

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة

التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد

تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –  
Faculté de TECHNOLOGIE



## Mémoire de fin de Cycle

### Réalisé par :

BOUMEDDANE Hamza Abdelkader & BENCHERGUI Yacine

**Pour l'obtention du diplôme de MASTER**

**Filière : Génie industriel**

**Spécialité : Ingénierie de système**

### Intitulé

**Conception et management des opérations de vaccination  
contre le COVID-19 cas d'étude**

Devant le jury composé de

Mme. SARI Lamia Née TRIQUI

MCA Université de Tlemcen

Présidente

Mr. Bensmain Yassir

MCB Université de Tlemcen

Examineur

Mr. BENNEKROUF Mohammed

MCB ESSAT Tlemcen

Encadreur

Mr. BELKAID Fayçal

MCA Université de Tlemcen

Co-Encadreur

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# *Remerciement*

*Avant tout, nous remercions Dieu le Tout puissant qui a allumé notre chemin et qui nous a donné la santé, la volonté et le courage de persister et de continuer à réaliser cette thèse.*

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à nos encadrateurs Mr. BENNEKROUF Mohammed et Mr. BELKAID Fayçal, pour leur précieuse aide, leur disponibilité, leur encouragements constants, leur bons conseils et pour nous avoir guidés durant toute la période de La réalisation de ce travail.*

*Nos plus vifs remerciements sont également adressés à messieurs les membres du jury d'avoir participé à examiner notre travail.*

*Nous souhaitons remercier tous nos enseignants du département de génie électrique et électronique de l'Université Abobakr Belkaïd - Tlemcen qui ont participé à notre formation durant tout le cycle universitaire.*

*Nous profitons de cette occasion pour exprimer nos plus profonds remerciements et notre satisfaction à nos familles et à nos amis*

*qui, grâce à leurs prières et à leurs encouragements, ont été en mesure de dépasser tous les obstacles.*

*En fin, on remercie toutes les personnes, qui ont contribué de près ou de loin, directement ou indirectement à la réalisation de ce travail.*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail :*

*Aux êtres qui me sont les plus chers ma mère et mon père. Que Dieu préserve bonne santé et longue vie. Qui ont tous fait pour m'encourager durant les années de mes études.*

*J'espère qu'un jour, je pourrai leurs rendre un peu de ce qu'ils ont fait pour moi, que Dieu leur apporte le bonheur et la longue vie.*

*A mes sœurs, mon frère, et à tous les membres de la famille  
BOUMEDDANE.*

*A mes collègues et camarades dont le support morale a toujours été le plus efficace et surtout à mes meilleurs amis, et particulièrement à mon binôme BENCHERGUI Yacine et à toute sa famille.*

*A mes encadrants, mes enseignants pour nous avoir  
accompagnés tout au long de notre cursus universitaire.*

***BOUMEDDANE Hamza Abdelkader.....***

*Je dédie ce travail aux êtres les plus chers à mes yeux ma  
Mère et mon père qui ont toujours été derrière moi depuis le  
Début de mes études, c'est grâce à leurs encouragements et à  
Leurs prières que je suis là aujourd'hui.*

*A ma sœur, Mes grands-parents et ma grande mère qui n'ont  
jamais cessé de m'encourager, à ma nièce et à tous les membres  
de ma famille.*

*A tous ceux qui m'ont aidé dans ce travail, Ismaïl Seddiki, Nabil  
Dib, Mourad Locif.*

*A mes collègues et camarades dont le support morale a toujours  
été le plus efficace et surtout à mes meilleurs amis, et  
particulièrement à mon binôme BOUMEDDANE Hamza  
Abdelkader et à toute sa famille.*

*A mes encadrants, mes professeurs pour nous avoir guidé,  
Tout au long de notre parcours d'étudiants.  
A toutes les personnes qui ont répondu présentes quand j'ai eu  
besoins d'eux.*

***BENCHERGUI Yacine***

## **Résumé**

Actuellement, la vaccination contre l'épidémie de Corona est considérée comme l'une des plus hautes priorités par tous les pays. L'organisation de la gestion du processus de vaccination est essentielle pour assurer une protection efficace et effective de la population. Une supervision régulière et efficace des centres de vaccination est importante pour assurer la qualité des services de vaccination.

L'objectif de cette étude est d'améliorer la gestion de la vaccination contre le COVID-19, à cet égard, nous avons mis en place une stratégie de vaccination contre ce virus basée sur la gestion, la planification et la localisation des centres de vaccination mobiles et temporaires dans une zone urbaine pour assurer une vaccination efficace de la population cible.

Mots clés : organisation, gestion de la vaccination, la localisation des centres, la zone de Hennaya.

## **Abstract**

Currently, vaccination against the Corona epidemic is considered one of the highest priorities by all countries. The organization of the management of the vaccination process is essential to ensure effective and efficient protection of the population. Regular and effective supervision of vaccination centers is important to ensure the quality of vaccination services.

The aim of this study is to improve the management of vaccination against COVID-19, in this regard; we have developed a vaccination strategy against this virus based on the management, planning and location of mobile and temporary vaccination centers in an urban area to ensure an effective vaccination of the target population.

Keywords: organization, vaccination management, location of centers, Hennaya area.

ملخص

في الوقت الحاضر يعتبر التطعيم ضد وباء كورونا أحد الأولويات القصوى من قبل جميع الدول. يعد تنظيم إدارة عملية التطعيم أمرًا ضروريًا لضمان الحماية الفعالة والفعالة للسكان. ان الإشراف المنتظم والفعال على مراكز التطعيم أمر مهم لضمان جودة خدمات التحصين.

الهدف من هذه الدراسة هو تحسين إدارة التطعيم ضد كوفيد 19. وفي هذا الصدد قمنا بتنفيذ استراتيجية التطعيم ضد هذا الفيروس بناءً على إدارة وتخطيط وتوطين مراكز التطعيم المتنقلة والمؤقتة في منطقة حضرية ضمان التطعيم الفعال للسكان المستهدفين.

الكلمات المفتاحية : التنظيم ، إدارة التطعيم ، موقع المراكز ، منطقة الحنايا.

## Sommaire

Introduction Générale .....	1
Chapitre 01 : Généralité sur la pandémie du COVID-19 et leur impact socio-économique .....	4
1.1 Introduction : .....	4
1.2 COVID-19 : .....	4
1.2.1 Définition : .....	4
1.2.2 Comment COVID-19 se transmet-il ? .....	4
1.2.3 Les symptômes de la COVID-19 : .....	5
1.2.4 Prévention : .....	7
1.3 Diagnostic de la COVID-19 : .....	7
1.3.1 Tests de diagnostic : .....	7
1.3.2 Autre tests : .....	8
1.3.2.1 Radiographie pulmonaire : .....	8
1.3.2.2 Traitement général : .....	8
1.4 La transmission du COVID-19 dans le monde : .....	9
1.5 Le COVID-19 en Algérie : .....	11
1.5.1 La transmission du COVID-19 : .....	11
1.5.2 La Réaction du Gouvernement Algérien : .....	12
1.5.2.1 Restrictions de voyage internationale et isolement des citoyens rapatriés : ...	13
1.5.2.2 Restriction des rassemblements publics : .....	13
1.5.2.3 Confinement et fermeture : .....	13
1.5.2.4 Campagnes de prévention : .....	13
1.5.2.5 Campagnes d'information : .....	13

1.5.2.6	Investissements :	13
1.5.2.7	Résultats des mesures préventives :	14
1.6	Impact socio-économique de la pandémie de coronavirus (COVID-19) :	14
1.6.1	Les services et industries les plus touchés par la pandémie :	15
1.6.1.1	L'industrie du voyage :	15
1.6.1.2	L'industrie hôtelière et restauration :	16
1.6.1.3	Effets sur les pays dépendants du pétrole :	16
1.6.1.4	L'industrie du sport :	16
1.6.1.5	Marchés financiers :	16
1.6.1.6	L'industrie pharmaceutique :	16
1.7	Education :	17
1.8	Conclusion :	17
Chapitre 02 : Généralité sur les vaccins et les propriétés de chaque type		19
2.1	Introduction :	19
2.2	La recherche et développement pour la réalisation des vaccins :	19
2.3	Les vaccins commercialisés :	20
2.3.1	Le vaccin Pfizer-BioNTech :	20
2.3.1.1	Information générale [36] :	20
2.3.1.2	Les composantes de Pfizer-BioNTech [38] :	21
2.3.1.3	Les effets de Pfizer-BioNTech [39] :	21
2.3.1.4	L'administration de Pfizer-BioNTech [40] :	22
2.3.1.5	Comment décongeler le vaccin [40] :	22
2.3.1.6	L'utilisation du vaccin [40] :	23
2.3.1.7	Programmation des doses [40] :	24
2.3.1.8	Stockage du vaccin [40] :	24
2.3.1.8.1	Stockage dans un congélateur ultra-froid :	24
2.3.1.8.2	Stockage au congélateur :	24
2.3.1.8.3	Stockage au réfrigérateur :	25
2.3.2	Le vaccin Moderna :	25
2.3.2.1	Information générale :	25
2.3.2.2	Les composantes de Moderna [45] :	26
2.3.2.3	Les effets de Moderna [46] :	26
2.3.2.4	L'administration de Moderna [47] :	27
2.3.2.5	Comment décongeler le vaccin [47] :	27
2.3.2.6	L'utilisation du vaccin [47] :	28



2.3.2.7	Programmation des doses [47] :	29
2.3.2.8	Stockage du vaccin [47] :	29
2.3.2.8.1	Stockage au congélateur :	29
2.3.2.8.2	Stockage au réfrigérateur :	30
2.3.3	Le vaccin Spoutnik V :	30
2.3.3.1	Information générale [43] :	30
2.3.3.2	Les composantes de Spoutnik V [49] :	31
2.3.3.3	Les effets de Spoutnik V [50] :	31
2.3.3.4	L'administration de Spoutnik V [47] :	31
2.3.3.5	Préparation et modalités d'injection du vaccin Spoutnik [51] :	32
2.3.3.6	SPUTNIK V et chaîne du froid [52] :	32
2.3.3.7	Injection vaccinale [51] :	33
2.3.3.8	Stockage du vaccin Spoutnik : recommandations du fabricant [51] :	33
2.3.3.9	Transport des vaccins [52] :	34
2.3.3.9.1	Transport aérien :	34
2.3.3.9.2	Transport vers le centre vaccinal :	34
2.3.3.9.3	La réception du vaccin:	34
2.3.3.9.4	Précautions :	34
2.3.4	Conseils pour la vaccination :	35
2.3.4.1	Informations à donner aux personnes à vacciner [51] :	35
2.3.4.2	Lieu vaccination : Vacciner en toute sécurité [51] :	35
2.3.4.3	Que devez-vous mentionner à la personne chargée de la vaccination avant de recevoir le vaccin [50] :	36
2.3.4.4	Qui ne devrait pas recevoir le vaccin [53] :	36
2.3.5	Vaccination en Algérie :	36
2.4	Conclusion :	37
Chapitre 03 : La localisation des centres de vaccination et la mise en place d'un système d'information et de communication - zone Hennaya.....39		
3.1	Introduction :	39
3.2	Logiciels utilisés :	40
3.2.1	Système d'information géographique SIG :	40
3.2.1.1	LES OBJECTIFS DU SIG :	40
3.2.1.2	QGIS :	41
3.2.2	Microsoft Forms :	42
3.2.2.1	Définition :	42
3.2.2.2	Utilisation de Microsoft Forms :	43

3.2.2.3	Fonctionnalités de Microsoft Forms :.....	43
3.2.2.4	Sécurité :.....	43
3.2.3	La localisation des centres de vaccination dans la zone urbaine Hennaya :.....	43
3.2.3.1	Définition de la zone d'étude : .....	44
3.2.3.2	Collecte des données :.....	45
3.2.3.3	Modèle proposé pour résoudre le problème de la localisation des centres de vaccination dans la région de Hennaya :.....	46
3.2.3.4	Choix des sites d'implantation de centres de vaccination :.....	48
3.2.3.5	Le choix des emplacements :.....	49
3.2.3.6	Etudiés les cas exceptionnel : .....	51
3.2.3.7	Réunion de deux zones géographiques :.....	52
3.2.3.8	Solution au problème du choix des sites candidat (zone13): .....	55
3.2.3.9	Définition MCDM : .....	56
3.2.3.10	Méthodes et concepts : .....	57
3.2.3.11	Pourquoi GRA : .....	57
3.2.3.12	L'analyse relationnelle grise : .....	58
3.2.3.13	Application de la méthode GRA :.....	60
3.2.3.13.1	Les critères :.....	60
3.2.3.13.2	Densité de population du site candidat (habitants/km <sup>2</sup> ) :.....	60
3.2.3.13.3	Distance aux hôpitaux (km): .....	60
3.2.3.13.4	Superficie totale (m <sup>2</sup> ):.....	60
3.2.3.13.5	Parking (nombre de places de stationnement) : .....	60
3.2.3.13.6	La visibilité (points) : .....	60
3.2.3.13.7	Sécurité et Sureté (points) :.....	61
3.2.3.13.8	Echelle (verbale et numérique): .....	61
3.2.3.14	Résultat finale de la localisation des centres de vaccination contre COVID-19 : 64	
3.3	La réalisation d'un système d'information et de communication :.....	66
3.3.1	Création d'un formulaire d'inscription :.....	66
3.3.2	Accessibilité aux formulaires :.....	67
3.3.2.1	Déterminer les coordonnées de votre position: .....	68
3.3.3	Recueil et analyse des réponses: .....	71
3.4	Conclusion : .....	72
Chapitre 04 : Analyse des données et modélisation, optimisation du routage des équipes durant une campagne de vaccination COVID-19. ....		
4.1	Introduction :.....	74

4.2	Programme d'affectation des zones : .....	74
4.2.1	Qu'est-ce que MATLAB? .....	74
4.2.2	L'algorithme : .....	75
4.2.3	Algorithme : affectation des zones .....	75
4.2.4	L'organigramme : .....	77
4.2.5	Les résultats de programme : .....	78
4.3	Planification des centres de vaccination : .....	79
4.3.1	Éléments de la campagne de vaccination et de la planification des centres : [79] 79	
4.3.2	Le nombre de personnes à vacciner : .....	79
4.3.3	Nombre de doses de vaccin que peut administrer un vaccinateur par heure (taux de vaccination) : .....	80
4.3.3.1	Nombre de vaccinateurs par centre : .....	80
4.3.3.2	La durée de chaque centre: .....	80
4.4	Ressources humaines : .....	81
4.4.1	Les personnels du centre de vaccination : .....	81
4.4.2	Rôle : .....	81
4.4.3	Création d'un formulaire de participation à la campagne de vaccination : .....	81
4.4.3.1	Orientation et formation : .....	82
4.4.3.2	Formation supplémentaire pour le personnel de vaccination : .....	83
4.5	Prévention et contrôle de l'infection : .....	83
4.6	Communications : .....	84
4.6.1	Communication sociale (externe) : .....	84
4.6.2	Communication interne : .....	84
4.7	Entreposage, manipulation et administration des vaccins : .....	84
4.7.1	Résumé des principales recommandations en termes de stockage et de manutention: .....	84
4.7.2	Distribution de vaccine : .....	85
4.8	Site du centre vaccination: .....	86
4.8.1	Ecole et Mosquée: .....	86
4.8.2	Espace extérieur avec tentes : .....	86
4.8.3	Hypothèse de la campagne de vaccination : .....	87
4.8.4	Fournitures et Planification de l'équipement : .....	87
4.8.5	Estimation des quantités de vaccins nécessaires : .....	88
4.8.5.1	Estimation des besoins en vaccins en fonction de la population cible : .....	88
4.8.6	Plan des centres de vaccinations : .....	90
4.9	Déroulement de la campagne de vaccination : .....	91

4.9.1	Information et communication :.....	91
4.9.2	Confirmation du rendez-vous : date, heure et lieu .....	91
4.10	Modelés d'optimisation des couts de fonction et résultats :.....	91
4.10.1	Hypothèse : .....	92
4.10.2	Modèle mathématique : .....	92
4.10.3	Logiciels utilisés : .....	92
4.10.3.1	Solver LINGO :.....	92
4.10.3.2	CPLEX Optimisation Studio : .....	92
4.10.3.3	Les composants de CPLEX Optimisation Studio [89] :.....	93
4.11	Présentation et analyse du modèle 1 :.....	93
4.11.1	Les paramètres du problème :.....	93
4.11.2	Résolution du modèle 1 :.....	95
4.11.3	Diagramme de Gantt des centres de vaccination : .....	95
4.11.4	Interprétation des résultats :.....	99
4.12	Présentation et analyse du modèle 2 :.....	101
4.12.1	Les paramètres du problème :.....	101
4.12.2	Résolution du modèle 1 :.....	103
4.12.3	Diagramme de Gantt des centres de vaccination : .....	103
4.12.4	Interprétation des résultats :.....	107
4.13	Conclusion : .....	109
	Conclusion Générale .....	110
	Bibliographie.....	111
	Annexe :.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## Liste des figures :

Figure 1- 1 : Principaux modes de transmission. ....	5
Figure 1- 2:Les symptômes les plus courants du COVID-19 selon l’OMS . ....	6
Figure 1- 3:Prélèvement d'un échantillon de sécrétions nasopharyngées (écouvillon nasopharyngé) pour un test clinique. ....	8
Figure 1- 4: Répartition géographique des cas de COVID-19 dans le monde, au 18 mars 2021 .....	9
Figure 1- 5:Nombre cumulé de cas confirmés de COVID-19 en Algérie .....	12
Figure 1- 6:Nombre de cas positifs, de décès et de cas retrouvés en Algérie entre janvier 2020 et juin 2021 .....	12
Figure 1- 7:Impact du COVID 19 sur l’emploi mondial par secteur .....	15
Figure 2- 1:vaccin Pfizer-BioNTech .....	21
Figure 2- 2:vaccin Pfizer-BioNTech .....	26
Figure 2- 3:vaccin Sputnik V .....	30
Figure 3- 1:Définition du SIG.....	40
Figure 3- 2:Logo de Microsoft forms .....	42
Figure 3- 3:Carte de Hennaya sur Google Mapp. ....	44
Figure 3- 5:Maillage de 500m sur la zone Hennaya sur QGIS.....	47
Figure 3- 6:Données collectées dans chaque région en une table attributaire sur QGIS.....	48
Figure 3- 7:représentation des sites appropriés pour la localisation des centres de vaccination sur QGIS .....	50
Figure 3- 8:Emplacement des centres de vaccination dans QGIS .....	51
Figure 3- 9:Les zones exceptionnelles représentées dans QGIS.....	52
Figure 3- 10:Fusion de la zone 1 avec la zone 3 dans QGIS. ....	53
Figure 3- 11:Fusion de la zone 7 avec la zone 6 dans QGIS. ....	54
Figure 3- 12:Fusion de la zone 21 avec la zone 17 dans QGIS. ....	54
Figure 3- 13:représentation de la zone étudiée dans QGIS. ....	55
Figure 3- 14:sites candidats pour localiser le centre de vaccination. ....	56
Figure 3- 15:Processus d'analyse des relations grises .....	58
Figure 3- 16::Résultat finale de la localisation des centres de vaccination contre COVID-19 sur QGIS .....	65
Figure 3- 17: Formulaire d'inscription créé avec Microsoft forms. ....	67
Figure 3- 18: Annonce du rendez-vous de vaccination COVID-19 sur Facebook .....	68
Figure 3- 19: indice position sur Google Maps.....	69
Figure 3- 20:indice position sur Google Maps.....	70

Figure 3- 21:extraction des coordonnées à partir de Google Maps.....	70
Figure 3- 22:représentation visuelle des résultats de la saisie du formulaire-1 sur Microsoft forms.....	71
Figure 3- 23:représentation visuelle des résultats de la saisie du formulaire-2 sur Microsoft forms.....	71
Figure 3- 24:conversion de des réponses des participants en un tableau Excel.....	72
Figure 4- 1: Organigramme .....	77
Le fichier Excel des résultats de la saisie du formulaire obtenu à partir de Microsoft Forms avant la Programmation représentée dans Figure 4- 2 .....	78
Figure 4- 3: Excel avant programmation.....	78
Figure 4- 4: Excel après programmation.....	78
Figure 4- 5:formulaire de participation à la campagne de vaccination .....	82
Figure 4- 6:Séances de vaccination dans une mosquée .....	86
Figure 4- 7:centre de vaccination contre COVID-19 .....	87
Figure 4- 8:Point de Vaccination : Modèle d'aménagement.....	90
Figure 4- 9: Plan de centres de vaccinations.....	90
Figure 4- 10: Solutions données par LINGO de 1er modèle .....	95
Figure 4- 11 : Solutions données par CPLEX de 2ème modèle.....	103

## Liste des tableaux :

Tableau 1- 1:Statistiques liées aux COVID-19 le 18 mars 2021. [15].....	10
Tableau 1- 2:Situation des régions du monde en chiffres au 16 March 2021 selon l'OMS [16]. .....	10
Tableau 3- 1:Questions de base pouvant être étudiées à l'aide d'un SIG d'après Rhind [56]. ..	41
Tableau 3- 2:Code commune et wilaya. ....	45
Tableau 3- 3: Données sur la commune de Hennaya, selon les agglomérations et les districts. .....	45
Tableau 3- 4:Echelle verbale et numérique. ....	61
Tableau 3- 5:Matrice originale. ....	61
Tableau 3- 6: Résultat de calcul de la normalisation de la matrice originale. ....	62
Tableau 3- 7: La séquence de déviation. ....	62
Tableau 3- 8: Calcul du coefficient relationnel gris. ....	63
Tableau 3- 9: coefficient relationnel gris. ....	63
Tableau 3- 10: Le grade rationnel gris (GRG). ....	64
Tableau 3- 11: Emplacement et coordonnées géographiques des centres de vaccination. ....	65
Tableau 4- 1:Nombres de d'habitantes dans chaque zone. ....	79
Tableau 4- 2: Horaires d'ouverture du centre de vaccination .....	80
Tableau 4- 3:Les Documents et moyens de communication avec le public .....	84
Tableau 4- 4:Principales exigences en matière d'entreposage et de Manipulation .....	84
Tableau 4- 5: Hypothèse d'une campagne de vaccination Hennaya. ....	87
Tableau 4- 6: Taux de pertes approximatives de l'OMS utilisés dans les estimations. ....	88
Tableau 4- 7: Les équipements nécessaires pour une salle de vaccination (Compagne de vaccination COVID-19 a Hennaya) .....	89
Tableau 4- 8: Exemple d'organisation d'un calendrier (vaccination de 180 par jours) .....	91
Tableau 4- 9: Fonctionnement des équipes modèle 1 .....	99
Tableau 4- 10: les activités du centre 6. ....	101
Tableau 4- 11: Fonctionnement des équipes modèle 2.....	107
Tableau 4- 12 : les activités du centre 20.....	108

## Liste des abréviations :

**COVID-19** : La maladie à coronavirus 2019.

**OMS** : L'Organisation mondiale de la santé.

**H1N1**:virus de la grippe A.

**SIG** : Système d'Information Géographique.

**PCR**: Polymerase Chain Reaction.

**DSP** : directeur de la santé publique.

**IATA**: International Air Transport Association.

**FDA**: Food and Drug Administration.

**EPI** : Un équipement de protection individuelle.

**IM**: Intramuscular injections.

**CDC**: Centers for Disease Control and Prevention.

**IPA** : Institut Pasteur d'Algérie.

**MCDM**: Multiple-criteria decision-making.

**GRA** : analyse relationnelle grise.

**GNL**: General Public License.

**AEP**: American Electric Power.

**MCDA**: multiple-criteria decision analysis.

**GRG**: grade rationale Gris.





## Introduction Générale

# Introduction Générale

La maladie à coronavirus 2019 (COVID-19) est définie comme une maladie causée par un nouveau coronavirus connu sous le nom de coronavirus 2 du syndrome respiratoire sévère (SRAS-CoV-2 ; anciennement connu sous le nom de 2019-nCoV), qui a été découvert pour la première fois lors d'une épidémie de maladie respiratoire à Wuhan, dans la province de Hubei, en Chine. Elle a été signalée pour la première fois à l'Organisation mondiale de la santé (OMS) le 31 décembre 2019. L'Organisation mondiale de la santé a déclaré l'épidémie de COVID-19 comme une urgence sanitaire mondiale le 30 janvier 2020. Le COVID-19 a été déclaré pandémie mondiale par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) le 11 mars 2020, ce qui constitue une première depuis la déclaration de la pandémie de H1N1 en 2009 [1].

La pandémie de COVID-19 a provoqué de nombreux changements dans la vie quotidienne des gens à travers le monde, mais il y a certaines choses qui peuvent être faites pour garder un mode de vie sanitaire dans ces moments difficiles. Tout le monde est invité à suivre les directives de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et les conseils émis par les gouvernements afin d'éviter l'infection et la transmission du virus COVID-19. L'isolement social et une bonne hygiène sont les meilleurs moyens de se protéger et de protéger les autres du virus COVID-19 [2].

Malgré la mise en œuvre à l'échelle communautaire de mesures de prévention de base, telles que la distanciation sociale, l'isolement des cas confirmé et le port de masques faciaux en public, qui ont permis de réduire le poids de la pandémie, mais il est généralement admis que l'utilisation d'un vaccin pourrait être nécessaire pour réduire et éliminer définitivement la transmission du COVID-19 dans notre population. Pour cela Le monde a un besoin urgent de stratégies vaccinales sûres et efficaces contre le COVID-19, qui sert à vacciné un grand nombre possible de personnes dans des conditions Pertinence a tous les niveaux.

Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), plus de 200 vaccins candidats sont actuellement mis au point et testés dans le monde entier, dont au moins 24 font l'objet d'essais cliniques sur l'homme. Sputnik V a été le premier vaccin contre l'infection à coronavirus réalisé en Russie [3].

Pour limiter considérablement la morbi-mortalité dues au COVID-19, un vaccin efficace et sûr doit être administré et distribué rapidement au public dès qu'il sera disponible. Cependant La plupart des citoyens craignent de ne pas pouvoir se faire vacciner assez tôt en raison de l'approvisionnement limité et de l'incertitude concernant la planification et l'administration des vaccins.

Dans ce mémoire, nous avons rassemblé toutes les informations pour administré et planifier les opérations de vaccination contre le COVID-19 dans la commune de Hennaya, et on a reparti nos travaille en quatre chapitres :

## **Introduction Générale**

Le premier chapitre est consacré à la définition, les symptômes et les modes de préventions de L'épidémie COVID-19 et ensuite Nous parlons sur la transmission du COVID-19 dans le monde et spécialement en Algérie et nous terminons le chapitre par impact socio-économique de cette épidémie.

Dans le deuxième chapitre nous traitons les principes les plus importantes qui doivent être pris en considération dans le développement de stratégies vaccinales contre le COVID-19. Sur la base de ces principes, nous étudions les candidats vaccins actuels contre le COVID-19, leurs forces, leur efficacité et leur disponibilité, Pour nous aider à choisir le vaccin le plus approprié pour notre projet.

Dans le troisième chapitre, nous avons proposé un modèle basé sur le système d'information géographique (SIG) pour résoudre le problème de la localisation des centres de vaccination contre le COVID-19 dans la région de Hennaya, ainsi que la mise en place d'un système d'information et de communication permettant l'enregistrement des citoyens dans les centres de vaccination en ligne et à distance.

Le quatrième chapitre est une explication des orientations et des informations concernant la planification et la mise en œuvre des campagnes de vaccination contre le COVID-19. De plus, nous avons proposé deux modèles mathématiques et ensuite nous aurons implémenté ces modèles dans les solveurs LINGO et CPLEX afin d'optimiser les coûts des différentes opérations des centres de vaccination.

# **Chapitre 01**

## **Généralité sur la pandémie du COVID-19 et leur impact socio-économique**

« Tous les pays doivent revoir leurs stratégies maintenant », déclare le Dr Michael J. Ryan, membre du Groupe consultatif informel de l'OMS.

## **Chapitre 01 : Généralité sur la pandémie du COVID-19 et leur impact socio-économique**

### **1.1 Introduction :**

L'épidémie de covid-19 est la pandémie la plus grave au monde et la plus grande menace depuis la Seconde Guerre mondiale. Elle a provoqué une morbidité et une mortalité importantes dans le monde entier depuis que les premiers cas ont été identifiés à Wuhan, en Chine, en décembre 2019. Depuis son émergence en Asie à la fin de l'année dernière, le virus a atteint tous les continents, les cas augmentant chaque jour en Afrique, en Amérique et en Europe.

Les pays sont engagés dans une course contre la propagation de la maladie, en testant et en traitant les patients, en traquant ceux qui ont eu des contacts, en limitant les voyages, en mettant les citoyens en quarantaine et en annulant les grands rassemblements tels que les événements sportifs, les concerts et les écoles.

Afin de discuter plus en détail du concept de la pandémie du COVID-19 dans le cadre de la Collecte d'informations liées au nouveau coronavirus, nous allons présenter dans ce chapitre trois parties. La première est liée aux définitions et généralités sur la pandémie du COVID-19. Cependant dans la seconde partie, nous discutons de la situation en Algérie lors de la propagation du virus et leur impact socio-économique sur le monde entier.

### **1.2 COVID-19 :**

Le 31 décembre 2019, une nouvelle pandémie de cause inconnue a été signalée au bureau de pays chinois de l'OMS. Un groupe de ces cas est apparu à l'origine à Wuhan, une ville de la province du Hubei en Chine. L'OMS a découvert que ces infections étaient causées par un nouveau coronavirus qui a reçu le nom de " COVID-19 " [4].

#### **1.2.1 Définition :**

Les coronavirus sont des virus zoonotiques, leurs réservoirs naturels sont les animaux. COVID-19 est une maladie causée par une nouvelle génération de coronavirus.

"CO" signifie "corona", "VI" signifie "virus", "D" pour maladie (disease) et "COVID-19" l'année de son apparition 2019.

Le virus COVID-19 appelé aussi SRAS-COV2 est un nouveau virus lié à la même famille de virus syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS).

#### **1.2.2 Comment COVID-19 se transmet-il ?**

Le virus se propage par le biais d'un contact au moyen de gouttes respiratoires transmises par une personne touchée par cette maladie. Les personnes peuvent également être infectées par les surfaces et les contacts contaminées par le virus et en touchant leur visage (les yeux, le nez, la bouche.).

Le virus COVID-19 survit en moyenne quatre à cinq jours. Cependant, il est possible de survivre jusqu'à neuf jours dans les surfaces lorsque la température ambiante ne dépasse pas

20°C comme c'est le cas en période hivernale. Sa survie n'est que de quelques heures lorsque la température est supérieure à 30°C., mais de simples désinfectants peuvent le tuer (l'eau oxygénée ou de l'eau de javel). [5]

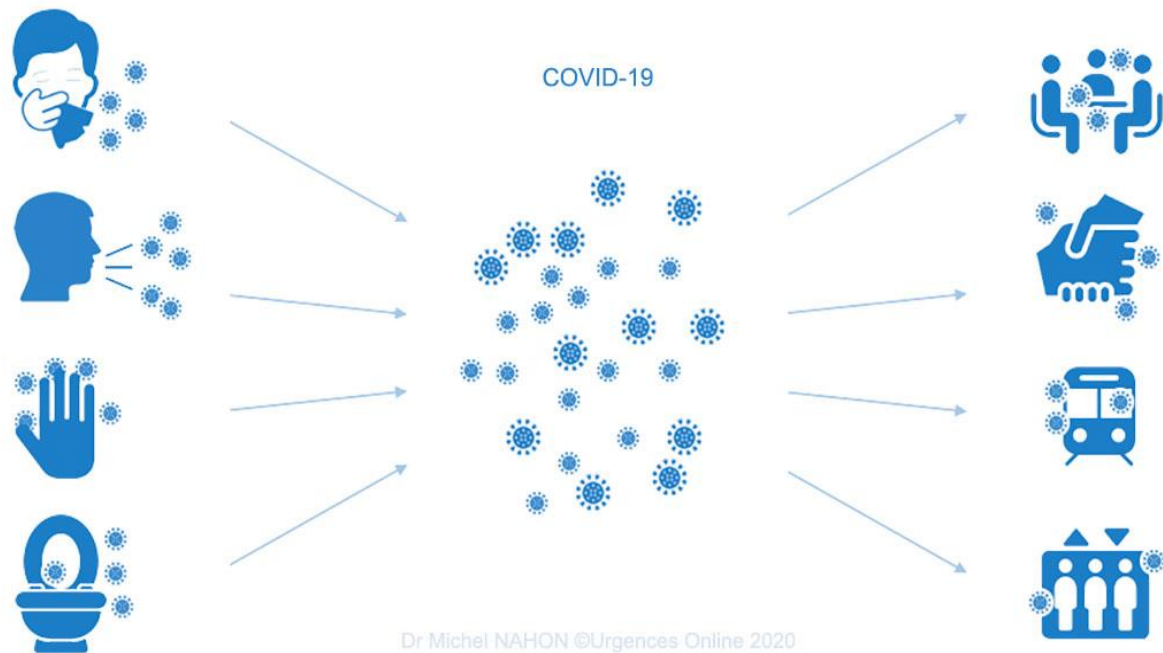


Figure 1- 1 : Principaux modes de transmission. [6]

### 1.2.3 Les symptômes de la COVID-19 :

Les symptômes les plus courants du COVID-19, selon une évaluation récente de l'OMS portant sur plus de 70 000 cas en Chine, sont : la fièvre (88 % des cas), maux de gorge et sécheresse de la toux (68 %), de la fatigue (38 %) et diarrhée (4 %), En plus, un essoufflement grave est survenu dans près de 20 % des cas et environ 13 % ont souffert de mal de gorge ou de mal de tête grave. [7] Ces symptômes sont similaires à la grippe (influenza) ou le rhume, qui est beaucoup plus courants que le COVID-19.

Dans les situations les plus graves, la maladie peut causer une pneumonie ou des problèmes respiratoires. Plus fréquemment, la maladie peut être considérée comme mortelle.

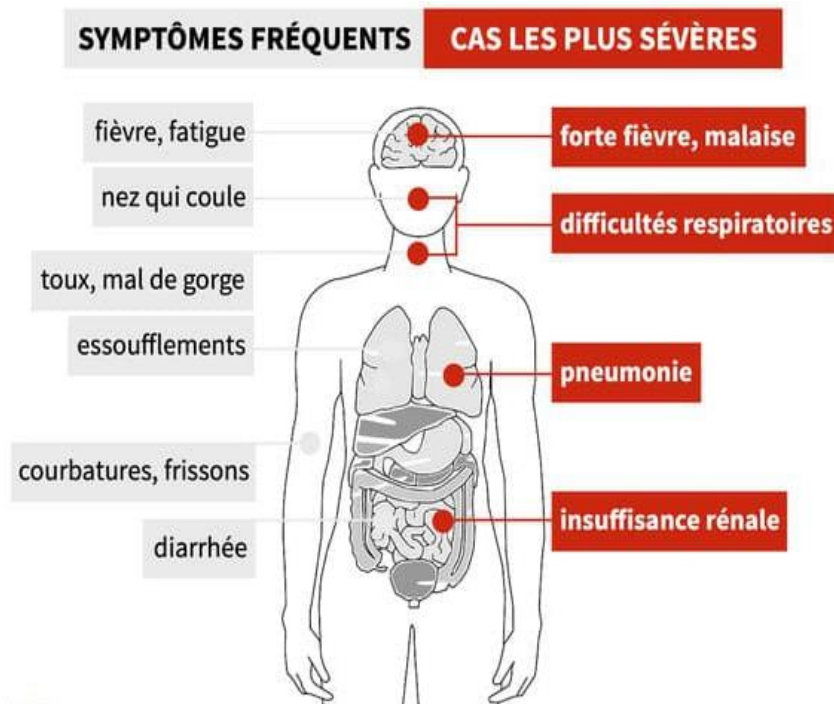


Figure 1- 2: Les symptômes les plus courants du COVID-19 selon l'OMS [8].

Les symptômes du COVID-19 peuvent varier en gravité, passant d'extrêmement mineurs à sévères. Certaines personnes n'auront que quelques symptômes, tandis que d'autres n'en auront aucun. Environ une semaine après l'apparition des symptômes, certains patients peuvent présenter des symptômes croissants tels qu'un essoufflement ou une pneumonie. Les personnes âgées risquent davantage de développer des symptômes graves, Ce risque augmente avec le vieillissement de la personne. Les personnes ayant des problèmes de santé peuvent déjà être plus susceptibles de souffrir de symptômes graves COVID-19 tel que [9] :

- Le cancer.

- Maladie cardiaque grave.

- Diabète de type 2.

- Obésité ou obésité morbide.

- Fumeur.

- Maladie rénale chronique.

- Maladie drépanocytaire.

- Mauvaise transplantation d'organe solide.

- Grossesse.

#### **1.2.4 Prévention :**

Comme pour les autres infections respiratoires telles que la grippe ou le rhume, les mesures de santé publique sont essentielles pour réduire la transmission des maladies. Les mesures de santé publique sont des démarches préventives quotidiennes qui comprennent :

- ✓ Rester à la maison (quarantaine à domicile) et éviter tout contact direct avec une personne en santé ou infectée.
- ✓ Se laver les mains avec de l'eau et du savon ou un désinfectant.
- ✓ Nettoyer les surfaces et les objets fréquemment touchés.
- ✓ Intégrer le port du masque à la vie quotidienne et assurez-vous qu'il couvre à la fois votre nez, votre bouche et votre menton.
- ✓ Éviter les déplacements non importants et respecter les règles de distanciation sociale.
- ✓ Éviter les lieux publics' surpeuplés et garder une distance d'au moins deux mètres entre chaque personne.
- ✓ Éviter de se toucher les yeux, le nez et la bouche avec des mains non nettoyées.
- ✓ Si vous avez une fièvre, une toux et des difficultés à respirer, IL est recommandé de consulter un médecin.

#### **1.3 Diagnostic de la COVID-19 :**

Le diagnostic permet aux personnes suspectées de connaître leur état d'infection ou non. Le diagnostic peut les aider à obtenir les soins dont elles ont besoin et à prendre des mesures pour réduire la possibilité d'infecter d'autres personnes. Les personnes qui ne savent pas qu'elles sont infectées peuvent ne pas rester dans leur maison et risquer d'infecter d'autres personnes. Si la personne développe des symptômes du COVID-19 et qu'elle a été touchée par le virus, elle doit consulter un médecin [9].

Le médecin peut décider de faire un test pour le COVID-19 en fonction des signes et symptômes personnels. Le médecin peut également examiner si une personne a eu des contacts directs avec une personne touchée par le COVID-19 ou ayant voyagé ou vécu dans toutes les zones où la communauté continue de transmettre le COVID-19 dans les 14 derniers jours [9].

