

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة البليدة 1

Université Blida 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master 2 en :

(Option) : écosystème aquatique

Thème

Etat de l'art sur la présence du COVID-19 dans les eaux usées résiduaire à l'échelle mondiale.

Soutenu par :

Grerifa naila

Selmani thinhinane

Devant le Jury :

M.F.SAIDI

GRADE PR

U.S.D. Blida

Président (e)

M.N.RADI

GRADE MAA

U.S.D. Blida

Examineur(rice)

M. H.BELMESKINE

GRADE MCA

U.S.D. Blida

Promoteur (rice)

Le 11 /0 7/2021

Remerciment

Nous remercions DIEU tout puissant, maître des cieux et de terre, qui nous a permis de mener à bien ce travail. et de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord à l'issue de la réalisation de ce mémoire et avant d'aborder le vif du sujet nous tenons à remercier vivement :

***Dr Belmeskine H** qui nous a permis de réaliser ce travail qui ne serait pas riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans son aide , pour la confiance qu'elle nous a accordées en acceptant de nous accompagner dans la réalisation de ce travail de recherche , tous en nous laissant la liberté d'ont on avait besoin on ne peut que louer ses qualités humaines . on la remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnelle pour sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.*

*Les membres de juré **Saidi F** qui nous a fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire ,nos remerciements vont aussi à **Radi N** pour avoir bien voulu examiner ce travail .*

Ont les remercie pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant de juger ce travail et de participer à la soutenance.

Le corps enseignant administratif de la faculté de saad dahleb blida 01 . Nous remercîments sont également adressés à toutes personnes qui , de loin ou de près ont contribué à la réalisation de ce travail et plus particulièrement à nos familles Selmani et Grerifa

Je dédie ce travail Tout d'abord à ma famille, A ceux qui m'ont tout donné sans rien en retour Spécialement à

*A Ma mère **LEILA***

Ma source d'amour, a celle qui m'a donnée la vie, a celle qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.

*A mon père **ABD ALLAH***

À la source d'amour, et de sacrifices, qui a été toujours près de moi pour me soutenir, à la personne la plus digne de mon estime et de mon respect .

Je les remercie pour tout ce qu'ils ont fait

A mes très chers frères et sœurs

***Ali, Moussa, Rahil et Aïcha** et ma cher tante avec ses enfants **Amdjad, Leïla** et **Amira** ce qui n'ont pas cessées de me conseiller , encourager et soutenir tout au long de mes études .*

A mon grand-père

Ceci est ma profonde gratitude pour son éternel amour, que ce rapport soit le meilleur cadeau que je puisse l'offrir.

A ma grand-mère

À la lumière de mes jours, la source de mes efforts, à celle que j'adore trop.

A toute ma famille qui m'a permis de vivre dans un environnement serein et paisible.

*A mon cher binôme **SELMANI thínhinane** Pour son entente et sa sympathie, et avec qui j'ai partagé de belles années d'études.*

*A tous mes copine : **Chaïma, Fatima, Marawa, kaouther, bouthéina** et **lyna** en qui j'ai toujours trouvé le soutien et le réconfort*

A tous nos enseignants et professeurs car sans leur enseignements de qualité et leur patience et leur sacrifices rien de cela ne sera possible

GRERIFA naila

Je dédie ce Modest travail accompagné d'un profond amour à ma famille qui m'a doté d'une éducation digne, son amour a fait de moi ce que je suis aujourd'hui particulièrement à mes parents :

*À ma mère **Nacera***

À celle qui m'a arrosé de tendresse et d'espoirs, à la source d'amour incessible, à celle qui ma bénie par ces prières elle était mon école, mon enseignante et mon soutien continuél.

*À Mon père **Djamal***

Mon précieux offre du dieu, mon support dans ma vie qui a été toujours à Mes côtés, qui m'appris, m'a poussé et motivé dans mes études et ma dirigé vers la gloire.

*À mon frère **Chabane***

Qui m'a toujours soutenue et qui m'a encouragé durant ces années d'études.

*A ma plus belle offert du ciel **kaouther***

Mercie d'avoir être ma copine, ma moitié et ma sœur, très chanceuse de t'avoir a mes côté que dieu nous garde l'une pour l'autre

*A toutes les personnes de ma grande famille **Selmani***

*Mes chers tantes, mes oncles, et mes cousins spécialement a ma petite **Torkia** et son frère **Jugurtha** vos encouragements, sont ce qui m'a poussé toujours à suivre la voie d'excellence, que dieu vos donne une longue et joyeuse vie.
Ma*

*A grand-mère, grand-père et mes oncles **Slimane, abed alhafid et nacer** Ils étaient les plus idéal dans ce mondes, c'est vrai ils ne sont plus avec nous, mais ils restent toujours dans nos cœur. Que dieu les garde de son vaste paradis.*

*A mes amis **Assia, Thiziri et Marawa et naïla** pour les bons moments qu'on a passés ensemble.*

*A mon cher binôme **GRERIFA naïla** pour son soutien moral, et sa compréhension tous le long de ce projet.*

A tous nos enseignants et professeurs car sans leur enseignements de qualité et leur patience et leur sacrifices rien de cela ne serai possible.

Que ce travail soit le témoignage sincère et affectueux de ma profonde reconnaissance pour tout ce que vous avez fait pour moi.

SELMANI thinkhinane

TABLE DE MATIERES

Liste des abréviations.

Liste des figures.

Résumé.

Abstract.

الملخص.

Mots clés.

Introduction générale.

CHAPITRE 1 : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1 Généralités sur le Coronavirus.....	1
I.1.1. Définition et historique.....	1
I.1.2. Structure et génome des coronavirus	1
I.2. Voie de transmission du SARS-CoV-2 dans l'eau et les eaux usées.....	2
I.2.1. Le virus dans l'environnement	6
I.2.2 Le virus chez l'être humain	7
I.2.2.1. Les symptômes.....	7
I.2.2.2. Mode de transmission.....	7
I.2.2.3. Liaison de SARS-CoV-2 et pénétration dans les cellules	8

CHAPITRE 2 : MATERIELS ET METHODES

II.1. Les techniques de détection de COVID-19.....	11
II.1.1. Technique PAD (dispositif à base papier)	11
II.1.2. Technique de RT_Qpcr.....	13
II.1.3. La lecture de RT_PCR en temps réel.....	15
II.1.4L'importance de la valeur CT.....	15
II .2. Désinfection de Coronavirus dans les eaux usées.....	16
II.2.1.La technique membranaire	16
I.2.2. Définition de la Technique d'hypochlorite de sodium	17
I.2.3. Technique de chloration et ultraviolet pour la désinfection de coronavirus.....	18

CHAPITRE 3 : STATISTIQUE DE LA COVIDE _19

III.1. La pandémie de la COVID-19... ..	19
III.2. Les pays les plus durement touchés par la pandémie au 07 juillet	

2021	20
III. 3. Les statistiques de Covid 19 dans L'Asie (la chine ; la source de l'épidémie).....	21
III.3.1. Statistique de covid19 dans l'Asie (Deuxième plus important foyer de l'épidémie)	21
III.3.2. Les statistiques de covid19 dans l'Europe.....	22
III.3.2.1. Les statistiques de covid19 en Italie	23
III.3.2.2. Les statistiques de covid19 dans l'Allemagne	24
III.3.2.3. Les statistiques de covid 19 en France.....	25
III.3.2.4. Les statistiques de covid 19 EN Espagne	26
III.3.3. Les statistiques de Covid-19 dans l'Amérique	27
III.3.3.1. Première point de la pandémie Les Etats-Unis	27
III.3.3.2. Canada pays en état d'urgence	28
III.3.3.3. Statistiques de covid-19 au Brésil.....	29
III.3.4. Statistiques de covid-19 dans l'Afrique (l'Algérie).....	30
VI. 4. Coronavirus dans les eaux usées.....	32
V1.4.1. Coronavirus dans les processus d'eaux usées.....	32
VI.4.2. Première surveillance environnementale de la présence d'ARN du SARS-CoV-2 dans les eaux usées et les eaux de rivière au Japon.....	33
V1.4.3. Première détection du SARS-CoV-2 dans les eaux usées non traitées en Italie.....	35
V1.4.4. Première détection de l'ARN du SARS-CoV-2 dans les eaux usées en Amérique du Nord : Une étude en Louisiane, USA.....	36

Conclusion.

Référence bibliographique.

Annexes.

Liste des abréviations

- SARS** : Syndrome Respiratoire Aigu Sévère.
MERS : Le Syndrome Respiratoire du Moyen-Orient.
ARN : Acide Ribonucléique.
OMS : Organisation Mondiale de la Santé.
M : Membrane.
E : Enveloppe.
NC: Nucléocapside.
ACE2 : Enzyme de Conversion de l'Angiotensine 2.
TMPRSS2 : La Protéase Transmembranaire à Sérine 2.
SDRA : Syndrome de Détresse Respiratoire Aiguë.
SRAA : Système Rénine-Angiotensine-Aldostérone.
PAD : Dispositif à Base de Papier.
VIH : Virus de l'Immunodéficience Humaine.
ADN : Acide Désoxyribonucléique.
PCR : Réaction en Chaîne par Polymérase .
RT-PCR : Réaction en Chaîne par Polymérase En Temps Réel.
CT : Cycle Seuil.
UF : Ultrafiltration.
NF : Nano-Filtration.
UV : Ultraviolet.
NaO Cl : L'Hypochlorite de Sodium.
Le Gène S : Protéine de Spicule.
Le Gène N : Protéine Nucléocapside.
Le Gène E : Enveloppe ; capsid du virus.

Liste des figures

Figure	Titre	Page
01	Représentation schématique d'une particule virale. L'enveloppe est formée des protéines S (spike), M (membranaires) et E (enveloppe). La nucléocapside (NC), formée par l'ARN génomique associé à la protéine N, est contenue dans la capsid, elle-même entourée de l'enveloppe (Giuseppina La Rosa et al, 2020) .	02
02	voie de transmission du virus SARS-CoV-1 (possible pour le virus SARS-CoV-2) dans les bâtiments par le système de plomberie sanitaire (ou d'eaux usées). La figure a été adaptée de Gormley et al. (2017) avec quelques modifications.	04
03	voie de transmission du coronavirus (SARS-CoV-2). La figure a été adaptée de Wigginton et al. (2015) avec quelques modifications.	06
04	Pénétration du coronavirus dans la cellule (Anonyme, 4)	08
05	La fusion entre la membrane cellulaire et la membrane virale libère l'ARN viral dans le cytoplasme où le virus se réplique (Anonyme, 4) .	09
06	(a) Conception d'un dispositif analytique type sur papier ; (b) le processus d'agrégation d'AgNP induite par l'acide nucléique pyrrolidinyl peptide (acpcPNA) dans la présence d'ADN complémentaire et d'ADN non complémentaire; et (c) une brève utilisation de ce dispositif. La figure a été adaptée de Teengam et al. (2017) avec quelques modifications.	13
07	Comparaison des tailles de micro-organismes, y compris les coronavirus SARS-CoV-1 (Ksiazek et al. 2003) et SARS-CoV-2 (Zhu et al. 2020) avec les diamètres de la taille des pores de membranes. Figure adaptée de Hai et al. (2018) .	17
08	Utilisation synergique des systèmes de désinfection courants : UV (ultraviolet) lumière et chloration. La figure a été adaptée de l'EPA, 2011 avec quelques modifications.	18
09	Poids de la pandémie de Covid-19 déclarés selon les régions OMS le 5 avril 2020 [Sources des données : OMS, Santé Publique France, Italie, Corée du Sud, Taïwan, CDC, Université John Hopkins]. (Anonyme, 13).	19

10	Les pays les plus durement touchés par l'épidémie au 07 juillet 2021. (Anonyme, 14).	20
11	Statistiques de covid 19 en Italie au début de la pandémie jusqu'à juin 2021. (Anonyme, 16).	23
12	Figure 12 : les statistique de covid19 dans l'Allemagne au début de la pandémie jusqu'à juin 2021. (Anonyme, 16)	24
13	les statistiques de covid19 dans la début de pandémie jusqu'à juin 2021. (Anonyme, 16)	25
14	les statistique de covid19 dans l'Espagne au début de la pandémie jusqu'à juin 2020. (Anonyme, 16).	26
15	les statistique de covid19 dans les États-Unis au début de la pandémie jusqu'à juin 2021. (Anonyme, 16).	27
16	les statistiques de covid19 dans canada au début de la pandémie jusqu'à juin 2021. (Anonyme, 16).	28
17	les statistiques de covid19 en brésil au début de la pandémie jusqu'au juin 2021(Anonyme, 16)	29

18	Nouveaux décès quotidiens en Algérie février 2020/juin2021). (Anonyme, 20) .	30
19	nombre total de cas de coronavirus février 2020/juin2021. (Anonyme, 20).	31
20	Reports of coronaviruses in wastewater or sewage.	33
21	COVID-19 cases and SARS-CoV-2 RNA detection in wastewater and river water in Yamanashi Prefecture, Japan. Squares, circles, and triangles denote sampling dates of river water, influent and secondary-treated wastewater samples, respectively. The closed triangle denotes SARS-CoV-2 RNA detection, grey bars denote new COVID-19 cases oneach day, and black thread line with white diamonds denotes COVID-19 cumulativecases in Yamanashi Prefecture.	34
22	First detection of SARS-CoV-2 in wastewaters in Italy	36
23	SARS-CoV-2 RNA detection in wastewater and confirmed COVID-19 cases in southern Louisiana, USA. Circles, squares, and triangles represent sample types, i.e., influent, secondary-treated, and final effluent, respectively. Red and blue symbols represent samples collected from WWTPs A and B, respectively. Closed and open symbols denote positive and negative SARS-CoV-2 RNA detections, respectively. Bars and line plots denote new and cumulative COVID-19 cases, respectively, in parishes A (red) and B (blue) where respective WWTPs (A and B) are located. Epidemiological data on confirmed COVID-19 cases in each parish in the State of Louisiana were retrieved from the USA facts (https://usafacts.org/visualizations/coronavirus-covid-19-spread-map/).	37
24	Les techniques membranaires les plus utilisées dans le traitement des eaux	Annexe
25	Les étapes de traitement des eaux usées.	Annexe

Résumé

Les coronavirus (CoV) sont une grande famille de virus causant un spectre de maladies allant des communes maladies à plus graves comme le syndrome respiratoire du Moyen-Orient (MERS-CoV) et les maladies respiratoires aiguës sévères Syndrome (SRAS-CoV). La récente épidémie de maladie à coronavirus 2019 (COVID-19) est devenue une urgence de santé publique dans le monde. Le SARS-CoV-2, le virus responsable du COVID-19, se propage par transmission interhumaine par gouttelettes ou contact direct.

L'agent étiologique du COVID-19, peut être excrété dans les matières fécales des personnes infectées quels que soient leurs symptômes. La présente étude visait à évaluer la présence d'ARN du SRAS-CoV-2 dans les eaux usées et les eaux de rivière

Cette étude a été menée pour résumer les données de recherche sur le CoV dans les environnements aquatiques une étude expérimentale a été basé sur les deux techniques de détections de covid 19 dans les eaux usées qui sont : PAD (dispositif à base de papier) et RT_PCR..

Après avoir appliquer ces deux techniques de détection de coronavirus dans un échantillon d'eaux qui doit être traiter et désinfecter à l'aide de ces différents procédés de traitement : **chloration et ultraviolet ; Le surdosage de l'hypochlorite de sodium ; la Technique membranaire .**

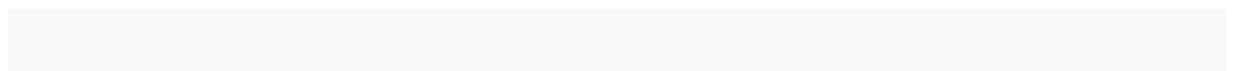
Abstract

Coronaviruses (CoV) are a large family of viruses causing a spectrum of illnesses ranging from common illnesses to more serious ones such as Middle East Respiratory Syndrome (MERS-CoV) and Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS-CoV). The recent 2019 coronavirus disease (COVID-19) outbreak has become a global public health emergency. SARS-CoV-2, the virus that causes COVID-19, is spread by human-to-human transmission by droplets or direct contact.

The etiological agent of COVID-19 can be excreted in the feces of infected people which must be their symptoms. The present study aimed to assess the presence of SARS-CoV-2 RNA in wastewater and river water

This study was founded to summarize research data on CoV in aquatic environments an experiment based on the two detection techniques for covid 19 in wastewater which are: PAD (paper-based device) and RT_PCR.

After having applied these two techniques for detecting coronavirus in a sample of water which must be treated and disinfectant using these different treatment methods: chlorination and ultraviolet; Overdose of sodium hypochlorite; Membrane Technique.



ملخص

فيروسات كورونا (CoV) هي عائلة كبيرة من الفيروسات التي تسبب مجموعة من الأمراض تتراوح من الأمراض الشائعة إلى الأمراض الأكثر خطورة مثل متلازمة التنفسية (MERS-CoV) والمتلازمة التنفسية الحادة الوخيمة (SARS-CoV). أصبح تفشي مرض فيروس كورونا 2019 (COVID-19) الأخير حالة طوارئ صحية عامة عالمية. ينتشر فيروس SARS-CoV-2 ، وهو الفيروس المسبب لـ COVID-19 ، عن طريق الانتقال من إنسان إلى آخر عن طريق الرذاذ أو الاتصال المباشر.

يمكن إخراج العامل المسبب لـ COVID-19 في براز المصابين بغض النظر عن أعراضهم. هدفت الدراسة الحالية إلى تقييم وجود SARS-CoV-2 RNA في مياه الصرف الصحي ومياه الأنهار أجريت هذه الدراسة لتلخيص بيانات البحث حول فيروس كورونا في البيئات المائية ، واستندت الدراسة التجريبية إلى تقنيتي الكشف عن فيروس كوفيد 19 في مياه الصرف وهما: PAD (جهاز ورقي) و RT_PCR ..

بعد تطبيق هاتين الطريقتين لاكتشاف فيروس كورونا في عينة من المياه يجب معالجتها وتطهيرها باستخدام طرق المعالجة المختلفة هذه: المعالجة بالكلور والأشعة فوق البنفسجية ؛ جرعة زائدة من هيبوكلوريت الصوديوم. تقنية الغشاء.

Mots clés

- Pandémie.
- covid 19, SARS-cov-2.
- coronavirus.
- transmission hydrique.
- eaux usées.

INTRODUCTION

Depuis sa première apparition en Chine en décembre 2019, le Covid-19 bouleverse la planète. Cette maladie infectieuse, a des répercussions profondes sur la santé des populations, ainsi que les industries et les transports mondiaux. Il s'agit de « la plus grande crise sanitaire qu'ait connu dans le monde depuis un siècle ». Cette crise sanitaire a des conséquences importantes pour tous les secteurs, y compris celui de l'environnement, qui promet d'être durablement marqué.

À l'heure actuelle, COVID-19 est responsable d'une épidémie mondiale en expansion rapide avec des dizaines de milliers de cas et des milliers de décès (Heymann et Shindo, 2020 ; Di Marco et al., 2020). En conséquence, une pandémie a été déclarée par l'OMS le 11 mars 2020 (OMS, 2020b). Il est donc possible que le virus soit libéré avec les eaux usées et contamine d'autres plans d'eau (surface, mer, nappe phréatique), générant des aérosols.

Donc Le coronavirus est détectable dans les selles avant l'apparition d'autres symptômes tels que la fièvre et la toux. Plusieurs études de cas ont rapporté la présence de matériel génétique viral dans les selles de certains patients COVID-19. Les preuves étayant la possibilité d'une transmission à médiation fécale ou féco-orale se sont accumulées. Par ailleurs, en théorie, le virus pourrait également se propager dans les eaux usées après le lavage des mains. En effet, les eaux usées proviennent des hôpitaux, en particulier les unités de maladies infectieuses, peuvent contenir Les virus sont répandus, une désinfection efficace est donc nécessaire avant Déversement dans les eaux naturelles.

Avant d'évoquer le lien entre analyse et le traitement de l'eau et COVID-19, il faut bien comprendre le principe des eaux usées. Nous en trouvons 3 sortes : les eaux pluviales, les eaux industrielles et les eaux domestiques. Impropres à la consommation, ces eaux sont traitées par des stations d'épuration avant d'être rejetées dans la nature. Ici, ce sont les eaux usées domestiques qui nous intéressent. En effet, les selles humains permettent de mettre en évidence de précieux indices pour évaluer la bonne santé d'un individu. Ainsi, des traces de la COVID-19 se retrouvent dans les selles de personnes contaminées. L'idée est donc de se servir des eaux usées pour détecter la présence de la maladie au sein de la population.

