont que marginalement efficaces pour protéger les individus contre les particules < à 2,5 microns.
- **Les masques chirurgicaux jetables sont plus efficaces que les masques en tissu lavables pour réduire l'exposition aux particules.**

5-L'utilisation des masques en tissu est très répandue dans le monde , surtout dans les pays en voie de développement à haut risque d'infections émergentes mais il n'existe pas de réelles études d'efficacité pour soutenir cette utilisation.

Aussi, en 2015, Raina MacIntyre, Holly Seale , Abrar Chughtai et leur équipe ont publié **la première étude clinique randomisée prospective** (Prospective Randomized Clinical Trial) pour **comparer l'efficacité des masques en tissu avec celle des masques chirurgicaux** portés par le personnel soignant (1607 personnes) de 14 hôpitaux de la région de Hanoi au Vietnam (138).

Les masques en tissu testés sont des masques fabriqués localement avec une double couche de coton. Le personnel soignant est réparti en 3 groupes:

- un groupe (569 soignants) portant les masques en tissu , lavables tous les jours avec de l'eau et du savon après le service (2 par jour).
- Un groupe (580 soignants) portant les masques chirurgicaux (fabriqués localement avec 3 couches en matériau non tissé) jetables toutes les 4 heures.
- Un groupe contrôle (458 soignants) avec des pratiques standard d'hygiène , y compris port de masque (37% ont utilisé un masque chirurgical, 8% un masque en tissu, 53% les 2 sortes de masques, 3 soignants ont utilisé un masque FFP2 et 2 soignants sans masque)

Les chercheurs ont mesuré pendant 4 semaines le taux d'infection respiratoire clinique, le taux de syndrome pseudo-grippal et le taux d'infection respiratoire virale confirmée en laboratoire par le test RT-PCR.

Les taux d'infection respiratoire clinique et de syndrome pseudo- grippal ont été les plus élevés dans le groupe portant les masques en tissu et ils sont très significativement élevés par rapport au groupe portant les masques chirurgicaux et au groupe contrôle.

Le taux d'infection virale confirmée en laboratoire est aussi le plus élevé dans le groupe portant les masques en tissu.

La pénétration des masques en tissu par les particules infectieuses est presque de 97% contre 44% pour les masques chirurgicaux .

La rétention d'humidité, la réutilisation des masques en tissu (probablement mal lavés et mal séchés malgré un mode d'emploi distribué) et leur faible capacité de filtration peuvent conduire à un risque élevé d'infections.

Par mesure de précaution, **les chercheurs recommandent de ne pas faire porter des masques en tissu par les personnels de santé.**

Ces recommandations rejoignent celles de la SF2H dans son dernier avis daté du 14 Mars 2020 : **en milieu de soins**, elle recommande « **de ne pas utiliser d'autres types d'écrans à la place des masques chirurgicaux** (masques en tissu, masques en papier, chiffon noué derrière la tête) du fait des données scientifiques rares concernant leur efficacité (98).

Tableau n° 1 récapitulatif de l'efficacité des masques en tissu en annexe page 143.

B- EFFICACITE DES MASQUES CHIRURGICAUX

Les masques chirurgicaux de type I (filtration > à 95% des particules de 3 microns) sont très utilisés par le grand public (grâce aux importations massives) alors que ceux de type II et IIR sont réservés au personnels de santé(filtration > à 98% des particules de 3 microns).

1- Trois groupes de chercheurs ont démontré que le port de masque chirurgical couplé au lavage des mains permet de réduire la transmission du virus grippal.

a- Ainsi en 2009, des chercheurs de l'Université de Hong Kong démontrent, lors d'un essai randomisé ciblé dans 259 ménages, que **le lavage des mains couplé au port de masque chirurgical permet de prévenir la transmission du virus grippal** (139).

Le lavage des mains seul réduit déjà la transmission du virus grippal mais par rapport au groupe contrôle , la réduction n'est pas significative alors que son couplage avec le port de masque chirurgical permet une réduction significative de la transmission du virus grippal , mesurée par le test RT-PCR.

b-Dans une épidémie ou une pandémie de grippe pouvant provoquer des infections respiratoires aiguës graves , les antiviraux et la vaccination peuvent parfois se révéler insuffisants pour prévenir ou limiter sa propagation.

Pour le **Professeur Tom Jefferson** , épidémiologiste et chercheur à l'Université d'Oxford au Royaume-Uni, de simples et peu onéreuses interventions physiques telles **l'isolement, la distanciation sociale, le lavage des mains et le port d'un masque peuvent interrompre ou tout au moins réduire la propagation des virus respiratoires** (142) .

Avec son équipe, il a fait en **2011 la revue de 67 études** incluant des essais randomisés contrôlés et des études observationnelles:

- Parmi les mesures d'hygiène, **le lavage des mains simple avec du savon et de l'eau**, notamment chez les jeunes enfants, permet de réduire significativement la transmission du virus aux autres membres de la famille.
Il n'est pas nécessaire d'ajouter un virucide ou un antiseptique au lavage normal car leur efficacité est incertaine.
- La mise en place de gestes barrières tels **l'isolement ou le port de masque** est efficace pour contenir la propagation d'un virus respiratoire épidémique ou pandémique. **Les masques N95 sont supérieurs en capacité de filtration** par rapport aux masques chirurgicaux (efficacité 91% contre 68% pour les masques chirurgicaux) mais ils sont plus onéreux, leur port est plus inconfortable et ils sont plus irritants pour la peau du visage.

c- Des médecins de l'Institut de Santé Publique de l'Université Weill Cornell au Qatar ont étudié en **septembre 2020** l'efficacité des masques chirurgicaux dans le grand public pour prévenir la transmission de la grippe, d'un syndrome pseudo-grippal ou d'une infection respiratoire causée par un Coronavirus tel que le Sars-Cov-1 ou le Sars-Cov-2.

Leur méta-analyse qui inclut **12 études primaires** sur l'efficacité des masques chirurgicaux démontre que le **port de masque chirurgical réduit significativement le risque de transmission de ces infections respiratoires** (OR=0,66 95% intervalle de confiance de 0, 54 à 0, 81) .

Parmi ces 12 études, 10 essais cliniques suggèrent que **l'incidence d'une infection respiratoire est encore plus basse avec un port de masque chirurgical conforme et précoce combiné à un lavage des mains intensif** (159).

2- En Avril 2020, dans une revue systématique et méta-analyse de la littérature publiée avant mars 2020, **Mingming Liang et son équipe évaluent l'efficacité des masques dans la prévention de la transmission des virus respiratoires tels les virus grippaux**(140)

21 études sont incluses dans la méta-analyse, la plupart conduites en Asie, **12 études ont porté sur les virus grippaux**, les autres sur les Coronavirus.

La méta-analyse indique que :

- *les masques ont un effet protecteur significatif contre le risque de contracter une infection respiratoire virale*
- *Le port de masque par les soignants et les non soignants peut réduire le risque d'infection respiratoire virale respectivement de 80% et 47% (la différence étant expliquée par une moins bonne adhésion au port de masque chez les non-soignants)*
- *L'effet protecteur du port de masque en Asie semble plus élevé que dans les pays occidentaux (probablement par suite d'une plus grande discipline en Asie)*
- **Les masques ont un effet protecteur contre les virus grippaux**, le Sars-Cov-1 et le Sars-Cov-2 de la pandémie actuelle (Covid-19)

Cette étude apporte un élément de preuve supplémentaire du rôle protecteur des masques même si l'absence de distinction entre masques chirurgicaux et appareils de protection respiratoire (APR) n'est pas commentée.

3-Jean-Christophe Lucet et son équipe à l'hôpital Bichat à Paris, dans un article paru le **14 Avril 2020** expliquent **l'efficacité du masque chirurgical contre la transmission de la majorité des agents viraux respiratoires** (tels les virus grippaux) , y compris les Coronavirus et très probablement le Sars-Cov-2.

D'après eux, **les masques chirurgicaux suffisent pour protéger les soignants dans la plupart des gestes de soins à l'exception de ceux impliquant des manoeuvres invasives** respiratoires et ORL qui génèrent des aérosols et requièrent alors des masques FFP2 (141)

4- Deux groupes de chercheurs ont montré que l'efficacité des masques chirurgicaux n'est pas inférieure à celle des APR N95 dans la prévention contre la transmission du virus grippal.

a-Ainsi, une **équipe américaine dirigée par Lewis Radonovich Jr du CDC** , dans un essai clinique randomisé, a comparé **l'efficacité des masques chirurgicaux par rapport aux APR N95** dans la prévention du personnel soignant contre la grippe et d'autres infections respiratoires virales (143) .

L'étude d'efficacité randomisée a été menée pendant 4 ans de **2011 à 2015** dans 137 sites de patients ambulatoires situés dans 7 Centres médicaux américains .
Chaque année pendant ces 4 ans, l'étude est réalisée pendant 12 semaines en hiver où existe un pic de maladies respiratoires virales y compris la grippe.
Les participants sont répartis en 2 groupes, un groupe portant l'APR N95 , un groupe portant le masque chirurgical .

Le critère primordial à comparer est l'incidence de la grippe confirmée par le laboratoire .

Les critères secondaires à comparer incluent l'incidence des maladies respiratoires aiguës, les infections respiratoires documentées , les syndromes pseudo-grippaux.

Sur 2371 participants, les résultats sont les suivants:

- 8,2% de soignants dans le groupe N95 ont contracté la grippe contre 7,2% dans le groupe masque chirurgical (non significatif , $p= 0,18$)
- Les masques N95 (proches de nos FFP2) et les masques chirurgicaux n'ont entraîné aucune différence significative dans l'incidence de la grippe confirmée au laboratoire par le test RT-PCR

En conclusion , les masques N95 n'ont pas montré une efficacité supérieure aux masques chirurgicaux dans cette étude.

b- Dans le même ordre d'idée , en **2008**, l'équipe canadienne de **Mark Loeb**, de l'Université Mac Master de Hamilton dans la région d'Ontario au Canada , **a comparé l'efficacité des masques chirurgicaux par rapport à celle des masques N95 comme protection contre la grippe** chez les infirmières travaillant dans les hôpitaux de soins tertiaires dans l'Ontario (145).

446 infirmières ont participé à l'essai randomisé contrôlé, 225 ont reçu le masque chirurgical , 221 le masque N95 lors de soins à des patients atteints d'infection respiratoire fébrile pendant la saison grippale de 2008-2009.

L'infection grippale (mesurée par le test RT-PCR en laboratoire) a touché 50 infirmières dans le groupe masque chirurgical soit 23, 6% et 48 infirmières dans le groupe masque N95 soit 22, 9% , la différence n'est donc pas significative entre les 2 groupes ($p= 0, 86$)

En conclusion, parmi les infirmières des hôpitaux de soins tertiaires dans l'Ontario, ***l'utilisation de masques chirurgicaux ne montre pas une efficacité inférieure à celle de masques N95.***

5- Trois équipes de chercheurs ont testé l'efficacité des masques chirurgicaux à filtrer les virus respiratoires et à réduire le rejet de particules virales dans la transmission par aérosols

a- C'est ce qu'ont fait des **chercheurs de l'Université de Hong Kong** dans un essai randomisé , masque chirurgical versus sans masque où l'on mesure l'excrétion virale (la charge virale) dans les échantillons de gouttelettes respiratoires et d'aérosols (144).

Les patients ont été recrutés dans une clinique privée de Hong Kong entre **2013 et 2016** avec focus sur les virus hivernaux : Coronavirus saisonniers, Virus grippal, Rhinovirus. 246 patients ont été inclus dans l'essai, avec ou sans masque et ont fourni un échantillon d'air expiré.

L'infection respiratoire a été confirmée par RT-PCR chez 123 participants dont 111 correspondaient au focus de l'étude (17 avec Coronavirus, 43 avec grippe, 54 avec Rhinovirus et 3 cas de co-infections)

Détection de l'ARN viral dans les gouttelettes:

- Coronavirus présents dans 30% des prélèvements sans masque (3/10) et absents des prélèvements avec masque (0/11) (significatif p=0,09)
- **Virus grippaux présents dans 26% (6/23) des prélèvements sans masque et 4% des prélèvements avec masque (1/27) (significatif p= 0,04)**
- Rhinovirus présents dans 28%(9/32) des prélèvements sans masque et 22% des prélèvements avec masque (6/27) (non significatif p= 0, 77)

Détection de l'ARN viral dans les aérosols:

- Coronavirus présents dans 40% (4/10) des prélèvements sans masque et absents des prélèvements avec masque (0/11) (significatif p= 0,04)
- **Virus grippaux présents dans 35% (8/23) des prélèvements sans masque et 22% (6/27) des prélèvements avec masque (non significatif p= 0, 36)**
- Rhinovirus présent dans 56% (19/34) des prélèvements sans masque et 38% (12/32) des prélèvements avec masque (non significatif p= 0,15)

Les résultats indiquent que la **transmission par aérosols** est un **mode potentiel** de transmission aussi bien pour les Coronavirus que pour **les virus grippaux** et les Rhinovirus, virus de la saison hivernale identifiés dans l'air expiré et les toux chez les enfants et les adultes atteints d'infection respiratoire aiguë.

L'étude a montré que le port de masque facial chirurgical chez les patients peut permettre la réduction significative de l'émission de particules du virus grippal dans l'environnement sous forme de gouttelettes respiratoires mais peu de réduction dans les aérosols.

Cette étude confirme :

- **la transmission possible des Coronavirus et des virus grippaux par aérosols en plus des gouttelettes**
- **et l'efficacité des masques chirurgicaux portés par les malades pour prévenir la transmission de l'infection virale.**

b- Le CDC recommande le port de masque chirurgical chez les patients atteints de grippe pour réduire la transmission de l'infection au personnel soignant et aux autres patients et dans un récent article, il suggère que le masque chirurgical peut capturer les grosses particules virales.

Cependant, il y a très peu de données concernant la propagation du virus grippal par aérosol, la contagiosité des aérosols expirés et l'impact des masques chirurgicaux sur le rejet d'aérosols provenant de patients pendant la grippe saisonnière.

Dans ce contexte, **Donald Milton, de l'Université du Maryland aux Etats-Unis**, et ses collaborateurs (154), ont collecté des échantillons de particules expirées provenant de 37 volontaires 5 jours de suite pendant la grippe saisonnière :

- Recueil de 2 échantillons par volontaire , un échantillon avec masque chirurgical et un échantillon sans masque
- Recueil de particules de 2 tailles différentes (grosses > à 5 microns, fines < ou égales à 5 microns)
- Mesure du nombre de copies virales par RT-PCR et culture des particules fines.

Dans leur étude observationnelle publiée dans Public Library of Science en Mars 2013, les auteurs ont démontré que:

- ***la transmission de la grippe par aérosol joue un rôle très important pendant une épidémie saisonnière*** : les particules fines contiennent 8, 8 fois plus de copies virales contagieuses que les grosses gouttelettes
- ***Le masque chirurgical porté par les patients atteints de grippe réduit l'excrétion des copies virales*** : réduction de 2,8 fois dans les fines particules et de 25 fois dans les grosses gouttelettes.

c- Catherine Makison Booth et ses collaborateurs du Laboratoire d'Hygiène et de Sécurité (Health and Safety Laboratory- HSL) à Buxton dans le Derbyshire au Royaume Uni , ont montré par une étude expérimentale en **2013** que ***les masques chirurgicaux peuvent réduire l'exposition au virus grippal transmis par bioaérosols*** : la réduction moyenne est de 6 fois mais dépend de la conception du masque.

Ces masques pourraient aider dans un contexte de pandémie grippale où il y aura pénurie et restriction des appareils de protection respiratoire(FFP2 ou N95) réservés aux procédures médicales à haut risque d'aérosolisation(158)

Tableau n°2 récapitulatif de l'efficacité des masques chirurgicaux en annexe page 144.

C- EFFICACITE DES MASQUES DE PROTECTION RESPIRATOIRE FFP

Les masques de protection FFP surtout les FFP2 sont réservés au personnels de santé , leur port est plus contraignant que les masques chirurgicaux (inconfort thermique, résistance respiratoire) mais ils filtrent au moins 94% des aérosols de 0,6 microns et sont considérés comme équivalents aux masques N95 américains.

1- Pour cinq équipes de chercheurs, les APR N95 ne montrent pas d'efficacité supérieure aux masques chirurgicaux dans la prévention des infections respiratoires telles que la grippe

a- Ainsi Youlin Long et ses collaborateurs de l'Université du Sichuan à Chengdu en Chine ont publié une méta-analyse en Mars 2020 visant à évaluer l'efficacité des masques N95 (équivalents aux FFP2) par rapport aux masques chirurgicaux pour la prévention de la grippe (146) .

6 ECR (essais contrôlés randomisés) ont été inclus dans la méta-analyse avec 9171 participants.

Les analyses ne montrent aucune différence statistiquement significative, lors de l'utilisation de masques N95 ou de masques chirurgicaux pour la prévention:

- des syndromes grippaux confirmés par le laboratoire
- des infections respiratoires virales confirmées par le laboratoire
- des infections respiratoires bactériennes confirmées par le laboratoire
- des syndromes pseudo-grippaux

La méta-analyse indique seulement un effet légèrement plus protecteur des N95 contre la colonisation bactérienne confirmée par le laboratoire .

En conclusion, ***l'utilisation des masques N95 par rapport aux masques chirurgicaux n'est pas associée à un risque moindre de grippe confirmée par le laboratoire .***

Ceci suggère que ***les masques N95 ne devraient pas être recommandés ni pour le grand public ni pour le personnel de santé non à haut risque*** (ceux qui ne sont pas en contact étroit avec les patients grippés ou suspectés d'avoir la grippe et qui ne réalisent pas de procédures médicales invasives).

b- Dans le contexte de pénurie en équipements de protection individuelle (EPI), trois gastro-entérologues italiens et un gastro-entérologue américain ont fait la revue de la littérature en septembre 2020 sur l'efficacité des masques médicaux et des appareils de protection respiratoire dans la prévention des infections respiratoires ainsi que sur les méthodes de décontamination adaptées à leur réutilisation (147) .

15 études ont été incluses dans leur revue, 10 sur l'efficacité protectrice des masques et 5 sur la décontamination des masques N95 :

- La décontamination et la réutilisation des masques N95 normalement jetables doit rester une procédure exceptionnelle en cas de rupture de stocks.
Le CDC rappelle que des méthodes de décontamination (autoclave, chaleur sèche à haute température, alcool isopropylique à 70°, lavage au savon et à l'eau...) provoquent une dégradation importante de la couche intermédiaire filtrante du masque .
L'utilisation d'irradiation Ultra-violette germicide (UVGI) à ondes courtes et à dose adaptée permet de décontaminer les masques N95 tout en préservant leur capacité de filtration. Chaque masque ne peut supporter qu'un certain nombre de cycles de décontamination qui dépend du matériau du masque .
Les valves expiratoires ne peuvent être décontaminées par UVGI.
- La plupart des études ne montrent ***pas de différence significative entre les masques N95 et les masques chirurgicaux en termes d'efficacité protectrice des personnels de santé contre la transmission des virus respiratoires.***

Aussi, l'utilisation des masques N95 plus onéreux devrait être limitée aux situations de soins à haut risque.

c- En avril 2020 , **Jessica Bartoszko et ses collaborateurs de l'Université Mac Master à Hamilton dans l'Ontario au Canada** ont publié une méta-analyse incluant des essais randomisés contrôlés sélectionnés sur *Medline, Embase et Central* du 1er Janvier 2014 au 9 Mars 2020 pour comparer l'efficacité des masques N95 aux masques médicaux dans la prévention des infections virales(y compris le virus grippal et le Coronavirus) chez les soignants , infections cliniques ou confirmées par les tests de laboratoire (148) .

Les résultats suggèrent que ***les masques N95 et les masques médicaux offrent une protection comparable contre les infections virales respiratoires confirmées chez les soignants pour les soins ne générant pas d'aérosols*** mais les niveaux de preuves sont encore faibles.

Donc, en cas de pénurie , il est recommandé de réserver les masques N95 pour les procédures à haut risque générant des aérosols.

d- En 2009, pour **DF Johnson et son équipe de chercheurs australiens , les masques chirurgicaux et N95 ont une efficacité égale pour prévenir la propagation de virus grippal détecté par réaction RT- PCR au laboratoire** (150).

Dans cette étude observationnelle, les auteurs ont montré que le masque N95 ou le masque chirurgical porté par des patients atteints de grippe prévient la propagation du virus grippal avec une efficacité égale, sur de courtes périodes .

La recherche du virus grippal par RT-PCR se fait dans les toux de patients sans masque, avec un masque chirurgical ou avec un masque N95, les sécrétions sont recueillies dans des boîtes de Pétri contenant un milieu de culture pour virus.

e- Dans une revue systématique et méta-analyse publiée dans le CMAJ (Canadian Medical Association Journal) en Mai 2016 , des **médecins chercheurs des Universités de Toronto et d'Ottawa** au Canada ont montré que les données sont insuffisantes pour affirmer de façon définitive la supériorité des masques N95 par rapport aux masques chirurgicaux dans la protection des soignants contre une infection respiratoire aiguë telle que la grippe .

En effet, ils n'ont trouvé **aucune différence significative entre les 2 types de masques** quant au risque associé à une infection respiratoire confirmée par le laboratoire ou à un syndrome pseudo-grippal ou à l'absentéisme au travail (153).

2- Pour six autres groupes de chercheurs, au contraire , l'effet protecteur des masques N95 (équivalents FFP2) est supérieur à celui des masques chirurgicaux pour prévenir la transmission du virus grippal.

a- Ainsi des **chercheurs de l'Université de Singapour et de l'Ecole d'Hygiène et de Médecine tropicale à Londres au Royaume-Uni** ont réalisé en **2013** une revue systématique et une méta-analyse avec pour but de quantifier **l'effet protecteur des masques médicaux(chirurgicaux) et des APR N95** contre les infections respiratoires aéroportées parmi les soignants (149) .