##### **1.3.1 Tests de diagnostic :**

Actuellement, il n'existe que deux grands types de méthode de diagnostic du Covid-19. Le premier consiste à rechercher des anticorps contre le virus dans les échantillons de sang des patients. Malgré les nombreux tests d'anticorps élaborés à ce jour, les tests sérologiques ont des limites en ce qui concerne la spécificité et la sensibilité, et les résultats des différents tests varient. [10]



Le second type se fait en prélevant des échantillons, y compris un prélèvement de salive (crachats) et de gorge (nasopharyngé), à envoyer à un laboratoire pour y être testé. Il permet de détecter le virus plus, mais il nécessite une réaction en chaîne par polymérase (PCR). La mise en œuvre de cette méthode prend plus de temps (plusieurs heures) que celle de l'analyse de sang du patient. [11]

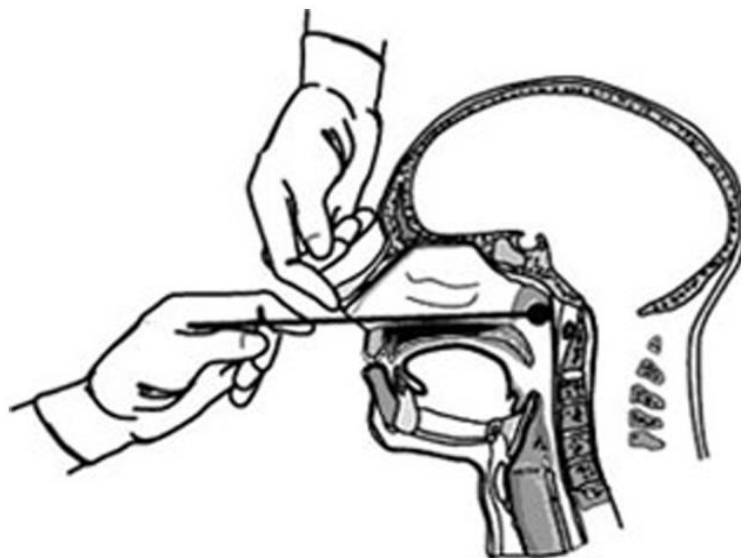


Figure 1- 3:Prélèvement d'un échantillon de sécrétions nasopharyngées (écouvillon nasopharyngé) pour un test clinique. [12]

### **1.3.2 Autre tests :**

#### **1.3.2.1 Radiographie pulmonaire :**

L'examen radiographique classique (radiographie du poumon) a une faible précision dans l'identification des changements pulmonaires précoces ; il peut être complètement normal dans les premiers jours de la maladie. Dans les phases les plus avancées de l'infection, la radiographie pulmonaire montre généralement des opacités alvéolaires multifocales et bilatérales, qui ont tendance à se combiner jusqu'à l'opacité complète du poumon. [11]

#### **1.3.2.2 Traitement général :**

Le traitement est symptomatique, et l'oxygénothérapie représente la première étape pour traiter l'insuffisance respiratoire. Une ventilation mécanique non invasive (VNI) et invasive (VMI) peut être nécessaire en cas d'insuffisance respiratoire réfractaire à l'oxygénothérapie. Là aussi, des soins intensifs et des traitements spécifiques sont nécessaires pour traiter les cas de formes graves de la maladie [11].

Le traitement spécifique consiste à prendre les médicaments décrits ci-dessous [13] :

-Hydroxychloroquine cp 200mg : 200mg x 3 fois par jour durant 10 jours.

En associe avec :

- Azithromycine cp 250 mg : 500 mg le premier jour suivi de 250 mg par jour pendant les 4 jours suivants,

Le traitement alternatif comprendra le médicament ci-dessous :

- Lopinavir / Ritonavir : (comprimé 200/so mg) à raison de 2 comprimés, 2 fois par jour, en respectant les règles d'utilisation pendant 5 à 7 jours.

#### 1.4 La transmission du COVID-19 dans le monde :

Depuis son émergence, l'épidémie de coronavirus COVID-19 poursuit sa transmission dans le monde, avec plus de 123 millions de cas confirmés et 2,7 millions de décès dans près de 200 pays.

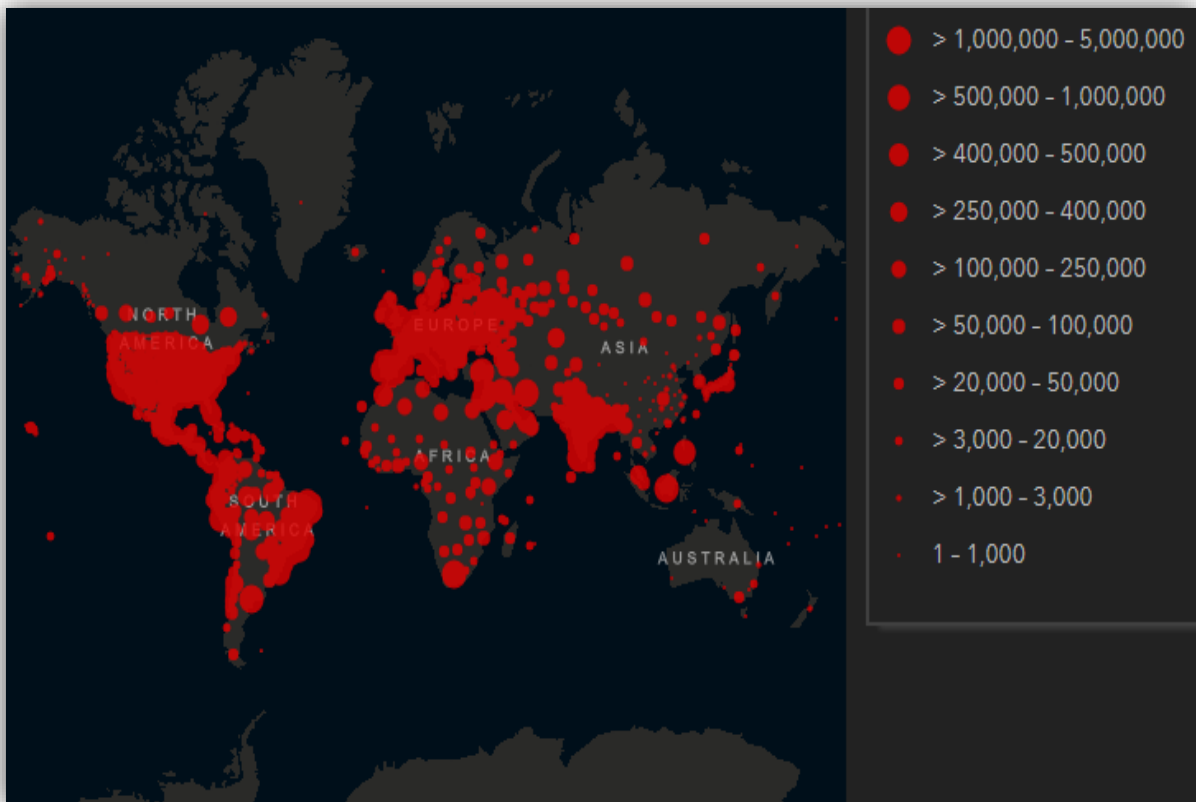


Figure 1- 4: Répartition géographique des cas de COVID-19 dans le monde, au 18 mars 2021 [14].

Des données sur la transmission du coronavirus ont été collectées en temps réel sur le site de Worldometer. Les chiffres montrent que les États-Unis sont le pays qui compte le plus grand nombre de personnes affectées au 18 mars 2021 [15]. Les statistiques sont présentées dans le tableau des statistiques ci-dessous.

Tableau 1- 1: Statistiques liées aux COVID-19 le 18 mars 2021 [15].

Pays	Cas confirmés (Total)	Décès confirmés (Total)	Récupéré (Total)
Global	121, 914,574	2, 694,637	98, 255,411
USA	30, 294,798	550,649	22, 447,275
Brésil	11, 700,431	285,136	10, 287,057
Inde	11, 474,605	159,250	11, 063,025
Russie	4, 428,239	93,824	4, 037,036
France	4, 146,609	91,437	275,360
Italie	3, 281,810	103,432	2, 639,370
Espagne	3, 206,116	72,793	2, 857,714
Canada	919,239	22,554	865,085
Iraq	774,015	13,860	698,775
Tunisie	243,439	8,463	210,375
Algérie	115,688	3,048	80,219
Chine	90,072	4,636	85,267

Les données régionales sur la transmission du coronavirus qui a été signalée par l'organisation mondiale de la santé indiquent que l'Amérique a enregistré le plus grand nombre de cas d'infection, suivie par la région d'Europe et l'Asie du sud-est au 16 March 2021[16].

Tableau 1- 2: Situation des régions du monde en chiffres au 16 March 2021 selon l'OMS [16].

Région	Cas confirmés (Total)	Décès confirmés (Total)
Afrique	2, 974,616	75,410
Amériques	53, 340,393	1, 282,354
Asie du sud est	14, 031,749	213,647
Europe	41, 811,235	919,964
Méditerranée orientale	7, 013,125	152,027
Pacifique Ouest	1, 743,356	30,663
Globale	120, 915,219	2, 674,078

## **1.5 Le COVID-19 en Algérie :**

Depuis le premier signalement du COVID-19 à Wuhan (chine), en décembre 2019, le nouveau coronavirus s'est rapidement transmis dans le monde entier, et a menacé la plupart des pays de cette planète, provoquant de grandes pertes financières et humaines.

L'Algérie, comme d'autres pays dans le monde, n'a pas échappé à cette maladie pandémique, le 25 février 2020, le laboratoire algérien a confirmé son premier cas du COVID-19. Dans la région de Ouargla et il était de nationalité italienne. Deux autres cas ont été signalés le 01 mars 2020 dans la région de Blida dans le nord de l'Algérie, suite à leurs contacts avec deux personnes de nationalité algérienne venues de France pour des vacances. [14] L'épidémie continue de se transmettre dans d'autres régions du pays jusqu'au 22 mars, 2020, les autorités algériennes ont enregistré 200 cas confirmés avec un taux de décès de 8,5% (17 morts) à travers les 48 wilayas d'Algérie [17].

### **1.5.1 La transmission du COVID-19 :**

Les mesures prises n'ont pas empêché le COVID-19 de continuer à se transmettre, infectant 107 578 personnes et tuant 2 894 personnes au 2 février 2021, avec un taux de mortalité d'environ 2 à 7 % [18].

Depuis, le signalement du premier cas de COVID-19 le 25 février 2020, le virus se développe rapidement et le nombre de cas confirmé croît de manière plus exponentielle tous les jours.

Figure 1 représente le nombre cumulé de cas confirmés de COVID-19 en Algérie classé en trois phases :

- Phase A : à partir du 01 mars jusqu'au 10 avril 2020, correspondant à l'avant intervention, où certaines mesures sont annoncées comme l'interdiction de rassemblements sportifs, culturels et politiques.
- Phase B : du 11 avril au 13 juin 2020, correspondant à la période d'intervention durant laquelle des mesures préventives ont été prises pour ralentir la transmission de l'épidémie (fermeture des écoles, des restaurants, confinement, etc.).
- Phase C : à partir du 14 juin 2020, une fois l'épidémie maîtrisée, l'Algérie connaît une reprise des cas de COVID-19, ceci quelques jours après la décision du gouvernement de relâcher les mesures appliquées, notamment avec la réouverture des magasins, la reprise des transports publics et autres lieux publics.

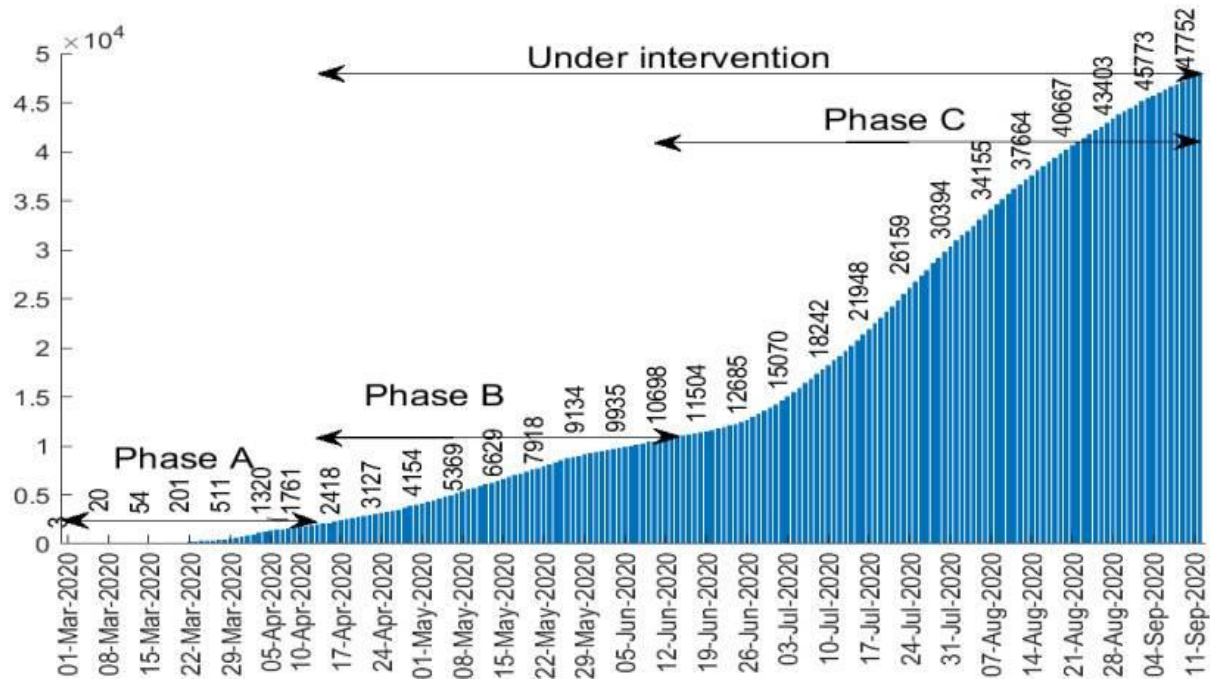


Figure 1- 5: Nombre cumulé de cas confirmés de COVID-19 en Algérie [19].

Algerie  
134,840 Cas ; 3,605 Décès

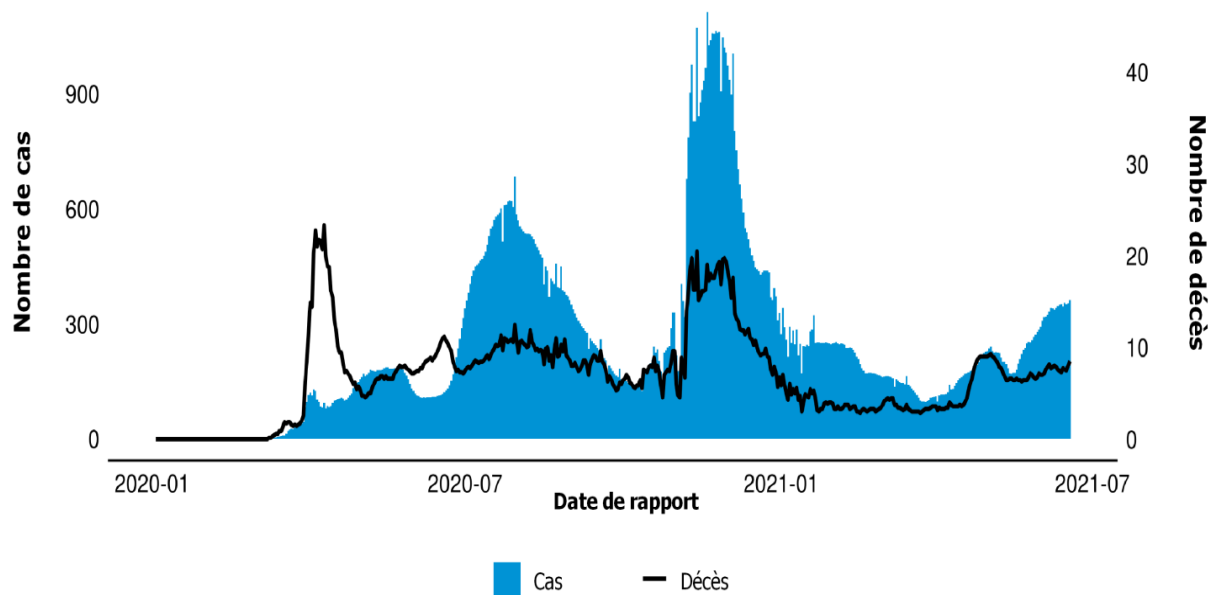


Figure 1- 6: Nombre de cas positifs, de décès et de cas retrouvés en Algérie entre janvier 2020 et juin 2021 [20].

### 1.5.2 La Réaction du Gouvernement Algérien :

Afin de minimiser la transmission du virus de COVID-19 le gouvernement algérien a fait des efforts nécessaires et appliqué des mesures préventives pour contrôler et combattre le virus tel que :

### **1.5.2.1 Restrictions de voyage internationale et isolement des citoyens rapatriés :**

Suspension indéfinie des voyages touristiques, des visas de travail et des visas d'immigration. Ainsi que l'isolement des citoyens qui rentrent au pays pendant une période de 14 jours pour tous les citoyens rapatriés dans des centres de confinement avec soins médicaux [21].

### **1.5.2.2 Restriction des rassemblements publics :**

Le ministre algérien de la santé a annoncé l'annulation de tous les rassemblements publics sportifs, culturels et politiques. Ainsi que le gouvernement algérien a ordonné des fermetures obligatoires (la fermeture des écoles, des universités et de toutes les institutions établissements d'enseignement, des mosquées, des restaurants, des cafés, et des lieux de culte). D'autres mesures ont été ordonnées, à savoir la suspension de tous les transports privés et public, le trafic ferroviaire et démobilitation de 50% des travailleurs des administrations publiques et des femmes qui travaillent et qui ont des enfants en bas âge [21].

### **1.5.2.3 Confinement et fermeture :**

Après que l'épidémie se soit propagée rapidement et à grande échelle, le gouvernement a appliqué des confinements temporaires et partiels dans plusieurs wilayas. Ainsi que l'interdiction de toute réunion publique. Aussi, ils ont ordonné de fermer les salles de fêtes, les soirées et les festivités familiales et de tous les magasins (sauf les magasins d'alimentation) sur tout le territoire national et l'application de la distanciation sociale dans tous les établissements recevant du public [21].

### **1.5.2.4 Campagnes de prévention :**

Depuis que cette maladie est apparue, un ensemble des mesures préventives ont été prises pour lutter contre la transmission du virus. Des moyens publics et privés ont été mis en place pour désinfecter les lieux publics. Un camion pulvérisateur, un pulvérisateur manuel et camion de police des forces de l'ordre ont été utilisés pour désinfecter les routes et les rues des quartiers populaires [21].

### **1.5.2.5 Campagnes d'information :**

Le ministère de la Santé, de la Population et de la Réadaptation hospitalière, en collaboration avec l'Organisation mondiale de la Santé en Algérie, a élaboré un plan d'information dans le contexte de la prévention du coronavirus. Dans le cadre de ce même plan, distribution de brochures et d'affiches aux voyageurs aux différents postes frontières, aux employés des aéroports et des ports, ainsi qu'aux organisations, institutions et lieux à forte circulation. En outre, le ministère de la Santé a donné des instructions spéciales à tous les directeurs locaux de la santé et de la population (DSP) pour renforcer les procédures de communication au profit du grand public via les canaux radio et pour organiser des campagnes de sensibilisation sur la grippe saisonnière et le coronavirus, qui présentent des symptômes similaires [22].

### **1.5.2.6 Investissements :**

Le gouvernement a investi 100 millions de dollars pour importer des fournitures médicales, produire des tests COVID-19 rapides au niveau national et importer 250000 kits de test de PCR à usage public et privé au début d'octobre 2020, tout cela pour rendre les tests plus

disponibles. Pourtant, ces efforts n'ont pas permis à l'Algérie de bien réagir à la crise du COVID-19. Les responsables de santé ont dû faire face à une insuffisance de lits dans les unités de soins intensifs des hôpitaux, de ventilateurs, d'équipements de protection, d'oxygène médical, d'oxymètres et de médicaments [23]. " Le Dr Mohamed Zehar, pneumologue de première ligne au Centre hospitalier universitaire de Tlemcen (Tlemcen, Algérie) a déclaré : "Nous savons que nous devons nous battre." [23].

#### **1.5.2.7 Résultats des mesures préventives :**

La situation semble être sous contrôle grâce à l'intervention rapide et aux mesures strictes appliquées. Les résultats de ces mesures ont été considérés comme satisfaisants par le gouvernement algérien. Cependant, le nombre de cas positifs ces derniers jours est constamment élevé mais pas dramatique. Ce nombre élevé est associé à la décision du gouvernement de réduire ces mesures pour des raisons économiques et sociales.

#### **1.6 Impact socio-économique de la pandémie de coronavirus (COVID-19) :**

L'effet de la pandémie du COVID-19 ne se concentre pas seulement sur la mortalité, mais aussi sur nos moyens de subsistance et notre activité économique quotidienne. Pendant cette période, les activités économiques essentielles et non essentielles ont été interrompues. Depuis, des millions de travailleurs sont restés chez eux, face aux conséquences de la crise. Cette pandémie affecte l'économie en termes de demande et d'offre. Initialement, les clients et les investisseurs ont perdu confiance dans les marchés touchés par la pandémie, ce qui déprécie la demande du marché. Secondement, l'absentéisme et l'insuffisance des employés annulent l'offre.

Le COVID-19 a également affecté l'économie en retardant le développement économique des pays touchés, ce qui provoquerait une diminution du commerce et de la pauvreté. Donc la crise du COVID-19 a un impact très néfaste sur les secteurs économiques.

Secteur économique	Impact actuel de la crise sur la production économique
Education	Faible
Domaine de la santé des personnes et de l'action sociale	Faible
Fonction publique et défense; sécurité sociale obligatoire	Faible
Services publics	Faible
Agriculture; forêts et pêche	Faible -Moyen*
Construction	Moyen
Activités financières et d'assurances	Moyen
Mines et extractions	Moyen
Arts, spectacles, loisirs et autres services	Moyen-Elevé*
Transports; stockage et communication	Moyen-Elevé*
Hôtellerie et restauration	Elevé
Immobilier; activités administratives et d'affaires	Elevé
Industrie manufacturière	Elevé
Commerce en gros et de détail, réparation automobile et de motos	Elevé

Figure 1- 7:Impact du COVID 19 sur l'emploi mondial par secteur [24]

### 1.6.1 Les services et industries les plus touchés par la pandémie :

#### 1.6.1.1 L'industrie du voyage :

La propagation du COVID-19 a forcé les pays à suspendre les voyages non essentiels vers les pays affectés par le COVID-19, en suspendant indéfiniment les voyages touristiques, l'immigration et les visas de travail. Les mesures de restriction des transports imposées par les gouvernements ont provoqué une diminution de la demande pour toutes les formes de transport, ce qui a poussé plusieurs lignes aériennes à arrêter temporairement leurs services, comme Aegean Airlines, Air Canada, Air France, La Compagnie et Latam. Selon l'IATA les pertes de revenus mondiales en 2020 pour L'industrie aérienne sont estimées à 157 milliards de dollars [25].



### **1.6.1.2 L'industrie hôtelière et restauration :**

Au cours de la pandémie, le secteur de restauration a été aussi endommagé, principalement en raison des restrictions imposées par les gouvernements, telles que "la Politique de séjour à la maison" et la "distanciation sociale" du gouvernement dans plusieurs pays afin de limiter la transmission de virus. Des milliards de dollars de réservations d'hôtels ont été annulés et l'industrie hôtelière a demandé un secours de 150 milliards de dollars [26], notamment pour garder les employés en poste jusqu'à ce que le COVID-19 s'estompe et disparaisse.

### **1.6.1.3 Effets sur les pays dépendants du pétrole :**

Les restrictions imposées aux voyages pendant la pandémie, ont conduit à une réduction des déplacements des personnes et des marchandises, provoquant une baisse de la demande de carburant, du gaz et d'autres produits énergétiques. Cela a causé une réduction du prix du pétrole en raison de la faible demande. Toutes ces actions ont influé sur les pays qui leur économie se base sur le pétrole comme : le Venezuela, l'Angola et l'Algérie.

### **1.6.1.4 L'industrie du sport :**

L'industrie du sport a été gravement touchée par l'épidémie de coronavirus. Selon D.Lange chercheur britannique et européen spécialisé dans les sports et les loisirs (26 nov.2020) [24], de nombreuses ligues professionnelles à travers le monde ont suspendu leurs saisons et des centaines de milliers d'emplois ont été menacés par l'annulation d'événements sportifs publics à travers les pays (En Formula One, le Grand Prix de Monaco a été annulé, les Jeux olympiques et para-olympiques d'été de Tokyo ont également été reportés aussi). L'analyse suggère qu'environ 2,2 milliards de dollars américains de revenus de la télévision nationale pour l'industrie du sport pourraient être perdus en raison de la crise [27].

### **1.6.1.5 Marchés financiers :**

Les marchés boursiers mondiaux ont perdu 6 trillions de dollars en valeur en six jours, du 23 au 28 février 2020, selon les indices S&P Dow Jones [28].

### **1.6.1.6 L'industrie pharmaceutique :**

Au niveau international, l'impact sur la pénurie de médicaments était différent selon le niveau d'accès aux médicaments, à la vente au détail et à l'hôpital uniquement, et selon le type. L'utilisation de médicaments actuellement à l'étude dans le cadre d'essais mais pas encore totalement approuvés par la FDA, ou traitements dits expérimentaux, notamment l'hydroxychloroquine, le lopinavir+ritonavir, le tocilizumab et le sarilumab, a été multipliée par deux au cours du mois écoulé, avec une utilisation huit fois plus importante dans les hôpitaux. Les médicaments utilisés dans les hôpitaux pour le COVID-19 - y compris les traitements respiratoires, les sédatifs et les traitements de la douleur - ont connu une augmentation de 100 à 700 % depuis le début du mois de janvier. Cette crise du virus COVID-19 a également affecté le marché des matériels médicaux et des équipements de protection individuelle (EPI), qui comprennent les lunettes et les visières de protection, les équipements de protection bucco-nasale, ainsi que les vêtements et les gants de protection, ce qui a conduit les pays à adopter des réglementations en la matière [29].

### **1.7 Education :**

La pandémie de COVID-19 a frappé tous les niveaux du système pédagogique. Les établissements d'enseignement du monde entier ont soit fermé temporairement, soit procédé à des fermetures localisées, L'UNESCO estime que près de 1,7 milliard étudiants ont été affectés par la fermeture d'établissements d'enseignement dans le monde [30]. Plusieurs universités dans le monde ont reporté ou annulé toutes les activités sur le campus afin de minimiser les rassemblements. Cependant, ces mesures emportent des conséquences socio-économiques importantes plus importantes. Du côté positif, l'épidémie de coronavirus a accru l'importance de l'enseignement en ligne et de l'apprentissage à distance, mais en réalité, seulement un petit pourcentage de l'enseignement mondial est éduqué en ligne. En aux États-Unis seulement, d'environ 2,4 millions d'étudiants de premier cycle, ce qui équivaut à 15 % du total des étudiants de premier cycle aux États-Unis ont étudié entièrement en ligne à l'automne 2019, selon Eduventures [31].

### **1.8 Conclusion :**

L'épidémie de COVID-19 est devenue une menace pour la population générale et le personnel de santé dans le monde entier. La nécessité urgente de vaccins COVID-19 a accéléré le temps pour la fabrication des vaccins, alors que les scientifiques du monde entier travaillent sans relâche pour développer un vaccin contre le virus.

Heureusement, À la fin du mois d'août 2020, plus de 200 vaccins candidats se trouvaient à différents niveaux de développement. Bien que 30 vaccins soient actuellement en cours d'essais cliniques, parmi les premiers vaccins enregistré contre l'infection à coronavirus, notamment les vaccins AZD1222 d'Astra Zeneca/Oxford, mRNA-1273 de Moderna et le vaccin Russie Spoutnik V [32].

Etant donné que notre thèse se fonde principalement sur les opérations de vaccination, dans le suivant chapitre, nous allons donner plus de détail sur les vaccins de COVID-19 et propriétés de chaque type.

## **Chapitre 02**

Généralité sur les vaccins et les propriétés de chaque type

## Chapitre 02 : Généralité sur les vaccins et les propriétés de chaque type

### 2.1 Introduction :

Le monde a été témoin de la pandémie de COVID-19. L'OMS et ses partenaires travaillent ensemble au développement de vaccins sûrs et efficaces pour mettre fin à la pandémie en mettant en commun leurs ressources pour combattre l'infection, Surveiller la situation épidémiologique, émettre des recommandations sur les mesures à prendre en cas de maladie grave et distribuer des produits de santé essentiels à ceux qui en ont besoin [33].

Chaque année, les vaccinations sauvent des millions de vies. Elle fonctionne en entraînant les défenses naturelles de l'organisme - le système immunitaire - à reconnaître et à combattre les virus et les germes qu'elle cible, ainsi qu'à s'y préparer. Si l'organisme est exposé ultérieurement à des germes pathogènes, il sera prêt à les détruire immédiatement, prévenant ainsi la maladie.

La disponibilité de vaccins sûrs et efficaces entraînera un changement significatif, mais nous devons toujours porter des masques, maintenir une distance de sécurité avec les autres et éviter les foules dans un avenir proche. Se faire vacciner ne devrait pas signifier renoncer à des mesures préventives et mettre en danger sa propre santé et celle des autres, notamment parce que personne ne sait dans quelle mesure les vaccins protègent contre les maladies, les infections et la transmission [33].

Mais c'est l'immunisation, et non les vaccins, qui mettra fin à l'épidémie. Nous devons veiller à ce que toutes les personnes aient accès aux vaccins de manière juste et équitable, tout en veillant à ce que chaque pays reçoive des vaccins et soit en mesure de les utiliser pour protéger ses citoyens, à commencer par les plus vulnérables[33].

### 2.2 La recherche et développement pour la réalisation des vaccins :

Le développement d'un vaccin sûr et efficace contre le Covid-19 est une étape essentielle pour limiter la propagation de la maladie. L'Organisation mondiale de la santé, ses partenaires et certaines entreprises travaillent au développement de vaccins qui seront efficaces pendant de nombreuses années. Les scientifiques ont pu développer des vaccins sûrs et efficaces grâce à des investissements financiers sans précédent et à des recherches répétées [34].

Le vaccin COVID-19 ARNm de fizer/BioNTech (BNT162b2) a été homologué par l'OMS le 31 décembre 2020, dans le cadre de la procédure pour les situations d'urgence. Ce vaccin est le premier à être homologué par l'OMS selon cette procédure depuis le début de l'épidémie il y a un an [34].

La Russie, la Chine et Cuba sont les premiers pays à injecter massivement un vaccin et à le commercialiser. Le vaccin russe Spoutnik V a été le premier à être homologué dans le monde, et son nom fait référence au premier satellite envoyé dans l'espace. En octobre 2020, la Chine avait déjà vacciné 350 000 personnes [35].

En janvier 2021, l'Organisation mondiale de la santé a déclaré qu'il y aurait 60 vaccins SRAS-CoV-2 autorisés ou en cours de tests cliniques, ainsi que 172 autres vaccins en cours de réalisation [34].

À la fin du mois de février 2021, chaque pays disposera d'au moins sept vaccins différents développés sur trois plateformes technologiques. Dans chaque pays, la vaccination est la priorité absolue pour les personnes à risque, quelle que soit la situation [34].

Plus de 200 autres vaccins candidats sont actuellement à l'étude (56 en développement clinique et 166 en développement préclinique), et plusieurs d'entre eux font l'objet d'essais cliniques. Plusieurs de ces vaccins ont terminé les essais cliniques de phase III, l'étape finale avant l'homologation d'un vaccin [34].

### **2.3 Les vaccins commercialisés :**

#### **2.3.1 Le vaccin Pfizer-BioNTech :**

##### **2.3.1.1 Information générale [36] :**

Le traitement du laboratoire américain Pfizer, développé en partenariat avec le laboratoire allemand BioNTech, est le premier vaccin à avoir été validé dans le monde occidental, au Royaume-Uni puis en Europe.

- **Son efficacité :** Une analyse de 927 cas symptomatiques confirmés de COVID-19 démontre que le BNT162b2 est très efficace avec une efficacité vaccinale de 91,3 % observée contre COVID-19, mesurée de sept jours à six mois après la deuxième dose. L'innocuité des vaccins est maintenant évaluée chez plus de 44 000 participants âgés de 16 ans et plus. Si vous recevez le vaccin Pfizer-BioNTech, vous aurez besoin de deux injections pour obtenir la plus grande protection. L'intervalle entre les injections est de 21 jours. Vous devriez recevoir votre deuxième injection même si vous avez des effets secondaires après la première injection, sauf si votre vaccinateur ou votre médecin vous dit de ne pas l'obtenir.

- **Sa conservation :** La mise à jour proposée de l'étiquette de l'EUA aux États-Unis permettrait au vaccin d'être conservé entre -25 ° C et -15 ° C (-13 ° F et 5 ° F) pendant un total de deux semaines.

- **Son prix :** Ugur Sahin, PDG de la société pharmaceutique allemande BioNTech, a révélé que sa société et son partenaire américain, Pfizer, proposaient à tous les pays industrialisés leur vaccin commun contre le Corona au prix de 15 euros par dose.



Figure 2- 1:vaccin Pfizer-BioNTech [37]

### 2.3.1.2 Les composants de Pfizer-BioNTech [38] :

Le vaccin Pfizer-BioNTech COVID-19 comprend les ingrédients suivants : ARNm, lipides ((4-hydroxybutyl) azanediyl) bis (hexane-6,1-diyl) bis (2-hexyldécanoate), 2 [(polyéthylène glycol)-2000] -N, N-ditétradécylacétamide, 1,2-distéaroyl-sn-glycéro-3-phosphocholine et cholestérol), chlorure de potassium, phosphate de potassium monobasique, chlorure de sodium, phosphate de sodium dibasique dihydraté et saccharose.

### 2.3.1.3 Les effets de Pfizer-BioNTech [39] :

**Les effets secondaires indésirables sont fréquents et peuvent toucher jusqu'à 1 personne sur 10:**

- ✓ Au niveau de site d'injection : douleur, gonflement.
- ✓ fatigue.
- ✓ frissons, fièvre.
- ✓ douleurs articulaires.
- ✓ maux de tête.
- ✓ douleurs musculaires.

**Les effets indésirables sont fréquents : ils peuvent toucher jusqu'à une personne sur 10:**

- ✓ au niveau de site d'injection : rougeur.
- ✓ avoir la nausée.

**Les effets indésirables sont peu fréquents : ils peuvent toucher jusqu'à une personne sur 100:**

- ✓ élargissement du ganglion lymphatique.
- ✓ Dans les membres, il y a beaucoup de douleur.
- ✓ des insomnies.
- ✓ Troubles au niveau du site d'injection.

**Les effets indésirables sont rares : ils peuvent toucher jusqu'à une personne sur 1000 :**

- ✓ Perception d'une paralysie musculaire soudaine et temporaire d'un côté du visage.

**2.3.1.4 L'administration de Pfizer-BioNTech [40] :**

1-Choisissez le bon équipement, y compris la bonne taille d'aiguille. Utilisez une nouvelle aiguille et une seringue stériles pour chaque injection.

2-Nettoyez le bouchon du flacon de vaccin mélangé avec un nouveau tampon de préparation d'alcool stérile. Prélevez 0,3 ml de vaccin mélangé dans la seringue. Assurez-vous que la seringue préparée n'est pas froide au toucher.

3-Eliminer les bulles d'air avec l'aiguille toujours dans le flacon pour éviter la perte de vaccin. Utilisez la même aiguille pour prélever et administrer le vaccin, à moins qu'il ne soit contaminé ou endommagé.

4-Apportez immédiatement la dose de vaccin de la zone de préparation désignée à la zone de traitement du patient pour administration.

5-S'assurer que le personnel dispose du bon EPI avant d'administrer les vaccins et mettre en œuvre des politiques pour l'utilisation de masques faciaux pour les personnes de plus de 2 ans (si tolérées).

6-Administrer le vaccin immédiatement par injection intramusculaire (IM) dans le muscle deltoïde.

7-Observer les receveurs après la vaccination pour un effet indésirable immédiat:

- **30 minutes:** Personnes ayant des antécédents de réaction allergique immédiate de toute gravité à un vaccin ou à un traitement injectable et personnes ayant des antécédents d'anaphylaxie quelle qu'en soit la cause
- **15 minutes :** toutes les autres personnes.

**Remarque :**

Il n'est pas nécessaire de changer d'aiguille entre le prélèvement du vaccin d'un flacon et son injection dans un receveur, sauf si l'aiguille a été endommagée ou contaminée.

**2.3.1.5 Comment décongeler le vaccin [40] :**

- Le vaccin peut être décongelé au réfrigérateur ou à température ambiante.
- Réfrigérateur: Entre 2 ° C et 8 ° C (36 ° F et 46 ° F)
  - 25 à 195 flacons peuvent prendre 2 à 3 heures pour décongeler au réfrigérateur.
  - Moins de flacons prendront moins de temps.
- Température ambiante: jusqu'à 25 ° C (77 ° F) entre 30 minutes et 2 heures
  - Les flacons à température ambiante doivent être mélangés dans les 2 heures ou remis au réfrigérateur.
- Ne pas recongeler le vaccin décongelé.

**2.3.1.6 L'utilisation du vaccin [40] :**

1-Évaluer le statut du destinataire:

- Recherchez les contre-indications et les précautions.
- Passez en revue l'historique de vaccination.

2-Suivez une technique aseptique. Pratiquer l'hygiène des mains avant la préparation du vaccin, entre les patients, lors du changement de gants (le cas échéant) et à chaque fois que les mains sont souillées.

3-Retirez le vaccin du congélateur ou du réfrigérateur. Laisser le vaccin revenir à température ambiante. Les flacons peuvent être conservés à température ambiante jusqu'à 2 heures avant d'être mélangés. Après 2 heures, remettre les flacons non mélangés au réfrigérateur.

4-Avant de mélanger, vérifiez les dates de péremption du vaccin et du diluant. Ne jamais utiliser de vaccin ou de diluant périmé.

5-Avec le vaccin à température ambiante, retournez doucement le flacon 10 fois. Ne secouez pas le flacon. Si le flacon est secoué, jetez le vaccin. Le vaccin est de couleur blanche à blanc cassé et peut contenir des particules opaques. Ne pas utiliser si le liquide est décoloré.

6-À l'aide d'un nouveau tampon de préparation d'alcool stérile pour chaque flacon, essuyez les bouchons des flacons de diluant et de vaccin.

7-À l'aide d'une aiguille de calibre 21 (ou plus étroite), prélevez 1,8 ml de chlorure de sodium à 0,9% (solution saline normale, sans conservateur) dans une seringue mélangeuse. Après utilisation, jetez le flacon de diluant et tout diluant restant.

- Ne pas utiliser ni conserver le diluant de vaccin restant pour mélanger un vaccin supplémentaire ou pour d'autres utilisations.
- N'utilisez pas de solution saline bactériostatique normale ou d'autres diluants pour mélanger le vaccin.

8-Injectez 1,8 ml de chlorure de sodium à 0,9% (solution saline normale, sans conservateur) dans le flacon de vaccin.

9-À l'aide de la seringue mélangeuse, retirez 1,8 ml d'air du flacon de vaccin pour égaliser la pression dans le flacon de vaccin.

10-Retournez doucement le flacon contenant le vaccin et le diluant 10 fois. Le vaccin sera de couleur blanc cassé. Ne pas utiliser s'il est décoloré ou contient des particules. Ne secouez pas. Si le flacon est secoué, jetez le vaccin.

11-Notez la date et l'heure du mélange du vaccin sur le flacon.

12-Conserver le vaccin mélangé entre 2 ° C et 25 ° C (36 ° F et 77 ° F) et administrer dans les 6 heures. Jeter tout vaccin non utilisé après 6 heures. Ne retournez pas au congélateur.



**2.3.1.7 Programmation des doses [40] :**

Les personnes âgées de 18 ans et plus doivent recevoir 2 doses à au moins 21 jours d'intervalle.

- Les secondes doses administrées jusqu'à 4 jours avant la date recommandée (17 jours ou plus après la première dose) sont considérées comme valides. Cependant, les doses administrées plus tôt n'ont pas besoin d'être répétées.
- Les secondes doses doivent être administrées aussi près que possible de l'intervalle recommandé.
  - ✓ N'utilisez pas la période de grâce pour planifier les rendez-vous pour la deuxième dose.
- Il n'y a pas d'intervalle maximal entre la première et la deuxième dose.

Les deux doses doivent être le vaccin Pfizer-BioNTech COVID-19.

- L'innocuité et l'efficacité d'une série de produits mixtes n'ont pas été évaluées. Les deux doses de la série doivent être complétées avec le même produit. Cependant, si 2 doses de différents produits vaccinaux à ARNm COVID-19 sont administrées par inadvertance, aucune dose supplémentaire de l'un ou l'autre produit n'est recommandée pour le moment.

Administrer la série de vaccins seule. Ne pas administrer le vaccin à ARNm COVID-19 en même temps que d'autres vaccins et attendre un intervalle minimum de 14 jours avant ou après l'administration de tout autre vaccin.

