

*République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère de
l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*



Université 20 aout 1955 de Skikda

Faculté des sciences

Département d'informatique



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master

`Option : Réseau et Système Distribué(R.S.D)

THEME:

**Modélisation et simulation du covid-19 à
base d'agents.**

Réalisé par :

Harouaka Feriel.

Kantar Widad.

Encadré par:

Dr.Cheikh Mohamed

Session: juin 2022.

دعاء

ربي اشرح لي صدري و يسر لي أمري و احل عقدة
من لساني يفقه قولي و اجعلني من الناجحين بإذنك يا
رب العالمين.

الحمد لله

Remerciements

C'est avec toute mon affection que je dédie ce modeste travail :

A ma grande richesse sur terre ma mère et mon père celui qui m'a donné vie et qui m'a apportée sans cesse amour, soutien et encouragement mon père, celle qui a allumée mes jours et qui m'a apporté tout sans cesse amour, encouragement et soutien, la fune de ma vie ma mère.

A mon encadrant Dr.Cheikh Mohamed

A mes chers frères

A mes fleures sœurs

A toute la famille Kantar et Harouaka.

A tous mes Amis chacun à son nom.

A tout la promotion 2022 Réseau et Système Distribué.

A tous qui j'aime et m'aiment!!

Merci

Sommaire

Introduction Générale.....	10
Chapitre1 : Système multi Agent	11
1.1 Introduction.....	12
1.2 La notion d'agent	12
1.2.1 Définition.....	12
1.2.2 Caractéristiques des agents	13
1.2.2.1 L'autonomie.....	13
1.2.2.2 La réflexibilité	13
1.2.2.3 La pro activité.....	13
1.2.2.4 L'interactivité.....	14
1.3 Les systèmes Multi-Agents:.....	14
1.3.1 Définition.....	14
1.3.2 Environnement	14
1.3.3 Caractéristiques des systèmes Multi-Agents	16
1.3.4 Méthodologie de simulation Multi-Agents.....	16
1.4 Classification des systèmes multi-agents.....	17
1.4.1 Architectures centralisées ou agents coordinateurs.....	17
1.4.2 Architecture Décentralisée.....	18
1.5 Modélisation et simulation multi-agent	20
1.5.1 Difficultés des modélisations classiques	20
1.5.2 Modélisation multi-agents	20
1.6 Domaines d'utilisation des systèmes Multi-Agents:.....	20
1.6.1 Ecologie et biologie.....	21
1.6.2 Sciences sociales	21
1.7 Les modèles basée Système multi agent.....	23
1.7.1 Peste.....	23
1.7.1.1 Définition	23
1.7.1.2 Analyse des processus de transmission.....	24
1.8 Conclusion	25
Chapitre 2 : COVID-19 (SARS-Cov-2)	26
2.1 Introduction.....	27

2.2	Définition du Covid-19.....	27
2.2.1	Le virus SARS-Cov-2 (COVID-19).....	28
2.2.2	Nom du virus et de la maladie	31
2.2.3	Signes et symptôme de l'affection Covid-19	32
2.2.4	Diagnostic du Covid-19.....	33
2.3	Laboratoire.....	33
2.3.1	Tests hors laboratoire	34
2.3.2	Tests Biologiques	35
2.3.2.1	RT-PCR.....	35
2.3.2.2	Imagerie	36
2.3.3	Traitement de la pneumonie infectieuse du nouveau coronavirus	39
2.4	Transmission du SARS-Cov2 et gestes barrières d'endiguement	39
2.5	Covid-19 en Algérie	41
2.6	Environnement	44
2.6.1	Lieux publics.....	45
2.7	Conclusion	46
	Chapitre 3: Conception et implémentation.....	47
3.1	Introduction.....	48
3.2	Aperçu du modèle	49
3.3	Modélisation de précautions	50
3.4	Implémentation	51
3.4.1	Choix de la plate forme Multi-Agents utilisée.....	51
3.4.1.1	Definition	51
3.4.1.2	Base technique.....	53
3.4.1.3	Plusieurs Domain d’application	53
3.4.1.4	Langage de haut niveau basé sur des agents	53
3.4.1.5	Interface utilisateur déclaratif.....	54
3.4.2	Modélisation	55
3.4.2.1	Distanciation.....	55
3.4.2.2	Porte de Masque	56
3.4.2.3	La vaccination	57
3.4.3	L’expérimentation	58
3.5	Conclusion	67

Conclusion général	68
Bibliographie	69

Listes des figures :

Figure 1 : Structure type d'un agent autonome	13
Figure 2: Architecture SMA avec agent coordinateur.....	18
Figure 3 : Exemple d'architecture décentralisée	19
Figure 4 : les cas notifiés à l'OMS	24
Figure 6 : Vue au microscope du SARS-CoV-2	29
Figure 7 : Cliches TDM (scanner) d'un sujet affecte par Covid-19	38
Figure 8 : Transmission et gestes barrière pour l'endiguer	40
Figure 9 : Répartition des affections par wilaya	42
Figure 10 : Evolution de la l'épidémie depuis février 2020 à juin 2021	43
Figure 11 : Evolution de la l'épidémie Janvier 2022	43
Figure 12 : platform de gama.....	52
Figure 13 : Gama workspace	53
Figure 14 : l'utilisation du masque.....	56
Figure 15 : diagramme de distanciation	58
Figure 16 : diagramme de résistance	59
Figure 17 : diagramme de masque	60
Figure 18 : diagramme de vaccination	61
Figure 19 : début d'infection.....	62
Figure 20 : propagation de maladie	63
Figure 21 : propagation de la maladie parmi les agents.	64
Figure 22 : le début de propagation de la maladie	65
Figure 23 : propagation de la résistance.	66

Résumé

Le 11 mars 2020, l'épidémie de Covid-19 est déclarée pandémie par l'OMS qui demande des mesures de protection essentielles pour prévenir la saturation des services de soins intensifs et pour renforcer l'hygiène préventive (suppression des contacts physiques, bises et poignées de mains, fin des attroupements ainsi que des déplacements et voyages non indispensables, promotion du lavage des mains, mise en application de quarantaine, etc.)

Dans notre travail, nous avons mis en place une simulation de la propagation de l'épidémie Covid19, au sein d'une population urbaine, cette simulation nous a permis la détermination de l'impact sanitaire de l'épidémie et les mesures de prévention pour la réduire.

ملخص

في 11 مارس 2020 ، أعلنت منظمة الصحة العالمية وباء Covid-19 (جائحة كورونا)، ودعت إلى اتخاذ تدابير وقائية أساسية لمنع تشعب خدمات العناية المركزة وتعزيز النظافة الوقائية (القضاء على الاتصال الجسدي والقبلات والمصافحة ، التجمعات والسفر غير الضروريين ، والترويج لغسل اليدين ، وفرض الحجر الصحي ، وما إلى ذلك).

في عملنا ، قمنا بإعداد محاكاة لانتشار وباء Covid-19 داخل سكان الحضر ، وقد سمحت لنا هذه المحاكاة بتحديد التأثير الصحي للوباء والتدابير الوقائية للحد منه.

Introduction général

Introduction Générale

La modélisation informatique permet de construire un prototype caractérisé par un programme informatique d'une réalité, ce prototype traduit les comportements de cette réalité ainsi que son interaction avec l'environnement dans lequel elle est censée évoluer, lorsque l'on fait évoluer ce prototype en appliquant dessus des entrées externes en analysant les effets produits on parle alors de simulation.

Ce principe peut être utilisé comme moyen permettant la maîtrise de la complexité des systèmes, plusieurs sortes de motivations poussent au recours à la modélisation et à la simulation. Il est ainsi courant d'utiliser ces techniques afin de savoir comment fonctionne un système puis formuler et mettre au point ses lois d'évolution, c'est là toute la problématique de la simulation des phénomènes physiques, de même on peut utiliser la simulation dans un but d'apprentissage.

Depuis plus de 3 décennies, les systèmes multi-agents ont révolutionné la conception et la mise en œuvre des systèmes autonomes distribués, ils sont utilisés chaque fois qu'il est fait référence à des entités indépendantes dans les interactions.

Dans ce mémoire, nous avons fournis un aperçu des Systems multi agent, afin de modéliser et simuler la propagation du COVID-19 dans une population.

Comme les résultats obtenus à l'issue de cette simulation nous a permis d'adhérer et de mettre l'accent sur les moyens de prévention afin de maîtriser cette dernière, qui est de porter un masque, d'éviter les rassemblements....etc.

Chapitre 1 : Système multi Agent

1.1 Introduction

Un Système Multi-Agents (SMA) comporte plusieurs agents qui interagissent entre eux dans un environnement commun.

Certains de ces agents peuvent être des personnes ou leurs représentants (avatars), ou même des machines mécaniques.

S'il y a moins de trois agents, on parle plutôt d'interaction homme/machine, ou machine/machine que de systèmes multi-agents (Ferber, 1985).

1.2 La notion d'agent

1.2.1 Définition

Etymologiquement, le mot agent est inspiré du latin "agere" qui signifie agir, donc littéralement, un agent est une entité qui agit.

Il n'existe pas encore un consensus sur la définition du terme agent. Ceci étant dû à la relative jeunesse du domaine. En plus du fait que diverses communautés scientifiques revendiquent ce terme avec des problématiques qui leur sont propres.

Même si ces différences sont complémentaires et conduites à se rencontrer à terme, sans oublier que la définition d'agent peut varier selon le type d'application pour laquelle il a été conçu (Ferber, 1985).

Définit l'agent comme étant : "une entité autonome physique ou abstraite qui est capable d'agir sur elle-même et sur son environnement, qui dans un univers Multi Agents peut communiquer avec d'autres agents et dont le comportement est la conséquence de ses observations, de ses connaissances, et des interactions avec les autres agents" (nichol, 1995).

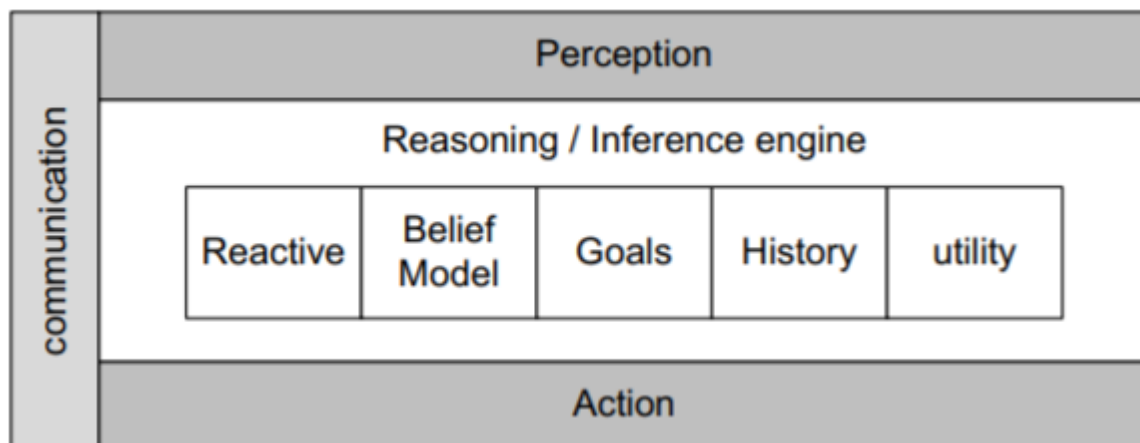


Figure 1 : Structure type d'un agent autonome

1.2.2 Caractéristiques des agents

Les agents peuvent posséder différentes propriétés qui sont :

1.2.2.1 L'autonomie

L'agent est capable d'agir sans l'intervention d'un tiers (humain ou agent) et contrôle ses propres actions ainsi que son état interne; en d'autre terme, les agents sont dits autonomes dans le sens où le créateur du système ne pilote pas leur comportement.

C'est l'agent qui décide de ses actions par rapport à un éventail de possibilités données.

1.2.2.2 La réflexibilité

L'agent est capable de réaliser des actions d'une façon autonome et réflexible afin d'atteindre les objectifs qui lui ont été fixés, la réflexibilité signifie dans ce cas:

La réactivité:

L'agent est capable de percevoir les changements dans son environnement, et doit élaborer une réponse dans les temps requis (changer son état interne, exécuter un tâche particulière...etc.).

1.2.2.3 La pro activité

L'agent doit exhiber un comportement proactif et opportuniste, c'est-à-dire qu'il n'agit pas uniquement en réponse à son environnement mais, il est également capable de prendre l'initiative au "bon" moment, La sociabilité: l'agent doit être capable d'interagir avec les autres agents (logiciels et humains) quand la situation l'exige afin de compléter ses tâches ou aider ces agents à accomplir les leurs.

1.2.2.4 L'interactivité

L'agent est social et il rencontre différents types d'interactions (avec d'autres agents, avec un humain ou avec son environnement) qui le conduit à reconsidérer en permanence ses traitements en cours.

Cela traduit le fait qu'il s'adapte sans cesse aux changements de son entourage qui pourraient modifier de façon pertinente son comportement à tous les niveaux (objectif, plan, action...) (Boissie p.2004).

1.3 Les systèmes Multi-Agents:

1.3.1 Définition

Usuellement, un système est un ensemble organisé d'éléments concourant à la réalisation d'une tâche donnée (Chaib-Draa, 2002).

En suivant cette définition on peut définir immédiatement le système Multi Agents comme étant un ensemble organisé d'agents se chargeant de réaliser un but commun.

Les systèmes Multi Agents sont des systèmes distribués conçus et implantés idéalement comme un ensemble d'agents interagissant, le plus souvent, selon des modes de coopération, de concurrence et de coexistence (Ferber, 1995).

1.3.2 Environnement

C'est-à-dire un espace disposant généralement d'une métrique.

1. Un ensemble d'objets:

Situés dans cet environnement cela signifie que pour tout objet il est possible à un moment donné d'associer une position.

Ces objets sont passifs, c'est-à-dire qu'ils peuvent être créés, détruits, manipulés et perçus par les agents.

2. Un ensemble d'agents:

Ce sont des objets particuliers, ils représentent les entités actives du système.

3. Un ensemble de relations:

Qui unissent les objets entre eux.

4. Un ensemble d'opérations:

Ce sont les différents types de manipulation qu'appliquent les agents sur les objets du système et qui sont en générale: perception production, consommation, transformation...etc.

5. Un ensemble d'opérateurs:

Chargés de représenter l'application de ces opérations et la création du monde à cette tentative de modification, que l'on appellera les lois de l'univers.

Ces systèmes possèdent les avantages traditionnels de la résolution distribuée comme la modularité, la vitesse, et la fiabilité (due à la redondance), Ils héritent aussi des bénéfices envisageables de l'intelligence artificielle (IA) comme:

1. Le traitement symbolique (aux niveaux des connaissances).

2. La facilité de maintenance.

3. La réutilisation et la portabilité. Mais surtout, ils ont l'avantage de faire intervenir des schémas d'interaction sophistiqués qui incluent:

1. La coopération (travailler ensemble à la résolution d'un but commun).

2. La coordination (organiser la résolution d'un problème de telle sorte que les interactions nuisibles soient évitées ou que les interactions bénéfiques soient exploitées).

3. La négociation (parvenir à un accord acceptable pour toutes les parties concernées). Bien que les systèmes Multi Agents offrent de nombreux avantages, ils doivent aussi relever beaucoup de défis et dépasser les problèmes inhérents à la conception et à l'implémentation qui sont nombreux, on peut citer par exemple:

Comment reconnaître et réconcilier les points de vue disparates et les intentions conflictuelles dans un ensemble d'agents essayant de coordonner leurs actions? - Comment éviter ou diminuer un comportement nuisible du système global, comme les comportements chaotiques ou oscillatoires?

1.3.3 Caractéristiques des systèmes Multi-Agents

Un système Multi Agents possède généralement les caractéristiques suivantes:

1. Il n'y a pas de contrôle global du système.
2. Les données sont décentralisées.
3. Le calcul est asynchrone.
4. Chaque agent a des informations ou des capacités de résolution limitées de problème, ainsi chaque agent a un point de vue partiel (Boissier, p.2004).

