

UNIVERSITÉ TOULOUSE III PAUL SABATIER

**FACULTÉ DE SANTÉ
DÉPARTEMENT DES SCIENCES
PHARMACEUTIQUES**

ANNÉE : 2024

THESE 2024/TOU3/2019

THÈSE

POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE

Présentée et soutenue publiquement
par

Léa ZERDOUD

**LES MÉTHODOLOGIES DE PRODUCTION INDUSTRIELLE POUR OPTIMISER LA
VACCINATION DE MASSE : APPLICATION DU LEAN AU CENTRE DE
VACCINATION DE MASSE DE TOULOUSE**

Le 12 avril 2024

Directeur de thèse : Dr Benoit VIAULT

JURY

Président
1er assesseur
2ème assesseur
3ème assesseur

Madame le Docteur Cécile ARELLANO
Monsieur le Professeur Vincent BOUNES
Monsieur le Docteur Benoit VIAULT
Madame le Docteur Pauline DEJEAN

PERSONNEL ENSEIGNANT
du Département des Sciences Pharmaceutiques
de la Faculté de santé
au 08 mars 2023

Professeurs Emérites

Mme BARRE A.	Biologie Cellulaire
M. BENOIST H.	Immunologie
Mme NEPVEU F.	Chimie analytique
Mme ROQUES C.	Bactériologie - Virologie
M. ROUGE P.	Biologie Cellulaire
M. SALLES B.	Toxicologie

Professeurs des Universités

Hospitalo-Universitaires

Mme AYYOUB M.	Immunologie
M. CESTAC P.	Pharmacie Clinique
M. CHATELUT E.	Pharmacologie
Mme DE MAS MANSAT V.	Hématologie
M. FAVRE G.	Biochimie
Mme GANDIA P.	Pharmacologie
M. PARINI A.	Physiologie
M. PASQUIER C.	Bactériologie - Virologie
Mme ROUSSIN A.	Pharmacologie
Mme SALLERIN B. (Directrice-adjointe)	Pharmacie Clinique
M. VALENTIN A.	Parasitologie

Universitaires

Mme BERNARDES-GENISSON V.	Chimie thérapeutique
Mme BOUTET E.	Toxicologie - Sémiologie
Mme COSTE A.	Parasitologie
Mme COUDERC B.	Biochimie
M. CUSSAC D. (Doyen-directeur)	Physiologie
Mme DERAËVE C.	Chimie Thérapeutique
M. FABRE N.	Pharmacognosie
Mme GIROD-FULLANA S.	Pharmacie Galénique
M. GUIARD B.	Pharmacologie
M. LETISSE F.	Chimie pharmaceutique
Mme MULLER-STAUTMONT C.	Toxicologie - Sémiologie
Mme REYBIER-VUATTOUX K.	Chimie analytique
M. SEGUI B.	Biologie Cellulaire
Mme SIXOU S.	Biochimie
M. SOUCHARD J-P.	Chimie analytique
Mme TABOULET F.	Droit Pharmaceutique
Mme WHITE-KONING M.	Mathématiques

Maîtres de Conférences des Universités

Hospitalo-Universitaires

M. DELCOURT N.	Biochimie
Mme JUILLARD-CONDAT B.	Droit Pharmaceutique
Mme KELLER L.	Biochimie
M. PUISSET F.	Pharmacie Clinique
Mme ROUCH L.	Pharmacie Clinique
Mme ROUZAUD-LABORDE C	Pharmacie Clinique
Mme SALABERT A.S.	Biophysique
Mme SERONIE-VIVIEN S (*)	Biochimie
Mme THOMAS F. (*)	Pharmacologie

Universitaires

Mme ARELLANO C. (*)	Chimie Thérapeutique
Mme AUTHIER H.	Parasitologie
M. BERGE M. (*)	Bactériologie - Virologie
Mme BON C. (*)	Biophysique
M. BOUJAJILA J. (*)	Chimie Analytique
M. BROUILLET F.	Pharmacie Galénique
Mme CABOU C.	Physiologie
Mme CAZALBOU S. (*)	Pharmacie Galénique
Mme CHAPUY-REGAUD S. (*)	Bactériologie - Virologie
Mme COLACIOS C. (*)	Immunologie
Mme ECHINARD-DOUIN V. (*)	Physiologie
Mme EL GARAH F.	Chimie Pharmaceutique
Mme EL HAGE S.	Chimie Pharmaceutique
Mme FALLONE F.	Toxicologie
Mme FERNANDEZ-VIDAL A.	Toxicologie
Mme GADEA A.	Pharmacognosie
Mme HALOVA-LAJOIE B.	Chimie Pharmaceutique
Mme JOUANJUS E.	Pharmacologie
Mme LAJOIE-MAZENC I.	Biochimie
Mme LEFEVRE L.	Physiologie
Mme LE LAMER A-C. (*)	Pharmacognosie
M. LE NAOUR A.	Toxicologie
M. LEMARIE A.	Biochimie
M. MARTI G.	Pharmacognosie
Mme MONFERRAN S	Biochimie
M. PILLLOUX L.	Microbiologie
M. SAINTE-MARIE Y.	Physiologie
M. STIGLIANI J-L.	Chimie Pharmaceutique
M. SUDOR J. (*)	Chimie Analytique
Mme TERRISSE A-D.	Hématologie
Mme TOURRETTE-DIALLO A. (*)	Pharmacie Galénique
Mme VANSTEELANDT M.	Pharmacognosie

(*) Titulaire de l'habilitation à diriger des recherches (HDR)

Enseignants non titulaires

Assistants Hospitalo-Universitaires

M. AL SAATI A	Biochimie
Mme BAKLOUTI S.	Pharmacologie
Mme CLARAZ P.	Pharmacie Clinique
Mme CHAGNEAU C.	Microbiologie
Mme DINTILHAC A.	Droit Pharmaceutique
M. LE LOUEDEC F.	Pharmacologie
Mme RIGOLOT L.	Biologie Cellulaire, Immunologie
Mme STRUMIA M.	Pharmacie Clinique

Attaché Temporaire d'Enseignement et de Recherche (ATER)

Mme HAMZA Eya	Biochimie
Mme MALLI Sophia	Pharmacie Galénique
M. TABTI Redouane	Chimie Thérapeutique

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier le Dr Benoit Viault de m'accompagner dans l'écriture de cette thèse depuis dix ans déjà et de ne pas voir abandonné. Merci pour ton calme à tout épreuve, ta patience et ta bienveillance. Merci d'avoir été présent de jour, de nuit et aujourd'hui dans ce jury. Je suis ravie de continuer l'aventure avec toi.

Vincent, merci d'être un leader si spectaculaire. L'histoire n'a pas commencé aujourd'hui et c'est grâce à toi que je suis là. C'est un honneur de te présenter ce travail.

Pauline, notre expérience professionnelle commune restera une de mes préférées. J'ai appris énormément en t'observant évoluer à UPSA. Merci d'avoir transformé mon expérience agenaise en souvenir exceptionnel. Merci d'avoir accepté d'être dans ce jury.

Enfin, je tiens particulièrement à remercier le Dr Cécile Arellano. Tout au long de ces longues années d'étude, je pense vous avoir écrit « retard » un nombre bien trop important de fois. Merci infiniment d'avoir cru en moi et d'avoir accepté de présider ce jury.

À ma famille,

Maman, j'ai déjà 28 ans. Merci d'être si tendre.

Papa, merci d'être un vieux sage.

A vous deux, merci pour cette famille hors du commun. On y est, vous pouvez souffler.

Mamie, que les moments que l'on partage ne s'arrêtent jamais.

Taties, tontons, Lucas, Clara, merci à vous tous pour la famille que vous avez su construire. On ne peut pas rêver plus drôle et bienveillante tablée.

A ma famille en Kabylie, tonton si tu lis cette thèse parce que tu adores tout savoir, merci de si bien t'occuper de nous. Merci, tatie et toi, de nous faire sentir chez nous même de l'autre côté de la mer. Cylia, Latifa, Nesrine, merci pour les moments précieux que l'on partage ; trop peu souvent. Mamie, j'aurais aimé t'avoir avec moi, les filles je vous laisse traduire.

A mes frères et sœurs, je vous aime,

Louis, je suis si fière de toi. Merci de ne jamais te contenter du minimum. Merci d'être un jour royaliste et l'autre révolutionnaire, tu es une source intarissable d'inspiration.

Ines, merci d'avoir su que j'y arriverais. Merci pour tout ce que tu m'as appris, ton regard me pousse à m'améliorer. En japonais, tu serais mon Kaisen. Tu es donc obligée de lire la suite.

Iris, merci, merci, merci. Je ne serai jamais allée au bout cette thèse sans toi, et de pas grand-chose d'ailleurs. Merci d'être notre exemple depuis très longtemps.

Agathe, Julian, merci de tenir le coup dans cette famille. Merci d'être présents pour nous reconforter, pour nous encourager et pour nous apaiser. Julian, merci pour ton soutien tout au long de l'écriture de cette thèse.

À mes collègues devenus amis,

Laura, Soso, merci pour tous ces moments incroyables à la pharmacie. J'ai appris ce que voulait dire avoir du style et des super copines.

Najib, Thomas, Pauline, merci. Sans vous, l'assurance qualité ne m'aurait pas fait rire du tout. Vous avez été une bouffée d'air frais. Najib, merci de rendre toujours l'humour des autres si drôle. Merci de m'avoir aidé dans la rédaction de cette thèse, tu as toujours de très bons conseils. Thomas, merci de me faire déculpabiliser quand je procrastine. Tu es un super copain.

Aux supers copains du Vaccinodrome, Adel, Clarisse, Guy, Gabin, Inès, et tous les autres, merci pour votre aide. On a vécu une bien belle aventure. Si vous lisez cette thèse, vous comprendrez que la prochaine fois, ce sera moins la rigolade. Stephen, merci pour nos échanges, je sais que je peux toujours compter sur ta pertinence, ta franchise et ton amitié.

Eric, Jean-Michel, Helene, David, Aslam, Jean, Patrick, Elo, Gaëlle, Jean-Marc, Cyril, ma team. Merci, de m'avoir accueillie, encouragée, soutenue. J'apprends chaque jour quelque chose avec vous.

Vanessa, ma thèse repose sur ton travail, notre travail. Merci pour tout. J'ai hâte de nouveaux projets ensemble, travailler avec toi est un plaisir non dissimulé.

Aux vieux copains adorés,

Thibault, Vincent, Titouan, Ayrton, Emma, Flora, Caro, Julien, Adam, merci pour ces chouettes années, on peut dire sans hésiter que l'on a été heureux. En bande organisée, on a des souvenirs pour toute une vie.

Barthélémy, merci d'être le cœur qui me soutient et sans qui je n'irais pas plus loin.

Manon, merci pour ta gentillesse à toute épreuve. Tu es un vrai repère.

Anne, merci pour la vadrouille, les supers week-ends, et maintenant les repas de grands. C'est génial de vieillir ensemble.

Flo, merci de m'être là pour moi, toujours au bon moment. Tu es devenu un super mec.

Elsa, je te dois cette thèse. C'est comme si tu l'avais écrite. Reste à te convaincre.

Camille, merci pour la thèse, merci d'assurer mes arrières, merci pour absolument tout. Je t'aime.

Je souhaite pour terminer, remercier Mr Sylvain Bru, expert du Lean, à qui je dois les principales idées développées dans cette thèse. Vos cours ont été très formateurs et je vous remercie d'avoir pris le temps d'échanger avec moi. Vous m'avez été d'une aide précieuse, merci.

Table des matières

LISTE DES FIGURES	9
LISTE DES ANNEXES	9
INTRODUCTION	10
I. Le Lean, un processus industriel pour la vaccination de masse.....	13
A. Histoire et évolution des méthodes de production industrielle.....	13
1. La première révolution industrielle	13
2. Taylor et l'optimisation des tâches individuelles.....	13
3. Ford et la production de masse.....	14
4. Le modèle Toyota	15
B. TPS et Lean management.....	16
1. Les origines du Lean.....	16
2. Le système de production Toyota	17
3. Du TPS au Lean.....	20
4. Lean Healthcare.....	22
5. Lean et système qualité : Le Total Quality Management	23
C. Focus sur le management Lean	24
D. Les outils du Lean	25
1. La chasse aux gaspillages	25
2. Le 5S.....	27
3. Le « <i>Gemba Walk</i> »	28
4. Le « <i>Kanban</i> ».....	28
5. Le « <i>Jidoka</i> ».....	28
6. Le « <i>Kaisen</i> »	28
7. Autres outils issus du Total Quality Management	29
E. Quel système pour la vaccination de masse	30

CONCLUSION : LE LEAN, UNE APPROCHE INDUSTRIELLE MODERNE.....	31
II. EPIDEMIE ET VACCINATION	32
A. Introduction à la vaccination	32
1. Définitions	32
2. Histoire de la vaccination	32
3. Epidémies et risque infectieux.....	32
B. Les référentiels du risque infectieux et de la vaccination de masse	33
1. Le volet ORSAN-REB	33
2. Le plan variole :.....	34
3. Les guides de bonnes pratiques	35
C. Risques infectieux émergents	35
D. Poids socio-économique des épidémies	36
E. Hésitation et réticences à la vaccination.....	37
F. Covid-19 et vaccination de masse dans l'urgence	38
1. Une situation pandémique inédite	38
2. La campagne de vaccination.....	40
CONCLUSION : RISQUE INFECTIEUX ET VACCINATION AVANT ET APRES LA « CRISE COVID »	41
III. LE CENTRE DE VACCINATION DE TOULOUSE, PROPOSITION D'OPTIMISATION LEAN	42
A. Le « Vaccinodrome » de Toulouse.....	42
1. Parties prenantes	42
2. Organisation spatio-temporelle	42
3. Parcours dans le centre	45
4. Planification des rendez vous.....	45