Alors qu'elles sont les techniques et les méthodes doivent autant utiliser afin de déterminer et détecter le coronavirus dans l'eau ??

I.1. Généralités sur le Coronavirus :

I.1.1. Définition et historique

Définition : **Coronavirus** est un groupe de virus qui peuvent provoquer des maladies chez les animaux ou les humains. Chez l'être humain, plusieurs coronavirus peuvent provoquer des infections respiratoires, du simple rhume à des maladies plus graves, telles que le syndrome respiratoire aigu sévère (SARS) causé par le SARS-COV1 et le syndrome respiratoire du Moyen-Orient (MERS). Le dernier coronavirus SARS-COV2 découvert a causé la maladie à coronavirus 19: la Covid-19 (de la maladie britannique du coronavirus). **(Anonyme, 1).**

Le coronavirus est un virus dont le matériel génétique est un ARN simple brin linéaire positif. Leur nom vient de leur aspect coronal (corona en latin), qui est dû à la présence de grosses glycoprotéines (protéines modifiées par des sucres) appelées Spikes (S) incrustées dans l'enveloppe du virus **(Figure 1).**

Historique : Une épidémie de pneumonies, décrite à l'époque comme d'allure virale de cause inconnue a émergé dans la ville de Wuhan (province de Hubei, Chine) en décembre 2019. Le 9 janvier 2020, la découverte d'un nouveau coronavirus a été annoncée officiellement par les autorités sanitaires chinoises et l'Organisation mondiale de la santé (OMS). D'abord appelé 2019-nCoV puis **SARS-CoV-2**, ce virus est différent du virus SARS-CoV responsable de l'épidémie de SARS en 2003. Il est également différent du virus MERS-CoV responsable d'une épidémie évoluant depuis 2012 au Moyen-Orient. Ce nouveau virus est l'agent responsable de cette nouvelle maladie infectieuse respiratoire appelée Covid-19 (pour Coronavirus Disease 2019 **(Anonyme, 2).**

I.1.2. Structure et génome des coronavirus

C'est un virus enveloppé qui contient de l'ARN simple brin non segmenté et a une polarité positive (il peut donc être directement traduit en protéine). Le génome code principalement pour la réplicase composée d'orf1a et orf1b, qui sera traduite en deux polyprotéines, puis découpée en 16 protéines non structurales nécessaires à la réplication du virus. Le virus est entouré d'une membrane lipidique et contient des protéines structurales de membrane (M) et d'enveloppe (E), qui interagissent pour former une enveloppe virale. Cette couche contient également la glycoprotéine de pointe (S), qui est responsable de la fixation à la cellule hôte et la membrane après infection. Fusion, la protéine liée à l'acide nucléique (ARN) forme une nucléocapside (N) **(Figure 1).** **(Anonyme, 3).**

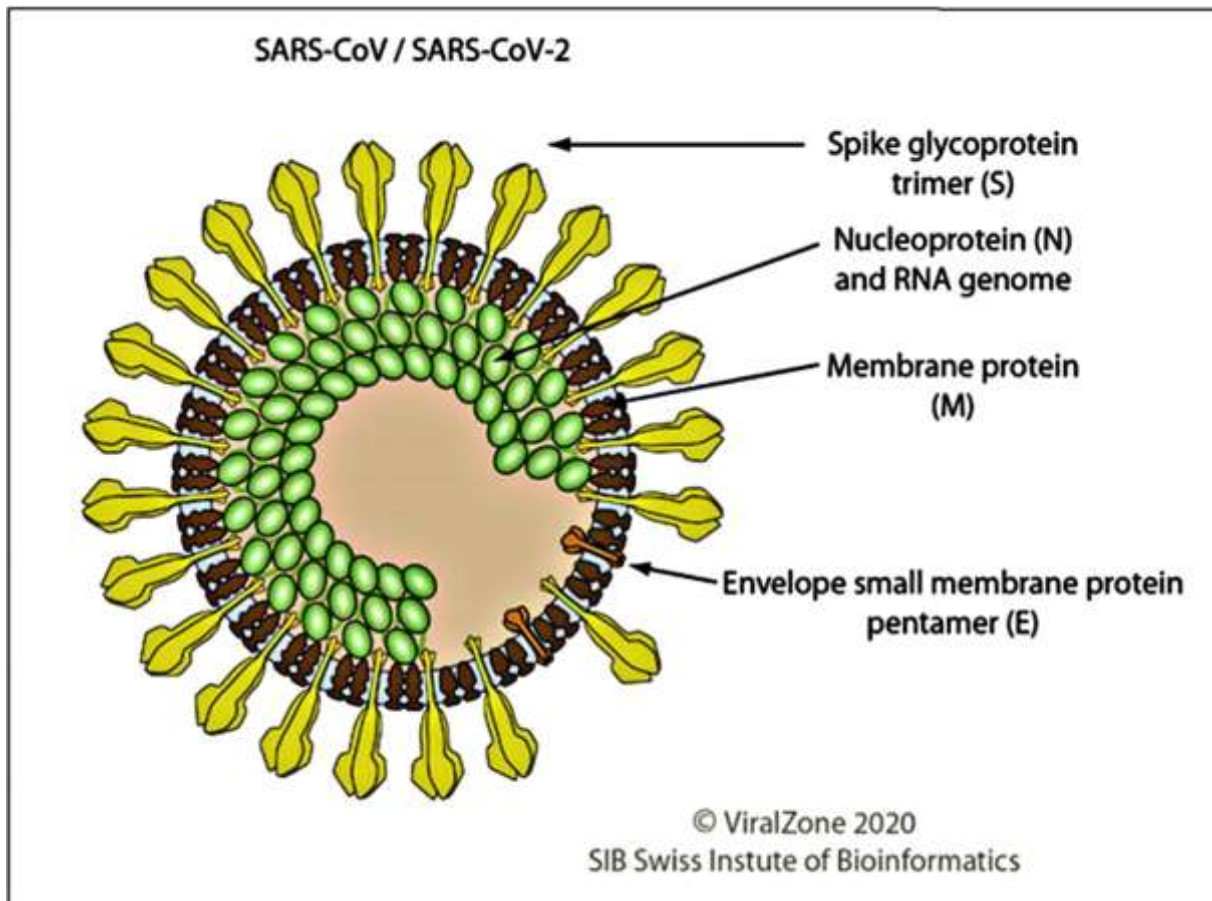


Figure 1 : Représentation schématique d'une particule virale. L'enveloppe est formée des protéines S (spike), M (membranaires) et E (enveloppe). La nucléocapside (NC), formée par l'ARN génomique associé à la protéine N, est contenue dans la capsid, elle-même entourée de l'enveloppe (Giuseppina La Rosa et al, 2020) .

I.2. Voie de transmission du SARS-CoV-2 dans l'eau et les eaux usées:

Récemment, des traces de SARS-CoV-2 coronavirus (fragments de ses acides nucléiques) ont été détectés dans les rejets des stations d'épuration des eaux usées (Alpaslan Kocamemi et al., 2020), les boues municipales (Ahmed et al., 2020a; Medema et al., 2020) et les eaux usées (Haramoto et al., 2020; Pineda, 2020), les eaux usées médicales (Zhang et al., 2020), les eaux de rejet des bateaux commerciaux de croisière (Ahmed et al., 2020b), eaux non-potables (Monde, 2020), eaux issues du traitement secondaire des eaux usées (Haramoto et al., 2020), et aussi dans les eaux de rivière (Guerrero-Latorre et al., 2020; Haramoto et al., 2020; Rimoldi et al., 2020). Ainsi, d'éventuelles investigations sont nécessaires et doivent être prises en considération (Chaudhry and Sachdeva, 2020; WHO, 2020b).

Chapitre I : Revue bibliographique

Pour les communautés vivant dans des appartements, les bâtiments infectés par le coronavirus, les systèmes de canalisations d'égout sont considérés comme voie de transmission potentielle du coronavirus SARS-CoV-1 dans les systèmes d'égouts depuis 2013 (**Gormley et al., 2017; McKinney et al., 2006**). Semblable au SARS-CoV-1, le virus SARS-CoV-2 peut se propager par aérosol ou des gouttelettes d'eau microscopiques (**Leung et al., 2020 ; OMS, 2020c**). Selon la propagation de l'inoculum, le virus peut rester en surface jusqu'à quelques jours et en aérosols.

De même, **Ong et al. (2020)** ont étudié la survie du SARS-CoV-2 dans l'air, les surfaces et les équipements de protection individuelle des transporteurs et soignants...Ils ont trouvé que l'échantillon qui provient des ventilateurs de sortie, des poignées de porte, des éviers et des cuvettes de toilettes est positif, confirmant que le SARS-CoV-2 peut se propager par selle d'une personne infectée.

De plus, **Hu et al. (2020)** ont collecté des échantillons de surface à contact élevé provenant de chambres d'isolement (23 emplacements) trouvés. Le pourcentage d'échantillons collectés était positif pour le SRAS-CoV-2 Comme suit : 70 % (chambre) > 50 % (salle de bain) > 33 % (couloir). Ils ont également conclu que les plus pollués ayant une charge virale a été trouvée sur la paroi intérieure de la cuvette des toilettes et l'entrée des égouts de la pièce (**Hu et al., 2020**). Ce mode de transmission, grâce à des systèmes de canalisations sanitaires (ou d'eaux usées), il est possible qu'il soit responsable de la pollution environnementale et de la propagation du COVID-19 aux Communautés.

Par conséquent, **Gormley et al. (2020)** a formulé récemment plusieurs recommandations pour garantir que la transmission par le système de plomberie des eaux usées est minimisée. La **figure 2** résume quelques suggestions pour éviter le risque de propagation de l'agent pathogène par système de plomberie des eaux usées dans les bâtiments. (**Hai Nguyen Tran et al ,2021**).

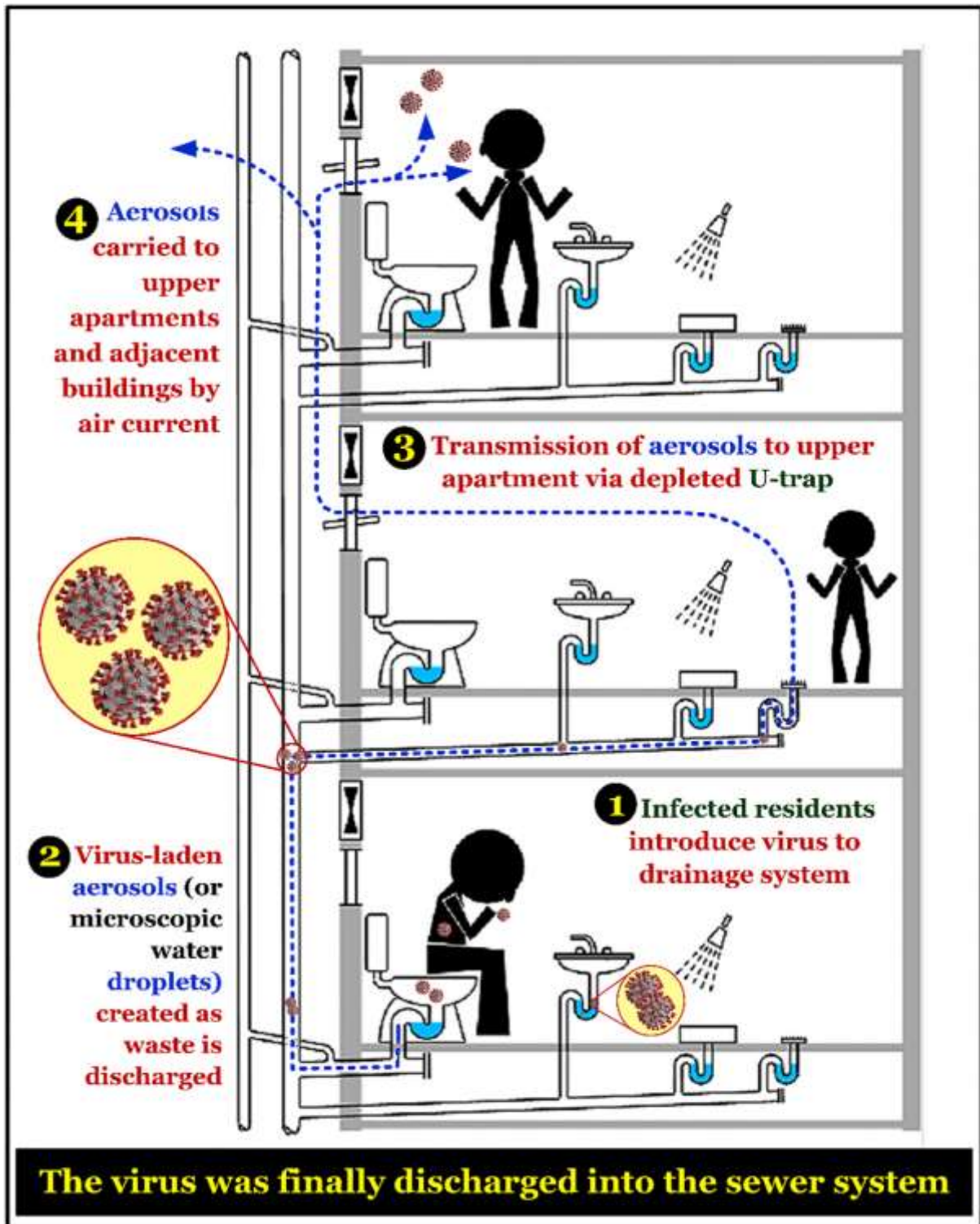


Figure 2: voie de transmission du virus SARS-CoV-1 (possible pour le virus SARS-CoV-2) dans les bâtiments par le système de plomberie sanitaire (ou d'eaux usées). La figure a été adaptée de Gormley et al. (2017) avec quelques modifications.

Chapitre I : Revue bibliographique

Certaines études récentes ont montré que les échantillons de selles collectés des patients infectés par le SARS-CoV-2 étaient positifs (**Holshue et al., 2020 ; Tang et al., 2020 ; Wang et al., 2020 ; Wu et al., 2020b; Xiao et al., 2020; Yeo et al., 2020**). Cela est dû au fait que le patient a une infection COVID-19 dans le tractus gastro-intestinal et peut être excrété par les fèces (**Xiao et al., 2020**). Cela montre que le virus SARS-CoV-2 est généralement excrété par les selles d'une personne infectée.

Une étude récente a prouvé que la durée de vie médiane du SARS-CoV-2 dans les échantillons de selles de patients jusqu'à 22 jours (**Zheng et al., 2020**), significativement plus long que SARS-CoV-1 (seulement 4 jours) (**Lai et al., 2005**).

L'étude a également indiqué que le SARS-CoV-2 peut survivre dans l'appareil respiratoire 18 jours, dans le sérum 16 jours (**Zheng et al., 2020**).

En général, les matières fécales et l'urine de certains patients infectés par le COVID-19 sont évacuées dans les réseaux d'égouts et ensuite dans les eaux usées

D'autres chercheurs ont rapporté que le virus SARS-CoV-2 peut encore exister à un niveau d'infection détectable sur la couche externe d'un masque chirurgical pour jusqu'à une semaine. Par conséquent, la gestion des masques jetés qui pourraient offrir un fort potentiel la voie de transmission du SARS-CoV-2 dans l'eau doit être prioritaire pour enquête.

Ceci est particulièrement important car aucun des masques utilisés sont collectés et traités comme des déchets dangereux, notamment dans les pays en développement ou les pays surchargés de patients infectés

La voie schématique de transmission pour du virus SARS-CoV-2) et la présence de masques porteurs de coronavirus jetés dans l'eau est présentée dans **la figure 3 (Wigginton et al., 2015)**.

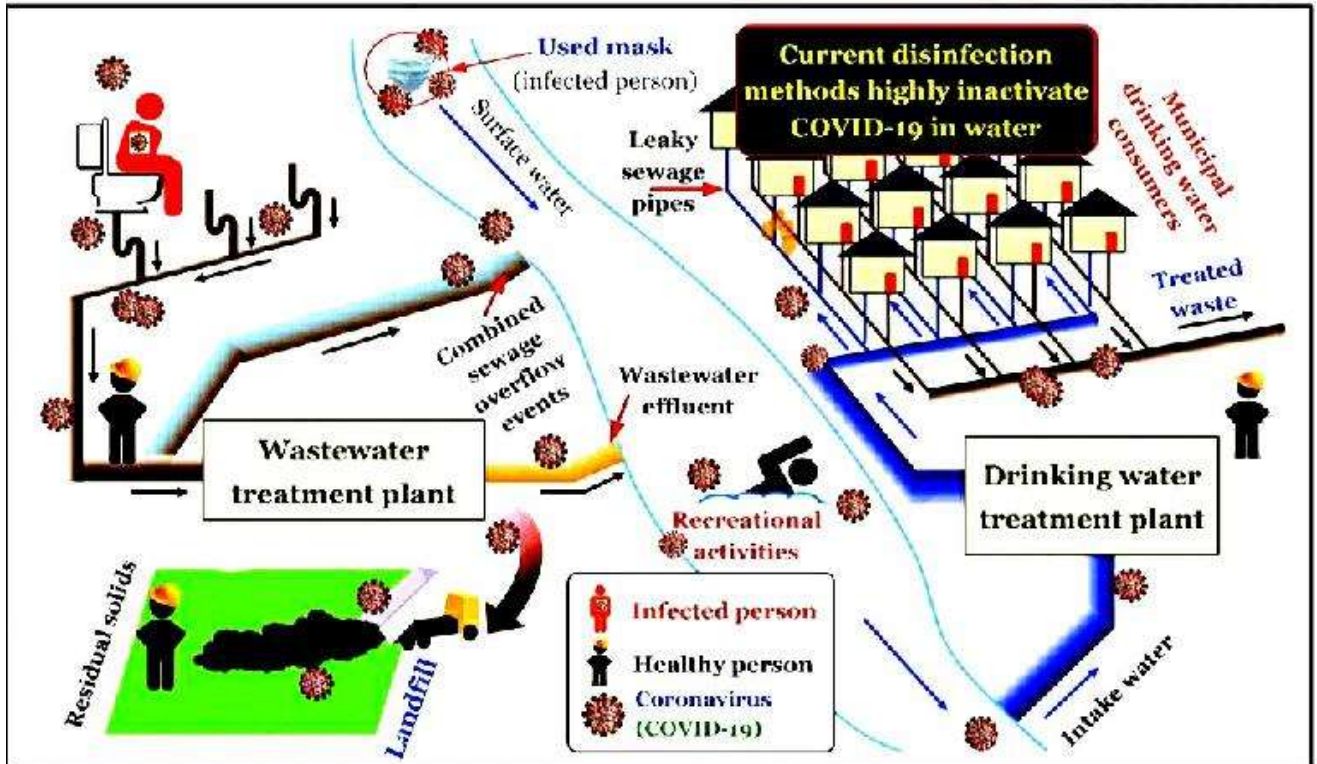


Figure 3: voie de transmission du coronavirus (SARS-CoV-2). La figure a été adaptée de Wigginton et al. (2015) avec quelques modifications.

I.1.3. Le coronavirus dans l'environnement:

Le monde vit une crise sans précédent. Un virus de taille microscopique responsable d'une pandémie meurtrière de Covid-19 se répand. Dans l'espoir de limiter sa propagation, les populations sont confinées, et tous se mit à l'arrêt. Avec un effet collatéral, une baisse spectaculaire de la pollution de l'air extérieur, et une influence sur climat de la Terre entière. Ces influences sont-elles positives ou négatives ?