1.3.4 Méthodologie de simulation Multi-Agents

La modélisation d'un phénomène dans une perspective Multi-Agents se traduit par quatre étapes, mais avant tout il est indispensable de prendre une image approfondie du système qu'on vient simuler et d'en comprendre le fonctionnement en détail puis: Une décomposition du phénomène en un ensemble d'éléments discrets

- Autonomes dont les interactions reproduisent le phénomène.

Il est à noter que ce préliminaire nécessite une vision déjà distribuée du phénomène à modéliser (l'un des objets de la simulation est justement de déterminer les éléments ou les niveaux pertinents à étudier).

La modélisation de chacun de ces éléments par un agent: Dans cette phase

- intervient un choix nécessaire quant à la théorie à employer pour définir les connaissances de l'agent, ses capacités fonctionnelles, ses comportements et les modes d'interaction qu'il adoptera à l'encontre des autres agents, ce choix peut être délicat. C'est au cours de cette étape que le modèle théorique de comportement individuel proposé par le domaine de recherche dans lequel s'effectue la modélisation est traduit en un modèle informatique. La définition de l'espace ou l'environnement dans lequel évoluent ces agents et
- Des lois qui le gouvernent. Sa définition permettant d'affiner la description des actions possibles des agents, ainsi que celle de leurs moyens de communication, on définira souvent agents et environnement de manière concomitante (Drogoul, 1993).

1.4 Classification des systèmes multi-agents

Nous présentons la classification la plus généraliste et qui consiste en la catégorisation des SMA en centralisées et décentralisées.

1.4.1 Architectures centralisées ou agents coordinateurs

Dans ces systèmes, des agents centraux relient des agents dissemblables demandant des canaux de communication, acheminent les messages entre les agents, contrôlent les activités multi-agents et surveillent les exécutions.

Généralement, ils sont responsables de la coordination entre les agents.

Dans les paragraphes suivants, un aperçu des agents coordonnateurs existants et des agents interagissant avec eux sera présenté.

Comme mentionné précédemment, les agents interagissent par l'intermédiaire d'agents centraux, de facilitateurs ou de médiateurs qui traduisent les connaissances spécifiques à l'outil vers et depuis un langage d'échange de connaissances standard.

Les systèmes de séquence concentrent plusieurs agents centraux coordonnant la communication entre les agents et les caractéristiques de leur interaction. Le premier système traite de l'application des technologies de l'information (TI) afin de développer l'entreprise virtuelle dans le domaine de l'ingénierie de fabrication.

Dans ce système, l'agent déterminant est le Responsable Environnement, qui coordonne les autres (figure2). Ces agents sont l'agent de conception, l'agent géométrique et l'agent de caractéristiques qui appartiennent aux agents de conception et sont responsables de la représentation géométrique des interactions. Le premier système traite de l'application des technologies de l'information (TI) afin de développer l'entreprise virtuelle dans le domaine de l'ingénierie de fabrication. Dans ce système, l'agent déterminant est le Responsable Environnement, qui coordonne les autres (figure2).

Ces agents sont l'agent de conception, l'agent géométrique et l'agent de caractéristiques qui appartiennent aux agents de conception et sont responsables de la représentation géométrique des pièces, les informations de traduction entre la représentation géométrique des pièces et les caractéristiques de fabrication de l'agent décrivent les contraintes géométriques et technologiques. Les agents de la machine sélectionnent l'ordre et regroupent les opérations afin d'obtenir le plan de processus de la pièce.

Enfin, l'agent de pièce met à jour et maintient dynamiquement les informations et les données converties en connaissances liées à la description de la pièce

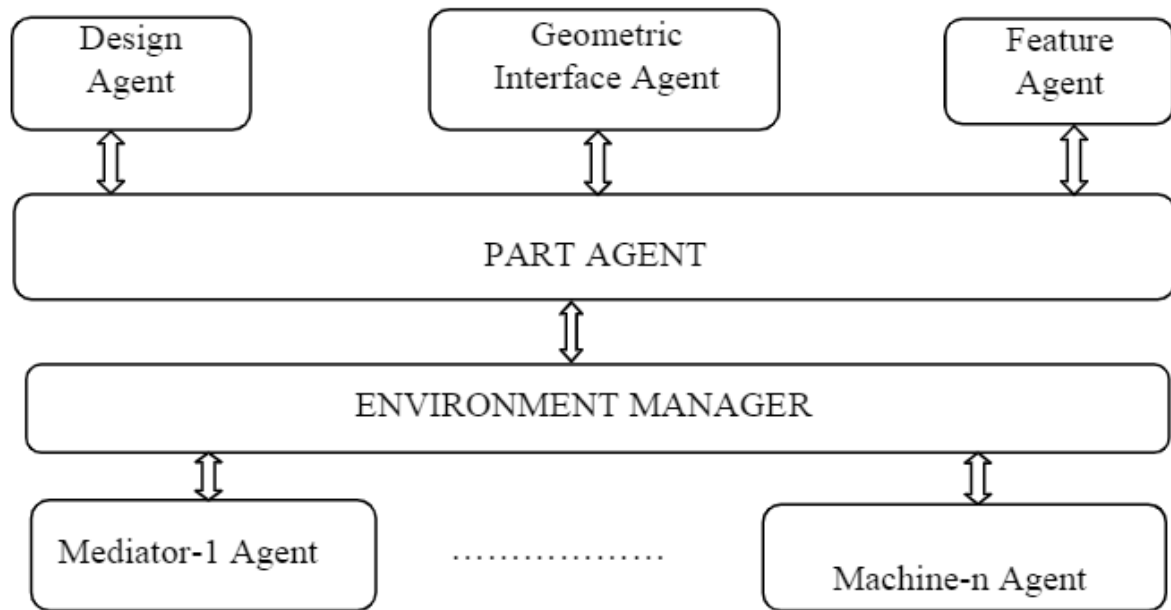


Figure 2: Architecture SMA avec agent coordinateur

1.4.2 Architecture Décentralisée

Contrairement aux systèmes centralisés, les agents décrits dans les architectures de séquences sont décentralisés. La technologie des agents a été considérée comme une approche importante pour le développement de systèmes distribués industriels et dans les grands réseaux commerciaux, les outils logiciels, les bases de données et les bases de connaissances sont généralement distribués.

Un agent est une entité informatique distribuée et possède un fil indépendant de contrôle d'exécution.

Il communique avec d'autres agents via des messages asynchrones, facilitant le calcul parallèle et distribué.

Dans les paragraphes suivants, un aperçu de certaines activités multi-agents distribués sera présenté.

Il existe de nombreux systèmes multi-agents décentralisés qui appartiennent à cette catégorie.

Il existe de nombreuses recherches et projets qui examinent l'utilisation de la technologie des agents dans la section de fabrication.

De même, de nombreux agents ont été proposés et développés dans de tels systèmes.

Comme nous l'avons mentionné précédemment, les agents peuvent activer l'intégration des opérations. Dans le projet, des agents sont utilisés et visent à l'intégration de la conception préliminaire avec les systèmes logiciels de planification de la fabrication.

Dans ce travail, une plate-forme multi-agents pour l'intégration simultanée des activités de conception et de planification des processus est examinée. La structure du système est représentée sur la (figure3) (Ocelllo, 2003).

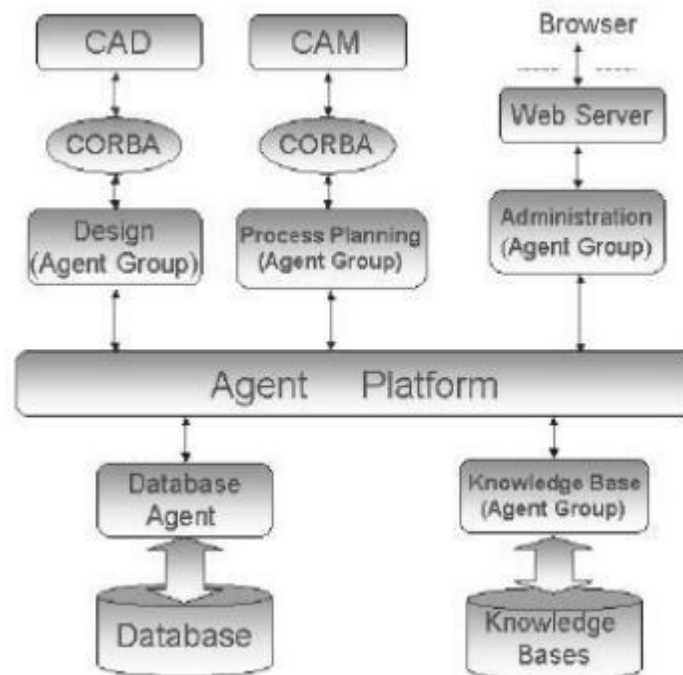


Figure 3 : Exemple d'architecture décentralisée

1.5 Modélisation et simulation multi-agent

1.5.1 Difficultés des modélisations classiques

Les premiers modèles mathématiques utilisés pour représenter des systèmes dynamiques modélisant une population d'entités individuelles, comme celui de Volterra, ont été critiqués pour l'étanchéité de leur niveau d'analyse.

En effet, dans ce type de modèles l'ensemble du système est globalement représenté par des équations définies au niveau macroscopique qui ne permettent pas de prendre en compte les caractéristiques individuelles des entités qui composent le système (Mic2004).

De plus, ce niveau d'analyse pose la question du réalisme et de la complexité des paramètres utilisés pour formuler les équations qui modélisent le système et met en cause la validité de l'approche (MIC, 2004).

1.5.2 Modélisation multi-agents

L'approche multi-agents se fonde elle aussi sur une démarche individus-centrée mais elle va plus loin. En effet, elle considère qu'il est possible de modéliser, non seulement les individus et leurs comportements, mais aussi les interactions qui se déroulent entre ces individus.

Elle considère ainsi que la dynamique globale d'un système, au niveau macroscopique, résulte directement des interactions entre les individus qui composent ce système au niveau microscopique. Ainsi, alors que les modèles classiques modélisent les relations qui existent entre les différentes entités identifiées d'un système à l'aide d'équations mathématiques, l'approche multi-agents modélise directement les interactions engendrées par des comportements individuels (MIC, 2004).

1.6 Domaines d'utilisation des systèmes Multi-Agents:

La jeunesse des systèmes Multi-Agents n'a pas empêché sa présence dans de nombreux domaines, grâce aux avantages qu'ils offrent et les caractéristiques dont ils disposent Citons comme échantillon: les systèmes financiers et commerciaux comme le commerce et les banques électroniques, les systèmes embarqués, la gestion des bases de données, la gestion des réseaux de communication, la recherche d'information et le contrôle industriel.

L'utilisation des systèmes Multi-Agents varie d'un domaine à un autre, mais elle tourne généralement autour de trois axes fondamentaux:

1. Un système d'agents intelligents dédié à résoudre un certain nombre de problèmes d'une manière distribuée (utilisé dans le domaine de l'intelligence artificielle).
2. Un système d'agents physiques consacré à réaliser un ensemble de tâches et d'actions réel représentant le but du système.

On peut donner comme exemple le système des robots spatiaux exploratoires, les systèmes des robots footballeurs...etc.

3. Un système Multi-Agents pour la simulation: c'est un système constitué des agents virtuels (agents logiciels) qui simulent des actions physiques, biologiques ou sociales, citons comme exemple la simulation des épidémies, la simulation des processus industriels...etc. Le fonctionnement de ce genre de systèmes est couplé aux outils d'études (comptage, statistiques, calculs des fonctions...) afin d'analyser le phénomène simulé.

1.6.1 Ecologie et biologie

Dans le monde d'aujourd'hui, les problématiques liées à la gestion de l'environnement prennent de plus en plus d'importance. Dans ce contexte, les techniques de simulations multi agents permettent de modéliser directement les actions d'un ensemble d'acteurs (humains et/ou animaux) sur leur environnement.

Le problème de la gestion de ressources renouvelables par l'homme est par exemple à l'origine de l'élaboration de la plate-forme de simulation multi-agents Cormas¹² (Mic2004).

Cette plate-forme a été utilisée pour de nombreux projets qui visent à étudier les interactions entre ressources et sociétés dont on trouve une liste sur le site Internet de la plate-forme.

1.6.2 Sciences sociales

Cela fait bien longtemps que le terme agent est utilisé dans le monde des sciences sociales et il est tout à fait naturel que les disciplines qui leurs sont associées se tournent vers les simulations multi-agents pour disposer d'un outil d'analyse supplémentaire (Drogoul, 1993).

Dans les références qui suivent, on trouve les motivations et les principales problématique SLIES à l'utilisation des multi-agents dans ce domaine.

Pour donner quelques exemples de cette utilisation, il existe des travaux qui concernent la théorie des jeux, la modélisation de phénomènes urbains, la modélisation de la dynamique du changement d'opinion dans une population pour n'en citer que quelques-uns (MIC 2004).

Pour concevoir un SMA, il faut définir

a) un modèle de SMA

– le modèle de chacun des agents qui vont entrer en action (niveau microscopique); – définir leur environnement et leurs interactions (niveau macroscopique) – définir les organisations sociales (niveau macro) qui les structurent.

b) un modèle concret de SMA :

- qui crée, initialise les agents.
- installe leur organisation.
- lance les agents qui doivent intervenir pour une exécution particulière.

c) Rôles des SMA

Résoudre un problème de manière distribuée :

Systemes multi-experts.

- Les actions des agents sont des transformations d'objets liées à la description d'un problème.
- agents plutôt rationnels Simulation de phénomènes complexes.
- Les agents simulent des actions physiques, biologiques ou sociales qui produisent des modifications du monde représenté. Ex : simulation de la pêche dans le delta du Niger, des épidémies, écosystèmes (proies / prédateurs).
- Agents plutôt réactifs.

d) Le rôle central de l'interaction

« Une interaction est la mise en relation dynamique de deux ou plusieurs agents par le biais d'un ensemble d'actions réciproques... Les interactions sont non seulement la conséquence d'actions effectuées par plusieurs agents en même temps, mais aussi l'élément nécessaire à la constitution d'organisations sociales » (Ferber, 1995).

Interagir pour gérer, communiquer, se coordonner, coopérer, négocier...
Interaction passive par modification de l'environnement, Interaction intentionnelle par action visible sur l'environnement ou par l'intermédiaire de messages que les agents s'envoient les uns aux autres.

Nécessité de modèles formels d'interactions (Michael, 2020).

1.7 Les modèles basés Système multi agent

1.7.1 Peste

1.7.1.1 Définition

La peste, maladie vieille de plus de quatorze siècles, n'est pas une maladie révolue. Des foyers épidémiologiques subsistent, apparaissent ou réapparaissent dans la zone tropicale ou subtropicale, où la maladie fait toujours des victimes, même si le nombre de cas a fortement décliné dans le monde après les dernières atteintes de la troisième pandémie des XIX^e-XX^e siècles (Audouin-Rouzeau, 2003). Entre 1987 et 2001, le nombre de cas de peste humaine déclarés à l'OMS n'a cessé d'augmenter, ce qui porte la maladie au rang des maladies émergentes (Chanteau, 2004).