5.	Opérations hors du centre.....	47
6.	Gestion des Ressources Humaines (RH).....	48
7.	Logistique et Approvisionnement	50
8.	Résultats	51
B.	Les outils Lean pour l'analyse du cas.....	51
1.	La chasse aux Mudras	52
2.	Mura et Muri : à la recherche d'une régularité et du bon dimensionnement	65
3.	L'amélioration continue	68
4.	La qualité pour l'adhésion à la vaccination.....	68
C.	Dessiner un « Vaccinodrome » Lean : l'équipe de vaccination	70
D.	Exemple de modèle.....	73
E.	Limites de l'étude :.....	75
CONCLUSION : UNE APPROCHE LEAN D'UN CENTRE DE VACCINATION DE MASSE.....		76
CONCLUSION GENERALE		78
BIBLIOGRAPHIE.....		80
ANNEXES		87

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : La maison TPS selon J. Liker source : (25)	17
Figure 2- Les piliers du "Lean Thinking" par Womack,et Jones. Source : (33).....	21
Figure 3- les principes du "Toyota Way 2001». Source : (33)	21
Figure 4 : Exemple de cartographie de valeur d'une chaine simple de montage. Source : (9)	25
Figure 5- Les 3 M Mudras, Muri et Mura, source : https://www.linkedin.com/pulse/what-muda-mura-muri-everything-about-lean-six-sigma	26
Figure 6- Le flux des Kanbans. Source : (26).....	28
Figure 7- Roue de Deming ou PDCA source : Leblogdudirigeant.com.....	29
Figure 8- RO de maladies infectieuses connues. Source : https://www.visualcapitalist.com/history-of-pandemics-deadliest/#google_vignette .	33
Figure 9- Schéma de la conception géographique du Centre de vaccination de masse de Toulouse. Source : (12)	44
Figure 10- Nombre de doses quotidiennes et d'agents au centre de vaccination de masse de Toulouse. source : (12).....	47
Figure 11- Organisation en U, source : (10).....	56
Figure 12- Illustration du Takt-Time, source : (10)	65
Figure 13-Capacité moyenne d'injection par poste et par heure	66
Figure 14- Cadence par poste exprimé en secondes	66
Figure 15- Modèle d'une équipe de vaccination de base pour un centre de vaccination de masse	73

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1- Schéma d'organisation d'une unité de vaccination selon le "Guide de préparation à une campagne de vaccination exceptionnelle » de 2012	87
ANNEXE 2- Procédure Comptage d'origine du centre de Vaccination de Toulouse	89
ANNEXE 3- Affiche référentiel défauts des seringues	90
ANNEXE 4- Tableau d'attribution des postes au centre de Vaccination.....	91

INTRODUCTION

La pandémie de Covid-19 a soumis les systèmes de santé mondiaux à une pression inédite. La surcharge des hôpitaux, les soignants disposants de moyens insuffisants et les tensions d'approvisionnement des médicaments ont mis en lumière la nécessité de développer urgemment des stratégies pour contenir l'épidémie (1). La rapidité avec laquelle les vaccins ont été développés et autorisés a permis le lancement d'une campagne de vaccination avec la vaccination de masse comme stratégie de premier plan dès lors que l'approvisionnement en vaccin fut suffisant (2). Des centres de vaccination de masse conçus selon la doctrine disponible ont vu le jour (3). Le caractère inédit de la crise et l'urgence à vacciner la population a cependant confronté les organisateurs de la campagne à des défis opérationnels et logistiques majeurs (4).

La fiabilité, la qualité et la sécurité des soins prodigués au sein de ces centres constituent les prérequis indispensable à leur organisation (5). La confiance du public dans la structure de soin favorise en effet son l'adhésion à la campagne de vaccination, adhésion estimée relativement faible dans la population française (6). A cette exigence s'ajoute un objectif d'efficacité des centres, de sorte à être en mesure d'atteindre l'immunité collective le plus rapidement possible (7).

Le processus de vaccination, théoriquement relativement simple, se prête à une organisation en ligne de vaccination au sein des centres, permettant une approche modulaire et adaptable (8). Cette organisation peut présenter des analogies avec les systèmes de production industrielle : tant par son organisation en ligne de production dédiée, que par la préoccupation constante d'efficacité et de qualité. Le Lean management a transformé depuis 60 ans les organisations de la production industrielle, et propose une méthodologie pour la gestion de la production et le management de la qualité (9). Cette approche, mise au point par l'entreprise Toyota, est centrée sur l'optimisation des flux et repose sur une production juste à temps, l'élimination des gaspillages et l'amélioration continue ; elle présente par ailleurs l'avantage d'outils méthodologiques simples à mettre en œuvre (10). Ces caractéristiques, ainsi que la mise en place d'une culture du management opérationnel et de la prise de décision participative peuvent présenter des bénéfices à être appliqués à un centre de vaccination de masse dans un contexte urgent et évolutif (11).

Le centre de vaccination de masse de Toulouse, considéré comme le plus grand d'Europe, s'est organisé grâce à un personnel majoritairement étudiant encadré par un médecin et un infirmier et a largement contribué à la réussite de la campagne de vaccination en Occitanie (12). Il offre un cas d'étude privilégié par son organisation unique.

En sortie de crise, certains centres de vaccination de masse ont partagé leurs expériences et leurs organisations, toutefois les améliorations proposées ne permettent pas encore aujourd'hui de déterminer quelles organisations seraient les plus efficaces, ni de proposer un modèle uniciste (13).

La pandémie de Covid-19 a donc mis la gestion du risque infectieux au centre des préoccupations de santé publique (14), et provoqué en France la mise à jour du Plan Variole, référentiel national pour le risque infectieux et la vaccination de masse (15). Cette recherche propose donc d'étudier le cas d'un centre de vaccination de masse et de proposer un modèle organisationnel inspiré des méthodes de production industrielle pour optimiser la réponse aux pandémies futures.

LISTE DES ABREVIATIONS

OST : Organisation Scientifique du Travail

TPS : Toyota Production System

TQM : Total Quality Management

5P : 5 Pourquoi

3M : Muda, Mura, Muri

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ARN : Acide Ribonucléique

ORSAN : Organisation de la réponse du système de santé en cas de situation sanitaire exceptionnelle

REB : Risque Biologique

SDIS : Service Départemental d'Incendie et de Secours

RH : Ressources Humaines

PMR : Personnes à Mobilité Réduite

I. Le Lean, un processus industriel pour la vaccination de masse

A. Histoire et évolution des méthodes de production industrielle

L'histoire de la production industrielle est ponctuée par des avancées majeures. Chaque révolution a proposé une innovation du système de production et de qualité.

1. La première révolution industrielle

A la fin du XVIIIème siècle, l'invention de la machine à vapeur est au cœur de la première révolution industrielle. La fabrication artisanale fait place à la production mécanisée et les usines vont se substituer aux ateliers et aux manufactures. Cette mécanisation permet une production rapide et automatisée concentrée sur la quantité, la qualité des produits reste cependant très variable.

2. Taylor et l'optimisation des tâches individuelles

Au XXème siècle, la deuxième révolution industrielle est celle de l'électrification et du développement de l'industrie lourde. Frederick Winslow Taylor développe le taylorisme ou l'organisation scientifique du travail (OST). Critiquant l'organisation traditionnelle, fondée sur le métier et le savoir-faire, Taylor propose une division technique du travail, organisée par opérations. Cette division stricte vise à l'économie maximale des gestes par l'étude des tâches et de leur organisation, c'est la naissance du travail à la chaîne. Taylor préconise également une division verticale du travail, avec une séparation nette entre la conception et l'exécution. Le travail est alors surveillé, contrôlé voire chronométré (16). Le taylorisme accorde une attention limitée à la qualité des produits, et met l'accent sur l'efficacité de la production. Cette approche, critiquée pour sa perception mécaniste de l'ouvrier et réduisant les travailleurs à des composants d'une machine industrielle, a contribué à une forme d'aliénation au travail (17).

Le taylorisme a pourtant bâti les fondations des pratiques de gestion moderne et a profondément influencé les théories et méthodes de travail dans la production industrielle tout au long du XXème siècle. Le taylorisme est donc une organisation du travail basée sur la productivité individuelle.

3. Ford et la production de masse

Henry Ford introduit aux Etats Unis le Fordisme ou système de production de masse caractérisé par une production à la chaîne et une standardisation des produits grâce à l'utilisation de lignes d'assemblage spécialisées. Chaque ouvrier était assigné à une tâche, le rythme de travail était intensifié et les ouvriers percevaient des salaires élevés, ce qui leur permettait de devenir consommateurs des produits qu'ils fabriquaient (18).

Contrairement au taylorisme, qui se concentrait sur l'efficacité des tâches individuelles, le fordisme mettait l'accent sur l'efficacité du système de production dans son ensemble. L'introduction des chaînes d'assemblage a permis une production à un rythme sans précédent, réduisant considérablement les coûts et rendant les automobiles accessibles à une plus large partie de la population (19). Le Fordisme, comme système économique repose sur le concept de l'économie d'échelle : l'augmentation de la quantité produite diminue le coût d'une unité, et sur l'économie d'agglomération : si un ensemble d'activité est regroupé en un grand complexe, les coûts de celles-ci seront diminués (18).

Cependant, tout comme le taylorisme, le fordisme a été critiqué pour ses effets néfastes sur les travailleurs. Dans cette organisation le rythme de travail intensif des ouvriers limite leur autonomie. Ils ne sont pas impliqués dans la conception et l'amélioration des processus, dans le contrôle de la qualité ou dans la résolution de problèmes. Ce modèle technocentriste fut vivement attaqué, provoquant troubles musculosquelettiques, mécontentement et absentéisme chez les ouvriers (20). Le film "*Modern Times*" de Charlie Chaplin (21) est une caricature du travail à la chaîne fordiste. Le fordisme connaît également des limites avec une offre limitée de produits et des pertes importantes dues à la non qualité des rebus d'usines. Son impact reste cependant majeur sur l'efficacité de la production sur l'économie globale. Il a favorisé l'ère de consommation de masse qui façonne encore le paysage économique et social actuel (18).

4. Le modèle Toyota

Le toyotisme, ou système de production Toyota (TPS), est né dans le Japon d'après-guerre comme une évolution aux limites du fordisme. Contraint par des difficultés économiques sévères, des ressources limitées et un espace industriel restreint, l'entreprise Toyota sous la direction de Taiichi Ōno et Eiji Toyoda, a développé un ensemble de principes de production innovants. Si Ford produisait en masse un petit nombre de modèles de voiture, l'entreprise Toyota devait elle, produire de petits volumes de différents modèles sur une même ligne de production du fait d'un marché automobile japonais trop faible pour dédier une chaîne de construction à chaque modèle. Les principes de ce système visaient à maximiser l'efficacité des lignes en réduisant les gaspillages, en augmentant la qualité et en cherchant à valoriser la main-d'œuvre. Contrairement au modèle de Ford, le toyotisme introduit le « Just-in-Time » qui consiste à produire en fonction de la demande pour réduire les stocks et donc les coûts. Le « *Jidoka* », autre principe du toyotisme, correspond à l'introduction de mécanismes d'arrêt automatique des machines sur la ligne de production en cas de défaut intégrant ainsi la qualité au processus de production (22). La culture du « *Kaisen* », ou amélioration continue, est un autre principe de cette méthode industrielle, il encourage les employés à contribuer activement à l'amélioration des opérations. Cette culture permet de renforcer le sentiment d'appartenance à une équipe et à l'entreprise. L'impact du toyotisme dépasse l'industrie automobile et influence des secteurs industriels variés, comme l'aéronautique, l'agroalimentaire ou l'industrie pharmaceutique. Cette nouvelle approche de la production et du travail fit la réussite et la réputation de Toyota qui devient en 2007 le premier constructeur automobile en termes de ventes de véhicules.

En résumé, le taylorisme et le fordisme ne sont plus aujourd'hui des modèles d'organisation à atteindre dans la plupart des secteurs et des entreprises. Le toyotisme et ses principes, repris sous le terme de « Lean management » sont considérés comme des méthodes de production et de management modernes, mises en place à plus ou moins grande échelle dans des secteurs variés, y compris celui de la santé.

Le Lean management semble donc aujourd'hui devenir le modèle prédominant dans le milieu industriel, en proposant une adaptation de ses principes par de multiples outils et méthodes au sein de multiples secteurs d'activités.

B. TPS et Lean management

1. Les origines du Lean

a) Terminologie

Le terme « Lean » est un terme anglo-saxon qui signifie « maigre » ou « dégraissé ». Si les concepts clefs du Lean remontent au début du XXème siècle, le terme « Lean », en revanche ne fait son apparition que dans les années 90.

b) LE TPS à l'origine du Lean

Le Toyota Production System (TPS) ou toyotisme est un ensemble de principes de production et de qualité qui sont à l'origine du Lean Management. Le TPS repose sur deux piliers principaux : le "Jidoka" (détecter le défaut au plus tôt pour ne pas avoir à réparer) et le "Just-in-Time" (produire ce qui est nécessaire, quand cela est nécessaire, et dans la quantité nécessaire). Il vise à éliminer le gaspillage (*Muda*), à lisser le processus de production (*Mura*), et à éviter la surcharge (*Muri*), tout en mettant l'accent sur l'amélioration continue (*kaizen*) et le respect des employés (9,22).

Ces principes doivent être soutenus par une forte culture d'entreprise axée sur le respect mutuel, l'implication de tous les collaborateurs et un management participatif qui encourage la communication, l'initiative et la prise de décision collective (20). L'idée sous-jacente est de favoriser l'innovation et l'efficacité opérationnelle et de renforcer la cohésion et la satisfaction au travail, permettant ainsi la réalisation des objectifs de façon durable. Jeffrey Liker, professeur au collège d'ingénierie de l'université du Michigan, publie « *The Toyota Way, 14 Management principles from the World greatest manufacturer* » en 2004 (23), dans lequel il énonce les 14 principes qui sous-tendent la philosophie de production et de management de l'entreprise Toyota. Le principe 11 « *Développer des personnes et des équipes exceptionnelles qui suivent la philosophie de votre entreprise* » et le principe 13 « *Prendre des décisions lentement par consensus, en tenant compte de toutes les options ; mettre en œuvre les décisions rapidement* » illustrent l'importance accordée par l'entreprise au management des employés (23).