Leur étude comporte les critères suivants:

- Une maladie infectieuse respiratoire doit comporter deux symptômes respiratoires ou un symptôme respiratoire et un symptôme systémique
- Une affection pseudo-grippale doit comporter une fièvre > 38° C et un symptôme respiratoire
- Une infection respiratoire est confirmée par des résultats de laboratoire : PCR Multiplex permet la détection d'Adénovirus, de Métapneumovirus, de Virus Parainfluenza 1-3, de **Virus Influenza A et B**, de Virus Respiratoire Syncytial (VRS) A et B, de Rhinovirus A et B , de Coronavirus 229E/NL 63 ou OC43/ HKUI.

6 essais contrôlés randomisés (ECR ou RCT) et 23 études observationnelles ont été inclus dans la revue.

Une méta-analyse des ECR montre:

- un effet protecteur des masques médicaux et des APR contre le risque de maladies infectieuses respiratoires et les syndromes pseudo-grippaux.
- Comparés aux masques médicaux, les APR N95 confèrent une protection supérieure contre le risque de maladies infectieuses respiratoires et contre les infections bactériennes confirmées par le laboratoire mais non contre les infections virales confirmées par le laboratoire et les syndromes pseudo-grippaux .

Les APR N95 montrent une efficacité globale supérieure aux masques chirurgicaux mais les niveaux de preuve sont faibles et dans la pratique quotidienne, le port de masques chirurgicaux est plus confortable pour les soignants.

Une méta-analyse des études observationnelles montre un effet protecteur des masques médicaux et des APR contre le Sars-Cov-1 .

b- En 2012, des chercheurs de l'Agence de Protection de la Santé (Health Protection Agency) à Londres au Royaume-Uni ont publié une revue systématique incluant 21 études dont 8 essais contrôlés randomisés (ECR) et des études observationnelles et quasi-expérimentales sur l'utilisation des masques chirurgicaux et N95 pour réduire la transmission de la grippe.(151)

Aucune étude n'a établi une relation concluante entre l'utilisation des masques et la protection contre l'infection grippale.

Un essai réalisé en hôpital a trouvé que **le port de masques N95 était associé à un taux plus bas d'infection respiratoire clinique par comparaison au port de masques chirurgicaux.**

Néanmoins, les résultats suggèrent dans l'ensemble que :

- **le port de masques doit être un geste barrière faisant partie de la protection individuelle et doit être associé au lavage des mains**
- **pour être efficaces, les masques doivent être utilisés de façon précoce, cohérente et correcte .**

c- l'OMS recommande le masque chirurgical pour tous les soins aux patients à l'exception de procédures médicales générant des aérosols où les masques N95 doivent être réservés.

Dans ce contexte, **deux chercheurs australiens de l'Ecole de Santé Publique ,** de l'Université de New South Wales à Sydney en Australie ont trouvé en 2010, en faisant une revue sur 21 études sur les masques , que les 2 types de masques ont une certaine efficacité de filtration mais que les **masques N95 offrent une protection supérieure contre les particules virales de taille semblable aux particules du virus grippal.**

Ils recommandent aussi une *distanciation physique supérieure à 1 mètre* pour éviter les aérosols provenant d'excrétion de patients grippés et d'inclure une *protection contre l'inoculation oculaire*(152)

d- L'efficacité des gestes barrières pour prévenir la transmission du virus grippal n'est pas très bien connue.

Aussi, en 2011, **Werner Bischoff et son équipe** du département de médecine interne , section maladies infectieuses, de l'hôpital de Winston-Salem en **Caroline du Nord** (Etats-Unis) **ont testé l'efficacité des masques chirurgicaux, des masques N95 avec ou sans protection oculaire** (155) .

28 participants sont exposés aux particules de 4,9 microns du virus vaccinal grippal vivant atténué mono-dispersé, et sont divisés en 6 groupes.

La grippe est mesurée en laboratoire sur les écouvillonnages nasaux par le test RT-PCR et la culture virale.

En conclusion , malgré un nombre de participants faible, les **masques N95 sont plus efficaces que les masques chirurgicaux dans la prévention de la transmission de la grippe, cette efficacité est améliorée par une protection oculaire.**

e- Raina MacIntyre et son équipe , de l'**Université de New South Wales à Sydney** en Australie ont comparé en **2011** l'efficacité des masques N95 ajustés et non ajustés à celle des masques chirurgicaux dans un essai contrôlé randomisé (ECR) chez 1441 soignants travaillant dans 15 hôpitaux de Pékin en Chine pendant l'hiver 2008-2009

Les participants doivent porter un masque chirurgical ou un masque N95 ajusté ou non pendant 4 semaines sans les enlever pendant leur travail quotidien. Un groupe contrôle de 481 soignants ne portent pas de masque au travail.

Les critères de jugement incluent l'infection respiratoire clinique, le syndrome pseudo-grippal, l'infection virale confirmée par le laboratoire .

Les taux d'infections se sont avérés 2 fois plus élevés dans le groupe portant un masque chirurgical que dans le groupe portant un masque N95 , ajusté ou non.

Cette étude suggère ***la supériorité des masques N95 dans la prévention des infections respiratoires pendant la saison hivernale*** (156)

f- Anna Balazy et son équipe au Département de Santé environnementale, à l'Université de **Cincinnati dans l'Ohio aux Etats-Unis** ont démontré en **2006** par un essai en laboratoire que les masques N95 (équivalents de nos FFP2) ne fournissent pas le niveau de protection attendue (95%) contre les petites particules virales, autrement dit ces masques laissent passer plus de 5% de petits virions de taille entre 10 et 80 nanomètres.

Quant aux 2 types de masques chirurgicaux, ils laissent passer respectivement 20,5% et 84, 5% des virions entre 10 et 80 nanomètres ce qui revient à dire qu'ils offrent une très faible protection contre les agents infectieux de petite taille se trouvant dans les aérosols(157).

Cette étude expérimentale prouve cependant ***la supériorité des masques N95 dans la filtration des particules de petite taille par rapport aux masques chirurgicaux.***

Tableau n° 3 récapitulatif sur l'efficacité des masques FFP en annexe page 145.

IV - DISCUSSION

A- SUR LES LIMITES DE NOTRE ETUDE

Pour réaliser ce travail, il a été fait une synthèse de la littérature permettant de prouver l'utilité et l'efficacité des masques de protection pour lutter contre une épidémie ou une pandémie de virus respiratoire .

Cependant, ces études restent encore peu nombreuses et il nous faut reconnaître les limites suivantes:

1- Peu de données scientifiques sont actuellement disponibles sur l'impact du port de masque pendant une épidémie ou une pandémie de grippe, surtout dans la population générale.

2- Les données actuelles de la littérature ne précisent pas le type de masque le plus efficace pour réduire la transmission du virus grippal dans un contexte communautaire , la plupart des études étant réalisée en milieu de soins.

Un masque en tissu est-il assez efficace? Ou faut-il utiliser un masque chirurgical qui protège mieux la population?

3- La plupart des études retrouvées dans la littérature comportent plusieurs **facteurs limitants** tels que :

- La méthode utilisée : en effet, la plupart des études reposent sur des **données observationnelles** ou des **études expérimentales**. Néanmoins **quelques études randomisées** intéressantes ont pu être relevées dans la littérature (138, 143, 145, 156)
- Le petit échantillonnage d'individus inclus dans les études , surtout dans les études observationnelles ou expérimentales.
- Le statut immunitaire des individus dans les études relevées est inconnu ou non précisé , or on connaît l'impact de l'immunité.

4- Les études les plus récentes , notamment celles réalisées en 2020, dans le cadre de la pandémie de la Covid-19 , concernent non seulement les virus grippaux mais également d'autres virus respiratoires (140, 141, 146, 147, 148, 159).

5- La synthèse de littérature concernant l'efficacité des masques a été réalisée sans restriction temporelle dans le choix des études , cependant les études choisies ont toutes été réalisées après 2000 (de 2006 à 2020) .

6- Enfin, le port du masque n'est qu'un élément de l'ensemble de mesures barrières visant à diminuer l'impact d'une pandémie grippale sur l'ensemble de la population. Ceci est d'autant plus vrai en cas d'indisponibilité d'un vaccin efficace.

B- SUR L'EFFICACITE ET L'UTILITE DES MASQUES

Un nombre croissant de données suggèrent *l'intérêt du masque dans des lieux clos*, pour freiner les épidémies de grippe, en complément du lavage des mains et de la distanciation physique.

Dès 2010, des études concluaient que *recommander le port du masque était une mesure de santé publique utile pour lutter contre les épidémies de grippe* (132) .

Ces travaux se poursuivent dans le contexte de la pandémie actuelle due au SARS-COV-2 : une revue de littérature publiée dans *The Lancet* , portant sur 172 études, montre que si la distanciation physique et les mesures d'hygiène recommandées notamment le lavage des mains constituent aujourd'hui les meilleures interventions contre la pandémie, *le port du masque réduit lui aussi le risque infectieux* (190).

Un autre message important se dégage de ces publications: plus qu'un outil pour se protéger soi-même , *le masque est avant tout utile pour protéger les autres* car il permet d'éviter la projection de gouttelettes dans leur direction.

Dès lors que la transmission du virus peut venir de personnes qui présentent peu de symptômes ou même sont asymptomatiques , le port du masque n'a d'intérêt que *s'il est porté par tous au niveau d'une communauté* (et pas seulement par une poignée d'individus ou par des personnes malades), dans les lieux où la distanciation physique n'est pas assurée , dans un souci de protéger les autres et de ralentir une épidémie ou une pandémie(133).

Quelque soit le contexte , il faut être conscient que le masque ne protège efficacement qu'à condition de le porter correctement, en suivant les instructions d'usage.

En outre le *port du masque doit être absolument associé en toute circonstance à un lavage régulier des mains* (au savon ou avec une solution hydro-alcoolique) et *au respect de la distanciation physique*.

A l'heure actuelle, tout laisse à penser que les **gouttelettes respiratoires** (de calibre supérieur à 5 microns) émises lorsqu'une personne infectée parle, tousse, ou étternue constitue le **principal mode de transmission inter-humaine du virus grippal**.

Toute personne en contact étroit (à moins d'un mètre) avec quelqu'un qui présente des symptômes de type grippal (fièvre, étternuements, toux, écoulement nasal, frissons, douleurs musculaires, etc...) risque d'être exposée à des gouttelettes respiratoires potentiellement contagieuses.

Cependant, des études ont montré que la transmission du virus grippal peut se faire aussi par deux autres voies, détectées mais non encore quantifiables:

-transmission par bio-aérosols, dans des particules fines de calibre < à 5 microns (144, 154, 158)

L'aérosolisation de fines particules est décrite en milieu de soins essentiellement lors des manoeuvres sur les voies respiratoires , elle pourrait être à l'origine de transmission rapide de la grippe et d'après l'OMS , une transmission par aérosol ne peut être exclue des milieux de soins clos et des espaces publics clos.

-transmission par contact , via les surfaces contaminées et les objets souillés par le manu-portage (160).

1- Dans les établissements de santé, le port du masque fait partie des EPI (Equipements de Protection Individuelle) incontournables dans les Précautions Standard (PS) et Complémentaires (PC) qui ont fait leurs preuves dans le domaine de l'Hygiène depuis plus de 20 ans.

Les masques utilisés en milieu de soins sont :

- des **masques chirurgicaux de type II ou IIR** (qui protègent surtout l'entourage des porteurs de masques contre les gouttelettes émises)
- ou dans les situations à haut risque des **masques de protection respiratoire type FFP2** , plus rarement **FFP3** (qui protègent surtout les porteurs de masques contre les gouttelettes et aérosols émis par son entourage)

Les études évaluant les mesures visant à réduire la propagation des virus respiratoires laissent à penser que **le port de masque adapté réduit la transmission de la grippe en milieu de soins** (140, 141, 142, 143).

Conformément aux recommandations de la SF2H(161) :

- **le port du masque chirurgical serait suffisant pour protéger les soignants** dans la plupart des soins sauf ceux à haut risque d'aérosolisation, où un **masque FFP2** (ou N95) doit être porté (137, 138, 141, 143)

- **les patients atteints ou suspectés de grippe doivent porter un masque chirurgical** pour réduire la transmission de la grippe au personnel soignant et aux autres patients.

Les données disponibles sont en faveur de la **réduction de l'excrétion** par les personnes portant ce type de masque et présentant des symptômes et donc de leur utilité pour limiter la transmission à des personnes contacts (144).

Des études montrent aussi **une efficacité supérieure des masques FFP2 (N95) par rapport aux masques chirurgicaux dans la prévention de la transmission de la grippe** (149, 151, 152, 155, 156, 157) mais ils sont plus onéreux, plus inconfortables (142, 149) et de toute façon réservés aux personnels de santé dans les soins à haut risque.

2- Dans la population , en revanche, concernant l'efficacité des **masques chirurgicaux** (en général de type I) et des **masques alternatifs** contre les virus respiratoires , **les preuves manquent pour montrer l'intérêt de l'utilisation des masques** .

a- Les études sur l'efficacité des masques dans la population

Peu nombreuses ,elles ont souvent été réalisées dans le contexte familial et ont pu donner des résultats contradictoires , ceci peut être lié au problème de la compliance à l'utilisation des masques et au fait qu'il est difficile d'isoler l'effet du port de masque par les personnes « contacts » des autres mesures barrières notamment l'hygiène des mains.

- Ainsi, une revue de la littérature récente (**Avril 2020**) de **l'équipe de Julii Suzanne Brainard au Royaume Uni** ,qui a porté sur des études observationnelles et interventionnelles montre un **effet protecteur modéré mais non significatif du port de masque chirurgical en communauté sur la réduction des infections respiratoires** .Cependant, dans leur discussion, les auteurs rappellent que les résultats d'études de cas-témoins montrent un **effet protecteur des masques chirurgicaux s'ils sont associés à des mesures d'hygiène comme le lavage des mains en comparaison avec l'absence du port de masque**(163).

- Dans le même ordre d'idée, **Karima Chaabna et ses collaborateurs au Qatar** ont aussi démontré en Septembre 2020 **l'efficacité du port de masques chirurgicaux dans la population pour prévenir la transmission d'infections respiratoires telles que la grippe** ou le Covid-19 mais à deux conditions:

- le port du masque doit être précoce et conforme
- l'hygiène des mains intensif doit être associé au port de masque (159).

- Des masques chirurgicaux sont déjà utilisés par la population générale dans l'espace public mais les conditions de mise en place , de retrait, de durée du port du masque et sa non-réutilisation n'apparaissent pas optimales car sans doute insuffisamment expliquées.

Or les études sur le terrain montrent que **la compliance et la bonne utilisation sont des facteurs déterminants de l'efficacité des masques**.

Les recommandations sur la bonne utilisation de ces masques est donc primordiale et il est nécessaire de les diffuser largement et de les promouvoir.

Il existe peu de données disponibles sur l'efficacité des masques alternatifs ,qui rappelons-le, protègent surtout l'entourage du porteur de masque contre les gouttelettes émises par ce dernier.

Les études menées évaluent surtout la capacité de filtration des particules et des microorganismes des masques en tissu et montrent une **performance de filtration toujours inférieure aux masques chirurgicaux** (164, 165).

Une étude a également évalué le score de respirabilité et montre que si certains matériaux peuvent avoir de bonnes capacités de filtration(102) cela peut être aux dépens d'un mauvais score de respirabilité, **le rapport filtration/ respirabilité est donc important dans le choix de matériaux ou de la réalisation de plusieurs couches** (166) .

On ne dispose pas d'éléments sur l'efficacité des masques alternatifs par rapport à l'absence d'utilisation des masques.

Le seul essai randomisé sur l'efficacité épidémiologique des **masques en tissu lavables** a été mené en milieu de soins chez le personnel soignant en 2015 et a montré que **leur utilisation est associée à un risque d'infection respiratoire plus élevé en comparaison avec l'utilisation de masques chirurgicaux jetables**.

Selon les auteurs, la rétention d'humidité, la réutilisation des masques en tissu mal lavés et mal séchés et une mauvaise filtration pourraient être des hypothèses de l'efficacité inférieure des masques en tissu par rapport aux masques chirurgicaux (138).

L'AFNOR a publié le 27 Mars 2020 un *Guide d'Exigences minimales, de confection et d'usage sur les masques barrières* dans lequel sont indiquées les caractéristiques de filtration minimales (au choix , une capacité de filtration de 70% pour les particules solides ou pour les particules liquides de taille jusqu'à 3 microns)

De plus , la DGA (Direction Générale de l'Armement) réalise des tests sur la filtration et la perméabilité de différents tissus de prototypes et échantillons de masques envoyés par l'industrie textile.

b- utilité du masque alternatif dans la population

Des études montrent que le masque alternatif(en tissu) ne doit pas être utilisé en milieu de soins (135, 137, 138).

Par contre, dans la pandémie actuelle de la Covid-19, causée par un virus respiratoire de taille similaire au virus grippal, d'après l'ECDC, **le port systématique d'un masque alternatif dans les espaces publics pourrait contribuer à réduire la propagation du virus dans la communauté** (170).

Quelques données de la littérature indiquent que le masque alternatif, à condition de répondre aux consignes de fabrication et de matériau utilisé et d'être associé aux autres mesures barrières, peut aider à réduire la transmission des virus respiratoires dans la population.

Cependant, l'efficacité épidémiologique de ces masques dans un usage communautaire n'est pas acquise.

Malgré ces limites, en Avril 2020, certains experts dont Kar Keung Cheng de l'Université de Birmingham (Royaume-Uni) et ses collaborateurs de l'Université de Hong Kong (Chine) **recommandent un large usage populationnel du masque** , comme ce qui a été fait à Hong Kong et en Corée du sud dès le début de la pandémie actuelle car il s'agit d'une mesure qui a un bénéfice collectif si elle est appliquée largement alors que la mesure ne profite que peu à chaque individu qui l'applique : le porteur du masque protège surtout son entourage de ses gouttelettes excrétées mais il sera protégé lui-même par les autres autour de lui s'ils portent tous un masque(133).

Dans leur discussion du port de masque en population, Cheng et son équipe insistent sur le fait qu'un **large usage du masque dans la population pourrait signifier un engagement solidaire et citoyen (altruisme et solidarité) contre une pandémie de virus respiratoire et non une simple mesure d'auto-protection.**

En France, compte-tenu de la pénurie des masques chirurgicaux au début de la pandémie du Covid-19 , de nombreuses initiatives se sont développées récemment pour fabriquer des masques en tissu .

L'engouement pour les masques alternatifs est un phénomène social très fort qui correspond probablement à une volonté individuelle et collective de contribuer à la maîtrise du risque épidémique en période de pénurie de masques.

Si, en l'absence de disponibilité des masques chirurgicaux qui doivent en premier lieu être réservés aux personnels soignants, l'utilisation de masques alternatifs devait être encouragée pour la population générale lors des déplacements dans les espaces publics, des consignes :

-*de fabrication* (sur les matériaux filtrants ayant un niveau de respirabilité suffisant),

-*d'utilisation* (mise en place et retrait du masque) ,

-*d'entretien*

-ainsi que *des précautions à prendre*(notamment les conditions et les limites d'utilisation chez les enfants)

devraient être élaborées et promues.

La figure 15 ci-dessous donne un niveau de protection estimé avec les différents masques portés par deux personnes distantes de 1 mètre , dont l'une est bien portante , l'autre malade ou asymptomatique du Covid-19.

Si les 2 personnes portent toutes les deux un masque en tissu, le niveau de protection estimé pourrait s'élever à plus de 90%.

Ces résultats pourraient être extrapolés pour servir en cas de future pandémie de grippe.

L'efficacité des masques

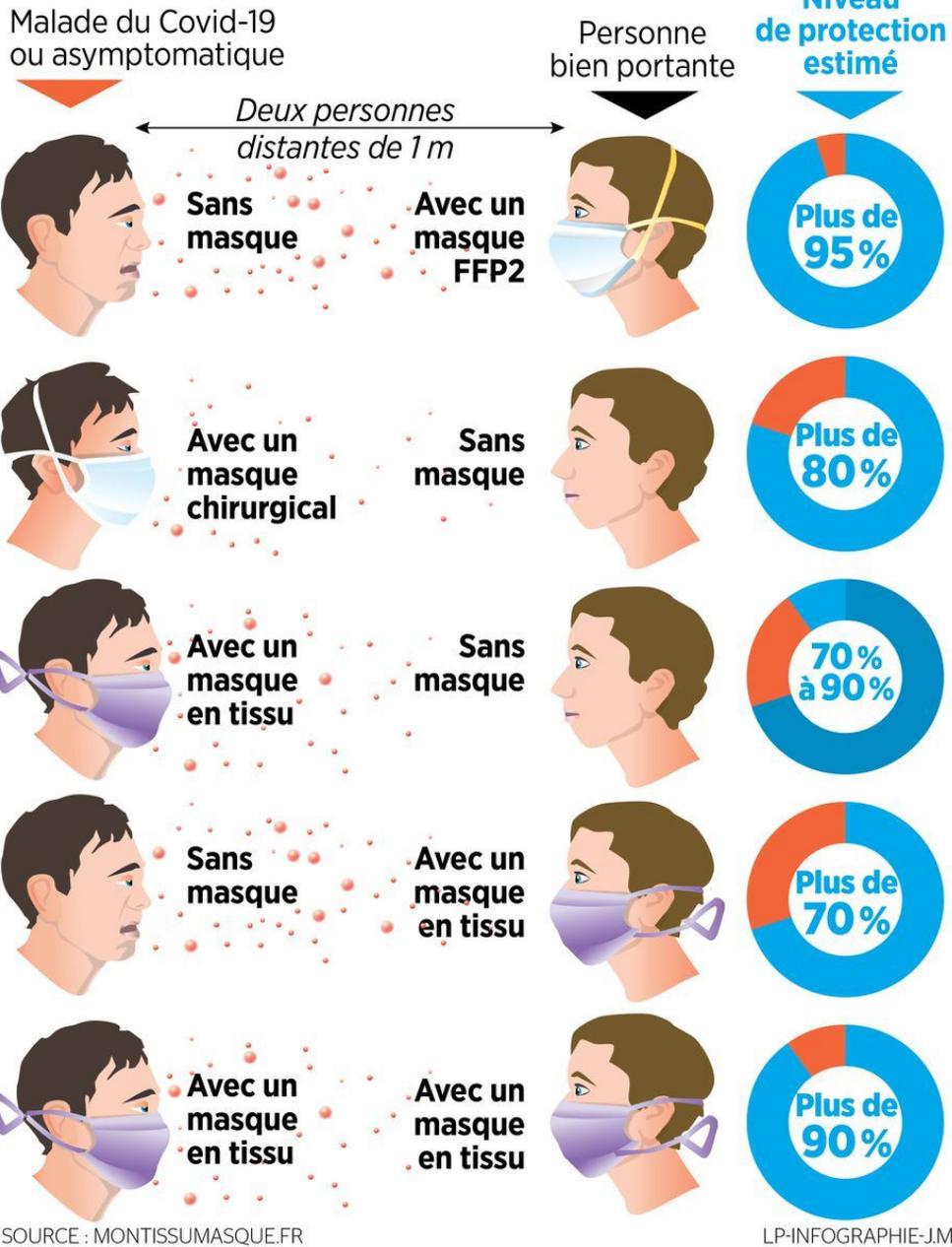


Figure 15: Efficacité des masques (FFP2, chirurgical, et en tissu) avec les niveaux de protection estimés (cependant pas de comparaison entre le masque chirurgical et le masque FFP2). <http://le.parisien.fr/images/2020/05/19>

c-Le masque protège-t-il les citoyens contre un virus respiratoire comme le virus grippal ou le Coronavirus dont la transmission se fait à travers des gouttelettes respiratoires contaminées ou de façon aéroportée?