Les cas notifiés à l'OMS sont selon les pays, soit des cas confirmés, soit des cas suspects

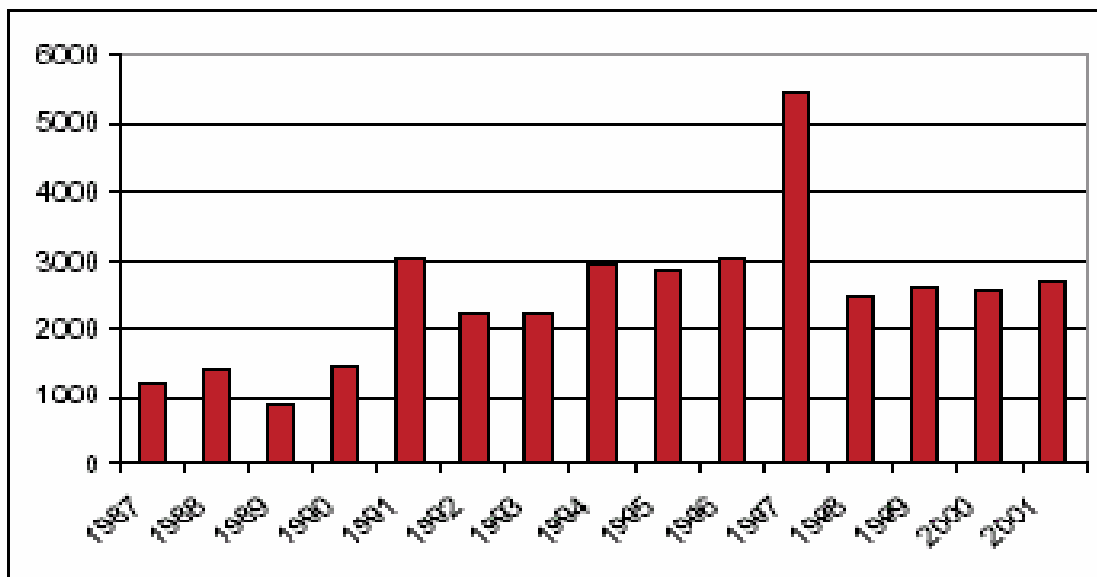


Figure 4 : les cas notifiés à l'OMS

1.7.1.2 Analyse des processus de transmission

Le processus de transmission de la peste est connu depuis les travaux d'Alexandre Yersin et Paul-Louis Simond à la Commission des Indes entre 1894 et 1898.

Le premier isole le bacille *Yersinia pestis* dans l'organisme des rats morts de peste, identifiant par là même le rongeur comme l'hôte principal du bacille, tandis que le second identifie peu après la puce comme l'insecte vecteur de la maladie, responsable de la transmission du bacille à son hôte par simple piqûre (Audouin-Rouzeau, 2003).

Cette puce peut facilement – à condition de fréquenter les mêmes zones - passer du rat au rat, puis du rat à l'homme. Une fois transmise, la maladie prend chez l'homme la forme d'une peste bubonique qui cause le décès par septicémie.

D'une manière générale, la transmission de proche en proche ne se fait pas par contagion interhumaine mais par piqûre des différentes personnes d'une communauté par les puces infectées à partir des rats pesteux morts sur les mêmes lieux.

Cependant une pneumonie pesteuse secondaire peut résulter de la phase septicémique et dans ce cas le bacille ne sera beaucoup plus facilement transmis de personne à personne par les voies aériennes et les expectorations, transmission directe plus connue sous le nom de

peste pulmonaire. Cette forme au pouvoir contagieux décuplé ne représente toutefois que très peu de cas.

Une démarche expérimentale par la modélisation multi agent :

Il serait difficile, voire impossible, d'accumuler et de mettre en relation suffisamment d'observations sur la dynamique des trois systèmes convergents pour comprendre la dynamique globale du système pathogène.

Aussi, la modélisation informatique présente-t-elle un intérêt heuristique fort : une architecture de type multi-agents nous offre la possibilité d'observer à un niveau global les effets des interactions simulées entre les éléments des trois systèmes, et à en dégager une meilleure intelligence de la complexité du système pathogène.

Ainsi, par la modélisation multi-agents, nous entreprenons une démarche d'expérimentation in silice (Lerbet-Sereni, 2004).

1.8 Conclusion

La vision centralisée des problèmes est difficile à mettre en œuvre dans le cas de processus complexes, réunir la décentralisation et l'autonomie grâce aux systèmes Multi-Agents ouvre les portes vers une nouvelle démarche de résolution des problèmes et de simulation des phénomènes complexes, cette dernière a bien exploité les avantages qu'offrent les systèmes Multi-Agents qui lui permettent de maîtriser la complexité et la difficulté des systèmes à simuler.

Chapitre 2 : COVID-19 (SARS-Cov-2)

1.9 Introduction

La pandémie du Covid-19 ne cesse depuis 3 ans de bouleverser le monde. Malgré que son impact sanitaire n'est pas si catastrophique, talque pour l'Ebola ou la grippe aviaire, mais son impact est surtout économique et social.

Dans ce chapitre, nous avons présenté le virus SRAS-Covid-2 responsable de la maladie Covid-19, ainsi que les aspects relatifs à cette dernière.

Je consacrée également une partie du chapitre à l'apparition et l'évolution de la maladie du Covid-19 en Algérie, jusqu'au 21 juin 202.

Le mot COVID-19 désigne la pathologie, la maladie provoquée par le coronavirus responsable d'une pandémie dans les années 2020.

De la même façon qu'en 2003 un coronavirus avait entraîné une épidémie de SRAS (acronyme de syndrome respiratoire aigu sévère), celui de 2020 est à l'origine d'une pandémie de Corvidé-19, ou par abréviation, de COVID.

Le mot COVID-19 est apparu le 11 février 2020, lorsque l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a donné un nom à la pathologie provoquée par le virus connu jusque-là sous le nom technique de 2019-NCOV, et d'abord appelé coronavirus de Wuhan.

Ce renomma gé a notamment pour but d'éviter de stigmatiser la région qui était le premier foyer connu de cette pandémie.

COVID-19 est formé à partir des syllabes COVID et vi empruntées au mot coronavirus, et de l'initiale du mot anglais disease, qui signifie « maladie, pathologie ».

Le nombre 19 correspond à l'année d'apparition du virus chez l'être humain : 2019.

1.10 Définition du Covid-19

La maladie à coronavirus (COVID-19) est une maladie infectieuse causée par un coronavirus nouvellement découvert. La plupart des personnes infectées par le virus COVID-19 connaîtront une maladie respiratoire légère à modérée et se rétabliront sans nécessiter de traitement spécial.

Les personnes âgées et celles souffrant de problèmes médicaux sous-jacents comme les maladies cardiovasculaires, le diabète, les maladies respiratoires chroniques et le cancer sont plus susceptibles de développer une maladie grave.

Le meilleur moyen de prévenir et de ralentir la transmission est d'être bien informé sur le virus COVID-19, la maladie qu'il provoque et comment il se propage. Protégez-vous et les autres contre les infections en vous lavant les mains ou en utilisant fréquemment un désinfectant à base d'alcool et en ne vous touchant pas le visage.

Le virus COVID-19, la maladie qu'il provoque et comment il se propage. Protégez-vous et les autres contre les infections en vous lavant les mains ou en utilisant fréquemment un désinfectant à base d'alcool et en ne vous touchant pas le visage.

Le virus COVID-19 se propage principalement par les gouttelettes de salive ou l'écoulement nasal lorsqu'une personne infectée tousse ou éternue, il est donc important que vous pratiquiez également l'étiquette respiratoire (par exemple, en toussant dans un coude fléchi) ([OMS], 2021).

1.10.1 Le virus SARS-Cov-2 (COVID-19)

Le SARS-CoV-2 (acronyme anglais de sévère acute respiratory syndrome coronavirus 2), soit coronavirus 2 du syndrome respiratoire aigu sévère, est le virus responsable de la Covid-19.

Son acronyme est parfois partiellement francisé en SRAS-CoV-2. Ce coronavirus hautement pathogène a été découvert en décembre 2019 dans la ville de Wuhan (province de Hubei, en Chine).

Le SARS-CoV-2 est un virus à ARN monocaténaire de polarité positive du groupe IV de la classification Baltimore. Il appartient au genre beta coronavirus qui regroupe entre autres les SARS-CoV-1 et MERS-CoV-2.

Le SARS-CoV-2 est une nouvelle souche de coronavirus SARS-CoV-2. Vue au microscope électronique à balayage de particules virales de SARS-CoV-2 (en jaune), le virus qui cause la maladie Covid-19 - ici isolé d'un patient aux États-Unis, émergeant de la surface de cellules (bleues / roses) cultivées en laboratoire (figure6).

SARS-CoV-2 isolé d'un patient aux États-Unis (en jaune, vue au microscope électronique à balayage, émergeant de la surface des cellules infectées cultivées en laboratoire).

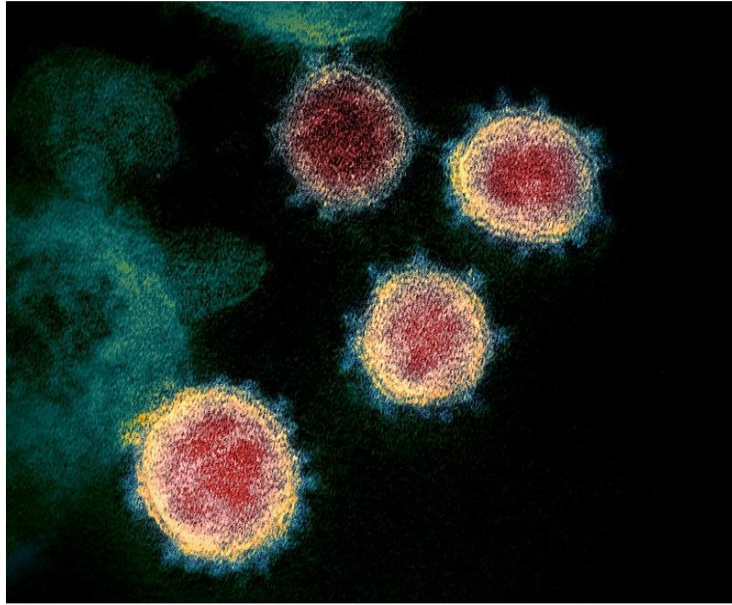


Figure 5 : Vue au microscope du SARS-CoV-2

Dans un contexte de faible immunité collective, le SARS-CoV-2 circule presque toute l'année. Avec le temps, il est possible que le SARS-CoV-2 circule sur un mode épidémique plus saisonnier, entre janvier et mai dans les zones à climat tempéré, tout comme le HCoV-NL63, le HCoV-229E et le HCoV-OC43, des coronavirus responsables de simples rhumes.

Le SARS-CoV-2 est principalement transmis par les microgouttelettes et aérosols et a un tropisme particulier pour le système respiratoire supérieur (nez, trachée) et inférieur (bronches, poumons). Un site complémentaire de réplication primaire est le système digestif, en particulier l'estomac et les intestins. Le SARS-CoV-2 peut se disséminer dans l'organisme via les neurones.

Lorsque le SARS-CoV-2 atteint le système nerveux central, il peut se produire une perte totale ou partielle d'odorat (anosmie).

Le SARS-CoV-2 a de nombreux sites secondaires de réplication : le système cardiovasculaire, le système immunitaire, le système endocrinien, le système urinaire, le système reproducteur et les glandes sudoripares de la peau.

Le principal récepteur cellulaire utilisé par le SARS-CoV-2 pour infecter des cellules est l'enzyme ACE2.

Ce récepteur est reconnu par la protéine S du SARS-CoV-2 qui opère l'essentiel du processus d'entrée du virus dans une cellule.

Le SARS-CoV-2 possède au total environ 29 protéines virales. Certaines d'entre elles sont spécialisées dans le détournement de la machinerie de la cellule infectée.

D'autres participent activement à la réplication du génome viral.

Le SARS-CoV-2 peut infecter des cellules par fusion directe ou en étant absorbé par une cellule via un processus d'endocytose.

Le SARS-CoV-2 a aussi la faculté de fusionner des cellules infectées avec les cellules non infectées avoisinantes, formant des « syncytium », c'est-à-dire des cellules géantes englobant des dizaines de cellules productrices de virus.

Présentant une vitesse actuelle de mutation de l'ordre de $5,2$ à $8,1 \times 10^{-3}$ substitutions par site et par an, le SARS-CoV-2 est l'un des virus qui mutent le plus vite au monde.

La mise au point d'un vaccin approprié capable de protéger durablement contre le SARS-CoV-2 s'avère être un défi technologique.

Lorsque les anticorps deviennent non neutralisants, des virus tels que les coronavirus utilisent les récepteurs FC pour infecter les globules blancs, par un mécanisme connu sous le nom de facilitation dépendante des anticorps.

Ce qui peut être problématique, sachant que le SARS-CoV-2 est capable de se reproduire dans de nombreux globules blancs comme les macrophages, les monocytes, et les lymphocytes B.

La réponse immunitaire face au SARS-CoV-2 diffère d'un patient à l'autre : 40 % sont asymptomatiques, 40 % développent une Covid légère, 15 % une forme modérée pouvant conduire à un Covid long, et 5 % une Covid sévère pouvant nécessiter des soins de réanimation.

La réponse immunitaire innée et adaptative des formes sévères de Covid-19 est globalement contre-productive et génère autant de dégâts dans l'organisme que le virus. L'origine du SARS-CoV-2 est encore incertaine.

Le réservoir animal initial se trouve chez la chauve-souris chinoise *Rhinolophus affinis*.

Son adaptation à l'humain pourrait résulter d'un passage direct des chauves-souris aux humains, d'une transmission impliquant un hôte intermédiaire ou d'expériences en laboratoire (Sars, 19).

1.10.2 Nom du virus et de la maladie

D'abord dénommé « coronavirus de Wuhan » puis « nouveau coronavirus 2019 » (2019-CoV), son nom officiel SARS-CoV-2 (pour « sévère acute respiratory syndrome coronavirus 2 », en anglais) a été définie le 11 février 2020 par l'International Committee on Taxonomy of Viruses (ICTV) 1.

La forme longue en français de l'acronyme SARS-CoV-2 est désignée par l'OMS « coronavirus 2 du syndrome respiratoire aigu sévère »¹⁵⁶, tandis que l'Office québécois de la langue française le désigne « coronavirus du syndrome respiratoire aigu sévère 2 » et francise partiellement l'acronyme en SRAS-CoV-2.

Le groupe d'étude Nid virales de l'ICTV a proposé le nom SARS-CoV-2 au terme d'une analyse taxonomique poussée².

Ce travail montre notamment que le nouveau coronavirus appartient à la même espèce biologique que SARS-CoV qui avait causé l'épidémie de SRAS en 2003, même si le syndrome observé en 2019 diffère de celui-ci. Simultanément, l'OMS donne à la maladie liée au virus le nom officiel de « maladie à coronavirus 2019 » (COVID-19) qui avant était informellement dénommée « pneumonie de Wuhan ». À noter que Covid-19 désigne la maladie et non le coronavirus, d'où des recommandations de l'employer au féminin.

On trouve aussi parfois, même dans un contexte scientifique, l'appellation CoV-19, pour « Human Coronavirus 2019 ». Même si nommer différemment la maladie et l'agent qui la cause est habituel (exemple : le VIH cause le sida), et si la définition des espèces biologiques dépend d'autres éléments que ceux purement conjoncturels (exemple : Botrytis cinerea cause la pourriture grise mais aussi la pourriture noble recherchée pour la vinification des sauternes), l'apparition des deux noms le même jour a d'abord suscité quelques incompréhensions tant dans le public peu averti mais sensibilisé par une situation de crise, que dans la communauté scientifique.

Selon l'historien Frédéric Vagneron, « c'est sans doute la première fois dans l'histoire que l'on a détecté un virus avant même de donner un nom à la maladie qu'il provoque » (Sars, 19).

1.10.3 Signes et symptôme de l'affection Covid-19

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.

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.

Des études observationnelles privilégiées ainsi que des travaux de modélisation ont montré que l'infection peut être asymptomatique ou pauci symptomatique (entraîner pas ou peu de manifestations cliniques) chez 30 à 60 % des sujets infectés, en particulier chez les jeunes enfants (moins de 12 ans) (Pasteur), 2020).

1.10.4 Diagnostic du Covid-19

La méthode standard de diagnostic consiste à effectuer une réaction en chaîne par polymérase à transcription inverse (RT-PCR) à partir d'un écouvillon nasopharyngé.