2. Le système de production Toyota

Le système de production Toyota a été décrit et documenté de nombreuses fois. Taiichi Ohno, qui a travaillé 60 ans chez Toyota, du poste de superviseur de chaîne de production à président du groupe en 1975, a grandement participé à la construction du TPS qu'il popularise dans son ouvrage « *Toyota Production System : Beyond Large-Scale Production* » (24). J. Liker enrichit la démonstration de Ohno en proposant 14 fondements à ce système de production. Il est souvent présenté sous forme de maison : selon les dirigeants de l'entreprise Toyota, la solidité de la structure dépend de chaque partie. Un élément faible rend la structure entièrement faible. Cela illustre la nécessité d'une culture d'entreprise intégrant chaque élément pour obtenir « l'excellence opérationnelle » (23).

a) La « Maison TPS »

Il existe plusieurs représentations de la « maison TPS ». Celle inspirée de la description du TPS de J. Liker (23) en Figure 1 présente l'avantage de détailler les différents concepts.

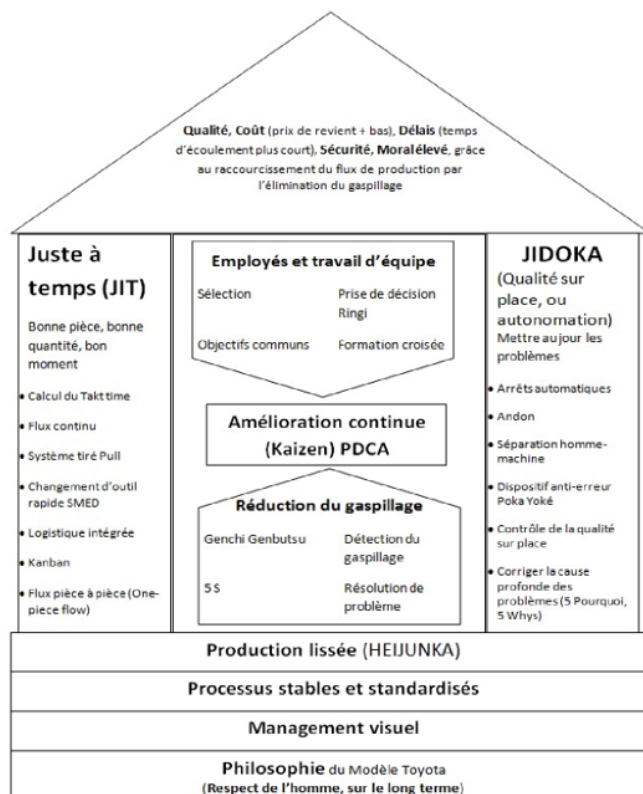


Figure 1 : La maison TPS selon J. Liker source : (25)

b) Les fondements

Le socle de la maison représente les notions et valeurs essentielles du TPS :

- Une activité lissée, grâce à la planification, vise à éviter les fluctuations de production et permet de réduire les lots produits de sorte à être plus flexible vis-à-vis de la demande.
- Les processus stables et la standardisation permettent selon le TPS de réduire la variabilité. La standardisation de l'activité par la rédaction de protocoles pour maîtriser les processus n'est pas une approche visant à réduire l'autonomie des personnes. Construits en commun ils permettent d'harmoniser les pratiques et ainsi de garantir un niveau constant de qualité. Cette approche est applicable et appliquée dans les services de soin ; pour garantir une prise en charge optimale d'un patient par exemple, il est indispensable que chacun, en accord avec le protocole établi, l'applique. Selon le TPS, lorsque des protocoles existent, ils doivent être appliqués mais ils ne sont pas pour autant rigides et figés. L'amélioration continue de ceux-ci est indispensable à la poursuite de l'objectif principal (26).
- Le management visuel est un outil essentiel dans le management TPS. Il permet une communication facilitée par un affichage clair et simple, accessible en permanence. Dans l'industrie ce management visuel se fait généralement sous forme de grands tableaux situés à proximité des lignes de production et sur lesquels sont proposés des indicateurs simples de performance associés la plupart du temps à une couleur rouge ou verte. Le management visuel est aussi un outil adapté pour informer des nouveautés ou pour resensibiliser le personnel. S'il permet la transmission simple d'informations, elles doivent être prioritaires et mises à jour au risque de ne plus être lues donc de ne plus être utiles.
- Le « *Gemba* » qui signifie « vrai lieu », engage à prendre des décisions sur le terrain, à proximité immédiate des espaces de travail et des travailleurs.
- Enfin, le TPS repose sur le « Toyota Way », c'est-à-dire l'état d'esprit et la culture de l'entreprise Toyota : l'amélioration continue et le respect des personnes, employés, fournisseurs et clients (le client n'est pas seulement le consommateur, c'est aussi l'opérateur de l'étape suivante sur la ligne d'assemblage selon l'entreprise) (20).

c) *Les piliers*

- Une production « juste à temps » signifie que l'on ne produit que ce qui est nécessaire lorsque cela est nécessaire. La production s'adapte donc à la demande et non pas l'inverse. Ce mode de production en « flux tiré » s'oppose à celui de la théorie Fordiste, en « flux poussé ». Il a pour but de produire la bonne pièce au bon moment avec le minimum de ressources. La demande motive la production : le flux tiré implique que l'étape 1 ne se produit que lorsque l'étape 2 a consommé le stock produit par l'étape 1.

Dans les usines de l'entreprise Toyota, chaque étape comporte une jauge (le « *Kanban* »), qui indique à l'étape précédente de réapprovisionner. Cette demande est exprimée par le *Takt Time*, qui correspond au temps nécessaire à produire une pièce ou à réaliser une tâche. En produisant en flux tiré, les stocks sont réduits au minimum, les problèmes qui perturbent le flux deviennent donc visibles et corrigibles (27).

- Le *Jidoka*, deuxième pilier, souvent traduit par "automatisation avec une touche humaine" ou "autonomation", consiste à détecter les anomalies immédiatement et à arrêter la production. Cette approche garantit que seuls les produits conformes puissent passer à l'étape suivante. La détection des non-conformités en temps réel contribue à la réduction des gaspillages et permet d'éviter des accidents, des blessures d'opérateurs ou des dommages importants des machines. Le *Jidoka* empêche donc le passage d'une pièce défectueuse à l'étape suivante. La qualité des produits et la détection précoce de problèmes sont donc considérées comme un meilleur moyen de réduire les coûts que l'économie d'échelle.

d) *La fenêtre*

- L'amélioration continue, *Kaisen*, consiste à apporter des modifications successives, même mineures. Le *Kaisen* propose le travail en groupe de pairs pour la résolution de problèmes, l'autogestion de son travail, et la mise en place rapide de solutions d'amélioration. Il reporte la prise de décision sur les opérateurs par consensus avant la mise en œuvre de solutions.

- Selon le TPS, la chasse aux 3 gaspillages devrait être réalisée en permanence. Le Muri signifie « surcharge », il faut donc chercher à ne surexploiter ni les employés ni les machines. Le Mura signifie « irrégularité », qui correspond à des pics de production à l'origine d'un dérèglement du flux et de temps d'attente. Les Mudas sont les tâches ou éléments du processus qui n'apportent pas de valeur ajoutée du point de vue du client (28).

e) *Le toit*

Le toit représente les objectifs à atteindre. L'objectif est la totale satisfaction du client. Cet objectif est estimé atteint grâce à trois leviers : diminuer les coûts, améliorer la qualité de ce qui est produit et diminuer les délais. Pour mettre ce système en place, il est donc primordial de définir en premier lieu quel est l'objectif, orienté client, que l'on souhaite atteindre.

3. Du TPS au Lean

Largement inspiré du TPS, le Lean en reprend les grands principes. Il sera d'abord utilisé comme un outil d'amélioration des performances et de la qualité dans sa version « Lean manufacturing » puis proposé en intégrant la dimension humaine dans le Lean management.

Ce terme, initialement utilisé par John F. Krafcik en 1988 (29), a été popularisé par Womack et al. (1990) dans leur ouvrage « *The Machine That Changed The World* » (30) pour marquer le contraste qui existait entre les usines de Toyota et les usines américaines encore à l'ère de la production de masse. Les auteurs cherchent à démontrer que le paradigme de production de l'entreprise Toyota permet d'utiliser moins de ressources, moins d'efforts humains, moins d'espace et moins d'investissement dans l'outil de production pour fabriquer des produits de qualité supérieure. Il peut être envisagé comme une stratégie opérationnelle qui priorise l'efficacité des flux à l'efficacité des ressources (31).

Womack et Jones proposent 5 piliers dans le « *Lean Thinking* » (32) (Figure 2).

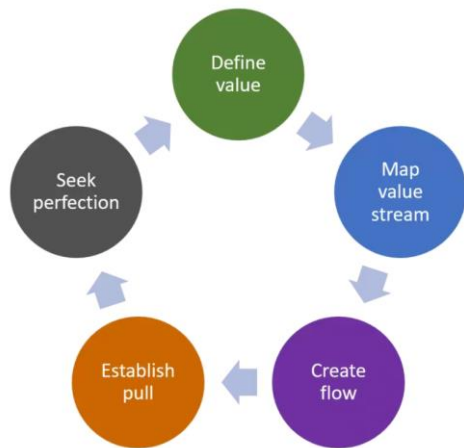


Figure 2- Les piliers du "Lean Thinking" par Womack, et Jones. Source : (33)

Cette version du Lean est critiquée dans les années 1990, après sa généralisation et plusieurs échecs de mise en œuvre, car certains la considèrent trop technique au regard de la dimension humaine, laissée au second plan (33).

L'entreprise Toyota propose alors le « Toyota Way 2001 » (34) qui décrit officiellement les principes du Lean et remet la dimension humaine au centre des préoccupations du système (Figure 3).

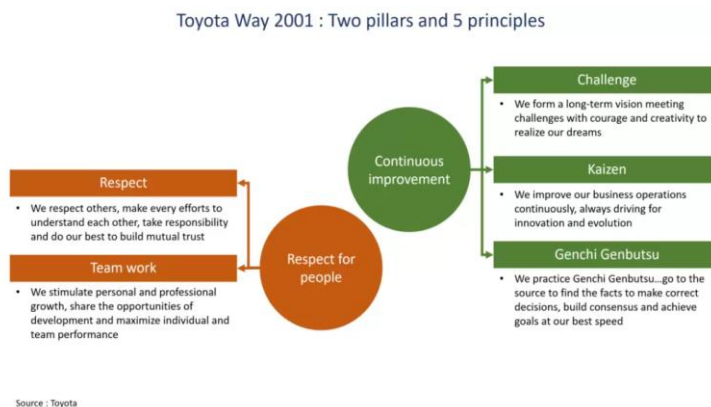


Figure 3- les principes du "Toyota Way 2001". Source : (33)

Malgré une adoption réussie et documentée dans divers secteurs industriels ou dans les services publics, la mise en place d'un système Lean peut échouer ou rencontrer des difficultés. Certaines notions, si elles ne constituent pas des piliers sont fondamentales pour l'implémentation réussie d'un système Lean. L'adoption superficielle des outils par exemple, peut conduire à un échec. Les outils Lean ne sont donc qu'une partie de l'approche qui doit être abordée comme une méthode globale d'organisation (35).

Par ailleurs, bien qu'il existe de nombreuses versions du Lean dans la littérature, il n'existe pas de définition commune validée. Ce manque d'uniformité rend son application dépendante de la version choisie et rend donc l'évaluation de ses bénéfices difficile.

Le Lean s'est pourtant étendu au-delà du secteur automobile et au-delà du secteur secondaire pour être appliqué à divers domaines dont ceux de la santé, de l'éducation, de la technologie de l'information et du service public.

4. Lean Healthcare

L'application du Lean au système de santé a pris le terme de « Lean Healthcare ». Depuis les années 2000, il est un axe de recherche évalué pour l'amélioration des performances des systèmes de santé.

Une revue de la littérature à ce sujet par A. D'Adreamattheo, montre que le Lean semble de plus en plus expérimenté dans le domaine de la santé pour améliorer la qualité et l'efficacité des centres de soin, la satisfaction et la sécurité du personnel et des patients voire, à terme leur performance financière (31).

Les expériences sur l'application du Lean dans la santé et dans le service public sont nombreuses mais les réussites limitées par la difficulté de mise en œuvre des outils à l'échelle du système entier. La complexité des organisations de santé est également un facteur limitant l'intégration globale du Lean dans la stratégie de gestion des établissements de santé (36). La nécessité d'un leadership fort et d'une intégration du Lean à l'échelle stratégique semblent être un point crucial pour une adoption réussie (31). Ces premières publications semblent toutefois montrer des avantages lors d'expériences d'implémentation du Lean, comme par exemple dans un service des urgences où la mise en place de flux selon les principes Lean a significativement diminué le temps d'attente des patients sans diminuer la qualité de leur prise en charge (37).

5. Lean et système qualité : Le Total Quality Management

La qualité totale est une stratégie de management de la qualité fondée sur une participation totale de tous les niveaux hiérarchiques, de tous les services, tout le temps, à l'amélioration de celle-ci. Cette approche, développée par W. Edwards Deming, a participé à la construction du TPS et d'autres experts de la qualité comme Crosby et Juran ont contribué au développement d'outils du TQM (10). Le TQM voit l'organisation comme un ensemble de processus interconnectés. Chaque processus est considéré comme ayant un impact direct sur la qualité du produit ou du service final. Cette vision encourage la compréhension et l'amélioration continue de chaque processus pour améliorer la qualité globale. C'est aussi un système de management participatif et de direction par objectifs. Le TQM promeut la décision participative et tend à aplatir la hiérarchie. Les managers ne sont plus superviseurs mais agissent comme facilitateurs de la réflexion et de la décision collective en encourageant l'implication des employés (38).