- Si des vaccins à ARNm COVID-19 sont administrés par inadvertance dans les 14 jours suivant un autre vaccin, les doses n'ont pas besoin d'être répétées pour l'un ou l'autre vaccin.

**2.3.1.8 Stockage du vaccin [40] :****2.3.1.8.1 Stockage dans un congélateur ultra-froid :**

- Avant d'être mélangé, le vaccin peut être conservé dans un congélateur ultra-froid entre -80 ° C et -60 ° C (-112 ° F et -76 ° F).
- Le vaccin peut être conservé jusqu'à la date d'expiration. La date d'expiration pourrait être prolongée à mesure que davantage de données de stabilité deviendraient disponibles. Conserver les flacons de vaccin à la verticale dans le plateau et à l'abri de la lumière.

**2.3.1.8.2 Stockage au congélateur :**

- Avant le mélange, le vaccin peut être conservé dans un congélateur entre -25 ° C et -15 ° C (-13 ° F à 5 ° F) jusqu'à 2 semaines. La durée totale de conservation des flacons à ces températures doit être suivie et ne doit pas dépasser 2 semaines. Utilisez les étiquettes de date de non-utilisation des CDC pour suivre la durée de conservation du vaccin dans le congélateur.
- Conserver les flacons de vaccin à la verticale dans le plateau et à l'abri de la lumière.

- Les flacons conservés au congélateur peuvent être transférés au réfrigérateur pendant 120 heures supplémentaires (5 jours). Une fois décongelés, ils ne peuvent pas être recongelés.
- Les flacons stockés dans le congélateur peuvent être retournés une fois à un stockage à température ultra-froide. Une fois retourné, le délai de 2 semaines est suspendu.

### **2.3.1.8.3 Stockage au réfrigérateur :**

- Avant d'être mélangé, le vaccin peut être conservé au réfrigérateur entre 2 ° C et 8 ° C (36 ° F et 46 ° F) jusqu'à 120 heures (5 jours). Après 120 heures (5 jours), retirez tous les flacons restants du réfrigérateur et jetez-les en suivant les instructions du fabricant et de la juridiction sur l'élimination appropriée.
- Utilisez des étiquettes de date de péremption pour connaître la durée de conservation du vaccin au réfrigérateur.

### **2.3.2 Le vaccin Moderna :**

#### **2.3.2.1 Information générale :**

Le vaccin Moderna est américain. Approuvé en Europe et en France début janvier, il a également été autorisé aux États-Unis et au Royaume-Uni.

- **Son efficacité :** Le vaccin Moderna nécessite deux doses pour être pleinement efficace. Il a été constaté que jusqu'à 14 jours après la première dose, l'efficacité était de 50,8%. Après cela, il était d'environ 92,1 pour cent. Après la deuxième dose, il faut environ 2 semaines à votre corps pour développer une immunité complète. Après cette période, le vaccin est efficace à environ 94,1 pour cent. Vous devriez recevoir votre deuxième dose aussi près que possible de la marque des 4 semaines. Au besoin, vous pouvez l'obtenir jusqu'à 6 semaines après votre première injection. Nous ne connaissons pas actuellement l'impact de retarder encore plus la deuxième dose [41].
- **Sa conservation :** Le vaccin arrivera congelé entre -50 °C et -15 °C (-58 °F et 5 °F). Les flacons non perforés peuvent être conservés au réfrigérateur entre 2° et 8°C (36° et 46°F) jusqu'à 30 jours [42].
- **Son prix :** Le PDG de Moderna, Stéphane Bancel, a déclaré au journal allemand Welt am Sonntag que la société facturerait aux gouvernements 15 euros par dose [43].



Figure 2- 2:vaccine Moderna [44]

### 2.3.2.2 Les composants de Moderna [45] :

Les ingrédients du vaccin Moderna (injection) sont :

Ingrédient actif :

- ARNm (ARNm modifié par les nucléosides codant pour la glycoprotéine de pointe virale (S) du SRAS-CoV-2

Lipides :

- Polyéthylène glycol (PEG) 2000 dimyristoyl glycérol (DMG)
- 1,2-distéaroyl-sn-glycéro-3-phosphocholine
- Cholestérol
- SM-102 (propriétaire de Moderna)

Sels :

- Throméthamine
- Chlorhydrate de thométhamine
- Acide acétique
- L'acétate de sodium

Autre :

- Saccharose

### 2.3.2.3 Les effets de Moderna [46] :

Dans le bras :

- La douleur
- Rougeur
- Gonflement

Dans tout le reste de votre corps :

- Fatigue
- Mal de crâne
- Douleur musculaire
- Frissons
- Fièvre
- La nausée

#### **2.3.2.4 L'administration de Moderna [47] :**

1-Prélevez 0,5 ml de vaccin dans la seringue. Vérifiez-vous que la seringue préparée n'est pas froide au toucher.

2-Notez la date et l'heure de la première perforation du flacon. Conservez le vaccin entre 2 ° C et 25 ° C (36 ° F et 77 ° F) jusqu'à 6 heures. Jeter tout vaccin non utilisé après 6 heures.

3- Déplacez rapidement la dose de vaccin de la zone de stockage des vaccins à la zone de vaccination.

4-S'assurer que le personnel dispose du bon EPI avant d'administrer les vaccins et mettre en œuvre des politiques d'utilisation de masques faciaux pour les vaccinés âgés de plus de 2 ans (si tolérés).

5-Administrer le vaccin immédiatement par injection intramusculaire (IM) dans le muscle deltoïde.

6-Observer les receveurs après la vaccination pour un effet indésirable immédiat:

- **30 minutes:** Personnes ayant des antécédents de réaction allergique immédiate de toute gravité à un vaccin ou à un traitement injectable et personnes ayant des antécédents d'anaphylaxie quelle qu'en soit la cause.
- **15 minutes:** toutes les autres personnes.

#### **Remarque :**

Il n'est pas nécessaire de changer les aiguilles entre le prélèvement du vaccin dans un flacon et son injection à un receveur, sauf si l'aiguille a été endommagée ou contaminée.

#### **2.3.2.5 Comment décongeler le vaccin [47] :**

- Le vaccin peut être décongelé au réfrigérateur ou à température ambiante.
  - Réfrigérateur: Entre 2 ° C et 8 ° C (36 ° F et 46 ° F). Les flacons non perforés peuvent être conservés au réfrigérateur jusqu'à 30 jours.
- Température ambiante: entre 8 ° C et 25 ° C (46 ° F et 77 ° F).
  - Les flacons non perforés peuvent être conservés à température ambiante jusqu'à 12 heures.
- Ne pas recongeler le vaccin décongelé.
- Utilisez les flacons dans le réfrigérateur avant de retirer les flacons du congélateur.

- Utilisez les étiquettes de date limite d'utilisation des CDC pour ce vaccin pour suivre la durée de conservation à des températures réfrigérées.

### **2.3.2.6 L'utilisation du vaccin [47] :**

1-Évaluer le statut du destinataire:

- Recherchez les contre-indications et les précautions.
- Revoir les antécédents de vaccination.
- Passez en revue les considérations médicales.

2-Suivre une technique aseptique. Procédez à l'hygiène des mains avant la préparation du vaccin, entre les patients, lors du changement de gants (le cas échéant) et à chaque fois que les mains se salissent.

3-Flacons non perforés: vérifiez la date de péremption.

- Scannez le code QR sur le carton extérieur, ou utilisez le suivi de la date d'expiration du CDC pour documenter les changements de date d'expiration.
- Ne jetez pas le vaccin avant de vous être assuré que la date de péremption est passée.
- À l'approche de la date d'expiration, vérifiez à nouveau la date d'expiration en utilisant le même processus.
- N'utilisez jamais de vaccin périmé.
- Flacons perforés: vérifiez le temps de dépassement. N'utilisez jamais de vaccin après la période de non-utilisation.

4-Avec le flacon à la verticale, agitez doucement le vaccin. NE secouez PAS. Si le flacon est secoué, contactez le fabricant.

5-Examinez le vaccin. Il doit être de couleur blanche à blanc cassé et peut contenir des particules blanches. Ne pas utiliser si le liquide contient d'autres particules ou est décoloré.

6-À l'aide d'un nouveau tampon de préparation d'alcool stérile, nettoyez le bouchon du flacon de vaccin multi dose.

7- Assurez-vous d'avoir le bon matériel, notamment la bonne taille d'aiguille. Pour chaque injection, utilisez une nouvelle aiguille stérile et une seringue stérile. Assurez-vous que l'aiguille et la seringue sont bien fixées l'une à l'autre.

8-Placer 0,5 ml de vaccin dans la seringue. Vérifier que la seringue préparée n'est pas froide au toucher.

- Jeter le flacon s'il n'y a pas assez de vaccin pour obtenir un dosage complet.
- Ne pas mélanger le vaccin résiduel de plusieurs flacons pour obtenir un dosage.
- Quel que soit le type de seringue utilisé, s'assurer que la quantité de vaccin dans la seringue est égale à 0,5 ml.

9- Notez la date et l'heure de la première perforation du flacon. Conservez le vaccin entre 2 et 25 degrés Celsius (36 et 77 degrés Fahrenheit) pendant un maximum de 6 heures. Après 6 heures, jetez tous les vaccins.

**Remarque :**

\*Les gants ne sont pas nécessaires, sauf si la personne qui administre le vaccin risque d'entrer en contact avec des liquides potentiellement infectieux ou a des plaies ouvertes sur les mains. En cas de portage, il faut se laver les mains et changer de gants entre deux patients.

\*Sauf si l'aiguille a été endommagée ou contaminée, il n'est pas nécessaire de changer les aiguilles entre la préparation du vaccin dans un flacon et son injection chez un receveur.

**2.3.2.7 Programmation des doses [47] :**

- Les personnes âgées de 18 ans et plus doivent recevoir 2 doses à au moins 28 jours d'intervalle.
  - Les deuxièmes doses doivent être administrées aussi près que possible de l'intervalle recommandé.
    - ✓ S'il n'est pas possible de respecter l'intervalle recommandé, vous pouvez programmer la deuxième dose jusqu'à 6 semaines (42 jours) après la première dose; les données d'efficacité sont limitées au-delà de cette fenêtre, mais une dose après ce délai n'a pas besoin d'être répétée.
    - ✓ Les doses administrées par inadvertance à moins de 28 jours d'intervalle n'ont pas besoin d'être répétées
- Les deux doses doivent être le vaccin Moderna COVID-19.
  - Tout doit être fait pour déterminer quel produit vaccinal a été reçu comme première dose.
  - Dans des situations exceptionnelles, si le produit vaccinal administré comme première dose ne peut être déterminé ou n'est plus disponible, tout produit vaccinal à ARNm COVID-19 peut être administré au moins 28 jours après la première dose.
- Administrer la série de vaccins seule. Vaccins à ARNm COVID-19 séparés 14 jours avant ou après l'administration de tout autre vaccin.
  - Si des vaccins à ARNm COVID-19 sont administrés par inadvertance dans les 14 jours suivant un autre vaccin, il n'est pas nécessaire de répéter les doses pour l'un ou l'autre vaccin.

**2.3.2.8 Stockage du vaccin [47] :****2.3.2.8.1 Stockage au congélateur :**

- Le vaccin peut être conservé au réfrigérateur entre -25 et -15 degrés Celsius (-13 et 5 degrés Fahrenheit).
- Remarque : Ces températures se situent dans la plage de températures recommandée pour les vaccins ordinaires, mais la plage de températures pour ce vaccin est plus étroite.
  - Ajuster la soigner si vous stockez le vaccin dans un congélateur avec d'autres vaccins qui sont systématiquement recommandés.
  - En utilisant le journal de stockage des températures du congélateur, enregistrez les températures de l'unité de stockage (Celsius ou Fahrenheit).

### 2.3.2.8.2 Stockage au réfrigérateur :

- Les flacons de vaccin peuvent être conservés au réfrigérateur entre 2 et 8 degrés Celsius (36 et 46 degrés Fahrenheit) pendant un maximum de 30 jours avant d'être perforés.
  - Après 30 jours, retirez les flacons restants du réfrigérateur et éliminez-les conformément aux instructions du fabricant et à la législation d'élimination appropriée.
- Le vaccin désactivé ne peut pas être réactivé.
- Utiliser l'étiquette de la date de péremption pour déterminer depuis combien de temps le vaccin est resté dans le réfrigérateur.
  - Retirer le contenant de conservation congelé.
  - Compléter l'information sur l'étiquette de stockage et placer-la sur le contenant des flacons de vaccin.
  - Une fois les vaccins étiquetés, conservez-les dans le réfrigérateur.

### 2.3.3 Le vaccin Spoutnik V :

#### 2.3.3.1 Information générale [43] :

Spoutnik V est le premier vaccin enregistré dans le monde, et il est basé sur une plateforme bien étudiée de vecteurs adénovirus humains. Spoutnik V a déjà été enregistré dans près d'un tiers des pays du monde.

- **Son efficacité :** Spoutnik V est l'un des trois seuls vaccins au monde dont le taux d'efficacité est de 90 %. Le taux d'efficacité de 91,6 % a été calculé à partir des données de 19 866 volontaires qui ont reçu deux injections de vaccin ou une injection de placebo. Seuls 78 cas de COVID-19 ont été confirmés au stade du contrôle final.
- **Sa conservation :** Spoutnik V doit être conservé au réfrigérateur entre 2 et 8 degrés Celsius sous forme lyophilisée.
- **Son prix :** Sur le marché mondial, une dose de Spoutnik V coûte environ 8 euros. Une vaccination coûte 16 euros par personne.



Figure 2- 3:vaccine Spoutnik V [48]

### 2.3.3.2 Les composantes de Spoutnik V [49] :

Spoutnik V est le premier vaccin anti-Covid enregistré sur une plateforme adénovirale humaine, et c'est le seul vaccin anti-Covid composé de deux vecteurs différents contre le sars-CoV-2. Le vecteur adénovirus utilisé dans la première injection provoque habituellement des infections respiratoires virales aiguës. Chaque vecteur possède un gène qui code pour la protéine S, qui est la porte d'entrée du virus dans nos cellules. L'organisme peut alors commencer à se défendre. La deuxième dose, administrée 21 jours après la première, contient un vecteur adénovirale supplémentaire qui stimule la réponse immunitaire. Voici la liste des excipients :

- Tris (hydroxyméthyl) aminométhane.
- Chlorure de sodium.
- Saccharose.
- Chlorure de magnésium hexahydraté.
- EDTA disodique dihydraté (tampon).
- Polysorbate 80.
- Éthanol 95%.
- L'eau.

### 2.3.3.3 Les effets de Spoutnik V [50] :

À l'heure actuelle, les informations sur les effets secondaires du vaccin Spoutnik sont encore rares. Toutefois, selon une analyse de laboratoire effectuée par l'Institut de recherche Gamelaya - Ministre de la Santé de la Fédération de Russie, "aucun événement grave indésirable" n'a été détecté lors de la première dose.

En revanche, "Un effet secondaire était plus fréquent après la deuxième injection". 58% pour cent des sujets ont signalé une douleur au site d'injection.

- Fièvre (52% des participants).
- Céphalées (respectivement 42%, 52,6% et 31,6%),
- Une asthénie (respectivement 28%, 44,7% et 10,5%),
- Douleurs musculaires et douleurs articulaires (respectivement 25%, 28,9% et 23,7%).
- 1,5 % des personnes ayant reçu le vaccin avaient un nez crochu, un nez tordu ou un problème de gorge.
- Au niveau du site d'injection, 4,7 % des personnes vaccinées ont ressenti une douleur, une décoloration, un gonflement et une rougeur.
- Moins de 1 % des personnes qui ont été vaccinées peuvent avoir un rythme cardiaque élevé ou une pression artérielle élevée.

### 2.3.3.4 L'administration de Spoutnik V [47] :

1-Évaluer le statut du bénéficiaire:

- Recherchez les contre-indications et les précautions.
- Revoir les antécédents de vaccination.
- Passez en revue les considérations médicales.



2- Déplacez rapidement la dose de vaccin de la zone de stockage des vaccins à la zone de vaccination.

3-S'assurer que le personnel dispose du bon EPI avant d'administrer les vaccins et mettre en œuvre des politiques d'utilisation de masques faciaux pour les receveurs de vaccins (si toléré).

4-Administer the vaccine immediately by intramuscular (IM) injection in the deltoid muscle.

5-Observer les receveurs après la vaccination pour un effet indésirable immédiat:

- 30 minutes: Personnes ayant des antécédents de réaction allergique immédiate de toute gravité à un vaccin ou à un traitement injectable et personnes ayant des antécédents d'anaphylaxie quelle qu'en soit la cause
- 15 minutes: toutes les autres personnes.

### **2.3.3.5 Préparation et modalités d'injection du vaccin Spoutnik [51] :**

- Hygiène des mains
- Les deux dosages sont à l'état solidifié. C'est une masse solide de couleur blanche. Après décongélation, vous obtiendrez une solution homogène, incolore ou légèrement opalescente.
- Attendez que la décongélation se produise à température ambiante, en gardant une trace du temps.
- Utiliser dans les 30 minutes si vous utilisez un flacon mono dose et dans les 2 heures si vous utilisez un flacon multi dose.
- Schéma de vaccination:
  - Flacon 1: J0 Composant 1 (vecteur Adenovirus26).
  - Flacon 2 :J21 Composant 2 (vecteur Adenovirus5).
- Placez la capsule dans un sac plastique et désinfectez le caoutchouc du flacon avec une compresse imbibée de solution antiseptique ou d'alcool à 70°C.
- Retourner délicatement le flacon dans le bol mélangeur plusieurs fois pour homogénéiser le mélange sans le faire gripper.
- Réaliser une seringue de 2 ou 3 ml.
- L'aiguille doit être suffisamment longue pour que le vaccin soit injecté dans le muscle. Aiguille de 25 à 35 mm de long, selon la corpulence.
- Préparer 0,5 ml de flacon mono ou multi dose.

### **2.3.3.6 SPUTNIK V et chaîne du froid [52] :**

- Le vaccin SPUTNIK V sous forme liquide est un vaccin thermolabile qui doit être stocké dans un endroit frais et sec, à une température de  $\leq -18^{\circ}\text{C}$ .
- Du point de fabrication au point d'utilisation, la chaîne du froid doit respecter les conditions de stockage à toutes les étapes du stockage et du transport.
- La documentation précise du respect de la température est requise à chaque étape.
- La reconstitution du vaccin ou le stockage non sélectif ne sont pas autorisés.

- Une fois sorti du réfrigérateur, le contenu du flacon doit être décongelé et administré dans les 30 minutes pour les présentations mono doses et dans les 2 heures pour les présentations multi doses.
- Le vaccin doit être conservé dans des fourgons réfrigérés avec des packs de gel congelé sur le dessus et le dessous du récipient pour maintenir une température constante de -18 °C pendant le transport.
- Si nécessaire, l'utilisation d'eau gazeuse est autorisée.
- Au moins deux sondes transport-thermiques doivent être placées à côté du vaccin. Avant de placer les sondes dans la boîte isotherme, il faut les mettre en marche.
- Toute différence de température lors du stockage doit être signalée immédiatement, ainsi que les événements qui ont conduit à cette différence.

### **2.3.3.7 Injection vaccinale [51] :**

- Injecter le vaccin dans le deltoïde par voie intramusculaire.
- Maintenir une prise ferme sur la peau entre l'index et le pouce sans faire de pli cutané.
- Enfoncez l'aiguille par un mouvement sûr et rapide perpendiculaire (90°) au plan cutané et évitez l'aspiration.
- Injecter la totalité de la dose de vaccin.
- Rétracter l'aiguille selon le même angle.
- A l'aide d'une compresse, comprimer le site d'injection.
- Retirer la seringue et l'aiguille du collecteur.
- Garder sous surveillance pendant 30 minutes.
- Programmer la 2ème injection à J21.

### **2.3.3.8 Stockage du vaccin Spoutnik : recommandations du fabricant [51] :**

- Il doit être conservé dans un endroit frais et sombre à une température de -18 °C ou moins.
- Vaccin thermoplastique qui nécessite une chaîne du froid avec des températures de -18 °C ou moins à toutes les étapes de stockage et de transport, depuis la fabrication jusqu'à l'utilisation.
- À chaque étape, la documentation appropriée du contrôle de la température est requise.
- Seul un congélateur légitime doté d'un système d'alarme de température et de deux enregistreurs de température réutilisables (thermomètres) qui enregistrent la température dans le congélateur toutes les minutes doit être utilisé.
- Une fois par jour, le responsable du site recueille les relevés de température des deux thermomètres fixes installés dans le congélateur validé.
- La température de la zone de stockage doit être contrôlée régulièrement, et les données des thermomètres doivent être fournies au superviseur local au moins une fois par semaine.

- En cas de défaillance du congélateur ou de panne de courant, l'installation doit disposer d'une alimentation électrique de secours, ainsi que d'une alimentation de secours et d'un congélateur en état de marche.

**Remarque:**

La recongelation n'est pas autorisée. Une fois sorti du réfrigérateur, le contenu du flacon doit être décongelé et administré dans un délai de 30 minutes (mono dose) à 2 heures maximum (multi doses).

**2.3.3.9 Transport des vaccins [52] :****2.3.3.9.1 Transport aérien :**

- Toutes les mesures nécessaires doivent être prises pour que les vaccins soient reçus dans les meilleures conditions possibles à l'aéroport. Il y a par exemple:
  - Commencer les formalités dès que l'IPA reçoit le numéro de vol et la date d'arrivée, que l'IPA doit communiquer à la wilaya de wilaya de wilaya de wilaya de wilaya de wilaya de wilaya de wilaya de wilaya de wilaya (frigorifique).
  - Documents nécessaires pour la réception des vaccins : débarquement rapide.
  - Autorités aéroportuaires : Congélateurs/chambre froide (si disponible) en prévision de leur départ.

**2.3.3.9.2 Transport vers le centre vaccinal :**

- La distribution des vaccins aux bâtiments de vaccination est assurée par le chef d'établissement de la wilaya.
- Le déplacement doit être sécurisé et se faire dans un véhicule réfrigéré :
  - S'assurer que le réfrigérateur fonctionne et qu'il dispose d'un espace de stockage suffisant pour contenir tous les colis de vaccins.

**2.3.3.9.3 La réception du vaccin:**

- Dès réception, le vaccin doit être examiné et immédiatement placé à la bonne température:
  - Vérifier la date d'expiration.

**2.3.3.9.4 Précautions :**

- Vérifier la date d'expiration des vaccins.
- Conserver les vaccins dans leur emballage d'origine (boîte du fabricant).
- Séparer clairement les sortes de vaccins s'il y a plusieurs fournisseurs.
- Ajustez les contrôles en fonction des capacités du réfrigérateur et de congélateur.
- Ne retirez pas de grandes quantités de vaccins du réfrigérateur/congélateur (à l'avance) : retirez le vaccin uniquement pour une utilisation immédiate.

- Contrôler régulièrement la température du réfrigérateur/congélateur : il doit être équipé d'un affichage électronique de la température.
- N'utilisez le réfrigérateur/congélateur que pour conserver les vaccins.
- Ayez toujours sous la main un récipient isolant : un congélateur avec accumulation de froid dans le congélateur.
- Installez une alarme thermique sur le réfrigérateur/congélateur.
- Les réfrigérateurs/congélateurs doivent être équipés d'un groupe de déclenchement automatique électromécanique.
- Veillez à ce que la porte du réfrigérateur/congélateur soit maintenue hermétiquement fermée à tout moment.

### **2.3.4 Conseils pour la vaccination :**

#### **2.3.4.1 Informations à donner aux personnes à vacciner [51] :**

- La vaccination contre le COVID-19 est gratuite et fortement recommandée.
- Le vaccin protège à plus de 90% contre l'infection par le CoV2 du SRAS, ainsi que les complications et les formes graves de la maladie.
- Le vaccin est recommandé à toutes les personnes susceptibles de contracter la maladie, en particulier les personnes âgées et vulnérables souffrant de maladies chroniques ou concomitantes, ainsi qu'aux professionnels de la santé.
- Le vaccin actuellement disponible en Algérie est un vaccin à vecteur viral (adénovirus) qui permet à l'organisme de produire des anticorps protecteurs.
- Ce vaccin ne contient pas le virus et ne peut pas causer de maladie. D'autres vaccins seront disponibles dans les semaines et les mois à venir.
- Une consultation pré-vaccination est recommandée pour s'assurer qu'il n'y a pas de contre-indication temporaire ou permanente.
- Des réactions post-vaccinales sont envisageables, comme pour les autres vaccins, bien qu'elles soient plus souvent bénignes (fièvre, douleur localisée et rougeur, myalgies) et transitoires.
- La vaccination consiste en deux injections séparées par une période de temps déterminée par le type de vaccin.

#### **2.3.4.2 Lieu vaccination : Vacciner en toute sécurité [51] :**

- Espace suffisant pour respecter la distanciation.
- Aération des locaux.
- Circuit du patient : principe de la marche en avant.
- Poste de lavage des mains ou SHA.
- Kit de Protection PCI.
- Positionnement latéral, ne pas se mettre face au patient.
- Limiter le nombre de personnes accompagnatrices.
- Nettoyage des surfaces quotidiennement.

**2.3.4.3 Que devez-vous mentionner à la personne chargée de la vaccination avant de recevoir le vaccin [50] :**

Informez la personne chargée des vaccinations de tous vos problèmes de santé, notamment si vous :

- avez des allergies.
- avez de la fièvre
- avez un problème de saignement ou vous prenez des anticoagulants.
- êtes immunodéprimé ou utilisez un médicament qui affecte votre système immunitaire.
- êtes enceinte ou prévoyez de l'être.
- allaitez.
- Avez-vous eu un autre vaccin COVID-19 ?

**2.3.4.4 Qui ne devrait pas recevoir le vaccin [53] :**

Si vous présentez les conditions suivantes, vous ne devez pas recevoir le vaccin COVID-19:

- Avez-vous eu une réaction allergique grave à une dose précédente de ce vaccin ?
- Avez-vous eu une réaction allergique sévère à l'un des ingrédients du vaccin ?

**2.3.5 Vaccination en Algérie :**

Le Dr Fawzi Derrar, directeur général de l'Institut Pasteur d'Algérie (IPA), a déclaré hier que l'Algérie allait recevoir un lot de vaccin russe anti-Covid-19 Spoutnik-V.

Le Dr Fawzi Derrar a déclaré que ce lot de vaccin russe sera suivi de 700 000 doses de vaccin anti-Covid-19 à l'intérieur du mécanisme onusien, et que 500 000 doses seront reçues au cours des mois de mars et avril par d'autres laboratoires [54].

En janvier et février, l'Algérie a reçu 50 000 doses du vaccin russe Spoutnik V, 50 000 doses du vaccin anglo-suédois AstraZeneca/Oxford et 200 000 doses du vaccin chinois Sinopharm [54].

«D'autres cargaisons du vaccin anti-Covid-19 arriveront de Chine, d'Inde et d'autres pays », a expliqué Abderrahmane Benbouzid, ministre de la Santé. Les vaccins, qui concerneront en priorité le corps médical, les personnes âgées et celles atteintes de maladies chroniques, seront suivis via une plateforme numérique pour «un contrôle quotidien de l'état de santé de ceux qui ont été vaccinés » dans tout le pays [55].

Le 20 décembre, le président Abdelmadjid Tebboune a pressé le gouvernement de «lancer la campagne de vaccination en janvier prochain». «Cette opération sera menée de manière continue dans différentes wilayas du pays afin de couvrir au moins 80% de la population», Le porte-parole du comité scientifique de suivi de l'évolution de la pandémie, le Dr Djamel Fourar, a déclaré aux médias. Il a également précisé que le gouvernement algérien avait alloué 20 milliards de dinars (environ 123 millions d'euros) à l'ensemble de l'opération, alors que le premier quota (50 000 doses) a coûté 1,5 milliard de dinars (environ 9 millions d'euros). Abdelaziz Djerad, le Premier ministre, a été vacciné dans une clinique algérienne en présence des médias, dimanche 31 janvier [55].

**2.4 Conclusion :**

Au niveau mondial, la recherche d'un vaccin anti-COVID-19 devient plus vigoureuse. De nombreux essais sont actuellement en cours. Bien que l'utilisation du vaccin soit aujourd'hui entravée par des incertitudes et des inconnues scientifiques (efficacité, disponibilité à long terme, types de vaccins), il est essentiel de développer dès à présent une stratégie nationale de vaccination, afin que, dès qu'il sera disponible, cet outil puisse être intégré efficacement dans une stratégie plus large de lutte contre le COVID-19.

# **Chapitre 03**

La localisation des centres de vaccination et  
la mise en place d'un système d'information  
et de communication - zone Hennaya

## **Chapitre 03 : La localisation des centres de vaccination et la mise en place d'un système d'information et de communication - zone Hennaya**

### **3.1 Introduction :**

La solution à long terme à la pandémie de coronavirus 2019 (COVID-19) sera, un programme de vaccination sûr et efficace, mis en œuvre à l'échelle mondiale et offrant de larges avantages cliniques et socio-économiques. Après avoir mis au point des vaccins et la confirmation de leur pleine efficacité contre le virus, il convient de commencer dès maintenant à planifier attentivement la préparation d'une stratégie de vaccination contre le COVID-19 destinée au grand public et à la communauté sanitaire.

Dans ce chapitre, nous détaillons notre démarche qui concerne l'organisation du système de localisation des centres de vaccination contre COVID-19 dans la zone urbaine de Hennaya dans la wilaya de Tlemcen en Algérie. En savoir plus, cette zone est peuplée par une population qui approche 40941 habitants sur une superficie de 108 km<sup>2</sup>. Et la problématique de ce chapitre ces comment localiser et implanter des centres de vaccination mobile et temporaire contre le COVID-19 dans la zone de Hennaya et quelle est la stratégie obtenue pour faire appel les citoyens à vacciner dans ces centres.

A cet effet, notre objectif principal est de nature logistique en priorité et qui consiste à mettre en évidence une structure optimale de l'emplacement des centres de vaccinations dans la région de Hennaya en se basant sur les systèmes d'information géographiques et les outils de la recherche opérationnelle inspirés de l'approche MCDM. Ainsi, l'organisation d'un system de communication et information entre le public et les centres de vaccinations.

Nous présentons cette partie pratique dans la configuration suivante. Dans la première étape, nous détaillons brièvement les logiciels utilisés dans notre étude, notamment le système d'information géographique QGIS (Quantum geographic information system) et l'application Microsoft forms, ainsi que Définir et collecter des données relatives à la zone d'étude Hennaya.

Dans la 2ème étape nous allons proposer un modèle géré principalement par le Système d'Information Géographique (SIG) pour résoudre le problème de localisation de centres de vaccination contre le covid-19 dans la zone de Hennaya. Les résultats obtenus sont interprétés et représentés sur le logiciel QGIS

Entre autres, Nous avons utilisé l'approche MCDM, en particulier la méthode GRA, pour déterminer le meilleur emplacement du centre de vaccination dans une zone spécifique où il existe plusieurs sites candidats.

Dans la 3ème étape nous allons proposer des méthodes et des démarches pour la mise en place d'un système d'information et de communication qui permette l'enregistrement des citoyens dans les centres de vaccination et de savoir chaque individu le centre le plus proche et approprié pour être vacciné.



### 3.2 Logiciels utilisés :

#### 3.2.1 Système d'information géographique SIG :

Différentes personnes ont défini le SIG en fonction de leur capacité et de l'objectif pour lequel ils sont appliqués, parmi ces définitions :

- «un ensemble automatisé de fonctions qui fournit aux professionnels des capacités avancées pour le stockage, la récupération, la manipulation et l'affichage de données situées géographiquement » [56].
- «Un ensemble d'outils puissants pour collecter, stocker, récupérer à volonté, transformer et afficher des données spatiales du monde réel » [57].
- « système d'aide à la décision qui place des données géo référencées dans un contexte de résolution de problèmes » [58].

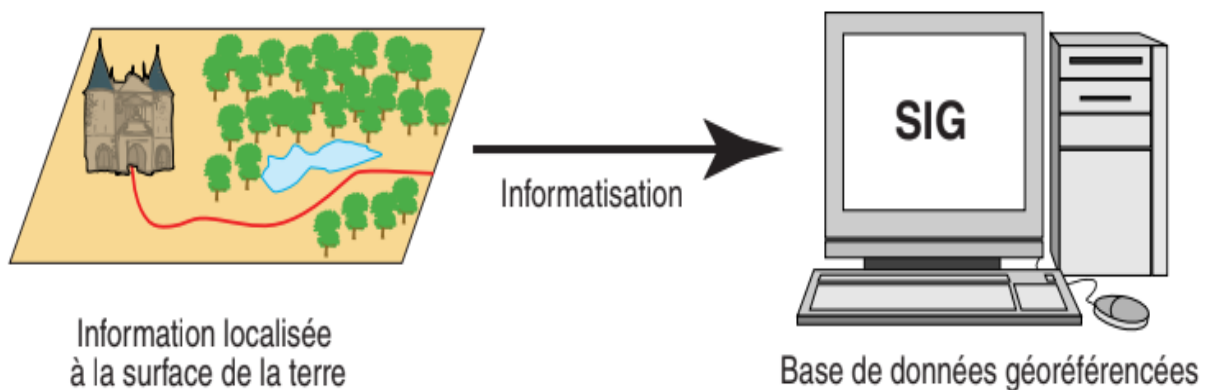


Figure 3- 1:Définition du SIG

Source : Laboratoire de cartographie appliquée - Élisabeth HABERT - IRD – 2000

Dans un sens plus générique, le SIG est un outil logiciel qui permet aux utilisateurs de créer des requêtes interactives, d'analyser l'information spatiale, d'éditer des données, des cartes et de présenter les résultats de toutes ces opérations. La technologie SIG devient un outil essentiel pour combiner diverses cartes et informations de télédétection afin de générer divers modèles, qui sont utilisés dans un environnement en temps réel. Le système d'information géographique est la science qui utilise les concepts, les applications et les systèmes géographiques.

#### 3.2.1.1 LES OBJECTIFS DU SIG :

- Maximiser l'efficacité de la planification et de la prise de décision
- Fournir des moyens efficaces de distribution et de traitement des données
- Capacité à intégrer des informations provenant de nombreuses sources

**Chapitre 03 :** La localisation des centres de vaccination et la mise en place d'un système d'information et de communication - zone Hennaya

- Analyse/requête complexe impliquant des données à référence géographique pour générer de nouvelles informations.

-Pour toute utilisation, il existe cinq questions génériques auxquelles un SIG peut répondre :

Tableau 3- 1:Questions de base pouvant être étudiées à l'aide d'un SIG d'après Rhind [59].

Localisation	Qu'est-ce qui se trouve à ... ?
Condition	Où se trouve... ?
Tendances	Qu'est-ce qui a changé... ?
Routage	Quel est le meilleur chemin ... ?
Modèle	Quel est le modèle ... ?
Modélisation	Que se passe-t-il si ?

### 3.2.1.2 QGIS :

Quantum GIS (QGIS) est une application SIG professionnelle qui est construite sur un logiciel libre (open source), créé par l'équipe de développement du QGIS en 2002. Depuis 2007, il a été développé par Open Source Geospatial Fondation (OSGeo).

QGIS est partagé sous licence GNL (General Public License). Il fonctionne sous Linux, Unix, Mac OSX, Windows et Androïde. Cela autorise les utilisateurs à le partager et à le modifier librement (modification du code source), en bénéficiant de la garantie d'avoir accès à un programme SIG peu coûteux et librement modifiable.

QGIS supporte la plupart des types de fichiers géo spatiaux vectoriels et raster ainsi que les formats de base de données. Le logiciel offre des fonctionnalités SIG standard, avec une variété de fonctions de cartographie et d'édition de données. QGIS prend également en charge des plug-ins qui étendent ses fonctionnalités en fournissant des outils supplémentaires, notamment : La prise en charge des données GPS, le géo référencement et des composants cartographiques supplémentaires.

De plus, le développement continu de ses fonctionnalités, qui comprennent la création, l'édition, la manipulation, l'analyse, le stockage et la représentation visuelle des données, a permis au QGIS de devenir populaire et largement utilisé par les entreprises privées et les organisations du monde entier.

A ce jour, QGIS est utilisé pour les projets SIG suivants [60] :

- Visualisation des données sur les eaux usées, intégration des bases de données

Supplémentaires, et accès direct aux protocoles d'inspection et de cameras vidéos ;

- Visualisation et édition pour les systèmes de planification urbaine, de planification ;

-. Visualisation des données d'inventaire souterrain (assainissement, adduction d'eau potable,

Gaz, électricité, et récemment réseaux de télécommunication) ;

- Visualisation des données topographiques et cadastrales ;
- Visualisation et édition de l'inventaire communal des sites naturels protégés ;
- Visualisation et édition des données de planification urbaine et régionale ;
- Visualisation et édition des données de l'infrastructure routière ;
- Visualisation de statistiques créées directement depuis la base de données des habitants

Passés et présents ;

- Planification et Visualisation pour l'aménagement énergétique (fourniture de gaz, énergie géothermique en sous-sol, centrales de chauffage, etc.)

### **3.2.2 Microsoft Forms :**

Microsoft Forms a été lancé en septembre 2018. Depuis lors, il a attiré un très grand nombre d'utilisateurs qui recherchent un service permettant de créer des enquêtes, des sondages et des quiz. Microsoft Forms offre une interface utilisateur plus conviviale que celle de Google Forms. Toutes les personnes disposant tout simplement d'un compte Microsoft 365 (anciennement Office 365) peuvent accéder à Microsoft Forms.



Figure 3- 2: Logo de Microsoft forms [61].

#### **3.2.2.1 Définition :**

Microsoft Forms est un programme de Microsoft dans le domaine de l'éducation qui a été créé en réponse à la demande des enseignants qui souhaitaient disposer d'un outil pour évaluer fréquemment le développement de leurs élèves [62].

Microsoft Forms est un software qui permet de créer rapidement des enquêtes, des quiz et des sondages partagés. Cet outil facile à utiliser offre la possibilité de créer rapidement et sans difficulté un formulaire, et de visualiser les données, recueillir les réponses en temps réel et créer des diagrammes automatiques. Il est également possible de créer un en quelques minutes, sans besoin de formation, et l'utilisateur peut le remplir sur n'importe quel navigateur sans installer un programme séparé. Les formulaires étaient autrefois exclusivement accessibles dans Office 365 Éducation, mais Microsoft a récemment étendu leur disponibilité

aux abonnés Office 365 corporatif, y compris Chorus, et a ensuite mis les formulaires à la disposition de toute personne possédant un compte Microsoft personne [62].

### **3.2.2.2 Utilisation de Microsoft Forms :**

L'utilisateur peut utiliser Microsoft Forms pour construire des enquêtes, des concours, des sondages et des enquêtes personnalisées. Il peut également inviter d'autres utilisateurs à remplir les formulaires Microsoft à l'aide du navigateur Web de n'importe quel appareil ou ordinateur. Le créateur peut examiner les résultats en temps réel et effectuer des analyses de données sur les données acquises. Microsoft Forms peut également être utilisé pour créer des questions à choix multiples sous forme de programme [62].

Les formulaires Microsoft peuvent être utilisés dans diverses situations, notamment :

- Organiser une consultation
- Évaluer l'efficacité d'un atelier ou d'une formation.
- Évaluer des étudiants (formatif ou sommatif).
- Collecter des informations.

### **3.2.2.3 Fonctionnalités de Microsoft Forms :**

Microsoft Forms fondé sur une interface simple qui permet de construire en quelques secondes des questionnaires ou des formulaires avec des questions à choix multiples, avec des dates, des catégories, des questions ouvertes et des types de questionnaire.

### **3.2.2.4 Sécurité :**

Microsoft Forms, qui fait partie de l'offre Office 365, répond aux niveaux de conformité, de sécurité et de confidentialité attendus pour les applications Office 365. Les organisations peuvent recueillir des données sans obliger les usagers à utiliser des solutions non sécurisées, et il n'est pas obligatoire de créer et de maintenir des outils d'enquête propriétaires. Les administrateurs informatiques peuvent également gérer les licences des utilisateurs et activer ou désactiver la Co-création de Microsoft Forms hors de leur organisation [63].