Au début de l'épidémie, des critères avaient été définis pour réaliser les tests diagnostiques. Au 6 mars 2020, devant la diffusion mondiale du virus et l'apparition de plusieurs foyers importants, ces critères sont devenus de plus en plus obsolètes.

Le fait de revenir d'un séjour dans une région infectée est suffisant pour justifier une recherche par RT-PCR et/ou la réalisation d'un CT scan des poumons si un patient présente les signes décrits ci-dessus.

Les CDC définissent un « contact étroit » comme le fait d'être à moins de deux mètres d'un malade suspecté ou confirmé ou dans une pièce ou une zone de soins pendant une période prolongée sans équipement de protection individuelle ou exposé directement aux sécrétions d'une personne infectée par le SARS-CoV-2.

En complément du test PCR, un oxymétrie peut également être utilisé pour détecter une contamination au COVID-19 ou pour surveiller une personne contaminée afin d'être alerté en cas de détresse respiratoire (Sars, 19).

1.11 Laboratoire

Les tests de laboratoire évoluent pour ce pathogène émergent et les recommandations en matière de tests de laboratoire changeront en conséquence à mesure que de nouveaux tests seront mis au point et validés, qui ont été autorisés par Santé Canada sont privilégiés.

Tous cas classés comme probable sur la base d'un lien épidémiologique qui se révèle ensuite négatif pour le virus du SRAS-COV-2 ne doit plus être classé comme un cas probable. Des exceptions peuvent être faites en cas de résultats négatifs sur un échantillon compromis ou si le test de dépistage TAAN est retardé (par exemple >10-14 jours après l'apparition des symptômes) faisant en sorte que ces personnes demeurent alors des cas probables.

Sensible que le test ou la méthode initiale utilisée) ou en prélevant et en testant un autre échantillon du patient.

1.11.1 Tests hors laboratoire

Une validation locale et une évaluation provinciale (et/ou fédérale) sont requises pour tous les tests hors laboratoires (moléculaires et/ou antigéniques) incluant le test de référence effectué dans un laboratoire agréé/accrédité.

Si la validation n'est pas terminée avant l'utilisation clinique dans un lieu donné, un échantillon simultané doit être obtenu de la personne et testé à l'aide d'un TAAN validé dans un laboratoire agréé/accrédité jusqu'à ce qu'au moins 10 à 20 positifs et 30 à 50 négatifs soient évalués avec le test hors laboratoire et que des données de performance acceptables soient obtenues. Si des résultats divergents sont obtenus lors de tests simultanés, un cas doit être reclassé sur la base des résultats du test TAAN en laboratoire.

Si la déclaration a lieu avant d'avoir complété la validation et l'évaluation juridictionnelle, ou si les tests ont lieu dans un emplacement non accrédité, un résultat positif au test hors laboratoire doit être considéré comme un résultat préliminaire positif (également appelé présumé positif dans certaines juridictions) et le cas doit être classé comme un cas probable en attendant les résultats TAAN validés en laboratoire.

Si aucun résultat de test TAAN en laboratoire n'est obtenu (ou si un nouvel échantillon est prélevé plus de 24 heures après le prélèvement préliminaire au test hors laboratoire et que le résultat en laboratoire est négatif), le statut du cas devrait aussi rester probable.

Chaque juridiction peut décider si/quand un test TAAN hors laboratoire positif ou négatif peut être considéré comme un résultat final positif ou négatif confirmé, respectivement, sans qu'il soit nécessaire de le confirmer dans un laboratoire agréé/accrédité. Une performance acceptable est basée sur la propre évaluation d'une juridiction et/ou sur des évaluations menées par des partenaires interprovinciaux/nationaux, et comprendrait probablement l'analyse des données initiales accumulées pour le test spécifique. En raison des différences de performance entre les différents tests utilisant la même technologie, cette analyse est recommandée pour chaque test TAAN hors laboratoire utilisé.

Les échantillons pour le test hors laboratoire antigénique dont les résultats sont préliminaires (ou présumés) positifs ou positifs doivent être confirmés par un TAAN en laboratoire.

A l'heure actuelle, ces patients sont considérés comme des cas probables dans l'attente des résultats du TAAN. Cette recommandation pourrait changer à mesure que de nouvelles

données sont accumulées sur les performances des tests de détection hors laboratoire antigénique au Canada.

La maladie à coronavirus 2019, abrégée en COVID-19 (acronyme anglais signifiant coronavirus disease 2019), est une maladie infectieuse émergente de type zoonose virale, provoquée par le coronavirus SARS-COV-2 (ex 2019-NCOV), responsable d'une pandémie ayant débuté en décembre 2019 dans la ville de Wuhan, capitale de la province du Hubei, en Chine centrale.

La COVID-19 est citée comme pouvant être la « maladie X », nom donné en 2018 par l'OMS à une maladie susceptible de causer un danger international. De fait, dans les premiers mois de l'année 2020, la COVID-19, qualifiée de pandémie par l'OMS, prend une envergure mondiale, touchant sévèrement des pays comme l'Italie, intégralement mise en quarantaine en mars, provoquant des annulations en série de manifestations sportives et autre, menaçant l'économie mondiale, déclenchant des mesures exceptionnelles comme l'interdiction faite à tous les citoyens de l'espace Schengen d'entrer sur le territoire des États-Unis, décrétée par le président Donald Trump, et provoquant un krach boursier en Europe et en Amérique du Nord le 12 mars 2020.

Le COVID ou la Covid-19 l'académie française vient de trancher: on dit la COVID19. Pour un acronyme c'est le genre du mot principal qui compte. La difficulté avec COVID est qu'il s'agit d'un acronyme d'origine étrangère.

COVID est l'abréviation du terme anglais « Coronavirus disease » qui se traduit par « maladie du coronavirus ». « Maladie » étant un mot féminin la règle devrait donc bien être d'employer le féminin quand on utilise le terme COVID.

1.11.2 Tests Biologiques

1.11.2.1 RT-PCR

Le test-diagnostic le plus utilisé est la mise en évidence du génome du virus par la technologie RT-PCR (amplification génique après transcription inverse) sur des frottis nasopharyngés [PCR].

Cependant, ce diagnostic n'est pas à la portée de tous les systèmes de santé. De plus, des faux négatifs sont possibles en RT-PCR, ce pourquoi l'imagerie médicale reste essentielle pour le bon diagnostic des patients.

La spécificité de ce test est de 100 % mais on ignore sa sensibilité cependant tout dépend de la charge virale du prélèvement laquelle est variable selon le moment (primo-infection) selon l'état immunitaire du sujet (risque élevé chez les sujets immunodéprimés). L'existence de faux négatifs est connue.

La RT-PCR a été largement déployée en virologie diagnostique et a donné peu de résultats faussement positifs.

Les valeurs prédictives positive et négative ne sont pas actuellement connues avec précision, car, pour les calculer il faut avoir le chiffre exact de l'incidence et de la prévalence de la maladie. Le 22 janvier 2020, le ministère français des Solidarités et de la Santé annonce qu'un test diagnostic développé par le centre national de référence des virus respiratoires, à savoir l'Institut Pasteur, est disponible en France.

La sensibilité du test dépend aussi de son lieu et mode de prélèvement. Ainsi la sensibilité de la RT-PCR est meilleure pour les prélèvements faits dans le nez que dans la bouche.

Pour échantillonner l'ARN du SARS-CoV-2, on a d'abord recommandé d'analyser le mucus de fond de gorge par écouvillonnage.

Les gouttelettes d'expectorations ont été jugées ensuite plus représentatives de la charge virale.

En cas de RT-PCR négative au niveau nasopharyngés chez un patient suspect de maladie à coronavirus 2019, il est préférable d'effectuer des prélèvements par lavage broncho alvéolaire (lavage bronchique au cours d'une fibroscopie pulmonaire), mais cette méthode (recommandée pour toute maladie respiratoire à risque) est impossible à appliquer en contexte épidémique.

La RT-PCR nécessite du temps, or le nombre d'appareils et leur capacité sont limités. Des diagnostics rapides sont donc proposés, par exemple en s'appuyant sur l'âge, le sexe, la température, les images radiologiques et le rapport neutrophile sur lymphocyte.

1.11.2.2 Imagerie

Comme le fait remarquer le professeur Christine Jenkins, responsable de la Fondation australienne des maladies pulmonaires et expert en pneumologie, la particularité des

pneumopathies virales est leur propension à atteindre tout le poumon alors que les pneumopathies bactériennes sont souvent localisées à un lobe pulmonaire.

La Covid-19 atteint très rapidement ensemble des deux poumons [imagerie 2020].

Une équipe chinoise décrit en février 2020 l'évolution de la pneumopathie chez des patients peu sévères en la divisant en quatre stades selon l'aspect au scanner : stade 1, dit précoce (jusqu'aux quatre premiers jours) : les opacités en verre dépoli c'est-à-dire des changements de densité des tissus en forme de halo, courants dans les affections virales.

Sont la principale anomalie pulmonaire, sont sous-pleurales et touchent les lobes inférieurs des poumons ; stade 2, dit progressif (cinq à huit jours) : les opacités en verre dépoli deviennent bilatérales et multi lobaires, des plages de condensation et de crazy paving apparaissent ; stade 3, dit du pic (dix à treize jours), les anomalies s'intensifient, notamment la condensation alvéolaire , stade 4, dit de résorption (après quatorze jours) : régression des anomalies, résorption de la condensation, disparition complète du crazy paving et persistance de verre dépoli.

Les mêmes auteurs concluent que les patients présentant une pneumonie modérée (sans détresse respiratoire sévère), les anomalies pulmonaires au scanner thoracique sont maximales environ dix jours après l'apparition initiale des symptômes, et régresse à partir de quatorze jours.

Généralement, plus la maladie avance, plus les opacités linéaires, un motif de pavage fou » et/ou un signe de « halo inversé sont présents sur l'image.

Chez les sujets asymptomatiques ou encore symptomatiques (c'est-à-dire à un stade infra clinique) le scanner (tomodensitométrie ou TDM) montre néanmoins des changements précoces dans les poumons (opacités en verre dépoli unilatérales) 358.

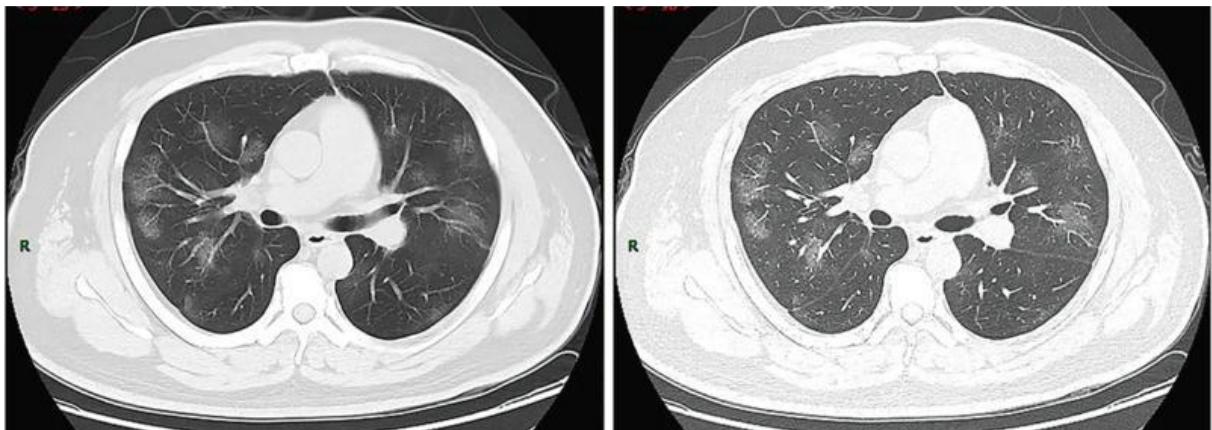
Le scanner peut donc contribuer au diagnostic de la Covid-19, associé à un test RT-PCR concordant, voire en cas de faux-négatif de ce test³⁵⁹.

Le 23 avril l'équipe du Pr Delabrousse du Centre hospitalier régional universitaire de Besançon publie un article dans la revue internationale RADIOLOGY qui fait figure d'avancée majeure dans la prise en charge des patients atteints de Covid-19.

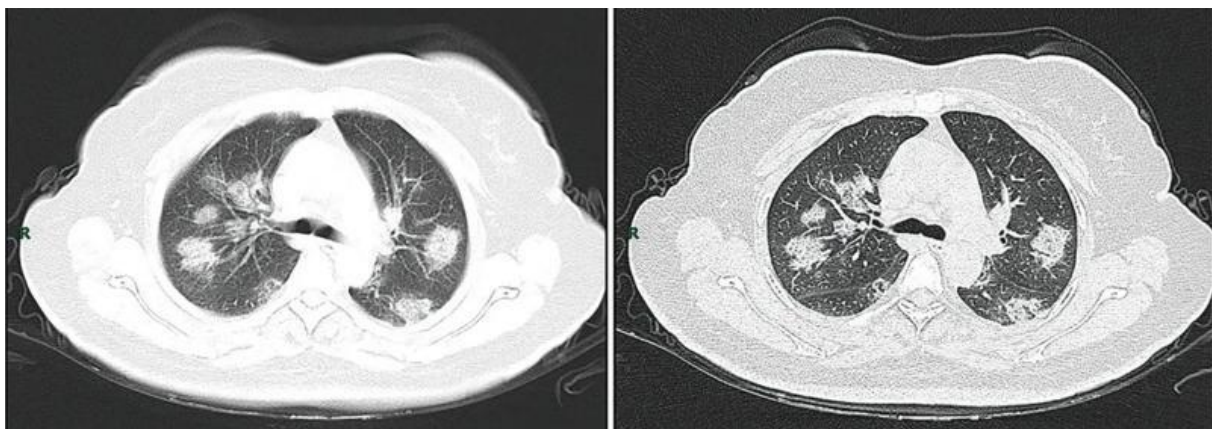
Cette étude établit que 23 % des patients atteints présentent une embolie pulmonaire détectée par angio scanné (qui utilise une injection de produit de contraste).

« Le diagnostic d'embolie pulmonaire chez les patients COVID-19 est impératif et impose la réalisation d'un angio scanné pulmonaire au lieu du scanner thoracique sans injection actuellement recommandé ».

Cette nouvelle recommandation est aussitôt suivie par le CHU de Strasbourg



Stade 1 de l'affection



Stade 2 de l'affection

Figure 6 :Cliches TDM (scanner) d'un sujet affecte par Covid-19

1.11.3 Traitement de la pneumonie infectieuse du nouveau coronavirus

Les cas suspects et confirmés doivent être isolés et traités dans des hôpitaux désignés dans des conditions d'isolement et de protection efficaces.

Les cas suspects doivent être traités isolément et dans des chambres individuelles. Plusieurs cas confirmés peuvent être admis dans la même clinique.

Les cas critiques doivent être admis aux soins intensifs dès que possible.

Se reposer au lit, renforcer le traitement de soutien, assurer une chaleur suffisante, faire attention à l'équilibre hydrique et électrolytique; fournir en temps opportun des mesures d'oxygénothérapie efficaces, y compris un cathéter nasal, masquer l'oxygène et une oxygénothérapie transnasale à haut débit; actuellement aucune méthode de traitement antivirale efficace n'a été confirmée.

Inhalation nébulisée d'a-interféron (5 millions d'U ou équivalent par adulte, ajouter 2 ml d'eau stérile pour injection, 2 fois par jour), lopinavir / ritonavir (200 mg / 50 mg par capsule) à chaque fois 2 gélules, 2 fois par jour, ou de la ribavirine peuvent être ajoutées (première dose pour les adultes 4 g, 1,2 g toutes les 8 heures le lendemain, ou 8 mg / kg iv. Toutes les 8 heures); éviter la cécité ou Utilisation appropriée des antibactériens, en particulier en combinaison avec des antibactériens à large spectre.

Outre le ribecvir, le phosphate de chloroquine, le facilavir et un certain nombre de médicaments commercialisés ayant une activité antivirale dans les spécialités chinoises sont en cours de découverte.