Le ralentissement qui a été marqué dans tous les domaines a eu un impact majeur sur l'environnement. La pollution et l'effet de serre dans certaines parties du monde ont été considérablement réduits. Ce sont les résultats indirects mais positifs de cette pandémie sans précédent. Les restrictions sur le trafic aérien, terrestre et maritime, ainsi que les fermetures de tous les industrielles ont entraîné une réduction alarmante de la pollution de l'environnement et des émissions de gaz à effet de serre. Cet impact du ralentissement causé par la pandémie sur les émissions devrait être égal ou supérieur à l'impact de la récession mondiale de 2008. En d'autres termes, d'ici la fin de 2021, et peut-être même 2022, nos émissions mondiales de carbone chuteront absolument. En raison du contrôle des populations, des animaux sauvages ont été observés dans certaines villes : le puma à Santiago au Chili, le sanglier dans les rues de Barcelone, ou encore le chat civette en Inde.(Anonyme,5)

I.1.4. Le virus chez l'être humain:

I.1.4.1. Les symptômes:

- La durée de l'incubation est en moyenne de 5 jours, avec des extrêmes de 2 à 12 jours. L'installation des symptômes se fait progressivement sur plusieurs jours, contrairement à la grippe qui débute brutalement.
- Les premiers symptômes sont peu spécifiques : maux de tête, douleurs musculaires, fatigue. La fièvre et les signes respiratoires arrivent secondairement, souvent deux ou trois jours après les premiers symptômes.
- Dans les premières études descriptives provenant de Chine, il s'écoule en moyenne une semaine entre l'apparition des premiers symptômes et l'admission à l'hôpital à la phase d'état de la maladie. A ce stade, les symptômes associent fièvre, toux, douleurs thoraciques et gêne respiratoire et la réalisation d'un scanner thoracique montre presque toujours une pneumonie touchant les deux poumons. D'autres signes cliniques ont été décrits depuis les premières études : des signes d'atteinte du système nerveux central s'exprimant en particulier chez les personnes âgées sous la forme d'une désorientation ; **une perte du goût ou/et de l'odorat**, qui survient chez 30 à 50% des adultes infectés, avec une prédominance féminine, est très évocatrice du diagnostic de Covid-19 (Anonyme, 2).
- La gravité des signes cliniques nécessite le maintien à l'hôpital d'environ 20% des malades et 5% nécessitent une admission en réanimation. Les formes les plus graves sont observées principalement chez des personnes vulnérables en raison de leur âge (plus de 70 ans) ou de maladies associées, en particulier l'obésité (Anonyme,2).
- Des études observationnelles privilégiées ainsi que des travaux de modélisation ont montré que **l'infection peut être asymptomatique ou paucisymptomatique** (pas ou peu de manifestations cliniques) chez 30 à 60 % des sujets infectés, en particulier chez les jeunes enfants (moins de 12 ans) (Anonyme,2) .

I.1.4.2. Mode de transmission

C'est la probabilité de propagation de la maladie. Ce facteur est étroitement lié à la santé de la population : les mesures dites « barrières » (lavage des mains, port de masques, et maintien de la distance corporelle) réduiront la capacité de propagation du virus. Le virus de la COVID-19 se transmet par des personnes porteuses du virus par le biais de gouttelettes respiratoires inhalées qui sont expulsées du nez ou de la bouche lorsqu'une personne tousse, éternue ou parle. Ces

gouttelettes d'eau sont relativement lourdes, ne parcourront pas de longues distances, et tomberont rapidement au sol (Anonyme,2).

1.1.4.3. Liaison de SARS-CoV-2 et pénétration dans les cellules :

Le virus est un agent pathogène intracellulaire obligatoire et doit entrer dans la cellule hôte pour se reproduire (c'est ce qu'on appelle la réplication). Par conséquent, la première étape du processus est que le matériel viral pénètre dans le cytoplasme après avoir traversé la membrane cellulaire. L'étape d'entrée commence par la fixation des particules virales à la surface cellulaire. Ceci est basé sur l'interaction entre les spicules à la surface de la particule virale (la protéine S du SARS-CoV-2) et la glycoprotéine enzyme de conversion de l'angiotensine 2 (ACE2) en tant que récepteur d'entrée (Figure 4).

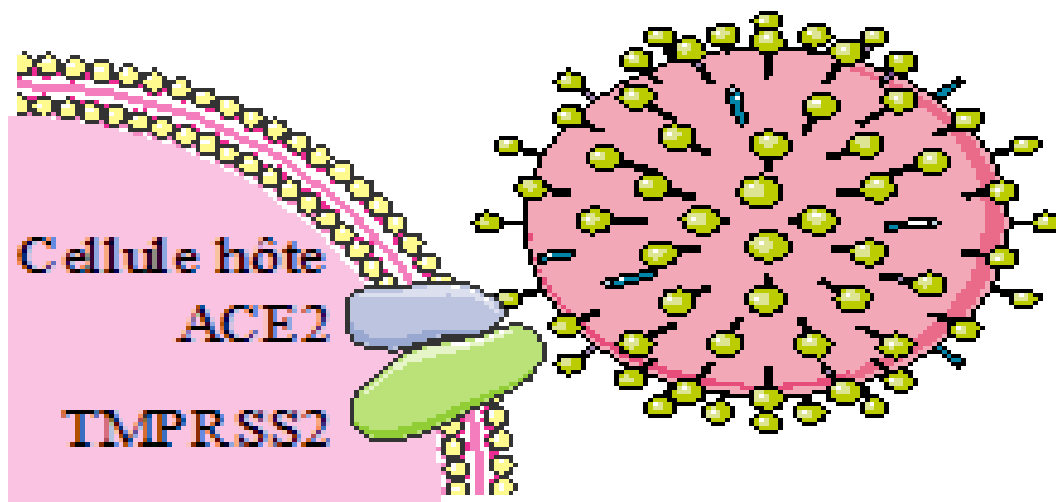


Figure 4 : Pénétration du coronavirus dans la cellule (Anonyme, 4)

Après s'être attachée à l'ACE2, l'aiguille du virus (S) est clivée en deux parties par la protéase de la cellule hôte (enzyme coupant les protéines). Cet événement moléculaire est nécessaire pour exposer une partie de la séquence polypeptidique S appelée « peptide de fusion », qui convient aux membranes cellulaires. La réconciliation se produit entre l'enveloppe et la membrane cellulaire du virus, et les deux sont formées par la bicouche lipidique et donc fusionnent (2). Parmi ces protéases, la molécule TMPRSS2 présente à la surface cellulaire permet au virus de fusionner avec la membrane plasmique de la cellule hôte. Les virus peuvent aussi entrer par «

Chapitre I : Revue bibliographique

endocytose » : la combinaison de Spike et d'ACE2 va induire une invagination de la membrane plasmique, enfermant le virus dans « l'endosome » qui pénètre dans « l'endosome », où la protéase activée par l'acide du compartiment va possible de déclencher la fusion entre la membrane endosomale et la membrane virale. La fusion entre la membrane cellulaire et la membrane virale libère l'ARN viral dans le cytoplasme où le virus se réplique (Anonyme,4) (Figure 5).

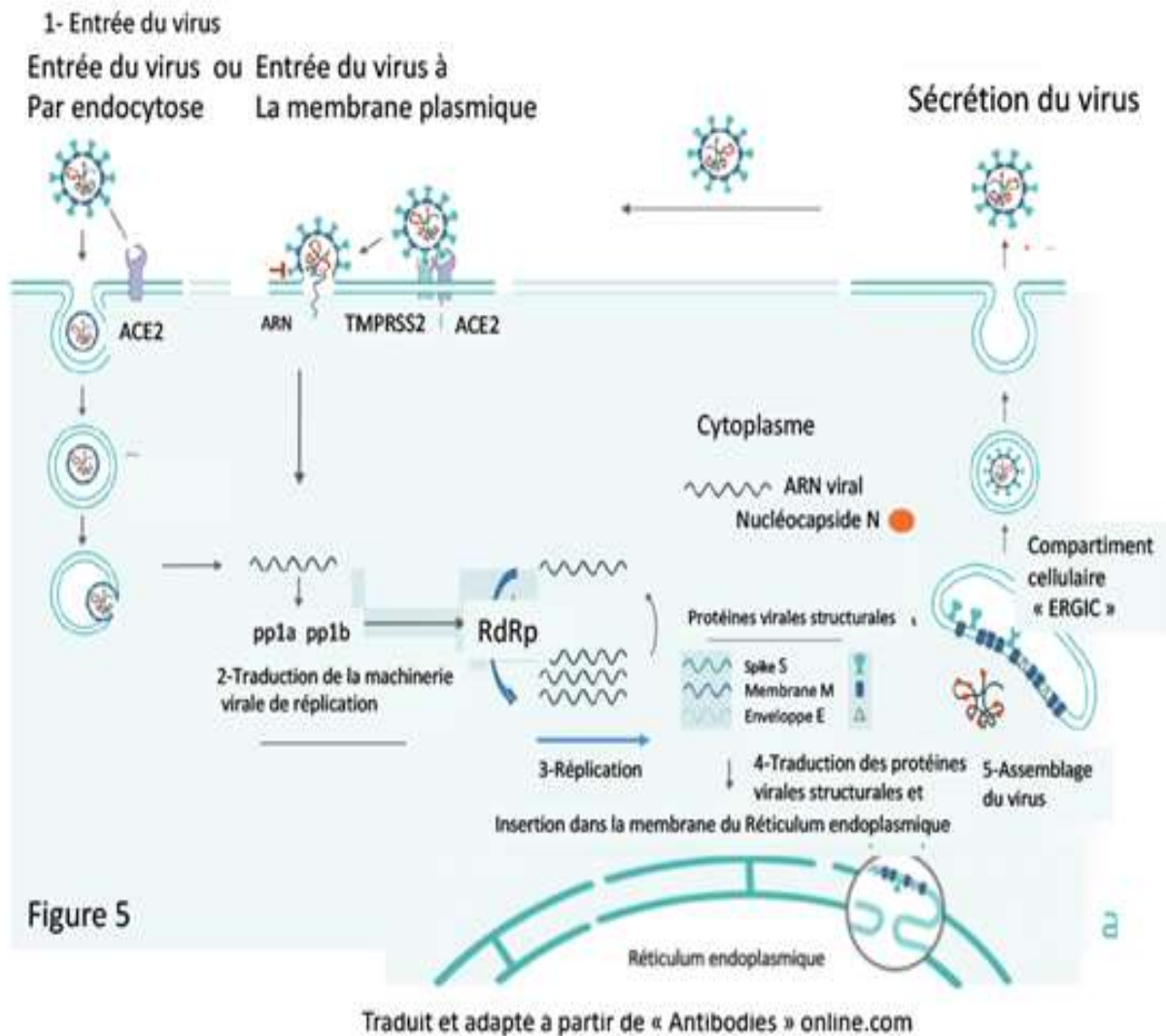


Figure 5 : La fusion entre la membrane cellulaire et la membrane virale libère l'ARN viral dans le cytoplasme où le virus se réplique (Anonyme, 4) .

L'existence de récepteurs viraux est le principal déterminant de la reconnaissance spécifique (ou tropisme) entre le virus et l'hôte, c'est-à-dire les cellules, les tissus et même les espèces animales dans lesquelles le virus peut se reproduire.

Chapitre I : Revue bibliographique

Par conséquent, le SARS-CoV-2 peut infecter les cellules humaines qui expriment l'ACE2 : cellules pulmonaires, artérielles, cardiaques, rénales et intestinales.

Une fois dans la cellule hôte, le virus détourne le processus cellulaire de production de protéines (traduction) pour faciliter la synthèse de ses propres composants.

Peu de temps après le début de l'épidémie de Covid-19, les chercheurs ont montré que Sars-Cov-2 peut se répliquer dans le tube digestif. Cela signifie qu'il est également présent dans les matières fécales et donc également dans le circuit des eaux usées.

Dans ce chapitre nous allons donner un aperçu général sur les différentes techniques d'analyse du coronavirus dans les eaux et leurs traitements qui ont été utilisées et décrites dans la littérature.

II.1. Les techniques de détection de virus COVID-19 :

II.1.1. Technique PAD (dispositif à base de papier) :

Un dispositif à base de papier est un petit outil d'analyse avec différentes zones fonctionnelles imprimé avec une imprimante à cire qui intègre tous les processus (extraction, enrichissement, purification, élution, amplification et détection visuelle) requis pour le test des acides nucléiques dans un matériau papier peu coûteux. (**Anonyme,8**).

L'appareil sur papier a le potentiel d'être utilisé comme un petit appareil portable pour détecter le SRAS-CoV-2 dans les eaux usées sur place et pour suivre les porteurs de virus dans la communauté.

Utilisation de la technique de PAD :

Récemment, un aperçu de l'approche utilisant des dispositifs à base de papier (PAD) pour la détection de maladies infectieuses et pathogènes dans l'eau et les eaux usées ont été suggérées par **Mao et al. (2020)**. De tels dispositifs peuvent détecter rapidement et avec précision divers agents pathogènes et les maladies infectieuses telles que le paludisme, Escherichia coli, le VIH et les maladies infectieuses de la reproduction bovine à chaque point des eaux usées collectées. Par conséquent, les auteurs ont supposé que les PAD peuvent être également appliqué pour détecter avec précision la présence de SARS-CoV-2 dans l'eau environnements. De même, **Yang et al. (2020)** recommande d'utiliser le dispositif de diagnostic sur papier pour détecter la présence du SARS-CoV-2. Cependant, la sensibilité et la sélectivité des PAD pour divers capteurs d'applications sont un grand défi qui devrait être continuellement amélioré dans l'avenir (**Liu et al. 2019**).

Un appareil doit être peu coûteux (moins de 1,3 USD), portable, jetable et facile à utiliser même par des non-spécialistes ou des profanes. En substance, la méthode consiste à

Chapitre II : Matériel et méthodes

filtration des acides nucléiques des pathogènes à partir des échantillons prélevés des eaux usées/eau par

Un tel dispositif à base de papier. Après cela, une réaction biochimique courante peut être effectuée avec certains réactifs pour détecter la présence d'acide nucléique viral SARS-CoV-2.

Un résultat d'une telle méthode peut être observée macroscopiquement, par exemple, comme un vert cercle (confirmant positif) et un cercle bleu (démontrant négatif) (**Yang, 2020**).

PAD a fortement recommandé pour l'analyse quantitative in situ du SARS-CoV2 dans l'eau environnements en raison de sa rapidité, de son faible coût, de sa précision, de sa simplicité, et sensibilité Simple, rapide, sensible et sélective pour détecter L'ADN du MERS-CoV, de Mycobacterium tuberculosis et du virus du papillome humain. Les auteurs ont développé un PAD colorimétrique multiplex utilisant Nanoparticules d'argent (AgNPs) (**Hai Nguyen Tran et al. 2020**).

Auparavant, **Teengam et al. (2017)** ont démontré qu'un PAD (**Figure- 6a**) Peut servir de méthode comme réactif colorimétrique cible pour la détection de l'ADN basé sur l'acide nucléique du pyrrolidinyl peptide (acpcPNA)-Agrégation de nanoparticules induite. Le processus induit par acpcPNA Agrégation AgNP en présence de compléments et L'ADN non complémentaire est brièvement résumé sur la figure-8b. Tel qu'un capteur d'ADN colorimétrique à base de papier multiplex a été appliqué avec succès pour le criblage et la détection simultanée des oligonucléotides de Virus MERS - CoV, papillomavirus humain et Mycobacterium tuberculosis (**Figure-6c**).

Pour résumer, certaines méthodes/dispositifs ont été appliqués pour détecter la présence du SARS-CoV-2 dans différents environnements aquatiques (c.-à-d. rivière et eaux usées), mais les protocoles détaillés et normalisés et les validations de ces méthodes/dispositifs ne sont pas encore disponibles dans le domaine public (**Hai Nguyen Tran et al. 2020**).

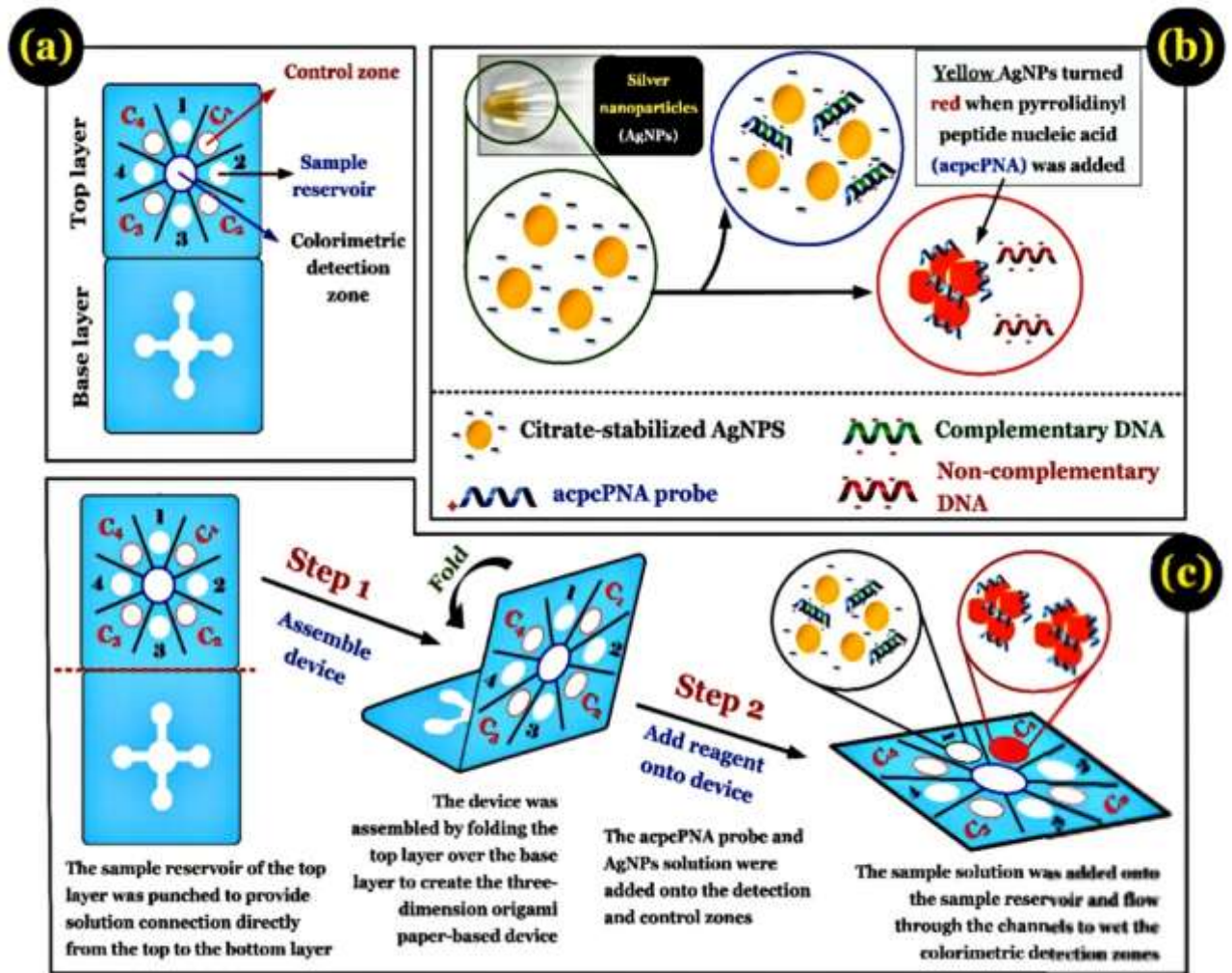


Figure 6 : (a) Conception d'un dispositif analytique type sur papier ; (b) le processus d'agrégation d'AgNP induite par l'acide nucléique pyrrolidinyl peptide (acpcPNA) dans la présence d'ADN complémentaire et d'ADN non complémentaire; et (c) une brève utilisation de ce dispositif. La figure a été adaptée de **Teengam et al. (2017)** avec quelques modifications.

II.1.2. Technique de RT_qPCR :

La RT-qPCR est une technologie qui permet d'effectuer une PCR quantitative (réaction en chaîne par polymérase) sur des échantillons d'ARN. L'ARN est d'abord rétro-transcrit à l'aide d'une enzyme appelée transcriptase inverse, qui permet la synthèse d'ADN complémentaire (ADNc). Ce dernier est ensuite utilisé pour la PCR quantitative. La transcriptase inverse ou transcriptase inverse (en anglais reverse-transcriptase ou RT) est une enzyme utilisée par les rétrovirus et les rétro-transposon pour transcrire l'information

Chapitre II : Matériel et méthodes

génétique des virus ou des rétro-transposons de l'ARN à l'ADN, qui peut être intégrée dans l'hôte Dans le génome (Anonyme, 9).

Cette technique implique des différentes étapes qui sont :

Prélèvement d'échantillons : Tout d'abord, un professionnel de la santé agréé utilise un écouvillon pour prélever un échantillon nasopharyngé du nasopharynx du patient. L'échantillon est ensuite placé dans un tube stérile contenant un milieu de transport du virus pour assurer la viabilité du virus. (Anonyme ,9).