La question n'en finit plus d'alimenter les débats mais ***la tendance est au principe de précaution et les connaissances sur l'efficacité des masques progressent.***

D'un pays à l'autre , les recommandations varient mais ***l'argument clé reste la protection des autres :***

- Quand on sait que le simple fait de parler (même pour les personnes asymptomatiques ou présymptomatiques) suffit à émettre des gouttelettes contaminées , on comprend que le *masque qui joue le rôle de barrière physique, puisse limiter les dégâts .*
- Les données récentes montrent clairement que la transmission aéroportée a été constatée bien au delà de 2 mètres. Les études du MIT (Massachusetts Institute of Technology) ainsi que d'autres études indépendantes indiquent que la *transmission aéroportée se produit sur plus de 7 mètres. C'est la raison pour laquelle il faut porter un masque de protection, en plus de garder la distance et de se laver les mains .*

Le masque permet-il de se protéger des autres?

Les données sont moins unanimes quant à la protection que confère le masque à celui qui le porte.

L'OMS a elle-même entretenu le flou, en arguant d'abord que le masque donnait un faux sentiment de sécurité , mais début Juin 2020 elle a changé ses recommandations en suggérant aux gens de porter un couvre-visage dans les lieux publics , notamment dans les transports en commun et en décembre 2020, elle conseille même de porter le masque lors des réunions de famille.

Une étude publiée début Juin 2020 dans *The Lancet* (190) a rassemblé la plupart des données disponibles sur le sujet et a conclu que ***le masque pourrait également réduire le risque pour une personne saine d'être infectée par les gouttelettes des autres.***

Elle a été menée par une équipe internationale incluant des chercheurs de l'Université Mac Master en Ontario . Ils ont analysé les informations issues de 172 études observationnelles et du lot, 44 études comparatives incluant plus de 25 000 participants ont été regroupées en méta-analyse.

Toutes les études prises en compte ont évalué l'impact de la distanciation physique, du port de masques et des lunettes de protection dans 16 pays, sur la dissémination du Covid-19 mais aussi du SRAS et du MERS dans la communauté et les établissements de soins.

Cette revue systématique, financée par l’OMS, a confirmé que:

- la distanciation de plus d’un mètre permet de faire passer le taux de contamination de 13% à 3%, la protection étant encore meilleure à 2 mètres.
- Le port de lunettes de protection est lui aussi efficace, réduisant le risque de transmission de 16% à 5,5%.
- **Les masques sont eux aussi très efficaces, surtout en milieu hospitalier, ils réduisent le risque d’infection de 85%. Sans surprise, les masques de type N95 (équivalents FFP2) sont efficaces à 96% contre 67% pour les autres types de masques** (chirurgicaux ou en coton).

Les études ne portaient pas spécifiquement sur les divers modèles de masques en tissu qu’on voit fleurir partout dans les espaces publics.

Il faut noter que cette revue systématique **n’incluait aucun essai randomisé contrôlé**, le meilleur type d’étude pour avoir une réponse claire à une question médicale.

Comme le soulignent les auteurs, ces résultats ont une « force limitée » sur le plan scientifique mais ils sont étayés par le fait que des pays comme la Corée du sud, le Vietnam, Taiwan, le Japon , où le port du masque a été généralisé dès le début de la pandémie actuelle, ont mieux réussi que les autres pays à endiguer la pandémie avec notamment moins de contaminations et de décès qu’en Europe et en Amérique.

De plus en plus de pays **optent pour le principe de précaution en recommandant ou en imposant le port du masque là où la distanciation est difficile à respecter.**

Ainsi le CDC aux Etats-Unis a également emboîté le pas en recommandant le masque aux personnes de plus de 2 ans dans les lieux publics .

C- SUR LA DIFFERENCE DE PERCEPTION DU PORT DE MASQUE EN ORIENT ET EN OCCIDENT

1- Dans les pays de l’Asie de l’Est (notamment Chine, Japon, Corée du sud, Taiwan), porter un masque en public est un geste quotidien de protection qui relève du bon sens ou de l’habitude pour les gens . C’est aussi un signe de respect envers les autres que l’on ne veut pas contaminer quand on est malade.

Les raisons du port de masque sont multiples: prévention contre les nombreuses et sérieuses pollutions environnementales (surtout en Chine), contre les nombreux allergènes au printemps et à l’automne (surtout au Japon) , contre les bactéries (dont le bacille tuberculeux), contre le froid et les virus pendant l’automne et l’hiver.

a- en Chine, la tradition de se couvrir le visage pendant les crises sanitaires date de la peste mandchoue de 1910 où le masque anti-épidémique, inventé par le Docteur Wu Lien-Teh, a permis de limiter la mortalité de l'épidémie et est devenu un outil commun de contrôle des épidémies suivantes dont la grippe espagnole en 1918 .

Mais le port du masque s'y est surtout généralisé depuis l'épidémie de SRAS due à un Coronavirus, le SARS-COV-1, en 2002 qui avait atteint 30 pays et tué 916 personnes dont 300 à Hong Kong.

Ainsi, que ce soit pendant la pandémie de grippe de H1N1 en 2009 ou l'épidémie de MERS-COV en 2015 , le geste était acquis: ne pas porter de masque peut être considéré comme négligent ou égoïste en cas de pandémie ou d'épidémie virale respiratoire.

Le port du masque en Chine permet aussi, en dehors des épidémies et des pandémies, de se protéger des pollutions atmosphériques qui y culminent à des niveaux très élevés.

Avec la pandémie du Coronavirus, le gouvernement n'a pas imposé de mesures strictes puisque le port du masque était assez commun mais certaines villes comme Pékin ou Shanghai l'ont rendu obligatoire dans les lieux publics fermés.

Hong Kong a imposé le port de masque dans tous les espaces publics, en intérieur et en extérieur , le 27 juillet 2020 (171). Dans cette ville, les habitants perçoivent le port de masque comme « **un moyen pour l'individu de protéger le reste de la société autant que lui-même** » explique Keiji Fukuda, directeur et professeur de santé publique à l'Université de Hong Kong.

b-Le Japon est coutumier des masques depuis la grippe espagnole qui y aurait fait entre 250 000 et 450 000 morts entre 1918 et 1920.

Cependant, les plus anciens masques du Japon, développés il y a 150 ans, dans les années 1870 étaient utilisés par les mineurs de la mine d'argent *d'Iwami Ginzan*, un lieu inscrit au patrimoine de l'humanité (172) pour se protéger contre les particules.

Ces masques noirs appelés *fukumen* (masques de chance) étaient fabriqués en appliquant des tannins de kakis (substances liquides produites de la fermentation du jus de kakis) sur plusieurs couches de soie séparées par de la peau de prunes japonaises.



Figure 16 : Masques noirs *Fukumen* disponibles à la vente au Japon il y a 150 ans ,ils seraient probablement considérés comme élégants et branchés s'ils sont portés de nos jours.

La demande de masques a par la suite rapidement augmenté au Japon après la propagation de la grippe espagnole sur le territoire en 1918 où des affiches accrochées dans les rues encourageaient les gens à porter le masque.

La grippe s'est à nouveau propagée au Japon en 1934 et les masques sont devenus très populaires pour se protéger contre l'infection. Depuis , la popularité des masques au Japon n'a cessé d'augmenter chaque fois que la grippe se propageait de nouveau comme en 1957 puis en 1968.

Ainsi la pratique du port de masque en cas de rhume ou lorsqu'on ne se sent pas bien s'est progressivement implantée chez les Japonais.

Depuis les temps anciens, accepter le regard des autres sur soi et attacher de l'importance à l'entraide et à la coopération sont des habitudes qui font partie de la culture japonaise.

Ces caractéristiques qui définissent le peuple japonais ont renforcé la prise de conscience de la ***nécessité de ne pas causer d'ennuis à son entourage***, ce qui a probablement facilité la généralisation du port de masques dans la population.

Adam Burgess et Mitsutoshi Horii, des sociologues de l'Université de Shumei au Japon, ont expliqué dans leur article de Novembre 2012 les raisons profondes du port de masque chirurgical au Japon , geste qui est devenu routinier pour se protéger des nombreuses menaces contre la santé(173).

Le port du masque , développé comme une partie de la réponse biomédicale à la grippe espagnole en 1918, semble désormais résonner comme une barrière entre la pureté et la pollution et à partir des années 1990, il est socialement englobé dans une pratique générale protectrice qui responsabilise chaque citoyen et concourt à démontrer la courtoisie collective des Japonais envers les autres.

Les raisons principales du port de masque au Japon (bien avant la pandémie actuelle de la Covid-19) sont (174):

- Prévenir les allergies aux pollens: principale raison du port de masque au Japon
Les pollens sont très nombreux et très puissants au Japon où entre 25% à 50% de Nippons sont allergiques , aussi le port du masque est très courant au printemps et à l'automne.
- Réduire la circulation des virus , surtout les virus épidémiques comme ceux du rhume et de la grippe en automne et en hiver .
Exploiter la fonction anti-propagation des masques pour **ne pas contaminer les autres quand on a attrapé un virus**, surtout dans les grandes villes et les transports en commun, où la population est très dense.
De même le masque sera porté en prévention au bureau lorsque des collègues toussent ou éternuent car des **études japonaises montrent que le risque de contagion est réduit de 80% avec le port collectif de masques en situation épidémique.**
Dans le même ordre d'idée, lorsqu'il fait très froid à l'extérieur ou en cas d'air sec, porter un masque permet de ne pas inspirer l'air directement et évite d'irriter la gorge ou d'attraper froid.
- *Masquer son visage sans maquillage ou non rasé*
- *Préserver son anonymat*
- *Se protéger de la pollution*

Au Japon , avoir une bonne partie du visage caché par le masque sanitaire ne pose aucun problème même lors d'interactions sociales.**Il s'agit d'une simple marque de respect et d'hygiène dépendante des moeurs japonaises.**

Il se vendrait plusieurs milliards de masques sanitaires au Japon chaque année, l'écrasante majorité des masques sanitaires vendus sont blancs, de trois couches , en tissu fin respirant , lavables plusieurs fois en machine.

De rares détracteurs du port du masque existent au Japon tels le récent mouvement , mené par le YouTubeur Hiratsuka Masayuki, qui s'est présenté aux élections de Juillet 2020 pour devenir gouverneur de Tokyo et dont le slogan de campagne était « le Corona est un simple rhume »

Depuis , quelques dizaines de fidèles se sont regroupés à plusieurs reprises à Shibuya pour protester contre les mesures de distanciation physique, les consignes de rester chez soi, l'état d'urgence sanitaire, la vaccination obligatoire et l'intérêt du masque en particulier.

Mais ce mouvement est vraiment très marginal car près de 99% des Japonais portent un masque depuis le début de la pandémie actuelle pour se protéger, le consensus social étant assimilé sans débat ni polémique après que le port du masque soit rendu obligatoire depuis le début de 2020.

c-en Corée du sud, contrairement aux idées reçues, le port du masque n'est pas une habitude de longue date au pays du Matin Calme.

D'après le Professeur Lee Hyuk-Min du Collège de médecine de l'Université de Yonsei à Séoul, **la culture du port du masque est récente** en Corée du sud.

Les gens ont commencé à y adhérer quand, en raison de l'émission des particules fines, la qualité de l'air a commencé à se détériorer mais ce n'est pas un masquage de masse .

Même la crise sanitaire de 2015 due à l'épidémie de Coronavirus du Syndrome Respiratoire du Moyen Orient (SRMO) causée par le MERS-COV n'avait pas convaincu la population à en mettre et il n'y avait pas eu de directives gouvernementales à cet effet.

Avec la pandémie du Covid-19 , la décision gouvernementale de rendre le port de masque obligatoire en Février 2020 a été bien acceptée par la population « **pour se protéger mais aussi pour protéger les autres** », « il y a eu une prise de conscience, les gens ont compris qu'une personne pouvait en contaminer une autre, sans le savoir, en l'absence de symptômes », affirme l'épidémiologiste Lee Hyuk-Min (175).

D'après lui, « *si la société est capable de porter des masques, le masquage de masse sera un moyen crucial pour empêcher la propagation d'un virus respiratoire* »

Le port du masque est perçu comme une prise en compte de l'intérêt collectif , les rares gens qui ne portent pas de masque dans les transports en commun ou dans la rue sont très mal vus car il faut porter un masque pour ne pas contaminer les autres en cas d'épidémie ou de pandémie virale(même pour faire du sport en salle)

Les masques jaunes KF94 jetables (équivalents aux N95 américains) qui captent 94% des particules sont bien connus des Coréens qui ont l'habitude de les porter pour se protéger des nuages de particules fines venus de Chine.

d- à Taiwan, le port du masque est obligatoire pour se déplacer pendant la pandémie actuelle, dans 8 catégories de lieux accueillant le public.

Avec peu de cas positifs et de décès depuis le début de la pandémie du Covid 19, Taiwan avec ses 23 millions d'habitants est , avec la Corée du sud , le meilleur exemple de lutte contre la pandémie.

Le pays a tiré des leçons de l'épisode du SRAS survenu en 2002-2003 puis du Syndrome Respiratoire du Moyen Orient (MERS) en 2015 sans compter plusieurs accès de grippe aviaire venus de Chine (176).

Le port du masque est donc depuis longtemps ancré dans les moeurs et, d'après les études des autorités sanitaires, **il réduit de façon importante la propagation des virus respiratoires dont les virus grippaux et le SARS-COV-2.**

2- Le port du masque est le signe de la différence culturelle entre l'Asie de l'Est et l'Occident

Au début de la pandémie du Covid-19, les Occidentaux ont tendance à regarder ceux qui portent le masque d'un oeil suspect , beaucoup considèrent encore que ***l'obligation du port du masque est une atteinte à leur liberté*** et les manifestations anti-masques sont nombreuses.

Pourtant , le masque était bien présent pendant la grippe espagnole de 1918 en Asie de l'Est mais aussi en Amérique du Nord (Etats-Unis , Canada) , en Europe (surtout au Royaume Uni).

a- Aux Etats-Unis

Le port du masque de protection en public est devenu obligatoire pour la première fois sur le sol américain le 24 Octobre 1918 à San Francisco, lors de la deuxième vague de la pandémie de grippe espagnole, avec une campagne publicitaire de la Croix-Rouge qui a déclaré au public: « portez un masque et sauvez votre vie. Un masque est à 99,9% à l'épreuve de la grippe » (178) .

Dès lors, quiconque se trouve à l'extérieur sans masque peut être condamné à une amende ou être emprisonné.

Le masque , en général en double couche de gaze blanc, ou en tissu de jean's chez Levi's doit recouvrir le nez et la bouche , *sauf pendant les repas*.

Au départ, l'ordonnance sur les masques est bien respectée , avec environ quatre personnes sur cinq portant des masques en public et *peu d'oppositions au masque*.

Le port du masque semble faire ses preuves car le nombre de nouveaux cas de grippe et le taux de mortalité sont en baisse.

D'autres villes californiennes ont suivi l'exemple de San Francisco comme Santa Cruz et Los Angeles suivies par d'autres grandes villes des Etats-Unis comme Seattle ou New-York où le port de masque est obligatoire dans les transports en commun ou dans les secteurs en contact avec le public.

A San Francisco, l'ordonnance sur les masques est levée le 21 Novembre 1918 mais comme le nombre de cas de grippe a recommencé à augmenter , une nouvelle ordonnance de port de masque obligatoire entre en application le 17 Janvier 1919 et galvanise dès lors une opposition plus sérieuse: ***la Ligue Anti-Masque est créée (Anti-Mask League of San Francisco)*** , présidée par une femme, Emma Harrington, et comprenant de nombreux membres (dont plusieurs médecins) pour lesquels ***les masques ne sont pas nécessaires et l'obligation du port de masque est une véritable atteinte aux libertés civiles.***

San Francisco a dû lever l'obligation du port de masque à partir du 1er Février 1919 après la pétition présentée par la Ligue le 27 Janvier 1919 demandant l'abrogation de l'ordonnance sur les masques(179).

L'opposition en 2020 aux Etats-Unis à se couvrir le visage pour se protéger de la transmission du Covid-19 a provoqué de nombreuses réactions au port de masque obligatoire, beaucoup plus violentes que lors de la Ligue Anti-Masque à San Francisco en 1918.

Certains maires ont dû renoncer à imposer le port de masque dans les commerces à la suite de **manifestations et de déferlements de violence**, notamment de la part des *mouvements radicaux complotistes* (comme le groupe *Qanon*) composés de gens qui se considèrent comme des dissidents face à un système qui leur ment et veut les opprimer (180).

Pour Elena Conis, historienne de Santé Publique à l'université de Berkeley, l'opposition au port de masque ne s'explique que par une poignée de raisons:

- *soit les gens pensent que le risque n'est pas très élevé pour eux*
- *soit ils pensent que le risque de maladie est un risque qu'ils sont prêts à prendre*
- *soit ils ont une telle foi en leurs libertés publiques individuelles que cela altère toute directive de santé publique (179)*

Pour le docteur Steven Taylor, professeur de psychologie clinique à l'Université de Colombie britannique, plusieurs explications sont possibles:

- *certaines personnes voient le port du masque comme une atteinte à leur masculinité, comme une forme de faiblesse, alors ils le rejettent.*
- *Le masque est parfois perçu comme une coutume asiatique que certains Américains racistes refusent d'adopter.*
- *Lorsque l'on tente de contrôler des individus qui attachent de la valeur à leur liberté comme aux Etats -Unis, on rencontre de la résistance (179).*

Devant l'augmentation inquiétante du nombre de cas positifs ,en pleine troisième vague de la pandémie de Coronavirus , le CDC a tenu à mettre à jour le 7 Décembre 2020 ses recommandations sur **le port de masque (181) qui aide à ralentir la propagation du virus respiratoire** , parmi lesquelles:

- *il est recommandé aux personnes de plus de 2 ans de porter un masque dans les espaces publics ou au contact d'autres personnes n'habitant pas sous le même toit.*
- *Le masque ne se substitue pas à la distanciation sociale, le porteur de masque doit se tenir à au moins 6 pieds (1m80) d'une autre personne.*

Il faut noter que le gouvernement fédéral américain n'a pas rendu le port de masque obligatoire pendant la pandémie actuelle mais 33 Etats ainsi que le district de Columbia l'ont fait , le New Jersey étant le premier Etat à l'imposer dans les lieux publics intérieurs .

Dans les 17 autres états , l'obligation du port de masque dépend des autorités locales.Ainsi, au Kansas, le gouverneur a imposé le masque en juillet 2020 mais **seuls 20 des 105 comtés ont rendu le masque obligatoire: les transmissions virales y ont été réduites de 50% par rapport aux comtés sans obligation**, d'après les chercheurs de l'Université du Kansas (182).

b-Au Canada

Les stratégies mises en place pour endiguer la grippe espagnole en 1918 (fermeture des lieux publics, quarantaine, rassemblements interdits, **port de masque**) ont inspiré les politiques sanitaires actuelles de lutte contre la Covid-19.

Alors qu'au Québec, le masque n'était pas obligatoire en 1918 , en Alberta et au Saskatchewan, il fallait porter le masque pour sortir dehors, on était ainsi « passé du masque à gaz sur le front en Europe au masque de gaze » cette étoffe légère en coton utilisée pour les pansements .

Malgré tout, le port du masque, cette barrière élémentaire, était bafoué en 1918: le masque était censé être porté en permanence en public, mais la gêne et l'inconfort dissuadèrent la plupart des gens à en porter, malgré les amendes de 15 dollars pour interdire de cracher .

En Avril 2020, les experts en santé publique au Canada déconseillent de porter un masque contre le Covid-19 à moins d'être professionnel de santé alors qu'au même moment le CDC aux Etats-Unis recommande aux Américains d'en porter un.