Le TQM correspond à une forme d'aboutissement de la construction des systèmes qualités. Si la qualité est une préoccupation ancienne, elle s'est développée comme une activité parallèle à la production. La maîtrise de la qualité est d'abord envisagée comme une inspection de produits unitaires. L'avènement de la production de masse rendant l'inspection systématique de chaque produit impossible, se développe alors le contrôle par échantillonnage, c'est-à-dire le contrôle d'échantillons de la production statistiquement représentatifs de l'ensemble. Le contrôle statistique de la qualité s'applique petit à petit aux différentes étapes de la production ; matières premières, en cours de fabrication, contrôle final, etc. Cette approche reste cependant insuffisante et la notion de risque apparaît. La qualité devient alors une question d'anticipation des erreurs, de maîtrise des processus et de création de normes préétablies : c'est l'assurance de la qualité. Elle peut être définie comme l'ensemble des actions préétablies et systématiques nécessaires pour donner aux clients la confiance qu'un produit satisfera à leurs exigences. L'assurance qualité est à l'origine des normes et des référentiels qualité très largement utilisés aujourd'hui, comme la norme ISO par exemple (39). Le TQM, en continuité de ces évolutions permet d'intégrer véritablement la qualité au système de production et au management global. Il s'agit de penser à la qualité à toutes les échelles et à tous les niveaux de l'organisation. C'est finalement le stade le plus élaboré de la mise en place d'un système qualité.

La norme ISO 9001 version 2000 (révisée en 2008) (39) le définit comme « *Un mode de management d'un organisme, centré sur la qualité, basé sur la participation de tous ses membres et visant le succès, à long terme, par la satisfaction du client et par des avantages pour les membres de l'organisme et pour la société* ».

TQM et Lean sont deux approches co-construites qui partagent un objectif d'amélioration continue de la satisfaction des clients et qui intègrent le management pour y parvenir. Lorsque Deming intervient après des dirigeants de l'entreprise Toyota pour diffuser ses propositions, elles sont très rapidement incorporées aux méthodes de production, le TQM enrichit donc le Lean d'une vision globale de la qualité et d'outils pour la mettre en œuvre.

C. Focus sur le management Lean

L'intégration du management et de la dimension humaine dans la pratique du Lean est primordiale. J. Liker recommandait un respect et un développement des ressources humaines pour favoriser une main-d'œuvre engagée, qualifiée et flexible (9). Il considérait la ressource humaine comme critique dans la mesure où le Lean s'articule autour de la flexibilité des employés, de leur capacité à résoudre les problèmes et à remettre en cause leurs pratiques pour les améliorer. Le rôle des managers est donc central dans le développement des compétences et l'autonomisation des personnes (20).

Les recherches concernant la dimension humaine des applications du Lean montrent que la responsabilisation des employés favorise les échanges entre les personnes, ce qui peut favoriser une lecture plus positive de la méthodologie y compris de sa partie plus technique (40). Le développement des ressources humaines est donc un sujet d'étude de premier plan pour l'amélioration des performances d'une structure. Cet élément est mis en avant dans les définitions récentes proposées pour le Lean. Par exemple, Alves et al. en 2012 proposent la définition suivante : « *Le Lean est matérialisé par un modèle où les acteurs assument le rôle de « penseurs » et où leur engagement alimente les améliorations continues et apporte à l'entreprise l'agilité dont elle a besoin pour faire face aux besoins et à l'environnement changeant du marché* » (20).

D. Les outils du Lean

Le Lean a l'avantage de disposer d'une grande diversité d'outils, certains plus simples à mettre en place que d'autres. Pour enrichir la réflexion sur la vaccination de masse, nous partons du postulat que les personnels (agents ou managers) ne sont pas des experts du Lean et qu'ils ne reçoivent pas non plus de formation spécifique. Nous proposons donc de se concentrer sur les outils les plus simples à intégrer et à mettre en place et qui ne nécessitent pas d'expertise Lean. La Figure 4 est un exemple de cartographie de valeur.

1. La chasse aux gaspillages

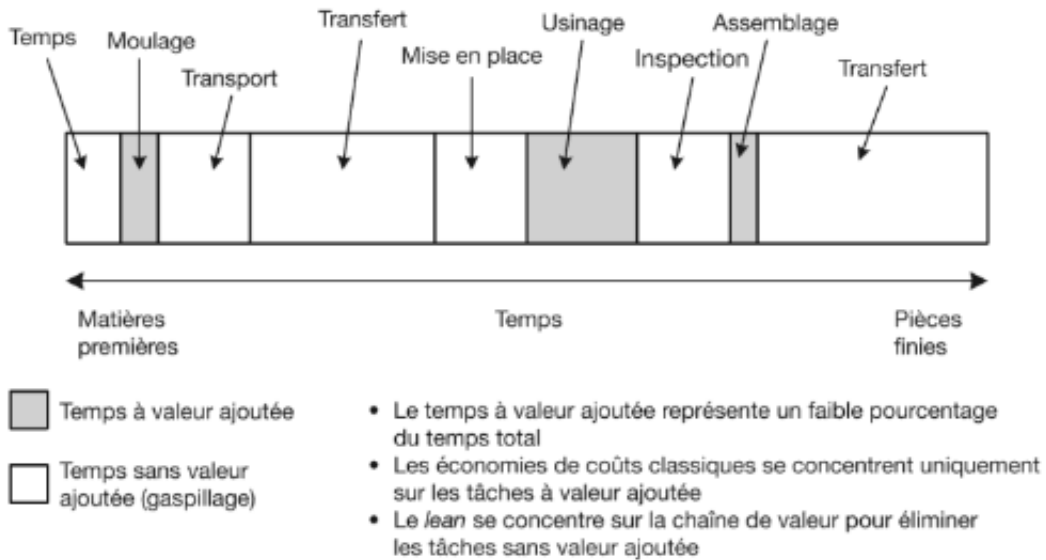


Figure 4 : Exemple de cartographie de valeur d'une chaîne simple de montage. Source : (9)

Il s'agit de représenter un processus et d'identifier les actions qui ont de la valeur et celles, majoritaires en général, qui n'en ont pas. Le Lean ne s'applique pas à analyser et améliorer l'efficacité des tâches identifiées comme à valeur ajoutée, mais à identifier celles qui n'en ont pas et à réduire ainsi les sources de gaspillages. Elles ne sont pas l'exclusivité des chaînes d'assemblage et peuvent être identifiées dans toute sorte de processus de production de biens ou service.

Le Lean identifie 3 grandes sources de gaspillages représentées en Figure 5.



Figure 5- Les 3 M Mudras, Muri et Mura, source : <https://www.linkedin.com/pulse/what-muda-mura-muri-everything-about-lean-six-sigma>

Pour chercher à diminuer les Mudras, on peut utiliser l'acronyme TIMWOOD +T.

- T : Transport : le transport inutile de matériaux, de produits ou d'équipements qui n'ajoute pas de valeur au produit ou service.
- I : Inventory : l'excès de stocks ou de matériel non utilisé occupe de l'espace et peut entraîner des coûts de stockage, ainsi que le risque de dégradation.
- M : Motion : les mouvements inutiles de personnel ou les étapes de déplacement au cours de la production qui pourraient être supprimés par un meilleur agencement de l'espace.
- W : Waiting time : le temps d'attente à chaque étape du processus, c'est-à-dire les potentiels goulots d'étranglement.
- O : Overprocessing : les contrôles qualité trop nombreux souvent dus à une mauvaise maîtrise des processus.
- O : Overproduction : une production trop importante qui ne tient pas compte de la demande et qui engendre souvent un excès de stock.
- D : Defects : les défauts sont évidemment une source de gaspillage. Faire bon du premier coup permet d'éviter des surcoûts de « non-qualité ». Appliqué à la santé, les défauts peuvent être critiques et représenter des risques bien plus graves que des coûts supplémentaires.
- + T : Talent : il s'agit de positionner les bonnes compétences au bon endroit et d'exploiter correctement les propositions des opérateurs.

Cet outil est pertinent car facile à utiliser et à mettre en place. Il permet d'apporter rapidement de petites améliorations pour réduire méthodiquement chaque type de gaspillage.

2. Le 5S

Toujours dans l'optique d'identification des gaspillages, le 5S est un outil d'organisation du poste de travail simple à utiliser. Il relève du bon sens à première vue mais une réévaluation régulière de son poste de travail à l'aide de l'outil 5S permet également de gagner du temps et de rendre les problèmes visibles. Le 5S est souvent expérimenté en premier dans une démarche Lean car il permet d'obtenir des résultats (10).

a) *Seiri (trier)*

La première étape consiste à séparer ce qui est nécessaire de ce qui ne l'est pas et de trier le matériel prioritaire selon les besoins de sorte à réduire l'encombrement du poste de travail.

b) *Seiton (Ranger)*

L'étape de rangement doit être logique et le matériel prioritaire accessible pour éviter les déplacements inutiles et le temps perdu à chercher des outils.

c) *Seiso (Nettoyer)*

La propreté de l'espace de travail est indispensable dans le cadre de la manipulation de produits pharmaceutiques ou de dispositifs stériles. Un environnement propre permet aussi de détecter un éventuel problème plus facilement. Dans le garage d'un SMUR (Service Mobile d'Urgence et de Réanimation) par exemple, une fuite sur un véhicule sera d'autant plus visible s'il n'y a pas de traces ou de flaques d'huile au sol.

d) *Seiketsu (Standardiser)*

Lorsque que le poste de travail est trié, rangé et propre, l'étape de standardisation permet de reproduire la même organisation pour plusieurs postes de travail identiques.

e) *Shitsuke (Discipline)*

La dernière étape est de poursuivre dans le temps le travail réalisé par la réévaluation régulière et la correction des dérives.

3. Le « *Gemba Walk* »

Un *Gemba Walk* est un tour d'usine ou du terrain effectué par les cadres et qui a pour but d'observer et de comprendre le travail des équipes. Le *Gemba Walk* doit permettre de dialoguer avec les employés, de favoriser les propositions d'amélioration et de montrer l'intérêt porté à leur travail. C'est un exercice qui a vocation à être réalisé régulièrement.

4. Le « *Kanban* »

La méthode *Kanban* (Figure 6) est l'outil permettant de travailler à flux tiré, à partir de la demande en aval. Le terme japonais désigne à l'origine une étiquette qui permet d'informer le "poste amont" des besoins du "poste aval" (41).

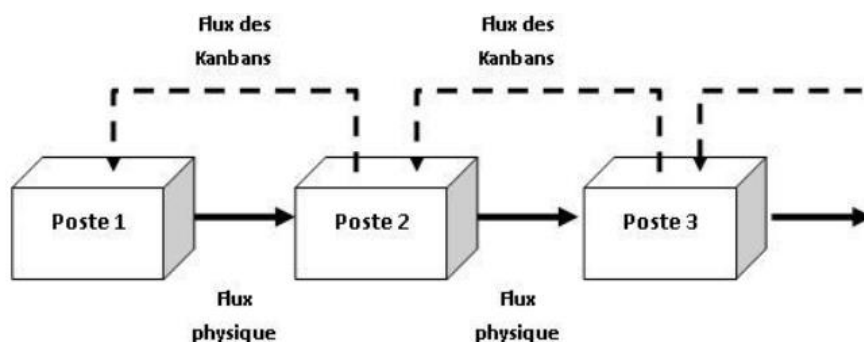


Figure 6- Le flux des Kanbans. Source : (26)

5. Le « *Jidoka* »

Le *Jidoka* est habituellement associé à un système informatique permettant l'arrêt immédiat de la production en cas d'anomalie.

Pour cette étude du cas d'un centre de vaccination, l'outil du *Jidoka* doit être adapté au contexte et peut être considéré comme la réalisation de contrôles des doses en cours de production de sorte à ce qu'une erreur ne soit pas reproduite.

6. Le « *Kaisen* »

Le *Kaisen* correspond selon la doctrine Lean à l'amélioration continue de la qualité, par petites modifications au quotidien et dans un mouvement permanent. Les actions concrètes et simples mises en place dans ce cadre sont appelées Quick Wins (gains rapides).

Cette méthode a différents avantages, elle permet de traiter toute sorte de problèmes simplement et une adhésion facilitée au changement. Le *Kaisen* est un concept central de la philosophie Lean.

Dans une démarche Lean, l'amélioration continue est collaborative, cela permet également d'identifier plus facilement les causes racine des problèmes rencontrés.

7. Autres outils issus du Total Quality Management

a) Les 5P

L'outil des 5P consiste à chercher systématiquement la cause racine des problèmes rencontrés. La méthode de 5 Pourquoi, inventée par Sakichi Toyoda consiste à réunir un groupe de personnes concernées par le problème, de le définir et de se poser ensuite la question de pourquoi est-il survenu. La réponse doit ensuite faire l'objet d'interrogations successives de type « Pourquoi ? » jusqu'à ce que la cause première du dysfonctionnement soit identifiée et qu'une solution puisse être proposée (42).

b) Le PCDA ou roue de Deming

Le PDCA est un cercle d'amélioration continue de la qualité. Il s'agit d'un cycle de 4 étapes (Figure 7) : popularisé par W. Edouards Deming dans les années 50.