### **3.2.3 La localisation des centres de vaccination dans la zone urbaine Hennaya :**

Dans cette partie, nous allons voir comment résoudre le problème de localisation des centres de vaccination dans la zone de Hennaya. En vue de faciliter l'accès des citoyens aux centres de vaccination de manière courte et appropriée pour tous, aussi pour assurer une meilleure vaccination, Nous avons proposé un modèle pour résoudre le problème de localisation utilisons principalement le programme QGIS dans notre étude, en raison de ses nombreuses fonctionnalités et ses différents utilité, incluant l'analyse, la planification et la prise décision .afin de nous aider à Sélectionner et identifier les sites les plus appropriés pour implanter et gérer les centres de vaccination dans la zone urbaine étudié.

### 3.2.3.1 Définition de la zone d'étude :

La commune de Hennaya est localisée au nord de la wilaya de Tlemcen, à environ 11 km de Tlemcen. Elle est bordée au nord par La commune de Remchi, au sud par la ville de Tlemcen, à l'est par la commune de Chetouane et à l'ouest par la commune de Zenata. Elle compte 40941 habitants sure une superficie de 108 km<sup>2</sup>.

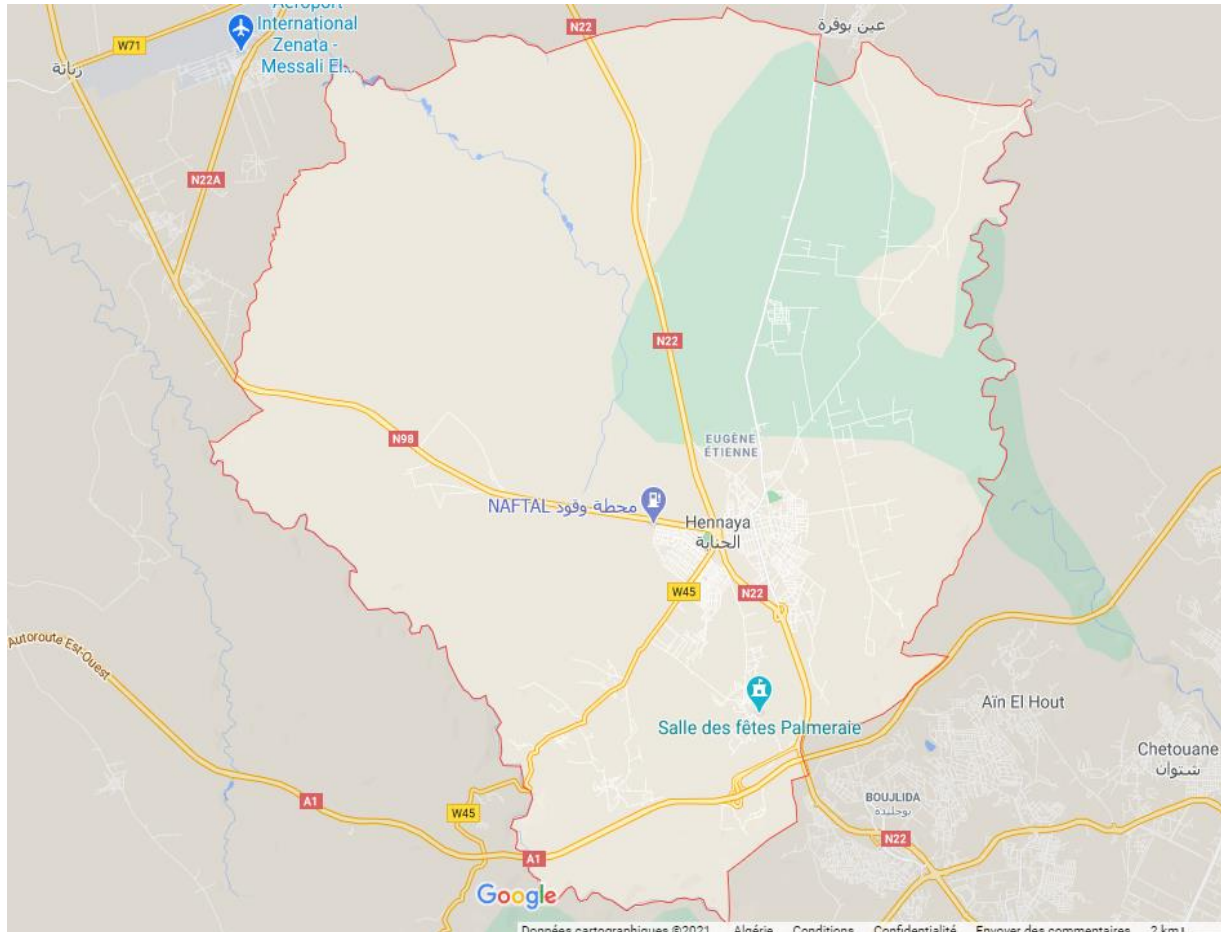


Figure 3- 3: Carte de Hennaya sur Google Mapp. [64]

Hennaya est une région aux racines très anciennes, qui a connu un développement économique et culturel absolument remarquable. En plus, elle occupe une position géographique et économique stratégique, puisqu'elle représente un véritable lien entre la capitale de wilaya et le reste des communes secondaires. C'est aussi un croisement pour les réseaux routiers qui ont été renforcés dans le couloir autoroutier au sud de la région. Parmi toutes les autres régions de Tlemcen, Hennaya a bénéficié des programmes de développement à grande échelle tels que : les plan d'installation de l'éclairage public, l'extension du réseau d'assainissement, la réalisation de la chaussée des trottoirs, l'aménagement de la salle de cinéma, la chaussée des routes et la rénovation du réseau AEP, la réalisation des bâtiments administratifs, le raccordement au réseau de gaz naturel, la réalisation des institutions d'éducation et de formation, ainsi que des crèches modernes pour les enfants.

**Chapitre 03 :** La localisation des centres de vaccination et la mise en place d'un système d'information et de communication - zone Hennaya

Par conséquent, toutes ces particularités et avantages nous a motivé de choisir La commune de Hennaya comme une zone d'étude.

**3.2.3.2 Collecte des données :**

Dans notre étude, nous devons collecter tous les informations sur la population et les districts de la région pour nous aider à localiser les centres de vaccination. Bien que cette étude soit toujours la première en Algérie, notre contact avec l'administration compétente de la commune de Tlemcen nous a donné peu d'informations telles que:

- En vue de trouver une solution et de mettre en place modèle bien adapté, les informations doivent être plus correctes sur les agglomérations et les districts de la zone étudiée.

Tableau 3- 2:Code commune et wilaya.

Commune	Code commune	Wilaya	Code wilaya
Hennaya	26	Tlemcen	13

Tableau 3- 3:Données sur la commune de Hennaya, selon les agglomérations et les districts.

Numéro du district	Totale personnes	Total logements	Nombre log à usage provisionnel	Nombre logements inhabités	Nombre logements habités	Nombre constructions
12	1057	246	0	95	161	266
13	1026	190	0	17	173	190
14	1037	207	0	29	178	207
15	1009	196	0	20	176	196
16	961	219	0	34	185	2019
17	970	191	0	35	156	191
18	924	192	0	38	154	192
19	1011	183	0	30	153	183
20	970	179	0	26	153	179
21	1026	184	0	20	164	184
22	1042	186	0	14	172	186
23	1007	209	0	48	161	209
24	1057	273	0	68	205	273
25	1018	228	0	56	194	228

**Chapitre 03 :** La localisation des centres de vaccination et la mise en place d'un système d'information et de communication - zone Hennaya

26	1026	212	0	68	174	212
27	992	155	1	44	205	155
28	1063	105	0	25	249	73
29	1012	216	0	10	205	112
30	1049	193	0	39	199	193
31	1001	257	0	69	188	257
32	1039	227	0	45	182	227
33	1069	182	0	35	147	182
34	1007	239	0	83	156	239
35	950	214	0	57	157	214
36	950	206	4	103	162	148
37	903	200	0	13	187	20
38	1056	301	0	68	232	16
39	1053	164	0	38	219	29
40	1020	270	0	26	244	4
41	1054	195	0	35	160	195
42	1053	198	1	49	175	198
43	1050	218	0	18	210	41
44	0	300	0	300	0	4
45	871	289	0	21	11	132

**3.2.3.3 Modèle proposé pour résoudre le problème de la localisation des centres de vaccination dans la région de Hennaya :**

Afin de résoudre ce problème, et de limiter l'espace de recherche des sites candidats, nous avons réalisé un maillage de 500m où chaque maille représente une zone sur laquelle on va localiser les sites candidat.

D'après la figure (3.3) de maillage des zones candidates obtenue à l'aide du système d'information géographique QGIS avec une maille de 500 m, le nombre de zone de localisation s'élève à 22 zones.

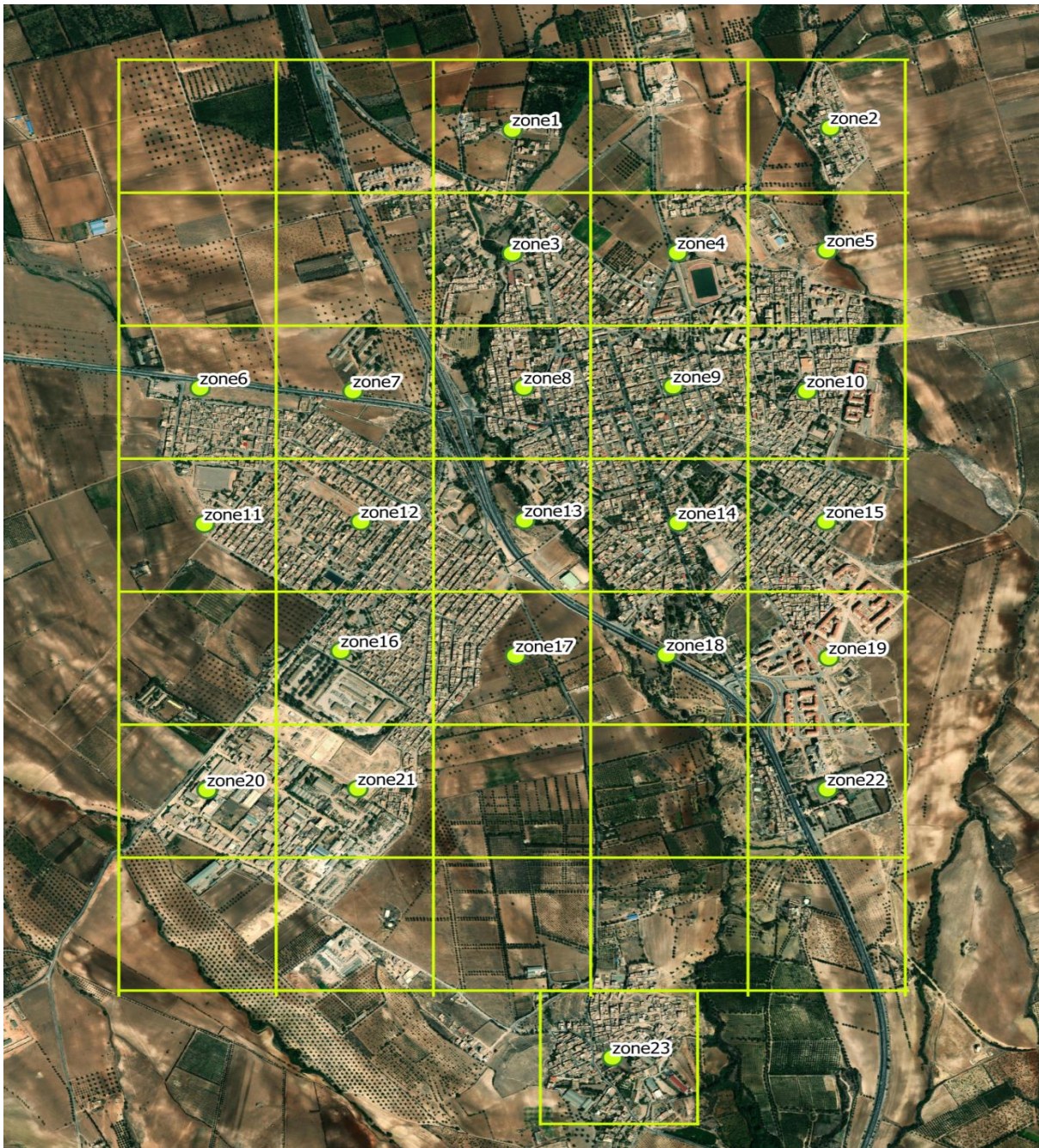


Figure 3- 4:Maillage de 500m sur la zone Hennaya sur QGIS

Afin de nous aider à étudier les zones candidats et de faciliter le processus de localisation des centres de vaccination, nous avons créé un tableau attributaire pour toutes les régions à partir des données collecté, ce qui contient les numéros, le nombre des habitants et le nombre de logement habite pour chaque zone.



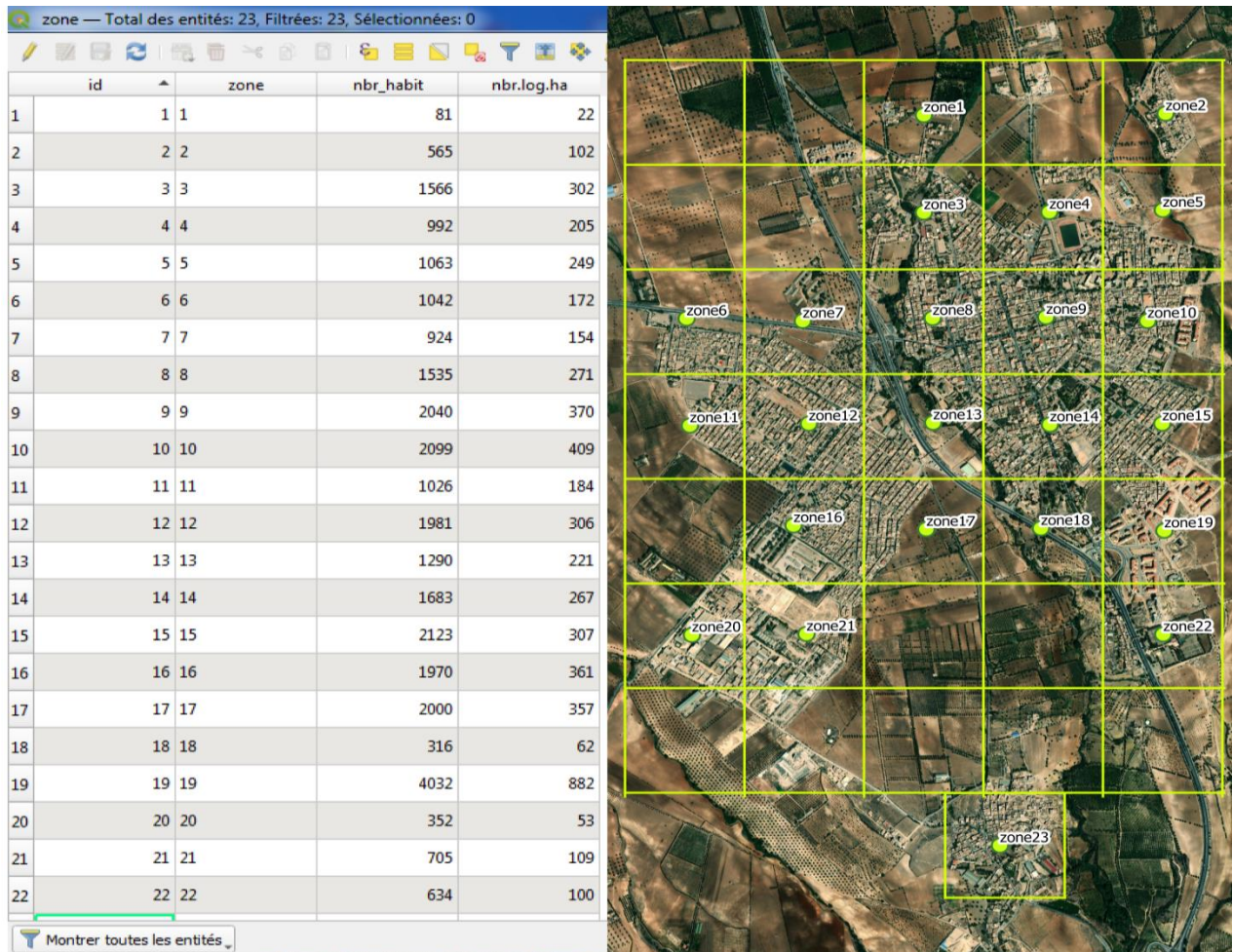


Figure 3- 5:Données collectées dans chaque région en une table attributive sur QGIS.

**3.2.3.4 Choix des sites d'implantation de centres de vaccination :**

Dans le but de vacciner un grand nombre de citoyens sur une brève période de temps et en tenant compte de l'aspect économique et financier, on a choisi des centres de vaccination mobiles et temporaires. Ces dernières ont besoin des meilleurs endroits pour être installées, telle que :

- Ecole.
- Lycée.
- Cem (collège d'enseignement moyen).
- Mosquée.
- Etablissement.
- Visibilité.
- Sécurité.
- En dehors de la circulation.

### **3.2.3.5 Le choix des emplacements :**

Nous avons classé les sites sur laquelle on a placé les centres de vacances dans chaque zone en deux niveaux :

#### **Niveau 1 :**

Il est considéré comme le premier choix car il inclut les institutions qui nous autorisent à placer les centres au sein de leurs locaux, notamment:

- Établissements gouvernementales.
- Ecole.
- Lycée.
- Cem.
- Mosquée.
- Complexe sportif.

Si ces logements ne sont pas disponibles dans la zone, nous passons au deuxième niveau.

#### **Niveau 2 :**

À ce niveau, nous recherchons des espaces extérieurs et vides où le centre peut être installé sous forme de tentes, et qui répondent aux critères suivants :

- Facile à rejoindre
- Visibilité.
- Sécurité.
- En dehors de la circulation.
- Bonne infrastructure (éclairage, espace de travail propre...)
- La disponibilité du réseau de téléphonie cellulaire et des connexions Internet

Au cours de cette opération, nous avons identifié tous les endroits importants où nous allons positionner les centres de vaccination sur notre carte géographique à l'aide du logiciel QGIS.

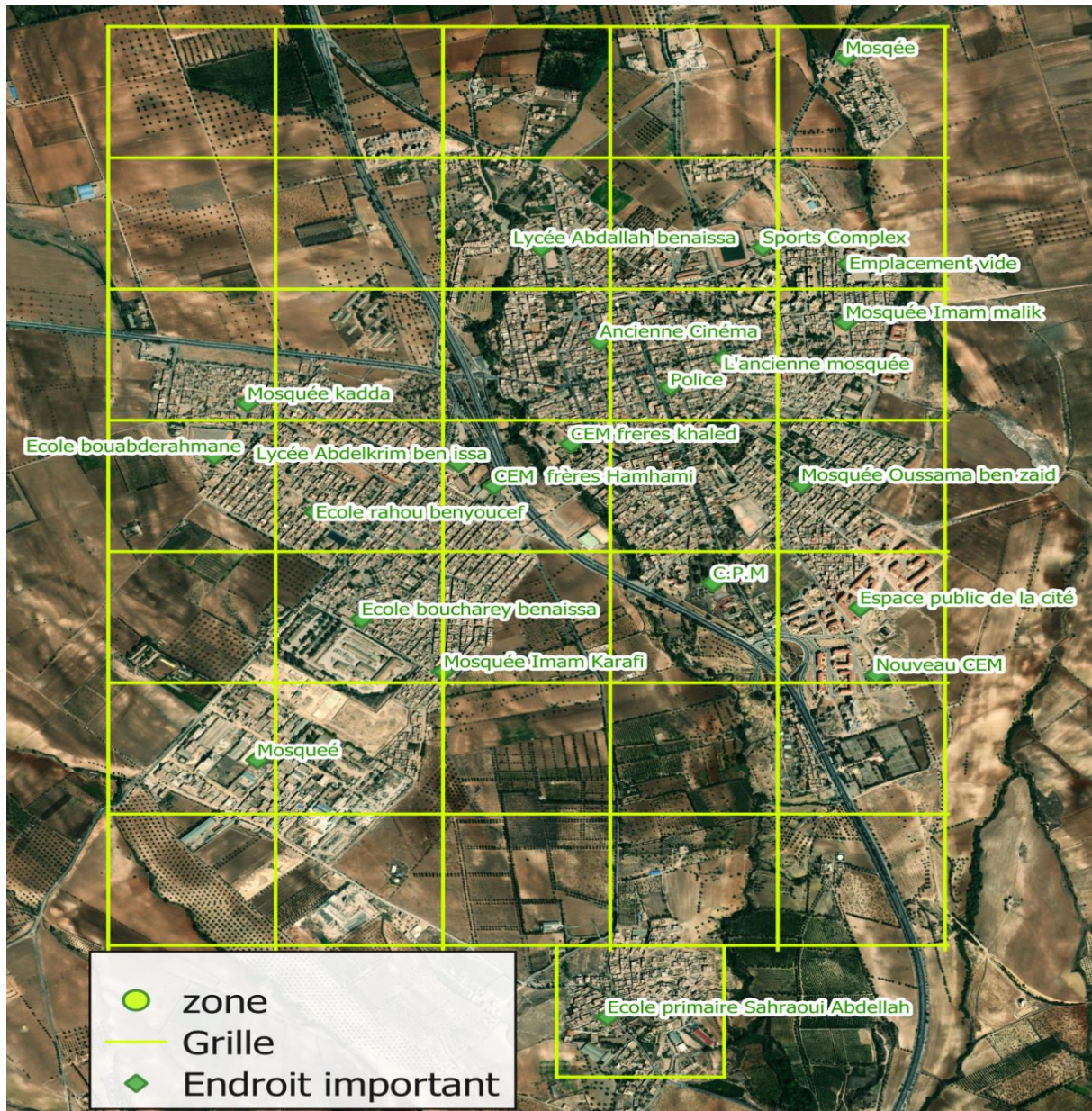


Figure 3- 6:représentation des sites appropriés pour la localisation des centres de vaccination sur QGIS

Nous avons localisée les sites de vaccination par rapport aux meilleurs endroits proposés précédemment en tenant compte les contraintes suivantes :

- Chaque zone de superficie 0.25 kilomètres carrés (500m×500m) ne contient que un seule centre de vaccination.
- Tout citoyen ne doit pas dépasser une distance de 700 mètre pour atteindre le centre de vaccination de leur zone.
- Les zones qui contiennent des hôpitaux n'ont pas besoin de centres de vaccination.

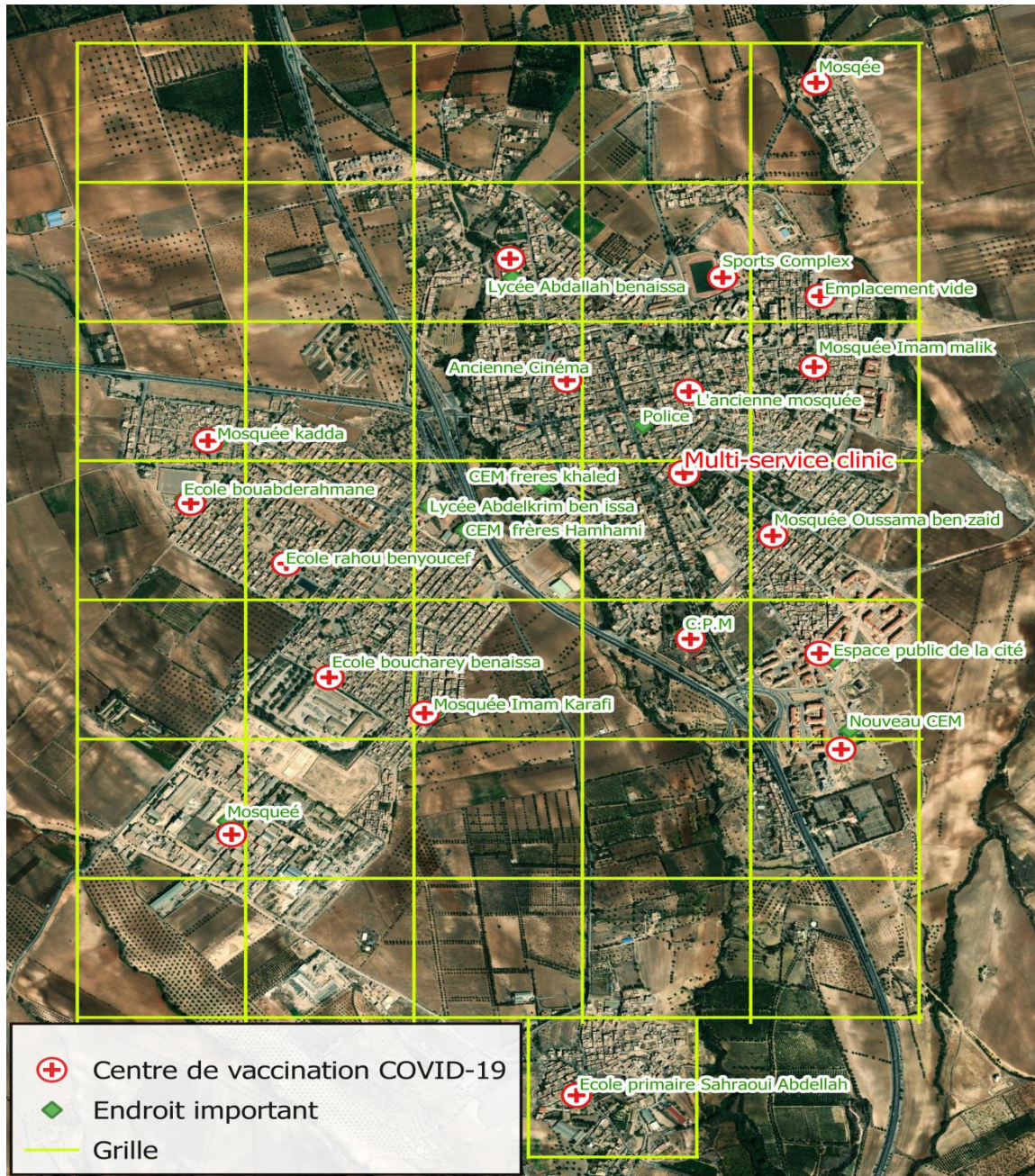


Figure 3- 7:Emplacement des centres de vaccination dans QGIS

**3.2.3.6 Etudiés les cas exceptionnel :**

Dans le cadre de la résolution du problème de localisation des centres de vaccination, nous avons rencontré des cas non conformes à notre programme dans certaines zones , en raison du fait que nous n'avons pas trouvé l'endroit approprié pour placer le centres, la faible population de la zone habitée, ainsi que le problème du choix entre les sites candidat dans la même zone.

La figure suivante représente les zones exceptionnelles coloré en rouge que nous allons étudier ensuite.

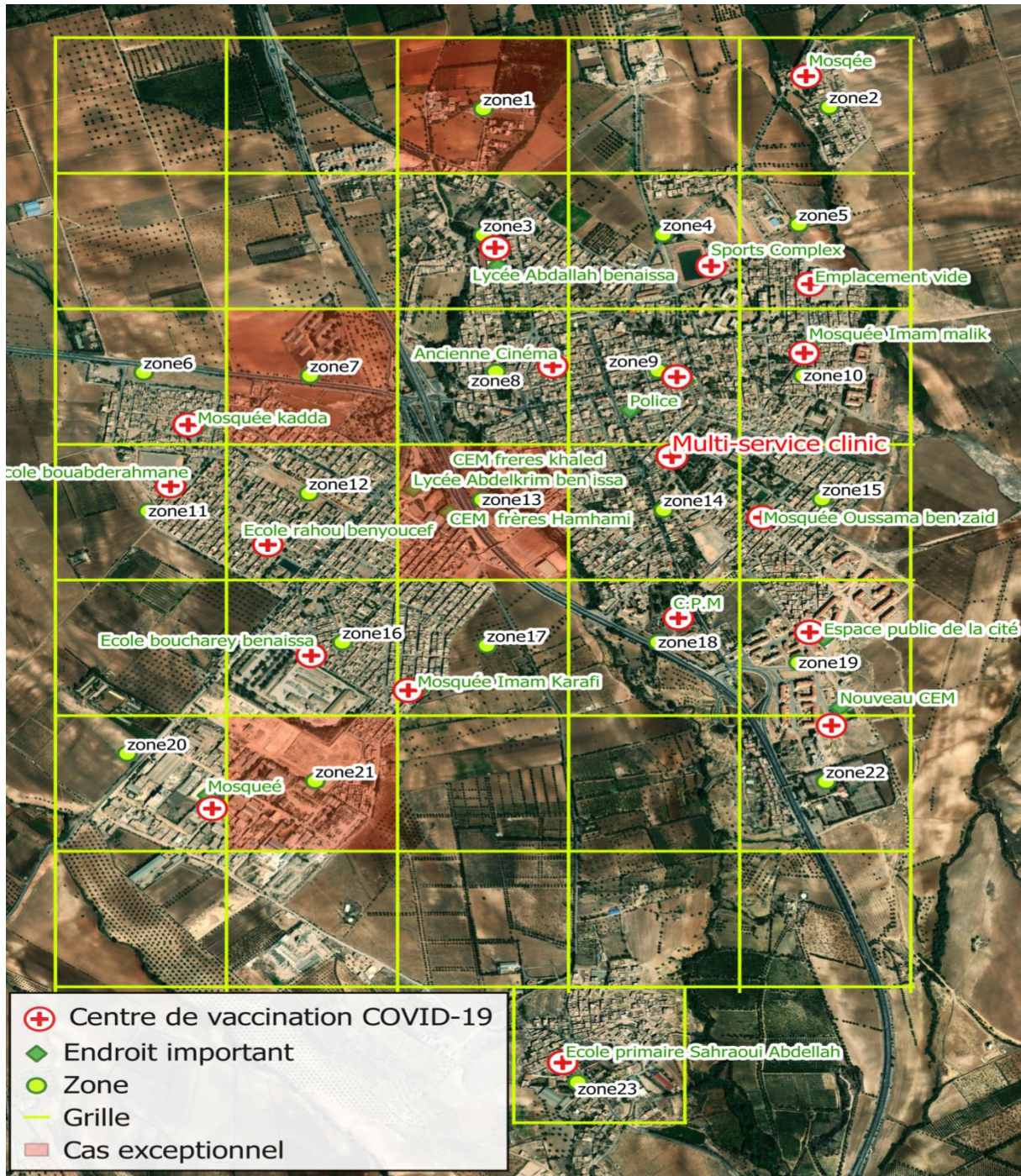


Figure 3- 8:Les zones exceptionnelles représentées dans QGIS.

Afin de traiter ces zones, nous avons proposé les solutions suivantes :

### 3.2.3.7 Réunion de deux zones géographiques :

Cette option est adaptée aux zones qui souffrent d'une petite surface habitable, et à celles qui ne disposent pas des emplacements nécessaires à la pose des centres de vaccin. Pour cela, Nous avons associé ces zones exceptionnelles aux zones adjacentes qui contiennent des centres de vaccination, telle que : zone1, zone 7 et zone 21.

**Chapitre 03 :** La localisation des centres de vaccination et la mise en place d'un système d'information et de communication - zone Hennaya

En d'autres termes, les personnes se trouvant dans la zone exceptionnelle seront vaccinées dans le centre de la zone voisine.

**Zone 1 :**

La zone 1 compte 81 personnes, ce qui est très peu par rapport au reste zones, cela nous a incités à l'intégrer dans la zone voisine 3.

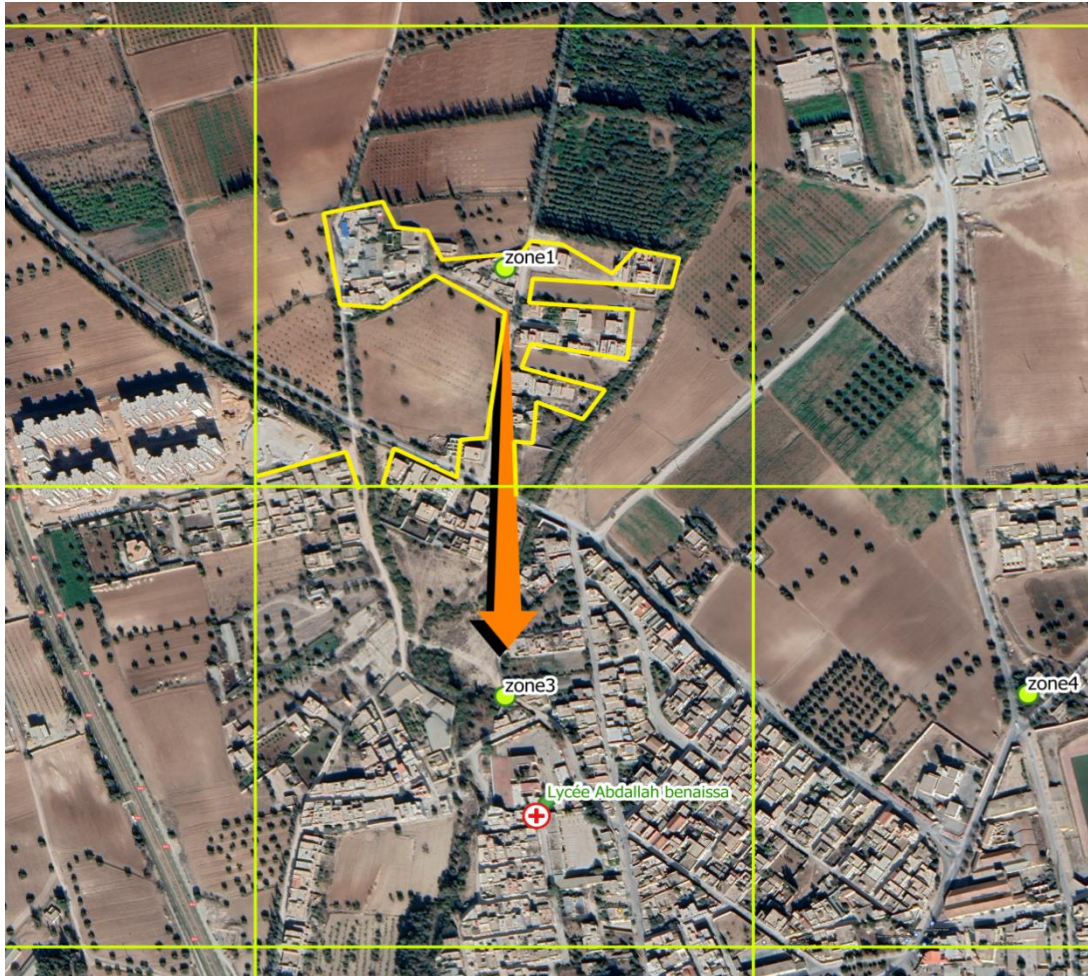


Figure 3- 9:Fusion de la zone 1 avec la zone 3 dans QGIS.

**Zone 7:**

Nous avons associé la zone 7 avec la zone 6 car cette dernière ne dispose aucun emplacement approprié pour placer un centre de vaccin.

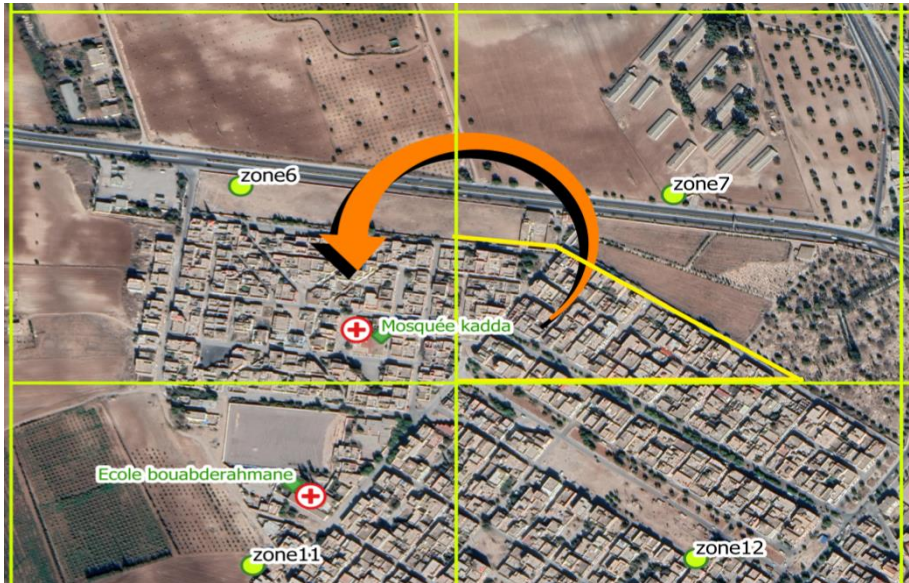


Figure 3- 10:Fusion de la zone 7 avec la zone 6 dans QGIS.

**Zone 21 :**

La zone 21 est une zone industrielle qui compte une population peu importante et une petite superficie résidentielle, donc nous l'avons reliée à la zone 17 qui possède un centre de vaccin très proche.

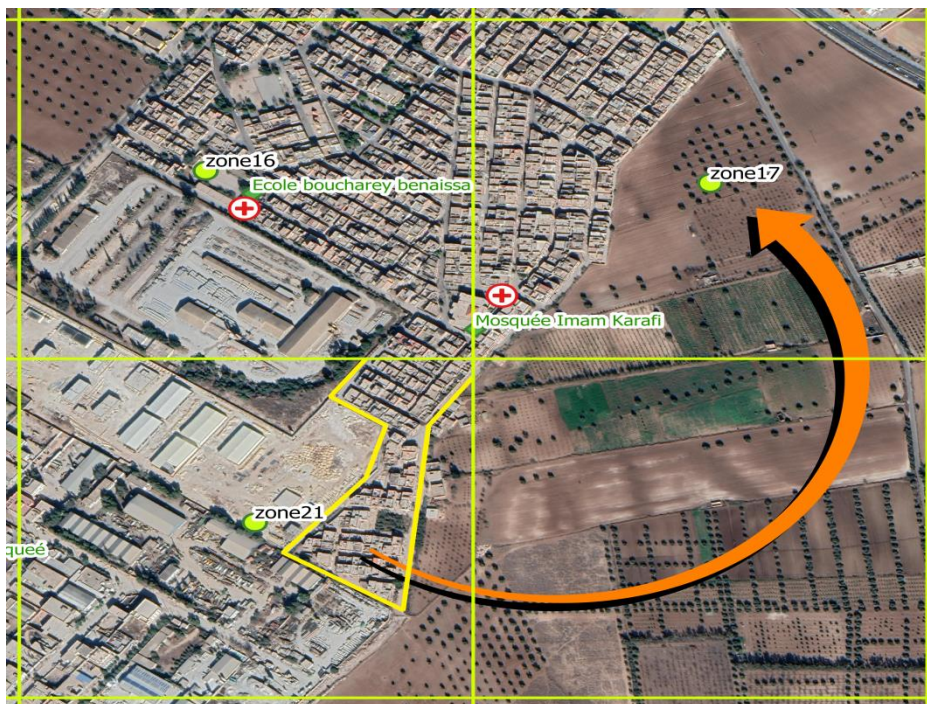


Figure 3- 11:Fusion de la zone 21 avec la zone 17 dans QGIS.

### 3.2.3.8 Solution au problème du choix des sites candidat (zone13):

La zone13 considéré comme une région très important car elle représente le carrefour entre deux grands quartiers résidentiels et le centre de la carte de Hennaya qui relie ces deux quartiers.