Pour ces experts, il vaut mieux se laver les mains car le masque ne protège pas les yeux , les muqueuses, les mains, et doit être bien ajusté pour être efficace, ce qui n'est pas le cas de la majorité des gens.

Mais devant la hausse du nombre de cas positifs et des décès, le masque est peu à peu rendu obligatoire dans les provinces canadiennes dans les lieux publics intérieurs , mais aussi dans les lieux publics extérieurs lorsque la distanciation physique est impossible ,sous peine de forte amende (183) .



Figure 17: Des téléphonistes masquées de High River en Alberta en 1918

Les manifestations pour protester contre le port de masque obligatoire et autres mesures anti-Covid19 ont lieu toutes les semaines en 2020 dans de nombreuses villes telles Calgary en Alberta ou Montréal et Québec au Québec, rassemblant des milliers de personnes.

Pour les manifestants anti-masques, le port de masque obligatoire provoque une « hypoxie cérébrale » ou « des infections fongiques », « on leur viole les droits encore et encore », « le port du masque est une norme sociale destinée à museler la population et un coup d'état porté contre le peuple » (184).

c- Au Royaume-Uni

En 1918, les masques étaient seulement recommandés comme une mesure de précaution dans les grandes villes pour certains groupes de personnes comme pour les infirmières s'occupant des patients grippés à Londres, Manchester ou Liverpool. **Mais beaucoup de gens dans la population portaient un masque pour se protéger de la grippe** (en général un masque fait avec plusieurs couches de gaze) .

Les questions sérieuses sur l'efficacité des masques étaient posées à partir de Mai 1919 et seulement par la communauté scientifique dont la plupart des membres étaient unis contre le port de masque , le journal *The Lancet* avait qualifié les masques de « remède douteux » (185).

Pendant la deuxième guerre mondiale, le gouvernement britannique recommandait le port de masque à la population pour se protéger de l'épidémie de grippe , surtout aux Londoniens blottis dans les stations de métro souterraines pour échapper aux bombes allemandes en 1940 et 1941.

Le 24 juillet 2020, le Royaume Uni a été l'un des derniers pays en Europe à instaurer le port de masque obligatoire dans les espaces publics intérieurs.

Malgré son taux élevé de décès en Europe dans la pandémie actuelle, le pourcentage de porteurs de masques au Royaume Uni dans les lieux publics est plus bas que les autres pays d'Europe , une étude anglaise a montré que seulement 25% de Britanniques portent un masque en Avril 2020, contre 83% en Italie et 64% en Espagne.

Le mouvement *Keep Free Britain* a organisé le 19 juillet 2020 une **manifestation contre le masque** qui devient obligatoire dans les supermarchés et les magasins à partir du 24 juillet 2020 sous peine d'une amende de 100 livres sterling.

d-en France

On constate, que, **dès 1918, les Français entretenaient un « drôle » de rapport avec le masque**(187)

En France , à l'époque de la grippe espagnole, si les médecins prennent rapidement conscience de la contagiosité, de la morbidité et des complications pulmonaires que la grippe pandémique implique, ils ne préconisent pourtant, en tant que premiers gestes barrières , que des mesures d'isolement des patients, la prise des médicaments antalgiques et la désinfection des lieux publics.

Le conseil du port de masque n'intervient qu'en dernier lieu dans la liste des préconisations de l'Académie de Médecine en Octobre 1918 et ne revêt pas du tout l'importance que lui prête aujourd'hui le monde médical .

La presse comparait l'attitude des Français (qui ne portaient pas de masque) à celle des Américains et des Anglais qui, eux , accordaient un plus grand crédit au masque et à son efficacité , la preuve en est avec les nombreuses photos dans la presse où l'on voit des gens portant le masque aux Etats-Unis (San Francisco, New-York) où à Londres mais pas à Paris.

Des journalistes de la rédaction du journal *L'Oeuvre* avaient fait l'expérience de sortir masqués dans les rues de Paris le 28 Février 1919 pour voir la réaction des Parisiens qui ne leur avaient infligé que des réflexions peu courtoises , tant l'accessoire leur semblait dérisoire.

A l'image des Parisiens, si les Français semblaient particulièrement plus fatalistes que d'autres vis à vis de la grippe espagnole et du port de masque, le contexte de la première Guerre mondiale y était aussi pour beaucoup: tout le matériel avait été réquisitionné pour et par la guerre et l'esprit du pays n'était orienté vers rien d'autre.

En 2020, la crise sanitaire engendrée par la propagation du Covid-19 a conduit les autorités à rendre le port du masque obligatoire dans les espaces publics clos depuis le 20 juillet 2020 pour les personnes âgées de 11 ans et plus , et depuis le 1er septembre 2020 dans les bureaux où il y a plus d'un travailleur ainsi que dans les espaces de circulation du lieu de travail.

Le masque porté peut être en tissu ou chirurgical.

Le préfet ou le maire peut aussi imposer le port du masque dans les lieux publics extérieurs (rue , marché, zone touristique, centre ville), notamment dans les grandes villes comme Paris, Marseille, Lyon.Le non-respect du port de masque conduit au paiement d'une amende de 135 euros (186)

Il faut ajouter aussi que depuis le 2 Novembre 2020 , au retour des vacances de la Toussaint, les écoliers de plus de 6 ans doivent porter un masque.

En France, il existe un **mouvement anti-masque** , **assez marginal**, dont les rassemblements n'ont regroupé jusqu'ici que quelques centaines de personnes mais les sympathisants sont plusieurs milliers sur les réseaux sociaux (Facebook et Twitter) (189).

Deux arguments ressortent particulièrement chez les anti-masques:

- *les masques sont inefficaces voire dangereux car ils ne permettraient pas une oxygénation du sang suffisamment importante*
- L'autre argument relève d'une thèse complotiste selon laquelle « *l'épidémie est bien terminée , voire n'a jamais existé , le gouvernement nous ment en essayant de faire croire le contraire pour tester la servilité de la population dans le but d'instaurer un nouvel ordre mondial dans lequel les citoyens n'auraient plus aucune liberté* »

Enfin, en France, le port du masque n'était pas entré dans les moeurs avant la pandémie actuelle de la Covid-19 due au Sars-Cov-2 .

3- En Europe, des manifestants se sont réunis depuis l'été 2020 pour protester contre le port de masque obligatoire.

Dans plusieurs villes européennes , notamment à Madrid, Bruxelles, Berlin, Paris, des manifestations rassemblent des centaines d'opposants au port de masque . Comme le 16 Août 2020 à Madrid et à Bruxelles avec des pancartes « *Le virus n'existe pas* », « *le masque tue* » « *nous n'avons pas peur* ».

De nouvelles manifestations anti-masques ont encore eu lieu en Octobre et novembre 2020 à Madrid en Espagne, à Rome en Italie, à Leipzig en Allemagne, en Suisse et en Autriche.

En **Allemagne**, le **mouvement anti-masque est le plus important d'Europe** avec des milliers de personnes qui manifestent toutes les fins de semaines depuis Août 2020.

Pour les manifestants, « *l'Allemagne d'aujourd'hui est une dictature , les mesures de distanciation et d'hygiène telles le port de masque en seraient la marque* » (188).

Cependant , dès le début de l'automne 2020, à cause de la hausse alarmante du nombre de cas positifs et du nombre de décès , les métropoles allemandes ont adopté le port obligatoire du masque dans les lieux publics et la mesure s'appliquera à partir d'un taux d'incidence de 50 infections pour 100 000 habitants (189).

4- Mais le mouvement anti-masque , même s'il gagne de l'ampleur en Europe, reste marginal car l'immense majorité des gens porte le masque dans le monde pendant la pandémie actuelle (189).

Il faut reconnaître que dans le monde, à part les pays d'Asie de l'Est où le port du masque est ancré dans les moeurs depuis bien longtemps , la population n'est pas habituée à porter un masque .

C'est la pandémie actuelle du Covid-19 due à un Coronavirus, virus respiratoire comme le virus grippal, qui a vraiment mis en lumière le masque .

Avant cette pandémie, le masque était considéré comme un petit accessoire, important seulement en milieu de soins, totalement méconnu de la population .

5- La pandémie du Coronavirus a peu à peu obligé les citoyens des différents pays dans le monde, à l'instar des Français, à intégrer le masque comme un geste barrière essentiel, au même titre que l'hygiène des mains et la distanciation physique pour lutter contre la propagation des virus respiratoires afin de protéger les autres mais aussi de se protéger soi-même .

En France, le port de masque obligatoire dans les rues des grandes villes est l'aboutissement de sept mois de décisions politiques évolutives; ***d'abord jugé inutile pour le grand public***, le masque de protection , chirurgical ou en tissu, s'est imposé en quelques mois comme l'un des outils majeurs de la lutte contre la pandémie de Covid-19.

Ainsi, par peur du virus , les gens restent globalement raisonnables et acceptent les consignes sanitaires même si elles sont contraignantes.

Ce changement graduel de comportement pourrait être bénéfique et mis à contribution en cas de pandémie grippale voire même d'épidémie grippale pour contrer la transmission du virus par les personnes infectées.

D- SUR LE PORT DU MASQUE CHEZ LES ENFANTS DES L'AGE DE 6 ANS

Aucune information précise n'a été retrouvée , cependant , le ***masque est déconseillé en dessous de 3 ans*** en raison des risques de gêne respiratoire , voire d'étouffement.

En 2013, l'ANSM (Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé) indiquait l'existence des masques chirurgicaux de petite taille adaptés pour les enfants de 3 ans et plus en cas de pandémie grippale (168).

Actuellement, fleurissent partout des masques en tissu pour enfants avec de nombreux coloris et motifs , fabriqués par les industries textiles en France et dans le monde.

Certains experts indiquent que les masques peuvent être recommandés pour les enfants à partir de 6 ans car l'enfant doit pouvoir comprendre l'intérêt et les conditions d'utilisation des masques (169).

Suite à la décision du gouvernement français de renforcer le protocole sanitaire dans les écoles par le **port obligatoire du masque chez les enfants âgés de 6 ans et plus** depuis le 2 Novembre 2020, certains parents ne décollèrent pas car ils craignent des *conséquences graves sur la santé et le développement de leurs enfants*.

Des manifestations ont eu lieu en Novembre 2020 devant des écoles primaires et sur internet, une pétition implorant le gouvernement d'abandonner cette décision a recueilli plusieurs dizaines de milliers de signatures.

Cependant, **les spécialistes interrogés affirment que le port du masque ne fait courir aucun risque aux enfants**(192):

- Pour le Professeur Yves Buisson, épidémiologiste et président de la cellule de veille scientifique sur la Covid-19 à l'Académie Nationale de Médecine , **le masque ne modifie en rien la qualité de la respiration.**

D'après lui, l'air expiré est certes plus riche en CO2 mais ces particules passent à travers le masque tout comme l'oxygène qui parvient très bien aux poumons.

Le masque ne change rien aux échanges gazeux, même s'il est plus difficile de faire des efforts soutenus et prolongés avec un masque sur le visage.

L'intérêt du masque est de limiter les projections et la dispersion des aérosols émis par le porteur du virus.

- Pour Christèle Gras-Le Guen, cheffe de service de pédiatrie au CHU de Nantes, les enfants en chimiothérapie portent le masque et cela n'affecte pas leur respiration.

Elle rappelle que la Société française de pédiatrie a mis en garde contre le port de masque chez les nourrissons qui risquent l'étouffement particulièrement lors du sommeil mais chez les enfants de plus de 6 ans, en état d'éveil , qui doivent garder le masque que quelques heures par jour, il n'y a aucun problème car **le masque ne provoque ni hypoxie, ni anémie ni hypercapnie .**

Selon Santé Publique France, 18 enfants de moins de 14 ans atteints de Covid-19 sont hospitalisés en réanimation le 27 Octobre 2020 contre 12 le 20 Octobre .

D'après le docteur Gras-Le Guen, même si les enfants s'infectent peu et transmettent peu le virus, le nombre d'enfants contaminés va augmenter mathématiquement au fur et à mesure que la pandémie s'accélère .

Le port de masque permet d'éviter le regroupement de cas (cluster) et la fermeture des classes.

Les deux spécialistes pensent que **le vrai risque, c'est de priver les enfants d'école** .

Christèle Gras-Le Guen pense que **le fait de continuer d'aller à l'école est bénéfique pour la santé psychique des enfants** qui réussiront avec le temps à s'adapter au masque comme le font les adultes.

Le professeur Yves Buisson invite les parents à évoquer la question du port de masque à l'école avec leurs enfants de façon apaisée, à leur expliquer que ce n'est pas une contrainte mais un jeu pour lequel tout le monde doit jouer collectif pour l'emporter.

E- SUR LA POLLUTION PAR LES MASQUES JETABLES :LES SOLUTIONS DE RECYCLAGE ET AUTRES ALTERNATIVES

C'est en se penchant sur les causes de la pénurie de masques lors de la pandémie de Covid-19 que le biologiste et historien des sciences Bruno Strasser de l'Université de Genève en Suisse et le médecin et historien de la chirurgie Thomas Schlich de l'Université Mac Gill au Canada ont **retracé l'histoire, l'évolution et l'adaptation des masques médicaux à la culture du « tout-jetable »**.

Dans leur article paru dans la revue *The Lancet* le 22 mai 2020 (193) les auteurs montrent que les masques médicaux ont été développés à la fin du XIX ème siècle (plus exactement inventés en 1897 par Jan Miculicz et Carl Flügge) pour empêcher les chirurgiens d'infecter leurs patients. C'est lors de la pandémie de grippe en 1918-1920 que leur usage s'est généralisé pour se protéger des personnes infectieuses.

Tous les masques, fabriqués en tissu , étaient lavables et réutilisables.

Mais dans les années 1960, les industriels ont développé et promu vigoureusement des masques jetables en fibres synthétiques non tissées à usage unique qui vont faire partie du nouveau système hospitalier du « tout jetable » avec les seringues, les aiguilles , les gants et beaucoup d'autres matériels.

Ces industries très puissantes et très agressives ont inondé les milieux médicaux et paramédicaux vantant les mérites du tout jetable.

D'une manière très habile, les études sponsorisées par ces firmes ont exclu des tests comparatifs les masques en tissu, la dernière parue en **1975** montrait toutefois **qu'un masque de 4 couches de mousseline de coton présentait des propriétés filtrantes supérieures à un masque en non tissé** à condition que son design permette une fuite minimale au niveau du visage.

Les industriels du jetable ont amené les hôpitaux à penser qu'il était préférable de stocker du jetable plutôt que gérer du réutilisable.

Le stockage a donc été choisi avec tous les déboires apparus avec la crise sanitaire en 2020 : en 2010, après la menace de la grippe A (H1N1) , la France stockait 2 milliards de masques mais entre les dates de péremption dépassées, la destruction d'un grand nombre de lots devenus inactifs ou moisissés, la disparition d'autres lots, il n'en restait que 150 millions au début de la pandémie de Covid-19.

La récente pénurie de masques avec des conséquences parfois tragiques pour le personnel médical dans beaucoup de pays en Europe et aux Etats-Unis montre le coût de ce choix historique.

Pour Bruno Strasser, « *l'élimination des masques réutilisables est un choix historique discutable* ».

De plus , on découvre récemment que les **masques jetables ont un impact écologique épouvantable** : on les retrouve partout dans les rues des villes, sur les trottoirs, dans les forêts, dans les lacs et même dans la mer . Ils représentent non seulement un danger sanitaire car ils sont souillés, mais aussi un danger écologique. La durée de leur dégradation a été estimée à 400 ans , la crise sanitaire pourrait être suivie d'une crise environnementale.

Cependant , même pour ces masques synthétiques en non tissé (masques chirurgicaux ou FFP) , des solutions de recyclage pour leur réutilisation existent:

1- Dans les milieux de soins: décontamination des masques FFP2 et chirurgicaux

Certains pays ont autorisé la décontamination des masques FFP2 pour les réutiliser , notamment *les Etats -Unis* (121, 122, 123, 124, 125) , *le Canada* (129) *le Japon* (130) , les deux moyens les plus efficaces étant **le peroxyde d'hydrogène en phase vapeur et l'irradiation germicide ultraviolette**.

En France, d'après le professeur Philippe Cinquin, du CNRS de Grenoble, une vaste enquête afin de trouver la meilleure méthode pour désinfecter et ré-utiliser les masques chirurgicaux et FFP2 est en cours , grâce au consortium (Task Force) mis en place depuis Mars 2020 par le CNRS, le CEA, l'INSERM et l'ANSES avec la collaboration de plusieurs CHU et Universités (128).

Mais contrairement aux Etats-Unis où certaines méthodes sont déjà appliquées (peroxyde d'hydrogène , rayons UV) en France les recherches continuent et pendant ce temps, les masques FFP2 et chirurgicaux continuent à être considérés comme des EPI à usage unique et doivent être jetés après utilisation.

2- Dans la population : décontamination et ré-utilisation des masques chirurgicaux

a- ***L'association UFC Que Choisir***, tests à l'appui, a démontré en Novembre 2020 qu'après **10 lavages en machine à 60° C, les masques chirurgicaux, portés par le grand public, théoriquement à usage unique, gardent d'excellentes capacités de filtration** (195).

Les tests ont été réalisés sur 2 modèles de masques chirurgicaux véritables achetés en grande surface, revendiquant la norme EN 14683 et s'affichant de type 1 assurant 95% d'efficacité de filtration bactérienne et un modèle acheté en pharmacie qui ne prétendait pas être plus qu'un masque de confort et n'arborait aucun marquage officiel mais ressemblait à s'y méprendre à un masque chirurgical.

Au final, même ayant subi plusieurs cycles de lavage, ils sont bien au dessus des exigences minimales des masques en tissu portant la garantie officielle AFNOR/DGA qui ont servi de référence:

- à l'état neuf, les 3 masques arrêtaient plus de 98% des particules de plus de 3 microns, soit bien plus des 90% des masques en tissu les plus filtrants.
- après 10 lavages et autant de passages au sèche-linge et de repassages doux, leurs capacités de filtration se sont maintenues à un niveau suffisant pour un usage grand public : 100% pour l'un des chirurgicaux de grande surface, 90% pour l'autre chirurgical de grande surface et 98% celui de parapharmacie. Les attaches sont restées intactes.

Au niveau respirabilité, l'un des masques chirurgicaux de grande surface ne remplissait pas les exigences des masques en tissu de la garantie officielle à neuf comme après 10 lavages mais s'en approchait suffisamment pour assurer un usage confortable lors d'activités calmes, les deux autres modèles se situaient très au delà du minimum requis.

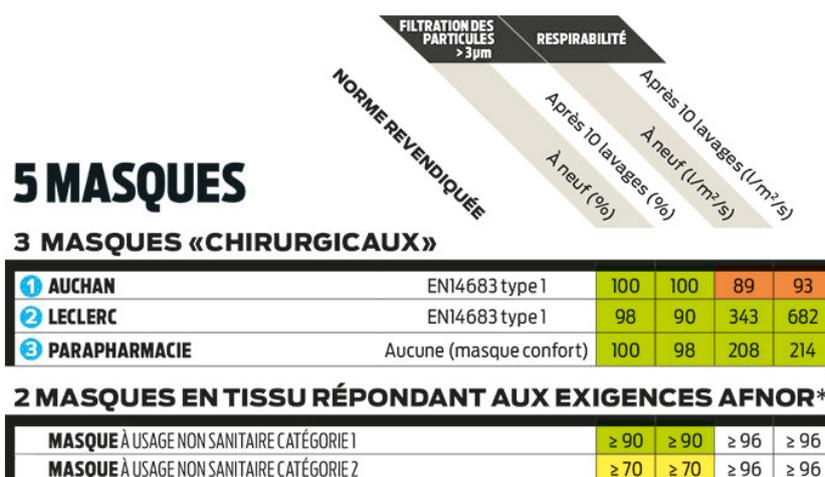


Figure 18: Efficacité des masques chirurgicaux à neuf et après 10 lavages (Tests de UFC Que Choisir en Novembre 2020)

Les résultats de l'association UFC que choisir confirment ce que des chercheurs avaient déjà découvert sans toutefois publier les résultats de leurs expériences :

-les équipes du CNRS ont exploré dès avril 2020 la piste du recyclage des masques à usage unique et ont pu **les laver jusqu'à 10 fois en machine à 60°C avec de la lessive sans qu'ils perdent leurs capacités de filtration** , « ils conservent dans ces conditions leur compatibilité avec la norme » assure Philippe Cinquin, enseignant chercheur à l'université et au CNRS de Grenoble (194).

-Philippe Vroman, enseignant chercheur de l'ENSAIT à Roubaix , spécialiste des textiles non tissés, a démontré en Septembre 2020, que les **masques chirurgicaux de qualité** supportent d'être **lavés cinq fois sans perdre de leur efficacité pour une utilisation grand public** (113)

La réutilisation des masques chirurgicaux pour un usage non médical est donc envisageable sans compromettre leurs performances y compris après passage au lave-linge avec deux bonnes retombées:

-*retombée économique pour les consommateurs qui vont payer moins* , car les masques réutilisés vont se hisser au niveau des masques en tissu lavables 10 fois tout étant nettement moins onéreux à l'unité.

-*retombée écologique* car la réutilisation des masques est salutaire pour l'environnement, ces masques étant constitués de plastiques non dégradables.

b- Le Collectif scientifique bénévole AdiosCorona qui rassemble des chercheurs bénévoles prônent la ***réutilisation des masques chirurgicaux après quelques jours de stockage dans des enveloppes*** (196).

C'est une solution économique et écologique qui permet de les réutiliser jusqu'à 30 fois , elle peut compléter ou se substituer à l'autre solution, le lavage en machine .

Le virus ne survit pas plus de quatre jours sur les surfaces en plastique, or les masques chirurgicaux sont constitués de nanofibres de plastique.