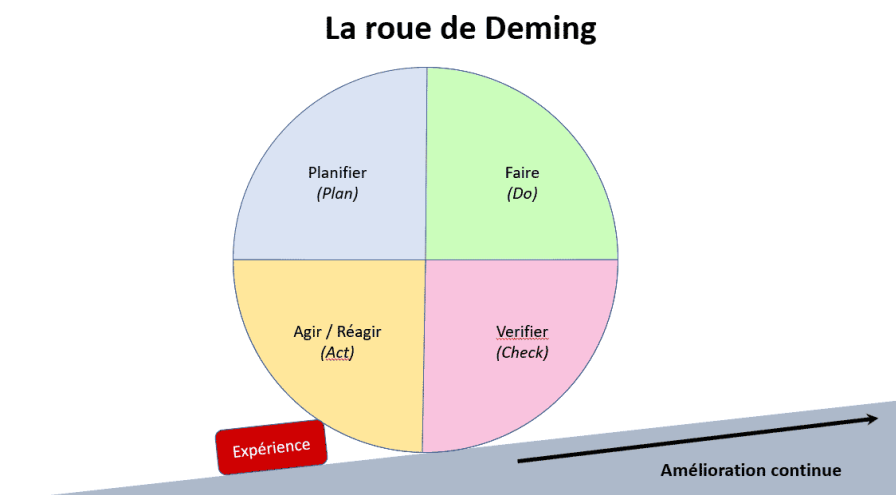


Figure 7- Roue de Deming ou PDCA source : Leblogdudirigeant.com

Les deux premières étapes consistent à planifier et déployer, les deux étapes suivantes à vérifier et comprendre ce qui a été mis en place et ainsi améliorer les processus. La cale sous la roue signifie que l'on ne revient pas en arrière. Elle correspond par exemple à des standards qualité ou à des procédures mises en place.

E. Quel système pour la vaccination de masse

Parmi les différents systèmes qualité et de production, le Lean nous a semblé être celui qui offre le cadre le plus complet et le plus adapté à la vaccination de masse. Plusieurs avantages le distinguent d'autres méthodologies dans un contexte où la rapidité, la flexibilité et l'efficacité sont cruciales.

D'abord, le Lean est pragmatique et adaptable. Il peut être rapidement mis en œuvre avec un minimum de formation, ce qui est essentiel lorsqu'il s'agit de répondre à des besoins urgents de santé publique. Cette méthode peut permettre de s'ajuster en temps réel aux défis logistiques, à la disponibilité des ressources et aux variations de demande. Le Lean est une approche qui fait appel au bon sens grâce à des outils et principes accessibles et pertinents.

Deuxièmement, le Lean se concentre sur l'élimination des gaspillages sous toutes leurs formes, ce qui semble pertinent pour les campagnes de vaccination de masse, où le gaspillage de temps, de ressources humaines ou de vaccins a des conséquences directes sur la réussite de la campagne dans un environnement aux moyens limités. En optimisant les processus, le Lean assure une utilisation efficace des ressources disponibles, augmentant ainsi la capacité à vacciner plus de personnes plus rapidement.

Troisièmement, le Lean encourage une culture de l'amélioration continue et du respect pour les travailleurs, promouvant une approche collaborative à la résolution de problèmes. Cette philosophie soutient l'engagement et la responsabilisation des équipes, essentiels dans des situations où le personnel peut être soumis à une forte pression et où la motivation peut fluctuer. C'est également une approche proactive de la qualité, intégrant des contrôles et des améliorations à chaque étape du processus, plutôt que de se concentrer sur l'inspection et la correction des défauts après qu'ils se sont produits. L'amélioration continue, implique également que les retours d'informations des patients et des professionnels de santé soient constamment utilisés pour optimiser les processus au fil de l'eau. Cette dynamique d'écoute et d'adaptation peut favoriser des campagnes de vaccination mieux alignées sur les besoins et les attentes des bénéficiaires, renforçant ainsi la qualité globale du service.

En résumé, l'objectif est de proposer une stratégie qui équilibre l'efficacité opérationnelle avec la qualité et la sécurité, tout en restant suffisamment flexible pour s'adapter à un environnement en constante évolution.

CONCLUSION : LE LEAN, UNE APPROCHE INDUSTRIELLE MODERNE

Le Lean management est considéré comme un aboutissement de l'évolution des systèmes de production modernes.

Il intègre des méthodes antérieures, telles que l'optimisation des tâches, mais se distingue par son engagement envers l'amélioration continue et le respect du personnel. Il propose un changement de paradigme en cherchant à identifier et éliminer les tâches sans valeur ajoutée, en proposant une production déclenchée par la demande en aval et en étudiant les flux dans leur ensemble.

Le Lean est déjà largement adopté dans le secteur industriel. De plus en plus d'études proposent sa mise en place dans les systèmes de santé et de soin pour améliorer la prise en charge des patients et l'efficacité des structures ; néanmoins, une approche commune et bien définie du Lean en santé fait encore défaut pour permettre sa mise en place et l'évaluation de ses bénéfices dans les organisations de soin.

Les centres de vaccination de masse, en situation de crise sanitaire, peuvent bénéficier des outils et du caractère flexible et évolutif de la méthodologie Lean. Leur déploiement pourrait être facilité par l'adoption d'une approche qui a déjà démontré son efficacité dans le domaine industriel et qui dispose d'outils simples et adaptables. Par ailleurs, la transposition du Lean et de ses principes à un centre de vaccination de masse semble d'autant plus pertinente devant la problématique centrale de gestion des flux inhérente à ces structures.

II. EPIDEMIE ET VACCINATION

A. Introduction à la vaccination

1. Définitions

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), « la vaccination consiste à immuniser une personne contre une maladie infectieuse, généralement en lui administrant un vaccin. Les vaccins, qui stimulent le système immunitaire, prémunissent la personne d'une infection ou d'une maladie » (43) Toujours selon l'OMS, la vaccination permet d'éviter 2 à 3 millions de décès par an. Elle est l'une des actions de santé publique les plus efficaces.

2. Histoire de la vaccination

Au XVII^e siècle, la variolisation était une méthode préventive contre la variole, bien que risquée (44). Edward Jenner révolutionna la vaccination en utilisant le pus de la vaccine et publia ses résultats en 1798 (45), réduisant ainsi la mortalité de la variole (46). La vaccination antivariolique devint obligatoire en France en 1902, menant à l'éradication de la maladie en 1980 grâce aux campagnes de vaccination systématiques menées par l'OMS (47). De Pasteur et la découverte de l'atténuation aux vaccins à germes entiers inactivés, la technologie vaccinale connaît ensuite des avancées majeures (45), Les vaccins à ARNm, développés durant la pandémie de Covid-19 constituent la dernière innovation en termes de technologie vaccinale (48). La vaccination, intégrée à des politiques de santé publique et obligatoire pour certaines pathologies, a permis l'endiguement voire l'élimination de maladies infectieuses comme la diphtérie ou la poliomyélite (éradiquée depuis 2002 en Europe) (44,45).

3. Epidémies et risque infectieux

Une pandémie (du grec pan, "tous") est définie comme une épidémie qui s'étend sur une large région géographique. L'OMS a ainsi qualifié en mars 2020 l'épidémie de coronavirus de pandémie (49).

La capacité d'un agent infectieux à être à l'origine d'une épidémie dépend de son taux de reproduction (R_0) (50). Plus le R_0 est élevé, plus la maladie est contagieuse : il est égal à 3 pour la grippe saisonnière, mais à 15 pour la rougeole (Figure 8). Un R supérieur à 1 signe une situation épidémique.

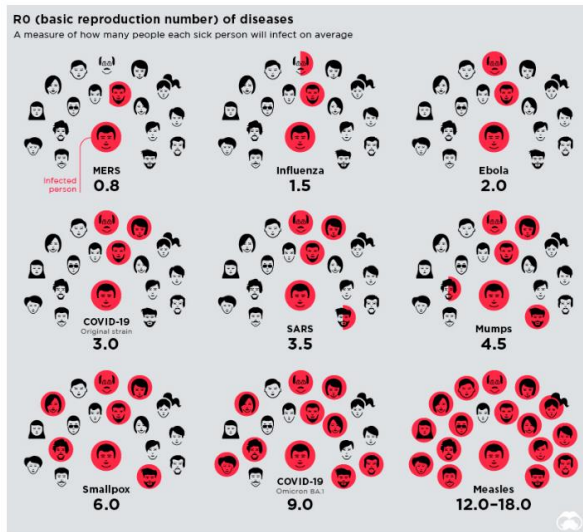


Figure 8- R_0 de maladies infectieuses connues. Source : https://www.visualcapitalist.com/history-of-pandemics-deadliest/#google_vignette

L'immunité collective correspond au pourcentage d'une population donnée qui est immunisée/protégée contre une infection et à partir duquel un individu infecté introduit dans cette population transmettra l'agent pathogène à moins d'une personne en moyenne. Cette immunité de groupe peut être atteinte soit par l'infection naturelle soit par la vaccination. Il faut que l'immunité acquise reste efficace au cours du temps, et si ce n'est pas le cas, des rappels de vaccination sont nécessaires (43).

B. Les référentiels du risque infectieux et de la vaccination de masse

1. Le volet ORSAN-REB

En France, le guide des situations sanitaires exceptionnelles est doté depuis 2019 d'un volet REB (Risque Biologique) indiquant la conduite à tenir en cas d'apparition de cas de maladie infectieuse émergente ou ré-émergente. Les objectifs de ce plan sont de retarder l'introduction et la diffusion d'un agent infectieux émergent en limitant sa propagation sur le territoire par deux principales approches :

- Assurer la prise en charge des patients atteints, « cas confirmés » et les diriger vers les établissements de santé identifiés pour les prendre en charge.
- Endiguer la propagation du virus en mettant en œuvre des mesures de biosécurité par la prise en charge des personnes co-exposées par la mise en œuvre de mesures barrière et d'isolement (51).

2. Le plan variole :

Depuis 2006, un plan national recense l'ensemble des problématiques liées au risque de résurgence de la variole. Il précise notamment les stratégies, y compris vaccinales, à mettre en œuvre en fonction du niveau de risque identifié (52).

En effet en France, la vaccination anti variolique a été interrompue officiellement en 1984. Si la variole est déclarée maladie éradiquée par l'OMS en 1980, il existe un risque de réapparition de cette maladie, par bioterrorisme ou résurgence naturelle. La mortalité très élevée de ce virus ainsi que l'immunisation incomplète de la population française impliquent de disposer d'un plan d'action en cas d'apparition de nouveaux cas dans le monde (53). La France dispose d'un stock stratégique de vaccins antivarioliques, ce plan inclut donc une stratégie de vaccination de masse de toute la population dans un temps le plus court possible (15 jours dans le plan initial) en cas de survenue de nombreux cas simultanés sur le territoire français.

Le plan variole constitue une référence pour la gestion épidémique. Il est revu en 2022 pour être enrichi des retours d'expériences de la pandémie de Covid-19 et de l'épidémie à Monkey Pox qui a suscité de vives inquiétudes. Plusieurs aspects du plan initial de 2006 ont été revus. Une première différence réside dans la mise en lumière du temps nécessaire à l'organisation d'une campagne de vaccination de masse. En effet, il semble impossible de vacciner l'ensemble de la population en 15 jours comme le prévoyait initialement le plan. Une deuxième différence notable réside dans l'origine possible d'une réémergence du virus ; uniquement considérée comme bioterroriste en 2006, la possibilité d'une réémergence liée au changement climatique est signalée en 2022 (15).

3. Les guides de bonnes pratiques

Le plan variole est accompagné de guides : le guide de « Préparation à une campagne de vaccination exceptionnelle de 2012 » détaille comment déployer un dispositif de vaccination adapté pour répondre à une situation d'épidémie nécessitant la mise en œuvre d'une campagne de vaccination exceptionnelle (3). Ce guide donne des outils d'organisation et de planification pour la réponse locale ou nationale à un besoin de vaccination important sortant du cadre du contexte de la vaccination habituelle.

Au cours de la campagne de vaccination Covid-19, d'autres guides ont été mis à disposition des professionnels de santé, le « Guide des bonnes pratiques observées dans les centres de vaccination de masse » a recensé les différentes organisations proposées et les initiatives pertinentes observées sur le territoire, un « Guide de préparation au risque épidémique Covid-19 » a également été publié à destination des différents établissements de soins et professionnels de santé libéraux.

C. Risques infectieux émergents

Dès le XXème siècle, plusieurs éléments indiquent que les mesures de contrôle des maladies infectieuses vont connaître des limites.

L'apparition des premières résistances aux antibiotiques, constitue une inquiétude quant à la capacité future à lutter contre les agents infectieux. La résistance aux antibiotiques est définie par l'OMS comme « *Le phénomène se produisant lorsque l'évolution des bactéries rend les antibiotiques inefficaces chez les personnes qui en ont besoin pour traiter une infection* ». La résistance est aggravée par une utilisation humaine et animale abusive de ces médicaments ce qui crée une pression de sélection forte sur les bactéries (54) (55). L'OMS encourage également à mettre en place des politiques d'incitation pour la recherche et le développement de nouveaux antibiotiques.

Un autre signal est l'apparition de maladies émergentes définies par l'OMS comme « *celles qui apparaissent dans une population pour la première fois, ou qui existaient sans doute auparavant et connaissent une augmentation soudaine en termes d'incidence ou de distribution géographique* » (56).

Les raisons de ces émergences sont multiples mais trois types de facteurs peuvent toutefois être cités : l'évolution des agents pathogènes, les modifications environnementales et les comportements humains (57). 335 maladies émergentes ont été répertoriées de 1940 à 2004, parmi lesquelles la majorité sont des zoonoses (58). L'initiative « One Health » (un monde, une santé) de l'OMS, est « *une approche intégrée et unificatrice pour équilibrer et optimiser la santé des personnes, des animaux et de l'environnement* » (59) proposée pour prévenir, prévoir et répondre aux menaces sanitaires mondiales, après la pandémie de Covid-19.