- le nombre des habitants : 1290 habitants
- le nombre de logement habite : 221 logements
- Institutions publiques :
  - Deux CEM
  - Lycée
  - Mosquée
  - bibliothèque
  - Terminus d'autobus
  - Salle De Sport
  - Station Naftal
  - Mosquée

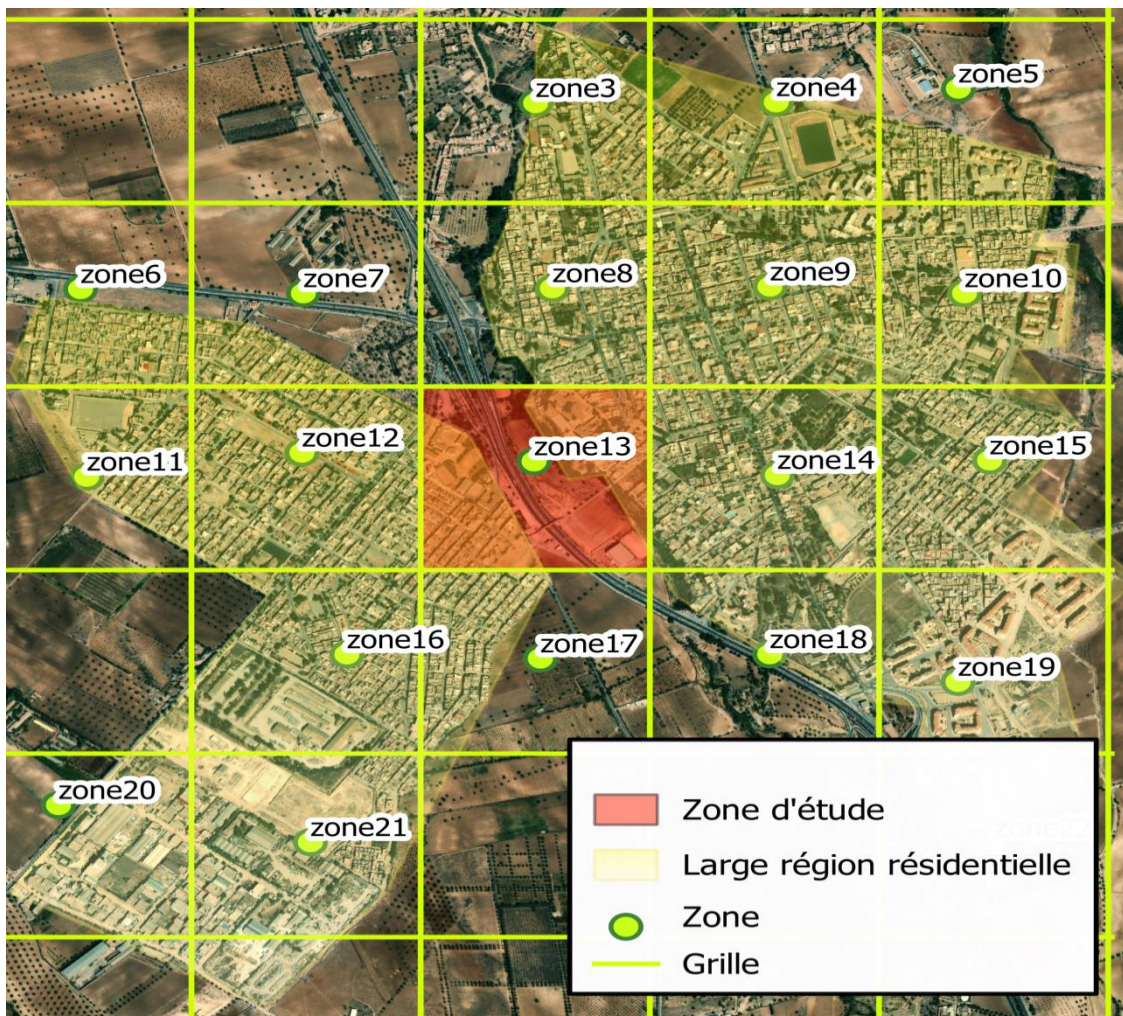


Figure 3- 12:représentation de la zone étudiée dans QGIS.



Dans cette zone, nous avons rencontré un problème de choix entre trois sites candidats qui sont deux collèges moyens et un lycée, représenté dans la figure ci-dessous.



Figure 3- 13:sites candidats pour localiser le centre de vaccination.

Afin de résoudre ce problème, nous avons proposé une approche MCDM qui vise à l'aide à la décision pour sélectionner le meilleur site possible de mise en place d'un centre de vaccination.

### 3.2.3.9 Définition MCDM :

Les méthodes multicritères d'aide à la décision MCDM (Multiple-criteria decision-making) ou MCDA (multiple-criteria decision analysis) est l'approche la plus connue de la prise de décision. Il s'agit d'une branche d'une classe générale de modèles de recherche opérationnelle (RO) qui traite des problèmes de décision en présence d'un certain nombre de critères de décision. Le MCDM est un outil de prise de décision outil qui effectue une analyse mathématique à partir des données fournies par les différentes solutions possibles sous certains critères contradictoires afin de sélectionner le choix optimal parmi plusieurs alternatives [65]. Les méthodes MCDM abordent des problèmes dans lesquels des alternatives sont prédéfinies et les décideurs évaluent ces alternatives selon plusieurs critères [65].

Les méthodes MCDM peuvent améliorer la qualité des décisions en rendant le processus de décision plus explicite, rationnel et efficace [66]. Les problèmes de MCDM sont courants dans la vie quotidienne. Dans un contexte personnel, une maison ou une voiture que l'on achète peut être caractérisée en termes de prix, de style, de sécurité, de confort, etc.

### **3.2.3.10 Méthodes et concepts :**

Il existe de nombreuses méthodes MCDA qui peuvent être utilisées pour résoudre des problèmes et elles peuvent être classées en fonction de différents paramètres. Chaque méthode a sa propre méthode de calcul et il n'est pas possible d'affirmer que l'utilisation de méthodes spécifiques avec les mêmes données d'entrée conduira au même résultat final. Les méthodes peuvent être utilisées en fonction du type de résultat [67]. Si le résultat doit être une comparaison de valeurs, AHP, MULTIMOORA, MAUT et d'autres méthodes peuvent être utilisées. Les méthodes AHP, TOPSIS, et VIKOR, COPRAS, STEP et autres peuvent être appliquées pour atteindre l'objectif défini et trouver la meilleure alternative parmi les options fournies. Les méthodes PROMETHEE et ELECTRE (Élimination et choix traduisant en la réalité) sont basées sur la comparaison par couple et l'évaluation de la conformité au but recherché [67].

Toutes ces méthodes multicritères passent par les étapes suivantes :

- Identifier l'objectif global de la démarche et le type de décision
- Dresser la liste des actions ou solutions potentielles
- Identifier les critères ou standards qui orienteront les décideurs
- Juger chacune des solutions par rapport à chacun des critères
- Agréger ces jugements pour choisir la solution la plus satisfaisante

- Dans notre travail, nous utiliserons une méthode MCDM appelée analyse relationnelle grise (GRA).

### **3.2.3.11 Pourquoi GRA :**

Les méthodes de prise de décision doivent être flexibles et tenir compte des incertitudes pendant le processus de prise de décision. Il existe plusieurs approches pour couvrir les incertitudes, mais laquelle nécessite moins de données et peut fonctionner avec des données incomplètes et/ou inconnues ? La réponse à cette question est la théorie du système gris [68].

L'analyse relationnelle grise (GRA) est fondée sur la théorie des systèmes gris et a été couramment appliquée pour résoudre des problèmes de prise de décision avec des données qualitatives et quantitatives utilisant des critères complexes. Les calculs de la méthode GRA sont simples et faciles à comprendre. C'est pourquoi elle peut être facilement utilisée dans le processus de prise de décision des entreprises et a été employée dans plusieurs domaines.

Les avantages :

- Rapide et permettant d'économiser beaucoup d'argent et de temps.

- Il s'agit d'un processus dynamique qui, à son tour, offre la possibilité de modifier facilement le nombre d'attributs.
- Il peut être facilement transformé en algorithme ou programme informatique qui permet simplement d'obtenir une approche plus rapide de la solution.
- Met l'accent sur les facteurs objectifs plus que sur la confiance ou la dépendance.

### 3.2.3.12 L'analyse relationnelle grise :

La théorie grise a été proposée pour la première fois par le professeur Julong Deng en 1982 afin de faire face à des situations caractérisées par des informations partiellement connues et partiellement inconnues. Dans la théorie grise, selon le degré d'information, à condition que l'information du système soit totalement connue, le système est appelé système blanc ; si l'information est inconnue, il est appelé système noir. Un système dont l'information est partiellement connue est appelé un système gris. La théorie grise est l'une des méthodes utilisées pour étudier l'incertitude, car elle est supérieure dans l'analyse mathématique des systèmes dont l'information est incertaine. C'est une méthode efficace utilisée pour résoudre les problèmes d'incertitude avec des données discrètes et des informations incomplètes. La théorie comprend cinq parties principales : La prévision grise, la GRA, la décision grise, la programmation grise et le contrôle gris [69] [70].

La GRA, inspirée de la théorie des systèmes gris, est une méthode de mesure permettant de déterminer la relation entre des séquences à l'aide de quantités limitées de données. L'idée de base de la GRA est que la proximité d'une relation est jugée sur la base du niveau de similitude des modèles géométriques des courbes de la séquence. Plus les courbes sont similaires, plus le degré de relation entre les séquences est élevé, et vice versa [70].

La GRA est adaptée à la résolution de problèmes présentant des interrelations complexes entre de multiples facteurs et variables. Elle a été appliquée avec succès dans la résolution d'une variété de problèmes de MCDM, tels que la sélection du personnel [71], la planification de la restauration des systèmes de distribution d'énergie [72], l'inspection du processus de marquage des circuits intégrés [73] , la modélisation du déploiement des fonctions de qualité [74] , la sélection des fournisseurs [75] , etc.

- Le processus d'analyse des relations grises est exprimé par Yuan (2007) dans la figure ci-dessous :

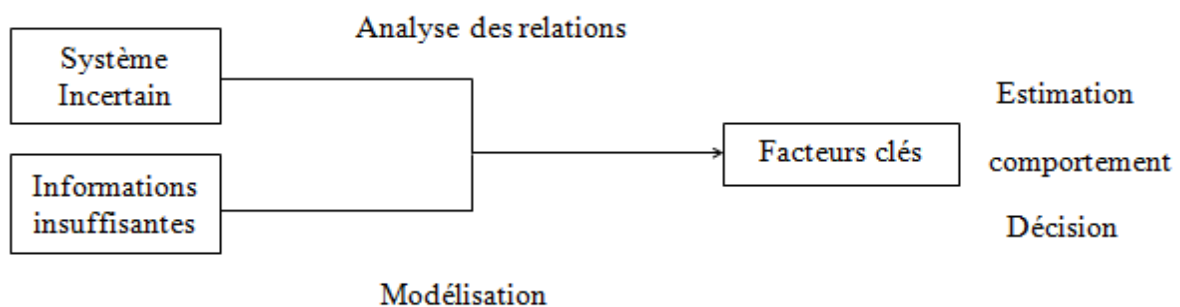


Figure 3- 14:Processus d'analyse des relations grises [76]

Les étapes de l'analyse relationnelle grise peuvent être résumées comme suit :

**Étape 1 :** La normalisation de la matrice de décision en utilisant les équations (1) et (2).

Le prétraitement des données originales est le processus qui consiste à convertir une séquence originale en une séquence décimale entre 0,00 et 1,00 pour la comparaison.

Pour les attributs bénéficiaires :

$$x_i^*(k) = \frac{x_i^0(k) - \min x_i^0(k)}{\max x_i^0(k) - \min x_i^0(k)} \quad (1)$$

Pour les attributs non bénéficiaires :

$$x_i^*(k) = \frac{\max x_i^0(k) - x_i^0(k)}{\max x_i^0(k) - \min x_i^0(k)} \quad (2)$$

$x_i^0(k)$  est la séquence originale,  $x_i^*(k)$  la séquence après la normalisation,  $\min x_i^0(k)$  la valeur minimum de  $x_i^0(k)$ , et  $\max x_i^0(k)$  la valeur maximum de  $x_i^0(k)$ .

**Étape 2 :** La séquence de déviation

La séquence de déviation de la séquence de référence est donnée par :

$$\Delta_{0i}(k) = \|x_0^*(k) - x_i^*(k)\| \quad (3)$$

$$\Delta_{\max} = \max_{\forall \varepsilon i} \max_{\forall k} \|x_0^*(k) - x_i^*(k)\| \quad (4)$$

$$\Delta_{\min} = \min_{\forall \varepsilon i} \min_{\forall k} \|x_0^*(k) - x_i^*(k)\| \quad (5)$$

**Étape 3 :** Calcul du coefficient relationnel gris (CRG), qui montre la relation entre les données idéales et normalisées, estimé en utilisant l'équation. (6)

$$\zeta_i(k) = \frac{\Delta_{\min} + \zeta \Delta_{\max}}{\Delta_{0i}(k) + \zeta \Delta_{\max}} \quad (6)$$

-  $\Delta_{0i}(k)$  est la séquence de déviation de la séquence de référence.

-  $\zeta \in (0,1)$  est le coefficient de distinction :  $\zeta=0.5$  généralement utilisé.

**Étape 4 :** après avoir obtenu le coefficient rationnel gris, la moyenne des coefficients rationnels gris est considérée comme le grade rationnel gris (GRG). Défini comme suit :

$$\gamma_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \zeta_i(k) \quad (7)$$

Source de la méthode, disponible sur l'adresse:

<https://www.jaeronline.com/wp-content/uploads/2020/04/5.-Grey-Relational-Analysis.pdf>

### **3.2.3.13 Application de la méthode GRA :**

#### **3.2.3.13.1 Les critères :**

Nous avons choisi cinq critères afin d'estimer l'emplacement de center de vaccination.

#### **3.2.3.13.2 Densité de population du site candidat (habitants/km<sup>2</sup>) :**

La densité de population est associée à la demande potentielle et à l'efficacité des performances de centre de vaccination. Elle est également considérée comme un critère important dans le processus de sélection des sites candidat, car plus la densité de population d'un site est élevée, plus les opportunités de la localisation du centre de vaccination sont grandes.

#### **3.2.3.13.3 Distance aux hôpitaux (km):**

La répartition des hôpitaux dans la zone d'étude est une considération importante. La présence de centres de vaccination loin des hôpitaux peut être un facteur négatif pour un site alternatif. Les centres de vaccination ne doivent pas être éloignés des hôpitaux habituels, afin que les patients dont la maladie s'aggrave puissent être rapidement transférés pour un traitement complémentaire.

#### **3.2.3.13.4 Superficie totale (m<sup>2</sup>):**

La superficie totale de site candidat peut-être le premier facteur qui vient à l'esprit lorsqu'il s'agit de déterminer l'emplacement approprié des centres de vaccination contre le COVID-19. Plus la superficie du centre est élevée, plus les opérations de vaccination seront faciles, y compris la facilité de faire appliquer les mesures préventives contre l'épidémie et la facilité d'accueillir les citoyens dans des espaces grandes et adaptés.

#### **3.2.3.13.5 Parking (nombre de places de stationnement) :**

Dans le quartier du centre de vaccination, il devrait y avoir suffisamment de places de stationnement pour desservir les ambulances, les véhicules de police, les véhicules de restauration, les véhicules d'urgence, la gestion des déchets et les voitures des patients qui se rendent à l'hôpital d'isolement en voiture pour se faire soigner.

#### **3.2.3.13.6 La visibilité (points) :**

La visibilité de centre de vaccination devrait être une priorité dans la prise de décision. Puisque nous avons l'intention de placer un seul centre dans chaque zone, la visibilité de site candidat est très importante pour que les citoyens puissent trouver l'emplacement du centre afin de se vacciner correctement.

**3.2.3.13.7 Sécurité et Sureté (points) :**

Ce critère revêt une importance majeure et se réfère à la fois à la sécurité routière, industrielle et à la sécurité situationnelle. Ce critère est défini à partir des éléments suivants, caractéristiques de la région :

les accidents de la route (tués, blessés), les crimes et délits (vols, cambriolages, vandalisme).

**3.2.3.13.8 Echelle (verbale et numérique):**

Tableau 3- 4:Echelle verbale et numérique.

Niveau de préférence	Points	Fonction d'appartenance
Similaire	1	(1, 1,2)
Moyenne	3	(2, 3,4)
Forte ou essentielle	5	(4, 5,6)
Très fort	7	(6,7, 8)
Extrême	9	(8,9, 10)

**Les étapes du calcul :**

Les étapes du calcul mathématique dans la GRA sont présentées comme suit :

Tableau 3- 5:Matrice originale.

	critère 1	critère 2	critère 3	critère 4	critère 5	critère 6
	Densité de population du site candidat (hab. /km <sup>2</sup> )	Distance aux hôpitaux (Km)	Superficie totale (m <sup>2</sup> )	Parking (nombre places)	La visibilité (point)	Sécurité et Sureté (point)
	Max	Min	Max	Max	Max	Max
CEM frères Khaled	11241	0.427	12618	35	9	9
Lycée Abdelkrim ben aissa	619	1.35	13676	30	9	7
CEM frères Hamhami	13687	1.502	5177	20	5	7

**Étape 1 :** La normalisation de la matrice de décision

- Les critères bénéfiques : Densité de population du site candidat, Superficie totale, parking, La visibilité, Sécurité et Sureté.

$$x_i^*(k) = \frac{x_i^0(k) - \min x_i^0(k)}{\max x_i^0(k) - \min x_i^0(k)}$$

- Les critères non bénéfiques : Distance aux hôpitaux.

$$x_i^*(k) = \frac{\max x_i^0(k) - x_i^0(k)}{\max x_i^0(k) - \min x_i^0(k)}$$

Tableau 3- 6: Résultat de calcul de la normalisation de la matrice originale.

	Densité de population du site candidat	Distance aux hôpitaux	Superficie totale	Parking	La visibilité	Sécurité et Sureté
	Max	Min	Max	Max	Max	Max
CEM frères Khaled	<b>0.81</b>	<b>1</b>	<b>0.87</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Lycée Abdelkrim ben issa	<b>0</b>	<b>0.14</b>	<b>1</b>	<b>0.66</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
CEM frères Hamhami	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

**Étape 2 :** La séquence de déviation

La séquence de déviation de la séquence de référence est donnée par :

$$\Delta_{0i}(k) = \|x_0^*(k) - x_i^*(k)\|$$

$$\Delta_{\max} = \max_{\forall \varepsilon i} \max_{\forall k} \|x_0^*(k) - x_i^*(k)\|$$

$$\Delta_{\min} = \min_{\forall \varepsilon i} \min_{\forall k} \|x_0^*(k) - x_i^*(k)\|$$

Tableau 3- 7: La séquence de déviation.

	Densité de population du site candidat	Distance aux hôpitaux	Superficie totale	Parking	La visibilité	Sécurité et Sureté
	Max	Min	Max	Max	Max	Max
CEM frères Khaled	<b>0.18</b>	<b>0</b>	<b>0.12</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Lycée Abdelkrim ben aissa	<b>1</b>	<b>0.85</b>	<b>0</b>	<b>0.33</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
CEM frères Hamhami	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

**Chapitre 03 :** La localisation des centres de vaccination et la mise en place d'un système d'information et de communication - zone Hennaya

**Étape 3 :** Calcul du coefficient relationnel gris (CRG) :

$\zeta$  : Coefficient relationnel gris

$$\zeta_i(k) = \frac{\Delta_{\min} + \zeta \cdot \Delta_{\max}}{\Delta_{0i}(k) + \zeta \cdot \Delta_{\max}}$$

Tableau 3- 8: Calcul du coefficient relationnel gris.

	Densité de population du site candidat	Distance aux hôpitaux	Superficie totale	Parking	La visibilité	Sécurité et Sureté
CEM frères Khaled	<b>0.72</b>	<b>1</b>	<b>0.80</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Lycée Abdelkrim ben aissa	<b>0.33</b>	<b>0.36</b>	<b>1</b>	<b>0.60</b>	<b>1</b>	<b>0.33</b>
CEM frères Hamhami	<b>1</b>	<b>0.33</b>	<b>0.33</b>	<b>0.33</b>	<b>0.33</b>	<b>0.33</b>

**Étape 4 :** Calcul du grade rationnel gris (GRG).

La moyenne des coefficients rationnels gris est appelée le grade rationnel gris (GRG). Elle est calculée comme suit :

$$\gamma_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \zeta_i(k)$$

Tableau 3- 9: coefficient relationnel gris.

	Densité de population du site candidat	Distance aux hôpitaux	Superficie totale	<i>Parking</i>	La visibilité	Sécurité et Sureté
CEM frères Khaled	<b>0.72</b>	<b>1</b>	<b>0.80</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Lycée Abdelkrim ben aissa	<b>0.33</b>	<b>0.36</b>	<b>1</b>	<b>0.60</b>	<b>1</b>	<b>0.33</b>
CEM frères Hamhami	<b>1</b>	<b>0.33</b>	<b>0.33</b>	<b>0.33</b>	<b>0.33</b>	<b>0.33</b>



Tableau 3- 10: Le grade rationnel gris (GRG).

Moyenne	Classement
<b>0.92</b>	<b>1</b>
<b>0.60</b>	<b>2</b>
<b>0.44</b>	<b>3</b>

➤ Interprétation du résultat :

A travers les résultats que nous avons obtenus à la dernière étape, le résultat de l'alternative 1 (CEM frères Khaled) est **0.92** ; alternative 2 (Lycée Abdelkrim ben aissa) est **0.60** ; alternative 3 (CEM frères Hamhami) est **0.44**. Alternative 1 > alternative 2 > alternative 3.

Pour résumer, nous allons faire le choix de localiser le centre de vaccination sur le premier site candidat (CEM frères Khaled).

**3.2.3.14 Résultat finale de la localisation des centres de vaccination contre COVID-19 :**

Après avoir terminé l'application de la méthode GRA, le processus de la localisation des centres de vaccination contre COVID-19 est complété.

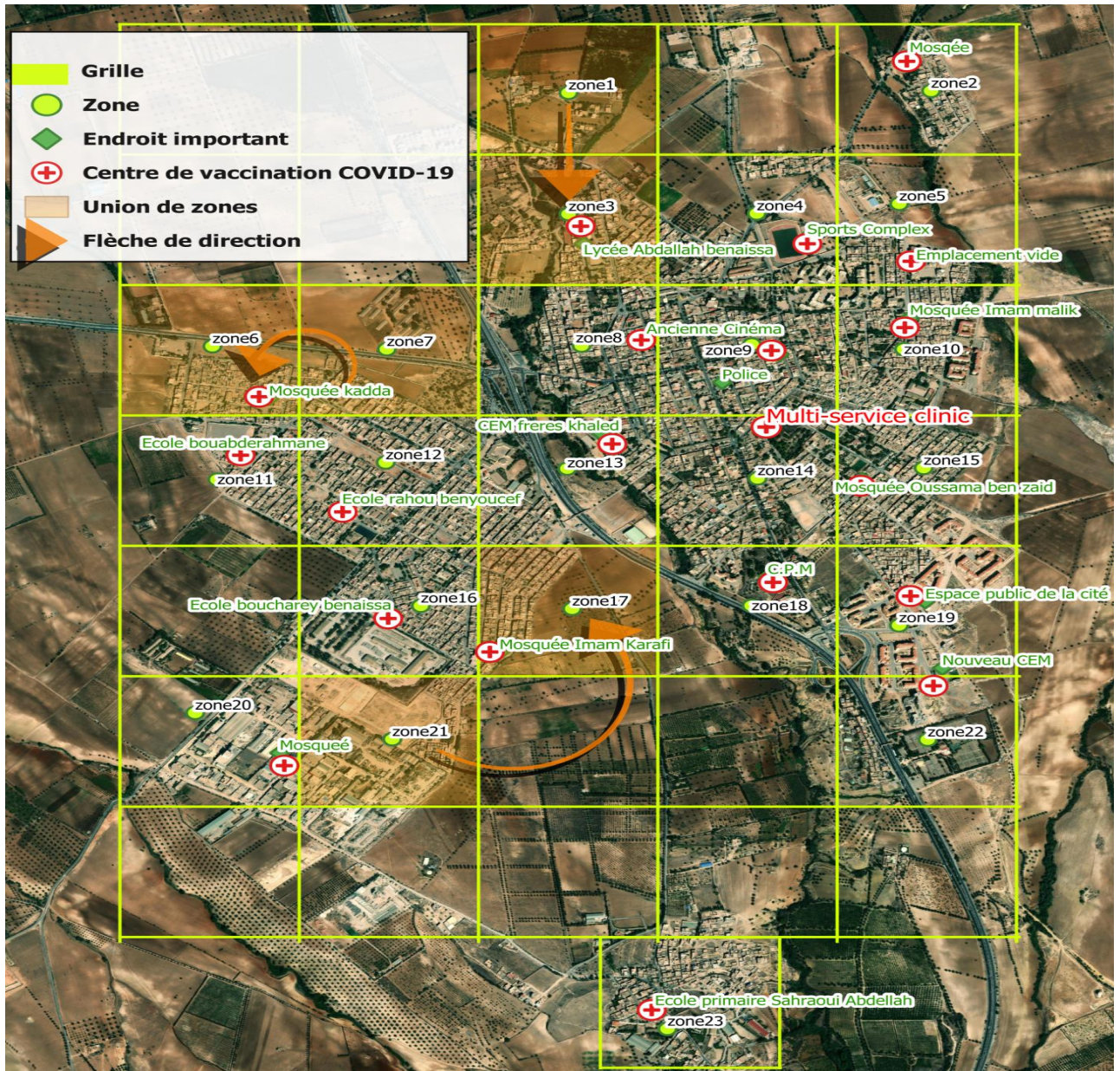


Figure 3- 15:Résultat final de la localisation des centres de vaccination contre COVID-19 sur QGIS

Tableau 3- 11: Emplacement et coordonnées géographiques des centres de vaccination.

Zone	Centre de vaccination	Emplacement	Coordonnées géographiques
1	1	Lycée Abdallah benaïssa	34.9570341, -1.3701192
2	2	Mosquée	34.9629811, -1.3599348
3	1	Lycée Abdallah benaïssa	34.9570341, -1.3701192
4	3	Complexe sportif	34.9566194, -1.3636911
5	4	Emplacement vide	34.9559243, -1.3599638
6	5	Mosquée Kadda	34.9514662, -1.3799080
7	5	Mosquée Kadda	34.9514662, -1.3799080
8	6	Ancienne cinéma	34.9534006, -1.3681914

**Chapitre 03 :** La localisation des centres de vaccination et la mise en place d'un système d'information et de communication - zone Hennaya

9	7	L'ancienne mosquée	34.9528991, -1.3642412
10	8	Mosquée Imam Malik	34.9539385, -1.3601878
11	9	Ecole Bouabderahmane	34.9503852, -1.3796066
12	10	Ecole Rahou ben Youcef	34.9477480, -1.3775171
13	11	CEM Frère khaled	34.9499258, -1.3691454
14	12	Multi-clinique	34.9503013, -1.3644881
15	13	Mosquée Oussama ben zaid	34.9483115, -1.3617961
16	14	Ecole Boucharey benaissa	34.9439915, -1.3761187
17	15	Mosquée Imam karafi	34.9426041, -1.3734649
18	16	C.P.M	34.9454103, -1.3645298
19	17	Espace public de la cité	34.9442114, -1.3600811
20	18	Mosquée	34.9389370, -1.3794444
21	15	Mosquée Imam karafi	34.9426041, -1.3734649
22	19	Nouveau CEM	34.9416644, -1.3590944
23	20	Ecole Sahraoui abdellah	34.9301774, -1.3682928

**3.3 La réalisation d'un système d'information et de communication :**

Après avoir accompli l'étude logistique de la localisation des centres de vaccination contre le COVID 19, il faut ensuite passer à étudier les étapes premières de la vaccination du public. Dans ce contexte, il est nécessaire la mise en place d'un système d'information et de communication qui permette l'enregistrement des citoyens dans les centres de vaccination et de savoir chaque individu le centre le plus proche et approprié pour être vacciné.

**3.3.1 Création d'un formulaire d'inscription :**

Dans cette partie pratique nous allons utiliser l'application Microsoft Forms (grâce à sa disponibilité pour tous et son fonctionnement sur tous les appareils), pour créer des formulaires de candidature en ligne servant à collecter les informations nécessaires des citoyens qui souhaitent vacciner leur famille contre le virus de COVID-19. Dans ce sens, on a créé un simple formulaire Adapté à toutes les personnes dont il contient Le nom de citoyen, le prénom, l'âge, sexe, numéro pièce d'identité nationale, le numéro de téléphone, email, S'ils souffrent d'une maladie chronique et les coordonnées de la localisation.

**Chapitre 03 :** La localisation des centres de vaccination et la mise en place d'un système d'information et de communication - zone Hennaya

Français (France)

### Formulaire d'inscription à la Vaccination COVID-19

Exclusif à la région de Hennaya

\* Obligatoire

1. Nom \*

2. Prénom \*

3. Sexe \*

Homme

Femme

4. Age \*

5. N° pièce d'identité (carte d'identité nationale) \*

6. Téléphone \*

7. Email

*Non obligatoire*

8. Souffrez-vous d'une maladie chronique ? \*

Oui

Non

9. Coordonnées "X" \*

Saisissez les coordonnées de votre domicile

10. Coordonnées "Y" \*

Saisissez les coordonnées de votre domicile

**Envoyer**

Ne communiquez jamais votre mot de passe. [Signaler un abus](#)

Figure 3- 16: Formulaire d'inscription créé avec Microsoft forms.

### 3.3.2 Accessibilité aux formulaires :

Le processus de collecte des données et la facilité d'accès des citoyens à l'information tel que les formulaires des candidats sont essentiels à la réussite de l'opération de vaccination. Pour

cela nous allons utiliser le site Facebook comme un outil de communication et d'information entre les citoyens et les centres de vaccination. Ce site a été conçu pour faciliter l'accès des citoyens aux formulaires d'inscription et toute information concernant la vaccination contre le COVID-19.



Figure 3- 17: Annonce du rendez-vous de vaccination COVID-19 sur Facebook

Afin d'assurer le processus d'inscription, le citoyen se connecte à la page Facebook officielle des centres de vaccination, où il trouve le site du formulaire ou le QR code, il fait son choix entre les deux liens selon son désir et commence simplement à saisir ses informations.

### 3.3.2.1 Déterminer les coordonnées de votre position:

Dans le formulaire, on trouve une option qui permet de saisir les coordonnées de l'endroit où se trouve le citoyen afin de connaître son propre centre de vaccination. Afin de remplir correctement cette option, nous avons ajouté des renseignements et explications Permet au citoyen de retrouver ses coordonnées GPS. Nous avons proposé deux méthodes simples et faciles convenant à tous les utilisateurs:

**Chapitre 03 :** La localisation des centres de vaccination et la mise en place d'un système d'information et de communication - zone Hennaya

- La première méthode : (téléphone ou tablette).
  - 1) Téléchargez l'application Google Maps.
  - 2) Activer le service de localisation GPS dans votre appareil (téléphone ou tablette).
  - 3) Ouvrez l'application Google Maps.
  - 4) Appuyez sur ma position. consulter la figure
  - 5) Appuyez de manière prolongée sur votre position indiquée sur la carte. Un repère rouge s'affiche.
  - 6) Les coordonnées s'affichent dans le moteur de recherche situé en haut de la page. consulter la figure

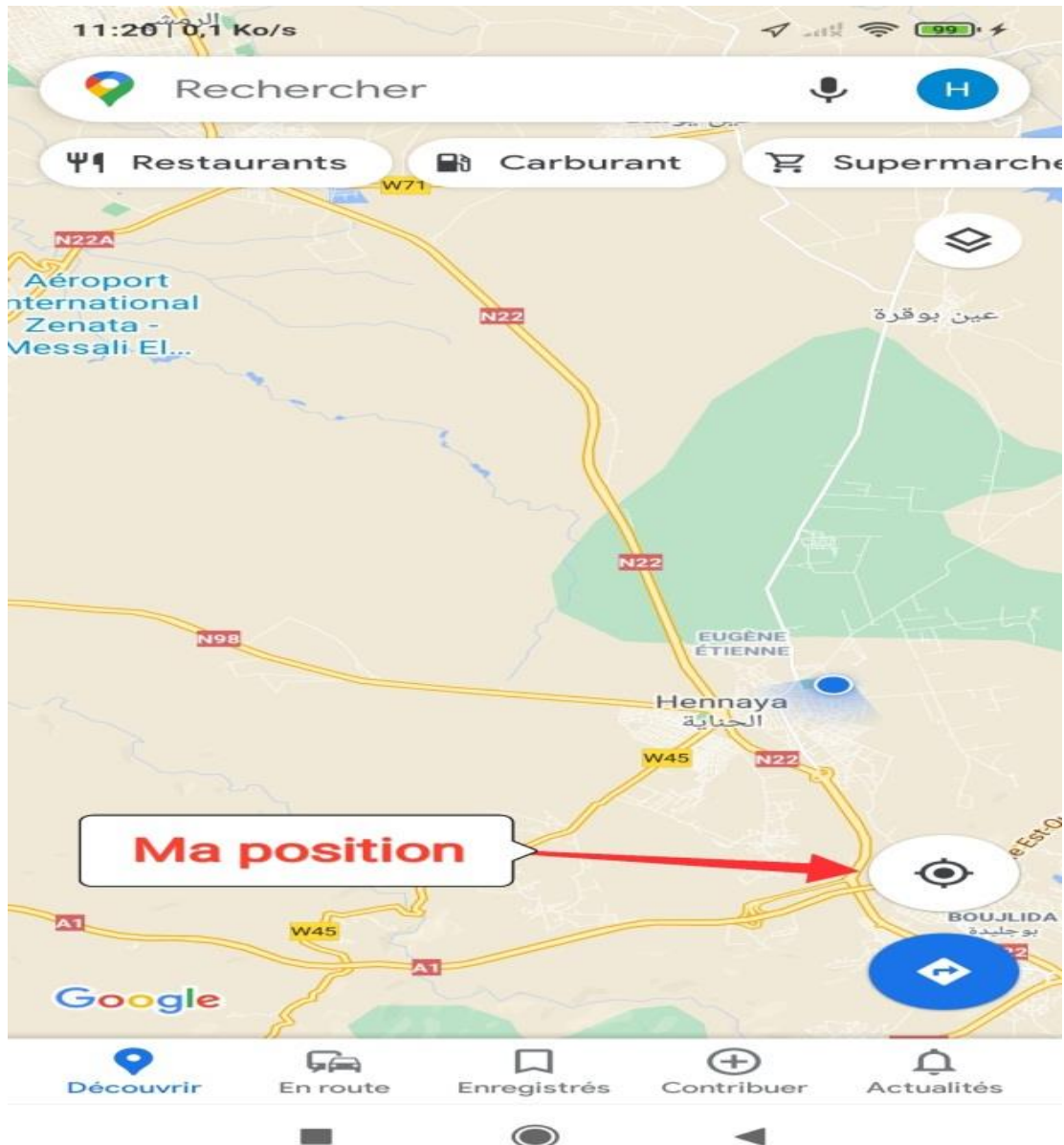


Figure 3- 18: indice position sur Google Maps

**Chapitre 03 :** La localisation des centres de vaccination et la mise en place d'un système d'information et de communication - zone Hennaya

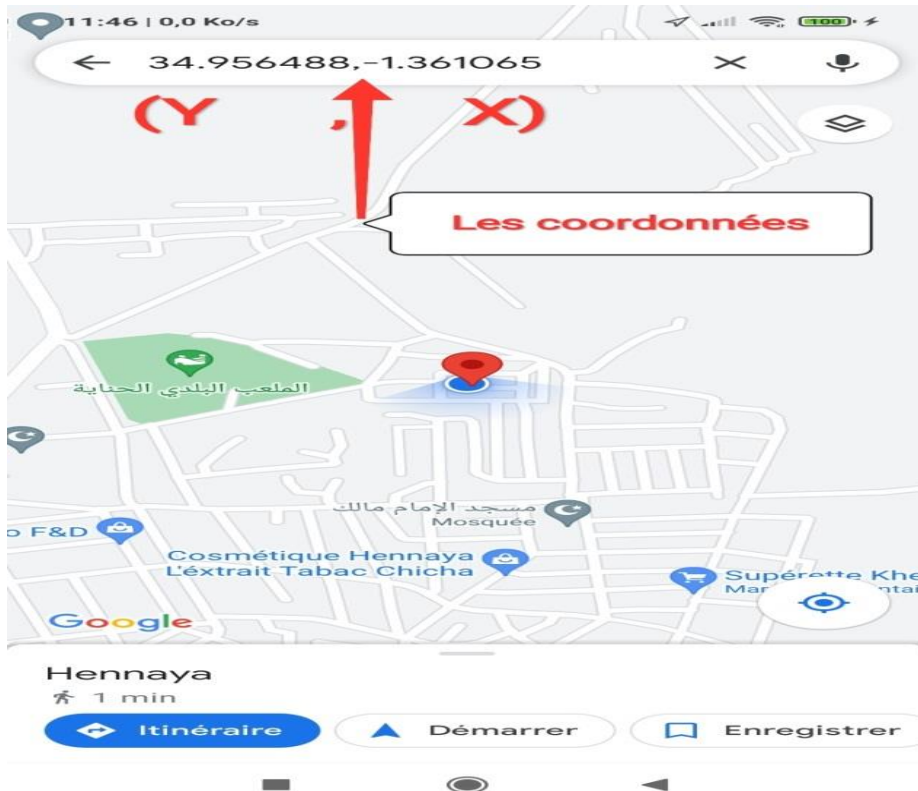


Figure 3- 19:indice position sur Google Maps.

- La deuxième méthode : (ordinateur, téléphone ou tablette)
  - 1) Ouvrez Google Maps sur votre ordinateur. (sans installer l'application)
  - 2) Cliquez avec le bouton droit de la souris sur votre emplacement dans la carte.
  - 3) sélectionnez la latitude et la longitude (coordonnées). Les coordonnées seront automatiquement copiées.

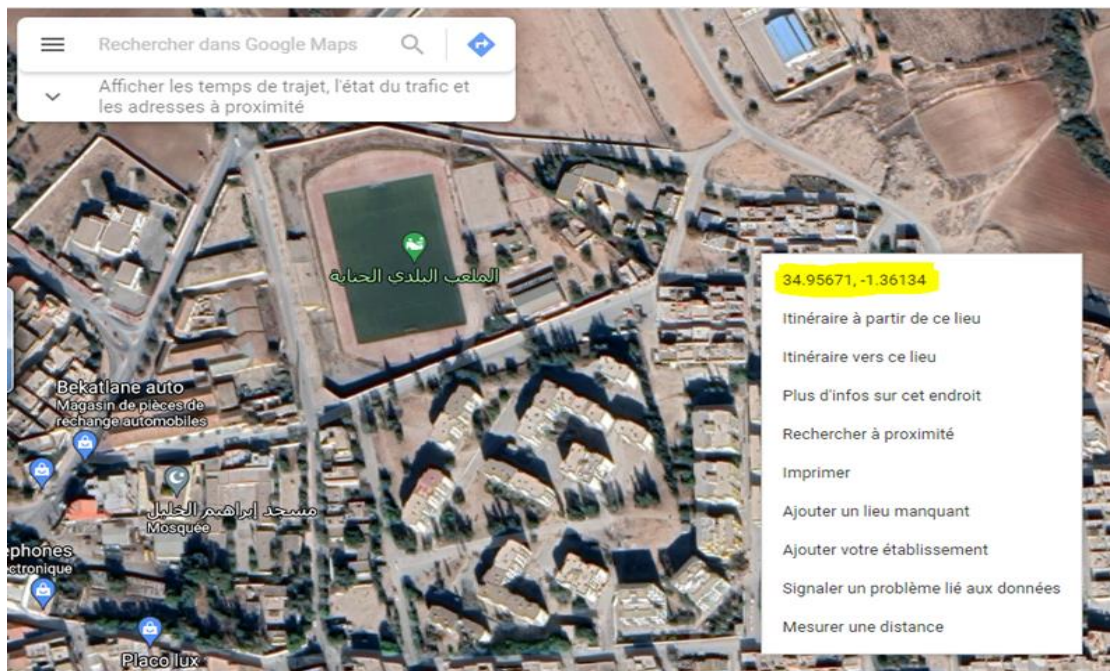


Figure 3- 20:extraction des coordonnées à partir de Google Maps.