Une étude parue dans *The Lancet* a montré « *qu'après 7 jours, malgré une concentration de départ élevée du virus aussi bien sur la face interne que sur la face externe du masque, 99, 9% des particules virales n'étaient plus actives* » explique Virginie Courtier, directrice de recherche au CNRS et membre d'AdiosCorona

En pratique, pour appliquer la méthode, il faut un peu d'organisation et n'utiliser que ses propres masques :

-utiliser des enveloppes en papier blanc ou kraft, neuves ou déjà utilisées

-marquer sur l'enveloppe la date de stockage et le nom du propriétaire, y laisser le masque usagé pendant 7 jours .

-en fonction du nombre de masques utilisés par jour , 7 à 14 enveloppes sont nécessaires par personne .

Le papier des enveloppes aide le masque à sécher , la décontamination peut être accélérée ou parachevée à la lumière du soleil ou à la chaleur d'un radiateur.

Cependant, les autorités restent prudentes concernant la réutilisation des masques chirurgicaux après lavage en machine à 60° C (197) ou après stockage dans les enveloppes:

- pour la SF2H il faudrait que les tests de UFC Que Choisir soient faits sur l'ensemble des masques et que les fabricants s'engagent à garantir une intégrité et les mêmes résultats que cette étude pour l'ensemble des masques rappelant qu'il y a aujourd'hui les masques en tissu qui répondent à ce besoin de la population .
- pour l'Académie de médecine, le lavage et la réutilisation des masques jetables ne peuvent être conseillés tant qu'on n'a pas encore d'essais validés. Elle considère que dans l'espace public, les masques en tissu lavables doivent être préférés aux masque jetables pour d'évidentes raisons économiques et écologiques.
- pour la Direction Générale de la santé, les masques chirurgicaux à usage unique doivent être jetés dans une poubelle après utilisation selon les recommandations du Haut Conseil de la Santé Publique. Elle précise que des travaux sont en cours en France pour étudier si une éventuelle réutilisation est possible garantissant leur efficacité et leur capacité de filtration.

3- Pour le grand public: alternatives avec des masques français innovants de Géochanvre et BioSerenity

a- masque en chanvre biologique biodégradable de Géochanvre(198)

Le premier masque Grand Public écologique et éthique en chanvre biologique a été mis sur le marché en Avril 2020 par l'entreprise française Géochanvre située dans l'Yonne.

Les avantages de ce masque de protection en chanvre biologique sont nombreux:

- Conception et fabrication 100% française à base de fibres naturelles
- Un vrai geste écologique car ce masque est biodégradable, biocompostable.
- Masque conforme à la catégorie UNS2 (masque de protection destiné aux particuliers et au grand public pour les sorties courtes et occasionnelles)
- Test effectué le 3 Avril 2020 par la Direction Générale des Armées (DGA) qui a validé ses capacités de filtration et de perméabilité permettant à Géochanvre d'être référencé par la Direction Générale des Entreprises.
- Masque sans colle, sans additif et sans traitement, 98% de filtration garantie des particules de 3 microns . Il existe même en taille enfant pour les enfants âgés de plus de 6 ans.

Ce masque est à usage unique , composé d'une *pièce de feutre de chanvre filtrant doublée d'un voile protecteur en PLA* (amidon de maïs) , d'une *bande élastique recyclable* et de *deux mousses de protection* (l'une se plaçant en haut pour protéger le nez, l'autre en bas pour protéger le menton)

Rappelons cependant que *ce masque en chanvre biologique à usage unique est plus onéreux pour le consommateur que le masque chirurgical de type I* (il se vend aux alentours de 1 euro contre 10 à 50 centimes d'euro pour le masque chirurgical qui pourrait même être réutilisé après lavages)



Figure 19: Masque en chanvre biologique , biodégradable, à usage unique

b- Masques filtrants et décontaminants CIDALTEX de BioSerenity (199)

BioSerenity , start-up française fondée en 2014 dans l'enceinte du CHU la Pitié Salpêtrière (Paris, AP-HP) et spécialisée dans les dispositifs médicaux, a implanté son usine de textile à Troyes en 2020.

Elle a mis au point , avec l'aide de l'INSERM et de l'Université de Lille, **deux nouveaux masques de protection à usage unique** (masque chirurgical type IIR et masque FFP2) **qui peuvent non seulement bloquer les bactéries et les virus mais aussi les désactiver** .

Cette innovation consiste à fixer sur un textile non tissé et qui forme la couche filtrante un agent antiviral puissant . L'originalité du concept CIDALTEX repose sur l'utilisation de la **cyclodextrine** , agent antiviral de la classe des ammoniums quaternaires , fabriquée à partir d'amidon de maïs .Fixée sur les fibres des masques , elle va agir comme une molécule cage qui va piéger les virus .

La filtration est assurée dans les deux sens, à l'inspiration et à l'expiration.

Ces masques virucides permettent donc à la fois d'assurer la protection individuelle de l'utilisateur , de protéger la collectivité et enfin d'éviter qu'un masque usagé ne devienne source de contamination.

Des prototypes sont analysés et testés: les équipes de l'INSERM ont en effet évalué l'efficacité de la couche Cidaltex en testant son activité anti-bactérienne et anti-virale puis la sécurité du masque complet pendant son utilisation: l'activité anti-bactérienne et antivirale ont permis de réduire 99,9% de Staphylocoques , Escherichia coli et Coronavirus humains en 5 minutes .

L'étude de l'évaluation de la respirabilité et de l'évacuation de l'humidité des masques , étendue à des volontaires dans les services des urgences, de réanimation, des unités Covid et des maladies infectieuses du CHU de Lille est toujours en cours mais déjà on ne remarque aucun problème de respirabilité ou d'humidité sur les 600 volontaires ayant porté ces masques.

Destinés prioritairement au personnel soignant, ces masques de protection sont disponibles pour les particuliers sur le site internet de BioSerenity et dans les pharmacies.

A noter que le masque chirurgical est vendu 0,29 € l'unité pour les professionnels et 0,44 € pour les particuliers soit 30% plus cher que le masque chirurgical habituel.

Le masque FFP2 est vendu 0,98 € pour le professionnel et 1,49 € pour le particulier soit presque 50% plus cher que le masque FFP2 habituel.



Figure 20 : masques CIDALTEX chirurgicaux et FFP2 filtrants et décontaminants

F- SUR LES LECONS A TIRER DE LA PANDEMIE DE COVID-19 POUR LES FUTURES PANDEMIES ET EPIDEMIES DE GRIPPE

1- Similitudes et différences entre la grippe et l'infection de Covid-19 (200)

Les deux infections se manifestent par des symptômes respiratoires mais il existe des différences importantes entre les deux virus et leur mode de propagation. Ceci a des conséquences importantes sur les mesures de santé publique qui peuvent être prises pour faire face à chaque virus.

a- les similitudes entre la grippe et l'infection de Covid-19

- Tout d'abord, ce sont tous les deux des **virus à ARN** qui donnent un **tableau clinique similaire marqué par des manifestations respiratoires** .

La symptomatologie est très variée : alors que certains patients sont asymptomatiques ou ont des symptômes très bénins, d'autres patients peuvent présenter des manifestations graves voire décéder .

Les premiers symptômes de la Covid-19 sont comparables à ceux de la grippe: *écoulement nasal, fièvre, toux, courbatures, fatigue*.

- Ensuite , ils ont les **mêmes modes de transmission**: essentiellement par *contact étroit et rapproché* (moins de 1m 50) , par les *gouttelettes respiratoires* (postillons, éternuements, toux) et par les *contages* (surface ou objet préalablement touché par une personne infectée) mais aussi par *voie aérienne*.

Les mêmes mesures de santé publiques doivent être prises afin de prévenir chacune des deux infections :hygiène des mains, hygiène respiratoire (tousser dans le pli du coude ou mieux dans un mouchoir jetable immédiatement après usage)

b- les différences entre la grippe et l'infection originelle de Covid-19

- **la durée d'incubation** (délai qui s'écoule entre l'infection et l'apparition des symptômes) plus courte pour la grippe (**1 à 3 jours**) que pour la Covid-19 (3 à 5 jours parfois jusqu'à 14 jours)

- **la rapidité de la transmission** : la grippe a un intervalle sériel (rapidité de transmission du virus sur deux cas qui se suivent sur une chaîne de transmission) de **3 jours** alors que le Coronavirus a un intervalle sériel de 5 à 6 jours. La grippe se propage donc plus rapidement que la Covid-19.

- **Taux de reproduction** (nombre d'infections secondaires provoquées par un individu infecté) de la Covid-19 est de 2,5 à 3 contre **1,2 à 1, 5 pour la grippe**.

- **Vecteurs de transmission:** les enfants sont des vecteurs de transmission de la grippe à leur entourage. Pour le virus originel de la Covid-19, les premières données montrent que toutes les tranches d'âge peuvent être touchées mais que les enfants sont moins infectés que les adultes.
- **les signes cliniques pathognomoniques de la Covid-19** tels que l'**anosmie**(perte d'odorat) ou l'**agueusie** (perte de goût) , ou les **symptômes cutanés** ne sont pas vus ou très rarement vus dans la grippe.
- **les complications** : La Covid -19 a des taux de complications et de formes sévères(15% de formes graves nécessitant une oxygénothérapie et 5% de formes critiques exigeant une assistance respiratoire) plus élevés que la grippe. Parmi les complications d'une infection au coronavirus: syndrome de détresse respiratoire aigüe, insuffisance rénale aigüe voire défaillance multi-viscérale.
- **Mortalité** une étude de l'Inserm et du CHU de Dijon (201) s'appuyant sur des données nationales françaises (PMSI) de près de 130 000 patients hospitalisés pour Covid-19 ou pour grippe saisonnière montre que le *taux de mortalité parmi les patients hospitalisés pour Covid est trois fois plus élevé que celui de la grippe saisonnière (5,8% pour la grippe et 16,9% pour la Covid 19)*
- **Vaccins:** pour la Covid-19 , la vaccinologie est toute récente depuis fin 2020 avec deux vaccins américains à technologie révolutionnaire et prometteuse à ARN messenger , suivis d'autres vaccins plus classiques disponibles en 2021 mais leur efficacité et leur innocuité à long terme restent encore à confirmer.

Le vaccin grippal est connu depuis 1943 , il est sûr, efficace depuis de nombreuses années, et il est disponible chaque année avant la saison hivernale pour contrer la grippe saisonnière .

- **Traitement antiviral**

Plusieurs molécules contre la Covid-19 font actuellement l'objet d'essais cliniques (comme le Molnupiravir qui permet de réduire drastiquement la sécrétion du coronavirus et sa propagation chez les furets où le virus est indétectable 24 heures après traitement) mais aucun traitement homologué n'est encore disponible.

En revanche, il existe depuis longtemps des antiviraux efficaces à la prévention et au traitement de la grippe (les inhibiteurs de la neuraminidase-Oseltamivir et Zanamivir)

Tableau de comparaison entre Grippe et Covid-19 en annexe page 146.

2- Quel changement de mentalité à tirer de la crise sanitaire du Coronavirus?

Nous sommes toujours torturés par des passions telles que la quête de pouvoir, la recherche de l'argent, la peur, l'angoisse, la vieillesse, la maladie, la séparation, la mort. Comment vivre malgré tout cela? (202).

Des trois écoles philosophiques qui répondent à cette question(les stoïciens, les épicuriens et les cyniques), ce sont les *stoïciens* qui sont les plus pertinents dans la crise actuelle car ils ont développé une **philosophie de l'acceptation** .

La grande phrase d'Epictète est très éclairante : « *Il y a des choses qui dépendent de nous et des choses qui n'en dépendent pas* »: ce qui ne dépend pas de moi , c'est le contexte, ce virus pandémique; ce qui dépend de moi , c'est la ***distanciation sociale et physique, les règles d'hygiène comme se laver les mains, porter un masque, se faire vacciner, prendre soin de soi si l'on veut prendre soin des autres*** .

Il nous faudra peut-être apprendre , comme les Asiatiques de l'Est (Japonais, Coréens du sud, Taiwanais) ***à faire un travail sur nous mêmes , à essayer de changer de mentalité afin d'agir individuellement mais de penser collectif, dans l'intérêt commun de tous*** .

Ceci est parfaitement illustré par l'article de Kar Keung Cheng, pour lequel le large usage du masque dans la population pourrait signifier un engagement solidaire et citoyen, altruisme et solidarité contre une pandémie de virus respiratoire (133).

Dans les pays de l'Asie de l'est, le port du masque généralisé a été la réponse immédiate à la crise sanitaire et le nombre de contaminations et de décès a été relativement faible par rapport à l'Europe et à l'Amérique.

Mais pour Benjamin Cowling, professeur à l'Université de Hong Kong, c'est *l'ensemble des mesures de santé publique prises par certains gouvernements d'Asie de l'est qui a porté ses fruits dans la gestion de la pandémie du Coronavirus originel et pas seulement le port de masques*. Cela comprend l'identification des cas et leur isolement, la mise en quarantaine de leurs proches, l'application des mesures d'hygiène telles que le port de masque, l'hygiène des mains et la distanciation sociale.

Son collègue Keiji Fukuda met en garde ceux qui croient à une « force protectrice quasi magique des masques ». Certains pays comme Singapour ont aussi très bien géré la pandémie actuelle sans insister fortement sur les masques.

Lui aussi attribue la faible propagation de la pandémie à Singapour, Hong Kong, Taiwan, en Corée du sud et au Japon à des mesures efficaces comme l'identification systématique des proches d'une personne infectée, une bonne coordination des autorités et le respect de la distanciation sociale - parfois ancrée dans la culture locale comme au Japon.

Par ailleurs, les populations de ces pays qui ont encore en mémoire l'épidémie du SRAS (2002-2004) ont été soucieuses dès le début de la pandémie du Sars-Cov-2 de coopérer avec les autorités sanitaires.

C'est ***la combinaison de tous ces facteurs , très importante, qui a permis de juguler la pandémie.***

Benjamin Cowling estime cependant qu'il faut davantage de recherches avant de décréter l'utilité de tel ou tel masque contre la pandémie.

Cependant d'après lui, ***si le port du masque pouvait seulement réduire un peu la transmission du virus, ce serait tout de même une bonne mesure à prendre (177) .***

3- Les premières leçons de la crise du Covid-19 pour améliorer notre système de santé (203)

- Donner une véritable place au système de santé

Le coronavirus a exacerbé les failles de notre système de santé: diminution drastique du nombre de lits d'hospitalisation ces dernières années, augmentation importante de l'activité hospitalière au fil du temps d'où un manque criant de personnel, et une inégalité entre les territoires.

D'après Mark Lowcock, secrétaire adjoint de l'ONU, ***à l'avenir il faudra investir massivement dans les systèmes de santé, car sans investissement considérable , nous resterons vulnérables face aux pandémies futures.***

« ***Il y a urgence à parier sur la santé comme secteur d'avenir*** en multipliant le personnel infirmier à responsabilité accrue et en reconnaissant les médecins généralistes comme pivot du système .Nous devons aussi restructurer nos organismes de recherche dans une approche européenne en les gratifiant mieux » a alerté le professeur Guy Vallancien , membre de l'Académie de Médecine ,le 24 Mars 2020 .

- Relocaliser la production en santé

Manque criant de masques , de respirateurs, de réactifs chimiques, de médicaments

La crise sanitaire liée au Covid-19 a mis en évidence l'importance pour les Etats de reprendre la main sur leurs chaînes d'approvisionnement en produits pharmaceutiques et biomédicaux.

L'une des principales causes de ces pénuries ***est l'exode massif des sites de production pharmaceutique et biomédicale vers l'Asie , en particulier la Chine et l'Inde*** qui assurent une grande partie de la production de médicaments, de principes actifs et de produits bio-médicaux comme les masques de protection.

Pour faire face à ces carences chroniques, le Ministère de la santé a lancé en 2019 un plan d'action qui prône davantage de coopération à l'échelle de l'Union Européenne: poursuivre les discussions sur l'achat groupé de certains traitements (comme les vaccins) mais aussi partager l'information concernant les situations et les causes de pénuries rencontrées au niveau européen.

Cette crise nous montre ***qu'il faudra aller plus loin à l'échelle nationale et européenne pour retrouver notre indépendance sanitaire.***

Il faudrait également ***soutenir les entreprises existantes fabriquant des équipements de protection individuelle tels les masques en France pour que leurs prix soient assez compétitifs afin de contrer les importations massives de masques*** (qui concernent jusqu'à 90% des masques utilisés actuellement en France)

4- Les crises environnementales seraient responsables de l'émergence de nouvelles épidémies (204)

Un nombre croissant de travaux scientifiques souligne que les ***activités humaines sont à l'origine de la dégradation de la biodiversité et du changement climatique et constitueraient un facteur majeur dans l'accélération des épidémies et des pandémies.*** Un constat partagé par un rapport publié en octobre 2020 de la plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES).

La grande majorité des maladies émergentes ayant donné lieu à des pandémies sont des ***zoonoses*** , c'est-à-dire que des pathogènes d'origine animale en sont à l'origine. C'est le cas de la maladie d'Ebola ou du SRAS de 2002 pour lesquels plusieurs études ont confirmé que les chauve-souris étaient des réservoirs à virus.

Le *Global Virome Project* , ambitieuse initiative portée par plusieurs équipes de scientifiques sur dix ans, estime que près de 1,7 million de virus encore inconnus existent chez des mammifères et les oiseaux , dont 500 000 seraient en capacité d'infecter l'espèce humaine.

Or, depuis plusieurs décennies, les épidémies de maladies infectieuses touchant l'humain s'accélèrent:

- Une étude de référence, publiée dans *Nature en 2008* , avait déjà identifié 335 nouvelles maladies infectieuses survenues chez l'Homme entre 1940 et 2004, dont 60% étaient des zoonoses.
- L'étude *Climate variability and Outbreaks of infectious diseases in Europe* parue en 2013 avait aussi confirmé la tendance de l'émergence de ces pathologies et leur potentiel épidémique , tendance qui n'a cessé de se renforcer ces 20 dernières années avec des épidémies plus nombreuses et plus fréquentes.

Cette accélération de la fréquence des épidémies pourrait être due aux activités humaines qui modifient l'environnement et qui augmentent la probabilité d'une rencontre entre humains et pathogènes .

Le récent rapport de l'IPBES suggère que **30% des maladies émergentes depuis 1960 ont été causées par des modifications dans l'aménagement du territoire au détriment des zones sauvages , par l'exploitation des terres à des fins agricoles et par l'élevage intensif.**

Dans certaines régions du monde, **l'extension des terres agricoles associée à la déforestation massive** signifie que des espèces animales sauvages sont plus à risque d'entrer en contact avec le bétail et avec les humains et donc de transmettre d'éventuels virus . De même, **le trafic et la vente d'animaux sauvages** semble aussi avoir accéléré l'exposition humaines aux pathogènes animaux.

Les conséquences du réchauffement climatique sont multiples: hausse des températures, fonte des glaciers, hausse du niveau des mers, sécheresse, changements de la biodiversité , migrations humaines , etc. Parmi toutes ces catastrophes en cours ou à venir, il en est une majeure qui se déroule en ce moment dans l'Arctique, en Alaska, au Canada et en Russie .

Entamé depuis plusieurs années, **le dégel du pergélisol** (ou permafrost) cette couche géologique , constituée de glace et de matières organiques ,menace de libérer des quantités astronomiques de CO2 , entraînant un réchauffement climatique encore plus important et plus rapide que prévu.

D'après Jean-Michel Claverie , professeur de médecine d'Aix-Marseille et Directeur du laboratoire Information Génomique et Structurale du CNRS , la **fonte du pergélisol** pourrait faire **ressortir des virus et bactéries enfouis dans la glace depuis plusieurs milliers d'années et qui peuvent être pathogènes pour l'Homme.**

En plus du danger de libérer les virus et les bactéries, les industries s'installent avec de nombreux ouvriers pour exploiter les ressources de l'Arctique , ce qui augmente fortement le risque d'une épidémie ou d'une pandémie.

Pour ce chercheur, il est donc primordial de poursuivre la recherche contre les virus pour se préparer à la prochaine pandémie mais il faudrait aussi **dissuader les Etats de s'installer sur la zone arctique pour des activités industrielles car « le dégel du permafrost sibérien est une bombe à retardement virale et bactérienne »** (205)

Selon Benjamin Coriat ,économiste, professeur à l'Université Sorbonne Paris-Nord et auteur de « La Pandémie, l'Anthropocène et le Bien Commun » , **la déforestation, la surexploitation des ressources et l'élevage intensif** sont les principaux facteurs des potentiels dérèglements à venir (206).

L'anthropocène désigne l'ère géologique actuelle qui se caractérise par des signes visibles de l'influence de l'être humain sur son environnement , notamment sur le climat et la biosphère.

5- Vers une nouvelle culture de la prévention?

La crise sanitaire va-t-elle imposer des changements radicaux dans nos rapports sociaux?

La distanciation physique et les règles d'hygiène vont certainement perdurer pour limiter la virulence du virus tant qu'un traitement ou un vaccin n'est pas tout à fait disponible .

Cette notion, valable pour la pandémie actuelle de Coronavirus servira de leçon pour les pandémies virales futures telles les pandémies de grippe.

Pourtant, le concept de distanciation sociale et la culture des gestes barrières sont déjà bien ancrés:

-dans les pays d'Europe du Nord comme le Danemark , la Norvège ce qui a permis à leurs habitants d'éviter un confinement strict.

Pour eux, il ne s'agit pas d'une question d'obligation mais de bon sens et de responsabilité individuelle .

-dans les pays d'Asie de l'est notamment le Japon, la Corée du sud , Taiwan, Singapour où l'on se salue en restant à distance (pas d'embrassades, pas d'accolades, pas de serremments de main, surtout pendant une épidémie ou pandémie de grippe ou de virus respiratoire) et où le port du masque pendant la pandémie virale ou simplement lorsque le porteur est enrhumé ou grippé est tout à fait de règle.