D. Poids socio-économique des épidémies

Des études ont proposé des modélisations du coût socio-économique d'une pandémie. Dans le bulletin de l'Organisation Mondiale de la Santé de février 2018, Victoria Y Fan et al. estiment grâce à leur modèle que le coût inclusif, c'est-à-dire en tenant compte des pertes en vie humaines, de la prochaine pandémie de grippe pourrait s'élever à 570 milliards de dollars chaque année soit 0.7% du revenu mondial (60). Une autre étude présente les conséquences humaines et économiques de la pandémie de grippe de 1918 estimées à 50 millions de morts et 17% de perte du PIB au Royaume-Uni et 11% aux Etats-Unis (61). En 2021, la Cour des Comptes présente un compte rendu des « dépenses publiques pendant la crise et le bilan opérationnel de leur utilisation » dans lequel elle indique que ces dépenses ont représenté 61,8% du Produit Intérieur Brut (PIB) en 2020. La hausse des dépenses publiques est donc de 96,4 milliards d'euros dont 86% sont liés à la crise sanitaire (62).

Les conséquences sanitaires et socio-économiques globales de la pandémie de Covid-19 en France sont encore difficiles à estimer. De nombreux facteurs restent à intégrer pour cette évaluation car les mesures non-pharmaceutiques comme le confinement, la fermeture des frontières, la réduction de l'activité économique et de la consommation impactent également l'économie et la santé à court et à long terme. Ces modèles ont pour limite l'impossibilité d'anticiper la gravité d'une pandémie future ou l'ampleur des mesures non-pharmaceutiques qui seraient mises en place. Toutefois, les différents auteurs semblent unanimes sur la nécessité absolue de se préparer activement aux pandémies futures afin d'en limiter l'impact sanitaire économique et social.

E. Hésitation et réticences à la vaccination

L'hésitation vaccinale est définie en 2014 par l'OMS comme « *le retard dans l'acceptation ou le refus des vaccins malgré la disponibilité de services de vaccination. C'est un phénomène complexe, spécifique au contexte et variant selon le moment, le lieu et les vaccins. Il est influencé par des facteurs tels que la sous-estimation du danger, la commodité et la confiance.* » qui classe l'hésitation vaccinale parmi les 10 principales menaces pour la santé mondiale en 2019 (14).

C'est un phénomène ancien, les oppositions à la vaccination furent philosophiques, religieuses, politiques et scientifiques. Le philosophe des Lumières Kant, d'abord détracteur de la variolisation aurait déclaré qu'elle constituait pour l'humanité un « *avilissement, puisqu'on introduit en elle une sorte de bestialité* » (46). Ces oppositions contribuent à l'augmentation des cas de maladies évitables par la vaccination, comme la rougeole par exemple. La disparition de certaines maladies infectieuses dans les pays développés entraîne une forme d'éloignement de la menace, provoquant une attention plus focalisée sur les risques de la vaccination que sur ses bénéfices vis-à-vis de ces maladies « oubliées ». De fait, les potentiels effets indésirables de la vaccination survenant sur des personnes à priori en bonne santé sont moins acceptés. Des controverses, largement amplifiées par le développement des médias sociaux, ont également marqué l'histoire de la vaccination (vaccin contre le VHB et sclérose en plaque, vaccin ROR et autisme, etc.). Aucun lien de causalité n'a finalement été démontré. Une défiance envers l'industrie pharmaceutique peut favoriser une remise en question de la sécurité des vaccins (63).

Mais l'hésitation vaccinale est multifactorielle et l'appréciation du vaccin en lui-même ainsi que le contexte complexifient encore l'analyse de ces facteurs. Les études récentes sur le sujet cherchent à intégrer des éléments de niveau d'éducation, de tranches d'âge, de catégorie socio-professionnelle voire de religion ou d'origine (64). Le modèle des 5C (confiance, complaisance, contrainte, calcul et responsabilité collective) propose une échelle pour estimer ces facteurs d'hésitation vaccinale (65).

Le groupe de travail SAGE (Strategic Advisory Group of Expert) sur l'immunisation de l'OMS a défini la confiance comme « *La confiance dans l'efficacité et la sécurité des vaccins ; le système qui les délivre, y compris la fiabilité et la compétence des services de santé et des professionnels de la santé et les motivations des décideurs politiques qui décident des vaccins nécessaires* » (66).

Face à la pandémie de Covid-19, les Français étaient 40% à répondre négativement à la question « Si un vaccin contre la Covid-19 s'avère sûr et efficace et est disponible, je l'accepterai » selon une étude de Jeffrey V. Lazarus et al. (6) La rapidité du développement des vaccins contre la Covid-19 a provoqué une surabondance d'informations parfois fausses que les individus ont eu à trier et à comprendre pour prendre une décision dans un délai très court.

De plus, la forte incitation vaccinale peut tendre à augmenter la défiance du public déjà opposé ou hésitant à se faire vacciner. Les médias sociaux ont joué un rôle majeur dans la diffusion de l'information scientifique et dans la désinformation durant la crise (67).

F. Covid-19 et vaccination de masse dans l'urgence

1. Une situation pandémique inédite

Le SARS-CoV-2, identifié en Chine pendant l'hiver 2019-2020 chez des patients atteints de pneumonie virale, a été reconnu comme la cause de la maladie infectieuse nommée Covid-19 par l'OMS. Ce coronavirus s'est rapidement disséminé à travers le monde, conduisant l'OMS à déclarer l'état de pandémie le 11 mars 2020 (68).

Le mode de transmission principal du SARS-CoV-2 s'effectue via les sécrétions des voies respiratoires, notamment par des gouttelettes respiratoires ou des aérosols, d'un individu infecté vers un autre, qu'il présente des symptômes ou non.

Pour contrer la propagation du virus, dans un premier temps, des mesures de distanciation sociale et le port de masques de protection ont été largement adoptés en France, parmi d'autres pratiques connues sous le nom de gestes barrières.

Depuis sa découverte, le SARS-CoV-2 a subi plusieurs mutations, donnant lieu à l'émergence de divers variants. Si certaines mutations n'ont pas d'effet significatif sur les caractéristiques du virus, d'autres peuvent influencer sa transmissibilité, la sévérité des infections qu'il provoque, ainsi que l'efficacité des vaccins développés pour lutter contre la Covid-19.

La présentation clinique de la Covid-19 varie, allant de symptômes légers ou inexistants, à des manifestations sévères pouvant entraîner le décès. La plupart des cas se manifestent par une infection respiratoire aiguë, avec des symptômes similaires à ceux de la grippe. La perte de goût et d'odorat ont été identifiés comme des symptômes pathognomoniques de l'infection au SARS-CoV-2 (69). Environ un tiers des personnes infectées par le SARS-CoV-2 peut rester asymptomatiques. Les études initiales ont suggéré que la majorité des cas symptomatiques sont légers à modérés, tandis qu'une minorité développe des formes graves ou critiques de la maladie. L'âge et l'affection par des maladies chroniques sont les principaux facteurs de risque d'hospitalisation et de décès.

En septembre 2022, on enregistrait dans le monde 607 745 726 cas confirmés de Covid-19 et 6 498 747 décès, dont 250 564 250 cas et 2 085 938 décès en Europe. En France, depuis le début de l'épidémie jusqu'à cette date, 154 644 décès liés à la Covid-19 ont été comptabilisés. À la fin de l'été 2022, la situation restait préoccupante avec 33 263 nouveaux cas confirmés en 24 heures et 175 décès à l'hôpital pour la première semaine de septembre 2022 (70).

L'épidémie de Covid-19 a exercé une pression considérable sur le système de santé français, avec, au plus fort de la crise, un nombre de patients hospitalisés dépassant largement la capacité des services, entraînant une saturation des hôpitaux. Cette période a également été marquée par une surmortalité significative en France, avec une augmentation de 9,1% des décès toutes causes confondues en 2020 par rapport aux années non épidémiques, et une diminution de l'espérance de vie.

2. La campagne de vaccination

La campagne de vaccination contre le SARS-CoV-2 en France a démarré en décembre 2020, avec l'autorisation du vaccin Comirnaty® (Pfizer-BioNTech) et Vaxzevria® (AstraZeneca), suivi de celle du vaccin Spikevax® (Moderna) en janvier 2021. Dans les premiers temps, l'offre limitée de vaccins a conduit à l'adoption d'une stratégie de priorisation ciblant en premier lieu les populations les plus vulnérables aux formes sévères de la maladie, ainsi que les professionnels de santé. Dès le mois de mai 2021, tous les adultes en France sont devenus éligibles à la vaccination.

Pour maintenir une protection efficace contre le virus, des doses de rappel ont rapidement été introduites. Certaines populations à très haut risque ont été encouragées à recevoir une seconde dose de rappel.

En France, bien que la vaccination contre la Covid-19 n'ait pas été rendue obligatoire pour l'ensemble de la population, des mesures incitatives, telles que le « Pass sanitaire » et le « Pass vaccinal », ont été mises en place. Le coût des vaccins était entièrement pris en charge par l'Assurance Maladie, tandis que les tests de dépistage sont devenus payants pour les personnes non-vaccinées sans prescription médicale. Pour certaines professions, en particulier dans le secteur médical et paramédical, la vaccination est devenue obligatoire (71).

Une stratégie de vaccination de masse rapide a donc été mise en place. D'abord cantonnée aux hôpitaux du fait des contraintes de conservation des vaccins à ARN messenger, la campagne s'est ensuite organisée autour de centres de vaccination, qui ont été mis en place sur tout le territoire. Ces centres étaient aménagés dans de grands espaces non dédiés au soin comme des écoles, des gymnases, ou des stades (12,72).

L'assouplissement des conditions de conservation des vaccins à ARN messenger a facilité l'extension de la vaccination en dehors des centres dédiés. Cela a permis aux médecins généralistes, et à d'autres professionnels de santé comme les pharmaciens et les infirmiers, d'administrer le vaccin directement en cabinet ou en pharmacie. Cette évolution a grandement contribué à la décentralisation de la campagne de vaccination.

CONCLUSION : RISQUE INFECTIEUX ET VACCINATION AVANT ET APRES LA « CRISE COVID »

L'histoire et l'évolution de la vaccination soulignent son importance dans la prévention du risque infectieux et sa reconnaissance comme l'une des meilleurs investissements en faveur de la santé (73). De la « variolisation » à la conception de vaccins à ARN messagers, les progrès de la vaccination ont permis de maîtriser – voire d'éradiquer – des maladies infectieuses contagieuses et léthales.

Si les mesures de lutte contre le risque infectieux (74) ont largement diminué la prévalence de certaines pathologies, la mondialisation, le changement climatique et les comportements humains favorisent l'émergence ou la réémergence de pathogènes contre lesquels la population n'est pas protégée. L'apparition du virus SARS-CoV2 en Chine à la fin de l'année 2019 a mis en lumière la préparation insuffisante des Etats à la gestion de pandémies et l'incapacité des systèmes de soin à prendre en charge un nombre important de patients infectés et symptomatiques. L'autorisation de vaccins développés dans l'urgence au cours des premiers mois de crise a lancé une campagne de vaccination de masse inédite. L'objectif d'atteindre l'immunité collective s'est pourtant heurté à un mouvement d'hésitation vaccinale déjà existant et renforcé par le contexte anxiogène alimenté par les médias sociaux.

L'expérience acquise de la vaccination de masse devrait permettre l'élaboration de cadres plus robustes et crédibles pour la gestion des crises sanitaires futures, intégrant la vaccination aux mesures non pharmaceutiques dites mesures barrières.

Les leçons tirées de cette pandémie ont par ailleurs renforcé les propositions de l'approche intégrative du risque infectieux « One Health », et son appropriation par l'OMS.

Il est donc primordial de réévaluer les enjeux des risques infectieux émergents à la lumière de la « crise Covid » et de renforcer la préparation à ce risque spécifique pour en diminuer les impacts et améliorer la résilience des systèmes de santé et des populations (1).

III. LE CENTRE DE VACCINATION DE TOULOUSE, PROPOSITION D'OPTIMISATION LEAN

A. Le « Vaccinodrome » de Toulouse

1. Parties prenantes

Le centre de vaccination de masse de Toulouse (appelé « Vaccinodrome ») a ouvert ses portes le 28 mars 2021 au Parc des Expositions de Toulouse Métropole sous l'égide du Centre de Réponse à la Catastrophe (CRC). Le CRC est un organe de collaboration inter-service entre le Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Toulouse et en particulier le SAMU 31, le Service Départemental d'Incendie et de Secours de la Haute-Garonne (SDIS 31), les services de l'État (Préfecture de la région Occitanie - Préfecture de Haute-Garonne et Agence régionale de santé Occitanie) et l'Université Toulouse III – Paul Sabatier.

Le « Vaccinodrome » de Toulouse avait la particularité de fonctionner avec un effectif principalement étudiant, libérant ainsi le personnel soignant pour la gestion de crise dans les établissements de santé (12). L'attribution des rôles et des responsabilités pour chaque service impliqué dans le centre de vaccination a été prédéfinie dans un organigramme similaire à un système de commandement d'incident classique.

2. Organisation spatio-temporelle

Le Parc des Expositions de Toulouse (mis à disposition par la ville) répondait aux critères de localisation d'un centre de vaccination de masse compte tenu de sa capacité d'accueil importante, d'une localisation centrale et d'une accessibilité facilitée (parkings, transports en commun) (75). La superficie totale du centre au pic de fréquentation était de 7000 m² répartis sur deux bâtiments. Durant la plus grande partie de la période d'ouverture du centre, les opérations de vaccination se sont déroulées dans un seul bâtiment. Lors de l'annonce gouvernementale de la mise en place d'un « Pass vaccinal » en France, la demande de vaccination a explosé. C'est dans ce cadre qu'un second bâtiment a été investi pour augmenter les capacités de vaccination.

Le centre de vaccination de masse a ouvert 7 jours sur 7 de 8h à 19h, du 28 mars au 20 octobre 2021. Puis sur une seconde période du 9 décembre 2021 au 12 mars 2022 sur le même modèle d'organisation mais piloté cette fois par la Mairie de Toulouse.