Préparation de l'échantillon : Lorsque l'échantillon arrive au laboratoire, le chercheur utilise un kit de purification commercial pour extraire l'ARN. L'échantillon d'ARN est ensuite ajouté au mélange réactionnel contenant tous les ingrédients nécessaires pour exécuter le test de diagnostic, également connu sous le nom de « RT-PCR en une étape ». Le mélange se compose d'ADN polymérase, de transcriptase inverse, de blocs d'ADN et de sondes et amorces fluorescentes spécifiques pour la détection du SRAS-CoV-2. (Anonyme ,9).

Transcription inverse : comme mentionné ci-dessus, la PCR ne s'applique qu'aux matrices d'ADN. Par conséquent, le rôle de la transcriptase inverse dans le mélange réactionnel est de convertir tout l'ARN présent dans un échantillon donné en ADNc. Cela inclut l'ARN humain, l'ARN bactérien et même l'ARN d'autres coronavirus, ainsi que l'ARN du SRAS-CoV-2 applicable. (Anonyme ,9).

Étape 1-Dénaturation/Séparation : Tout d'abord, rappelez-vous que l'ADN est une structure double brin. Par conséquent, cette étape consiste à séparer les deux brins de la molécule d'ADN. Pour cela, l'ADN doit être chauffé à haute température (> 90°C) pendant une dizaine de minutes. (Anonyme ,9).

Étape 2-hybridation d'amorces : L'étape suivante consiste à appairer de courts fragments d'ADN appelés amorces. Les amorces conçues sont hautement spécifiques et peuvent se lier à la cible précise dans l'ADNc du virus à ARN du SRAS-CoV-2. L'hybridation des amorces requiert par ailleurs une température très basse spécifique. Sept gènes cibles communs sont généralement utilisés pour détecter la COVID-19 ; chacun de ces gènes cibles est indispensable à la réplication ou à la structure du virus. Parmi ces gènes cibles essentiels figurent notamment l'ARN polymérase ARN-dépendante (RdRP), le gène ORF1ab (cadre de lecture ouvert conservé du SARS-CoV-2), le gène S (protéine de spicule), le gène N (protéine nucléocapside) et le gène E (enveloppe ; capsid du virus). (Anonyme ,9).

Étape 3 – Extension/élongation des amorces : L'ADN étant une structure à double brin, le réactionnel comporte deux amorces, chacune d'elles spécifiquement conçue pour cibler l'un des deux brins d'ADN. Une fois fixées à leur brin d'ADN cible, les amorces indiquent à l'ADN polymérase où commencer et où terminer l'amplification du segment d'ADN. Le produit de cette étape est une copie d'ADN identique à l'ADN cible. Répétition du cycle : La PCR en temps réel répète le cycle à plusieurs reprises (40 cycles en moyenne). La quantité d'ADN cible double à chacun de ces cycles, et des sondes fluorescentes se fixent spécifiquement aux cibles ADN en aval de chaque amorce. Chaque fois que l'ADN polymérase amplifie la cible ADN, cela active la sonde qui émet un signal fluorescent. Ainsi, plus le volume d'ADN cible augmente, plus l'intensité de la fluorescence augmente elle aussi. (**Anonyme, 9**).

II.1.3. La lecture de RT_PCR en temps réel :

La fluorescence émise est captée sous forme de signal pour générer une valeur de « cycle seuil » (Ct). La valeur Ct se rapporte au nombre de cycles requis pour que le signal fluorescent dépasse le bruit de fond. En général, plus l'échantillon contient d'ADN cible, plus l'amplification est rapide, et plus le nombre de cycles requis pour que le signal fluorescent franchisse la valeur seuil est faible (faible valeur Ct). À l'inverse, plus la quantité d'ADN cible est faible, plus il faudra de cycles avant que la fluorescence franchisse la valeur seuil (valeur Ct élevée) (**Anonyme, 9**).

II.1.4. L'importance de la valeur CT :

Les valeurs Ct sont utiles car elles fournissent des renseignements sur la charge de matériel génétique pathogène (SARS-CoV-2) du patient. Une faible valeur Ct indique une charge génomique virale élevée, tandis qu'une valeur Ct élevée indique une faible charge génomique virale. Les professionnels de la santé peuvent utiliser les valeurs Ct conjointement aux symptômes cliniques et à l'historique du patient pour juger du stade de la maladie. Les séries de valeurs Ct résultant de tests répétés peuvent également aider les cliniciens à suivre l'évolution de la maladie et à prédire les différentes phases de récupération jusqu'à la résolution de l'infection. Les traceurs de cas contacts ont également recours aux valeurs Ct pour concentrer leurs efforts sur les patients dont la charge génomique virale est élevée, puisque cela indique un fort risque de transmission (**Anonyme, 9**).

II .2. Désinfection de Coronavirus dans les eaux usées :

Quelle serait l'efficacité des techniques de traitement actuelles ? Les experts pensent que la plupart des routines de traitement de l'eau tuent ou éliminent efficacement les coronavirus dans les eaux potables et usées. Parmi ces techniques, l'oxydation avec de l'acide hypochloreux ou l'inactivation par irradiation ultraviolette, ainsi que par chlore, connues pour éliminer les coronavirus.

II.2.1.La technique membranaire :

Définition de la Technique membranaire :

Le traitement de l'eau par membrane, ou ultrafiltration, ou nano filtration, est un procédé de purification de l'eau qui utilise des membranes microporeuses dont la propriété est de ne laisser filtrer que les particules dont la dimension est inférieure à la taille des pores de la membrane. Il s'agit d'une technique mécanique, qui ne nécessite aucun réactif chimique. Le filtrage de l'eau par membrane est principalement appliqué au traitement de l'eau potable. L'ultrafiltration, ou la nano filtration (dans ce cas les pores des membranes sont encore plus petits, proches de 0.001 micromètres) permet de retenir des éléments comme les bactéries, les molécules organiques, les algues, les pollens ou les germes. C'est un procédé de désinfection de l'eau qui peut être intégré à une dépollution plus étendue, ou utilisé seul.(Anonyme,10).

La technologie membranaire a été largement utilisée comme méthode de désinfection de l'eau potable (Bodzek et al., 2019; L'enes et al.,2010). Dans cette méthode, la taille des virus joue un rôle important pour sélectionner les types de membranes appropriés. Chaque virion (particule) de coronavirus (c'est-à-dire SARS-CoV-1 et MERS-CoV liés aux Coronaviridae famille dans l'ordre des Nidovirales) variait de 80 nm à 220 nm endiamètre (Burrell et al., 2017 ; L'enes et al., 2010). Récemment, Zhu et al.(2019) ont rapporté que le diamètre du virion SARS-CoV-2 variait de 60nm à 140 nm (Race et al., 2020), ce qui est similaire à celui du SARS-CoV-1de 80 à 140 nm (Ksiazek et al., 2003). Une comparaison des micro-organismestailles avec les tailles de pores des membranes est illustrée dans la Figure 9. Selon le diamètre de chaque virion SARS-CoV-2 et membranes, il est fortement recommandé que l'ultrafiltration (UF), les membranes de nano-filtration (NF) sont appropriées pour inactiver (ou rejeter) les coronavirus dansEau contaminée par le SRAS-CoV-2 (Hai et al. 2018 ; L'enes et al., 2010 ; Zhu et al., 2020).

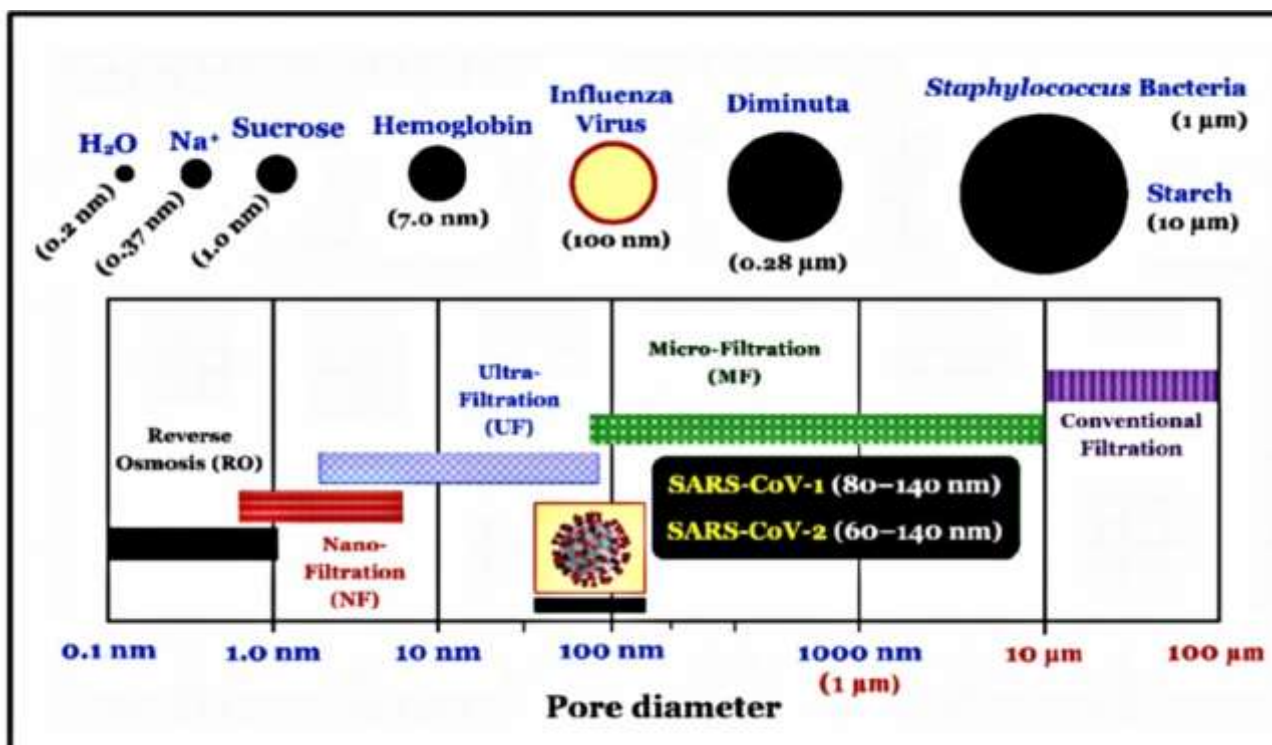


Figure. 7: Comparaison des tailles de micro-organismes, y compris les coronavirus SARS-CoV-1 (Ksiazek et al. 2003) et SARS-CoV-2 (Zhu et al. 2020) avec les diamètres de la taille des pores de membranes. Figure adaptée de Hai et al. (2018).

1.2.2. Définition de la Technique d'hypochlorite de sodium :

L'hypochlorite de sodium (NaOCl) est un composé qui peut être utilisé efficacement dans le cadre de la purification de l'eau. Il est utilisé pour de nombreuses applications telles que la purification de surface, le blanchiment, l'élimination d'odeurs et la désinfection de l'eau. (Anonyme, 11).

Le surdosage de l'hypochlorite de sodium pour la désinfection de COVID19 :

L'utilisation le surdosage de l'hypochlorite de sodium d'une valeur de 6700 g/m³ a bien désinfecté l'eau contaminée par covi19 du sorte que L'ARN viral du SRAS-CoV-2 n'a pas été détecté dans le surdosage de sodium hypochlorite utilisé. (Hai Nguyen Tran et al ,2021).

I.2.3. Technique de chloration et ultraviolet pour la désinfection de coronavirus :

La figure 8 représente l'efficacité de désinfection de divers agents pathogènes micro-organismes dans l'eau par désinfectant chimique (chloration) et désinfectant non chimique (lumière UV). De toute évidence, les virus non enveloppés (ex., poliovirus, Coxsackievirus et Rotavirus...) peuvent être inactivés par les deux méthodes. En particulier, les virus non enveloppés peuvent être inactivés à une dose de chlore (C_t) inférieure à 15 $\text{mg} \times \text{min}/\text{L}$. Par conséquent, il est prévu que le virus SARS-CoV-2 enveloppé sera effectivement inactivé par chloration même à une dose de chlore C_t inférieure de 15 $\text{mg} \times \text{min}/\text{L}$ (EPA, 2011 ; HPSC, 2020).

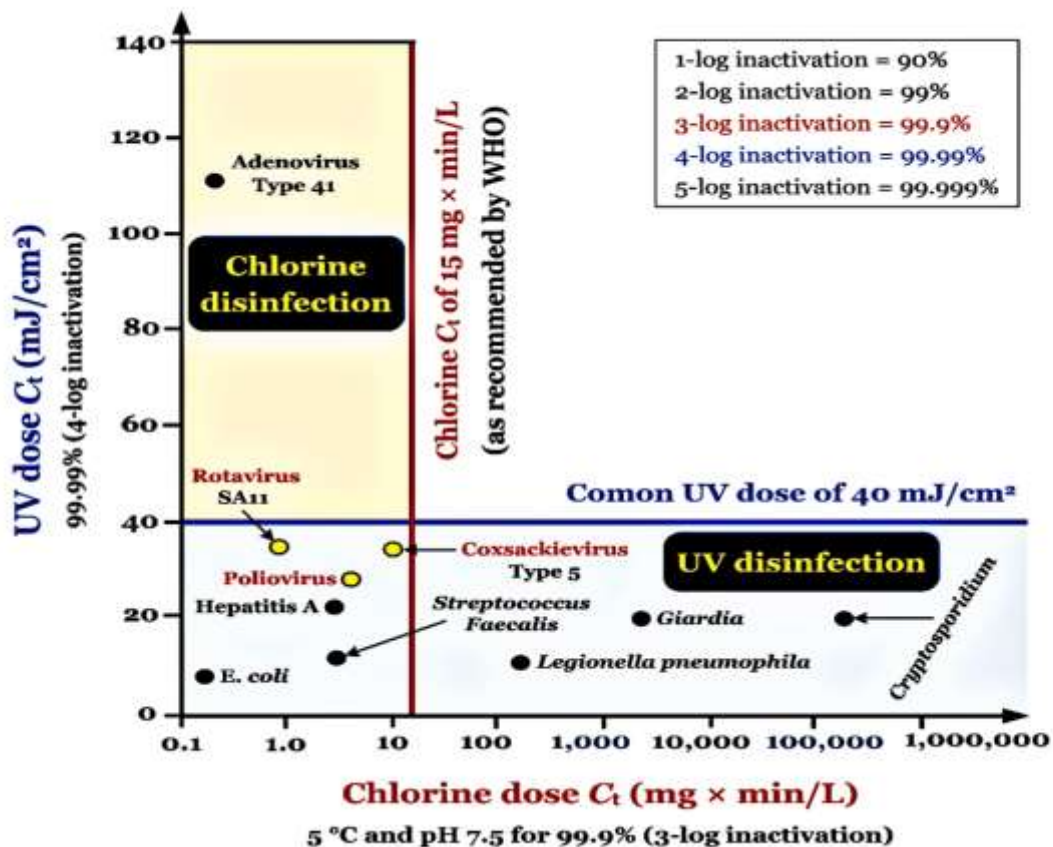


Figure 8 : Utilisation synergique des systèmes de désinfection courants : UV (ultraviolet) lumière et chloration. La figure a été adaptée de l'EPA, 2011 avec quelques modifications.

III.1. La pandémie de la COVID-19 :

Le 31 décembre 2019, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a été informée qu'une "pneumonie inexplicée" avait éclaté à Wuhan, la septième plus grande ville de Chine avec une population de 11 millions d'habitants. Le premier lot de personnes infectées se trouvait dans un marché de fruits de mer à Wuhan. Le marché serait fermé à compter du 1er janvier 2020. Le virus est désormais présent dans plus de 190 pays/régions sur cinq continents. (Anonyme, 12).

Au 23 janvier 2020, un total de 581 cas confirmés ont été confirmés. Ils sont tous situés en Asie ou aux États-Unis. Les autorités chinoises ont émis des restrictions de voyage à Wuhan, y compris l'annulation de vols, de trains et la suspension de bus, de métros et de ferries.

Le 15 février 2020, un rapport de l'OMS a signalé que la Chine comptait plus de 50 000 cas de COVID-19 signalés. Quelques jours après le premier décès survenu hors de Chine, plus de 500 cas d'infection ont été signalés à l'étranger. (Anonyme, 12).

Le 11 mars 2020, l'OMS a signalé plus de 121 000 cas et a officiellement annoncé que l'épidémie de COVID-19 est désormais considérée comme une pandémie mondiale.

Depuis le 16 mars 2020 le nombre de cas cumulés dans le reste du monde est devenu supérieur à celui de la Chine. Le plus grand nombre de cas et de décès sont observés dans la (figure 9) ci-dessous, au 6 juillet 2021, 184 596 915 cas de COVID-19 ont été confirmés et plus de 3 992 400. (Anonyme, 12).



Figure 9: Poids de la pandémie de Covid-19 déclarés selon les régions OMS le 5 avril 2020 [Sources des données : OMS, Santé Publique France, Italie, Corée du Sud, Taïwan, CDC, Université John Hopkins]. (Anonyme, 13).

Chapitre III: résultats et discussions

III.2. Les pays les plus durement touchés par la pandémie au 07 juillet 2021 :

Pays	Morts	Rétablis	Cas confirmés
 États-Unis	606 218	6 298 082	33 770 444
 Inde	405 028	29 843 825	30 709 557
 Brésil	528 540	16 763 522	18 909 037
 France	111 448	406 740	5 856 682
 Russie	137 718	5 062 325	5 614 540
 Royaume-Uni	128 565	15 870	5 007 964
 Argentine	97 439	4 206 478	4 593 763
 Colombie	110 578	4 142 384	4 426 811
 Italie	127 718	4 096 156	4 265 714
 Espagne	80 969	150 376	3 897 996
 Allemagne	91 148	3 630 340	3 740 567
 Iran	85 261	2 967 821	3 304 135
 Algérie	3 786	99 510	143 032
 Lettonie	2 534	134 478	137 747
 Kirghizistan	2 063	114 756	134 501
 Norvège	796	17 998	132 574
 Chine	4 848	98 579	103 966
 Monténégro	1 619	98 464	100 392
 Namibie	1 742	75 272	99 808
 Finlande	976	46 000	97 049
 Ghana	797	94 153	96 708

Figure 10 : Les pays les plus durement touchés par l'épidémie au 07 juillet 2021. (Anonyme, 14).

III. 3. Les statistiques de Covid 19 dans L'Asie (la chine ; la source de l'épidémie) :

La Chine est le pays sur le continent asiatique qui a connu la plus grande épidémie de COVID-19 : 103 948 personnes y ont contracté le virus et 4 848 en sont décédées. Jusqu'à maintenant, 98 549 malades se sont rétablis de la maladie.(Anonyme,15).

Afin de juguler l'épidémie, le gouvernement chinois a mis en quarantaine plus de 50 millions de personnes au cours des mois de janvier et de février. Après deux mois, les activités économiques ont tranquillement repris à travers le pays, à l'exception de la province de Hubei, Le foyer de l'épidémie (plus de 68 187 cas confirmés).(Anonyme,15).

La compagnie aérienne Air Canada a annoncé le 25 février 2020 qu'elle prolongeait la suspension de tous ses vols vers Pékin et Shanghai. Selon le site web d'Air Canada, les vols internationaux en direction de la Chine reprendront à partir du 31 mai 2020. Cette suspension, en vigueur depuis le mois de février, fait suite à la recommandation du gouvernement du Canada, à la fin de janvier, d'éviter tous les voyages non essentiels en Chine. (Anonyme, 15).

La première apparition de symptômes à l'extérieur de la Chine a eu lieu en Thaïlande le 13 janvier 2020 dernier, soit moins de deux semaines après le début de l'épidémie. C'est une voyageuse chinoise qui a transporté le virus. Le pays de l'Asie de l'Est a toutefois bien contenu la maladie. En date du 07 juillet 2021, 301 172 personnes y avaient été contaminées par la COVID-19. 2 387 décès y a été rapporté. Les pays les plus durement touchés par l'épidémie, en dehors de la Chine, sont les États-Unis, l'Italie et l'Espagne.(Anonyme,15).

III.3.1.Statistique de covid19 dans l'Asie (Deuxième plus important foyer de l'épidémie) :

Après la Chine, la Corée du Sud est le pays le plus touché par la COVID-19 sur le continent asiatique. Près de 164 028 cas ont été confirmés et 2 034 décès causés par le virus ont été signalés.(Anonyme,15).

Selon les autorités sud-coréennes, une femme de nationalité chinoise résidant à Wuhan aurait importé le virus en Corée du Sud le 19 janvier 2020.