Ils intensifient et promeuvent successivement les expérimentations animales et les essais cliniques(Lerbet-Sereni, 2004).

1.12 Transmission du SARS-Cov2 et gestes barrières d'endiguement

La majorité des cas initialement décrits concernait des personnes ayant fréquenté un marché d'animaux vivants. L'hypothèse d'une zoonose (maladie transmise par les animaux) est donc privilégiée.

La transmission interhumaine a été établie plus tard et on estime qu'en l'absence de mesures de contrôle et de prévention, chaque patient infecte entre 2 et 3 personnes.

La transmission se fait essentiellement par voie aérienne (gouttelettes de postillons émises au cours des efforts de toux mais aussi lors de la parole) et passe par un contact rapproché (moins d'un mètre) et durable (au moins 15 minutes) avec un sujet contagieux.

Des particules de plus petite taille peuvent aussi être émises sous formes d'aérosols au cours de la parole, ce qui expliquerait que le virus puisse persister en suspension dans l'air dans une pièce non ventilée (et justifie dans ces circonstances le port du masque).

Enfin le virus peut conserver une infectiosité pendant quelques heures sur des surfaces inertes d'où il peut être transporté par les mains ce qui justifie une bonne hygiène des mains (Michael, 2020).

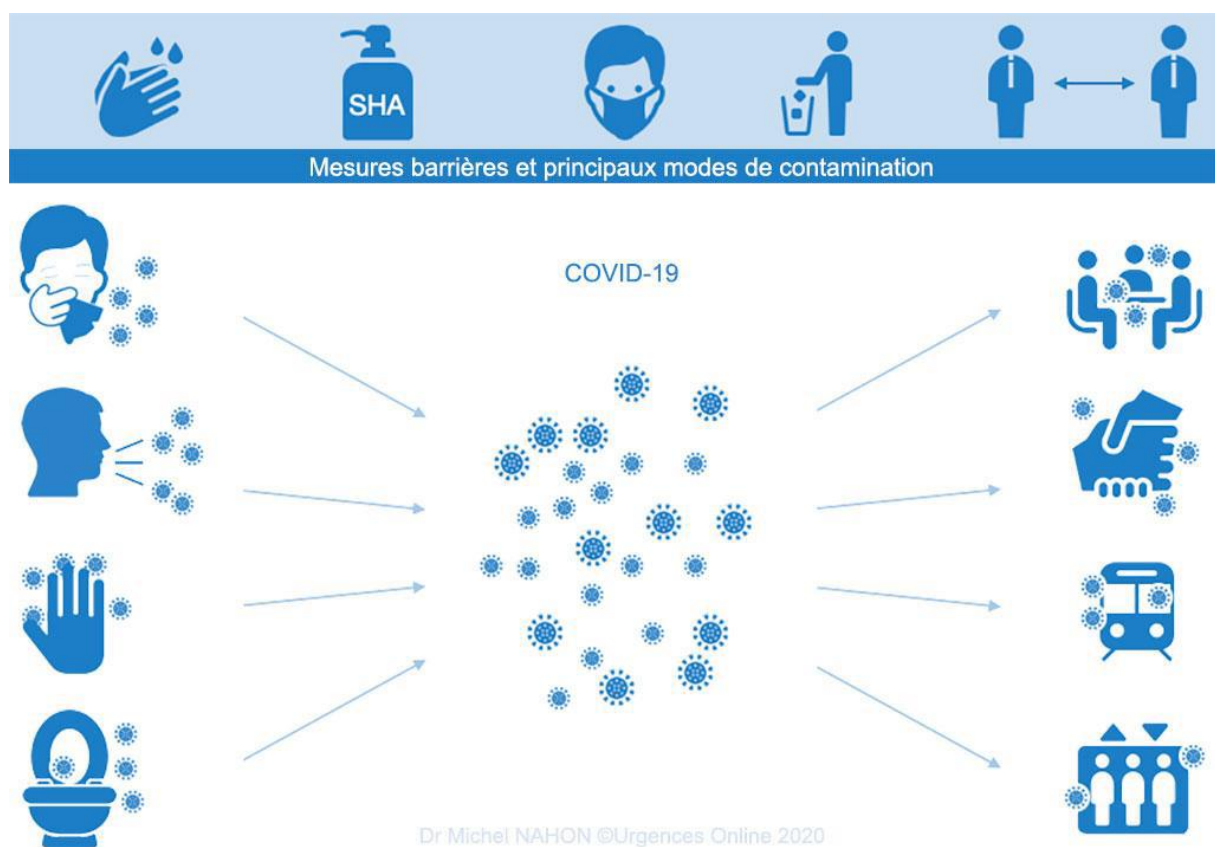


Figure 7 : Transmission et gestes barrière pour l'endiguer

Pour empêcher la propagation de la COVID-19, suivez ces recommandations :

- L'avez-vous fréquemment les mains.

Utilisez du savon et de l'eau, ou une solution hydroalcoolique.

- Tenez-vous à distance de toute personne qui tousse ou éternue.
- Portez un masque lorsque la distanciation physique n'est pas possible.
- Évitez de vous toucher les yeux, le nez ou la bouche.

- En cas de toux ou d'éternuement, couvrez-vous le nez et la bouche avec le pli du coude ou avec un mouchoir.
- Restez chez vous si vous ne vous sentez pas bien.
- Consultez un professionnel de santé si vous avez de la fièvre, que vous toussiez et que vous avez des difficultés à respirer.
- Les masques peuvent contribuer à éviter que les personnes qui les portent transmettent le virus à d'autres personnes. Le seul port du masque ne protège pas contre la COVID-19. Il doit être associé à des mesures de distanciation physique et d'hygiène des mains. Suivez les conseils des autorités sanitaires locales.

1.13 Covid-19 en Algérie

De 3 A partir du 1er mars 2020, un foyer de contagion se forme dans la wilaya de Blida³, seize membres d'une même famille ont été contaminés par le coronavirus lors d'une fête de mariage à la suite de contacts avec des ressortissants algériens en France⁴. Progressivement, l'épidémie se propage pour toucher toutes les wilayas algériennes.

D'autres cas de Covid-19 sont ensuite détectés.

Mais dans ce pays de 42,4 millions d'habitants il y a eu, au 4 juin 2021, un total de 130 361 malades, et un total 504 décès.

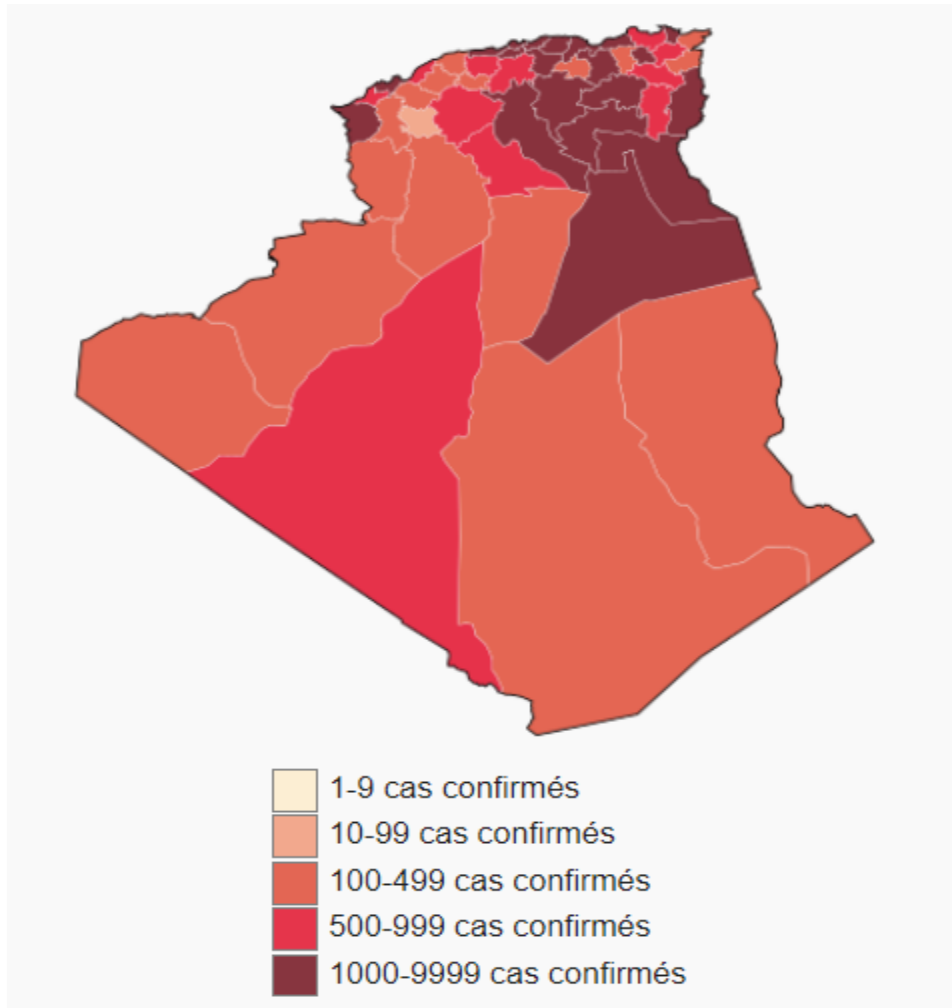


Figure 8 : Répartition des affections par wilaya

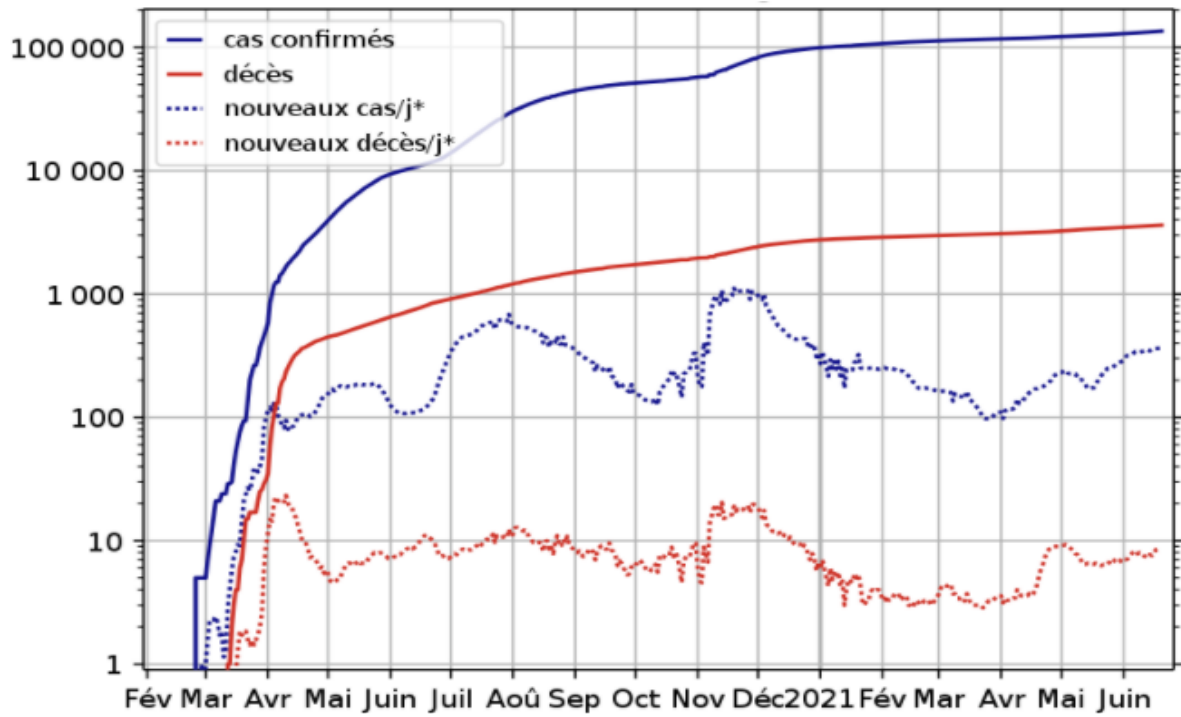


Figure 9 : Evolution de la l'épidémie depuis février 2020 à juin 2021



Figure 10 : Evolution de la l'épidémie Janvier 2022

1.14 Environnement

Ces documents présentent le comportement du virus SRAS-COV-2 dans l'environnement et les modes de transmissions de la maladie à coronavirus 2019, plus particulièrement en milieu résidentiel et dans les lieux publics, excluant les établissements de santé et autres milieux de soins.

Transmission extérieure (ajouté le 13 janvier 2022)

Environnement extérieur - Questions-Réponses (mis à jour le 26 février 2021)

Connaissances actuelles sur la transmission du virus dans les espaces extérieurs auxquels a accès la population générale et sur la transmission de la COVID-19 en fonction de facteurs comme la désinfection ou le balayage des rues, les conditions météorologiques et la qualité de l'air ambiant.

Conditions de faisabilité et utilité de la surveillance de la COVID-19 à l'aide du monitoring du SRAS-CoV-2 dans les eaux usées (ajouté le 12 janvier 2022).

Lieux de baignade - Questions-Réponses (mis à jour le 27 mai 2021)

Ce document fait état des connaissances actuelles sur le risque de transmission de la COVID-19 dans les lieux de baignade et fournit des recommandations générales aux usagers et aux exploitants.

Eau potable - Questions-Réponses (mis à jour le 07 mai 2021)

Ce document vise à faire état des connaissances actuelles sur le risque de transmission de la COVID-19 par l'eau potable.

Modes de transmission et mesures de prévention et de protection contre les risques, incluant le rôle de la ventilation - Questions-Réponses (mis à jour le 13 janvier 2022)

Modes de transmission et efficacité du port de masque de type N95 et du masque médical (ajouté le 13 janvier 2022).

Document d'appui destiné au Comité consultatif sur la transmission de la COVID-19 en milieux scolaires et en milieux de soins et sur le rôle de la ventilation (ajouté le 8 janvier 2021)

Utilisation des climatiseurs et des ventilateurs électriques lors des vagues de chaleur (mis à jour le 9 juin 2021)

Nettoyage et désinfection de surfaces (mis à jour le 14 juin 2021)

Ce document vise à faire la lumière sur le nettoyage et la désinfection des surfaces dans l'environnement intérieur et extérieur, plus précisément en milieu résidentiel et dans les lieux publics, excluant les établissements de santé et autres milieux de soins.

Il remplace la version du document « COVID-19 : Nettoyage des surfaces » datée du 15 avril 2020 (Pasteur), 2020).

1.14.1 Lieux publics

Atténuation des risques de transmission dans les transports collectifs (ajouté le 8 septembre 2021)

Concepts de base concernant le dioxyde de carbone (CO₂) et sa mesure dans les bâtiments (ajouté le 12 juillet 2021)

Mesures sanitaires recommandées pour la population générale (ajouté le 22 mai 2020)

Le présent avis résume les mesures de prévention de la COVID-19 recommandées pour la population générale dans le contexte de la pandémie et de la levée graduelle des mesures de confinement.

L'avis tient compte des connaissances actuelles sur la transmission du virus SRAS-CoV-2 et sur sa contagiosité.

En l'absence de vaccin ou de traitement, et en parallèle avec l'identification et l'isolement rapide des personnes infectées et de leurs contacts, ces comportements devront devenir la nouvelle norme sociale pour freiner la propagation du virus.

Ouverture sécuritaire des jardins communautaires (ajouté le 27 avril 2020).

Ce document pour but de soutenir la prise de décision des autorités locales concernant l'ouverture des jardins communautaires en fournissant des données probantes sur leurs bienfaits pour la santé de la population ainsi que les conditions à respecter pour assurer la protection des usagers dans le contexte actuel de la pandémie de COVID-19.

Port du couvre-visage ou du masque médical par la population générale (mis à jour le 29 octobre 2021)

Recommandations concernant le port du couvre-visage ou du masque médical par la population générale pour prévenir la transmission du virus.