Cette organisation a été pensée sur la base de la doctrine de déploiement d'un poste médical avancé en médecine de catastrophe et à partir des référentiels disponibles sur la vaccination de masse (3). Le schéma d'organisation d'un centre dédié à la vaccination proposé par ce guide est présenté en Annexe 1. Il était un point de départ mais ne satisfaisait pas aux exigences de la vaccination Covid-19. En effet, ce plan ne tient pas compte de la nécessité de reconstituer les doses de vaccins et fait référence à un centre qui serait en mesure de vacciner 240 personnes par jour. Les recommandations de ces référentiels ont donc été largement adaptées à la situation inédite de cette campagne de vaccination.

L'organisation en marche en avant utilisée dans le plan national de lutte contre la Variole consiste à créer des stations successives formant une file de vaccination sans retour en arrière (53). Un point d'entrée et un point de sortie distinct ont donc été établis pour permettre un flux continu vers l'avant et éviter un flux croisé de patients potentiellement malades.

Plusieurs secteurs ont été définis selon les étapes successives du processus de vaccination :

- La zone de vérification des rendez-vous à l'entrée du centre
- La zone de vérification de la température
- Le tri médical
- Le secrétariat d'entrée ou d'enregistrement
- La zone de vaccination organisée en boxs
- Le secrétariat de sortie
- La zone de surveillance post-vaccination

De plus, une zone d'infirmerie en cas d'incident survenant durant la période de surveillance post-vaccination a été installée et équipée de sacs d'urgence. Une zone de préparation dans une salle annexe ainsi qu'une zone logistique pour le stockage du matériel ont également été installées. Lorsque deux vaccins différents ont été utilisés parallèlement dans le centre, les zones de préparation ont été physiquement séparées, dans deux salles différentes.

A ces secteurs fixes, s'ajoutent des personnels « volants », soit dédiés à distribuer les doses préparées de la zone de préparation aux boîtes de vaccination, soit dédiés à l'orientation des personnes à l'intérieur du centre.

Toutes ces zones étaient physiquement délimitées par des équipements de gestion des foules (barrières et rubans d'avertissement) et des marquages (lignes au sol, panneaux d'affichage et panneaux muraux) qui étaient orientés de manière à encourager le mouvement vers l'avant et à interdire le retour en arrière. Une ligne spécifique avec un parcours adapté était dédiée pour l'accueil des Personnes à Mobilité Réduite (PMR).

La Figure 9 est un schéma de l'organisation mise en place dans le centre. Chaque ligne verticale représente un poste sur chaque secteur.

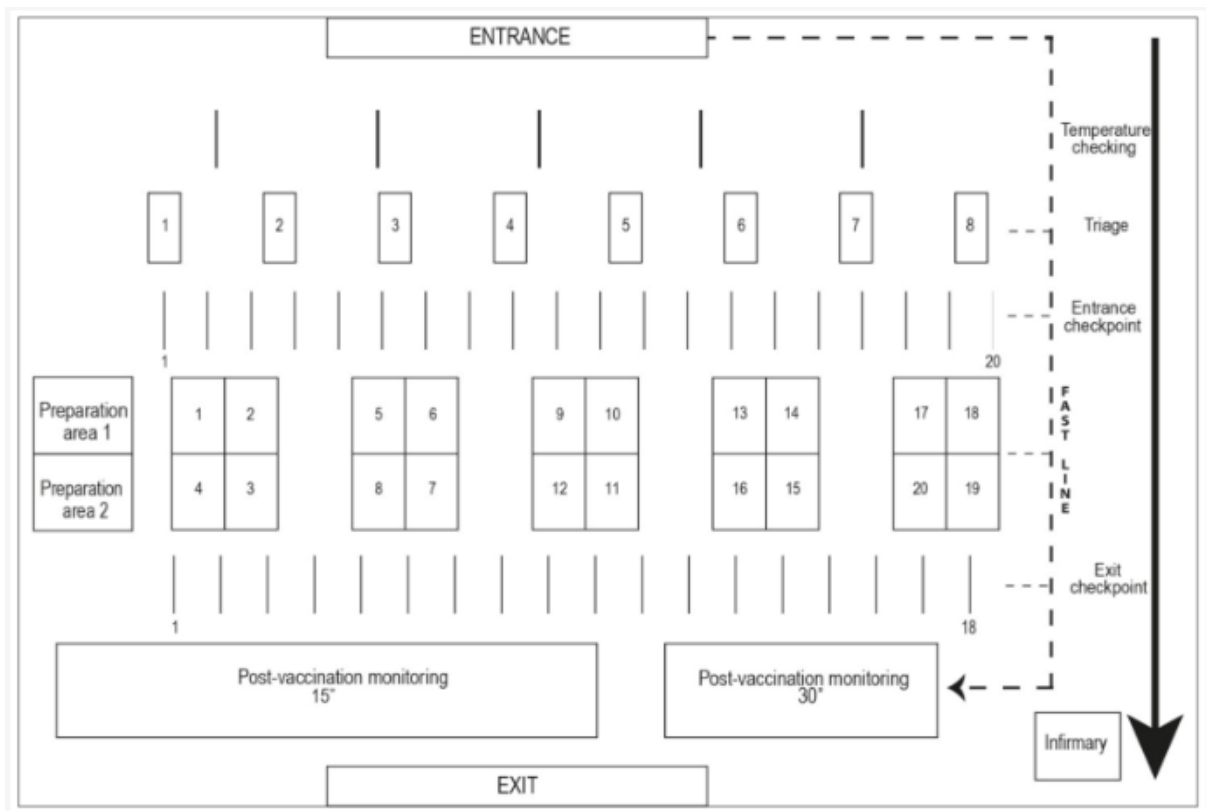


Figure 9- Schéma de la conception géographique du Centre de vaccination de masse de Toulouse. Source : (12)

3. Parcours dans le centre

A l'entrée du centre, le personnel de sécurité vérifiait les messages de confirmation de rendez-vous. Un formulaire d'information et de consentement ainsi qu'un questionnaire détaillé pour la recherche de contre-indication étaient fournis aux patients.

Ils étaient ensuite dirigés vers la zone de vérification des questionnaires et d'entretien rapide à la recherche de contre-indication à la vaccination ou de critère de surveillance prolongée. Si une contre-indication était constatée, la vaccination était annulée et un autre rendez-vous était immédiatement pris le cas échéant. Une orientation vers un service de vaccination hospitalier était programmée si nécessaire.

Les personnes sans contre-indication étaient dirigées vers le secrétariat administratif d'entrée. Leur présence au rendez-vous était validée et selon le statut vaccinal, le schéma était vérifié dans la base institutionnelle de gestion de la vaccination AMELI pour un rappel ou un second rendez-vous était fixé dans le cas d'une première injection.

Les patients étaient ensuite orientés vers une file disponible pour se faire vacciner. Le nombre de couloirs a été adapté en fonction des besoins vaccinaux et a atteint un pic de 64 couloirs au maximum de l'activité du centre.

La vaccination était ensuite enregistrée dans la base AMELI et un certificat de vaccination était remis aux personnes vaccinées qui étaient surveillés 15 ou 30 minutes dans une zone assise selon leur état de santé.

4. Planification des rendez vous

Deux possibilités de prise de rendez-vous étaient proposées en amont : une plateforme web de prise de rendez-vous (KELDOC, NEHS DIGITAL SAS, Malakoff, France) ou une plateforme téléphonique située dans les locaux du SAMU 31. La plateforme téléphonique de rendez-vous a fonctionné tout le temps d'ouverture du centre de vaccination, avec des agents issus du même pool d'étudiants que le centre et en communication permanente avec les coordonnateurs du centre. Au-delà de la prise de rendez-vous par téléphone, la plateforme centralisait les données pour permettre au centre d'anticiper le nombre de rendez-vous programmés.

La plateforme réalisait également une veille des recommandations et une vérification de l'adéquation des schémas vaccinaux en fonction de l'évolution des recommandations.

Dans un premier temps de la campagne de vaccination, la demande a été très importante, plus importante que les capacités du centre et l'approvisionnement en vaccin. Les prises de rendez-vous étaient donc soumises à des critères relatifs à l'état de santé des patients fléchés comme « vulnérables » et donc prioritaires. Puis lorsque l'approvisionnement en vaccin fut suffisant, le centre a augmenté ses capacités. Durant cette période, un faible taux de non présentation et un planning de rendez-vous complet permettait d'avoir une vision relativement précise de la fréquentation du centre à horizon une semaine. Celle-ci a duré le temps que les personnes qui souhaitaient être vaccinées reçoivent leur première dose.

S'en est suivi une période durant laquelle le taux de non présentation a augmenté, il y avait toujours un taux de rendez-vous relativement important mais l'anticipation du nombre de vaccinations quotidiennes est devenue plus incertaine. De plus, les personnes se présentant sans rendez-vous compliquaient l'activité de planification.

Les mesures gouvernementales d'incitation à la vaccination ont également nécessité une grande adaptabilité en termes de planification. L'instauration du « Pass sanitaire » a provoqué un pic d'affluence, faisant suite à une période de faible activité du centre. Finalement, l'organisation du centre devait impérativement être flexible. La demande variait plus vite que ses capacités d'adaptation. La Figure 10 illustre les évolutions du nombre de vaccins injectés par rapport au dimensionnement du centre. L'axe vertical de gauche et le trait gris indiquent le nombre de doses injectées quotidiennement dans le centre, l'axe vertical droit et le trait noir indiquent le nombre d'agents présents.

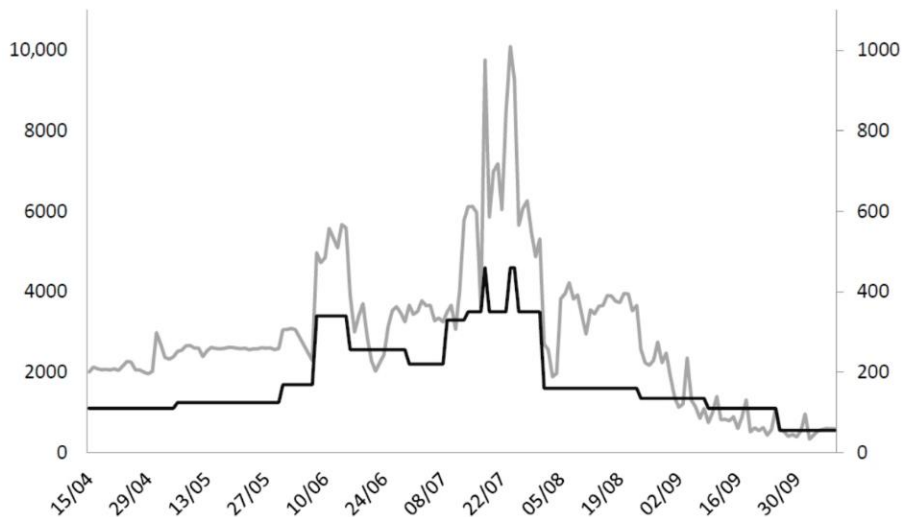


Figure 10- Nombre de doses quotidiennes et d'agents au centre de vaccination de masse de Toulouse. source : (12)

On observe que le nombre de vaccination fluctue plus rapidement que le nombre d'agents. En effet, s'il a été possible d'anticiper des pics d'affluence en augmentant les effectifs de personnel, ceux-ci sont restés plus stables et n'ont pas été évalués au jour le jour. Ces chiffres ont été récoltés à posteriori, selon les données disponibles. Ils sont donc à interpréter avec mesure.

5. Opérations hors du centre

Lorsque les rendez-vous dans le centre de vaccination ont diminué, au cours de l'été 2021, la couverture vaccinale optimale n'était pas totalement atteinte. De plus, à la levée du confinement, une partie de la population avait bien reçu sa première dose mais attendait son rappel.

Des opérations extérieures visant à faciliter l'accès à la vaccination ont été menées. Des équipes ont été projetées dans des centres commerciaux, dans des lieux de vacances ou de rassemblement de personnes (Tour de France, plages de Méditerranée...). En effet, si les centres de vaccination de masse ont été une stratégie très efficace pour vacciner très rapidement le plus grand nombre, (2) déplacer des équipes au plus près des vacanciers ou lors d'évènements rassemblant un grand nombre de personnes pouvait s'avérer efficace pour améliorer la couverture vaccinale.

Lors de ces opérations, ce sont majoritairement des doses de rappel qui ont été injectées, sans rendez-vous, l'aspect pratique ayant été avancé par les patients et les professionnels.

L'organisation de telles opérations aurait certainement eu une plus grande portée si elles étaient intervenues plus tôt dans la campagne (76). Elles auraient également pu permettre de vacciner des populations isolées au moment où la demande était importante mais dans les premiers temps, la gestion du centre de vaccination constituait un défi logistique prioritaire.

6. Gestion des Ressources Humaines (RH)

Le centre de vaccination de Toulouse a proposé une organisation unique des ressources humaines. Le personnel était composé :

- D'un coordinateur médical, un médecin urgentiste ou un anesthésiste formé à la médecine de catastrophe qui supervisait les secteurs médicaux (le tri, la vaccination et la surveillance post vaccination), participait au briefing des équipes et validait les formations à la vaccination.
- D'un infirmier coordonnateur qui assurait la gestion logistique du centre (vaccins, fournitures de matériel, etc.) ainsi que la supervision de la zone de préparation en collaboration avec un étudiant en pharmacie référent : suivi de la production, qualité de la production des doses, distribution des doses vers les boxes de vaccination et maintien des conditions environnementales.
- D'un chef de centre, généralement un pompier expérimenté, qui supervisait le briefing des équipes ainsi que le bon déroulement des activités globales tout au long de la journée.
- D'un effectif pompier, majoritairement impliqué dans le secteur de vaccination, sous la supervision du chef de centre.
- Les étudiants ont constitué la partie la plus importante des ressources humaines. Selon les décrets en vigueur spécifiques à la vaccination Covid-19, les étudiants en santé répartis selon leur filière et leur cycle d'étude ont réalisé du tri, de la vaccination, de la surveillance post vaccination. Les étudiants en pharmacie de second cycle ont réalisé la préparation des doses de vaccins. Les postes administratifs et logistiques ont été attribués aux étudiants d'autres filières, hors santé. Chaque secteur était supervisé par des étudiants particulièrement expérimentés. Ces référents identifiés parmi les agents faisaient l'objet d'un processus de recrutement et de formation spécifique pour encadrer un secteur.