Le nombre de personnes atteintes de la COVID-19 s'est multiplié au cours des dernières semaines en Corée du Sud. Toujours selon les autorités nationales, la propagation proviendrait de membres de l'Église Shincheonji de Jésus. La majorité des 334 nouveaux cas déclarés le 27 février 2020 seraient des membres de la secte religieuse. Le 26 février 2020, le gouvernement a commencé le contrôle des plus de 200 000 fidèles de Shincheonji afin de

limiter la propagation de l'épidémie. Néanmoins, la Corée du Sud a été le principal foyer de l'épidémie en Asie après la diminution de la propagation en Chine. **(Anonyme,15).**

III.3.2. Les statistiques de covid19 dans l'Europe :

III.3.2.1. les statistiques de covid19 en Italie :

Le 24 janvier 2020, l'Europe identifie trois premiers cas. Il s'agit de trois Français ayant séjourné à Wuhan. C'est également en France qu'est survenu le premier décès hors-Asie, le 15 février 2020. Depuis, le virus s'est propagé dans une majorité des pays du continent européen.

Après la première contamination en sol italien le 31 janvier 2020, qui a été causée par deux touristes chinois qui étaient contagieux mais l'ignoraient, le pays européen a recensé 4 265 714 cas, dont 127 718 morts. C'est le pays européen qui recense le plus de cas et le plus de décès, surpassant même les chiffres de la Chine.

Le premier ministre italien, Giuseppe Conte a annoncé la mise en quarantaine de l'ensemble du pays à compter du 10 mars jusqu'au 3 avril. Cette mesure inclut la fermeture des écoles, des universités et interdit les rassemblements culturels ou sportifs. **(Anonyme, 15).**

Le gouvernement italien avait annoncé plus tôt la fermeture des écoles jusqu'au 15 mars, afin de prévenir l'épidémie, mais a décidé de prolonger sa mesure jusqu'au 3 avril.

Une quarantaine qui n'affectait initialement que le nord de l'Italie, a été étendue sur tout son territoire après que le nombre de cas ait bondi au début du mois de mars. Elle est maintenue au moins jusqu'au 3 avril. **(Anonyme, 15).**

La figure 11 exprime les statistiques de covid19 dans l'Italie depuis le début de la pandémie jusqu'à juin 2021 :

Chapitre III: résultats et discussions

Europe du sud	Italie (60,5 M hab)					
	cas COVID confirmés			décès		
	cas par jour	/ million habitant jour	total	décès par jour	/ million habitant jour	total
févr. 2020	39	1	1 128	1	0,0	29
mars 2020	3 376	56	105 776	401	6,6	12 466
avr. 2020	3 322	55	205 449	519	8,6	28 036
mai 2020	889	15	233 000	177	2,9	33 508
juin 2020	253	4	240 599	47	0,8	34 921
juil. 2020	224	4	247 537	12	0,2	35 295
août 2020	699	12	269 217	6	0,1	35 483
sept. 2020	1 521	25	314 861	14	0,2	35 894
oct. 2020	11 760	194	679 428	88	1,5	38 618
nov. 2020	30 733	508	1 601 430	565	9,3	55 576
déc. 2020	16 314	269	2 107 165	599	9,9	74 159
janv. 2021	14 383	238	2 553 032	463	7,6	88 516
févr. 2021	13 294	220	2 925 257	328	5,4	97 699
mars 2021	21 232	351	3 583 434	376	6,2	109 346
avr. 2021	14 641	242	4 022 652	382	6,3	120 807
mai 2021	6 296	104	4 217 821	172	2,8	126 128
juin 2021	1 432	24	4 260 788	49	0,8	127 587

Source Italie : Protezione Civile

Figure 11 : Statistiques de covid 19 en Italie au début de la pandémie jusqu'à juin 2021. (Anonyme, 16).

Chapitre III: résultats et discussions

III.3.2.2. Les statistiques de covid19 dans l'Allemagne :

Le premier cas de COVID-19 en Allemagne a été décelé le 27 janvier 2020. Il s'agissait d'un employé d'une compagnie d'équipements automobiles qui a été en contact avec une collègue venue de la Chine pour une formation. C'était le premier cas de transmission locale en Europe. (Anonyme, 15).

Depuis, plus de 3 740 567 cas ont été déclarés et 91 148 morts ont été rapportés. L'Allemagne est l'un des pays qui a le taux de mortalité le plus bas en comparaison avec son taux de contamination.

Afin de contrôler l'épidémie, le pays a fermé ses frontières avec la France, la Suisse et l'Autriche le 16 mars 2020 dernier. Les voyages non-essentiels sont également interdits en Allemagne, comme dans l'ensemble de l'Union européenne, jusqu'à la mi-avril. (Anonyme, 15).

La Figure 12 exprime les statistiques de covid19 dans l'Allemagne au début de la pandémie jusqu'au juin 2021.

Europe centrale	Allemagne (83,2 M hab)					
	cas COVID confirmés			décès		
	cas par jour	/ million habitant jour	total	décès par jour	/ million habitant jour	total
févr. 2020	3	0	79	0	0,0	0
mars 2020	2 314	28	71 808	25	0,3	775
avr. 2020	3 040	37	163 009	195	2,3	6 623
mai 2020	661	8	183 494	64	0,8	8 605
juin 2020	411	5	195 832	15	0,2	9 052
juil. 2020	478	6	210 665	6	0,1	9 224
août 2020	1 101	13	244 792	5	0,1	9 371
sept. 2020	1 604	19	292 911	7	0,1	9 571
oct. 2020	7 706	93	531 790	33	0,4	10 583
nov. 2020	17 932	216	1 069 763	209	2,5	16 862
déc. 2020	21 799	262	1 745 518	559	6,7	34 194
janv. 2021	15 489	186	2 225 686	761	9,1	57 777
févr. 2021	8 024	96	2 450 362	461	5,5	70 687
mars 2021	12 257	147	2 830 335	205	2,5	77 039
avr. 2021	18 730	225	3 392 232	217	2,6	83 542
mai 2021	9 603	115	3 689 918	181	2,2	89 148
juin 2021	1 567	19	3 736 940	79	1,0	91 530

Source Allemagne : Tagesspiegel

Figure 12 : les statistique de covid19 dans l'Allemagne au début de la pandémie jusqu'à juin 2021. (Anonyme, 16)

Chapitre III: résultats et discussions

III.3.2.3. Les statistiques de covid 19 en France :

La France compte plus de 5 856 682 cas confirmés de COVID-19, dont 111 448 décès. 108 établissements de santé sont en mesure de recevoir des patients atteints de la COVID-19. Cela représente au moins un établissement par département français.

La France a assigné à résidence tous ses citoyens pour une durée minimale de 15 jours le 17 mars 2020 dernier.

La Figure 13 exprime les statistiques de covid19 dans la début de pandémie jusqu'à juin 2021.

Europe centrale	France (67,8 M hab)					
	cas COVID confirmés			décès		
	cas par jour	/ million habitant jour	total	décès par jour	/ million habitant jour	total
févr. 2020	3	0	94	0	0,0	2
mars 2020	1 525	22	47 380	114	1,7	3 522
avr. 2020	2 446	36	120 753	694	10,2	24 352
mai 2020	666	10	141 413	143	2,1	28 777
juin 2020	442	7	154 658	35	0,5	29 818
juil. 2020	700	10	176 351	14	0,2	30 265
août 2020	2 819	42	263 728	12	0,2	30 635
sept. 2020	8 837	130	528 847	44	0,6	31 956
oct. 2020	24 342	359	1 283 438	156	2,3	36 788
nov. 2020	26 741	394	2 085 676	542	8,0	53 040
déc. 2020	12 046	178	2 459 116	379	5,6	64 780
janv. 2021	17 458	258	3 000 306	369	5,4	76 217
févr. 2021	18 730	276	3 524 756	367	5,4	86 486
mars 2021	26 896	397	4 358 521	296	4,4	95 662
avr. 2021	30 414	449	5 270 938	295	4,4	104 514
mai 2021	12 787	189	5 667 324	162	2,4	109 533
juin 2021	3 688	54	5 777 965	53	0,8	111 111

Source: Santé Publique France

Figure 13: les statistiques de covid19 dans la début de pandémie jusqu'à juin 2021.

(Anonyme, 16)

Chapitre III: résultats et discussions

III.3.2.4. Les statistiques de covid19 dans l'Espagne :

L'Espagne recense 3 897 996 cas d'infection au coronavirus et 80 969 décès. Tout juste derrière l'Italie, l'Espagne est le pays européen qui compte le plus de personnes infectées et le plus de décès causés par la COVID-19. (Anonyme, 15).

Le 25 février 2020, tous les cas recensés en Espagne avaient un lien épidémiologique avec les zones infectées en Italie.

Le 14 mars 2020 dernier, le gouvernement espagnol a déclaré l'état d'urgence national et a confiné tous ses citoyens à leur domicile pour 15 jours, comme l'avait fait l'Italie plus tôt dans la semaine. (Anonyme, 15).

La Figure 14 exprime les statistiques de covid19 dans l'Espagne au début de la pandémie jusqu'à juin 2020.

Espagne (47,1 M hab)						
Europe du sud	cas COVID confirmés			décès		
	cas par jour	/ million habitant jour	total	décès par jour	/ million habitant jour	total
févr. 2020	77	2	2 235	0	0,0	0
févr. 2020	5 391	114	169 349	283	6,0	8 772
févr. 2020	2 272	48	237 515	556	11,8	25 437
mars 2020	481	10	252 436	117	2,5	29 050
avr. 2020	346	7	262 814	11	0,2	29 385
mai 2020	1 779	38	317 951	3	0,1	29 476
juin 2020	6 736	143	526 754	22	0,5	30 148
juil. 2020	10 511	223	842 080	93	2,0	32 942
août 2020	15 941	338	1 336 245	141	3,0	37 311
sept. 2020	12 764	271	1 719 158	259	5,5	45 069
oct. 2020	9 769	207	2 021 999	186	4,0	50 837
nov. 2020	25 362	538	2 808 212	258	5,5	58 827
déc. 2020	13 929	296	3 198 223	380	8,1	69 454
janv. 2021	2 778	59	3 284 353	194	4,1	75 459
févr. 2021	7 991	170	3 524 077	92	2,0	78 216
avr. 2021	4 978	106	3 678 390	56	1,2	79 953
mai 2021	4 764	101	3 821 305	31	0,7	80 883
juin 2021						

source Espagne : Ministerio de Sanidad

Figure 14 : les statistiques de covid19 dans l'Espagne au début de la pandémie jusqu'à juin 2020. (Anonyme, 16).

Chapitre III: résultats et discussions

III.3.3. Les statistiques de Covid-19 dans l'Amérique :

Le premier cas identifié en Amérique du Nord remonte au 22 janvier 2020, aux États-Unis. Depuis, la propagation s'est accélérée. (Anonyme, 15).

III.3.3.1. La Première point de la pandémie Les Etats-Unis

Jusqu'à maintenant, 33 770 444 personnes ont contracté le virus aux États-Unis et 606 218 personnes en sont décédées.

Le président Donald Trump a déclaré l'état d'urgence le 13 mars 2020 dernier, après avoir minimisé les conséquences du coronavirus pendant des semaines.

En date du 30 mars 2020, la ville de New York rassemblait environ 40% de l'ensemble des cas des États-Unis. Face à l'importante propagation sur son territoire, l'État de New York a fermé l'ensemble de ses établissements scolaires le 15 mars 2020 dernier et a décrété l'arrêt de toutes activités non-essentiels le 21 mars dernier. (Anonyme, 15).

Figure 15 exprimé les statistiques de covid 19 dans les Etats-Unis au début de la pandémie jusqu'à juin 2021

États-Unis (328 M hab)						
	cas COVID confirmés			décès		
	cas par jour	/ million habitant jour	total	décès par jour	/ million habitant jour	total
févr. 2020						
mars 2020						
avr. 2020						
mai 2020	2	0	68	0	0,0	1
juin 2020	6 430	20	199 394	168	0,5	5 210
juil. 2020	30 634	93	1 118 411	2 001	6,1	65 234
août 2020	24 489	75	1 877 584	1 415	4,3	109 099
sept. 2020	29 544	90	2 763 890	711	2,2	130 442
oct. 2020	65 220	199	4 785 717	869	2,6	157 386
nov. 2020	49 268	150	6 313 015	991	3,0	188 113
déc. 2020	40 809	124	7 537 275	799	2,4	212 082
janv. 2021	62 981	192	9 489 687	785	2,4	236 415
févr. 2021	150 533	459	14 005 671	1 263	3,8	274 294
mars 2021	209 901	639	20 512 612	2 584	7,9	354 392
avr. 2021	202 365	617	26 785 921	3 159	9,6	452 309
mai 2021	88 305	269	29 258 453	2 624	8,0	525 777
juin 2021	61 545	187	31 166 344	1 274	3,9	565 256
juil. 2021	64 588	197	33 103 975	826	2,5	590 043
août 2021	32 705	100	34 117 830	638	1,9	609 836
sept. 2021	14 786	45	34 561 403	360	1,1	620 645

Source États-Unis : Centers for Disease Control

Figure 15: les statistique de covid19 dans les États-Unis au début de la pandémie jusqu'à juin 2021. (Anonyme, 16).

Chapitre III: résultats et discussions

III.3.3.2. Canada pays en état d'urgence :

Le premier cas de COVID-19 au pays a été détecté le 25 janvier 2020. Le nombre de personnes infectées par le virus s'élève maintenant à 1 426 122, dont 375 365 au Québec.

Un octogénaire de Colombie-Britannique a été le premier Canadien à succomber à la maladie le 9 mars 2020. Depuis, 26 356 Canadiens en sont décédés. **(Anonyme, 15).**

Afin de juguler l'épidémie, le Canada a fermé ses frontières à tous les voyageurs étrangers le 17 mars 2020 dernier. Le gouvernement Trudeau a également annoncé que toutes les personnes qui présentent des symptômes ressemblant à ceux de la COVID-19 seront bannis des vols et des trains interprovinciaux. **(Anonyme, 15).**

Les provinces les plus touchées par l'épidémie sont le Québec (375 365), l'Ontario (553 876), la Colombie-Britannique (147 856) et l'Alberta (232 336).

12 des 13 provinces et territoires du Canada ont déclaré l'état d'urgence sanitaire. Seul Terre-Neuve-et-Labrador n'en a pas encore fait l'annonce. La province compte pour le moment 1 400 cas. **(Anonyme, 15).**

Figure 16 exprime les statistiques de covid19 dans Canada au début de la pandémie jusqu'à juin 2021.

Canada (38,0 M)						
	cas COVID confirmés			décès		
	cas par jour	/ million habitant jour	total	décès par jour	/ million habitant jour	total
févr. 2020	1	0	20	0	0,0	0
mars 2020	277	7	8 612	3	0,1	101
avr. 2020	1 487	39	53 236	103	2,7	3 184
mai 2020	1 216	32	90 947	133	3,5	7 295
juin 2020	442	12	104 204	43	1,1	8 591
juil. 2020	391	10	116 312	11	0,3	8 935
août 2020	408	11	128 948	6	0,2	9 126
sept. 2020	994	26	158 758	6	0,1	9 297
oct. 2020	2 444	64	234 511	27	0,7	10 136
nov. 2020	4 788	126	378 139	66	1,7	12 130
déc. 2020	6 557	173	581 395	112	3,0	15 606
janv. 2021	6 373	168	778 972	143	3,8	20 032
févr. 2021	3 126	82	866 503	70	1,8	21 994
mars 2021	3 729	98	982 116	31	0,8	22 959
avr. 2021	7 910	208	1 219 425	42	1,1	24 219
mai 2021	5 231	138	1 381 582	43	1,1	25 547
juin 2021	1 124	30	1 415 310	25	0,7	26 295

Source Canada : Gouvernement du Canada

Figure 16 : les statistiques de covid19 dans Canada au début de la pandémie jusqu'à juin 2021. **(Anonyme, 16).**

Chapitre III: résultats et discussions

III.3.3.3. Statistiques de covid-19 au Brésil :

Au 28 juin 2021, plus de 18,4 millions de cas cumulés de COVID-19 avaient été enregistrés au Brésil. Cette maladie causée par le virus SARS-CoV-2 a été enregistrée pour la première fois sur le territoire brésilien le 26 février 2020. De même, le premier décès enregistré a été signalé le 18 mars 2020. Environ un an et trois mois plus tard, le nombre des personnes décédées de cette maladie ont atteint 513 400. (Anonyme, 17).

Brésil : parmi les États les plus touchés par le coronavirus 2021 :

Selon les données du 27 juin 2021, la majorité des cas de COVID-19 au Brésil ont été enregistrés à São Paulo. Cet état a confirmé un total de 3 696 093 cas du nouveau type de coronavirus. Le Minas Gerais a pour sa part présenté un total de 1 786 654 cas confirmés. Les autres États brésiliens les plus touchés sont le Paraná, le Rio Grande do Sul et Bahia. (Anonyme, 15).

La Figure 17 exprime les statistiques de covid19 en Brésil au début de la pandémie jusqu'au juin 2021

Brésil (210 M hab)						
	cas COVID confirmés			décès		
	cas par jour	/ million habitant jour	total	décès par jour	/ million habitant jour	total
févr. 2020	0	0	2	0	0,0	1
mars 2020	184	1	5 717	6	0,0	20
avr. 2020	2 655	13	85 380	190	0,9	5 900
mai 2020	13 854	66	514 849	755	3,6	29 310
juin 2020	29 788	142	1 408 485	1 011	4,8	59 650
juil. 2020	40 575	193	2 666 298	1 062	5,1	92 560
août 2020	40 148	191	3 910 901	934	4,4	121 510
sept. 2020	30 090	143	4 813 586	748	3,6	143 960
oct. 2020	23 291	111	5 535 605	514	2,4	159 900
nov. 2020	26 689	127	6 336 278	442	2,1	173 160
déc. 2020	43 216	206	7 675 973	704	3,3	194 970
janv. 2021	49 315	235	9 204 731	953	4,5	224 530
févr. 2021	48 090	229	10 551 259	1 089	5,2	255 010
mars 2021	71 032	338	12 753 258	2 157	10,3	321 880
avr. 2021	63 757	303	14 665 962	2 747	13,1	404 280
mai 2021	60 700	289	16 547 674	1 893	9,0	462 960
juin 2021	69 154	329	18 622 304	1 907	9,1	520 180

Source Brésil : Ministério da Saúde

Figure 17 : les statistiques de covid19 en Brésil au début de la pandémie jusqu'au juin 2021 (Anonyme, 16)

III.3.4. Statistiques de covid-19 dans l'Afrique (l'Algérie):

L'Algérie Le pays recense en moyenne 486 nouvelles contaminations chaque jour, 46% du pic des infections — le nombre moyen le plus élevé de cas de contamination quotidiens a été reporté le 26 novembre. Il y a eu 143 032 cas de contamination et 3 786 décès liés au coronavirus recensés dans le pays depuis le début de l'épidémie. (Anonyme, 18).

III.3.4.1. Des statistiques prise par l'organisation mondiale de la santé :

Algérie : 481 nouveaux cas signalés, 142 447 cas cumulés (3,39 % de tous les cas de la région).

Taux d'attaque de 331,17 pour 100 000 habitants.

447 cas durent en moyenne sept jours. 26 % de la variation du nombre de cas au cours des sept derniers jours (par rapport aux sept jours précédents).

10 nouveaux décès signalés. 3 775 décès cumulés avec un CFR de 2,65 %. 99 101 cumulés récupérés (69,57 % des cas cumulés). 39 571 cas actifs. (Anonyme, 19).

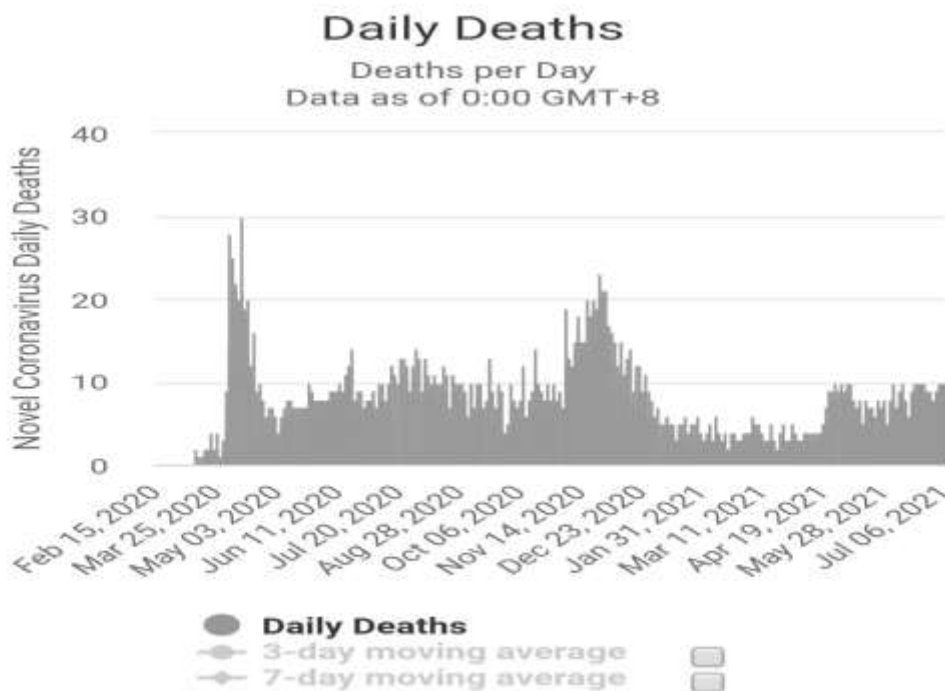


Figure 18 : Nouveaux décès quotidiens en Algérie février 2020/juin2021). (Anonyme, 20) .