Revue rapide de la littérature scientifique sur le port du couvre-visage par les enfants (ajouté le 12 juin 2020)

Propositions quant à l'utilisation de cloisons à l'intérieur des voitures (ajouté le 15 mai 2020)(Adam, 2000).

1.15 Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre la nouvelle maladie Covid-19, causée par le nouveau coronavirus SRAS-Covid-2.

Il s'agit d'une affection qui a causé une pandémie mondiale et a impliquées des problèmes énormes, que ce soit sur la sante, l'économie, éducation, et tous les autres secteurs de l'activité humaine.

Chapitre 3: Conception et implémentation

1.16 Introduction

Nous proposons dans ce chapitre un modèle multi-agent pour la modélisation et la simulation de la propagation du virus du SARS-COV2, responsable de l'affection COVID-19.

Le modèle proposé est basé sur une population d'agents réactifs, représentant chacun une personne qui vit et qui se déplace dans un environnement représentant une agglomération urbaine, dont la taille peut varier de quelques centaines de personnes à quelques millions (métropole).

Plusieurs paramètres sont introduits et discutés afin d'étudier leur impact sur la propagation de la maladie, et de prendre les mesures barrières pour endiguer l'épidémie.

Les coronavirus sont une grande famille de virus connus pour provoquer des maladies allant du simple rhume à des maladies plus graves, telles que le syndrome respiratoire du Moyen-Orient et le syndrome respiratoire aigu sévère (SARS).

Un nouveau coronavirus a été identifié en 2019, à Wuhan, en Chine. Ce virus représente une nouvelle souche qui n'a pas encore été identifiée chez l'homme.

À la mi-2021, la pandémie continue covid-19 causée par le virus SARS-COV-2 succès dans le monde, et calcule le coût humain de millions, sans de lourdes pertes dans l'économie mondiale, et se félicite de tous les efforts pour endiguer l'épidémie Hedda.

Dans ce chapitre, nous avons mis en place un modèle pour simuler la propagation du Covid 19 dans une population. Où nous avons fait des simulations sur une certaine catégorie de citoyens sains (agents) et les avons placés avec une catégorie de citoyens malades, tout en respectant les mesures préventives (le masque et le vaccin..etc.), et au final nous avons conclu que la maladie se propage rapidement lorsque des mesures préventives ne sont pas prises.

1.17 Aperçu du modèle

Covid-19 est l'appellation par l'OMS de la nouvelle maladie causée par un nouveau virus, nommé SARS-CoV-2, et paru mi-novembre 2019, à un marché de fruits de mer à la ville de Wuhan au centre de la Chine [OMS 2019].

Le virus est nouveau, et jusqu'à ce jour les données épidémiologiques qui lui sont relatives ne sont pas complètes.

Néanmoins, il est certain qu'il est moins virulent que les coronas virus précédents, à savoir SARS-CoV-1 et MERS-CoV, parus respectivement en 2002, et 2012.

Cependant, il est plus virulent que la grippe saisonnière qui cause un taux de létalité de moins de 0.3%, alors que la nouvelle pathologie cause un taux oscillant entre 3 et 6%. Un second aspect redoutable de ce nouveau virus, est sa vitesse de propagation, due à deux caractéristiques du nouveau virus :

La durée élevée d'incubation du virus avant l'apparition des symptômes variant en moyenne de 2 et 14 jours, et le taux élevé de contamination variant de 0.5 à 1.6%. Plusieurs travaux ont proposé des modèles de propagation de la maladie, permettant la simulation de l'endémie et l'estimation des effectifs de sujets contaminés, décédés et rétablis dans une population donnée.

La totalité des travaux propose modèles basés population en utilisant des séries temporelles discrètes (Gha, 2021).

Pour l'ensemble des travaux, en partant de quelques paramètres relatifs aux vitesses de propagation de l'épidémie, et estime les effectifs des différentes sous populations après chaque unité de temps.

Ces modèles par leur simplicités, permettent une quantification globale, voire grossière des effectifs des sous populations.

A la base un agent représente un individu susceptible ayant des caractéristiques épidémiologiques et comportement.

L'agent se déplace dans un environnement de quelques Km² (échelle d'une ville) interagit avec d'autres agents, peut s'infecter, ou infecter d'autres individus, et ce vis des dépôts

de quantités de virus dans L'environnement, consistant à la charge virale nécessaire à la contamination.

Cette charge est variable en tout point de l'environnement en fonction de passage d'individus contaminés, et en fonction des temps de dépôts.

1.18 Modélisation de précautions

La preuve de l'utilité de ces différentes mesures découle essentiellement des enseignements tirés de données observationnelles recueillies lors de précédentes épidémies. Cependant, une analyse a compilé les données de plus de 200 études menées dans 16 pays et 6 continents depuis le début de l'épidémie de Covid-19.

Nous avons confirmé que la transmission du virus diminue lorsque la distance physique entre les personnes est supérieure à 1 mètre et qu'au-delà, le risque d'infection continue à diminuer avec l'augmentation de la distance.

Le masque diminue également fortement le risque de contamination, avec une efficacité des masques FFP2 supérieure à celle des masques chirurgicaux ou en coton.

Nous avons constaté une large propagation de la maladie et à la fin nous avons insisté sur la nécessité de la vaccination pour arrêter la propagation de l'épidémie.

1.19 Implémentation

1.19.1 Choix de la plate forme Multi-Agents utilisée

1.19.1.1 Définition

La plateforme GAMA a été développée par l'équipe de recherche franco-vietnamienne MSI (située à l'IFI, Hanoï, et faisant partie de l'Unité de Recherche Internationale de l'IRD - SU UMMISCO) de 2007 à 2010. elle est, depuis 2010, développée par un consortium de partenaires universitaires et industriels dirigé par UMMISCO [archive], parmi lesquels INRAE, l'université Toulouse-I-Capitole, l'université de Rouen-Normandie, l'Université Paris-Sud, EDF R&D et le CEA LISC en France, l'université de Càn Thơ et l'université des sciences et des technologies de Hanoï au Vietnam.

GAMA a été conçu pour de multiples publics, en particulier : les étudiants dans le milieu de l'éducation et les experts ou chercheurs sans formation en programmation pour modéliser des phénomènes issus de systèmes complexes.

La plateforme Gama a été au cœur de nombreux articles scientifiques publiés. L'environnement GAMA permet d'explorer les phénomènes émergents.

Le logiciel se veut être transdisciplinaire et fournis de bases des modèles à base d'agents sur de nombreuses disciplines scientifiques tels que les sciences économiques, la biologie, la physique, la chimie, la psychologie, la dynamique des systèmes.

Le panneau de simulation GAMA permet l'exploration de modèle grâce à une interface graphique pour adapter dynamiquement les paramètres des expérimentations.

Au-delà de l'exploration, GAMA permet de créer de nouveaux modèles et de modifier les modèles existants.

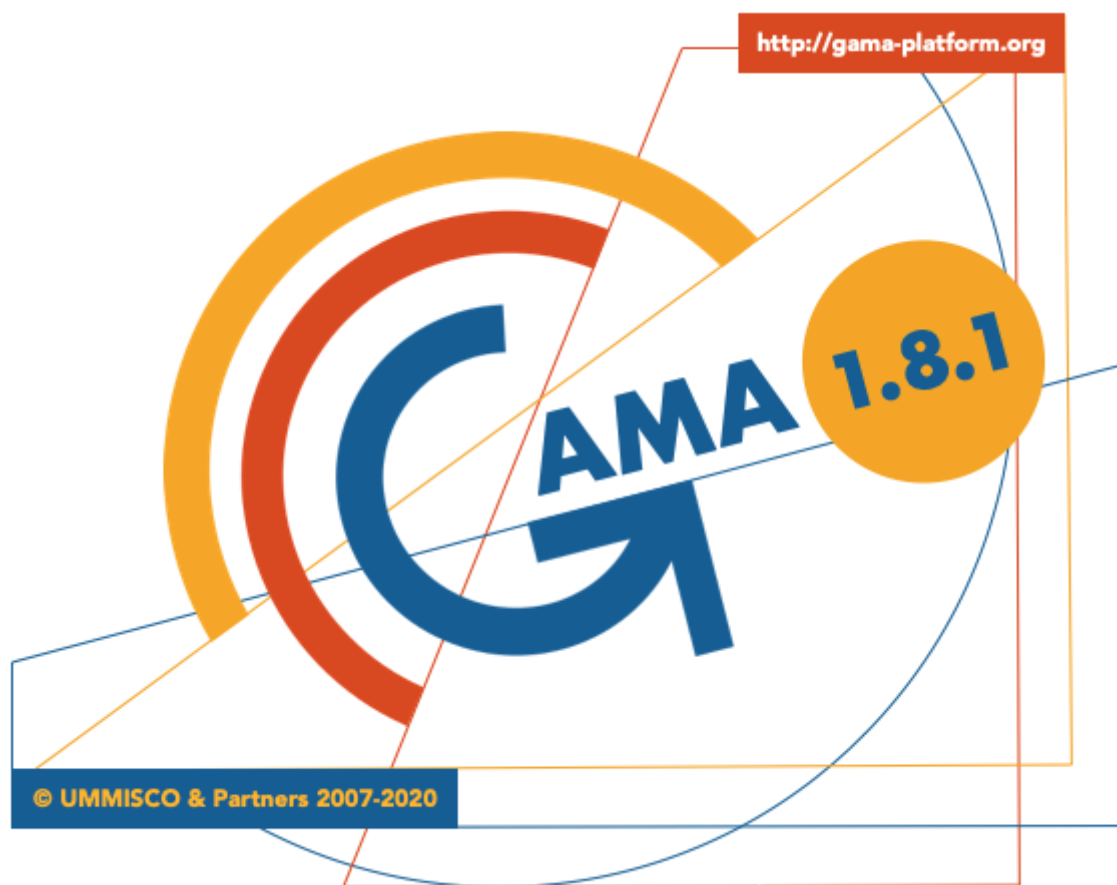


Figure 11 :platform de gama

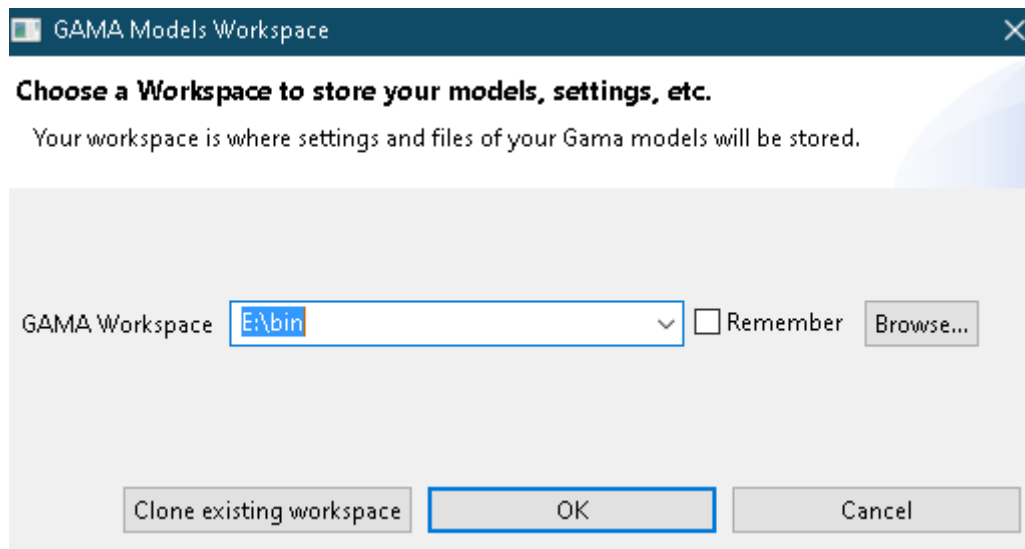


Figure 12 :workspace de gama

1.19.1.2 Base technique

La plate-forme GAMA est un logiciel libre basé sur le projet Eclipse et publié sous une Licence publique générale GNU 3 (GPLv3).

Il est écrit en Java et fonctionne dans une machine virtuelle Java.

1.19.1.3 Plusieurs Domain d'application

GAMA a été développée avec une approche transversale et pluridisciplinaire pour pouvoir être utilisé dans de nombreux domaines.

Ses capacités peuvent être étendues par des modules supplémentaires, mais GAMA est surtout présent dans des domaines comme le transport l'urbanisme l'épidémiologie et l'environnement.

1.19.1.4 Langage de haut niveau basé sur des agents

GAML (GAMA Mödling Langage) est le langage dédié utilisé dans GAMA.

C'est un langage à base d'agents, qui offre la possibilité de construire un modèle avec plusieurs paradigmes de modélisation.

Ce langage de haut niveau a été inspiré par Small talk et Java, GAMA a été développé pour être utilisé par des non-informaticiens.

1.19.1.5 Interface utilisateur déclaratif

GAMA offre la possibilité de diversifier les affichages pour un même modèle et d'en afficher plusieurs représentations visuelles différentes (en parallèle ou séquentiellement). Cette interface modulaire permet de mettre en évidence certaines données ou certains points sur lequel le modélisateur souhaite appuyer grâce au modèle.

Des affichages 3D sont fournis pour contrôler les lumières, les caméras, et aussi pour ajouter des textures aux objets 3D.

Des instructions dédiées permettent de définir facilement des graphiques, tels que des séries, des histogrammes ou des tartes.

Au cours des simulations, certaines fonctions avancées sont disponibles pour inspecter la population d'agents.

1.19.2 Modélisation

Dans cet modèle nous avons expliqué notre travail qui est représenté une modélisation de problème covid-19 basée sur système multi agent, il représente plusieurs agents dans une population.

Où nous divisons ces citoyens en deux groupes, un groupe malade et un groupe sain, et nous les faisons se déplacer au hasard.

Et dans cette modélisation nous avons également mené une expérience sur plusieurs citoyens, le nombre de citoyens sains était (95 en vert) et de citoyens malades (5 en rouge), et à chaque fois que l'on constate la propagation de la maladie lorsque les mesures préventives sont respectées (vaccin, masque..) et inversement (distanciation...).

1.19.2.1 Distanciation

Le virus se transmet principalement lors de contacts étroits entre individus, souvent par des gouttelettes respiratoires et des gouttelettes résultant de la toux, des éternuements ou de la parole.

Les gouttelettes tombent généralement sur le sol ou sur des surfaces sans parcourir de longues distances dans l'air.

Dans un contexte moins courant, les individus peuvent être infectés en se touchant les yeux la bouche ou le nez après avoir touché une surface contaminée par le virus.

L'infection culmine au cours des trois premiers jours suivant l'apparition des symptômes, les patients asymptomatiques transmettant la maladie avant qu'elle n'apparaisse.

La distanciation sociale signifie maintenir une distance ou un espace entre les personnes pour aider à prévenir la propagation de la maladie.

Pour aider à ralentir la propagation du COVID-19 et réduire le risque d'infection, restez à au moins 1,8 mètre (6 pieds) des autres.

Il est important de maintenir la distance physique, même si vous n'êtes pas malade.

1.19.2.2 Porte de Masque

Les recommandations concernant le port du masque ont fait l'objet de débats. L'organisation mondiale de la santé a recommandé que les personnes en bonne santé ne portent des masques que si elles sont à haut risque, comme celles qui s'occupent d'une personne atteinte de la COVID-19.

La Chine et les États-Unis, ainsi que d'autres pays, ont encouragé le public à utiliser des masques faciaux ou des couvre-visages en tissu en général pour réduire la propagation du virus à partir d'individus asymptomatiques, comme principe de précaution adopté par de nombreux gouvernements nationaux.

Le port du masque est obligatoire pour les riverains.



Figure 13 :l'utilisation du masque

1.19.2.3 *La vaccination*

Troisième cas Une méthode de traitement avancée contre la maladie Covid-19, les essais ont prouvé son efficacité à 99,9%, mais il faudra plus de temps pour être approuvé, et les estimations parlent de 2023.