### Chapitre 03 : La localisation des centres de vaccination et la mise en place d'un système d'information et de communication - zone Hennaya

Toutes ces informations et renseignements sont disponibles sur la page Facebook officielle du centre de vaccination contre le COVID-19 Hennaya.

#### 3.3.3 Recueil et analyse des réponses:

Une fois que l'utilisateur ou le citoyen a terminé l'opération de saisie du formulaire, ce dernier est automatiquement affiché sur la plateforme Microsoft Forms, qui nous offre une représentation visuelle des résultats de la saisie du formulaire.

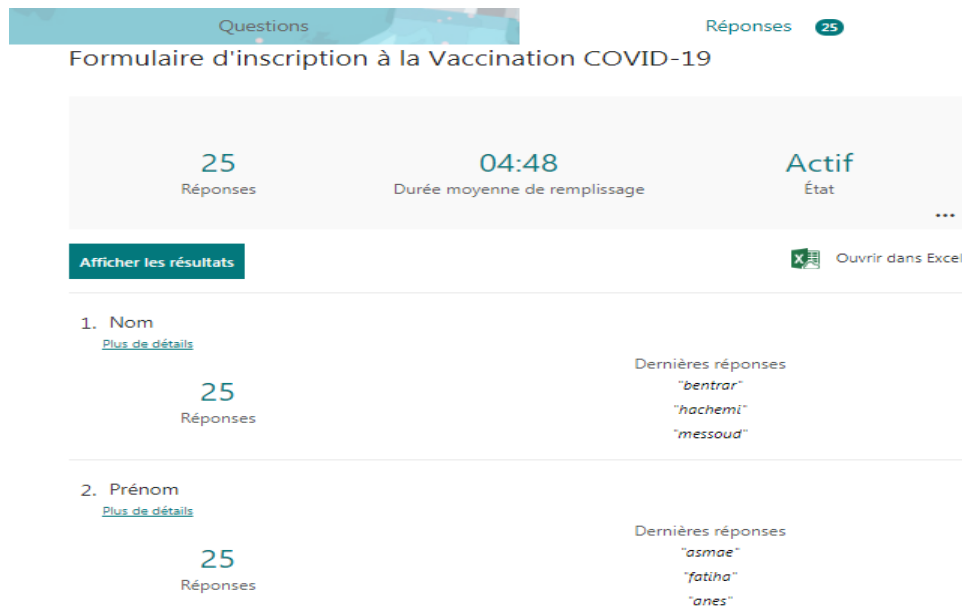


Figure 3- 21:représentation visuelle des résultats de la saisie du formulaire-1 sur Microsoft forms.

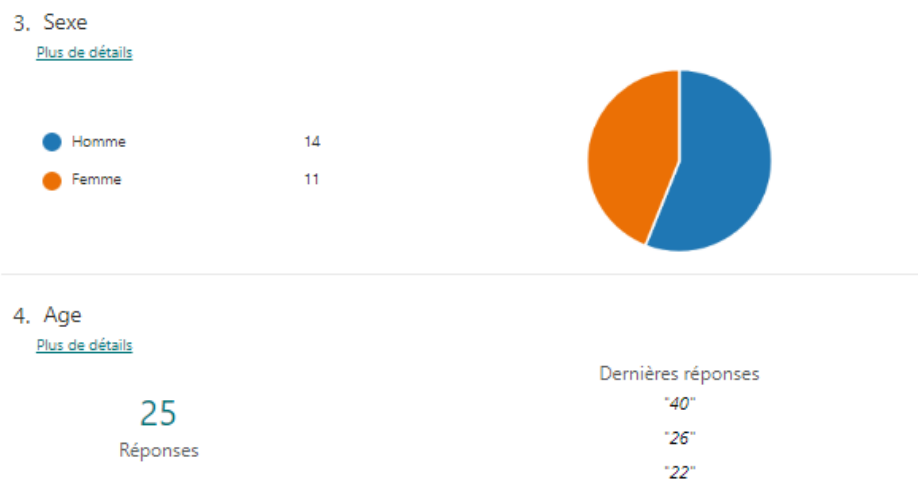


Figure 3- 22:représentation visuelle des résultats de la saisie du formulaire-2 sur Microsoft forms.

La bonne chose est que Microsoft Forms nous occasionne la préférence de voir les résultats en détails et profiter de l'intégration de Microsoft Excel pour convertir toutes les réponses des utilisateurs dans un tableau Excel.



ID	Heure de début	Heure de fin	Nom	Prénom	Sexe
1	5/11/21 9:12:19	5/11/21 9:19:03	Boumeddane	Hamza abdelkader	Homme
2	6/1/21 21:02:51	6/1/21 21:07:31	Kada	Bilal	Homme
3	6/1/21 21:23:08	6/1/21 21:24:31	Ghitri	Hadil	Femme
4	6/1/21 21:34:12	6/1/21 21:35:35	Ghitri	Manel	Femme
5	6/1/21 21:36:20	6/1/21 21:37:25	Khelil	Majda	Femme
6	6/1/21 21:57:55	6/1/21 22:01:03	Chikh	Cheima	Femme
7	6/1/21 22:05:12	6/1/21 22:06:17	Benchabane	Djaved	Homme
8	6/1/21 22:02:01	6/1/21 22:19:20	Charafe	Chrife	Homme
9	6/1/21 22:23:39	6/1/21 22:25:18	Benabdellah	Hadjer	Femme
10	6/1/21 22:50:00	6/1/21 22:52:39	Bensouna	Mourad	Homme
11	6/1/21 22:52:44	6/1/21 22:55:49	Amrani	Mestafa	Homme
12	6/1/21 23:01:17	6/1/21 23:02:28	Drici	Mohamed ilyes	Homme
13	6/2/21 1:20:32	6/2/21 1:21:29	Benali	Bilal	Homme
14	6/2/21 16:47:05	6/2/21 16:53:14	ziani	fatima	Femme
15	6/2/21 16:47:10	6/2/21 16:54:32	kabli	souad	Femme
16	6/2/21 16:47:10	6/2/21 16:56:43	benbachir	oussama	Homme
17	6/2/21 16:47:13	6/2/21 16:58:12	belehcn	fatiha	Femme
18	6/2/21 16:47:11	6/2/21 17:01:35	torchi	khaled	Homme
19	6/2/21 17:02:27	6/2/21 17:04:25	berrabah	ilyes	Homme
20	6/2/21 17:02:37	6/2/21 17:05:37	benabdallah	houssem	Homme

Figure 3- 23:conversion des réponses des participants en tableau Excel.

**3.4 Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons proposé un modèle pour résoudre le problème de localisation des centres de vaccination dans la région de Hennaya, afin de sélectionner les meilleurs emplacements où se déroulent les opérations de vaccination contre le COVID-19. Ce modèle nous a permis d'obtenir 20 centres de vaccination dans 23 zones.

En outre, nous avons utilisé la méthode MCDM, notamment la méthode (GRA), afin de résoudre le problème du choix entre les sites candidats dans une même zone géographique. Dans la dernière partie, nous avons proposé une démarche pour la mise en place d'un système d'information et de communication permettant l'inscription des citoyens dans les centres de vaccination en ligne et à distance. Dans ce contexte, il est important de noter qu'après l'enregistrement des citoyens dans les centres de vaccination, il est nécessaire de s'assurer que chaque individu ne soit envoyé que vers le centre de vaccination de sa zone, donc au prochain chapitre nous allons traiter le problème de l'affectation des citoyens aux centres de vaccination appropriés. Dans un second temps, nous aborderons la planification des centres de vaccination et proposer deux modèles d'optimisation du coût de fonctionnement des centres de vaccination.

# **Chapitre 04**

**Analyse des données et modélisation, optimisation du routage des équipes durant une campagne de vaccination COVID-19**

## **Chapitre 04 : Analyse des données et modélisation, optimisation du routage des équipes durant une campagne de vaccination COVID-19.**

### **4.1 Introduction :**

L'objectif de ce chapitre est la planification des centres de vaccination pour les vaccins COVID-19 pendant la pandémie de COVID-19. Une fois les centres de vaccination sont localisés et les vaccins COVID-19 seront disponibles et agréés au Algérie, ceux-ci devront être administrés le plus rapidement possible selon les plans et budgets définis.

Cette partie fonctionnelle est organisée de la façon suivante, Dans la première étape, nous développerons un programme sur MATLAB permettant d'identifier les zones auxquelles appartient chaque personne qui souhaite se faire vacciner, afin de l'orienter vers le centre approprié ou plus près de celui-ci.

La 2ème partie présente des orientations et renseignements concerne la planification et la mise en place de campagnes de vaccination contre le COVID-19. Entre autre choses nous allons proposer deux modèle mathématiques puis nous allons implémenter ce modèle dans les solveurs LINGO et CPLEX en vue de optimiser les couts des déférent opérations de fonctionnement des centres de vaccination. Les résultats obtenus sont interprétés et représentés dans un diagramme de gants pour analyser et déterminer la meilleure solution à mettre en place.

### **4.2 Programme d'affectation des zones :**

Afin d'assurer le déroulement de le processus de vaccination dans des bonnes conditions il faut assurer d'envoyer chaque personne au centre de vaccination de sa zone. Le grand nombre des citoyens rend la gestion d'affectation les personnes aux zones (23 zones selon notre division) une opération ardue. Pour faciliter le processus, nous avons créé un programme qui nous permet de spécifier la zone à laquelle appartient chaque personne à partir des coordonnées géographique qu'il a envoyé dans Microsoft forums en utilisant logiciel MATLAB.

#### **4.2.1 Qu'est-ce que MATLAB?**

Le nom MATLAB signifie MATrix LABoratory, c'est un logiciel de calcul numérique commercialisé par la société MathWorks [77].

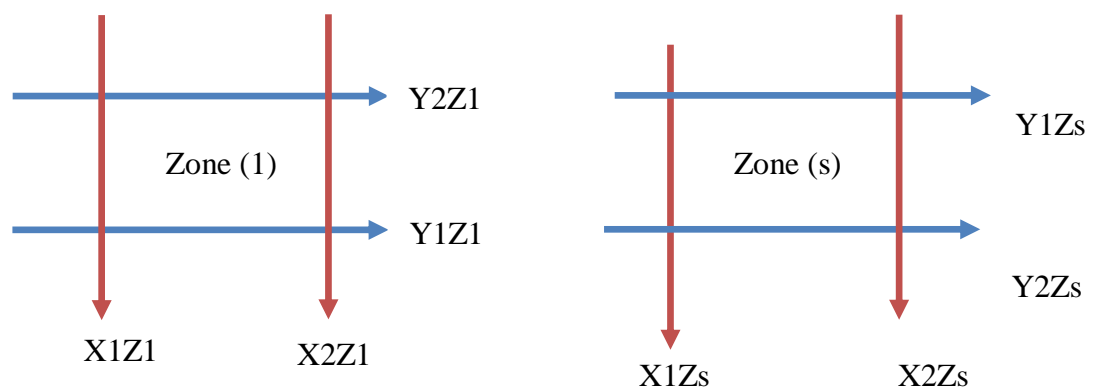
MATLAB est un langage de haute performance pour le calcul technique. Il combine le calcul, la visualisation et l'environnement de programmation. De plus, MATLAB est un environnement de langage de programmation moderne : il possède des structures de données complexes, contient des outils d'édition et de correction intégrés et prend en charge la programmation orientée objet. Ces caractéristiques font de MATLAB un excellent outil pour l'enseignement et la recherche. Il est équipé de puissantes fonctions intégrées qui permettent une très grande variété de calculs. Il possède également des commandes graphiques faciles à utiliser qui rendent la visualisation des résultats immédiatement disponible. Les applications

spécifiques sont rassemblées dans des paquets appelés "boîtes à outils". Celles-ci sont des outils pour le calcul symbolique, la simulation, l'optimisation, l'automatique..... [78].

MATLAB présente de nombreux avantages par rapport aux langages informatiques classiques (par exemple, Fortran, C) pour la résolution de problèmes techniques. MATLAB est un système interactif dont l'élément de données de base est un tableau qui ne nécessite pas de dimensionnement. Ce progiciel est disponible dans le commerce depuis 1984 et est désormais considéré comme un outil standard dans la plupart des universités et des industries du monde entier [78].

#### 4.2.2 L'algorithme :

- Zone (s) : c'est les autres zones (2,3.....23).



#### 4.2.3 Algorithme : affectation des zones

Constantes :

X1Z1, X2Z1, Y1Z1, Y2Z1 : les coordonnées de la zone (1).

X1Zs, X2Zs, Y1Zs, Y2Zs : les coordonnées de la zone (s).

Variables :

X, Y : les coordonnées géographiques.

i, n, Zone : entier

Début :

Lire ('nom de fichier Excel')

Pour i ← 1 à n faire

Si  $(X(i) > X1Z1 \ \& \ X(i) < X2Z1) \ \& \ (Y(i) > Y1Z1 \ \& \ Y(i) < Y2Z1)$  alors  
     Zone(i) ← 1

Sinon

Si  $(X(i) > X1Zs \ \& \ X(i) < X2Zs) \ \& \ (Y(i) > Y1Zs \ \& \ Y(i) < Y2Zs)$  alors  
Zone(i) ← s

Sinon

Zone(i) ← 0

Fin Si

Fin Si

Fin Pour

Data existant ← lire ('nom de fichier Excel')

Ecrire (Data existant)

Ecrire (zone)

Fin

**Remarque :**

Il faut mettre le fichier Excel et le fichier Matlab dans le même dossier.

4.2.4 L'organigramme :

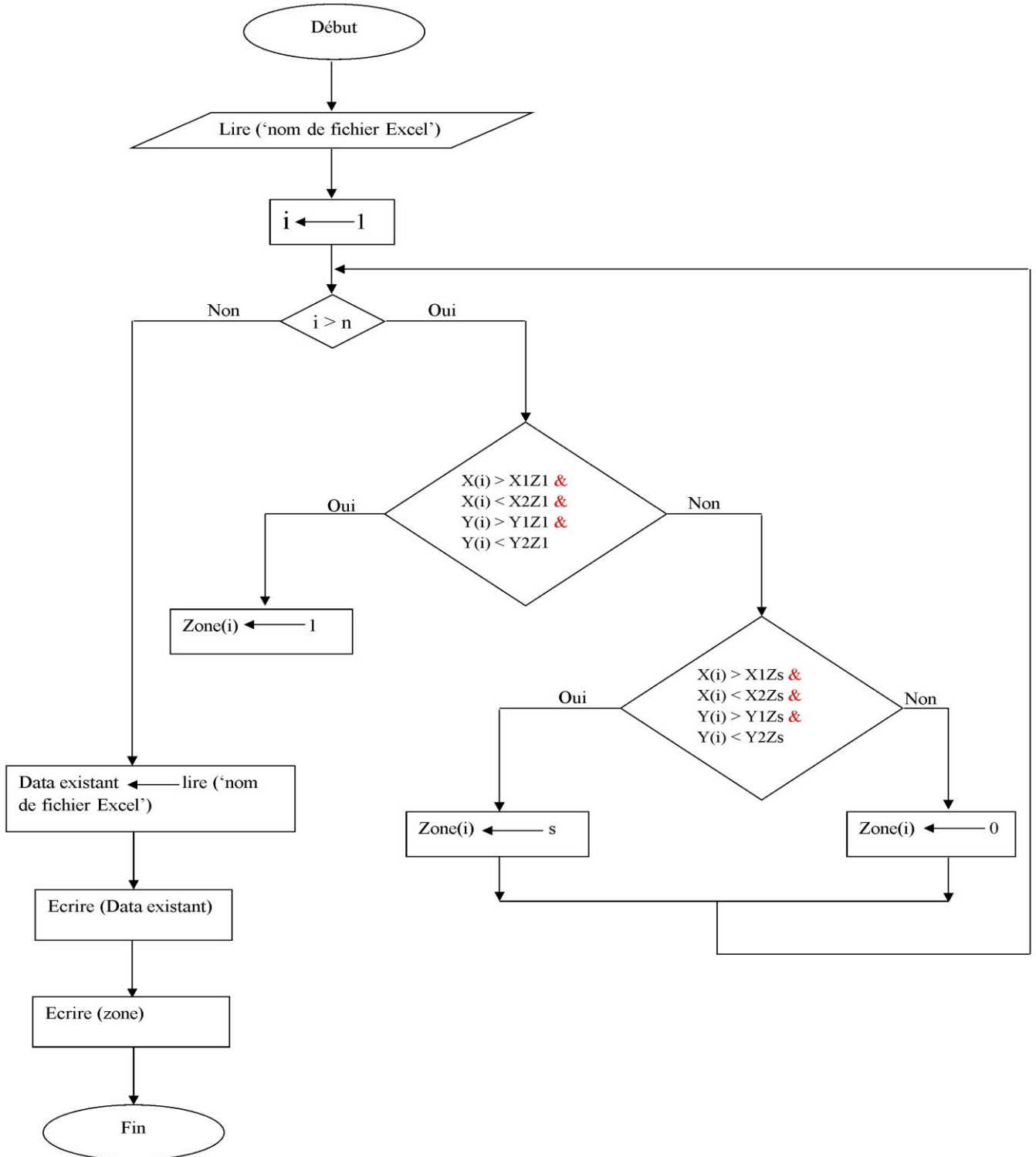


Figure 4- 1: Organigramme

### 4.2.5 Les résultats de programme :

Le fichier Excel des résultats de la saisie du formulaire obtenu à partir de Microsoft Forms avant la Programmation représentée dans Figure 4- 2

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
ID	Heure de dél	Heure de fin	Nom	Prénom	Sexe	Age	N° pièce	Téléph	Email	Souffre	Coord	Coord
1	5/11/21 9:12:19	5/11/21 9:19:03	Boumeddanza	abdelk	Homme	23	1,26E+12	6,76E+08	hamzaael	Non	34,94855	-1,36252
2	6/1/21 21:02:51	6/1/21 21:07:31	Kada	Bilal	Homme	25	9,74E+11	7,74E+08	lal12@gm	Non	34,94948	-1,37617
3	6/1/21 21:23:08	6/1/21 21:24:31	Ghitri	Hadil	Femme	23		68690987	hitri@gma	Non	34,94706	-1,35944
4	6/1/21 21:34:12	6/1/21 21:35:35	Ghitri	Manel	Femme	21	9,77E+10	6,69E+08	ghitri@gm	Oui	34,95057	-1,37794
5	6/1/21 21:36:20	6/1/21 21:37:25	Khelil	Majda	Femme	22		5,57E+08	ajda@gm	Non	34,94169	-1,36035
8	6/1/21 21:57:55	6/1/21 22:01:03	Chikh	Cheima	Femme	24	1,2E+17	5,52E+08		Non	34,95046	1,365366
9	6/1/21 22:05:12	6/1/21 22:06:17	enchabane	Djawed	Homme	24	53446578	6,74E+08	chabane@	Non	34,9452	-1,36612
10	6/1/21 22:02:01	6/1/21 22:19:20	Charafe	Chrife	Homme	38	5,24E+10	5,41E+08		Non	34,95652	-1,36095
11	6/1/21 22:23:39	6/1/21 22:25:18	enabdella	Hadjer	Femme	22	2,17E+13	7,79E+08	eriem1998	Non	34,9504	-1,36488
12	6/1/21 22:50:00	6/1/21 22:52:39	Bensouna	Mourad	Homme	33	1,23E+13	55347891		Oui	34,93267	-1,36817
13	6/1/21 22:52:44	6/1/21 22:55:49	Amrani	Mestafa	Homme	19	1,23E+13	6,36E+08	estafa00@p	Non	34,95382	-1,36791
14	6/1/21 23:01:17	6/1/21 23:02:28	Drici	hamed ily	Homme	26	2,35E+13	7,73E+08		Non	34,94559	-1,34458
15	6/2/21 1:20:32	6/2/21 1:21:29	Benali	Bilal	Homme	23	104343	7,77E+08	ridi13@gn	Non	34,95351	-1,35985
16	6/2/21 16:47:05	6/2/21 16:53:14	ziani	fatima	Femme	24	1,21E+09	7,56E+08	tima@gm	Oui	34,94407	-1,37486
17	6/2/21 16:47:10	6/2/21 16:54:32	kabli	souad	Femme	23	9,88E+08	7,85E+08	uad@gm	Non	34,9417	-1,37427
18	6/2/21 16:47:10	6/2/21 16:56:43	benbachir	oussama	Homme	25	6,55E+08	7,66E+08	oussama@	Oui	34,92899	-1,36753
19	6/2/21 16:47:13	6/2/21 16:58:12	belehcen	fatiha	Femme	30	3,22E+08	6,52E+08	ifatihagr	Non	34,95176	-1,3808
20	6/2/21 16:47:11	6/2/21 17:01:35	torchi	khaled	Homme	31	7,9E+08	6,99E+08	haled@gm	Oui	34,95958	-1,37113
21	6/2/21 17:02:27	6/2/21 17:04:25	berrabah	ilyes	Homme	27	8,8E+08	5,62E+08	hilyes@gn	Non	34,94906	-1,36737
22	6/2/21 17:02:37	6/2/21 17:05:37	enabdalla	houssem	Homme	25	6,55E+08	5,68E+08	enabdall	Oui	34,94695	-1,36687
23	6/2/21 17:02:39	6/2/21 17:06:56	messoud	anes	Homme	22	7,9E+08	7,85E+08	danes@gn	Non	34,94604	-1,36069
24	6/2/21 17:02:45	6/2/21 17:08:02	hachemi	fatiha	Femme	26	2,14E+08	6,51E+08	ifatihagr	Oui	34,96173	-1,3592
25	6/2/21 17:08:10	6/2/21 17:09:31	bentrar	asmae	Femme	40	2,15E+08	5,65E+08	ismae@gn	Non	34,95385	-1,36376

Figure 4- 3: Excel avant programmation.

Fichier Excel après exécution par le programme MATLAB, contenant le numéro de la zone de chaque citoyen à partir de ses coordonnées GPS affichées sur Figure 4- 3.

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
Heure de début	Heure de fin	Nom	Prénom	Sexe	Age	N° pièce d'ic	Téléphone	Email	Souffrez-vous	Coordonnée	Coordonnée	les zone	
1	11/05/2021 09:12	11/05/2021 09:19	Boumeddan	Hamza abdel	Homme	23	1,2648E+12	676334432	boumeddan	Non	34,948546	-1,362516	15
2	01/06/2021 21:02	01/06/2021 21:07	Kada	Bilal	Homme	25	9,7379E+11	773867588	Kadabilal12@	Non	34,949477	-1,376169	12
3	01/06/2021 21:23	01/06/2021 21:24	Ghitri	Hadil	Femme	23		68690987	hadilghitri@	Non	34,947058	-1,35944	15
4	01/06/2021 21:34	01/06/2021 21:35	Ghitri	Manel	Femme	21	9,7655E+10	668687890	Manelghitri@	Oui	34,950565	-1,377938	12
5	01/06/2021 21:36	01/06/2021 21:37	Khelil	Majda	Femme	22		556789890	Khelilmajda	Non	34,941693	-1,360352	22
8	01/06/2021 21:57	01/06/2021 22:01	Chikh	Cheima	Femme	24	1,1996E+17	551820627		Non	34,95046	1,365366	0
9	01/06/2021 22:05	01/06/2021 22:06	Benchabane	Djawed	Homme	24	53446578	673518401	Djawedbenc	Non	34,945197	-1,366121	18
10	01/06/2021 22:02	01/06/2021 22:19	Charafe	Chrife	Homme	38	5,2384E+10	540602019		Non	34,956524	-1,360949	5
11	01/06/2021 22:23	01/06/2021 22:25	Benabdellah	Hadjer	Femme	22	2,1659E+13	779035661	benhadjerm	Non	34,9504	-1,364879	14
12	01/06/2021 22:50	01/06/2021 22:52	Bensouna	Mourad	Homme	33	1,2346E+13	55347891		Oui	34,932673	-1,368171	0
13	01/06/2021 22:52	01/06/2021 22:55	Amrani	Mestafa	Homme	19	1,2346E+13	635757813	Amranimest	Non	34,953823	-1,367909	8
14	01/06/2021 23:01	01/06/2021 23:02	Drici	Mohamed ily	Homme	26	2,3468E+13	773387522		Non	34,945593	-1,344577	0
15	02/06/2021 01:20	02/06/2021 01:21	Benali	Bilal	Homme	23	104343	777291916	Bilalmadridi	Non	34,953512	-1,359852	10
16	02/06/2021 16:47	02/06/2021 16:53	ziani	fatima	Femme	24	1213456789	756243698	zianifatima@	Oui	34,944066	-1,374857	16
17	02/06/2021 16:47	02/06/2021 16:54	kabli	souad	Femme	23	987654321	784562347	kablisouad@	Non	34,9417	-1,374267	21
18	02/06/2021 16:47	02/06/2021 16:56	benbachir	oussama	Homme	25	654987321	765849237	benbachirou	Oui	34,928994	-1,367527	0
19	02/06/2021 16:47	02/06/2021 16:58	belehcen	fatiha	Femme	30	321654987	652417893	belehcenfati	Non	34,951764	-1,380799	6
20	02/06/2021 16:47	02/06/2021 17:01	torchi	khaled	Homme	31	789654123	698745214	torchikhaled	Oui	34,959583	-1,371133	3
21	02/06/2021 17:02	02/06/2021 17:04	berrabah	ilyes	Homme	27	879546213	562351489	berrabahilye	Non	34,949056	-1,367367	14
22	02/06/2021 17:02	02/06/2021 17:05	benabdallah	houssem	Homme	25	654879123	568471235	benabdallah	Oui	34,946945	-1,366873	14
23	02/06/2021 17:02	02/06/2021 17:06	messoud	anes	Homme	22	789654123	784521973	messoudane	Non	34,946039	-1,360693	19
24	02/06/2021 17:02	02/06/2021 17:08	hachemi	fatiha	Femme	26	213548679	651248793	hachemifatil	Oui	34,961727	-1,359202	2
25	02/06/2021 17:08	02/06/2021 17:09	bentrar	asmae	Femme	40	215346879	564875214	bentrarasma	Non	34,953848	-1,363762	9

Figure 4- 4: Excel après programmation.

### 4.3 Planification des centres de vaccination :

#### 4.3.1 Éléments de la campagne de vaccination et de la planification des centres : [79]

La planification d'une campagne de vaccination de COVID-19 commence par la détermination du Le nombre de personnes à vacciner pour planifier le nombre d'employés et de bénévoles dans chaque centre de vaccination. Nous avons proposé Les paramètres suivants pour faciliter la planification, sont décrits ci-dessous :

- Le nombre de personnes à vacciner.
- Nombre de doses de vaccin qu'un vaccinateur peut administrer par heure.
- Nombre de vaccinateurs par centre.
- Durée de chaque clinique.

#### 4.3.2 Le nombre de personnes à vacciner :

Nous avons supposé que le nombre d'habitants de chaque zone représente le nombre de personnes à vacciner.

- Le nombre de personnes à vacciner : 30890.

Tableau 4- 1: Nombres de d'habitantes dans chaque zone.

Zone	Nombre habitants
1	81
2	565
3	1566
4	992
5	1063
6	1042
7	924
8	1535
9	2040
10	2099
11	1026
12	1981
13	1290
14	1683
15	2123
16	1970
17	2000
18	316
19	4032
20	352



21	705
22	634
23	871
Total	30890

#### 4.3.3 Nombre de doses de vaccin que peut administrer un vaccinateur par heure (taux de vaccination) :

Un vaccinateur peut fournir environ 14 vaccins par heure. Si chaque vaccinateur doit pré charger ses propres seringues, le rythme de vaccination est plus lent : environ 12 vaccins par heure si aucun mélange n'est nécessaire et environ 11 vaccins par heure si un mélange est nécessaire.

Dans notre étude, nous avons décidé de choisir le troisième cas, à noter qu'un vaccinateur peut fournir environ 11 vaccins par heure. Donc une opération de vaccination d'une personne prend environ 5 min.

- Les vaccinateurs plus expérimentés peuvent avoir des taux de vaccination plus rapides, et les taux de vaccination chez les nouveaux vaccinateurs augmenteront au fil des jours.
- La vaccination des personnes ayant des besoins spécifiques (par exemple, des handicaps physiques ou intellectuels) ou des difficultés linguistiques ou culturelles peut entraîner une baisse des taux de vaccination.
- Un nombre élevé de jeunes enfants peut ralentir le taux de vaccination (nécessité de porter les enfants ou de répondre à leurs préoccupations pour les aider à être vaccinés), Alor il est important de souligner que la vaccination des enfants ne sera probablement pas accessible au début de la campagne de vaccination COVID-19.

##### 4.3.3.1 Nombre de vaccinateurs par centre :

Dans notre cas, nous avons proposé de mettre en place une équipe de 3 collaborateurs pour chaque centre, soit 2 vaccinateurs et un collaborateur chargé de recevoir les citoyens.

##### 4.3.3.2 La durée de chaque centre:

Afin de rendre le centre plus efficace et de réduire la fatigue des employés, on a décidé d'ouvrir le centre pour fournir des vaccins pendant 8 heures et de mettre en place deux équipes séquentielles de personnel et de bénévoles. La première équipe servie à partir de 8 h 30 jusqu'à 12 h 30 et la seconde équipe servie à partir de 13 h jusqu'à 17 h :00.

Tableau 4- 2: Horaires d'ouverture du centre de vaccination

Jours	Heures
Samedi	8:30 à 17 h :00
Dimanche	8:30 à 17 h :00
Lundi	8:30 à 17 h :00

Mardi	8:30 à 17 h :00
Mercredi	8:30 à 17 h :00
Jeudi	8:30 à 17 h :00
Vendredi	8:30 à 17 h :00

Le personnel et les bénévoles devront arriver environ une heure à l'avance pour permettre l'installation, l'organisation du centre.

#### **4.4 Ressources humaines :**

##### **4.4.1 Les personnels du centre de vaccination :**

Les centres de vaccination nécessitent de très importantes ressources humaines pour assurer un fonctionnement efficace de leurs services. Le nombre d'employés généralement affectés aux programmes de vaccination de la santé publique de routine sera insuffisant pour répondre aux besoins de vaccination de COVID-19, et il faudra donc recruter du personnel supplémentaire.

Voici quelques sources supplémentaires de personnel de santé pour la vaccination :

- les agences de soins infirmiers.
- les agences d'aide temporaire.
- autres prestataires de soins de santé tels que les ambulanciers.
- les pharmaciens.
- les dentistes.
- les sages-femmes.
- les étudiants :
  - en médecine
  - en soins infirmiers
  - en pharmacie.

##### **4.4.2 Rôle :**

- Vaccinateurs : Préparer le poste d'injection, vacciner, remplir et signer la section appropriée du registre de vaccination.
- Personnels d'accueil : Vérifier l'invitation de la personne qui se présente au centre, diriger les personnes vers la station de vaccination, la garantie du déroulement organisé de la vaccination.

##### **4.4.3 Création d'un formulaire de participation à la campagne de vaccination :**

En raison du nombre insuffisant de personnels de santé dans la commune de Hennaya, il peut être nécessaire de faire appel à des personnes extérieures à la communauté et à des volontaires salariés. Ces personnes doivent avoir une formation appropriée en matière de vaccination contre le COVID-19 et être attentives aux besoins de la communauté. Dans ce contexte, nous allons créer un formulaire de participation utilisé pour recueillir les volontaires désireux de rejoindre à la campagne de vaccination.

**APPEL AUX VOLONTAIRES POUR LES CENTRES DE VACCINATION COVID-19**

Chères consœurs et chers confrères,  
Si Vous souhaitez être volontaire pour participer à la campagne de vaccination COVID-19 qui a été organisée dans la région de Hennaya et contribuant à améliorer la santé de la population, nous vous invitons à remplir le formulaire suivant

\* Obligatoire

1. Nom et Prénom : \*

2. Téléphone : \*

3. Email : \*

4. Adresse : \*

5. types d'emploi disponibles : \*

Vaccinateurs

Personnel d'accueil

6. Pour le vaccinateur , Vous êtes :

Membre d'un ordre professionnel en santé(Infirmière,Médecin,Pharmacien,Sag Femme...)

Un étudiant autorisé à administrer un vaccin

7. Pour le personnel de l'accueil :

Vos responsabilités :

- S'occuper de l'accueil des citoyens
- Préparer les lieux
- Remplir les îlots de vaccination et gérer l'inventaire

Aucune formation

diplômé(e)

**Envoyer**

Ne communiquez jamais votre mot de passe. [Signaler un abus](#)

Figure 4- 5:formulaire de participation à la campagne de vaccination

- Les volontaires sont choisis en priorité sur la base de leurs qualifications professionnelles et académiques.

#### 4.4.3.1 Orientation et formation :

Une bonne formation et des instructions détaillées à l'intention du personnel avant la première vaccination sont essentielles au fonctionnement efficace des centres de vaccinations. Le personnel et les bénévoles collectés par le formulaire doivent également recevoir une formation sur les enjeux généraux liés au fonctionnement des centres de vaccination et sur leurs tâches et responsabilités spécifiques.

#### **4.4.3.2 Formation supplémentaire pour le personnel de vaccination :**

La formation du personnel doit être planifiée et comporte idéalement une séance dans les 24 à 48 heures précédant le début de la campagne.

La formation peut inclure :

➤ Un programme de formation professionnelle , les participants seront capables de : Fournir des informations détaillées et complètes sur la vaccination COVID-19. assurer la promotion de pratiques sûres et adaptées afin d'obtenir des taux de vaccination plus élevés.

- les renseignements sur le COVID-19 et les vaccins disponibles pour répondre aux interrogations des clients.
- Conservation et manutention correctes des vaccins COVID-19.
- Procédures de gestion de la douleur et de la peur chez les citoyens vaccinés, incluant les enfants.

La formation est essentielle non uniquement pour les vacinateurs, mais aussi pour le personnel, notamment sur la protection de la chaîne du froid des vaccins, la manière de recevoir les citoyens et la garantie du déroulement organisé de la vaccination.

#### **4.5 Prévention et contrôle de l'infection :**

Les centres de vaccination pour les vaccins COVID-19 se dérouleront sûrement pendant la transmission continue du COVID-19 dans la communauté. Donc il est important de prévenir la transmission de l'infection aux sites de vaccination. Parmi les principales stratégies de prévention et de limitation des infections, mentionnons les suivantes :

- Vaccinations du personnel et des volontaires dans le cadre de leur formation. ce qui leur permettra de se faire vacciner et de tester les processus de centre de vaccination.
- Nettoyer et désinfecter régulièrement les postes de vaccination
- Nettoyez fréquemment les surfaces couramment manipulées.
- Le port des masques médicaux par tous les membres du personnel, les volontaires et les clients.
- Les personnel qui doit répondre à une urgence doit immédiatement avoir accès à des équipements supplémentaires tels que les blouses, les lunettes de protection.
- Évitez si possible de partager des objets communs tels que des stylos. Si ces derniers doivent être utilisés, veillez à vous laver les mains de manière appropriée après leur utilisation.

- Disposer les bureaux de vaccination le plus loin des autres, un vaccinateur par bureau uniquement.
- les espaces ou les salles d'attente avec des chaises distancées.

#### 4.6 Communications :

La communication avec le public est assurée par un centre d'appels qui prend des rendez-vous pour les personnes intéressées par la vaccination COVID-19. Elle se concrétise généralement par un espace de bureau où sont distribués les appels téléphoniques, aussi les e-mails et les messages téléphoniques pour les clients.

##### 4.6.1 Communication sociale (externe) :

Les communications claires et régulières avec le public et le personnel est cruciale pour la réussite de la mise en œuvre et de l'exécution des opérations des cliniques de vaccination. Les messages concernant le vaccin contre le COVID-19 doivent être simples et opportuns. Ils doivent indiquer clairement ce que l'on sait sur les vaccins, ce qui est inconnu ou incertain, et ce qui est fait pour lever les incertitudes et contrôler la sécurité.

Tableau 4- 3: Les Documents et moyens de communication avec le public

Documents	Moyen
Annonces	Radio, télévision, journaux, téléphone
Affiches et fiches de renseignements	Enseignes, panneaux d'affichage

##### 4.6.2 Communication interne :

La communication avec le personnel et les volontaires doit être effectuée de manière précise et dans les délais afin de garantir le bon fonctionnement des opérations des centres. Dans ce cas on a proposé de communiquer avec le personnel et les bénévoles par E-mails et/ou SMS réguliers Pour fixer leurs jours et horaires de travail.

#### 4.7 Entreposage, manipulation et administration des vaccins :

##### 4.7.1 Résumé des principales recommandations en termes de stockage et de manutention:

Tableau 4- 4: Principales exigences en matière d'entreposage et de Manipulation

	Sputnik V
Entreposage	Stocké à une température de -18° C, 6 mois
Transport	possibilité de transport à l'état congelé ou décongelé à une température comprise entre +2 °C à +8 °C
Conservation au réfrigérateur	2 à 8 °C pendant une période maximale de 2 mois
Doses par flacon	5

Seconde dose	21 jours
Posologie	0,5 ml

Source des informations : <https://sputnikvaccine.com/fra/about-vaccine>

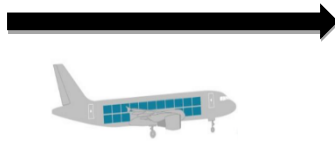
#### 4.7.2 Distribution de vaccine :

- L'IPA se chargera de recevoir et de déposer le vaccin auprès du fabricant.



Fabricant

(Une usine de fabrication du vaccin Sputnik V près de Saint-Petersbourg. © Olga Maltseva/AFP)



Au niveau national  
Dépôt national IPA

(source : <https://www.pasteur.dz/fr/>)



- Les seuls points responsables du stockage sont les établissements du chef-lieu de la wilaya.



Centres de vaccination  
Hennaya



Au niveau du Wilaya  
Etablissement public hospitalier  
de Remchi

(source : <http://www.eph-remchi.dz/index.php/recrutements>)

- la distribution du vaccin aux centres de vaccination est effectuée par des véhicules de transport réfrigérés, disposant d'un volume de conservation suffisant en fonction de l'objectif visé.
- Une fois livré, le vaccin peut être conservé dans un réfrigérateur à une température comprise entre +2 °C à +8 °C ou -18°C.

- Dans ce cas, nous avons choisi l'hôpital public de Remchi comme point de distribution en raison de sa proximité avec la région de Hennaya. En outre, il est équipé de deux chambres de congélation près de  $-20^{\circ}\text{C}$  et d'une autre chambre dont la température varie entre  $0^{\circ}\text{C}$  et  $8^{\circ}\text{C}$ . La capacité globale de conservation de ces salles de froid est estimée à près de 56.000 litres [80].
- La livraison des vaccins aux centres de vaccination se fait sur un plan quotidien, chaque centre reçoit une glacière contenant les doses de vaccin requises par jour, et qui assure la chaîne du froid de  $+2^{\circ}\text{C} / +8^{\circ}\text{C}$  ou  $-18$  pendant 24 heures.

#### 4.8 Site du centre vaccination:

Dans le Chapitre 3, nous avons traité la localisation des centres de vaccination, qui seront installés dans les endroits suivants : école ; Mosquée ; arénas; espace extérieur avec tentes.

##### 4.8.1 Ecole et Mosquée:

Dans les locaux des écoles, nous recherchons des salles libres et disponibles pour effectuer les opérations de vaccination, notamment une salle d'attente et une salle de vaccination. Ainsi que pour la mosquée nous avons supposé que la vaccination est effectuée à l'intérieur de la mosquée, dans l'espace réservé aux femmes.