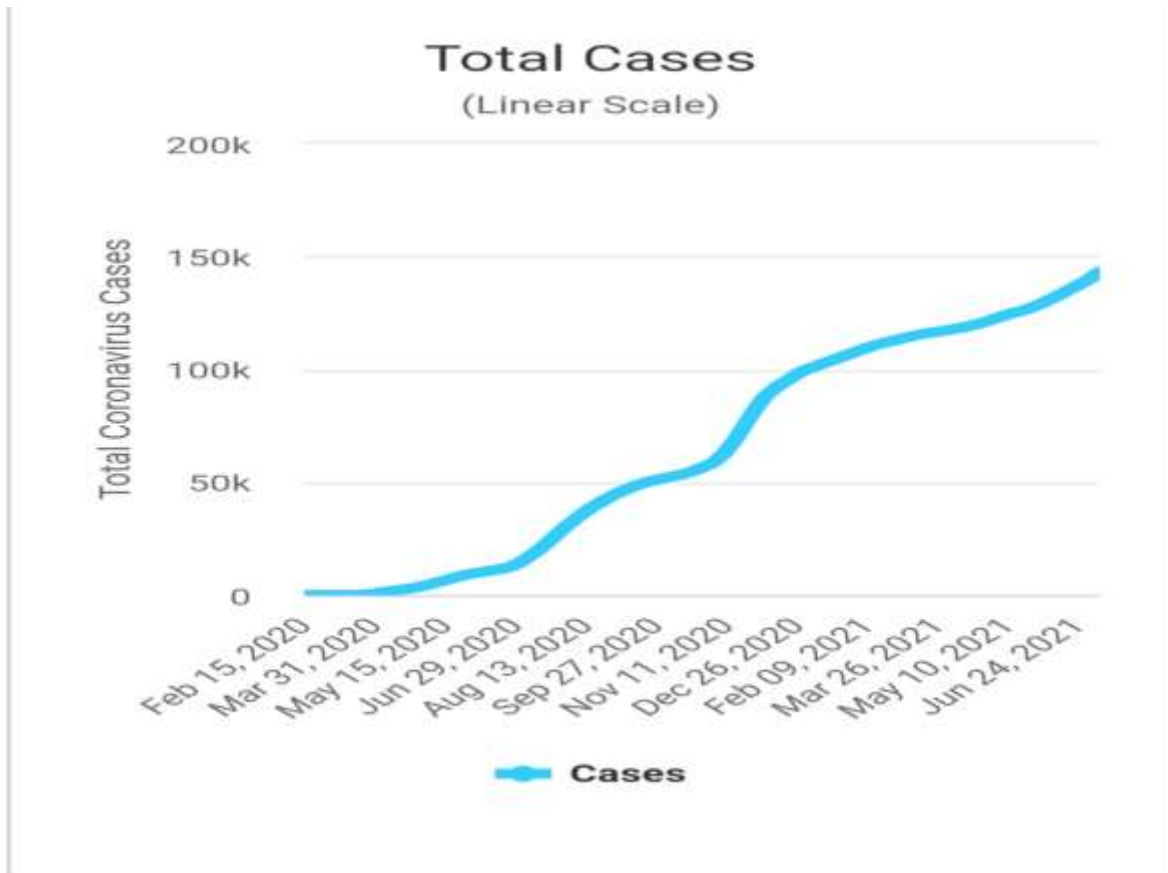


Figure 19 : nombre total de cas de coronavirus février 2020/juin2021. (Anonyme, 20).

VI. Coronavirus dans les eaux usées :

V1.4.1. Coronavirus dans les processus d'eaux usées :

La majorité des études sur la présence de virus dans les eaux usées ont axé sur les virus entériques non enveloppés, comme les adénovirus, la polio virus, entérovirus, norovirus et rotavirus (Ye et al., 2016 ; Fumian et al., 2010 ; Katayama et al., 2008). C'est principalement parce que ceux-ci sont transmis principalement par voie féco-orale (Ye et al.,

2016). Cependant, la présence de virus enveloppés comme les coronavirus dans les eaux usées pourraient différer considérablement en raison de différences dans leur survie et le comportement de partage dans l'eau (Ye et al., 2016 ; Arbely et al., 2006). (**Isaac Dennis Amoahet al.2020**).

Depuis le groupe de cas de SRAS dans un immeuble d'appartements à Hong Kong, attribué à des gouttelettes contenant un coronavirus provenant du système d'assainissement (OMS, 2003), il y a eu un intérêt accru pour la détection de coronavirus dans les eaux usées. Premiers rapports sur l'ARN du SRAS-CoV dans les eaux usées proviennent d'études menées à l'hôpital Xiao Tang Shan et 309th Hospital of PLA, les hôpitaux désignés pour recevoir le SRAS patients à Pékin lors de l'épidémie de 2003 (Wang et al., 2005c). (**Isaac Dennis Amoahet al.2020**).

Une autre raison de l'intérêt accru pour la survenue des coronavirus dans les eaux usées est l'épidémiologie basée sur les eaux usées (WBE). Ce concept vise à utiliser l'analyse des eaux usées/eaux usées non traitées comme alerte précoce système d'épidémie de maladie (Xagorarakis & O'Brien, 2020), puisque viral L'ARN peut être détecté dans les matières fécales, puis dans les eaux usées, des semaines avant le début de la maladie. Quelques études ont rapporté la détection de coronavirus dans les eaux usées/eaux usées non traitées (figure 20). (**Isaac Dennis Amoahet al.2020**).

Virus	Sample	Detection method	Location	Reference
SARS-CoV	sewage	RT-qPCR	China	Wang et al., 2005c
SARS-CoV-2	wastewater	RT-qPCR	USA	Wu et al., 2020a
SARS-CoV-2	sewage	RT-qPCR	Netherlands	Medema et al., 2020
SARS-CoV-2	Wastewater	RT-qPCR	Australia	Ahmed et al., 2020a
SARS-CoV-2	Wastewater (treated and untreated)	RT-qPCR	France	Wurtzer et al., 2020
SARS-CoV-2	wastewater	RT-qPCR	Netherlands	Loöder & de Roda Husman, 2020
SARS-CoV-2	wastewater	RT-qPCR	Spain	Randazzo et al., 2020
SARS-CoV-2	wastewater	RT-qPCR	USA	Nemudryi et al., 2020
SARS-CoV-2	wastewater	RT-qPCR	USA	Green et al., 2020
SARS-CoV-2	wastewater	RT-qPCR	Israel	Or et al., 2020
SARS-CoV-2	primary and secondary wastewater and sludge	RT-qPCR	Spain	Balboa et al., 2020
SARS-CoV-2	Primary sludge	RT-qPCR	USA	Peccia et al., 2020
SARS-CoV-2	wastewater	nested RT-PCR and real-time qPCR	Italy	La Rosa et al., 2020
SARS-CoV-2	wastewater	RT-qPCR	Japan	Haramoto et al., 2020
SARS-CoV-2	wastewater	RT-qPCR	Pakistan	Sharif et al., 2020
SARS-CoV-2	wastewater	RT-qPCR	Japan	Hata, et al., 2020
SARS-CoV-2	wastewater	RT-qPCR	India	Kumar et al., 2020
SARS-CoV-2	Wastewater and rivers	RT-qPCR and whole genome sequencing	Italy	Rimoldi et al., 2020
SARS-CoV-2	Waste Activated sludge	RT-qPCR	Turkey	Kocamemi et al., 2020

Figure 20: Reports of coronaviruses in wastewater or sewage.

V1.4.2. Première surveillance environnementale de la présence d'ARN du SARS-CoV-2 dans les eaux usées et les eaux de rivière au Japon :

L'ARN du SRAS-CoV-2 a été détecté dans les eaux usées en Australie, en Italie, Espagne et Pays-Bas (Ahmed et al., 2020a ; La Rosa et al., 2020b ; Medema et al., 2020; Randazzo et al., 2020). Le premier cas de COVID-19 au Japon a été signalé le 16 janvier 2020, suivi du premier signalement cas dans la préfecture de Yamanashi le 6 mars 2020. **(Eiji Haramoto a.2020).**

Détection de l'ARN du SARS-CoV-2 dans des échantillons d'eaux usées et d'eau de rivière Les échantillons d'eaux usées collectées (n=10) et d'eau de rivière (n=3) ont été traités à la fois avec l'EMV et les méthodes d'extraction d'ARN par adsorption directe et testé pour l'ARN du SARS-CoV-2 à l'aide de six qPCR/niché tests PCR. Comme résumé dans la figure 1 et le tableau 4 ,l'ARN du SRAS-CoV-2 a été détecté dans un (20 %) échantillon d'eaux usées ayant subi un traitement secondaire, qui avait été collecté le 14 avril 2020 et concentré par l'EMV méthode, en utilisant le test N_Sarbeco qPCR. Pendant ce temps, l'ARN du SARS-CoV-2 n'a été détecté dans aucun des échantillons d'influent (n=5) et d'eau de rivière (n = 3) en utilisant six tests qPCR/PCR nichée par l'EMV et les méthodes d'extraction d'ARN par adsorption directe. Le cycle seuil (Ct) des eaux usées traitées secondairement positives **(Eiji Haramoto a.2020).**

l'échantillon était de 39,96, ce qui correspond à $2,4 \times 10^3$ copies/L dans l'échantillon d'eau d'origine. Le nombre cumulé de cas de COVID-19 dans la préfecture de Yamanashi était de

Chapitre 03 : statistique de COVID 19.

36 sur 14 avril 2020, quand un signal positif du secondaire-traité échantillon d'eaux usées a été obtenu (Figure 21). (Eiji Haramoto a.2020).

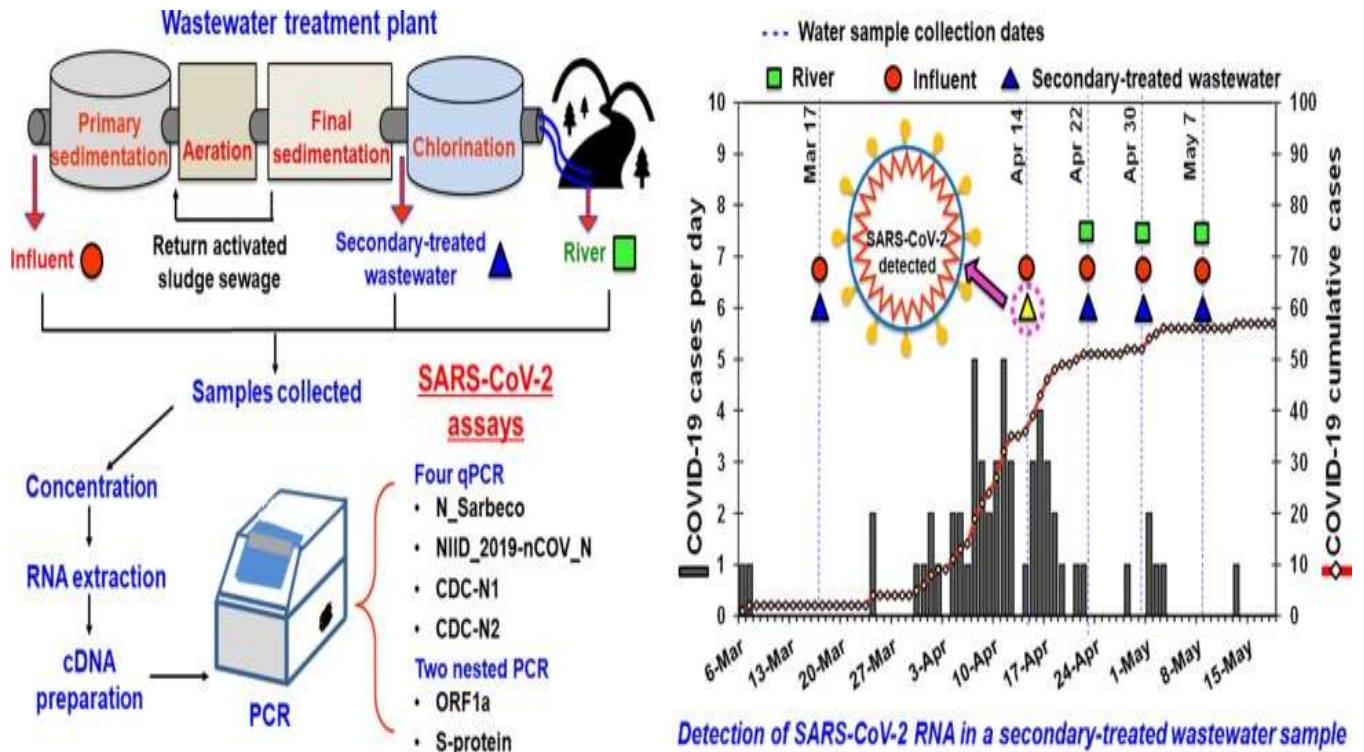


Figure 21: COVID-19 cases and SARS-CoV-2 RNA detection in wastewater and river water in Yamanashi Prefecture, Japan. Squares, circles, and triangles denote sampling dates of river water, influent and secondary-treated wastewater samples, respectively. The closed triangle denotes SARS-CoV-2 RNA detection, grey bars denote new COVID-19 cases on each day, and black thread line with white diamonds denotes COVID-19 cumulative cases in Yamanashi Prefecture.

Discussion :

Sur les dix échantillons d'eaux usées testés, l'ARN du SARS-CoV-2 a été détecté seulement dans 20 % (1/5) des échantillons d'eaux usées ayant subi un traitement secondaire par Dosage N_Sarbeco qPCR suivant la méthode EMV, qui avait été collecté le 14 avril 2020. L'ARN du SARS-CoV-2 a été détecté dans les eaux usées en Australie par essai N_Sarbeco (Ahmed et al., 2020a), en Italie par des tests ciblant les gènes RdRp, ORF1ab et Spike (La Rosa et al., 2020b), aux Pays-Bas par CDC-N1, CDC-N2, CDC-N3 et E_Sarbeco (Medema et al., 2020),

Chapitre 03 : statistique de COVID 19.

et en Espagne par CDC-N1, CDC-N2 et Dosages CDC-N3 (Randazzo et al., 2020). **(Eiji Haramoto a.2020).**

Aucun des échantillons d'eau de rivière n'a été testé positif pour l'ARN du SRAS-CoV-2 à l'aide de six tests qPCR/PCR nichée, suivant l'EMV et les méthodes d'extraction d'ARN par adsorption directe. La raison possible de cela pourrait être une faible prévalence d'infections au COVID-19 dans les pays étudiés Région. **(Eiji Haramoto a.2020).**

Plusieurs études ont démontré l'intérêt de la surveillance environnementale par le suivi des eaux usées pour l'évaluation des virus circulant dans une communauté donnée (épidémiologie des eaux usées, WBE). **(Eiji Haramoto a.2020).**

V1.4.3.Première détection du SARS-CoV-2 dans les eaux usées non traitées en Italie :

Pendant l'urgence de santé publique COVID-19, de nombreux rapports ont décrit la présence d'ARN du SRAS-CoV-2 dans les selles de patients COVID-19, et quelques études ont signalé l'apparition du SRAS-CoV-2 dans les eaux usées dans le monde entier. L'Italie est l'un des pays les plus touchés au monde par la pandémie de COVID-19, mais jusqu'à présent, aucune étude n'a évalué la présence du SRAS-CoV-2 dans les eaux usées italiennes. À cette fin, douze échantillons d'eaux usées, prélevés entre février et avril 2020 dans les usines de traitement des eaux usées de Milan et de Rome, ont été testés en adaptant, pour la concentration, la procédure standard de l'OMS pour la surveillance du poliovirus. L'analyse moléculaire a été entreprise avec trois protocoles imbriqués, y compris un ensemble d'amorces spécifique au SARS-CoV-2 nouvellement conçu. **(Giuseppina ,LaRosaa.2020).**

La détection de l'ARN du SRAS-CoV-2 a été réalisée dans des volumes de 250 ml d'eaux usées collectées dans des zones de circulation épidémique élevée (Milan) et faible (Rome), selon les données cliniques. Dans l'ensemble, 6 échantillons sur 12 étaient positifs. L'un des résultats positifs a été obtenu dans un échantillon d'eaux usées de Milan collecté quelques jours après le premier cas italien notifié de SRAS-CoV-2 autochtone. **(Giuseppina ,LaRosaa.2020).**

L'étude confirme que WBE a le potentiel d'être appliqué au SRAS-CoV-2 en tant qu'outil sensible pour étudier les tendances spatiales et temporelles de la circulation du virus dans la population. **(Giuseppina ,LaRosaa.2020).**

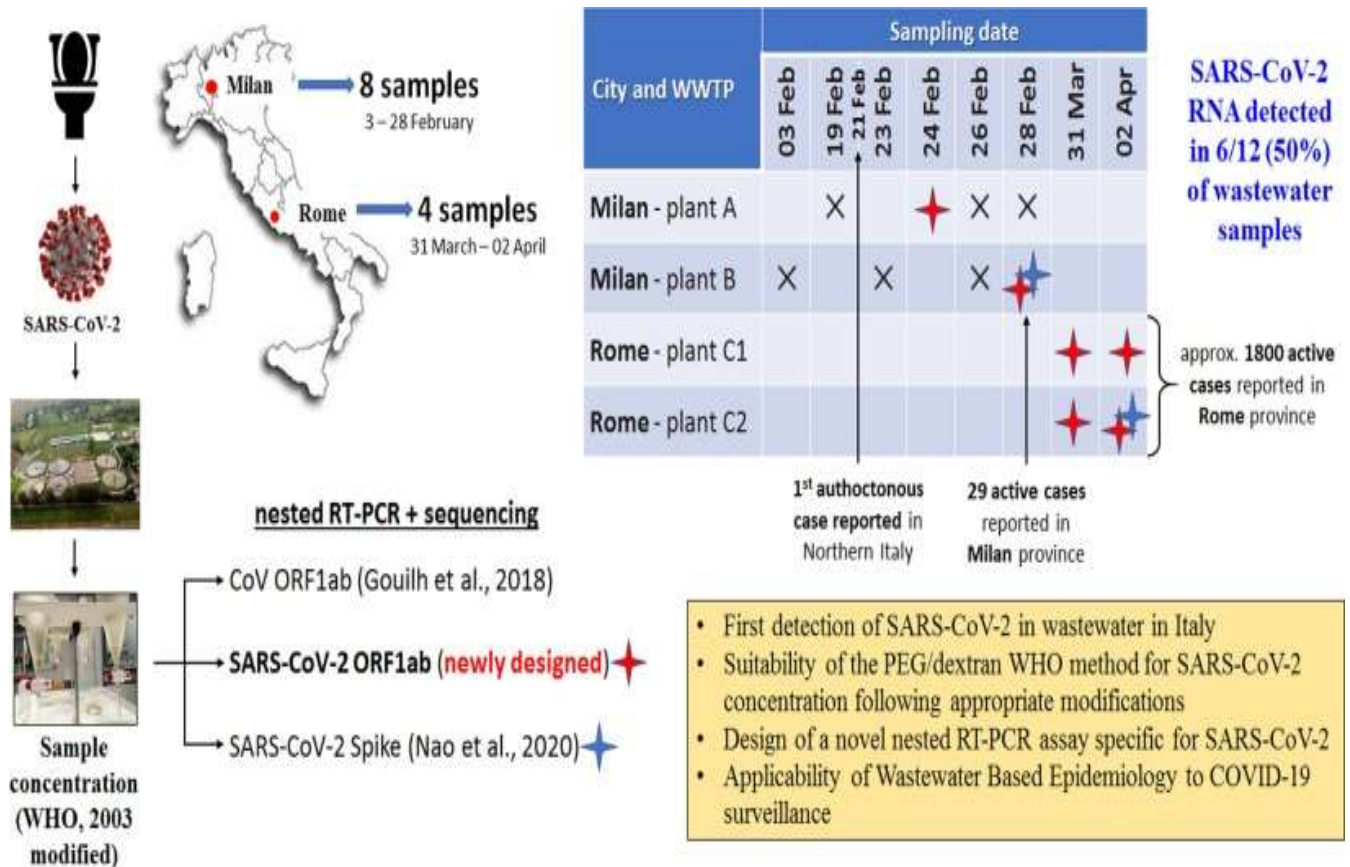


Figure 22 : First detection of SARS-CoV-2 in wastewaters in Italy.