Une équipe de recherche de l'université australienne Griffith a mis au point une méthode de traitement prometteuse qui pourrait faire une véritable percée dans le traitement de l'épidémie de Covid-19 causée par l'émergence du virus corona, ce qui pourrait faire la différence dans la lutte contre l'épidémie qui a atteint le niveau d'une pandémie il y a plus d'un an, en plus des campagnes de vaccination en cours dans le monde.

La nouvelle est parvenue dans plusieurs médias, dont le site allemand heilpraxis, qui traite des affaires de santé.

1.19.3 L'expérimentation

Premier cas nous menons une expérience sur un groupe de citoyens au sein d'une population donnée pour observer la propagation de la maladie.

Après un certain temps (35 heures), nous avons remarqué une grande épidémie de la maladie (Figure 15) parmi tous les citoyens en bonne santé, bien que chaque patient prenne une résistance à cette maladie en bleu (Figure 16).

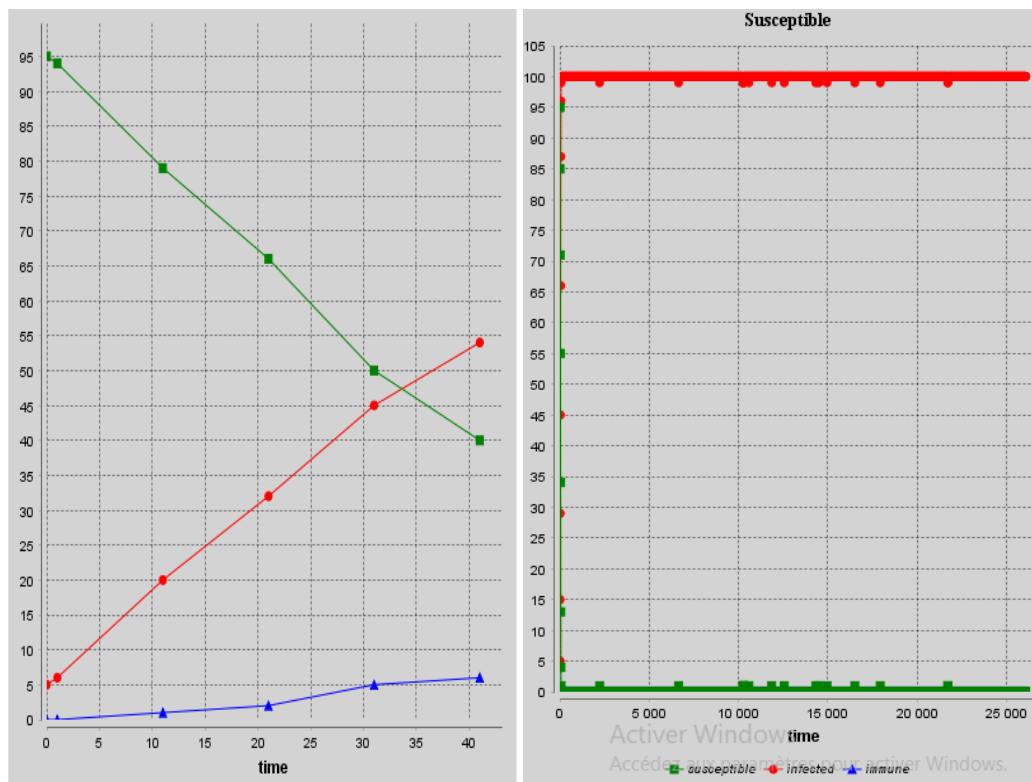


Figure 14 : diagramme de distanciation

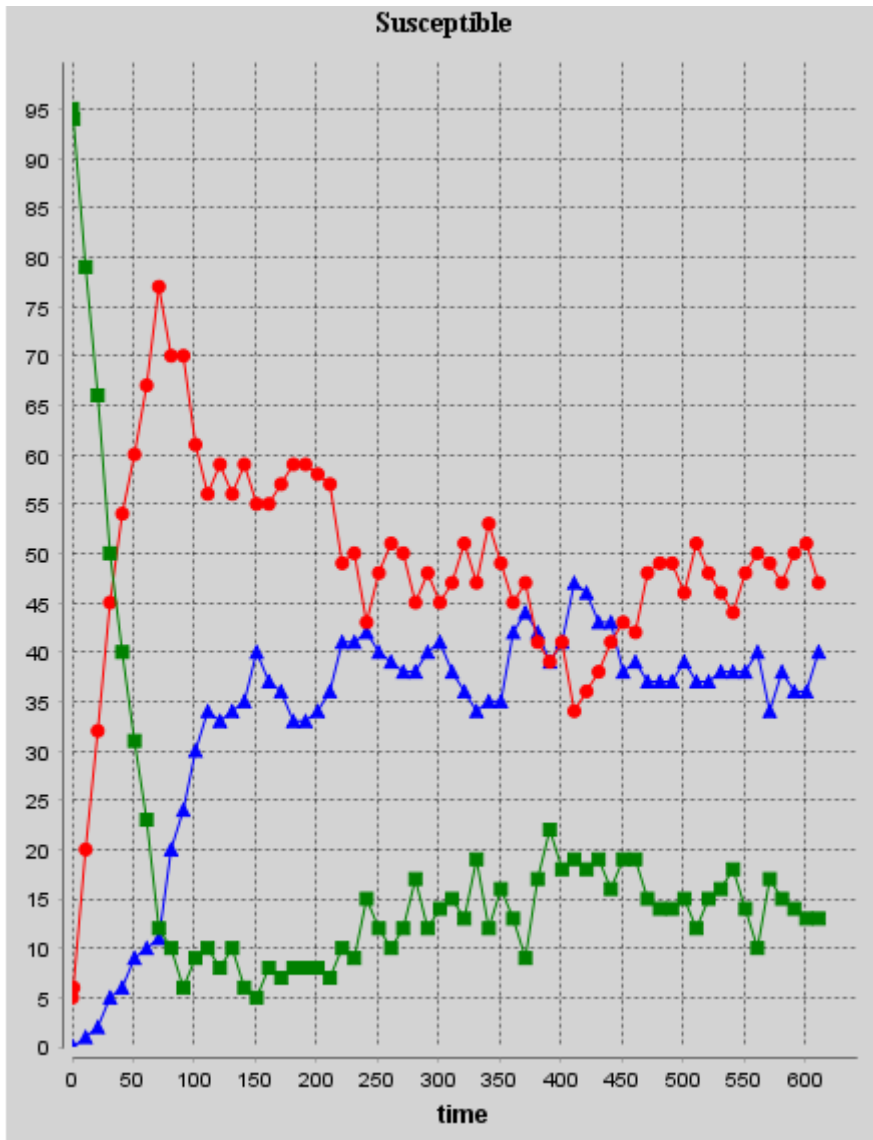


Figure 15 : diagramme de résistance

Dans la deuxième expérience, nous avons remarqué que le masque avait un rôle clé dans la réduction de la propagation de cette épidémie.

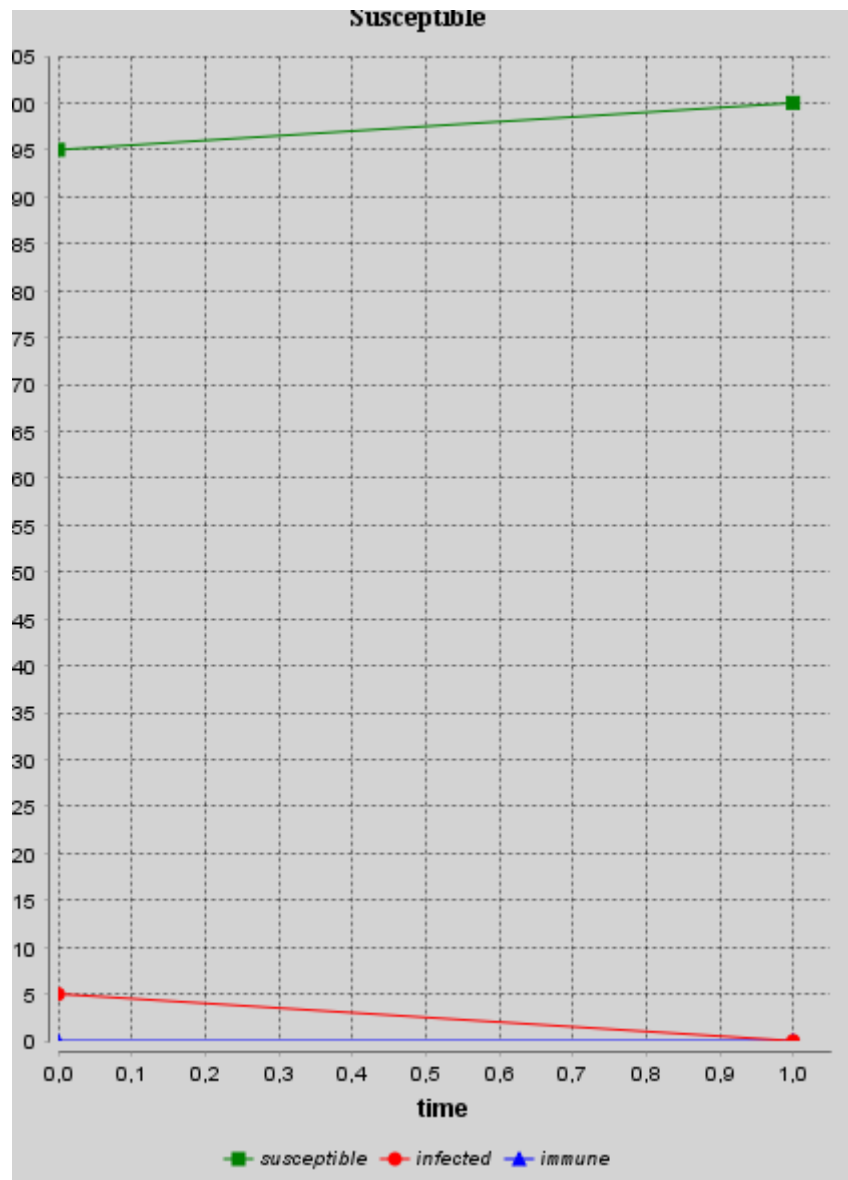


Figure 16 : diagramme de masque

Dans le troisième cas nous avons confirmé la vaccination est très important pour arrêter la propagation du virus a travers l'expérience.

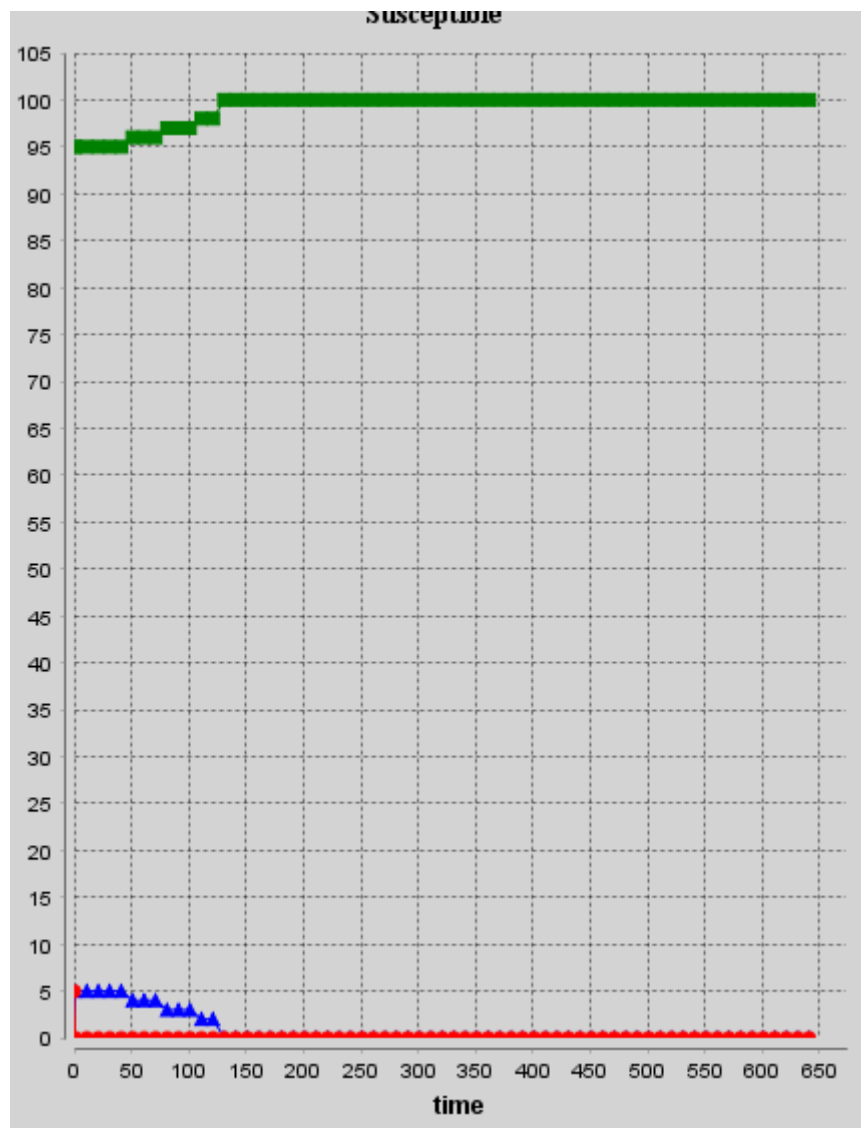


Figure 17 : diagramme de vaccination

Et dans la dernière étape quand on ne respecte pas toutes les mesures de prévention (masque, vaccin, distanciation etc..).

Une propagation rapide de la maladie a été observée et nous avons conclu à la nécessité de la vaccination afin de réduire la propagation de la maladie.