Une nouvelle étude expérimentale de l'*American Institute of Physics* parue le 22 Décembre 2020 (207) démontre que ***les masques ne compensent pas la distanciation physique*** .

Les chercheurs ont testé l'efficacité de cinq types de masques quant à la propagation des gouttelettes qui transportent le Coronavirus . Tous les masques testés contribuent certes à réduire le nombre de gouttelettes répandues mais toutefois insuffisamment pour la plupart d'entre eux sur une distance de moins de 6 pieds soit 1mètre 83.

Ils ont fabriqué un générateur d'air pour imiter la toux et les éternuements humains par de minuscules particules liquides. Ils ont bloqué la projection des gouttelettes avec cinq types de masques: un masque en tissu ordinaire, un masque en tissu à deux couches, un masque en tissu humide à deux couches, un masque chirurgical et un masque N95 (équivalent du FFP2) .

Seul le masque N95 a stoppé 100% des gouttelettes , le masque en tissu ordinaire a laissé passer environ 3,6% des gouttelettes. Et ces petits pourcentages de gouttelettes sont suffisants pour contaminer autrui à courte distance surtout si une personne malade éternue ou tousse à plusieurs reprises.

Un seul éternuement peut transporter jusqu'à 200 millions de particules virales,selon le porteur du virus.

D'après Krishna Kota, l'un des auteurs de cette étude, professeur à la New Mexico State University, « un masque aide vraiment mais si les gens sont très proches les uns des autres, il y a encore une chance de contracter ou de propager le virus »

C'est à la fois le masque et la distanciation qui vont être efficaces.

Le port du masque offrira une protection substantielle mais incomplète à une personne sensible en diminuant le nombre de gouttelettes en suspension dans l'air qui, autrement, contamineraient la personne sans le masque.

Il faut envisager de ***minimiser ou d'éviter si possible les interactions en face à face ou frontales*** »

En Août 2020, des chercheurs de l'Université d'Edimbourg au Royaume Uni avaient conclu que ***quelqu'un sans masque se tenant à deux mètres d'une personne qui tousse était exposée à 10 000 fois plus de gouttelettes infectées que quelqu'un portant un masque se trouvant seulement à 0,50 mètre***(208).

Les Français adopteront-ils eux aussi durablement les gestes barrières?

Le port du masque deviendra-t-il plus systématique en cas de maladie?

Jusqu'à maintenant, en France et globalement en Occident, lors d'une simple épidémie de grippe saisonnière, hormis les personnels soignants dans les hôpitaux, ou centres de santé, personne ne porte un masque dans les espaces publics fermés tels les cabinets médicaux de ville, les grandes surfaces et encore moins dans les espaces publics ouverts tels les rues bondées, les terrasses de café, etc.

Dans les cabinets médicaux de ville, les patients enrhumés assis dans les salles d'attente ne portaient pas de masque et les médecins non plus.

La pandémie du Coronavirus permettra peut-être ***lors d'une future pandémie de grippe ou même lors d'une simple épidémie saisonnière de grippe de prendre un ensemble de précautions notamment dans les espaces publics clos afin de réduire la propagation du virus grippal*** qui se transmet essentiellement par des gouttelettes projetées par le nez et la bouche des personnes infectées et par les mains contaminées:

- **Porter un masque**

Masque en tissu ou chirurgical pour les patients, masque chirurgical ou FFP2 pour le praticien.

Le masque, bien ajusté sur le nez et la bouche, réduit fortement le risque d'attraper la grippe à condition qu'il soit porté par les personnes infectées même asymptomatiques et aussi par les personnes saines qui se protègent de l'infection.

Porter un masque est très utile quand il est difficile de se tenir à distance des autres et/ou dans les espaces clos mal aérés.

Porter un masque (même à la maison) lors d'éternuements, de toux en cas de grippe ou même de rhume pour éviter les projections.

- **Se laver les mains** chaque fois qu'elles ont pu être contaminées avec de l'eau et du savon liquide ou à défaut avec une solution ou un gel hydro-alcoolique.

Par exemple après être allé aux toilettes, après avoir pris les transports en commun, avant et après s'être mouché, ou avoir éternué ou touché son mouchoir, manipulé son masque ou touché un objet contaminé, avant et après s'être occupé d'un bébé, après avoir rendu visite à une personne malade, avant de préparer les repas, de les servir ou de manger, avant et après s'être occupé d'un animal de compagnie.

Se laver les mains plusieurs fois par jour réduit le risque de transmettre le virus grippal ou de se contaminer en touchant son visage.

Dans un cabinet médical, il est recommandé au praticien de se laver les mains au savon et à l'eau au début et à la fin des consultations et faire une friction hydro-alcoolique entre deux patients.

Quant aux patients, une friction hydro-alcoolique sera suffisante avant et après la consultation avec un flacon mis à disposition par le cabinet médical.

- **utiliser un mouchoir jetable en cas d'éternuements ou de toux et se couvrir** le nez et la bouche pour limiter la projection des gouttelettes puis jeter le mouchoir, se laver les mains avant de toucher autre chose.

- **Garder une distance d'au moins deux mètres entre les personnes** réduit le risque de transmission du virus grippal. Plus la distance est grande, plus le risque d'être atteint par les gouttelettes contaminées diminue.

Dans un cabinet médical de ville, ne prendre les patients que sur RDV et espacer les RDV pour éviter que plusieurs personnes attendent en même temps dans la salle d'attente.

- **Aérer les lieux fermés** autant que possible pour évacuer les gouttelettes en suspension dans l'air.

Par exemple aérer la salle d'attente et les locaux si possible des cabinets médicaux plusieurs fois par jour, chaque fois au moins 10 minutes.
Les logements des particuliers doivent aussi être aérés au moins 2 fois par jour.

Une nouvelle étude du MIT (Massachusetts Institute of Technology) publiée le 24 Avril 2021 soutient qu'une **bonne ventilation est la clé pour réduire la propagation de la Covid-19 dans un espace clos**(209).

Selon cette étude réalisée par Martin Bazant et John Bush, la distanciation physique et le port du masque dans les lieux clos ne permettraient pas de limiter la transmission du virus.

Ils ont élaboré un modèle pour calculer le risque d'exposition à la Covid-19 dans les endroits clos.

En conclusion, selon eux, **seule une bonne ventilation permettrait de réduire la circulation du virus dans l'air**: l'étude met en évidence que la distanciation physique et le port de masque permettent de se protéger contre les grosses gouttes (éternuement, toux) mais ils seraient inefficaces face aux gouttelettes qui se propagent lorsqu'on parle ou lorsqu'on respire.

Les chercheurs vont plus loin, affirmant que dans un espace mal ventilé, lorsque les personnes respirent à travers le masque, les gouttelettes ont tendance à remonter et à se propager dans l'espace confiné, augmentant ainsi le risque de contamination quelque soit la distance entre les personnes .

Un espace clos correctement ventilé limite la propagation du virus, il peut « être exploité en toute sécurité **même à pleine capacité** » , néanmoins le temps passé dans un espace clos jouerait aussi un rôle sur la circulation du virus.

Concrètement, dans une salle d'attente de cabinet médical , avec des personnes assises portant un masque et espacées de deux mètres, le risque de contamination sera limité au minimum si la salle est correctement et régulièrement ventilée ou aérée.

- **Nettoyer puis désinfecter les objets et les surfaces plusieurs fois par jour**

(poignées de porte, boutons de commande, téléphones, tables, chaises , etc.)

- **Se saluer sans contact physique**

Eviter les embrassades, accolades, serremments de main pour se dire bonjour ou au revoir en période d'épidémie ou de pandémie virale.

Se saluer par un mot, un regard, un geste de la main sans se toucher, une inclinaison de la tête (comme au Japon)

En somme, il convient d'associer des règles d'hygiène de base comme le lavage des mains , le port du masque, l'utilisation de mouchoirs jetables à la distanciation physique et sociale sans oublier l'aération des espaces publics clos pour procurer une protection pour les autres et pour soi-même , à l'instar des pays d'Asie de l'est.

Ceci rejoint la campagne des gestes barrières de 2020 de la l'Assurance Maladie sur le site *ameli.fr* pour limiter la transmission des virus de l'hiver(figure 20) (210).



Figure 21: les gestes barrières à adopter pour limiter la propagation des virus saisonniers et du Sars-Cov-2 (source *ameli.fr* 2020)

CONCLUSION

Le port du masque fait partie des recommandations usuelles de protection personnelle dans les milieux de soins et les laboratoires où son efficacité ne fait plus débat puisqu'il fait partie des Equipements de Protection Individuelle (EPI) incontournables dans les Précautions Standard (PS) et les Précautions Complémentaires (PC) ayant fait leurs preuves dans le domaine de l'Hygiène depuis déjà de nombreuses années.

Cependant, nous constatons que l'utilisation d'une protection respiratoire dans la population pour contrôler la grippe ne fait pas l'unanimité.

Le masque protège-t-il les citoyens contre le risque d'attraper un virus respiratoire comme le virus grippal?

Les études disponibles sur l'impact du port de masque pendant une épidémie ou une pandémie de grippe dans la population sont encore peu nombreuses mais dans le doute, il faut favoriser une approche basée sur **le principe de précaution** et **recommander le port du masque dans la communauté , surtout dans les lieux publics et les espaces clos** , afin de limiter la transmission du virus grippal .

Quatre effets possibles des masques peuvent être invoqués:

- *Limiter la diffusion du virus par des personnes infectées et infectantes*
- *Prévenir la contamination bucco-respiratoire d'une personne susceptible*
- *Diminuer la charge virale en cas de contamination , ce qui pourrait diminuer la gravité de la maladie*
- *Améliorer de façon indirecte l'observance à d'autres mesures barrières (lavage des mains, restriction ou diminution de fréquence de contacts interpersonnels par exemple)*

Ainsi, nous recommandons le port de masque dans la population comme une des mesures à prendre pour limiter la transmission du virus grippal par des personnes infectées contagieuses afin de réduire les probabilités de contamination des personnes susceptibles.

Cette position repose essentiellement sur le fait qu'en milieu de soins et qu'à l'occasion de certaines épidémies comme celle du SRAS en 2003 ou actuellement avec la pandémie du Coronavirus, surtout en Asie de l'Est, **le port du masque a semblé réduire sensiblement la propagation des virus respiratoires.**

Avant 2020, le masque de protection, bien connu dans les milieux de soins et en Asie de l'est, était méconnu de la population en Occident.

Il nous faut reconnaître que c'est la pandémie de Covid-19 qui l'a vraiment **mis en lumière** et qui a obligé les citoyens de tous les pays au monde à **intégrer le port du masque comme mesure barrière essentielle pour contrer la propagation des virus respiratoires comme le SARS-COV-2 ou comme le virus grippal.**

Nous constatons, à travers ce travail qui coïncide avec la survenue de la pandémie de Covid-19 que le port obligatoire du masque dans la plupart des pays du monde a provoqué un **changement graduel de comportement dans la population** qui pourrait être vraiment bénéfique lors d'une éventuelle future pandémie voire épidémie grippale car il nous faudra , à l'image des pays de l'Asie de l'Est, **agir individuellement mais penser collectif pour l'intérêt commun de tous.**

Il est important de rappeler que trois conditions doivent être respectées afin d'assurer un effet protecteur au port de masque par des personnes non infectées , à savoir:

- **le respect strict des modes d'utilisation** des différents types de masques,
- l'application simultanée d'autres mesures barrières notamment le **lavage fréquent des mains et la distanciation physique,**
- **Une ventilation correcte des espaces clos** tels les cabinets médicaux.

Au terme de notre étude, nous devons aussi reconnaître que **le choix du type de masque à utiliser dans la population pour assurer une protection adéquate reste ouvert à la discussion.**

Des enquêtes randomisées contrôlées **dans la population avec port de masque et sans port de masque , en milieu clos , et même en milieu ouvert** (rues bondées, parcs remplis de monde , plages surchargées) en pleine pandémie ou épidémie à virus respiratoire permettraient de mieux comprendre l'impact du port de masque pour mieux contrer la propagation du virus et peut-être aussi pour bien choisir le type de masque adapté à chaque situation.

De ce fait réaliser des études dans les cabinets de médecine générale semble pertinent, de même que réaliser de la prévention (affiches dans les cabinets, explication et discussion avec les patients) peut permettre d'améliorer la compliance au port du masque.

BIBLIOGRAPHIE

- 1-Eccles R. « Understanding the symptoms of the common cold and influenza »
The Lancet Infect Dis , vol 5 , 11, Nov 2005 , p 718-725
- 2- Iuliano A, Roguski K , Chang H, Muscatello D , Palekar R , Tempia S.
« Estimates of global seasonal influenza-associated respiratory mortality , a modelling study » *The Lancet* 2018 Mar 31 ; 391(10127): 1285-1300
- 3- OMS (WHO) « Grippe saisonnière »
<http://www.who.int/fr/news/fact-sheets/detail/influenza> 31 mars 2018
- 4- Santé publique France « La grippe, une épidémie saisonnière »
<http://inpes.santepubliquefrance.fr> mise à jour 20 Mai 2019
- 5- Groupe d'Expertise et d'Information sur la Grippe (GEIG)
« Impact économique de la grippe »
<http://www.grippe-geig.com/fr/grippe/impact>
- 6- OMS Europe -Vaccination contre la grippe -7 choses à savoir
www.euro.who.int/influenza/vaccination 2020
- 7- Ministère des Solidarités et de la Santé « Grippe saisonnière »
solidarite-sante.gouv.fr/maladies/grippe mise à jour février 2021
- 8- Shope R.E., « Swine influenza.Experimental transmission and pathology »
JEM ,1931 , 54, p349-359. « *The etiology of swine influenza* ». *Science* , 1931, 73, p214-215
- 9- Smith W., Andrewes C., Laidlaw P. « A virus obtained from influenza patients »
The Lancet , 1933, 2, p66-68.
- 10- Huraux JM , « Traité de virologie médicale » Estem, 2003, p439
- 11- Institut Pasteur de Lille « La Grippe »
<http://www.pasteur-lille.fr/5/health/disease-information/grippe>
- 12- Manguerra J.C. « Grippe »
Elservier Encycl.Méd.Chir. , Maladies infectieuses , 8-069-A 10 , 2002
- 13- Ducatez M, Pelletier C, Meyer G « Influenza D Virus in cattle France 2011-2014 » *Emerging infectious diseases* , vol 21, 2, février 2015 , p 368-371
- 14- Mosley V.M. « Electron micrography of the virus of Influenza »
Nature 1946, 157, p 262-263
- 15- Nicholson K.G., Webster R.G., Hay A.J., « Textbook of Influenza », London ,
Blackwell Science 1998, p 43- 5316-

- 16- Berche P. « Faut-il encore avoir peur de la grippe? » Histoire des pandémies
Edition 2012 Odile Jacob
- 17- Hannoun C. « La grippe et ses virus »
éditions que sais-je? 1995
- 18- Young J.F., Desselberger U., Palese P., « Evolution of human influenza A viruses in nature: sequential mutations in the genome of new H1N1 isolates
Cell, 1979, 18, p 73-83
- 19- Scholtissek C., « Genetic reassortment of human influenza viruses in nature »
Nicholson K.G., Webster R.G., Hay A.J., *Textbook of influenza*, London, *Blackwell Science*, 1998, p 120-125
- 20- Li C., Hatta M., Nidom C.A., et al., « Reassortment between avian H5N1 and human H3N2 influenza viruses creates hybrid viruses with substantial virulence »
PNAS, 2010, 107, p 4491-4498
- 21- Groupe SPILF- COREB Emergences « Procédure actualisée de prise en charge globale d'un patient suspect de grippe saisonnière » février 2016
<http://www.infectiologie.com/User files/File/medias/coreb/grippe>
- 22- Kuentzmann Klein P. « Prise en charge de la grippe saisonnière au cabinet de médecine générale en Alsace »
Thèse de doctorat en médecine-Faculté de médecine de Strasbourg -2019
- 23- SPILF « Prise en charge de la grippe en dehors d'une situation de pandémie en 2005 » . *Médecine et maladies infectieuses 2005; (35):243-273*
www.sciencedirect.com
- 24- Instruction DGS/ RI1/ DGOS/ DGCS/ 2016 « Mesures de prévention et de contrôle de la grippe saisonnière »
http://circulaires.legifrance.gouv.fr/pdf/2016/01/cir_40480
- 25- Uyeki T.M., Bernstein H.H., Bradley J.S. et al. « Clinical practice Guidelines by the Infectious Diseases Society of America: 2018 Update on Diagnosis, Treatment, Chemoprophylaxis and Institutional Outbreak Management of Seasonal Influenza »
Clin. Infect. Dis. 2019 Mar 15 ; 68(6) : e1- e47
- 26- DGS « Repères pour la pratique des tests rapides d'orientation diagnostique de la grippe 2014 »
http://solidarités-santé.gouv.fr/IMG/pdf/Le_point_sur_repères_TROP_grippe.pdf
- 27- Futura sciences « RT- PCR »
www.futura.sciences.com/santé/définitions

- 28- Hassan F., Crawford J., Bonner A. B., Ledebner N.A. et al.
 « Multicenter evaluation of the Alere I Influenza A B assay using respiratory specimens collected in viral transport media »
Diag. Microbiol.Infect.Dis. 2018 Dec ; 92(4) : 294-298
- 29 -Slemons R.D., Johnson D.C., Osborn J.S., Hayes F., « Type A influenza viruses isolated from wild free-flying ducks in California »
Avian diseases 1974, 18, p 119-125
- 30- Littré E. Oeuvres complètes d'Hippocrate , livre VI: *Des épidémies* ,
 Paris, Baillière , p 598, 1840
- 31- Chastel C. « Ces virus qui détruisent les hommes » 1996 p108
- 32- Reynaud D. « La grippe: épidémiologie, traitement et prophylaxie »
Thèse de doctorat en pharmacie -Université d'Aix-Marseille II, 2002.
- 33- Gorgas M.C., Burton J.H., « William Crawford Gorgas, His life and works »
 New York , Garden City-Double Day , 1924
- 34- Crosby A.W. , « America's Forgotten Pandemic »
 Cambridge University Press 1989
- 35- Jordan E.O., « Epidemic Influenza. A survey »
 American Medical Association , Chicago 1927
- 36- Opie E.L., Freeman A.W., Blake F.G. et al. « Pneumonia at Camp Funston :
 report to the surgeon-general » *JAMA* , 1919; 72, p 108-116
- 37- Klugman K.M., Atsley C.M., Lipsitch M., « Time from illness onset death, 1918
 influenza and pneumococcal pneumonia »
Emerging infectious diseases , 2009, 15, p 346-347
- 38- Langford C., « The age pattern of mortality in the 1918-19 influenza pandemic:
 an attempted explanation based on data for England and Wales »
Medical History , 2002, 46; p 1-20
- 39-Reid A.H., Fanning T.G., Hultin J.V., Taubenberger J.K., « Origin and evolution of
 the 1918 spanish influenza hemagglutinin gene » *PNAS* 1999, 96, p 1651-1656
- 40- Reid A.H., Fanning T.G., Hultin J.V., Taubenberger J.K., « Characterization of
 the 1918 spanish influenza neuraminidase gene » *PNAS* 2000 , 97, p 6785-6790
- 41- Worobey M., Cox J., Gill D., « the origin of the great pandemic »
Evolution Medicine, and Public Health , volume 2019 , issue 1, 2019, p 18-25
- 42- Gualde N. , « comprendre les épidémies, la coévolution des microbes et des
 hommes, les Empêcheurs de penser en rond »
Le Seuil , 2006, p 117

- 43- Kilbourne E.D., « Influenza pandemics of the 20th century »
Emerging Infectious Diseases Journal -CDC- vol 12, n°1, 2006, p 9-14
- 44- Center for Diseases Control (CDC) « 1957-58 Pandemic influenza (H2N2 virus) » <https://www.cdc.gov/flu/1957-1958> 2 janvier 2019
- 45- Chu C.M., Shao C., Hou C.C., « Studies of strains of influenza virus isolated during the epidemic in 1957 in Changchun »
Voprosy Virusologii, 1957, 2; p 278-281
- 46- Chang W. K. , « National influenza expérience in Hong Kong 1968 »
Bulletin of the WHO , 1969, 41, p 349-351
- 47- Cockburn W.C., Delon P.J., Ferreira W., « Origin and progress of the 1968-69 Hong Kong influenza epidemic »
Bulletin of the WHO, 1969, 41, p 345-353
- 48- Sharrar R.G. « National influenza experience in the USA »
Bulletin of the WHO , 1969, 41, p 361-366
- 49- Scholtissek C., Rhode W., Hoyningen V. von. , Rott R., « On the origins of the human influenza virus subtypes H2N2 and H3N2 »
Virology, 1978, 87, p 13-20
- 50- CDC « 1968 Pandemic (H3N2 virus) »
www.cdc.gov/flu/1968-pandemic
- 51- Bensimon C. « 1968, la planète grippée » 07.12.2005
[www.liberation.fr/1968-la-planète-grippée_540957](http://www.liberation.fr/1968-la-planete-grippée_540957)
- 52- Nakajima K., Desselberger U., Palese P., « Recent human influenza A (H1N1) viruses are closely related genetically to strains isolated in 1950 »
Nature , 1978, 274, p 334-339
- 53- Global security « 1977 Russian Flu Pandemic »
www.globalsecurity.org 13 juil.2011
- 54- Claas E.C. J., Osterhaus A.D.M., Beek R.et al.
« Human influenza A H5N1 virus A/ Hong Kong/ 156/97/ (H5N1) infection »
Vaccine , 1998, 16, p 977-978
- 55- Institut Pasteur « Grippe aviaire »
www.pasteur.fr/centre_medical/fiches-maladies/grippe_aviaire Mise à jour Nov 2019
- 56- Tarantola A., Barboza P., Gauthier V., et al., « The influenza A(H5N1)epidemic at six and half years: 500 notified human cases and more to come »
Eurosurveillance, 22 juillet 2010, p 1-5