VI.4.4. Première détection de l'ARN du SARS-CoV-2 dans les eaux usées en Amérique du Nord : Une étude en Louisiane, USA :

Le 29 avril 2020, des eaux usées non traitées provenant de La station d'épuration A a été testée positive à l'aide du test CDC N2. Eaux usées non traitées échantillons prélevés le 8 avril 2020 ont été testés positifs avec CDC N1 et dosages N2. Des échantillons positifs ont été trouvés à une moyenne géométrique de $7,5 \times 10^3$ copies/L du test N1 et $3,1 \times 10^3$ et $4,3 \times 10^3$ copies/L du test Dosage N2. Les échantillons d'eaux usées traités par la méthode A ont donné résultats positifs, tandis que tous les échantillons ont été testés négatifs en utilisant la méthode B. Données épidémiologiques sur les cas confirmés de COVID-19 dans chaque paroisse de l'État de Louisiane ont été extraits des faits américains .Lorsque les échantillons ont été testés positifs pour l'ARN du SRAS-CoV-2 dans l'influent (8 avril pour la STEP B et le 29 avril pour la STEP A), le cumul confirmé Les cas de COVID-19 étaient 6173 (le 29 avril) dans la paroisse A où la STEP A est situé et 308 (le 8 avril) dans la paroisse B où se trouve la station d'épuration B (Figure 23). (Samendra P et al .2020).

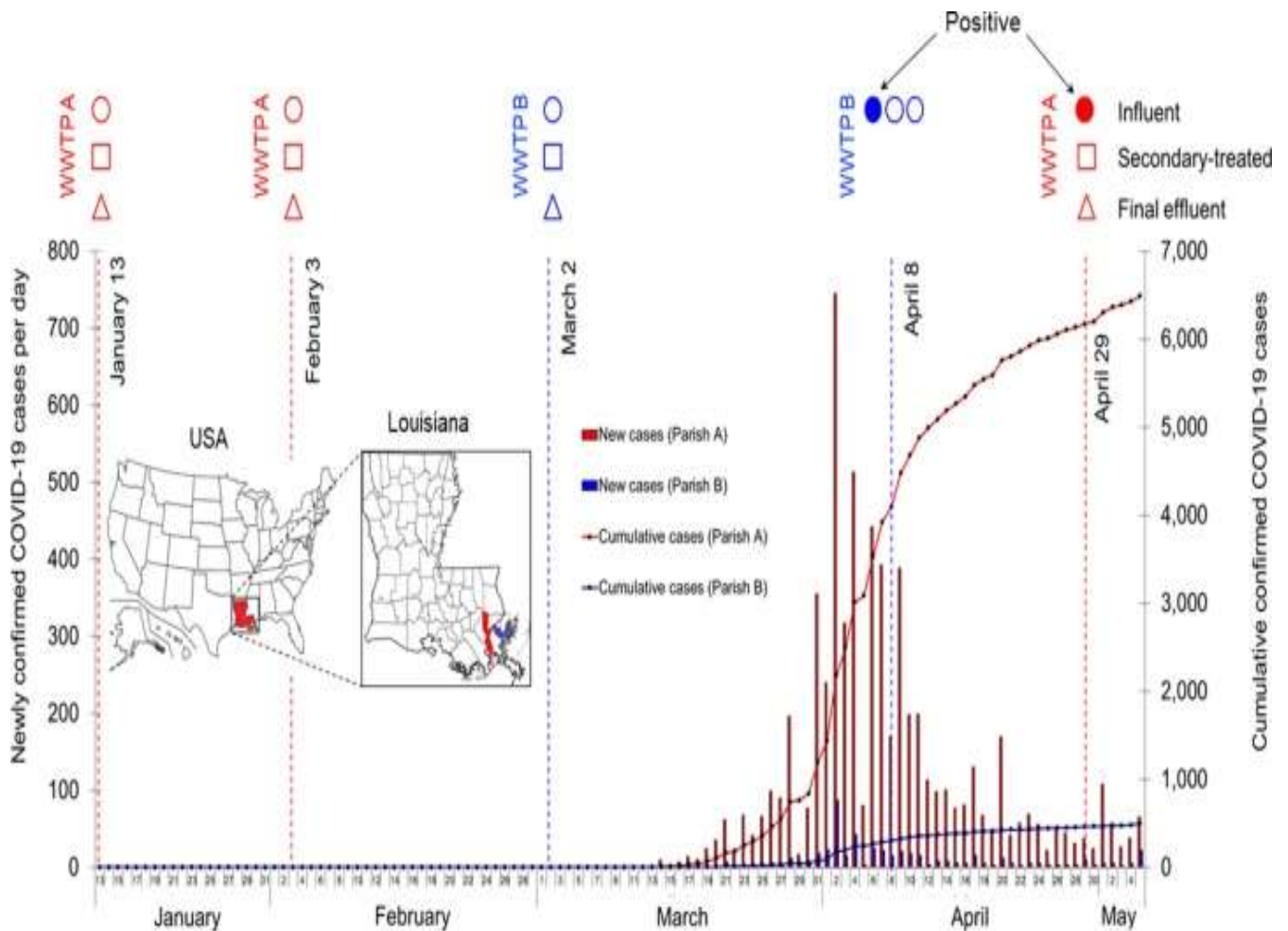


Figure 23 : SARS-CoV-2 RNA detection in wastewater and confirmed COVID-19 cases in southern Louisiana, USA. Circles, squares, and triangles represent sample types, i.e.,influent, secondary-treated, and final effluent, respectively. Red and blue symbols represent samples collected from WWTPs A and B, respectively. Closed and open symbols denote positive and negative SARS-CoV-2 RNA detections, respectively. Bars and line plots denote new and cumulative COVID-19 cases, respectively, inparishes A (red) and B (blue) where respective WWTPs (A and B) are located. Epidemiological data on confirmed COVID-19 cases in each parish in the State of Louisiana were retrieved from the USA facts (<https://usafacts.org/visualizations/coronavirus-covid-19-spread-map/>).

CONCLUSION

Parmi les nombreuses conséquences néfastes de la pandémie de COVID-19, Avec la présence des traces de la COVID-19se retrouvent dans les selles de personnes contaminées. L'idée est donc de se servir des eaux usées pour détecter la présence de la maladie au sein de la population .Le risque de transmission du virus SRAS-CoV-2 par l'eau potable est considéré comme faible (Organisation mondiale de la Santé [OMS], 2020). En effet, selon la revue réalisée par La Rosa et al. (2020), aucun cas de transmission d'origine hydrique de coronavirus n'a été répertorié chez l'humain. Quelques études ont rapporté la présence du matériel génétique (ARN) du SRAS-CoV-2 dans l'eau de rivières possiblement contaminées par des rejets d'eaux usées.

Parmi les techniques de détection de covid19 dans l'eau sont Pad Dispositif à base de papier et la technique de RT_pcr.

Parmi les actions à mener par Les auteurs c'est de conviendrait, de toute urgence,

- de vérifier aujourd'hui que la plupart de ces méthodes sont efficaces contre le SRAS-CoV-19 ;
- de moderniser les infrastructures existantes de traitement des eaux usées venant des points chauds tels que les hôpitaux, les cliniques et les maisons de soins infirmiers. Des systèmes à base d'ultraviolets pourraient désinfecter l'eau en provenance de ces points sensibles avant qu'elle n'entre dans le système de traitement public ;
- d'enquêter sur l'efficacité des systèmes de réutilisation de l'eau potable, qui purifient les eaux usées en eau du robinet ;
- de lancer des recherches sur la capacité de colonisation du SARS-CoV-2 en biofilms ;
- de surveiller la qualité des eaux usées traitées rejetées dans les cours d'eau naturel ;
- de rechercher des fonds pour financer les infrastructures de base nécessaires dans les pays en développement permettant d'éliminer le SRAS-CoV-2 mais aussi d'autres contaminants courants.

Ahmed, W., Angel, N., Edson, J., Bibby, K., Bivins, A., O'Brien, J.W., Choi, P.M., Kitajima, M., Simpson, S.L., Li, J., Tschärke, B., Verhagen, R., Smith, W.J.M., Zaugg, J., Dierens, L., Hugenholtz, P., Thomas, K.V., Mueller, J.F., 2020a. First confirmed detection of SARS-CoV-2 in untreated wastewater in Australia: a proof of concept for the wastewater surveillance of COVID-19 in the community. *Sci. Total Environ.* 728, 138764.

Ahmed, W., Bertsch, P.M., Angel, N., Bibby, K., Bivins, A., Dierens, L., Edson, J., Ehret, J., Gyawali, P., Hamilton, K., Hosegood, I., Hugenholtz, P., Jiang, G., Kitajima, M., Sichani, H.T., Shi, J., Shimko, K.M., Simpson, S.L., Smith, W.J.M., Symonds, E.M., Thomas Dsc, K.V., Verhagen, R., Zaugg, J., Mueller, J.F., 2020b. Detection of SARS-CoV-2 RNA in commercial passenger aircraft and cruise ship wastewater: a surveillance tool for assessing the presence of COVID-19 infected travelers. *J. Trav. Med.* <https://doi.org/10.1093/jtm/taaa116>.

Alpaslan Kocamemi, B., Kurt, H., Sait, A., Sarac, F., Saatci, A.M., Pakdemirli, B., 2020. SARS-CoV-2 detection in Istanbul wastewater treatment plant sludges, 2020 medRxiv 2005, 2012.20099358.

Anonyme,1.Disponible

sur :2520Memoire%2520IRCo%2520de%2520MORDJANA%2520KADDOUR%2520I mene.pdf&ved=2ahUKEwj8jJ2GktHxAhXYi1wKHaIMA8IQFjAAegQIBBAC&usg=AOvVaw0qXq8rfu3bRm0-yFVE7t3U.

Anonyme,2.Disponible

sur: <https://www.pasteur.fr/fr/centre-medical/fiches-maladies/maladie-covid-19-nouveau-coronavirus?fbclid=IwAR06oZFYw9GN0JDZQRHOpqPmSoA5TXyp-X8xGwoeaRXjYApXyBJRW4x1hEs#:~:text=Le%209%20janvier%202020%2C%20la,%C3%A9pid%C3%A9mie%20de%20SRAS%20en%202003>.

[maladies/maladie-covid-19-nouveau-](https://www.pasteur.fr/fr/centre-medical/fiches-maladies/maladie-covid-19-nouveau-coronavirus?fbclid=IwAR06oZFYw9GN0JDZQRHOpqPmSoA5TXyp-X8xGwoeaRXjYApXyBJRW4x1hEs#:~:text=Le%209%20janvier%202020%2C%20la,%C3%A9pid%C3%A9mie%20de%20SRAS%20en%202003)

[coronavirus?fbclid=IwAR06oZFYw9GN0JDZQRHOpqPmSoA5TXyp-](https://www.pasteur.fr/fr/centre-medical/fiches-maladies/maladie-covid-19-nouveau-coronavirus?fbclid=IwAR06oZFYw9GN0JDZQRHOpqPmSoA5TXyp-X8xGwoeaRXjYApXyBJRW4x1hEs#:~:text=Le%209%20janvier%202020%2C%20la,%C3%A9pid%C3%A9mie%20de%20SRAS%20en%202003)

[X8xGwoeaRXjYApXyBJRW4x1hEs#:~:text=Le%209%20janvier%202020%2C%20la,](https://www.pasteur.fr/fr/centre-medical/fiches-maladies/maladie-covid-19-nouveau-coronavirus?fbclid=IwAR06oZFYw9GN0JDZQRHOpqPmSoA5TXyp-X8xGwoeaRXjYApXyBJRW4x1hEs#:~:text=Le%209%20janvier%202020%2C%20la,%C3%A9pid%C3%A9mie%20de%20SRAS%20en%202003)

[.%C3%A9pid%C3%A9mie%20de%20SRAS%20en%202003](https://www.pasteur.fr/fr/centre-medical/fiches-maladies/maladie-covid-19-nouveau-coronavirus?fbclid=IwAR06oZFYw9GN0JDZQRHOpqPmSoA5TXyp-X8xGwoeaRXjYApXyBJRW4x1hEs#:~:text=Le%209%20janvier%202020%2C%20la,%C3%A9pid%C3%A9mie%20de%20SRAS%20en%202003).

Anonyme, 3.Disponible

sur : [https://www.pressemedicale.com/actualites/juma-nouveau-](https://www.pressemedicale.com/actualites/juma-nouveau-journal-scientifique)

[journal-scientifique](https://www.pressemedicale.com/actualites/juma-nouveau-journal-scientifique) .

Anonyme,4.Disponible

sur : [https://arbre-des-connaissances-apsr.org/2020/05/29/le-](https://arbre-des-connaissances-apsr.org/2020/05/29/le-cycle-viral-de-sars-cov-2/?fbclid=IwAR0T8N-SCeOHK5PJuh2R2LliDE4DiWzEz4wUuPgRYNEB3lgqFMbX83Zjp0Q)

[cycle-viral-de-sars-cov-2/?fbclid=IwAR0T8N-](https://arbre-des-connaissances-apsr.org/2020/05/29/le-cycle-viral-de-sars-cov-2/?fbclid=IwAR0T8N-SCeOHK5PJuh2R2LliDE4DiWzEz4wUuPgRYNEB3lgqFMbX83Zjp0Q)

[SCeOHK5PJuh2R2LliDE4DiWzEz4wUuPgRYNEB3lgqFMbX83Zjp0Q](https://arbre-des-connaissances-apsr.org/2020/05/29/le-cycle-viral-de-sars-cov-2/?fbclid=IwAR0T8N-SCeOHK5PJuh2R2LliDE4DiWzEz4wUuPgRYNEB3lgqFMbX83Zjp0Q).

Anonyme, 5. Disponible sur : <https://www.industrie-techno.com/article/covid-19-et-eaux-usees-le-reseau-obepine-s-etend-et-peaufine-ses-modeles-predictifs.62674>.

Anonyme, 6. Disponible sur : <https://www.cardio-online.fr/Actualites/Revues-de-la-litterature/COVID-19-et-systeme-cardiovasculaire?fbclid=IwAR3izS4vuyrAbLrUXtIS94neUfwtnB1Op5hJSbS9mWbmgXtroMRvX3dG1o8>.

Anonyme, 7. Disponible sur : https://www.pourquoidocteur.fr/MaladiesPkoidoc/1176-Coronavirus-Covid-19-n-est-qu-une-infection-virale-poumon?fbclid=IwAR2bzcCgTIVjfnkTAaoAyg73J1IzQ4C9CLgILM4_1C1k237rGhGZ9G5hw14 .

Anonyme, 8. Disponible sur : https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.0c01174?fbclid=IwAR3fy7RcPnFZvX40AIsG0kdBbxyq40M-ml8YiGdf9L7mbU43BJMtAi2_Hfw#.

Anonyme, 9. Disponible sur : [https://www.clinisciences.com/achat/cat-rt-pcr-quantitative-grt-pcr-3474.html?fbclid=IwAR0_xBIiniglzqi-Xzf4BygfCcWVrxkq59zL3yluvXw8gxzpsbe9vnpVCQmA#:~:text=La%20RT%2DqPCR%20est%20une,'ADN%20compl%C3%A9mentaire%20\(ADNc\)](https://www.clinisciences.com/achat/cat-rt-pcr-quantitative-grt-pcr-3474.html?fbclid=IwAR0_xBIiniglzqi-Xzf4BygfCcWVrxkq59zL3yluvXw8gxzpsbe9vnpVCQmA#:~:text=La%20RT%2DqPCR%20est%20une,'ADN%20compl%C3%A9mentaire%20(ADNc)).

Anonyme, 10. Disponible sur : <https://www.franceenvironnement.com/sous-rubrique/traitement-des-eaux-par-membrane?fbclid=IwAR1Ek24s4ZyrRJ19WucgFPLjllGTr0SSeVfUE11jdEvsh-RPcvOezuwFduU>.

Anonyme, 11. Disponible sur : <https://www.mesvaccins.net/web/news/15470-situation-hebdomadaire-de-la-pandemie-de-covid-19-n-4-11-avril-2020?fbclid=IwAR237uOeWzj0n-bC3RbHcuuI3satwx7zLsLRie9KtOIAtPMuAHEf43TZpzA>.

Anonyme, 12. Disponible sur : https://www.lennotech.fr/procedes/desinfection/chimique/desinfection/desinfectants-hypochlorite-sodium.htm?fbclid=IwAR1hh1I3c6d8kXgxZHmppUGfYi9oTq_jRfWgIhcCQgF-Xy2dr-eixmxiCuU.

Anonyme, 13.Disponible sur : https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/cdn.mesvaccins.net/froala_uploads%2F1586618934943-Fig2.png?fbclid=IwAR1-E2Tv9BBI0D3g7zfk5BkHI_ZiVeedYIRZ2kWfl-zPjAmY6KE41tNEtOc.

Anonyme, 14.Disponible sur : https://www.ledevoir.com/documents/special/20-03_covid19-carte-dynamique/index.html?fbclid=IwAR2KmvUm77KM7qPAoq_V6EmWWemw2R XR8zovY1yrzLCza7eAaATCYIYy4PY.

Anonyme, 15.Disponible sur : https://www.ledevoir.com/documents/special/20-03_covid19-carte-dynamique/index.html?fbclid=IwAR3Lz4vwf3sUuSP0TIgvU1UW60966u87uCDHFuGQz3ns7pYkxXaPE-XRM1s.

Anonyme, 16.Disponible sur : <https://www.data.gouv.fr/fr/reuses/statistiques-sur-la-pandemie-de-coronavirus-covid-19-rapportees-au-nombre-dhabitants-par-pays/?fbclid=IwAR1df3gCT3t9ATQt5cqyj5BCJc1KeENODUeMg7ohVsx158vmYwHwLz9qbLA>.

Anonyme,17.Disponible sur : <https://es.statista.com/estadisticas/1105277/numero-casos-coronavirus-brasil-estado/?fbclid=IwAR3F19F1ZEKUz-0IrayqsurEhcwB5jtzfbrmXORJGSI6Rcn91jrR4Zko9po>.

Anonyme, 18.Disponible sur : https://www.lemonde.fr/afrique/article/2020/07/11/covid-19-en-algerie-une-augmentation-des-cas-inquietante_6045950_3212.html?fbclid=IwAR3X-O1DvlduyNYhTeEyUQYwS0TeAIc88ZJ15sLV3O82ewBX5zvdAYnLbsU.

Anonyme,19.Disponible sur : <https://www.afro.who.int/fr/countries/algeria>.

Anonyme,20.Disponible sur : https://www.worldometers.info/coronavirus/country/algeria/?fbclid=IwAR0tnRRpCTMV0GJ3ZK_NiOX6mTqqaFVd2bM2w7oLSDwOFmUdy6sIP1azKg.

Anonyme,21.diponible sur : <https://www.vie-publique.fr/en-bref/278364-covid-19-dans-les-eaux-usees-le-reseau-obepine-publie-ses-resultats?fbclid=IwAR2jAPOUTIrQmkBkew7EHbsWYdwKM2rMwipTb011ieC-wHXBQGniSsmt9w>.

Anonyme,22.diponible sur : <https://www.ladepeche.fr/2021/01/26/covid-19-ce-que-revelent-les-dernieres-analyses-des-eaux-usees-sur-levolution-du-virus-9334739.php?fbclid=IwAR0vLHwuLsRIoHi6YIetrghJfuajCDAKd6PZx762w9n7wJ8NOUBaCCaDUDU>.

Anonyme,23.diponible sur : https://www.vie-publique.fr/en-bref/278364-covid-19-dans-les-eaux-usees-le-reseau-obepine-publie-ses-resultats?fbclid=IwAR0iE8neYWhO1h_2EpXWpOSPp4ecvXjrrmgTp8td_V80I-yhrUcl5klcpww.