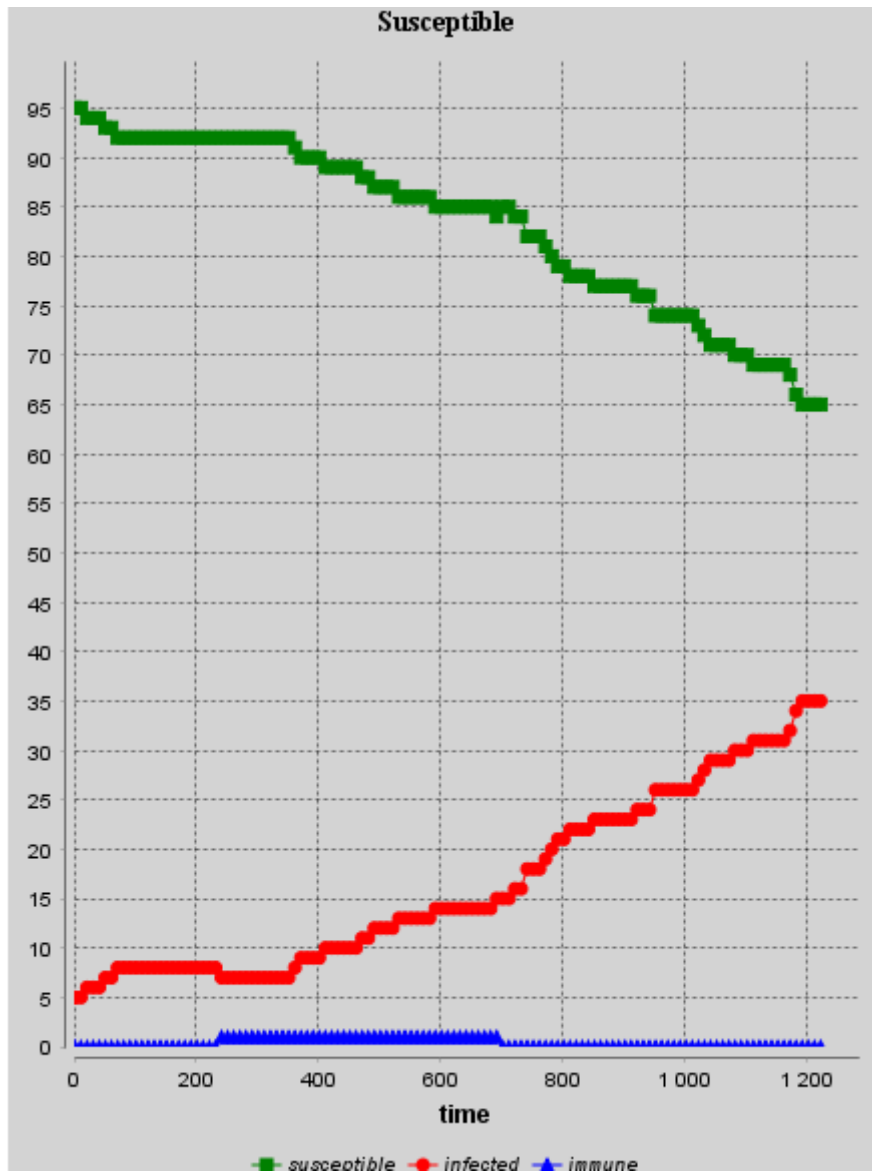


Figure 18 : début d'infection

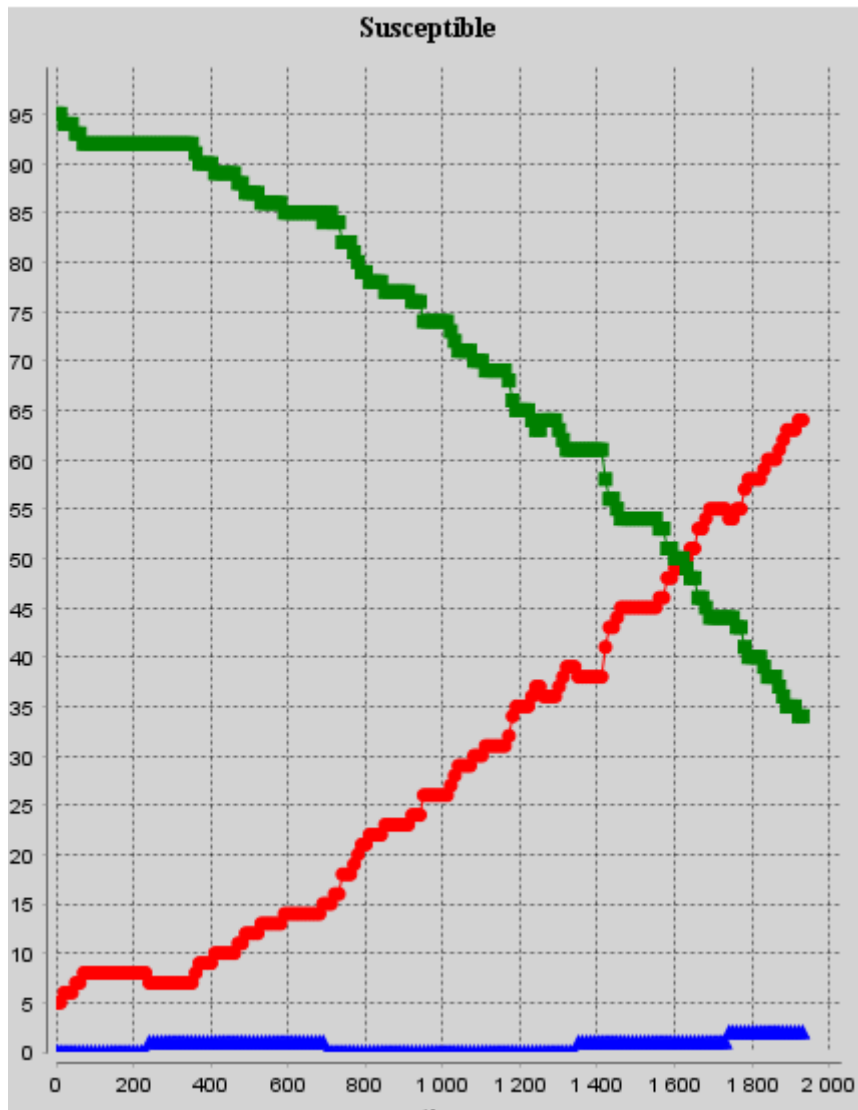


Figure 19 : propagation de maladie

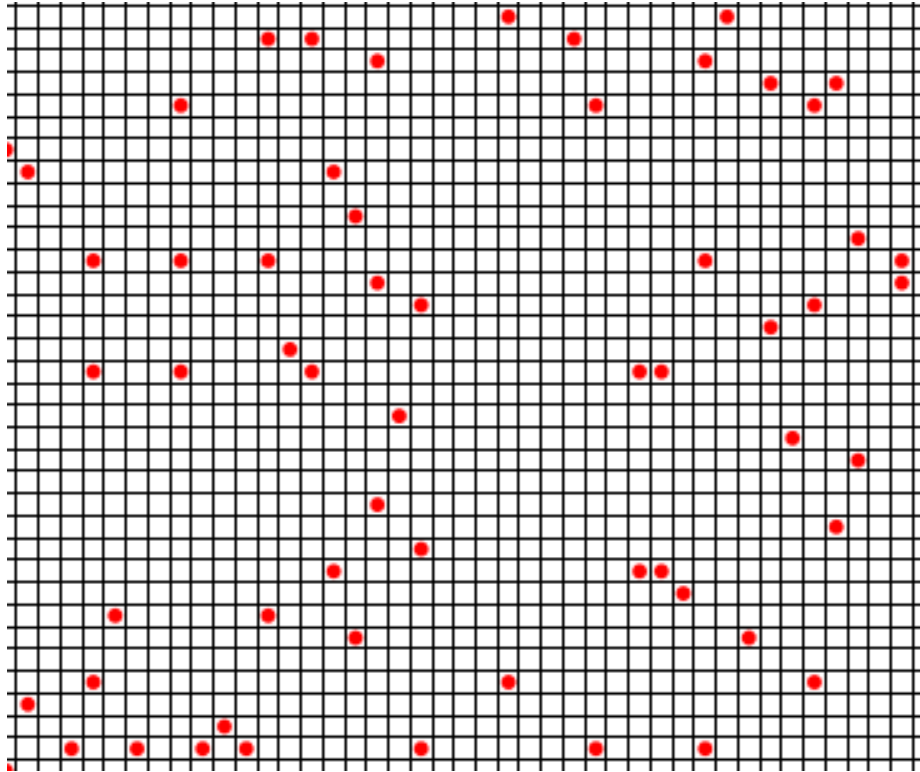


Figure 20 : propagation de la maladie parmi les agents.

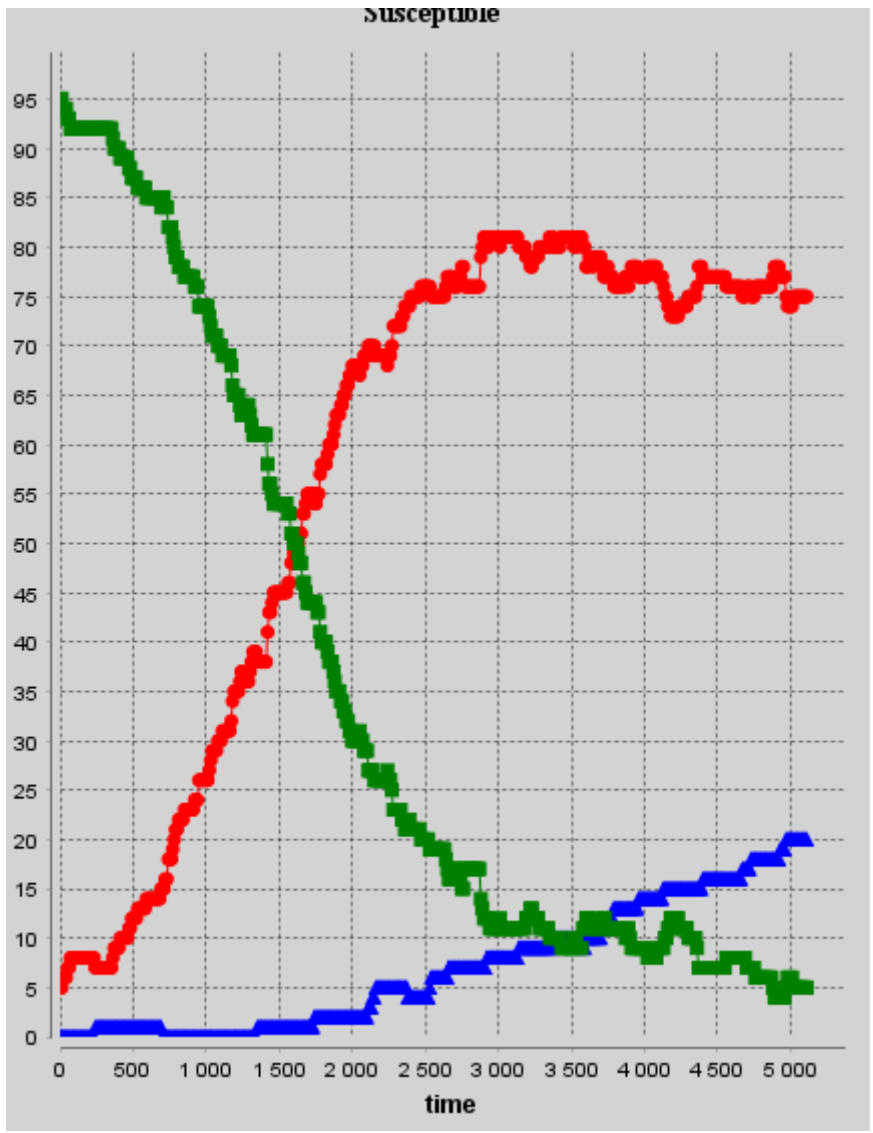


Figure 21 : le début de propagation de la maladie

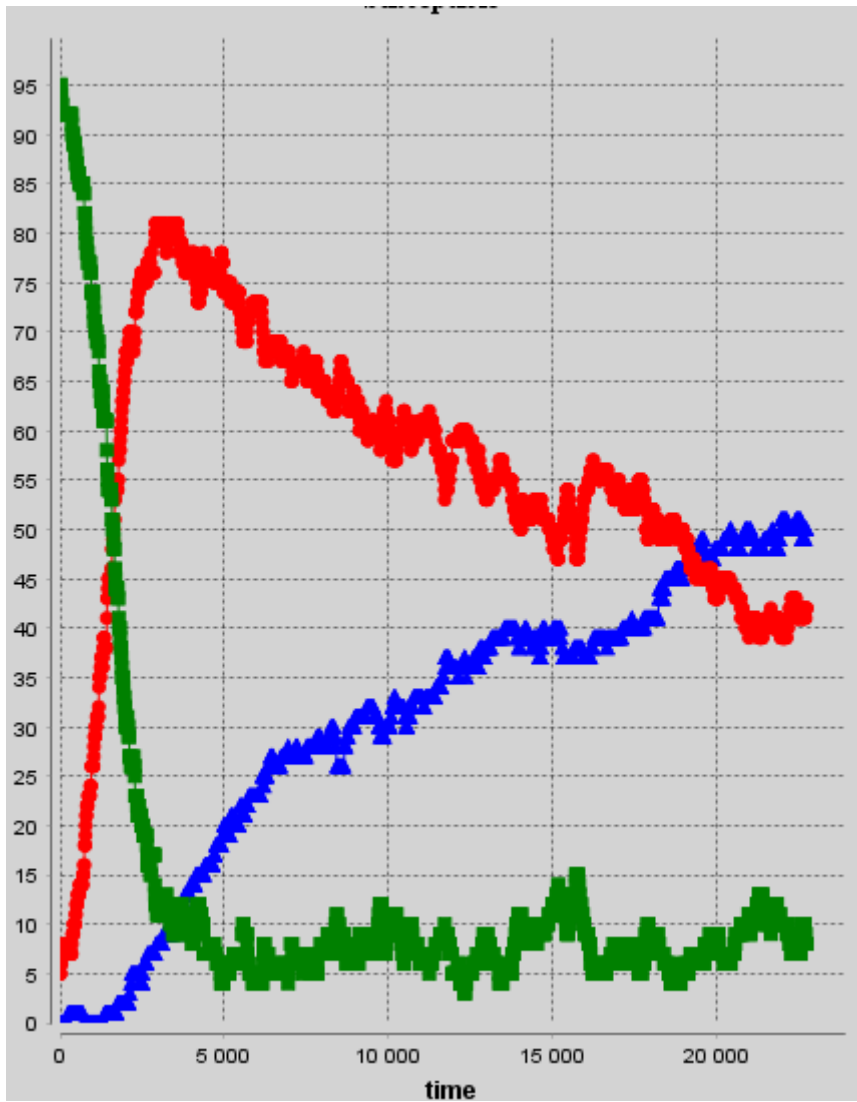


Figure 22 : propagation de la résistance.

1.20 Conclusion

Dans cette modélisation, nous avons présenté un modèle multifactoriel pour modéliser et simuler l'épidémie de Covid-19 au sein d'un groupe de population donnée.

Nous sommes arrivés à la conclusion que le nouveau coronavirus doit être vacciné pour arrêter la propagation de cette maladie parmi les individus afin de prévenir la propagation de cette maladie parmi les citoyens.

Conclusion général

Le covid-19 est la maladie causée par le nouveau coronavirus nommée Sars-cov-2 la pandémie de coronavirus a porté un coup à une économie mondiale déjà fragile, et même si l'ampleur des impacts humains et économiques de la pandémie ne sera pas claire avant un certain temps, les pertes dans ces deux domaines ont été importantes, les vulnérabilités macroéconomiques déjà existantes rendent les marchés émergents et les pays en développement vulnérables aux turbulences économiques et financières, ce qui peut limiter la capacité et l'efficacité du soutien politique à un moment où il est le plus nécessaire.

Même avec un soutien politique, les répercussions économiques de la pandémie de COVID-19 devraient être à long terme, c'est pourquoi elle est si importante.

Nous avons proposé un modèle multifactoriel pour modéliser et simuler la propagation de la maladie (Covid19) au sein de la population urbaine.

D'où les résultats de cette simulation ont montrés que la maîtrise de l'épidémie passe par l'adoption des moyens de prévention (masque, vaccin, distanciation...etc).

Finalement nous avons conclu qu'il est important de suivre les mesures préventives et que la vaccination est très nécessaire pour arrêter la propagation de l'épidémie.

Bibliographie

OMS. (2021). le virus srs cov-2 covid-19.

Adam. (2000). *Modèle d'organisation multi-agent pour l'aide au travail*. Oganisation .

Adam. (2000). *Modèle d'organisation multi-agent pour l'aide au travail*.

Audouin-Rouzeau. (2003). caractéristique system multi agent.

Bar-Yam. (1997). *Dynamics of Complex Systems*. Longman.

Boissier. (p.2004). *Caractéristiques des systèmes* .

Boissier. (p.2004). *Caractéristiques des systèmes*. SMA System multi agent.

Chaib-Draa, J. e. (2002). *les systèmes Multi-Agents* .

Chanteau. (2004). modele basse system multi agent.

Drogoul. (1993). *science social*. system multi agent.

Ferber, J. (1985). *les systèmes multi-agents, InterEditions*,. InterEditions.

Ferber, J. (1985). *les systèmes multi-agents, InterEditions*,.

Ferber, J. (1995). *Systeme multi agent(SMA)*.

Gha. (2021). dommain de virus covid-19 sras-cov-2.

Lerbet-Sereni. (2004). *system multi agent exemple*. System expert.

MIC. (2004). *modélisation de system multi agent*. SMA.

Michael. *An Introduction to Multiagent*.

Michael. (2020). *An Introduction to Multiagent*. SARS.

nichol, a. (1995). *la notion d'agent*. ann.

Occello, M. (2003). *Méthodologie et architectures pour la conception de systèmes*.

Pasteur). (2020). symptome sras cov-2 covid-19.

Sars, W. (19). Signes et symptome de l'affection covid-19.