- 57- Tang X., Tian G., Zhao J., Zhou K.Y., « Isolation and characterization of prevalent strains of avian influenza viruses in China »
Chinese Journal of Animal Poultry and Infectious Diseases , 1998, 20, p 1-5
- 58- Khan K., Arino J., Hu W., et al., « Spread of a novel influenza A (H1N1) virus via global airline transportation » *NEJM*, 2009, 361, p 212-214
- 59- OMS « Grippe A (H1 N1) : questions essentielles »
www.euro.who.int/influenza/data-and-statistics > janvier 2016
- 60- Dawood F. S., Jain S., Finelli L., et al., « Emergence of a novel swine-origin influenza A (H1N1) virus in humans »
The New England Journal of Medicine (NEJM), 2009, 360, p 2605-2615
- 61- CDC « 2009 H1N1 Pandemic (H1N1 pdm09 virus) » 2012
<http://www.cdc.gov/flu/2009-h1n1-pandemic>
- 62- GEIG - La Grippe -Détection et surveillance
www.grippe-geig.com> *detection-et-surveillance*
- 63- Chassaing V. « La grippe et ses traitements et la vaccination »
Thèse de doctorat en pharmacie 2004 - Université de Limoges
- 64- Santé Publique France
www.data.gouv.fr/organizations/sante-publique-france
- 65- Institut Pasteur « Grippe: informations et traitement » mise à jour 22 juillet 2020
[www.pasteur.fr >centre-médical/ fiches-maladies>grippe](http://www.pasteur.fr/centre-medical/fiches-maladies/grippe)
- 66- Francis T., Salk J.E., Pearson H.E., Brown P.N., « Protective effect of vaccination against induced influenza A »
The Journal of Clinical Investigation (JCI) , 1945 July ;24 (4),p 536-546
- 67- Burnet F.M., « Influenza virus infection of the chick embryo lung »
British Journal of Experimental Pathology , 1940 June, 21(3), p147-153
- 68- Francis T., Salk J.E., « A simplified procedure for the concentration and purification of influenza virus »
Science , 1942 Nov 27, vol 96, issue 2500, p 499-500
- 69-Hannoun C., « La grippe, ennemie intime »
Paris, Balland, 2009
- 70- Francis T., Salk J.E., Quilligan J.J., « Experience with vaccination against influenza in the spring of 1947 : a preliminary report »
American Journal of Public Health and the Nation's Health , 1947, 37, p 1013-1016
- 71- Sanofi France « la fabrication du vaccin contre la grippe est une course contre la montre » [www.sanofi](http://www.sanofi.com)>nos dossiers d'actualité

- 72- Les vaccins contre la grippe saisonnière pour la prochaine saison 2021-2022
[https:// www.mes vaccins.net](https://www.mesvaccins.net) >web>news
- 73-Vidal « Flucelvax Tetra , un nouveau vaccin contre la grippe »
www.vidal.fr>actualités>flucelvax_tetra_un_nouveau_vaccin
- 74- HAS « Avis 2020.0034/AC/ SEESP du 20 Mai 2020 »
www.has-sante.fr>jcms>avis-n2020-0034
- 75- Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des Produits de Santé (ANSM) « Vaccins contre la grippe saisonnière » mardi 20 octobre 2020
www.ansm.sante.fr>dossiers>vaccination-contre- la-grippe-saisonnière
- 76- Santé Publique France « Etude de la couverture vaccinale contre la grippe saisonnière » 20 Mai 2019
www.santepubliquefrance.fr>content>dowload
- 77- Ameli « Vaccination contre la grippe saisonnière »
www.ameli.fr>vaccination-grippe-saisonnière-2018
- 78- ANSM « les Antiviraux »
ansm.sante.fr>dossiers>pandémie-grippe-les antiviraux
- 79- Karpf M., Trussardi R., » Synthesis of the Anti-Influenza Neuraminidase Oseltamivir Phosphate (Tamiflu)»
J. Org. Chem.; 2001;66(6) p 2044-2055
- 80- Air G.M,Laver W.G., « The neuraminidase of influenza virus »
Proteins , 1989, 6; p 341-356
- 81- HCSP « Avis relatif à la prescription d'antiviraux en cas de grippe saisonnière »
www.hcsp.fr 16 mars 2018
- 82- HCSP « Avis relatif à l'utilisation des mesures barrières en prévention des infections respiratoires aiguës et des infections respiratoires nosocomiales »
www.hcsp.fr 25 septembre 2015
- 83- Ameli « Les 4 gestes barrière pour limiter la transmission des virus de l'hiver »
www.ameli.fr>assure>sante>themes>gestes-barriere 22 juillet 2020
- 84- The conversation « La distanciation physique selon la science » 23 juin 2020
theconversation.com> un-metre-ou-deux-la distanciation-physique -selon- la science
- 85- Lelièvre D. « Une étude confirme l'importance de la distanciation physique »
www.journaldequebec.com 3 Juin 2020
- 86- Jones N.R, Qureshi U.R, Temple J.R. et al. « Two meters or one: what is the evidence for physical distancing in covid 19? »
British Medical Journal 25 Août 2020

- 87- SF2H « Actualisation des Précautions Standard »
www.sf2h.net>actualisation-precautions-standard-2017
- 88- INRS « Précautions complémentaires de type gouttelettes »
www.inrs.fr>media>refINRS=ED 6361
- 89- Santé publique France « Prévenir la grippe saisonnière » Sept 2017
mise à jour Mai 2021
<http://inpes.santepubliquefrance.fr>
- 90- HAS « Recommandations professionnelles . Hygiène et prévention du risque infectieux en cabinet médical et para-médical »
SFTG-HAS(Service des recommandations professionnelles) Juin 2007
- 91- News Medical Life Sciences « The Size of SARS-COV-2 »
www.news-medical.net> health>the-size-of-SARS-COV-2
- 92- War Heritage Institute « Le masque à travers l'histoire »
www.warheritage.be>blog>le-masque-a-travers-lhistoire
- 93- Science et Avenir « Du 17e au 21e siècle, histoire des masques de protection »
www.sciencesetavenir.fr>santé
- 94- Lowry H.C. « Some landmarks in surgical technique »
Ulster medical society n°16 novembre 1947, p 111-112
- 95- Institut Polonais Paris « Portraits de médecins et chercheurs polonais »
spectrum.institutpolonais.fr>objects>scene>portraits
- 96- Gaz Detect « Les premiers masques à gaz dans l'enfer des tranchées 14-18 »
www.gazdetect.com >blog>masque-a-gaz-premiere-guerre-mondiale
- 97- Ministère de l'Economie, des Finances et de la Relance
« Les différents types de masques »
www.economie.gouv.fr>faq-les-differents-types-de-masques
- 98- INRS « Masques de protection respiratoire et risques biologiques »
www.inrs.fr>risques>faq-masque-protection-respiratoire
- 99- Société de Pneumologie de Langue française (SPLF)
« Usage de différents types de masques en situation épidémique Covid 19 »
splf.fr>wp-content>uploads>2020/04>Repias matis
- 100- AFNOR « Normes AFNOR SPEC S76-001: Masques barrières -Guide d'exigence minimale , de méthodes d'essai, de confection et d'usage »
- 101- CDC « How to make masks to help slow spread »
www.cdc.gov>prevent-getting-sick

- 102- Konda A., Prakash A., Moss A.G., Schmoldt M, Grant D.G., Guha S.,
« Aerosol Filtration Efficiency of common fabrics used in respiratory cloth masks »
ACS(American Chemical Society) Nano 2020-4-24
- 103- Abitboul D., « Place des masques dans la prévention de la transmission
aéroportée en milieu de soins » *Geres et INRS 2006*
- 104- ANSM « les masques médicaux » *2017*
- 105 -SF2H « Avis relatif à l'emploi des différents types de masques à usage médical
en milieu de soins (établissements sanitaires, établissements médico-sociaux et en
ambulatoire » *17 Mai 2020*
- 106- Plaza « Spunbond, matière innovante conçue pour un usage prolongé »
www.plaza-grossiste.com>spunbond-matiere-innovante
- 107- Poireault K., « Tout savoir sur le Meltblown, ce matériau filtrant au coeur de la
pénurie de masques chirurgicaux et FFP2 »
Industrie et Technologies 7 Mai 2020
- 108- Libération « pourquoi les masques jetables ont-ils une face bleue? »
www.liberation.fr>checknews>2020/08/14>Covid-19
- 109- CCLIN Paris Nord « Pose masque chirurgical »
sofia.medicalistes.fr>spip>IMG>pdf>Pose-d-un-masque-chirurgical
- 110- Senellart O., « On peut laver son masque chirurgical »
www.france bleu.fr>Nord>infos>Société 21/09/2020
- 111-Delusarches C., « Oui, on peut laver son masque jetable »
www.futura-sciences.com >Santé> Brèves
- 112- Laemie B. « Les masques jetables seraient -ils lavables et réutilisables? »
www.lemonde.fr >planète>article 2020/09/25
- 113- La voix du Nord « Les bons masques chirurgicaux peuvent être lavés et
rester efficaces »
www.lavoixdunord.fr>Région>Roubaix
- 114- Science et avenir « Port du masque: comment gérer les effets indésirables »
www.sciencesetavenir.fr >Santé
- 115- INRS " appareils de protection respiratoire et métiers de la santé »
www.inrs.fr>Santé > juillet 2019
- 116- Navailles « les différents masques de protection respiratoire »
www.navailles.fr>infos> 9-differents-type-de-masques

- 117-SFMC « Masques chirurgicaux et masques FFP »
www.sfmc.eu>communication>masques-chirurgicaux-et-masques-FFP
- 118- Wipo IP Portal « Composition multicouche pour masque respiratoire »
patentscope.wipo.int>search>detail 2009
- 119- CCLIN Sud Ouest « Recommandations pour l'utilisation des masques »
nosobase.chu-lyon.fr> 2006 _personnel_CCLIN
- 120- Haropa « Normes admises pour l'importation de certains masques de protection »
www.haropaports.com>default>files>media>files
- 121- The Verge « FDA approves Battle's process to decontaminate N95 face masks ». 13 Mai 2020
www.fda.gov>investigating-decontamination-and-reuse-N95respirators
- 122- Kolata G.« As Coronavirus looms, Masks Shortage gives Rises to Promising Approach »
The New York Times , Mars 2020
- 123- Stanford University « Researchers show how to decontaminate N95 masks »
news.stanford.edu.>2020/04/01
- 124- Korsia-Meffre S. « Recyclage des masques FFP2, Stanford publie des éléments de décision » *Vidal* , publication du 08/04/2020
- 125- CDC « Covid-19 Decontamination and Reuse of N95 Filtering facePiece »
www.cdc.gov.>hcp>ppe-strategy
- 126- N95Decon « A scientific consortium for data-driven study of N95 filtering face piece respirator decontamination »
www.n95decon.org
- 127- NIAD « NIH study validates decontamination methods for re-use of N95 respirators
www.niaid.nih.gov>news-events
- 128- CNRS « Masques de protection: la piste prometteuse de recyclage »
CNRS Le journal mars 2020 Entretien avec le Professeur Cinquin
- 129 -Savary J. " les Masques N95 en attente d'autorisation de désinfection »
La voix de l'Est Canada 8 Avril 2020
- 130- Makery « Covid-19: stérilisation ultraviolette des masques par Hackerfarm au Japon »
www.makery.info >2020/04/06>covid19-sterilisation-masques-hackerfarm

- 131- Combis H. « Des vessies de porc au fait maison: l'épopée du masque»
France Culture 15 Mai 2020
- 132- Cowling B.J., Zhou Y., Leung G.M., Aiello A.E. « Face masks to prevent transmission of influenza virus : a systematic review » 22.10.2010
Cambridge Core - Epidemiology and Infection Vol 138, n°4, p 449-456
- 133- Cheng K.K., Lam T.H., Leung C.C. « Wearing masks in the community during the Covid-19 pandemic: altruism and solidarity »
The Lancet, April 16, 2020 [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30918-1](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30918-1)
- 134- Hervé B. « Evaluations des connaissances, pratiques, opinions et attentes des médecins généralistes concernant l'usage des appareils de protection respiratoire au cabinet médical dans le cadre de la prévention de la transmission croisée des infections respiratoires »
Thèse de médecine -Université de Poitiers- 8 Février 2018
- 135- Mahase E. « Covid 19: What the evidence for cloth masks? »*The BMJ* April 7 2020 <http://www.acpjournals.org/doi/10.7326/M20-2567>
- 136- Ma Q.X., Shan H., Zhang H-L., Li G.M. « Potential utilities of mask wearing and instant hand hygiene for fighting Sars-Cov-2 »
J Med Virol 2020 April 8 [10.1002/jmv.25805](https://doi.org/10.1002/jmv.25805)
- 137- Shakya K.M., Noyes A., Kallin R., Peltier R.E. « Evaluating the efficacy of cloth face masks in reducing particulate matter exposure »
Comparative study > J expo Sci Environ. Epidemiol. 2017 May ; 27(3) : 352-357
- 138- Mac Intyre C.R., Seale H., Tham C.D., Nguyen T.H., Phan T.N., Chughtai A.A. et al. « A cluster randomized trial of cloth masks compared with medical masks in healthcare workers »
BMJ Open March 26 2015 ; 5; e006577
- 139- Cowling B., Chan K.H., Fang V.J. et al. « Face masks and Hand Hygiene to prevent Influenza Transmission in Households: a cluster randomized trial »
Annals of Internal Medicine 2009 October 6 151(7) : 437-446
- 140- Liang M., Gao L., Cheng C., et al. « Efficacy of face masks in preventing respiratory virus transmission: a systematic review and meta-analysis »
Travel Med Infect Dis 2020; 36:101751
- 141- Lucet J.C., Fournier S., Birgand G., Peiffer-Smadja N., Kerneis S., Lescure X., « Le masque chirurgical protège efficacement les soignants contre Covid-19 »
<http://www.infectiologie.com/UserFiles/spilf/recos/choix-des-masques-14-avril-2020-pdf>

- 142- Jefferson T., Del Mar C., Dooly L., Ferroni E., Al-Ansara L., et al.
 « Physical interventions to interrupt or reduce the spread of respiratory viruses: a systematic review »
Cochrane Database Sys Rev 2011 July 6 2011(7): CD006207
- 143- Radonovich Jr L.J., Simberkoff M.S., Bessesen M.T., Brown A.C., et al.
 « N95 Respirators vs Medical Masks for preventing Influenza among Health Care Personnel: a randomized clinical trial »
JAMA.2019; 322(9):824-833.doi:10.1001/jama.2019.september 3
- 144- Leung N., Chu D., Shiu E., Mac Devitt J., Benien J.,Milton D.K., Cowling B. et al. « Respiratory virus shedding in exhaled breath and efficacy of face masks »
Nature Medicine 26, 676-680 , April 2020
- 145-Loeb M., Dafoe N., Mahony J., John M., Sarabia A., Glavin V., Webby R., et al.
 « Surgical masks vs N95 respirators for preventing Influenza among Health Care Workers : a randomized trial »
PubMed.gov JAMA 2009 Nov 4 ;302(17) p1865-1871
- 146- Long Y., Hu T., Liu L., Chen R., Guo Q., Yang L., Cheng Y., Huang J., Du L.,
 « Effectiveness of N95 respirators versus surgical masks against influenza : a systematic review and meta-analysis »
J Evid Based Med 2020 March 13 : 10.1111/jebm.123
- 147- Boskoski I., Gallo C., Wallace M.B., Costamagna G.
 « Covid 19 pandemic and personal protective equipment shortage: protective efficacy comparing masks and scientific methods for respirator reuse »
GastroIntest Endosc 2020 Sep ; 92(3) 519-523.
- 148- Bartoszko J., Farooqi M.A.M., Alhazzani W., Loeb M.
 « Medical masks vs N95 respirators for preventing Covid-19 in healthcare workers. A systematic review and meta-analysis of randomized trials »
*National Center for Biotechnology Information (NCBI)
 Influenza Other Respiratory Viruses 2020 July ;14(4) : 365-373.*
- 149- Offeddu V., Yung C.F., Low M.S.F., Tam C.T., « Effectiveness of Masks and Respirators against respiratory infections in Healthcare Workers: a systematic review and meta-analysis »
Clin Infect Dis 2017 Nov 13;65(11) : 1934-1942.
- 150- Johnson D.F., Druce J.D., Birch C., Grayson M.L., « A quantitative assessment of the efficacy of surgical and N95 masks to filter influenza virus in patients with acute influenza infection »
Clin Infect Dis 2009 July 15;49(2) 275-277.
- 151- Bin-Reza F., Lopez-Chavarrias V., Nicoll A., Chamberland M.E.,
 « The use of masks and respirators to prevent transmission of influenza: a systematic review of science evidence »
Influenza Other Resp Viruses 2012 July ; 6(4) : 257-267

- 152- Gralton J., Mc Laws M-L., « Protecting Healthcare workers from pandemic influenza : N95 or surgical masks ? »
Crit. Care Med 2010 Feb; 38(2) 657-667
- 153- Smith J.D., MacDougall C.C., Johnstone J., Copes R.A., Schwartz B., Garber G.E., « Effectiveness of N95 versus Surgical masks in protecting Healthcare workers from acute respiratory infection: a systematic review and meta-analysis »
CMAJ.2016 May 17 188(8) : 576-574
- 154- Milton D.K., Fabian P.B., Cowling B.J., Grantham M.L., MacDewitt J.J., « Influenza virus aerosols in human exhaled breath: Particle size, Culturability, and Effect of Surgical masks »
PLoS (Public Library of Science) Pathogens 2013 March; 9(3): e1003205
- 155- Bischoff W.E., Reid T., Russel G.B., Peters T. R., « Transocular entry of seasonal influenza-attenuated aerosols and the efficacy of N95, surgical masks and eye protection in humans
J Infect Dis 2011 Jul15 204(2) :193-199
- 156- MacIntyre C.R., Wang Q., Cauchemez S., Seale H., Dwyer D.E., Yang P., et al. « A cluster randomized trial comparing fit-tested and non-fit-tested N95 respirators to medical masks to prevent respiratory infection in Healthcare workers »
Influenza Other Respiratory Viruses 2011 May 5(3) 170-179
- 157- Balazy A., Toivola M., Adhikari A., Sivasubramani S.K., Reponen T., Grinshpun S. A., « Do N95 provide 95% protection against airborne viruses and how adequate are surgical masks? »
Am J Infect Control 2006 Mar; 34(2) 51-57
- 158- Makison Booth C., Clayton M., Crook B., Gawn J.M., « effectiveness of surgical masks against influenza bioaerosols »
The Journal of Hospital Infection March 18, 2013 ; 84 (1) 22-26
- 159- Chaabna K., Doraiswamy S., Mamtani R., Cheema S., « Facemask use in community settings to prevent respiratory transmission : a rapid review and meta-analysis »
Int J Infect Dis 2020 Sep 25; S1201-9712(20) 32150-0.
- 160- Carrat F. « Efficacité des masques pour la prévention des virus respiratoires , en particulier la Grippe »
GH Hôpitaux Universitaires Est Parisien et Institut Pierre Louis Epidémiologie et Santé Publique UPMC-INSERM 2019
- 161- Santé Publique France « Avis d'experts relatif à la constitution d'un stock de contre mesures médicales face à une pandémie grippale »
Avis d'experts , Mai 2019

- 162- Simonsen L., Spreeuwenberg P., Lustig R., Taylor R.J., et al., « Global mortality estimates for the 2009 Influenza Pandemic from the GLaMOR Project : a modeling study »
PLOS MEDICINE , November 26, 2013 [http// doi.org/10.1371/journal.pmed.100.1558](http://doi.org/10.1371/journal.pmed.100.1558)
- 163- Brainard J.S., Jones N., Lake I., Hooper L., Hunter P., « Face masks and similar barriers to prevent respiratory illness such as Covid 19: a rapid systematic review »
Preprint from medRxiv, April 6, 2020.
- 164- Davies A., Thomson K-A., Giri K., Kafatos G., Walker J., Bennett A.,
 « Testing the Efficacy of the Homemade masks: would they protect in an pandemic influenza »
Disaster Med Pub Health Prep , 2013 August ; 7(4) 413-418
- 165- Rengasamy S., Eimer B., Shaffer R.E., « Simple respiratory protection-evaluation of the filtration performance of cloth masks and common fabric material against 20-1000 nm size particles »
The Annals of Occupational Hygiene , 54(7) , October 2010 , pages 789-798
- 166- O'Kelly E., Ward J., Pirog S., Clardson P.J. « The ability of fabric facemasks to filter ultrafine particles at coughing velocity »
BMJ Open Sept 2020, (preprint from medRxiv April 2020) vol 10 , issue 9
- 167- AFNOR « Masques barrières. Guide d'exigences minimales, de méthodes d'essai, de confection et d'usage » Avril 2020
[http://normalisation.afnor.org/actualités/covid-19-un -document-de-referance-pour-fabriquer-des-masques-barrieres-](http://normalisation.afnor.org/actualités/covid-19-un-document-de-referance-pour-fabriquer-des-masques-barrieres-)
- 168- ANSM « Les masques médicaux » Rubrique web actualisée en novembre 2013
[https:// www.ansm.sante.fr/Dossiers/Pandémie -grippale/Les-masques-medicaux](https://www.ansm.sante.fr/Dossiers/Pandémie-grippale/Les-masques-medicaux)
- 169- Cohen R., « propos repris dans Quid du masque pour les enfants et les nourrissons par Rym Ben Ameer , Site internet Allo docteurs , 17 Avril 2020
[https://www.allodocteurs.fr/maladies/coronavirus/quid-du masque-pour-les-enfants-et-les-nourrissons](https://www.allodocteurs.fr/maladies/coronavirus/quid-du-masque-pour-les-enfants-et-les-nourrissons)
- 170- ECDC « Using face masks in the community reducing Covid-19 transmission from asymptomatic or pre-symptomatic people through the use of face masks. Technical report 8 Avril 2020 »
<https://www.ecdc.europa.eu/publications/data/using-face-masks-community-reducing-covid-19-transmission>
- 171- Wong B. « Pourquoi les Asiatiques de l'Est portaient-ils des masques bien avant la Covid-19? »
[quebec.huffingtonpost.ca>entry > 21.09.2020](http://quebec.huffingtonpost.ca/entry > 21.09.2020)