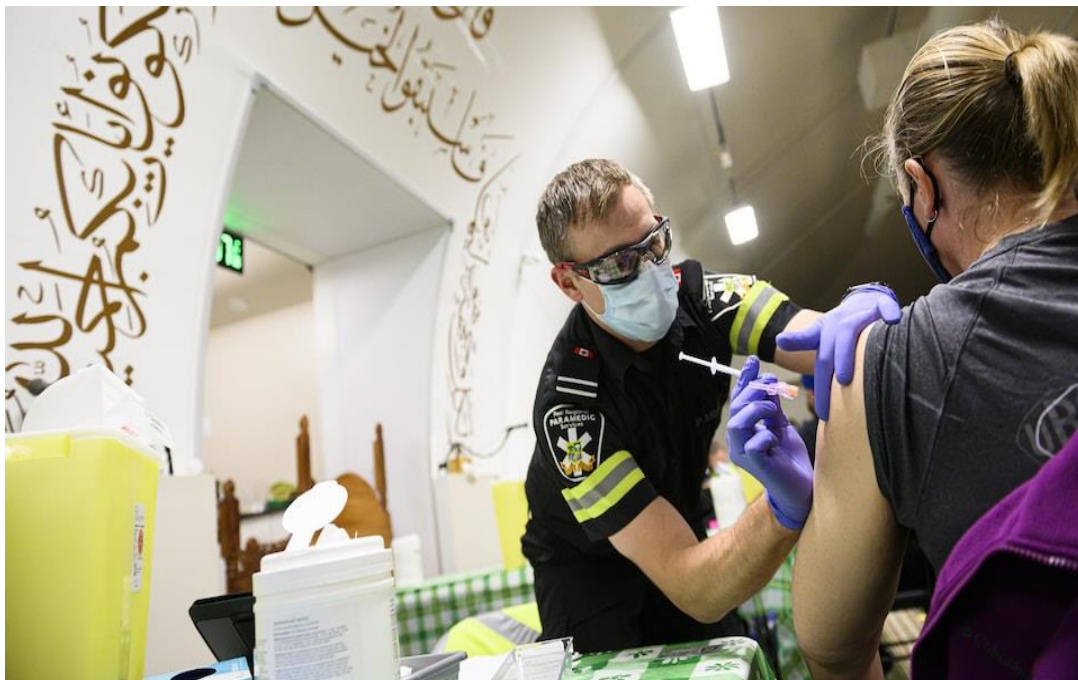


Figure 4- 6: Séances de vaccination dans une mosquée [81].

##### 4.8.2 Espace extérieur avec tentes :

Dans les zones où il n'y a pas de site approprié pour installer les centres de vaccination, il est nécessaire de mettre en place des tentes de vaccination, cette solution est idéale et ne coûte pas cher pour la campagne de vaccination sur le terrain.

- La résistance aux conditions climatiques est un des principaux facteurs à prendre en compte lors du choix des tonnelles pour la vaccination. De même Pour réduire les contacts entre les participants, le centre doit être particulièrement grand et spacieux, dans ce cas il faut prendre en considération la taille de la tente qui offre beaucoup d'espace pour la réception et la vaccination.



Figure 4- 7:centre de vaccination contre COVID-19 [82].

#### 4.8.3 Hypothèse de la campagne de vaccination :

Tableau 4- 5: Hypothèse d'une campagne de vaccination Hennaya.

Centre	personnel médical (vaccinateur)	personnel non médical (recueil)	Nombre de jours disponible	Nombre d'injection par jour	Nombre d'injection par vaccination	Plage horaires disponible par jour
Equipe	Sous-groupe 2	1	7	90	2	4h
	sous-groupe 2		7	90	2	4h

#### 4.8.4 Fournitures et Planification de l'équipement :

Voici les fournitures et l'équipement requis pour un centre de vaccination :

- Vaccins, diluants, adjuvants.
- Équipement de la chaîne du froid : Glacières.
- Equipements médicaux : aiguilles, seringues, tampons alcoolisé.
- Equipements d'urgence : kit d'urgence, incluant des fournitures pour la gestion de l'anaphylaxie.
- Fournitures de nettoyage.
- Les équipements de protection individuelle comprennent les masques, les protections oculaires et les gants de protection ...etc.



- Feuille de pointage journalière Cette feuille est utilisée pour noter les activités quotidiennes.

#### 4.8.5 Estimation des quantités de vaccins nécessaires :

##### 4.8.5.1 Estimation des besoins en vaccins en fonction de la population cible :

L'estimation des besoins en vaccins en fonction de la population cible nécessite la définition préalable d'un certain nombre de facteurs nécessaires à la réalisation des activités de vaccinations :

- **la population à vacciner** : 30890 personnes. (Nombre de personnes  $\times 2$ , puisque chaque personne recevra un schéma vaccinal de deux doses).

- **l'objectif visé** : (> 90 % en situation d'épidémie).

##### - le facteur de perte :

Il existe deux types de pertes de vaccins dans le programme de vaccination, soit les doses restantes qui sont jetées avec les flacons ouverts après la séance de vaccination, conformément à la politique de l'OMS sur les flacons multi-doses ouverts (MDVP) [83]. La seconde est constituée des flacons non ouverts/fermés qui sont jetés pendant le stockage, l'utilisation et le transport des vaccins en raison de dommages dus à la température ou de la date d'expiration.

Tableau 4- 6: Taux de pertes approximatives de l'OMS utilisés dans les estimations [84].

Présentation du vaccin	Taux de perte	
	Routine	Activités de vaccination supplémentaires
Une seule dose	5 %	5 %
En 2 à 5 doses	10 %	10 %
En 10 à 20 doses si un flacon entamé peut être utilisé lors d'une prochaine séance	20 %	15 %
En 10 à 20 doses, si un flacon ouvert est à jeter à la fin de la séance.	40 %	15 %
En 20 doses ou plus, si un flacon ouvert doit être jeté à la fin de la séance	50 %	20 %

- Dans notre saturation nous allons choisir le cas d'en 2 à 5 doses (Le vaccin sputnik possède 5 doses par flacon).

Formule de calcul du facteur de perte (Fp) en fonction des taux de perte (Tp) :

$$\text{Facteur de perte} = \frac{100}{(100 - \text{taux de perte})}$$

Avec 100 = nombre total (100 %) de doses de vaccins fournies  
Donc le taux de perte = 10 %

$$\text{Facteur de perte} = \frac{100}{(100 - 10)} = 1,11$$

- Besoins en vaccins = la population à vacciner × l'objectif visé (100%) × le facteur de perte  
 = 30890 × 1 × 1,11  
 = 34288

Alors la campagne de vaccination nécessite 68 576 (34288×2) doses de vaccin.

### 3.8.2 Estimation de l'équipement nécessaire pour une salle de vaccination (pour une journée):

Nous avons estimé les équipements nécessaires pour une salle de vaccination (180 personnes par jour), sur la base des informations fournies par l'équipe de vaccination de Hennaya.

Tableau 4- 7: Les équipements nécessaires pour une salle de vaccination (Campagne de vaccination COVID-19 a Hennaya)

Équipement	Quantité	remarque
Vaccins	200 doses pour sputnik v (par jour)	un flacon contient 5 doses
Équipement de la chaîne du froid		
Glacières	Glacière de gros volume	Glacières à (-20°C, 0°C, +2°C/+8°C)
Equipements médicaux		
Aiguilles de 25 à 35 mm	200	/
Seringues de 2 ou 3 ml	200	/
Tampons alcoolisé	2 tampons de 100 unité	/
boîtes de sécurité	1	boîtes de sécurité de 8 litres (environ 200 seringues)
Equipements d'urgence		
kit d'urgence	1	1 kit d'urgence pour chaque centre
Fournitures de nettoyage	Selon les besoins	/
Les équipements de protection individuelle		
les masques	5	seulement les employés (échangeable toutes les 4 heures)
les protections oculaires	4	seulement les employés
les gants de protection	4	seulement les employés 1 paire de gants à usage unique toutes les 50 injections
Autres matérielles		
Tables	2	certains centres peuvent fournir des tables et des chaises (Ecole, Lycée...)
Chaises	4	
Feuille de pointage Cahier d'enregistrement	1	/

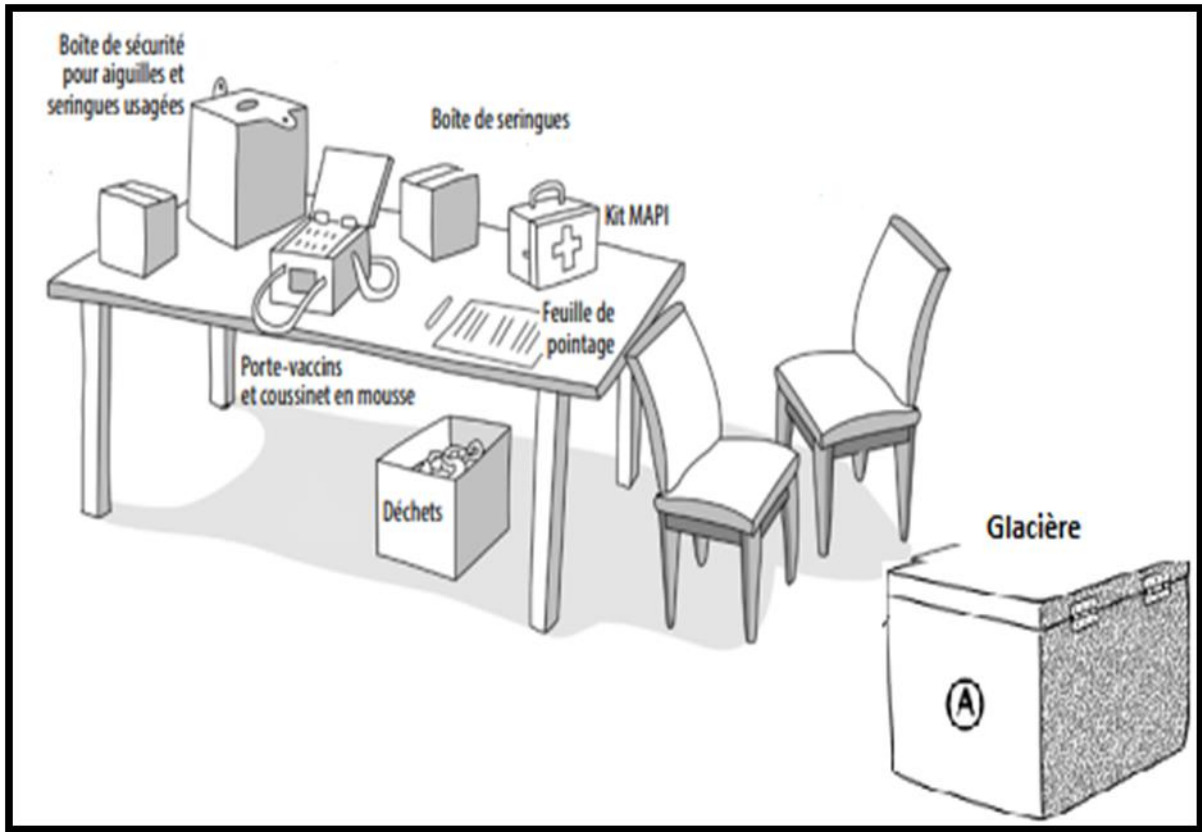


Figure 4- 8:Point de Vaccination : Modèle d'aménagement

#### 4.8.6 Plan des centres de vaccinations :

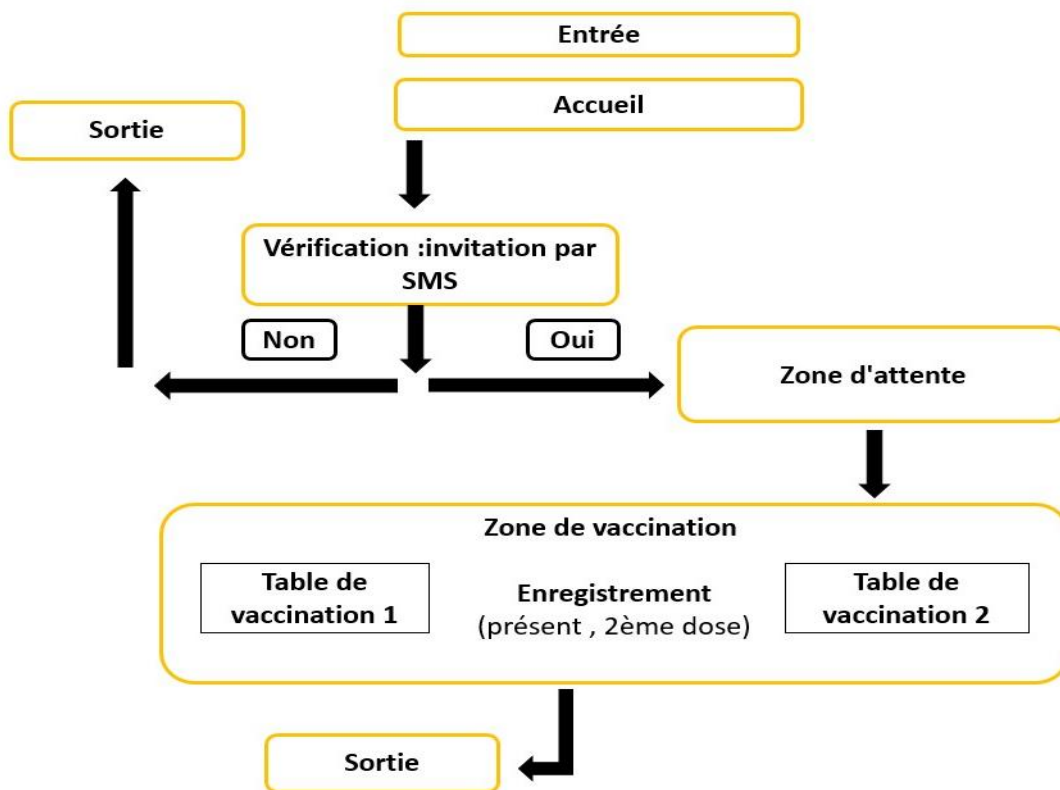


Figure 4- 9: Plan de centres de vaccinations

#### **4.9 Déroulement de la campagne de vaccination :**

##### **4.9.1 Information et communication :**

- Par la page Facebook officiel du centre de vaccination.
- Enregistrement pour la vaccination COVID-19 par le biais des formulaires d'inscription.

##### **4.9.2 Confirmation du rendez-vous : date, heure et lieu**

- Cette opération est réalisée par le centre d'appel, à partir de la collecte des résultats de la saisie des formulaires par les systèmes d'information que nous avons développés dans les chapitres 3 et 4. Ce système facilitera le travail du centre d'appel qui se charge de mettre en place un calendrier de vaccination pour les citoyens.
- Le rendez-vous est pris par une convocation via un message SMS précisant la date, l'heure et le lieu de la vaccination selon le calendrier vaccinal.

Calendrier vaccinale :

Le calendrier devra respecter les conductions suivantes :

- Dans notre étude, nous avons admis que : Un vaccinateur peut vacciner 10 personnes par heure, alors 2 vaccinateurs sont capables de vacciner 20 personnes, Par conséquent il est nécessaire d'établir un calendrier pour faire appel à 20 personnes chaque heure.

Tableau 4- 8: Exemple d'organisation d'un calendrier (vaccination de 180 par jours)

Première jour	Invitation
8 :30 - 9 :30	SMS pour 23 personnes
9 :30 -10 :30	SMS pour 23 personnes
10 :30 – 11 :30	SMS pour 22 personnes
11 :30 – 12 : 30	SMS pour 22 personnes
-	-

##### **Séance de vaccination :**

- Accueil
- Vérification invitation par SMS
- Vaccination
- Validé la présent dans le registre d'enregistrement – fiche de pointage
- A la fin de chaque séance, le registre d'enregistrement est collecté par le centre d'appel pour la préparation du programme de la deuxième dose.

##### **Deuxième Dose :**

- SMS de rappel pour la deuxième dose.
- Séance de vaccination de rappel.

#### **4.10 Modelés d'optimisation des couts de fonction et résultats :**

Le but de cette partie est s'adapter une modélisation linéaire pour optimiser les couts des déférentes opérations de fonctionnement des centres de vaccination.

Afin d'identifier le problème d'optimisation des coûts, nous soulignons qu'il présente les caractéristiques suivantes :

#### **4.10.1 Hypothèse :**

Nous avons supposé que :

- ✓ Cout de dose : 1000 DA.
- ✓ Cout de formation : 4000 DA\ équipe.
- ✓ Cout opérationnel : 6000 DA\ équipe.

#### **4.10.2 Modèle mathématique :**

La recherche opérationnelle peut aborder un large éventail de problèmes concernant la gestion optimale des ressources organisationnelles. Il est le plus couramment nécessaire d'identifier et de comprendre le problème considéré et de le modéliser sous forme de formule mathématique.

#### **4.10.3 Logiciels utilisés :**

##### **4.10.3.1 Solver LINGO :**

LINGO est un outil simple permettant d'utiliser la puissance de l'optimisation linéaire et non linéaire pour formuler de vastes problèmes de manière très précise, les résoudre et analyser la solution.

L'objectif principal de LINGO est de permettre à un utilisateur de saisir rapidement la formulation d'un modèle, de le résoudre et d'évaluer l'exactitude ou la conformité de la formulation sur la base des résultats de l'analyse.

LINGO fournit un package entièrement intégré qui comprend un langage puissant pour exprimer des modèles d'optimisation, un environnement complet pour construire et éditer des problèmes, et un ensemble de solveurs rapides intégrés capables de résoudre efficacement la plupart des classes de modèles d'optimisation. Les principales caractéristiques de LINGO sont les suivantes [85] :

- Langage de modélisation algébrique.
- Options de données pratiques.
- Modélisation interactive ou création d'applications clés en main.
- Une documentation et une aide étendue.
- Solveurs et outils puissants.

##### **4.10.3.2 CPLEX Optimisation Studio :**

Lorsque le logiciel CPLEX® a été réalisé il y a plus de 20 ans, il a révolutionné la programmation linéaire. CPLEX a été le premier optimiseur linéaire commercial du marché à être écrit en langage de programmation C. CPLEX a offert aux chercheurs opérationnels une flexibilité, une fiabilité et des performances sans précédent, leur permettant de réaliser de nouveaux algorithmes, modèles et applications d'optimisation.

Le nom CPLEX est un jeu de mots basé sur la notion d'un algorithme Simplex écrit en C : C-Simplex est devenu CPLEX [86].

L'optimiseur CPLEX d'IBM ILOG est un outil qui vous aide à résoudre des problèmes d'optimisation linéaire, souvent appelés problèmes de programmation linéaire (LP) [87].

IBM ILOG CPLEX Optimisation Studio est un outil d'analyse prescriptive qui vous permet de créer et de déployer rapidement des modèles d'optimisation décisionnelle à l'aide de la programmation mathématique et des contraintes. Cet outil fournit un environnement de réalisation intégré doté de fonctions complètes qui accepte le langage de programmation de l'optimisation ainsi que les solveurs haute performance CPLEX et CP Optimizer. Cette technologie vous permet d'optimiser vos décisions commerciales, de concevoir et de déployer rapidement des modèles d'optimisation et de créer des applications pratiques susceptibles d'améliorer sensiblement les résultats de votre entreprise [88].

#### **4.10.3.3 Les composants de CPLEX Optimisation Studio [89] :**

CPLEX Optimisation Studio se compose d'un langage de modélisation, de deux moteurs d'optimisation pour la résolution des modèles et d'un environnement de réalisation intégré pour le test et le débogage des modèles.

CPLEX Optimisation Studio est composé des éléments suivants :

- ✓ OPL (Optimisation programmation Langage), un langage de programmation pour la création de modèles mathématiques.
- ✓ Un environnement de développement intégré (IDE) qui vous permet de créer et de tester des modèles.
- ✓ Le moteur CPLEX Optimiser, qui recherche des solutions aux modèles nécessitant des approches de programmation mathématique.
- ✓ Le moteur CP Optimiser, qui recherche des solutions pour les modèles nécessitant des approches de programmation par contraintes.

#### **4.11 Présentation et analyse du modèle 1 :**

Dans la configuration de ce modèle notre objectif sera de répondre à la question suivante : qu'elle est le nombre des équipes à affecter dans chaque centre pour vacciner tous les personnes dans chaque zone.

Dans la configuration de ce modèle notre problème d'affectation c'est que nous avons 20 centre (c) et chaque équipe(e) doit être affecté à plusieurs centre mais elle ne peut être affecté à plus qu'un centre par jour(t) .L'optimisation de ce problème revient à trouver le nombre réduit des équipes en fonction de minimiser le cout de cette opération de vaccination.

Ainsi la modélisation du problème est la suivante :

##### **4.11.1 Les paramètres du problème :**

**Les indices :**

e : indice des équipes,  $e \in E$ .

c : indice des centres,  $c \in C$ .

t : indice des jours,  $t \in T$ .

$E = \{1 \dots 20\}$ .

$C = \{1 \dots 20\}$ .

$T = \{1 \dots 10\}$ .

**Les données :**

cf : coût de formation d'une équipe.

cv : coût de vaccination d'une personne.

cop : coût opérationnel d'un centre.

np : le nombre des personnes à vacciner par centre.

**Les variables de décision :**

$x : \{ 1, \text{ Si l'équipe (e) formée} \\ 0, \text{ Sinon} \}.$

$y : \{1, \text{ si l'équipe (e) est affecté au centre (c) dans le jours (t)} \\ 0, \text{ sinon} \}.$

$npv : \{ \text{le nombre des personnes vaccinées par l'équipe (e) dans le centre (c) dans le jours (t)} \}.$

**La fonction objective :**

$$\text{Min} = \sum_{e=1}^{20} x(e) * cf + \sum_{e=1}^{20} \sum_{c=1}^{20} \sum_{t=1}^{10} y(e, c, t) * cop + \sum_{e=1}^{20} \sum_{c=1}^{20} \sum_{t=1}^{10} npv(e, c, t) * cv$$

**Les contraintes :**

$$y(e, c, t) \leq x(e) \quad \forall e \in E \quad \forall c \in C \quad \forall t \in T \quad (1)$$

$$\sum_{c=1}^{20} y(e, c, t) \leq 1 \quad \forall e \in E \quad \forall t \in T \quad (2)$$

$$npv(e, c, t) \leq 180 \quad \forall e \in E \quad \forall c \in C \quad \forall t \in T \quad (3)$$

$$\sum_{e=1}^{20} \sum_{t=1}^{10} npv(e, c, t) \geq np(c) \quad \forall c \in C \quad (4)$$

$$npv(e, c, t) \leq 1000 * y(e, c, t) \quad \forall e \in E \quad \forall c \in C \quad \forall t \in T \quad (5)$$

Contrainte (1) : une équipe (e) ne peut pas fonctionner le jour (t) au centre (c) si elle n'est pas formée.

Contrainte (2) : une équipe ne peut être affecté à plus qu'un centre par jour.

Contrainte (3) : permet de vérifier que le nombre des personnes vaccinées par une équipe dans chaque centre ne doit être dépassé 50 personne par jours.

Contrainte (4) : permet de vérifier que tous les personnes sont vaccinées dans tous les centres.

Contrainte (5) : l'équipe (e) ne peut pas affecter au centre (c) le jour (t) si il n'y a pas des personnes à vacciner.

#### 4.11.2 Résolution du modèle 1 :

Après l'implémentation du modèle 1 sur le Solver LINGO, nous avons constaté que le problème contient au total 16060 contraintes dont le temps d'exécution tient plus de 3 minute avec un résultat de valeur objective 3.1995e+007.

Pour plus de détail, les résultats obtenus sont représentés dans la figure (4- 10) et les diagrammes de Gantt.

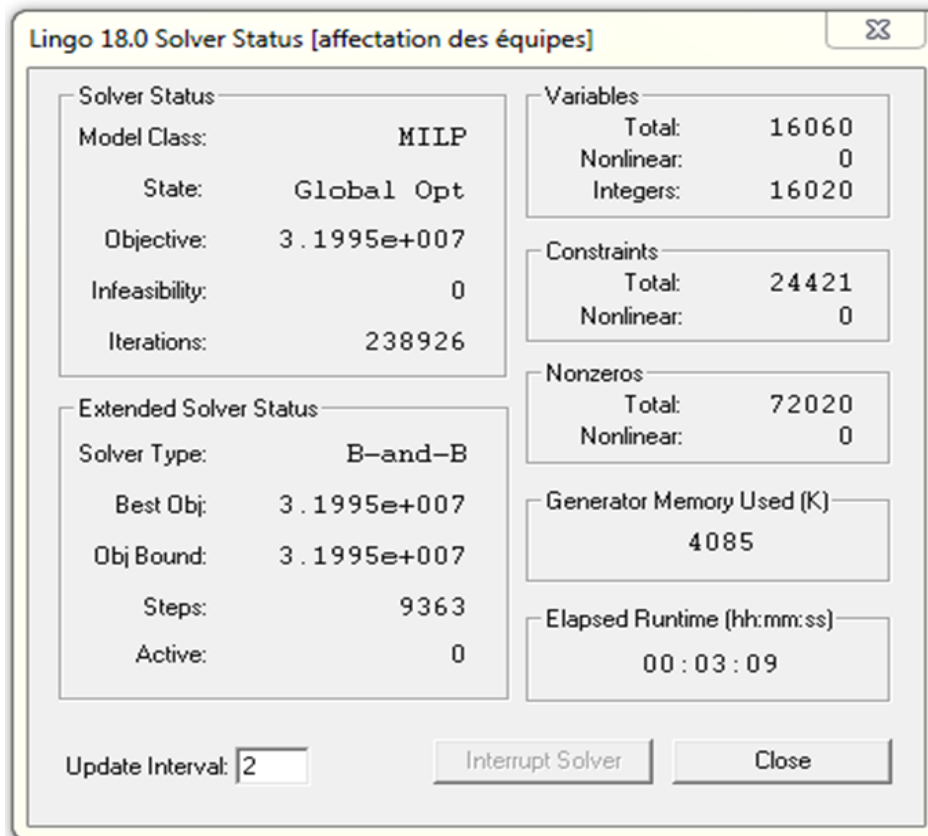


Figure 4- 10: Solutions données par LINGO de 1ier modèle

#### 4.11.3 Diagramme de Gantt des centres de vaccination :

Chaque diagramme représente le nombre des personnes vaccinées par chaque équipe dans chaque centre dans telles jour.

##### Centre 1 :

C1	T4	T5	T8	T9
565	E20 180	E6 180	E13 180	E12 25



**Centre 2 :**

<b>C2</b> 1647	<b>T1</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T9</b>
	<b>E10</b> 180	<b>E15</b> 180	<b>E6</b> 27	<b>E4</b> 180	<b>E12</b> 180	<b>E9</b> 180
	<b>E17</b> 180			<b>E17</b> 180	<b>E14</b> 180	
					<b>E15</b> 180	

**Centre 3 :**

<b>C3</b> 992	<b>T5</b>	<b>T8</b>	<b>T10</b>
	<b>E9</b> 180	<b>E1</b> 180	<b>E2</b> 180
	<b>E19</b> 92	<b>E6</b> 180	<b>E5</b> 180

**Centre 4 :**

<b>C4</b> 1063	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>	<b>T10</b>
	<b>E8</b> 180	<b>E14</b> 180	<b>E11</b> 180	<b>E17</b> 180	<b>E4</b> 180
		<b>E20</b> 163			

**Centre 5 :**

<b>C5</b> 1042	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>
	<b>E8</b> 180	<b>E9</b> 180	<b>E19</b> 142	<b>E12</b> 180	<b>E5</b> 180
		<b>E14</b> 180			

**Centre 6 :**

<b>C6</b> 2459	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T10</b>
	<b>E16</b> 180	<b>E12</b> 180	<b>E17</b> 180	<b>E8</b> 180	<b>E15</b> 180	<b>E6</b> 180	<b>E16</b> 119	<b>E3</b> 180	<b>E3</b> 180
		<b>E15</b> 180		<b>E17</b> 180	<b>E20</b> 180			<b>E4</b> 180	
								<b>E14</b> 180	

**Centre 7 :**

<b>C7</b> 2040	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T9</b>	<b>T10</b>
	<b>E4</b> 180	<b>E3</b> 180	<b>E2</b> 180	<b>E18</b> 180	<b>E12</b> 180	<b>E8</b> 180	<b>E14</b> 180
	<b>E11</b> 180	<b>E18</b> 60				<b>E11</b> 180	<b>E15</b> 180
						<b>E18</b> 180	

**Centre 8 :**

<b>C8</b> 2099	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>
	<b>E6</b> 180	<b>E2</b> 180	<b>E3</b> 180	<b>E13</b> 180	<b>E2</b> 180	<b>E6</b> 180	<b>E9</b> 180	<b>E13</b> 119
		<b>E3</b> 180			<b>E13</b> 180	<b>E9</b> 180		<b>E19</b> 180

**Centre 9 :**

<b>C9</b> 1026	<b>T1</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>	<b>T10</b>
	<b>E20</b> 180	<b>E4</b> 180	<b>E15</b> 180	<b>E4</b> 126	<b>E9</b> 180
					<b>E18</b> 180

**Centre 10 :**

<b>C10</b> 1981	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T10</b>
	<b>E13</b> 1	<b>E4</b> 180	<b>E1</b> 180	<b>E1</b> 180	<b>E8</b> 180	<b>E16</b> 180	<b>E11</b> 180
			<b>E10</b> 180	<b>E3</b> 180			
			<b>E18</b> 180	<b>E19</b> 180			
			<b>E5</b> 180				

**Centre 11 :**

<b>C11</b> 1290	<b>T1</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T9</b>	<b>T10</b>
	<b>E13</b> 180	<b>E13</b> 180	<b>E12</b> 180	<b>E10</b> 180	<b>E15</b> 30	<b>E16</b> 180	<b>E13</b> 180
							<b>E17</b> 180

**Centre 12 :**

<b>C12</b> 1683	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T5</b>	<b>T9</b>	<b>T10</b>
	<b>E9</b> 180	<b>E18</b> 180	<b>E1</b> 180	<b>E8</b> 180	<b>E14</b> 180	<b>E20</b> 63
	<b>E14</b> 180	<b>E20</b> 180	<b>E11</b> 180	<b>E16</b> 180		

**Centre 13 :**

<b>C13</b> 2123	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T5</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>	<b>T10</b>
	<b>E5</b> 180	<b>E1</b> 180	<b>E1</b> 143	<b>E3</b> 180	<b>E5</b> 180	<b>E2</b> 180	<b>E1</b> 180
			<b>E10</b> 180		<b>E6</b> 180		<b>E6</b> 180
			<b>E18</b> 180		<b>E10</b> 180		

**Centre 14 :**

<b>C14</b> 1970	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>
	<b>E19</b> 180	<b>E9</b> 180	<b>E14</b> 180	<b>E3</b> 180	<b>E2</b> 180	<b>E18</b> 180	<b>E10</b> 180
			<b>E16</b> 180				<b>E15</b> 180
			<b>E9</b> 180				<b>E20</b> 170

**Centre 15 :**

<b>C15</b> 2705	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T10</b>
	<b>E4</b> 180	<b>E5</b> 180	<b>E5</b> 180	<b>E4</b> 180	<b>E11</b> 180	<b>E9</b> 180	<b>E18</b> 180	<b>E20</b> 180	<b>E19</b> 180
		<b>E10</b> 180	<b>E10</b> 180	<b>E5</b> 5		<b>E11</b> 180			
		<b>E16</b> 180	<b>E19</b> 180						
		<b>E17</b> 180							

**Centre 16 :**

<b>C16</b> 316	<b>T3</b>	<b>T5</b>
	<b>E2</b> 180	<b>E14</b> 136

**Centre 17 :**

<b>C17</b> 4032	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>	<b>T10</b>
	<b>E1</b> 180	<b>E14</b> 180	<b>E6</b> 180	<b>E11</b> 180	<b>E5</b> 180	<b>E4</b> 180	<b>E1</b> 180	<b>E2</b> 180	<b>E3</b> 180	<b>E10</b> 180
	<b>E8</b> 180		<b>E16</b> 180			<b>E17</b> 180	<b>E11</b> 180	<b>E17</b> 180		<b>E12</b> 180
	<b>E12</b> 180		<b>E12</b> 180			<b>E20</b> 180	<b>E17</b> 180	<b>E8</b> 180		
	<b>E15</b> 180		<b>E13</b> 72							

**Centre 18 :**

<b>C18</b> 352	<b>T1</b>	<b>T2</b>
	<b>E3</b> 1 80	<b>E6</b> 172

**Centre 19 :**

<b>C19</b> 634	<b>T1</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T10</b>
	<b>E11</b> 180	<b>E5</b> 180	<b>E19</b> 94	<b>E8</b> 180

**Centre 20 :**

<b>C20</b> 850	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T10</b>
	<b>E12</b> 180	<b>E2</b> 180	<b>E16</b> 130	<b>E13</b> 180	<b>E1</b> 180

**4.11.4 Interprétation des résultats :**

D'après les résultats tirés du diagramme de gants, on obtient alors les données suivantes :

- Nombre de centres : 20.
- Nombre d'équipes à choisir : 19
- Durée de la campagne : 10 jours.

Tableau 4- 9: Fonctionnement des équipes modèle1

Numéro des équipes	Nombre total des personnes vaccinées	Nombre des jours de travail
Equipe 1	1763	10
Equipe 2	1620	9

Equipe 3	1800	10
Equipe 4	1746	10
Equipe 5	1625	10
Equipe 6	1639	10
Equipe 8	1620	9
Equipe 9	1800	10
Equipe 10	1620	9
Equipe 11	1800	10
Equipe 12	1645	10
Equipe 13	1452	10
Equipe 14	1756	10
Equipe 15	1470	9
Equipe 16	1509	9
Equipe 17	1800	10
Equipe 18	1500	9
Equipe 19	1228	8
Equipe 20	1476	9

L'avantage de ce modèle est qu'il permet de vacciner la population cible dans un court laps de temps, mais il impose une charge de travail élevée aux équipes de la campagne de vaccination.

Scénario :

Équipe de travail : 4 vaccinateurs par équipe fonctionnant en même temps avec un responsable d'accueil. Peut vacciner 180 personnes en 4 heures.

Prenant le centre 6 comme exemple :

<b>C6</b> 2459	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T10</b>
	<b>E16</b> 180	<b>E12</b> 180	<b>E17</b> 180	<b>E8</b> 180	<b>E15</b> 180	<b>E6</b> 180	<b>E16</b> 119	<b>E3</b> 180	<b>E3</b> 180
		<b>E15</b> 180		<b>E17</b> 180	<b>E20</b> 180			<b>E4</b> 180	
								<b>E14</b> 180	

Tableau 4- 10: les activités du centre 6.

Heure	Jour 1	Jour 2	Jour 3	Jour 4	Jour 5	Jour 6	Jour 7	Jour 8	Jour 9	Jour 10
8 :30 9.30	E16	E12	E17	E8	E15	E6	E16	E3 E4	-	E3
9 :30 10 :30	E16	E12	E17	E8	E15	E6	E16	E3 E4	-	E3
10 :30 11 :30	E16	E12	E17	E8	E15	E6	E16	E3 E4	-	E3
11 :30 12 :30	E16	E12	E17	E8	E15	E6	E16	E3 E4	-	E3
13 :00 14 :00		E15		E17	E20			E14	-	
14 :00 15 :00		E15		E17	E20			E14	-	
15 :00 16 :00		E15		E17	E20			E14	-	
16 :00 17 :00		E15		E17	E20			E14	-	

#### 4.12 Présentation et analyse du modèle 2 :

La configuration de ce modèle 2 reste la même de modèle 1 mais dans ce cas, nous avons ajouté une contrainte ; une équipe doit être affectée à un seul centre chaque jour et lorsque la vaccination est terminée, elle termine son travail. Ainsi la modélisation du problème est la suivante :

##### 4.12.1 Les paramètres du problème :

###### Les indices :

e : indice des équipes,  $e \in E$ .

c : indice des centres,  $c \in C$ .

t : indice des jours,  $t \in T$ .

$E = \{1 \dots 30\}$ .

$C = \{1 \dots 20\}$ .

$T = \{1 \dots 20\}$ .

**Les données :**

cf : coût de formation d'une équipe.

cv : coût de vaccination d'une personne.

cop : coût opérationnel d'un centre.

np : le nombre des personnes à vacciner par centre.

**Les variables de décision :**

$x : \{ 1, \text{ si l'équipe (e) formée} \\ 0, \text{ sinon} \}$ .

$y : \{ 1, \text{ si l'équipe (e) est affecté au centre (c) dans le jours (t)} \\ 0, \text{ sinon} \}$ .

npv : {le nombre des personnes vaccinées par l'équipe (e) dans le centre (c) dans le jours (t)}.

**La fonction objective :**

$$\text{Min} = \sum_{e=1}^{30} x(e) * cf + \sum_{e=1}^{30} \sum_{c=1}^{20} \sum_{t=1}^{20} y(e, c, t) * cop + \sum_{e=1}^{30} \sum_{c=1}^{20} \sum_{t=1}^{20} npv(e, c, t) * cv$$

**Les contraintes :**

$$y(e, c, t) \leq x(e) \quad \forall e \in E \quad \forall c \in C \quad \forall t \in T \quad (1)$$

$$\sum_{c=1}^{20} y(e, c, t) \leq 1 \quad \forall e \in E \quad \forall t \in T \quad (2)$$

$$npv(e, c, t) \leq 180 \quad \forall e \in E \quad \forall c \in C \quad \forall t \in T \quad (3)$$

$$\sum_{e=1}^{30} \sum_{t=1}^{20} npv(e, c, t) \geq np(c) \quad \forall c \in C \quad (4)$$

$$npv(e, c, t) \leq 1000 * y(e, c, t) \quad \forall e \in E \quad \forall c \in C \quad \forall t \in T \quad (5)$$

$$y(e, c, t - 1) \geq y(e, c, t) \quad \forall e \in E \quad \forall c \in C \quad \forall t \in T \text{ tel que: } t > 1 \quad (6)$$

Contrainte (1) : une équipe (e) ne peut pas fonctionner le jour (t) au centre (c) si elle n'est pas formée.

Contrainte (2) : une équipe ne peut être affecté à plus qu'un centre par jour.

Contrainte (3) : permet de vérifier que le nombre des personnes vaccinées par une équipe dans chaque centre ne doit être dépassé 50 personne par jours.

Contrainte (4) : permet de vérifier que tous les personnes sont vaccinées dans tous les centres.

Contrainte (5) : l'équipe (e) ne peut pas affecter au centre (c) le jour (t) si il n'y a pas des personnes à vacciner.

Contrainte (6) : chaque équipe doit être affecté à un seul centre dans tous les jours.

#### 4.12.2 Résolution du modèle 1 :

Après l'implémentation du modèle 1 sur le Solver CPLEX, nous avons constaté que le problème contient au total 48020 contraintes dont le temps d'exécution tient moins d'une minute avec un résultat de valeur objective 32039000.

Pour plus de détail, les résultats obtenus sont représentés dans la figure (4- 11) et les diagrammes de Gantt.

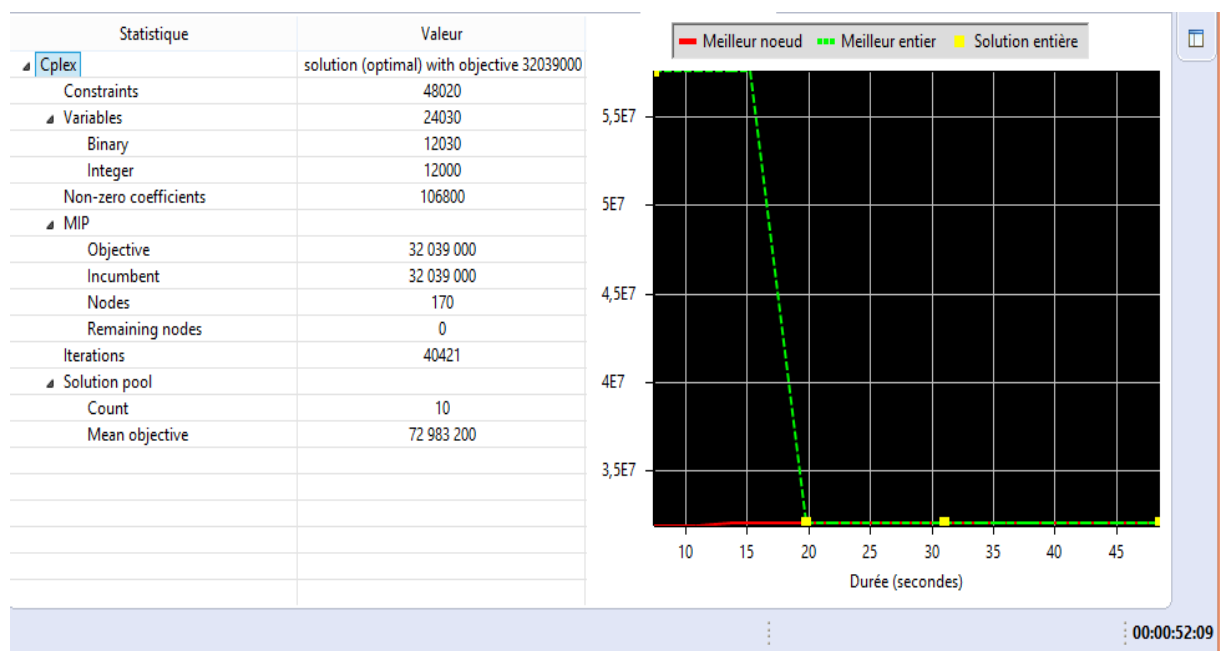


Figure 4- 11 : Solutions données par CPLEX de 2ème modèle.