Anonyme,24.diponible sur : <https://www.industrie-techno.com/article/covid-19-et-eaux-usees-le-reseau-obepine-s-etend-et-peaufine-ses-modeles-predictifs.62674?fbclid=IwAR10oZcZ5LNx5ZMouwakyEGkKI7NQO6nAyMOWRQQ2Pc8Rtx-KhMTxOExTO4>.

Anonyme,25.diponible sur : <https://www.francebleu.fr/infos/sante-sciences/forte-concentration-de-coronavirus-dans-les-eaux-usees-les-egoutiers-inquiets-pour-leur-sante-1589331296>.

Anonyme,26.diponible sur : https://www.lamontagne.fr/amp/paris-75000/actualites/les-eaux-usees-un-indicateur-precoce-en-cas-de-reprise-de-l-epidemie_13888560/?fbclid=IwAR2EfeBpCA-71qUeFAI-CFjaDGmMhOJ4Vq5p6zesi2BI_0Ohuim25qjJcOE.

Bodzek, M., Konieczny, K., Rajca, M., 2019. Membranes in water and wastewater disinfection—review. Arch. Environ. Protect. 45 (1), 3–18.

Chaudhry, A.K., Sachdeva, P., 2020. Coronavirus disease 2019 (COVID-19): a new challenge in untreated wastewater. Can. J. Civ. Eng. 47, 1005–1009.

Eiji Haramoto a, Bikash Mallaa, Ocean Thakali b, Masaaki Kitajima.,2020. First environmental surveillance for the presence of SARS-CoV-2 RNAin wastewater and river water in Japan. 737 ,140405.

Epa, I., 2011. Water Treatment Manual: Disinfection. Environmental Protection Agency Wexford, Ireland.

Hai, F.I., Yamamoto, K., Lee, C.-H., 2018. Membrane Biological Reactors: Theory, Modeling, Design, Management and Applications to Wastewater Reuse. IWA Publishing.

Hai, Nguyen Tran ., Giang ,Truong Le ., Dong ,Thanh Nguyen ., Ruey-Shin ,Juang ., J'org, Rinklebe ., Amit, Bhatnagar ., Eder C. Lima ., Hafiz, M.N. Iqbal ., Ajit ,K. Sarmah ., Huan-Ping, Chao . SARS-CoV-2 coronavirus in water and wastewater: A critical review about presence and concern,2021.193.110265.12p.

Haramoto, E., Malla, B., Thakali, O., Kitajima, M., 2020. First environmental surveillance for the presence of SARS-CoV-2 RNA in wastewater and river water in Japan. Sci. Total Environ. 737, 140405.

Holshue, M.L., DeBolt, C., Lindquist, S., Lofy, K.H., Wiesman, J., Bruce, H., Spitters, C., Ericson, K., Wilkerson, S., Tural, A., 2020. First case of 2019 novel coronavirus in the United States. N. Engl. J. Med. 382 (10), 929–936.

HPSC, 2020. Advice note to EHS on COVID-19 in chlorinated drinking water supplies and chlorinated swimming pools. Health Service Executive. <https://www.lenus.ie/handle/10147/627346>.

Hu, X., Xing, Y., Ni, W., Zhang, F., Lu, S., Wang, Z., Gao, R., Jiang, F., 2020. Environmental contamination by SARS-CoV-2 of an imported case during incubation period. Sci. Total Environ. 742, 140620.

Hu, X., Xing, Y., Ni, W., Zhang, F., Lu, S., Wang, Z., Gao, R., Jiang, F., 2020. Environmental contamination by SARS-CoV-2 of an imported case during incubation period. Sci. Total Environ. 742, 140620.

Isaac Dennis Amoah, Sheena Kumari*, Faizal Bux.,2020. Coronaviruses in wastewater processes: Source, fate and potential risks. 143 ,105962.

Giuseppina ,La Rosa , , Lucia Bonadonna . , Luca Lucentini., Sebastien Kenmoe .,Elisabetta Suffredini . Coronavirus in water environments: Occurrence, persistence and concentration methods - A scoping review. ,2020 . 179, 115899, 11p.

Giuseppina ,LaRosaa, MarcelloIaconellia, PamelaMancinia, Giusy Bonanno, Ferraroa CarolinaVeneria, LuciaBonadonnaa, LucaLucentinia, ElisabettaSuffredinib. First detection of SARS-CoV-2 in untreated wastewaters in Italy.,2020. 736, 139652.

Gormley, M., Aspray, T.J., Kelly, D.A., Rodriguez-Gil, C., 2017. Pathogen crosstransmission via building sanitary plumbing systems in a full scale pilot test-rig. *PLoS One* 12 (2), E0171556

Gormley, M., Aspray, T.J., Kelly, D.A., 2020. COVID-19: mitigating transmission via wastewater plumbing systems. *The Lancet Global Health* 8 (5), E63.

Guerrero-Latorre, L., Ballesteros, I., Villacrés-Granda, I., Granda, M.G., Freire- Paspuel, B., Ríos-Touma, B., 2020. SARS-CoV-2 in river water: implications in low sanitation countries. *Sci. Total Environ.* 743, 140832.

Ksiazek, T.G., Erdman, D., Goldsmith, C.S., Zaki, S.R., Peret, T., Emery, S., Tong, S., Urbani, C., Comer, J.A., Lim, W., Rollin, P.E., Dowell, S.F., Ling, A.-E., Humphrey, C. D., Shieh, W.-J., Guarner, J., Paddock, C.D., Rota, P., Fields, B., DeRisi, J., Yang, J.- Y., Cox, N., Hughes, J.M., LeDuc, J.W., Bellini, W.J., Anderson, L.J., 2003. A novel coronavirus associated with severe acute respiratory syndrome. *N. Engl. J. Med.* 348 (20), 1953–1966.

L´en`es, D., Deboosere, N., M´enard-Szczebara, F., Jossent, J., Alexandre, V., Machinal, C., Vialette, M., 2010. Assessment of the removal and inactivation of influenza viruses H5N1 and H1N1 by drinking water treatment. *Water Res.* 44 (8), 2473–2486.

Liu, L., Yang, D., Liu, G., 2019. Signal amplification strategies for paper-based analytical devices. *Biosens. Bioelectron.* 136, 60–75.

lai, M.Y.Y., Cheng, P.K.C., Lim, W.W.L., 2005. Survival of severe acute respiratory syndrome coronavirus. *Clin. Infect. Dis.* 41 (7), e67–e71.
leung, N.H.L., Chu, D.K.W., Shiu, E.Y.C., Chan, K.-H., McDevitt, J.J., Hau, B.J.P., Yen, H.-L., Li, Y., Ip, D.K.M., Peiris, J.S.M., Seto, W.-H., Leung, G.M., Milton, D.K., Cowling,

B.J., 2020. Respiratory virus shedding in exhaled breath and efficacy of face masks. Nat. Med. 26, 676–680.

Mao, K., Zhang, H., Yang, Z., 2020. Can a paper-based device trace COVID-19 sources with wastewater-based epidemiology? Environ. Sci. Technol. 54 (7), 3733–3735.

Medema, G., Heijnen, L., Elsinga, G., Italiaander, R., Brouwer, A., 2020. Presence of SARS-coronavirus-2 RNA in sewage and correlation with reported COVID-19 prevalence in the early stage of the epidemic in The Netherlands. Environ. Sci. Technol. Lett. 7 (7), 511–516.

Monde, L., 2020. Tiny traces" of SARS-CoV-2 in non-potable water in the city of Paris. https://www.lemonde.fr/sante/article/2020/04/19/des-traces-infimes-du-sars-cov-2-dans-l-eau-non-potable-de-la-ville-de-paris_6037099_1651302.html.

ONG, S.W.X., Tan, Y.K., Chia, P.Y., Lee, T.H., Ng, O.T., Wong, M.S.Y., Marimuthu, K., 2020. Air, surface environmental, and personal protective equipment contamination by severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) from a symptomatic patient. Jama 323 (16), 1610–1612.

Pineda, P., 2020. ASU, UA researchers look for traces of COVID-19 in Tempe and Tucson wastewater. <https://www.azcentral.com/story/news/local/tempe/2020/04/02/asu-researchers-look-traces-covid-19-tempe-wastewater-could-be-early-warning-sys-tem/5109746002/>.

Race, M., Ferraro, A., Galdiero, E., Guida, M., Núñez-Delgado, A., Pirozzi, F., Siciliano, A., Fabbicino, M., 2020. Current emerging SARS-CoV-2 pandemic: potential direct/indirect negative impacts of virus persistence and related therapeutic drugs on the aquatic compartments. Environ. Res. 188, 109808.

Rimoldi, S.G., Stefani, F., Gigantiello, A., Polesello, S., Comandatore, F., Mileto, D., Maresca, M., Longobardi, C., Mancon, A., Romeri, F., Pagani, C., Cappelli, F., Roscioli, C., Moja, L., Gismondo, M.R., Salerno, F., 2020. Presence and infectivity of SARS-CoV-2 virus in wastewaters and rivers. Sci. Total Environ. 744, 140911.

Samendra P. Sherchan a, Shalina Shahin a, Lauren M.Ward a, Sarmila Tandukar b, Tiong G. Awa.,2020. First detection of SARS-CoV-2 RNA in wastewater in North America: A study in Louisiana, USA. 743 , 140621.

Teengam, P., Siangproh, W., Tuantranont, A., Vilaivan, T., Chailapakul, O., Henry, C.S., 2017. Multiplex paper-based colorimetric DNA sensor using pyrrolidinyl peptide nucleic acid-induced AgNPs aggregation for detecting MERS-CoV, MTB, and HPV oligonucleotides. *Anal. Chem.* 89 (10), 5428–5435.

Wigginton, K.R., Ye, Y., Ellenberg, R.M., 2015. Emerging investigators series: the source and fate of pandemic viruses in the urban water cycle. *Environ. Sci. Water Res. Technol.* 1 (6), 735–746.

Xiao, F., Tang, M., Zheng, X., Liu, Y., Li, X., Shan, H., 2020. Evidence for gastrointestinal infection of SARS-CoV-2. *Gastroenterology* 158 (6), 1831–1833.

Wigginton, K.R., Ye, Y., Ellenberg, R.M., 2015. Emerging investigators series: the source and fate of pandemic viruses in the urban water cycle. *Environ. Sci. Water Res. Technol.* 1 (6), 735–746.

Xiao, F., Tang, M., Zheng, X., Liu, Y., Li, X., Shan, H., 2020. Evidence for gastrointestinal infection of SARS-CoV-2. *Gastroenterology* 158 (6), 1831–1833.

Yang, T., Wang, Y.-C., Shen, C.-F., Cheng, C.-M., 2020. Point-of-care RNA-based diagnostic device for COVID-19. *Diagnostics* 10 (3), 165–167.

Zheng, S., Fan, J., Yu, F., Feng, B., Lou, B., Zou, Q., Xie, G., Lin, S., Wang, R., Yang, X., Chen, W., Wang, Q., Zhang, D., Liu, Y., Gong, R., Ma, Z., Lu, S., Xiao, Y., Gu, Y., Zhang, J., Yao, H., Xu, K., Lu, X., Wei, G., Zhou, J., Fang, Q., Cai, H., Qiu, Y., Sheng, J., Chen, Y., Liang, T., 2020. Viral load dynamics and disease severity in patients infected with SARS-CoV-2 in Zhejiang province, China, January-March 2020: retrospective cohort study. *BMJ* 369, m1443.

Zheng, S., Fan, J., Yu, F., Feng, B., Lou, B., Zou, Q., Xie, G., Lin, S., Wang, R., Yang, X., Chen, W., Wang, Q., Zhang, D., Liu, Y., Gong, R., Ma, Z., Lu, S., Xiao, Y., Gu, Y., Zhang, J., Yao, H., Xu, K., Lu, X., Wei, G., Zhou, J., Fang, Q., Cai, H., Qiu, Y., Sheng, J., Chen, Y., Liang, T., 2020. Viral load dynamics and disease severity in patients infected with SARS-

CoV-2 in Zhejiang province, China, January-March 2020: retrospective cohort study. *BMJ* 369, m1443.

Zhu, N., Zhang, D., Wang, W., Li, X., Yang, B., Song, J., Zhao, X., Huang, B., Shi, W., Lu, R., Niu, P., Zhan, F., Ma, X., Wang, D., Xu, W., Wu, G., Gao, G.F., Tan, W., 2020. A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019. *N. Engl. J. Med.* 382 (8), 727–733.

Les annexes :

Annexe N° 1 :

1. Traitement de l'eau par des lampes ultraviolettes

Les rayons UV sont utilisés pour purifier l'eau potable en éliminant les divers contaminants qui la polluent, parmi lesquels on trouve :

- les bactéries
- les virus
- les microbes

2. Comment fonctionne une lampe ultraviolette dans le traitement potable :

Sur le spectre électromagnétique, l'énergie ultra-violet se situe entre la lumière visible et les rayons X. On pourrait parler de radiations invisibles ou de « lumière noire ». Sa longueur d'onde est plus courte que celle de la lumière visible, mais plus longue que celle des rayons X.

Pour tuer les micro-organismes, l'énergie UV doit frapper leur cellule. Elle pénètre d'abord la membrane extérieure, passe à travers le corps de la cellule et en détériore l'ADN mettant un terme à sa capacité de reproduction.

Annexe N° 2 :

1. Les différents types de la technique membranaire :

- **La microfiltration** utilise des membranes dont les diamètres de pores sont compris entre 0.1 et 1 μm microns (μm).
- **L'ultrafiltration** utilise des membranes dont les pores sont compris entre 0.01 à 0.1 μm .
- **L'osmose inverse** utilise des membranes denses qui arrêtent tous les sels. L'osmose est un phénomène tendant à équilibrer la concentration en solutés de part et d'autre de la membrane semi perméable. Le solvant diffuse du milieu le moins concentré en solutés vers le milieu le plus concentré sous l'effet de la pression osmotique. Pour inverser le passage du solvant comme dans cette technique, il faut alors appliquer une pression supérieure à la pression osmotique. L'osmose inverse est utilisée dans le cadre du dessalement d'eau de mer et des eaux saumâtres, de la production d'eau ultra pure, et de la production d'eau de process.

• La **nano filtration** se situe entre l'osmose inverse et l'ultrafiltration. Elle permet la séparation de composants en solution dont la taille est voisine du nanomètre (0.001 μm).

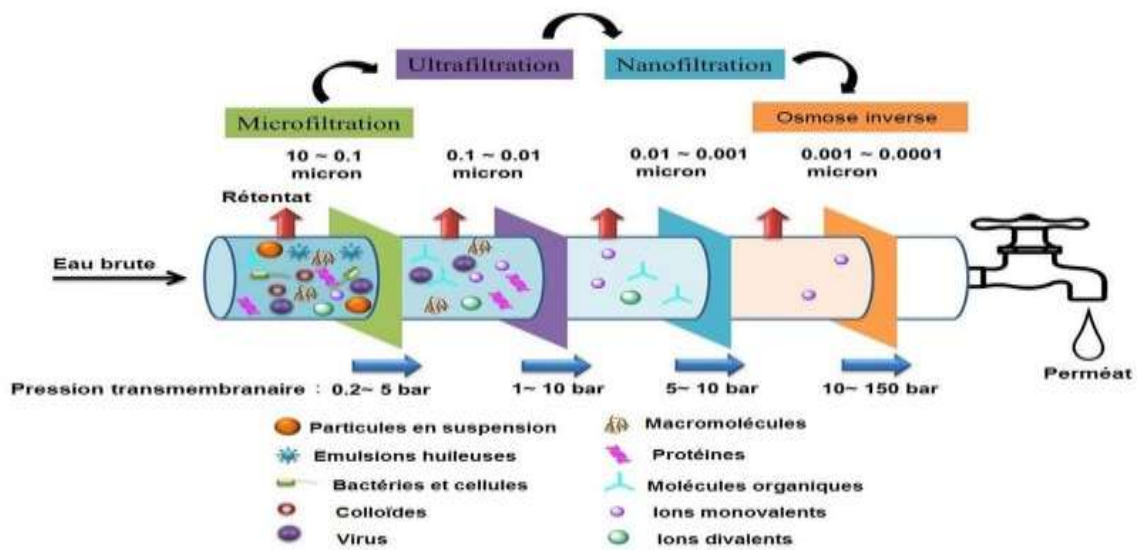


Figure 24 : Les techniques membranaires les plus utilisées dans le traitement des eaux.

Annexe N° 3 :

1. La technique de chloration :

La chloration est une des méthodes que l'on peut utiliser pour désinfecter l'eau. Cette méthode a été utilisée il y a plusieurs siècles et elle est encore utilisée aujourd'hui. C'est une méthode de désinfection chimique qui utilise divers type de chlore ou des substances contenant du chlore pour oxyder et désinfecter la source d'eau potable.

2. Comment le chlore élimine-t-il les micro-organismes?

Le chlore élimine les micro-organismes en endommageant la membrane de la cellule. Une fois que la membrane de la cellule est affaiblie, le chlore peut entrer dans la cellule et perturber la respiration de la cellule et le processus d'ADN (2 processus nécessaires pour la survie de la cellule).

Annexe N° 4 :

les techniques de traitement des eaux usées :

1. Les différents traitements des eaux usées :

Ils se composent de 5 étapes, présentes ou non selon les besoins, à savoir :

- Le dégrillage : élimination des déchets volumineux,
- Le dessablage : élimination des sables,
- Le dégraissage – déshuilage : élimination des corps gras.
- Traitement biologique.
- Clarification.

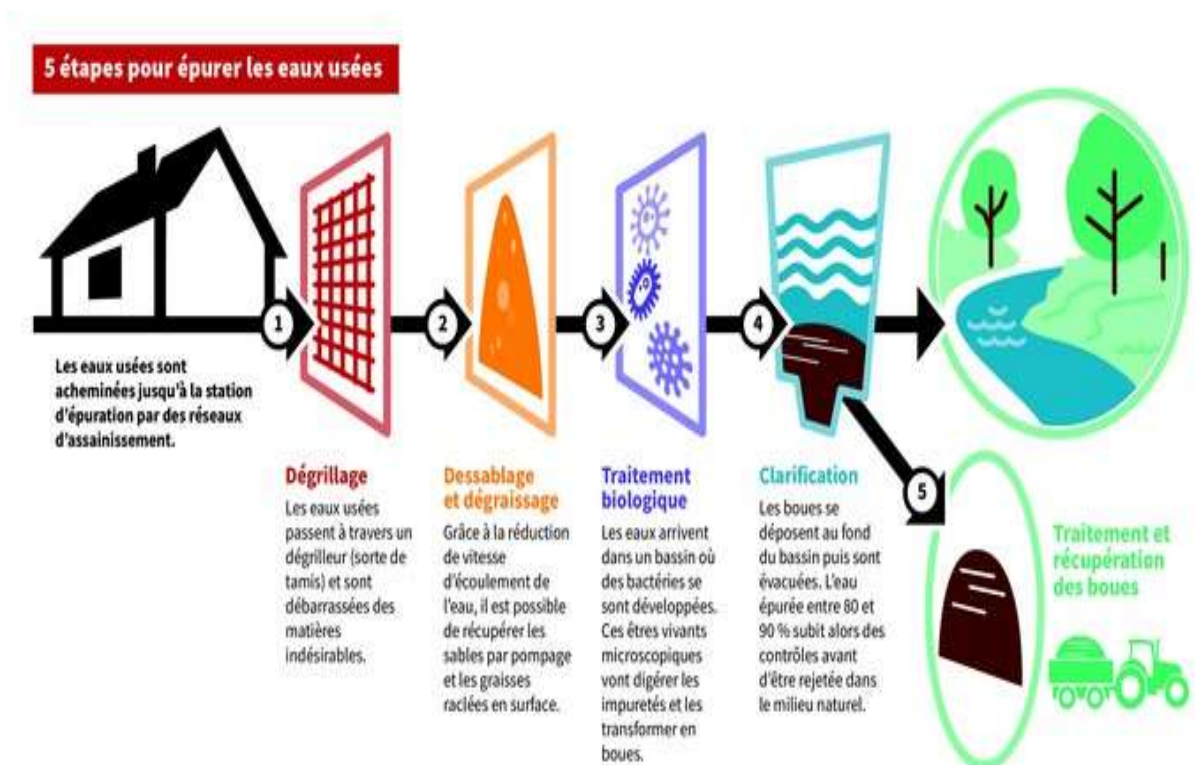


Figure 25 : les étapes de traitement des eaux usées.