172- Ministry of Foreign Affairs of Japan « Au Japon , le masque est un objet de tous les jours » web-japan.org>*Tendances au Japon* >*Culture pop*

173- Burgess A., Horii M., « Risk, ritual and health responsabilisation: Japan's 'safety blanket of surgical face mask wearing»
PubMed Gov-Sociology of Health and Illness. 2012 Nov ;34(8) 1184-1198

174- Kanpai « Pourquoi les Japonais(es) portent des masques -Bien avant le Covid) »
www.kanpai.fr>*Société japonaise*> *Les Japonais* >4 novembre 2020

175 -Béraud A. « Porter le masque ou non, telle est la question en Corée du Sud »
Radio Canada, ici.radio-canada.ca>*nouvelle*>*port-du-masque-coree-du-sud*

176- Taiwan Info « le port de masque obligatoire dans 8 catégories de lieux publics »
taiwaninfo.nat.gov.tw>*news*> 2 décembre 2020

177- Triballeau C. « Les masques omni-présents en Asie mais leur efficacité fait débat » *AFP 02.04.2020* www.sciencesetavenir.fr> *santé*

178- France 24 News « Lors de la pandémie de 1918, ne pas porter de masque était illégal dans certaines parties de l'Amérique. Qu'est-ce qui a changé? »
www.fr24news.com>*home*>*santé*> 4 avril 2020

179- Andrei T. « L'anti-Mask League, une révolte qui remonte à la grippe espagnole » www.slate.fr> *Santé*> 30 juin 2020

180- Moghaddam F., Piedtenu L., « Les anti-masques au grand jour, des Etats-Unis à la France »
www.franceculture.fr>*Société*> *Covid19*> *anti-masques-au-grand-jour* >12 Sept 2020

181- CDC « Considerations for wearing masks- Help slow the spread of Covid-19 »
www.cdc.gov>*prevent-getting-sick*> *December 7, 2020*

182- Clary T.A. « Aux Etats Unis: le patchwork de règles sur le port du masque »
www.sciencesetavenir.fr> *Santé* >28.10.2020

183- Bolduc M. « ce qui a changé et ce qui n'a pas changé depuis la grippe espagnole »
ici.radio-canada.ca>*nouvelle*>*coronavirus-grippe-espagnole* 5 Avril 2020

184- Reiger S. « manifestations anti-masque : résultat d'une mauvaise communication , dit un chercheur »
ici.radio-canada.ca>*Santé*>*Coronavirus*> 29 Novembre 2020

185- Rousselot F., « what the spanish Flu can teach us about making them compulsory »
theconversation.com>*face-mask-wearing* . May 1st , 2020

- 186- Service Public « Non-respect du port du masque: quelles sont les règles »
www.service-public>particulier>vos droits> 21 octobre 2020
- 187- Bourquin J. « depuis la grippe espagnole, les Français et le port du masque c'est une drôle d'histoire »
www.franceinter.fr> histoire> depuis-la-grippe espagnole > 30 juillet 2020
- 188- Fillon T. « En Europe, un mouvement anti-masque alimenté par un imaginaire anti-système ».
www.france24.com> France 24>Europe> mouvement -anti-masque 20 Août 2020
- 189- Moghaddam F., « Port de masque en France et dans le monde: où, quand, comment? » *www.franceculture.fr*
- 190- Chu D.K., Akl E.A., Duda S., Solo K., Yaacoub S., Schunemann H.J
« Physical distancing, face masks, and eye protection to prevent person-to-person transmission of Sars-Cov-2 and Covid-19: a systematic review and meta-analysis »
The Lancet www.thelancet.com > PIIS0140-6736(20) 31142-9> full text June 1, 2020
- 191- Bellier U. « De l'inutilité pour le grand public à l'obligation généralisée, 7 mois de consignes pour le masque en France »
www.lemonde.fr> société> article> 2020/08/29
- 192- Matalon V. « Covid-19: le port du masque dès 6 ans est-il dangereux pour la santé des enfants? »
www.francetvinfo.fr > Coronavirus> 1er nov 2020
- 193- Strasser B.J., Schlich T., « A history of the medical mask and the rise of throwaway culture »
The Lancet www.thelancet.com> article> fulltext >published May 22, 2020
- 194- UFC Que Choisir « Masques chirurgicaux: sont-ils lavables en machine »
www.quechoisir.org>masques>30 Septembre 2020
- 195- UFC Que Choisir « Masques chirurgicaux: vous pouvez les laver et les ré-utiliser »
www.quechoisir.org>masque> 10 Novembre 2020
- 196- UFC Que Choisir « Masques chirurgicaux: la décontamination par enveloppe possible »
www.quechoisir.org> masque > 14 Octobre 2020
- 197- France Info « Réutilisables ou pas? Le lavage des masques chirurgicaux ne fait pas l'unanimité »
www.francetvinfo.fr> masques > 12 Novembre 2020
- 198- Géochanvre « masque biocompostable de Géochanvre UNS2
www.geochanvre.fr> masque de protection

199- De Lacour G. « BioSerenity conçoit un masque virucide avec l'Inserm et l'Université de Lille » *TechHopital* 18 Février 2021

200- OMS " Similitudes et différences entre la Covid-19 et la grippe » www.who.int/coronavirus_vs/grippe > 17 Mars 2020

201- Inserm " La covid-19 entraîne 3 fois plus de décès à l'hôpital que la grippe saisonnière » press.inserm.fr > *la-covid-19-entraîne-3-fois-plus-de-décès-à -l'hôpital* > 18/12/2020

202- The conversation « Quelles leçons philosophiques tirer de la crise sanitaire? » theconversation.com > *quelles-leçons-philosophiques-tirer-de-la-crise-sanitaire* > 16.04.20

203- Groupe Mutualiste RATP : « Système de santé: les premières leçons de la crise du Covid-19 ». mutuelleratp.fr > *protection-sociale>systeme-de-santé-les-premières-leçons-de-la-crise-du- Covid-19* > 30 Juin 2020

204- Inserm « Les crises environnementales responsables de l'émergence de nouvelles épidémies » 20 Novembre 2020 <https://presse.inserm.fr> > *les-crisis-ecologiques-responsables-de-nouvelles-epidemies*

205- Claverie J.M. « Permafrost, la menace » <https://www.igs.cnrs-mrs.fr> > *actualite>permafrost-la-menace* 15 Août 2020

206- Coriat B. « La Pandémie, l'Anthropocène et le Bien Commun » *Collection Attac, paru le 4 Novembre 2020.*

207- Physics of fluids « Masks not enough to stop Covid-19's spread without distancing » publishing.aip.org > *latest content* > December 22, 2020

208- Roslin Institute « Unmasking the benefits of face masks » University of Edinburg eusci.org.uk > *2020/09/14>covid-19>masks*

209- Bazant M.Z., Bush J.W.M « A guideline to limit indoor airborne transmission of Covid-19 » *NIH 2021 MIT News april 24;118(17): e2018995118:doi.1073*

210- Assurance maladie « Les gestes barrières à adopter pour éviter la transmission des virus saisonniers et du Covid-19 » www.ameli.fr > *sante>themes>les-gestes-barrieres-à -adopter* > 17 Décembre 2020

ANNEXES

TABLEAU 1: EFFICACITE DES MASQUES EN TISSU

REF	Modèle	Population	Sujet	Résultats	Commentaires
138	Essai contrôlé randomisé	1600 soignants hôpital Hanoi Vietnam en 2015	Masques tissu vs chirurgical	Masque tissu moins efficace que masque chirurgical	Limites : durée de suivi courte 4 semaines; doute sur la qualité des masques; compliance du lavage des mains en question.
135	Revue systématique dans le British Medical Journal	Avril 2020 population générale et soignants	Efficacité des masques en tissu	Preuves insuffisantes	Résumé des connaissances sur l'efficacité des masques en tissu
136	Revue de littérature et étude expérimentale entre 3 types de masques	Avril 2020 <i>J Med Virol</i>	Efficacité de 3 types de masques et le lavage des mains contre la grippe aviaire	Masque tissu < chirurgical < N95	Lavage des mains et masques associés efficaces contre les virus respiratoires ; en cas de pénurie les masques en tissu sont une alternative
137	Etude expérimentale d'efficacité comparative	Mai 2017 <i>J expo Sci Environ. Epidemiol. 2017 May ; 27(3) 352-357</i>	Efficacité de 4 type de masques (3 tissu, 1 chirurgical) fréquemment portés dans les pays en développement	Masque tissu < chirurgical vs exposition aux particules	Masques en tissu peu efficaces contre les particules < 2,5 microns étude contre la pollution atmosphérique, pas de test vs grippe
102	Etude expérimentale d'efficacité	Avril 2020 Chicago USA American Chemical Society(ACS) Nano 2020-4-24	Efficacité des matériaux des masques en tissu et filtration des particules de 6 à 10 nm	Privilégier le coton 600 TPI, la soie naturelle, la mousseline de coton et la flanelle	Une bonne adaptation au visage est essentielle

TABEAU 2: EFFICACITE DES MASQUES CHIRURGICAUX

REF	Modèle	Population	Sujet	Résultats	Commentaires
139	Essai contrôlé randomisé; <i>Annals of Internal Medicine</i> 2009 October 6 151(7) : 437-446	259 foyers en Octobre 2009; 407 patients et 794 cas contacts à Hong Kong	Efficacité des masques chirurgicaux+ lavage des mains (prévention de transmission de la grippe)	Masque chirurgical + lavage des mains réduisent la transmission de la grippe confirmée par RT-PCR	Suivi des patients discutable et doute sur la compliance réelle
142	Revue de Littérature Oxford Uk ; <i>Cochrane Database Sys Rev</i> 2011 July 6 2011(7): CD006207	Juillet 2011: 67 études, population et soignants	Efficacité des interventions physiques (isolement,distanciation, lavage des mains et masque)pour arrêter ou réduire la propagation des virus respiratoires	Efficacité du masque chirurgical < N 95	Risque de biais important; qualité des études variable, doute sur la compliance
159	Méta-analyse quantitative Qatar; <i>Int J Infect Dis</i> 2020 Sep 25; S1201-9712(20) 32150-0.	Septembre 2020; 12 études dont 10 essais contrôlés randomisés dans le grand public	Efficacité des masques chirurgical et tissu pour la prévention de transmission de la grippe	Masque chirurgical réduit significativement la transmission des Infections respiratoires; Masque chirurgical > tissu	La compliance est essentielle; Masque à associer au lavage des mains; pas d'études en zone ouverte ou milieu médical
140	Méta-analyse et Revue systématique Chine; <i>Travel Med Infect</i> bis 2020; 36:101751	Mai 2020 21 études recensées principalement en Asie dont 12 sur la grippe parmi des soignants et non soignants	Efficacité des masques chirurgicaux dans la prévention de la transmission des virus respiratoires	Effet protecteur du masque chirurgical contre la grippe	Etudes à faire dans d'autres pays ; Risque de biais de sélection et confusion
141	Article médical et méta-analyse Bichat Paris <i>spilf/recos/choix-des-masques-</i>	Avril 2020 chez les soignants	Efficacité des masques chirurgicaux pour protéger les soignants contre les virus respiratoires	Masque chirurgical efficace contre le Sars-Cov 2 sauf manoeuvre invasive ou ORL nécessitant un masque FFP2	Pas d'études sur la population générale; pas d'argument pour dire que le masque est dangereux
143	Essai contrôlé randomisé CDC Usa; <i>JAMA</i> .2019; 322(9): 824-833.doi:10.1001/jama.2019.september 3	2011 à 2015 pendant 12 semaines en hiver sur 2371 soignants	Efficacité du masque chirurgical vs N 95 dans la prévention contre la grippe	Pas de différence significative entre le masque chirurgical et le N 95 confirmée par RT-PCR	A tester sur la population générale et dans des lieux ouverts
145	Essai contrôlé randomisé de Non infériorité; <i>JAMA</i> . 2009;302(17): 1865-1871. doi: 10.1001/jama. 2009.1466	2008 , 446 infirmières à Ontario Canada dans des hôpitaux de soins tertiaires	Efficacité du masque chirurgical vs N 95 contre la grippe	Pas de différence significative entre le masque chirurgical et le N 95	Doute sur la compliance, doute sur le respect des gestes barrières
144	Essai contrôlé randomisé; <i>Nature Medicine</i> 26, 676-680 , April 2020	2013-2016 à Hong Kong suivi de 246 patients dans une clinique	Efficacité du masque chirurgical vs sans masque; mesure de l'excrétion virale dans l'air expiré	Masque chirurgical> sans masque, Réduction significative	Transmission possible des virus respiratoires par aérosols
154	Etude de cohorte pendant 5 jours Maryland Usa ; PLoS (Public Library of Science) <i>Pathogens</i> 2013 March; 9(3): e1003205	Mars 2013 89 patients volontaires ayant des symptômes grippaux	Efficacité des masques chirurgicaux sur les particules virales de grippe dans l'air expiré	Masque chirurgical réduit l'excrétion virale	Les particules fines de grippe (aérosol) contiennent 8 fois plus de copies virales que les grosses gouttelettes
158	Etude expérimentale; <i>The Journal of Hospital Infection</i> March 18, 2013 ; 84 (1) 22-26	Buxton UK HSL en 2013	Efficacité du masque chirurgical contre les bioaérosols de grippe	Masque chirurgical réduit 6 fois en moyenne l'exposition au virus grippal	En cas de pandémie les masques chirurgicaux sont une bonne protection

TABLEAU 3: EFFICACITE DES MASQUES N95 (FFP2)

REF	Modèle	Population	Sujet	Résultats	Commentaires
146	Revue systématique et méta-analyse	Mars 2020 Sichuan Chine ; 6 essais contrôlés randomisés, 9171 participants	Efficacité des masques N95 vs chirurgical en prévention de la grippe	Pas de différence significative entre le N95 et le chirurgical	Randomisation incertaine; peu d'études dans la population générale, N95 à réserver aux soignants à haut risque
147	Revue de littérature par 4 gastro-entérologues	Septembre 2020 15 études dont 10 sur l'efficacité des masques chez les soignants	Efficacité des masques dans la prévention des infections respiratoires virales	Efficacité similaire entre le N 95 et le chirurgical	N 95 à réserver dans les situations à haut risque
148	Revue systématique et méta-analyse	2014-2020 Ontario Canada chez les soignants	Efficacité N 95 vs Chirurgical en prévention des infections respiratoires virales	Protection comparable entre les 2 masques	N 95 pour les procédures à haut risque ; niveaux de preuve faibles
150	Etude de cohorte 2009 Australie	26 patients ayant la grippe suivis pendant 8 semaines en 2007	Efficacité et comparaison du masque chirurgical et N 95 pour limiter la propagation de la grippe	Efficacité similaire du N 95 et du masque chirurgical	Efficace pendant quelques minutes; pas de randomisation; faible population ; biais de sélection
153	Revue systématique et méta-analyse Canada	1990-2014 ; 29 études chez des soignants	Efficacité N95 vs chirurgical en prévention de la grippe	Pas de différence significative	Seulement 3 essais contrôlés randomisés ; 1 seule cohorte; doute sur la compliance
149	Revue systématique et méta-analyse 2017	29 études chez les soignants	Efficacité des masques contre les virus respiratoires	Efficacité N 95 > chirurgical	Besoin de plus d'essais contrôlés randomisés, sur de plus larges populations; niveau de preuve faible
151	Revue systématique UK 2012	21 études dont 8 essais contrôlés randomisés chez soignants et non soignants	Utilisation des N 95 et masque chirurgical pour réduire la transmission de la grippe	N 95 > chirurgical sur 1 essai hospitalier	Peu d'études concluantes; le port du masque fait partie des gestes barrières
152	Revue systématique 2010 Australie	21 études chez les soignants	Efficacité N 95 vs chirurgical en cas pandémie grippale	N 95 > chirurgical	Pas d'essais contrôlés randomisés, doute sur la compliance, conclusion incertaine
155	Etude de cohorte expérimentale 2011 Usa	2008 chez 28 personnes non vaccinées	Efficacité des masques avec ou sans protection oculaire contre la grippe	N 95> chirurgical	Nombre faible de participants, l'oeil est une porte d'entrée infectieuse; niveau de preuve discutable
156	Essai contrôlé randomisé 2011 Australie	1441 soignants de 15 hôpitaux de Pékin pendant 4 semaines hiver 2008-2009	Efficacité N 95 vs chirurgical contre les virus respiratoires	N 95 > chirurgical	Durée de suivi courte; besoin d'études plus larges et dans la population générale
157	Etude expérimentale 2006 Cincinnati Usa	Essai en laboratoire de 2 types de masque	Efficacité des N 95 et masque chirurgical contre les virus respiratoires	N 95 > chirurgical	N 95 laisse passer > 5% de virus, pas de conclusion définitive

TABLEAU DE COMPARAISON GRIPPE ET COVID-19		
	GRIPPE	COVID-19
TYPE DE VIRUS-CLINIQUE	VIRUS ARN- CLINIQUE RESPIRATOIRE	VIRUS ARN- CLINIQUE RESPIRATOIRE SIMILAIRE A LA GRIPPE
TRANSMISSION VIRALE	PAR GOUTTELETTES RESPIRATOIRES, AEROSOLS, CONTACTS RAPPROCHES OU CONTAGES	IDEM GRIPPE
INCUBATION	COURTE (1 à 3 jours)	PLUS LONGUE (3 à 5 jours, parfois jusqu'à 14 jours)
RAPIDITE DE LA PROPAGATION	PROPAGATION RAPIDE (INTERVALLE SERIEL DE 3 jours)	PROPAGATION PLUS LENTE (INTERVALLE SERIEL DE 5 à 6 jours)
TAUX DE REPRODUCTION R0	1, 2 à 1, 5	2, 5 à 3
TRANCHES D'AGE TOUCHEES	Surtout NOURRISSONS, JEUNES ENFANTS, PERSONNES AGEES DE PLUS DE 65 ans	TOUTES LES TRANCHES D'AGE MAIS LES ENFANTS SONT PLUS ASYMPTOMATIQUES QUE LES ADULTES
SIGNES CLINIQUES PATHOGNOMIQUES	ANOSMIE, AGUEUSIE, SIGNES CUTANES NON VUS ou TRES RAREMENT VUS	ANOSMIE (Perte d'odorat) AGUEUSIE (perte de goût) SIGNES CUTANES
COMPLICATIONS	TAUX DE FORMES GRAVES ET CRITIQUES MOINS ELEVES QUE COVID-19	15% FORMES GRAVES , 5% FORMES CRITIQUES
MORTALITE CHEZ LES HOSPITALISES	5, 8%	16, 9%
VACCINATION	VACCIN CONNU DEPUIS 1943, ADAPTABLE ANNUELLEMENT AUX SOUCHES VIRALES CIRCULANTES SÛR ET EFFICACE	VACCINS UTILISES SEULEMENT DEPUIS FIN 2020 EFFICACITE A CONFIRMER, NOUVEAUTE AVEC LES VACCINS A ARN MESSAGER
TRAITEMENT ANTIVIRAL	INHIBITEURS DE LA NEURAMINIDASE, CONNUS DEPUIS LONGTEMPS, EFFICACES EN PREVENTIF ET EN CURATIF	NOMBREUSES MOLECULES ENCORE A L'ETUDE

Vu , le Directeur de thèse

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized loop followed by a vertical stroke and a horizontal tail.

**Vu, le Doyen
de la Faculté de Médecine de Tours**

Tours , le

TRAN Quoc-Minh

149 pages – 4 tableaux en annexe – 21 figures –

Résumé :

Introduction

La grippe , infection respiratoire virale aigüe fréquente et très contagieuse , est une maladie et un problème majeur de santé publique à l'échelle planétaire avec un coût sanitaire, social, et économique considérable, comme le montre son historique à travers les siècles .La vaccination et les antiviraux représentent des armes efficaces contre la grippe mais ils doivent être accompagnés du respect des gestes barrières dont font partie, l'hygiène des mains, la distanciation physique et **le port de masque**.

Le port du masque est-il efficace pour prévenir la transmission du virus grippal?

Méthode

Synthèse bibliographique sur l'efficacité des masques en tissu, chirurgicaux et appareils de protection respiratoire (FFP) , histoire du virus de la grippe et du port du masque.

Résultats et conclusion

L'efficacité du port du masque dans les milieux de soins et les laboratoires est reconnue depuis de nombreuses années car le masque fait partie des Equipements de Protection Individuelle (EPI)

Par contre, les études disponibles sur l'impact du port du masques dans la population pendant une pandémie ou épidémie de grippe sont encore peu nombreuses et difficiles à mettre en place mais il faut favoriser le principe de précaution et recommander le port du masque dans la communauté afin de limiter la transmission du virus grippal par des personnes infectées contagieuses .

La discussion reste ouverte sur le type de masque à utiliser dans la population.

Mots clés :

Grippe, Masques de protection, masque chirurgical, appareil de protection respiratoire, efficacité des masques.

Jury :

Président du Jury :Professeur Laurent MEREGHETTI

Membres du Jury : Docteur Alexandra BADEY-MEURISSE

Professeur Catherine GAUDY-GRAFFIN

Professeur Clarisse DIBAO-DINA

Date de soutenance : 4 Novembre 2021