#### 4.12.3 Diagramme de Gantt des centres de vaccination :

##### Centre 1 :

C1 565	T1	T2	T3	T4
	E8 180	E8 25	E8 180	E8 180

##### Centre 2 :

C2 1647	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
	E16 180	E16 180	E16 180	E16 180	E16 180	E16 180	E16 180	E16 180	E16 180	E16 180



**Centre 3 :**

<b>C3</b> 992	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>
	<b>E2</b> 180	<b>E2</b> 180	<b>E2</b> 158	<b>E2</b> 158	<b>E2</b> 158	<b>E2</b> 158

**Centre 4 :**

<b>C4</b> 1063	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>
	<b>E15</b> 180	<b>E15</b> 180	<b>E15</b> 163	<b>E15</b> 180	<b>E15</b> 180	<b>E15</b> 180

**Centre 5 :**

<b>C5</b> 1042	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>
	<b>E22</b> 180	<b>E22</b> 180	<b>E22</b> 142	<b>E22</b> 180	<b>E22</b> 180	<b>E22</b> 180

**Centre 6 :**

<b>C6</b> 2459	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>	<b>T10</b>
	<b>E7</b> 180	<b>E7</b> 180	<b>E7</b> 180	<b>E7</b> 180	<b>E7</b> 119	<b>E7</b> 180	<b>E7</b> 180	<b>E7</b> 180	<b>E7</b> 180	<b>E7</b> 180
	<b>T11</b>	<b>T12</b>	<b>T13</b>	<b>T14</b>						
	<b>E7</b> 180	<b>E7</b> 180	<b>E7</b> 180	<b>E7</b> 180						

**Centre 7 :**

<b>C7</b> 2040	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>	<b>T10</b>
	<b>E28</b> 180	<b>E28</b> 180	<b>E28</b> 180	<b>E28</b> 180	<b>E28</b> 180	<b>E28</b> 180	<b>E28</b> 180	<b>E28</b> 180	<b>E28</b> 180	<b>E28</b> 180
	<b>T11</b>	<b>T12</b>								
	<b>E28</b> 60	<b>E28</b> 180								

**Centre 8 :**

<b>C8</b> 2099	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>	<b>T10</b>
	<b>E17</b> 180	<b>E17</b> 180	<b>E17</b> 180	<b>E17</b> 119	<b>E17</b> 180	<b>E17</b> 180	<b>E17</b> 180	<b>E17</b> 180	<b>E17</b> 180	<b>E17</b> 180
	<b>T11</b>	<b>T12</b>								
	<b>E17</b> 180	<b>E17</b> 180								

**Centre 9 :**

<b>C9</b> 1026	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>
	<b>E14</b> 180	<b>E14</b> 180	<b>E14</b> 126	<b>E14</b> 180	<b>E14</b> 180	<b>E14</b> 180

**Centre 10 :**

<b>C10</b> 1981	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>	<b>T10</b>
	<b>E24</b> 180	<b>E24</b> 180	<b>E24</b> 180	<b>E24</b> 1	<b>E24</b> 180	<b>E24</b> 180	<b>E24</b> 180	<b>E24</b> 180	<b>E24</b> 180	<b>E24</b> 180
	<b>T11</b>	<b>T12</b>								
	<b>E24</b> 180	<b>E24</b> 180								

**Centre 11 :**

<b>C11</b> 1290	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>
	<b>E30</b> 180	<b>E30</b> 180	<b>E30</b> 30	<b>E30</b> 180	<b>E30</b> 180	<b>E30</b> 180	<b>E30</b> 180	<b>E30</b> 180

**Centre 12 :**

<b>C12</b> 1683	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>	<b>T10</b>
	<b>E29</b> 180	<b>E29</b> 180	<b>E29</b> 180	<b>E29</b> 180	<b>E29</b> 180	<b>E29</b> 63	<b>E29</b> 180	<b>E29</b> 180	<b>E29</b> 180	<b>E29</b> 180

**Centre 13 :**

<b>C13</b> 2123	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>	<b>T10</b>
	<b>E27</b> 180	<b>E27</b> 180	<b>E27</b> 180	<b>E27</b> 143	<b>E27</b> 180	<b>E27</b> 180	<b>E27</b> 180	<b>E27</b> 180	<b>E27</b> 180	<b>E27</b> 180
	<b>T11</b>	<b>T12</b>								
	<b>E27</b> 180	<b>E27</b> 180								

**Centre 14 :**

<b>C14</b> 1970	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>	<b>T10</b>
	<b>E21</b> 180	<b>E21</b> 180	<b>E21</b> 180	<b>E21</b> 180	<b>E21</b> 180	<b>E21</b> 180	<b>E21</b> 180	<b>E21</b> 180	<b>E21</b> 180	<b>E21</b> 170
	<b>T11</b>									
	<b>E21</b> 180									

**Centre 15 :**

<b>C13</b> 2705	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>	<b>T10</b>
	<b>E26</b> 180	<b>E26</b> 180	<b>E26</b> 180	<b>E26</b> 180	<b>E26</b> 180	<b>E26</b> 180	<b>E26</b> 180	<b>E26</b> 5	<b>E26</b> 180	<b>E26</b> 180
	<b>T11</b>	<b>T12</b>	<b>T13</b>	<b>T14</b>	<b>T15</b>	<b>T16</b>				
	<b>E26</b> 180	<b>E26</b> 180	<b>E26</b> 180	<b>E26</b> 180	<b>E26</b> 180	<b>E26</b> 180				

**Centre 16 :**

<b>C16</b> 316	<b>T1</b>	<b>T2</b>
	<b>E13</b> 136	<b>E13</b> 180

**Centre 17 :**

<b>C17</b> 4032	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>	<b>T10</b>
	<b>E4</b> 180	<b>E4</b> 180	<b>E4</b> 72	<b>E23</b> 180	<b>E23</b> 180	<b>E23</b> 180	<b>E23</b> 180	<b>E23</b> 180	<b>E23</b> 180	<b>E23</b> 180
	<b>E23</b> 180	<b>E23</b> 180	<b>E23</b> 180							
	<b>T11</b>	<b>T12</b>	<b>T13</b>	<b>T14</b>	<b>T15</b>	<b>T16</b>	<b>T17</b>	<b>T18</b>	<b>T19</b>	<b>T20</b>
	<b>E23</b> 180	<b>E23</b> 180	<b>E23</b> 180	<b>E23</b> 180	<b>E23</b> 180	<b>E23</b> 180	<b>E23</b> 180	<b>E23</b> 180	<b>E23</b> 180	<b>E23</b> 180

**Centre 18 :**

<b>C18</b> 352	<b>T1</b>	<b>T2</b>
	<b>E20</b> 172	<b>E20</b> 180

**Centre 19 :**

<b>C19</b> 634	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
	<b>E3</b> 180	<b>E3</b> 94	<b>E3</b> 180	<b>E3</b> 180

**Centre 20 :**

<b>C20</b> 850	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>
	<b>E25</b> 180	<b>E25</b> 180	<b>E25</b> 180	<b>E25</b> 180	<b>E25</b> 130

#### 4.12.4 Interprétation des résultats :

D'après les résultats tirés du diagramme de gants, on obtient alors les données suivantes :

- Nombre de centres : 20.
- Nombre d'équipes à choisir : 21
- Durée de la campagne : 20 jours.

Tableau 4- 11: Fonctionnement des équipes modèle 2.

Numéro des équipes	Nombre total des personnes vaccinées	Nombre des jours de travail
Equipe 2	992	6
Equipe 3	634	4
Equipe 4	432	3
Equipe 7	2459	14
Equipe 8	565	4
Equipe 14	1026	6
Equipe 13	316	2
Equipe 15	1063	6
Equipe 16	1647	10
Equipe 17	2099	12
Equipe 20	352	2
Equipe 21	1970	11
Equipe 22	1042	6
Equipe 23	3600	20
Equipe 24	1981	12
Equipe 25	850	5
Equipe 26	2705	16
Equipe 27	2123	12
Equipe 28	2040	12
Equipe 29	1683	10
Equipe 30	1290	8

Chapitre 04 : Analyse des données et modélisation, optimisation du routage des équipes durant une campagne de vaccination COVID-19

Ce modèle est considéré comme un scénario classique pour une campagne de vaccination, qui consiste à vacciner la population cible durant une période fixe et avec une charge de travail moyenne pour l'équipe de vaccination

Scénario :

Equipe : 4 vaccinateurs + un responsable d'accueils, Devisé en deux sous-groupes : de deux vaccinateurs.

Centre	Personnel médical (vaccinateur)	Personnel non médical (recueil)	Nombre de jours disponible	Nombre d'injection par jour	Nombre d'injection par vaccination	Plage horaires disponible par jour
Equipe	Sous-groupe 2	1	7	90	2	4h
	sous-groupe 2		7	90	2	4h

Prenant le centre 20 comme exemple :

Centre 20 :

<b>C20</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>
850	<b>E25</b> 180	<b>E25</b> 180	<b>E25</b> 180	<b>E25</b> 180	<b>E25</b> 130

E25 (S1) : Equipe 25 sous-groupe 1.

E25 (S2) : Equipe 25 sous-groupe 2.

Tableau 4- 12 : les activités du centre 20.

Heure	Jour 1	Jour 2	Jour 3	Jour 4	Jour 5
8 :30 - 9.30	E25 (S1)	E25 (S1)	E25 (S1)	E25 (S1)	E25 (S1)
9 :30 - 10 :30	E25 (S1)	E25 (S1)	E25 (S1)	E25 (S1)	E25 (S1)
10 :30 - 11 :30	E25 (S1)	E25 (S1)	E25 (S1)	E25 (S1)	E25 (S1)

11 :30 - 12 :30	E25 (S1)	E25 (S1)	E25 (S1)	E25 (S1)	E25 (S1)
13 :00 - 14 :00	E25 (S2)	E25 (S2)	E25 (S2)	E25 (S2)	E25 (S2)
14 :00 - 15 :00	E25 (S2)	E25 (S2)	E25 (S2)	E25 (S2)	E25 (S2)
15 :00 - 16 :00	E25 (S2)	E25 (S2)	E25 (S2)	E25 (S2)	E25 (S2)
16 :00 - 17 :00	E25 (S2)	E25 (S2)	E25 (S2)	E25 (S2)	E25 (S2)

#### 4.13 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons étudié les points essentiels pour la gestion d'une stratégie de vaccination sûre et efficace dans la lutte contre le virus Corona, qui se base sur la mise en place de campagnes de vaccination contre le COVID-19. Dans ce contexte, nous avons développé un programme sur MATLAB pour identifier les zones d'appartenance de chaque personne qui souhaite se faire vacciner, afin de la diriger vers le centre correspondant ou plus proche d'elle.

Dans une deuxième partie, nous avons présenté des orientations et des renseignements sur la planification et la mise en œuvre de campagnes de vaccination contre le COVID-19.

Dernièrement, afin d'optimiser les coûts des différentes opérations des centres de vaccination, deux modèles mathématiques ont été proposés puis implémentés dans les solveurs LINGO et CPLEX. Les résultats obtenus sont satisfaisants car ils peuvent être appliqués dans la pratique quotidienne dès le début d'une campagne de vaccination contre cette pandémie.

## Conclusion Générale

Durant toute la phase de préparation de notre projet de fin de cycle, nous avons essayé de concrétiser les connaissances acquises durant nos études universitaires et cela afin de réaliser dans un premier pôle une étude sur la pandémie COVID-19 et son mode de vaccination, dans un deuxième pôle une étude sur la localisation des centres de vaccination contre ce virus et finalement une études sur la planification de la campagne de vaccination suivie d'une étude d'optimisation des coûts de fonctionnements des centres de vaccination.

Pour ce faire :

1. Sur le premier axe, toutes les informations sur le COVID-19 et le vaccin ont été étudiées par notre recherche expérimentale. Cette étude a permis de comprendre la gravité de cette maladie et la position de l'Algérie face à cette maladie ainsi que de déterminer le meilleur vaccin pour réaliser notre étude.

2. Pour le deuxième axe, l'outil graphique SIG et la méthode MCDM ont été utilisés pour résoudre le problème des centres de vaccination d'une manière séquentielle.

3. Pour le dernier axe, des orientations et des renseignements fondamentaux ont été appliquées pour planifier et mettre en place les campagnes de vaccination COVID-19 dans la région de Hennaya. De plus, deux modèles d'optimisations ont été réalisées dans le but de déterminer le nombre d'équipes à affecter dans chaque centre de vaccination afin d'améliorer la qualité de la vaccination et d'optimiser les coûts de la campagne COVID 19.

Les résultats des modèles sont satisfaisants et montrent que le modèle 1 consiste à vacciner la population cible en dix jours ; il peut être considéré comme un programme de vaccination de masse car il permet de vacciner un très grand nombre de personnes au cours d'une journée de la campagne.

Les objectifs fixés dans ces trois axes ont été atteints. Grâce à eux, nous avons pu répondre au problème suivant : Comment administré et planifier les opérations de vaccination contre le COVID-19 dans une zone urbaine ?

Comme proposition, nous souhaitons proposer de faire des modèles d'optimisation comme suit :

-Modèle d'optimisation de temps de vaccination de la campagne COVID-19

-Modèle d'optimisation de temps de vaccination de la campagne COVID-19 avec le facteur d'apprentissage pour les vaccinateurs.

Comme perspective, nous souhaitons pour les prochains projets de fin d'étude d'élargir notre travail sur la planification et management des opérations de vaccination en :

- Planifiant le système logistique de la chaîne du froid des vaccins.

-Mettre en place un système permettant d'obtenir

-Planification de la gestion des déchets : les flacons vides, déchets...

# Bibliographie

- [1] Cennimo, D. J. (2021). *Maladie à coronavirus 2019 (COVID-19)*. Medscape.  
<https://emedicine.medscape.com/article/2500114-overview>. Consulté le 24 juin 2021.
- [2] FAO. 2020. *Maintenir une alimentation saine pendant la pandémie de COVID19*. Rome.  
<https://doi.org/10.4060/ca8380fr>
- [3] Arakelyan, Hayk. (2020). *COVID-19 and Sputnik V Vaccine*.  
[https://www.researchgate.net/publication/344336325\\_COVID-19\\_and\\_Sputnik\\_V\\_Vaccine](https://www.researchgate.net/publication/344336325_COVID-19_and_Sputnik_V_Vaccine)
- [4] Organisation mondiale de la santé. (2020,21 janvier). *Rapport de situation sur la maladie à coronavirus 2019 (2019-nCoV)-1*. <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports/>. Consulté le 4 mars 2021.
- [5] Kampf, G., Todt, D., Pfaender, S., & Steinmann, E. (2020). *Persistence des coronavirus sur les surfaces inanimées et leur inactivation avec des agents biocides*. The Journal of hospital infection, 104 (3), 246-251. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2020.01.022>.
- [6] Nahon, M. (2021, juin 24). *Principaux modes de transmission [Illustration]*. Urgences-Online. <https://urgences-serveur.fr/IMG/jpg/transmissioncovid.jpg?1589040469>
- [7] Abd El-Aziz, TM, & Stockand, JD (2020). *Progrès récents et défis dans le développement de médicaments contre le coronavirus COVID-19 (SARS-CoV-2) - une mise à jour sur le statut. Infection, génétique et évolution : journal d'épidémiologie moléculaire et de génétique évolutive des maladies infectieuses*, 83, 104327.<https://doi.org/10.1016/j.meegid.2020.104327>
- [8] Tanca, L. (2020, February 26). *Les symptômes du coronavirus [Illustration]*. BFMTV.  
<https://images.bfmtv.com/wXidIB5rWyp4SCmzQTco87uf0MM=/0x0:1901x1808/580x0/images/coronavirusjpg-316123.jpg>
- [9] Mayo Clinic. *Maladie à coronavirus 2019. (COVID-19)*.consulté à l'adresse <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/coronavirus/symptoms-causes/syc-20479963>. Consulté le 25 mars 2021.
- [10] Mayo Clinic. *Maladie à coronavirus 2019. (COVID-19)*.consulté à l'adresse <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/coronavirus/diagnosis-treatment/drc-20479976>. Consulté le 25 mars 2021.
- [11] Cascella M, Rajnik M, Aleem A, et al. *Caractéristiques, évaluation et traitement du coronavirus (COVID-19) [Mise à jour le 20 avril 2021]*. Dans: Stat Pearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 jan-. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554776/>



[12] extrait de la figure 1, Faulkner et al. Chapitre 10, *Manuel pour la surveillance des maladies évitables par la vaccination, Centers for Disease Control and Prévention (CDC) États-Unis*, 2015.

[13] DIRECTION GENERALE DES SERVICES DE SANTE ET DE LA REFORME HOSPITALIERE. (2020 06 Avril). *Note Additive N°06 /DGSSRH Relative au traitement spécifique des cas de COVID-19*. <https://www.cnpm.org.dz/images/note-ministere.pdf>. Consulté le 25 mars 2021

[14] Source: Adopté de l'université Johns Hopkins (JHU), *Center for Systems Science and Engineering (CSSE): Coronavirus COVID-19 Global Cases*, 22 mars 2021

[15] Worldometers (2021, 18 mars). Pandémie de coronavirus Covid-19. Consulté à l'adresse : <https://www.worldometers.info/coronavirus/#countries>. (2021, 18 mars).

[16] L'organisation mondiale de la santé. (2021, 16 March). Tableau de bord de l'OMS sur le coronavirus (COVID-19). Consulté à l'adresse : <https://covid19.who.int/table>. (2021, 18 mars).

[17] Hamidouche, M. (2020). Épidémie de COVID-19 en Algérie : un modèle mathématique pour prédire les cas cumulatifs. [Soumis]. *Journal des études contemporaines en épidémiologie et en santé publique*. Publié en ligne : 25 mars 2020. doi : <http://dx.doi.org/10.2471/BLT.20.256065>

[18] The Center for Systems Science and Engineering (CSSE) de l'Université Johns Hopkins (JHU). (2021, 02 février). *Tableau de bord COVID-19*. Consulté à l'adresse : <https://coronavirus.jhu.edu/map.html>. (2021, 02 février).

[19] Figure 1. Nombre cumulé de cas confirmés de COVID-19 en Algérie. *Reproduit à partir de « Dynamique de transmission du COVID-19 en Algérie : L'impact de la distanciation physique et des masques faciaux », Moussaoui, A., & Zerga, EH, (2020).AIMS santé publique, 7 (4), 816-827. <https://doi.org/10.3934/publichealth.2020063>*

[20] L'organisation mondiale de la santé. (2021, 16 March). Explorateur de COVID-19). Consulté à l'adresse : <https://worldhealthorg.shinyapps.io/covid/>. Consulté le 21 juin 2021.

[21] Lounis, M. (2020). *COVID-19 en Algérie : Chronologie et évaluation des actions préventives*. *Journal européen des technologies médicales et éducatives*, 13 (1), em2001. <https://doi.org/10.30935/ejmets/8012>.

[22] Le Ministère de la Santé, de la Population et de la Réforme hospitalière, avec la contribution du Ministère des Postes et Télécommunications. *Mesures prises par le gouvernement*. Consulté à l'adresse : <https://covid19.sante.gov.dz/mesures-prise-par-le-gouvernement/>. Consulté le 02 avril 2021.

[23] Klouche-Djedid, SN, Shah, J., Khodor, M., Kacimi, S., Islam, S., & Aiash, H. (2021). *La réponse de l'Algérie au COVID-19 : un voyage en cours*. La Lancette. Médecine respiratoire, 9 (5), 449. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(21\)00083-7](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(21)00083-7)

[24] le Système des Nations Unies en Algérie En collaboration avec le Bureau Maghreb de la Commission Economique pour l'Afrique [Illustration]. (2020, 02 novembre). *Analyse rapide de l'impact socio-économique du COVID19 sur l'Algérie -2019 et proposition pour une relance durable et résiliente*.

<https://www.arabstates.undp.org/content/rbas/en/home/library/crisis-response0/an-assessment-on-the-socio-economic-impact-of-covid-19-in-algeri.html>

[25] Frost, L. (2020, 24 novembre). *Le secteur aérien va perdre 157 milliards de dollars en 2020-2021, selon l'Iata*. Reuters. Disponible sur : <https://www.reuters.com/article/aerien-iata-idFRKBN2841OL> (Consulté le : 15 avril 2021).

[26] Muller, J. (2020, 17 mars). *L'industrie hôtelière cherche un soulagement de 150 milliards de dollars contre les coronavirus*. Axios. Disponible sur : <https://www.axios.com/hotel-industry-150-billion-coronavirus-relief-34910e41-2402-4260-b4b9-8f5b738db664.html> (Consulté le : 15 avril 2021).

[27] Lange, D. (26 nov.2020). *COVID-19 : perte de revenus de l'industrie du sport 2020*. Statista. Disponible sur : <https://www.statista.com/statistics/1114808/coronavirus-sports-revenue-loss/> (Consulté le : 16 avril 2021).

[28] Ozili, Peterson K et Arun, Thankom. (2020, 27 mars). *Spillover of COVID-19: Impact on the Global Economy*. Disponible sur SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3562570> ou <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3562570>.

[29] Ayati, N., Saiyarsarai, P. & Nikfar, S. *Impacts à court et long terme de COVID-19 sur le secteur pharmaceutique*. DARU J Pharm Sci 28, 799-805 (2020). <https://doi.org/10.1007/s40199-020-00358-5>

[30] Unesco. (2020, Avril). *L'impact du COVID-19 sur l'éducation -Surveillance mondiale des fermetures d'écoles causée par COVID-19*. Consulté à l'adresse : <https://en.unesco.org/covid19/educationresponse>. Consulté le 28 avril 2021.

[31] <https://encoura.org/products-services/eduventures-research-and-advisory-services/>

[32] Sharma, O., Sultan, AA, Ding, H., & Triggler, CR (2020). *Un examen des progrès et des défis du développement d'un vaccin contre le COVID-19*. Frontières en immunologie, 11, 585354. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.585354>

[33] Organisation mondiale de la santé. (s. d.). *Vaccins contre la COVID-19*. Consulté à l'adresse <https://www.who.int/fr/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/covid-19-vaccines>. Consulté le 03 février 2021.

[34] Relief Web. (s. d.). Tout ce que vous devez savoir sur le vaccin contre la COVID-19 – World. Consulté à l'adresse <https://reliefweb.int/report/world/tout-ce-que-vous-devez-savoir-sur-le-vaccin-contre-la-covid-19>. Consulté le 05 février 2021.

[35] Vaccin contre la Covid-19.dans Wikipedia. Date de mise à jour (2021,20 juin).Consulté à l'adresse [https://fr.wikipedia.org/wiki/Vaccin\\_contre\\_la\\_Covid-19](https://fr.wikipedia.org/wiki/Vaccin_contre_la_Covid-19). Consulté le 23 février 2021.

[36] Pfizer. (S. d.). News | pfpfizeruscom. Consulté à l'adresse <https://www.pfizer.com/news>. Consulté le 10 février 2021.

[37] Cancemi, G. (10 décembre 2020). Vaccin Pfizer : efficacité, effets secondaires . . . les données de la FDA sont très encouragées [Illustration]. Allodocteurs. <https://www.allodocteurs.fr/media/larger/20201209-vaccin-pfizer-covid-fda.jpg>.

[38] Food and Drug Administration. EUA 27034.167\_FS for Recipients and Caregivers\_Final [En ligne]. Pfizer-BioNTech COVID-19 Vaccine EUA Fact Sheet for Recipients and Caregivers. (2021 ,05 mai). Consulté le 05 février 2021.Disponible: <https://www.fda.gov/media/144414/download>

[39] Vaccin Pfizer. (s. d.). Vaccin Pfizer : composition, délai 2ème dose, effets indésirables. Consulté à l'adresse <https://sante.journaldesfemmes.fr/fiches-maladies/2687339-vaccin-pfizer-biontech-cominarty-covid-2-eme-dose-delai-efficacite-effet-secondaire-composition-rappel/>. Consulté le 12 février 2021.

[40] CDC. (2021, 07 juin). Administration Overview for Pfizer-BioNTech COVID-19 Vaccine | CDC. Consulté à l'adresse <https://www.cdc.gov/vaccines/covid-19/info-by-product/pfizer/index.html>.consulté le 12 juin 2021.

[41] Healthline.( 2021,25 mai). Moderna Vaccine Efficacy: Research, Real World, and More.consulté à l'adresse <https://www.healthline.com/health/vaccinations/moderna-vaccine-efficacy>. Consulté le 01 juin 2021.

[42] CDC/NCIRD. storage-summary [En ligne]. Moderna COVID-19 Vaccine: Storage and Handling Summary. (2021,27 avril). Consulté le 05 mai 2021.Disponible: <https://www.cdc.gov/vaccines/covid-19/info-by-product/moderna/downloads/storage-summary.pdf>

[43] LEFIGARO. (s. d.). Prix, conservation, efficacité... L'article pour tout connaître des différents vaccins. Consulté à l'adresse <https://www.lefigaro.fr/sciences/prix-conservation-efficacite-l-article-pour-tout-connaître-des-différents-vaccins-20210121>.Consulté le 15 février 2021.

[44] Coronavirus. (s. d.). Coronavirus: 7,5 millions de doses du vaccin Moderna arriveront en Suisse. Les 6 questions qu'on se pose. Consulté à l'adresse

<https://www.lenouvelliste.ch/dossiers/coronavirus/articles/coronavirus-75-millions-de-doses-du-vaccin-moderna-arriveront-en-suisse-les-6-questions-qu-on-se-pose-1029926>. Consulté le 18 février 2021.

[45] IN.gov.(s. d.). What are the components of the Moderna vaccine (shot) ?. Consulté à l'adresse <https://faqs.in.gov/hc/en-us/articles/360054190912-What-are-the-components-of-the-Moderna-vaccine-shot->. Consulté le 20 février 2021.

[46] Centers for Disease Control and Prevention.( 2021,11 juin). Information about the Moderna COVID-19 Vaccine. Consulté à l'adresse <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/vaccines/different-vaccines/Moderna.html>. Consulté le 15 juin 2021.

[47] CDC. (2021, 07 juin)Administration Overview for Moderna COVID-19 Vaccine | CDC. Consulté à l'adresse <https://www.cdc.gov/vaccines/covid-19/info-by-product/moderna/index.html>. Consulté le 10 juin 2021.

[48] pourquoidocteur (s. d.). Covid-19: comment fonctionne le vaccin russe Sputnik V?. Consulté à l'adresse <https://www.pourquoidocteur.fr/Articles/Question-d-actu/34426-Covid-19-fonctionne-vaccin-russe-Sputnik-V>. Consulté le 02 mars 2021.

[49] Sputnik V COVID-19 vaccines. .dans Wikipedia. Date de mise à jour (2021,23 juin).Consulté à l'adresse [https://en.wikipedia.org/wiki/Sputnik\\_V\\_COVID-19\\_vaccine#Composition](https://en.wikipedia.org/wiki/Sputnik_V_COVID-19_vaccine#Composition).Consulté le 09 mars 2021.

[50] Gregoire, Florian (s. d.). Vaccin Sputnik V : une homologation retardée ? Le bras de fer Russie-UE continue. Consulté à l'adresse <https://www.linternaute.com/actualite/guide-vie-quotidienne/2535028-vaccin-sputnik-v-une-homologation-retardee-le-bras-de-fer-russie-ue-continue/>. Consulté le 25 février 2021.

[51] Aziadee Lilia. 5-Module-5-2-droulement-de-la-sance-de-vaccination [En ligne]. REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE MINISTERE DE LA SANTE, DE LA POPULATION ET DE LA REFORME HOSPITALIERE DIRECTION ENERALE DE LA PREVENTION ET DE LA PROMOTION DE LA SANTE. (2021,22 janvier).Consulté le 13 avril 2021.Disponible:<http://sante.gov.dz/images/Prevention/cornavirus/formationsvaccinovid19/5-Module-5-2-droulement-de-la-sance-de-vaccination.pdf>

[52] Aziadee Lilia. 6--Module-6-chaine-du-froid--3 [En ligne]. REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE, MINISTERE DE LA SANTE, DE LA POPULATION ET DE LA REFORME HOSPITALIERE DIRECTION ENERALE DE LA PREVENTION ET DE LA PROMOTION DE LA SANTE. (2021,23 janvier). Consulté le 15 avril 2021.Disponible:  
<http://sante.gov.dz/images/Prevention/cornavirus/formationsvaccinovid19/6--Module-6-chaine-du-froid--3.pdf>

- [53] Moderna TX Inc. French Canadian EUA-Moderna COVID-19 Vaccine Recipient Fact Sheet-Full Prescribing Information12-18-2020 [En ligne]. FICHE D'INFORMATION POUR LES BÉNÉFICIAIRES ET LES AIDANTS. (2020 ,20 décembre). Consulté le 27 avril 2021. Disponible: <https://www.fda.gov/media/144711/download>
- [54] Benali, Arezki .(2021,11 mars). Covid-19 : L'Algérie réceptionnera ce vendredi un lot du vaccin Sputnik-V. Consulté à l'adresse <https://www.algerie-eco.com/2021/03/11/covid-19-lalgerie-receptionnera-ce-vendredi-un-lot-du-vaccin-sputnik-v/>. Consulté le 25 mars 2021
- [55] Meddi, Adlène.( 2021,31 janvier). Covid-19 : avec le Spoutnik V, l'Algérie ouvre sa séquence vaccination. Consulté à l'adresse [https://www.lepoint.fr/afrique/algerie-le-sputnik-v-ouvre-la-sequence-vaccination-contre-le-covid-19--31-01-2021-2412002\\_3826.php](https://www.lepoint.fr/afrique/algerie-le-sputnik-v-ouvre-la-sequence-vaccination-contre-le-covid-19--31-01-2021-2412002_3826.php). Consulté le 05 avril 2021.
- [56] Ozemoy V M., Smith DR., Sicherman A. (1981). *Évaluation des systèmes d'information géographique informatisés à l'aide de l'analyse de décision*. Interfaces 11: 92-8.
- [57] Burrough, P.A. 1987. *Principes des systèmes d'information géographique pour l'évaluation des ressources foncières*. Oxford: Claredon Press.
- [58] Cowen, D.J. (1988). *GIS versus CAD versus DBMS.What are the differences?* In: (Vol. 54).
- [59] Rhind D W. (1990) .*Global databases and GIS*. In: Foster MJ, Shand PJ (eds.) the Association for Geographic Information Yearbook 1990. Taylor & Francis and Miles Arnold, London, pp. 218-23
- [60] Andreas Neumann, « *QGIS et l'Infrastructure de Données Spatiales de la villed'Uster* », Uster, Suisse, 2011
- [61] Actualités du DoIT. (2 novembre 2019). [Formulaires Microsoft]. *UNIVERSITÉ Du WISCONSIN –MADISON -Technologie De L'information UW–Madison*. <https://it.wisc.edu/wp-content/uploads/Microsoft-Forms-900x400.jpg>
- [62] Abou Al-Qassem, R. (modifiée : 2020, 01 décembre) .*Fonctionnalités de Microsoft Forms. Almrsal*. Disponible sur : <https://www.almrsal.com/post/970365> (Consulté le : 25 avril 2021).
- [63] Liu, K. (2017, 27 Septembre) .*Qu'est-ce que Microsoft Forms*. Communauté technique Microsoft. Disponible sur : <https://techcommunity.microsoft.com/t5/microsoft-forms-blog/what-is-microsoft-forms/ba-p/111019> (Consulté le : 25 avril 2021).
- [64] Google Maps. (2021). *Hennaya. Image plan*. Extrait de <https://goo.gl/maps/tQGyBTcKRSUmKG2h7>. Consulté le 18 avril 2021.

- [65] Yılmaz, B, Tozan, H, Karadayı, M. (2020). *Applications de la prise de décision multicritères (MCDM) dans le domaine des soins de santé militaires*. Journal of Health Systems and Policies, 2 (2), 149-181. Disponible à l'adresse: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jhesp/issue/54975/737930>
- [66] Montazer, G. A., Saremi, H. Q., Ramezani, M. (2009). *Conception d'un nouveau système expert mixte d'aide à la décision utilisant la méthode fuzzy ELECTRE III pour la sélection des fournisseurs*. Expert Systems with Applications, 36,10837-10847
- [67] Zlaugotne,B.,Zihare,L.,Balode,L.,Kalnbalkite,A.,Khabdullin,A. & Blumberga,D.(2020).*Multi-Criteria Decision Analysis Methods Comparison. Environmental and Climate Technologies*, 24(1) 454-471. <https://doi.org/10.2478/rtuect-2020-0028>
- [68] Mahmoudi, Amin & Javed, Saad. (2019). *Méthodes grises de prise de décision à critères multiples : Une revue de la littérature*. 2. 1-13. Disponible à l'adresse: [https://www.researchgate.net/publication/332858239\\_Grey\\_Multiple\\_Criteria\\_Decision\\_Making\\_Methods\\_A\\_Literature\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/332858239_Grey_Multiple_Criteria_Decision_Making_Methods_A_Literature_Review)
- [69] Lin, Y., Chen, M. et Liu, S. (2004), « *Théorie des systèmes gris : capturer les incertitudes informations* », Kybernetes, Vol. 33 n° 2, p. 196-218
- [70] Bali, O., Kose, E. and Gumus, S. (2013), *Sélection de fournisseurs verts basée sur l'IFS et le GRA*, *Systèmes gris : théorie et application*, Vol. 3 No. 2, pp. 158-176. <https://doi.org/10.1108/GS-04-2013-0007>. Disponible à l'adresse: [https://www.researchgate.net/publication/263195129\\_Green\\_supplier\\_selection\\_based\\_on\\_IFS\\_and\\_GRA](https://www.researchgate.net/publication/263195129_Green_supplier_selection_based_on_IFS_and_GRA)
- [71] Zhang, SF et Liu, SY (2011), « *Une décision de groupe multicritères floue intuitionniste basée sur GRA méthode de sélection du personnel* », *Systèmes experts avec applications*, Vol. 38 n° 9, p. 11401-11405.
- [72] Chen, WH (2005), « *Restauration du système de distribution à l'aide de la méthode hybride floue-gris* », *IEEE Transactions sur les réseaux électriques*, vol. 20, p. 199-205
- [73] Jiang, BC, Tasi, SL et Wang, CC (2002), « *Théorie relationnelle grise basée sur la vision machine appliqué à l'inspection du marquage IC* », *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, Vol. 15, pages 531-539.
- [74] Wu, HH (2002), « *Une étude comparative de l'utilisation de l'analyse relationnelle grise dans l'attribut multiple problèmes de prise de décision* », *Quality Engineering*, Vol. 15, pages 209-217.
- [75] Golmohammadi, D. et Mellat-Parast, M. (2012), « *Développer une prise de décision basée sur le gris modèle de sélection des fournisseurs* », *International Journal of Production Economics*, Vol. 137 n° 2, p. 191-200

- [76] Yuan X. (2007). *Évaluation par relation grise de la situation financière des sociétés cotées Compagnie*. Journal of Moderne Comptabilité et audit 3(2) : 41 – 44
- [77] [En ligne]. Disponible sur: <https://www.mathworks.com/>
- [78] Houcque, David. *Introduction à MATLAB pour les étudiants en ingénierie*. Version 1.2. Université de Northwestern, 2005. URL: <https://www.mccormick.northwestern.edu/documents/students/undergraduate/introduction-to-matlab.pdf>.
- [79] Lebens, A., Hardy, S. (2021, 04 mars). *Planification des cliniques de vaccination contre la COVID-19* [Webinaire]. Centre de collaboration nationale des maladies infectieuses (CCNMI) en collaboration avec l'Agence de la santé publique du Canada (ASPC). <https://ccnmi.ca/webcast/webinaire-de-laspc-planification-des-cliniques-de-vaccination-contre-la-covid-19/?hilite=%27planification%27>
- [80] Khaled, B. (2021, janvier 21). *Tlemcen - Vaccination contre la Covid-19 : des préparatifs et des interrogations*. Le Quotidien d'Oran. Publier. <http://www.lequotidien-oran.com/index.php?news=5297857>
- [81] LA PRESSE CANADIENNE, & KATSAROV, CHRISTOPHER (2021, 2 mai). *Vacciner les membres de la communauté à la mosquée en tenant compte de la culture* [Photographie]. radio-canada. <https://Ici.Radio-Canada.ca/Nouvelle/1789623/Covid-Vaccination-Musulman-Communaute-Peel>. URL photo : [https://images.radio-canada.ca/q\\_auto,w\\_960/v1/ici-info/16x9/vaccination-covid-mosquee-mississauga-nexus.jpg](https://images.radio-canada.ca/q_auto,w_960/v1/ici-info/16x9/vaccination-covid-mosquee-mississauga-nexus.jpg)
- [82] BFMTV. (2021, janvier 20). *Un centre de vaccination à Wembley* [Photographie]. BFMTV. [https://www.bfmtv.com/sante/direct-covid-19-nouveau-conseil-de-defense-ce-mercredi-le-couvre-feu-a-18h-doit-payer-vite-pour-eviter-un-reconfinement-selon-arnaud-fontanet\\_LN-202101200023.html](https://www.bfmtv.com/sante/direct-covid-19-nouveau-conseil-de-defense-ce-mercredi-le-couvre-feu-a-18h-doit-payer-vite-pour-eviter-un-reconfinement-selon-arnaud-fontanet_LN-202101200023.html)
- [83] Organisation mondiale de la Santé. *Déclaration de politique générale de l'OMS : politique relative aux flacons multidoses*. Manipulation des flacons de vaccins multidoses entamés. WHO/IVB/14.07. 2014.
- [84] Tableau 3.5 Module 8. *Gestion des vaccins. Brazzaville : Organisation mondiale de la Santé, Bureau régional de l'Afrique*, 2018. Licence : CC BY-NC-SA 3.0 IGO. ISBN 978-929031281-9
- [85] LINDO Systems Inc. (2020). *LINGO the modeling language and optimizer*. <https://www.lindo.com/downloads/PDF/LINGO.pdf>
- [86] (s. d.). Overview of mathematical programming — IBM® Decision Optimization CPLEX® Modeling for Python (DOcplex) V2.20 documentation. Consulté à l'adresse <http://ibmdecisionoptimization.github.io/docplex-doc/mp.html>. Consulté le 24 juin 2021.

[87] (2021,05 mars). IBM Docs. Consulté à l'adresse <https://www.ibm.com/docs/en/icos/12.9.0?topic=cplex-types-problems-solved>. Consulté le 24 juin 2021.

[88] Versatil.(s. d.). IBM ILOG CPLEX Optimization Studio. Consulté à l'adresse <https://versatil.ca/fr/nos-produits/ibm-ilog-cplex-optimization-studio/>. Consulté le 24 juin 2021.

[89] 2021,03 mars). IBM Docs. Consulté à l'adresse <https://www.ibm.com/docs/fr/icos/12.10.0?topic=studio-brief-overview-cplex-optimization>. Consulté le 24 juin 2021.