- Une équipe de 8 étudiants ayant participé au projet depuis sa construction donc disposant de la plus grande expérience du centre prenaient en charge la coordination générale en collaboration avec le responsable médical et le chef de centre et assuraient la supervision des référents de secteur et du pool étudiant recruté.
- Des associations de secouristes ont été impliquées sur les différents secteurs, notamment en zone de surveillance post-vaccination sous la supervision du chef de centre.
- Les réservistes du Service de Santé des Armées ont également participé au fonctionnement du centre, répartis sur les différents secteurs selon leurs compétences et sous la responsabilité du chef de centre.
- La sécurité du centre était assurée par une entreprise prestataire de la mairie de Toulouse.

Beaucoup de personnels et de services différents ont donc travaillé ensemble dans le centre. Cette collaboration inter-service a permis d'intégrer un large panel de compétences et d'expertises. Cela a toutefois représenté un défi en termes d'organisation et d'intégration des modes de fonctionnement de chaque service.

Le recrutement des étudiants, sur la base du volontariat, s'est fait rapidement et en nombre conséquent. En effet, beaucoup d'entre eux ont vu leurs stages et cursus universitaires annulés du fait des mesures de confinement. Les étudiants constituant le pool de RH ont ensuite été formés, d'abord en amphithéâtre pour une formation théorique puis par une formation opérationnelle pratique. Celle-ci consistait à se rendre sur le site du centre de vaccination et à observer puis pratiquer sur une demi-journée, accompagnés par des étudiants plus expérimentés et sous la supervision des référents de secteur et du médecin pour les postes à composante médicale.

Très rapidement, des équipes de fonction support ont été constituées :

- Une équipe planning pour réaliser, selon le dimensionnement et à l'aide d'un logiciel dédié, les plannings des étudiants. Elle assurait également une permanence permettant de régler tout problème individuel relatif aux emplois du temps (absences, échange de créneau, etc.).

- Une équipe formation pour assurer la bonne organisation des sessions de formation, la prise en charge à leur arrivée des nouveaux étudiants, l'amélioration du contenu et du format des formations théoriques et pratiques ainsi que l'organisation du suivi des agents formés.
- Une équipe projet, qui a travaillé sur les agrandissements du centre, l'aménagement du second bâtiment et les opérations de vaccination hors du centre, ainsi que sur le développement de solutions informatisées pour la gestion RH du centre.
- Une équipe dédiée à la gestion d'évènements indésirables dans le centre, en relation avec l'équipe RH du CHU.
- Une équipe de communication responsable des messages transmis via les groupes et réseaux sociaux pour transmettre toutes informations utiles aux étudiants. Cette équipe, également en lien avec le service communication du CHU, a coordonné les rencontres des personnels du centre avec la presse.

Disposer de ces équipes a permis un management efficace de la structure et une résolution souvent simplifiée des problématiques du quotidien.

Le leadership stratégique était porté par le directeur du SAMU 31 et des médecins du service à l'origine du projet, en collaboration avec les responsables du SDIS 31, l'ARS et la préfecture de Toulouse.

7. Logistique et Approvisionnement

Le centre était approvisionné par la centrale logistique du CHU, dotée d'un congélateur adapté aux spécifications des vaccins Cominarty® et Vaxzevria®, sous la supervision de pharmaciens. Les conditions de conservation des vaccins décongelés étaient les suivantes : Cominarty®, 5 jours avant dilution au réfrigérateur. A température ambiante, il pouvait être conservé 2h avant dilution et 6h après. En 2021, le délai de conservation des flacons au réfrigérateur a été porté à 30 jours et Vaxzevria®, 30 jours au réfrigérateur en flacons et 6h en doses diluées.

Pour les deux vaccins, il est indiqué dans le Résumé des Caractéristiques du Produit (RCP) que le produit ne doit pas subir de chute auquel cas, il devra être jeté. Le centre n'étant pas équipé de congélateurs, la livraison des vaccins était organisée tous les jours, et une organisation standardisée des réfrigérateurs du centre permettait de commencer la journée avec les flacons de la veille.

8. Résultats (12)

Du 28 mars au 20 octobre 2021, 501 714 vaccins ont été administrés dans le centre. En moyenne, 2951 ± 1804 doses ont été injectées par jour avec un effectif étudiant de 180 ± 95 en moyenne. Le pic a été atteint le 24 juillet, avec 10 095 injections en une journée. 503 667 doses ont été préparées, cela implique que seules 1 953 doses (0,39 %) ont été jetées. Au total, 3 077 agents ont constitué le pool étudiant du centre de vaccination.

Le temps moyen passé dans le centre était de $43,2 \pm 15$ min (temps mesuré entre l'entrée et la sortie). Le temps moyen pour se faire vacciner était de 26 ± 13 min (temps mesuré entre l'entrée et la vaccination).

Cinq ambulances sont intervenues : deux pour des symptômes détectés avant la vaccination (bradycardie et douleur thoracique) et trois pour des symptômes post-vaccination (douleur thoracique, hypertension et malaise). Tous ces patients ont été évacués pour évaluation aux urgences.

B. Les outils Lean pour l'analyse du cas

Nous souhaitons étudier le cas du centre de vaccination de Toulouse sous le prisme de la méthode Lean pour évaluer l'organisation du centre et du flux, les pratiques à différents points critiques du processus de vaccination et l'efficacité globale du système. Ainsi, nous cherchons à montrer les améliorations et solutions mises en place par les différents acteurs face aux difficultés rencontrées et le cas échant, proposer des « solutions Lean » qui auraient pu permettre une optimisation du flux et des processus. Notre objectif est de combiner les idées pertinentes développées empiriquement durant la période de fonctionnement du centre et les apports potentiels de la méthodologie Lean pour proposer un modèle de centre de vaccination de masse efficace et sûr. Pour cela, nous analysons le fonctionnement du centre sous l'angle des 3M, *Mudas*, *Muri* et *Mura*, qui offrent une méthodologie à cette étude.

En premier lieu, il est indispensable de définir l'objectif recherché et le Lean suit une logique d'orientation client ou patient. Dans le cadre d'une campagne de vaccination de masse exceptionnelle et urgente de la population, il est primordial de limiter les risques d'exposition et de contamination de la population lors de son passage dans le centre.

En plus du marquage au sol pour maintenir une distanciation sociale et de l'obligation du port du masque, il semble pertinent de considérer que chercher à diminuer le temps passé par les personnes dans le centre est un objectif principal. L'objectif Lean à atteindre est donc un temps de parcours minimal dans le centre tout en maintenant une qualité de service élevée. Le niveau de satisfaction des personnes vaccinées comme seul indicateur ne suffit pas dans ce contexte, fortement anxiogène et pour certains contraignant.

Il convient de noter que l'application du Lean dans cette étude de cas ne peut être complète. En effet, si l'on peut noter des similitudes entre les objectifs de la production industrielle et ceux de la vaccination de masse, tous les concepts de la méthode ne sont pas transposables. Le client devient un patient et le produit un service. De plus, l'application a posteriori de la méthodologie ne permet pas d'évaluer les bénéfices potentiels de l'amélioration continue selon le Lean.

1. La chasse aux Mudas

a) *T : Transport*

Cette source de gaspillage concerne l'approvisionnement. L'organisation en centre de masse est un bon moyen de réduire cette forme de gaspillage. Les vaccins sont transportés d'un point A à un point B c'est-à-dire de la plateforme logistique du CHU jusqu'au centre. La centralisation de la vaccination semble donc répondre à cet impératif. De plus les exigences de conservation strictes du vaccin à ARN messenger impliquent que les flacons ne peuvent pas être conservés sur les sites de vaccination. Les transports sont donc réguliers et il est souhaitable qu'ils soient le plus court possible.

b) I : Stock

Les stocks trop importants impliquent des dépenses et des risques selon le Lean.

- Approvisionnement : En ce qui concerne la matière première, à savoir les flacons, leur stabilité au réfrigérateur est de 5 jours et 2 heures à température ambiante. La livraison quotidienne doit être calculée au plus juste. (77) D'une part la quantité de flacons pour 5 jours de fonctionnement est trop importante pour être stockée dans de bonnes conditions dans les frigos disponibles au centre, d'autre part cela impliquerait qu'un problème de livraison aurait eu un impact majeur sur le fonctionnement du centre.

Une livraison chaque jour permettait de réapprovisionner les frigos quotidiennement et de commencer la journée avec les flacons de la veille, identifiés et dans un étage dédié du frigo. Dans le cas d'un incident frigo et d'un écart de température trop important, la livraison quotidienne permet de ne pas jeter une quantité trop importante de flacons. Il est toutefois crucial de maintenir une vigilance afin de garantir un niveau de stock adéquat pour la journée en cours ainsi que pour le début de la suivante. Organiser une livraison en urgence depuis la plateforme logistique mobilise beaucoup de moyens et crée un gaspillage très important.

- Boxs de vaccination : L'implantation du centre de vaccination dans l'ancien hall 8 du Parc des Expositions de Toulouse a constitué une contrainte importante relative à la gestion des conditions environnementales. Si la mise à dispositions de climatiseurs dans la salle de préparation a permis de maintenir une température acceptable vis-à-vis des conditions de manipulation des vaccins, cela n'a pas été possible dans l'ensemble du hall durant la période estivale. Des glacières ont donc été installées à l'avant des boxs de vaccination, alimentées régulièrement par les agents « volants ». Les seringues étaient transmises aux injecteurs par lot de 2 ou 3, de sorte à maintenir une température acceptable dans les glacières. Un trop grand nombre de seringues présentait un risque de faire trop rapidement augmenter la température, du fait de l'ouverture trop régulière des glacières. 14 doses, soit deux plateaux constituaient le stock maximal dans une glacière, estimé en positionnant des thermomètres à l'intérieur.

- Préparation : Pour les vaccins dilués et conditionnés en seringues, sur-stocker induit un risque de dépasser le temps de stockage maximal, soit 6 heures.

Il existe donc pour les doses préparées une double problématique : le temps de stabilité des doses et la température de stockage de celles-ci une fois en dehors du réfrigérateur contrôlé de la zone de préparation. A cela s'ajoute la contrainte de l'espace disponible dans la zone de préparation pour le stockage de plateaux de transport. Chacun contenait 6 à 7 doses et ils ne pouvaient pas être superposés au risque de les voir chuter ou d'ignorer ceux du dessous donc de dépasser le délai de stabilité. Ces deux incidents auraient conduit à leur destruction.

Il s'agissait donc de concevoir une régulation fine du stock nécessaire pour ne pas ralentir la vaccination, ne pas détruire des doses dépassées ou ayant chutées et de ne pas prendre le risque d'injecter une dose non conforme.

Ces problématiques de stock signifient que la production des doses était généralement réalisée en flux poussé, c'est-à-dire que les producteurs produisaient en grande quantité sans tenir compte de la demande. Ce sont des contraintes d'espace ou de délai de stabilité qui stoppaient la fabrication.

Une production en flux tiré c'est-à-dire au fur et à mesure de l'utilisation des seringues et selon l'affluence dans le centre nécessite de déterminer le stock tampon nécessaire au bon fonctionnement des boxes de vaccination. Il n'est pas nécessaire de produire tant que ce minimum de stock n'est pas atteint. La production serait donc motivée par l'injection et non pas stoppée lorsque les capacités de stockage sont atteintes.

c) M : Déplacements

Qu'il s'agisse des mouvements effectués par la machine ou par les ouvriers, la gestion Lean cherche à limiter tout mouvement inutile ou superflu qui abîme les machines ou fatigue les personnels. Elle peut prendre deux dimensions dans cette étude de cas :

- Préparation et transfert des doses : Le déplacement des doses, ainsi que celui des agents « volants » entre la zone de préparation et les zones d'injection, présentent des risques importants. L'isolement de la zone de préparation vis-à-vis du public semblait essentielle pour garantir le calme et la concentration des préparateurs.

Cependant cela a engendré une allocation importante de ressources humaines et comportait le risque de chute des plateaux de 7 doses lors de leurs transferts. De plus, les doses devaient être vérifiées avant d'être injectées, l'injecteur ayant l'obligation de s'assurer de la conformité du produit qu'il injecte. (5) Cependant, pour éviter un trop grand nombre de retour des doses vers la pièce de préparation, l'équipe s'est organisée pour que les doses soient contrôlées et éventuellement retraitées dans la pièce, au fur et à mesure de la production.

L'isolement de la zone de production est donc un sujet majeur à considérer pour réduire les déplacements qui consomment des ressources. Cependant, installer les préparateurs au milieu centre, dans des zones de passage et sans aménagement, n'était pas une solution envisageable pour garantir calme et concentration aux agents, ainsi que le respect de règles strictes en matière d'hygiène et de température. La préparation des doses nécessitait également un suivi et une supervision, plus complexe si les préparateurs ne sont pas réunis dans une même pièce mais intégrés aux lignes de vaccination. D'autre part, le déplacement des préparateurs sur les lignes de préparation aurait nécessité, dans le contexte d'un centre non climatisé, un investissement dans l'acquisition de frigos pour chaque poste de travail, ou à minima d'une glacière disposant d'un moyen de contrôle de la température. (8) Cette solution, plusieurs fois envisagée n'a pour autant pas été mise en place dans le centre.

- Management et déplacements du personnel : L'organisation en flux de marche en avant implique que les secteurs en aval sont aveugles vis-à-vis des étapes précédentes. Il a été de ce fait constaté un très grand nombre de déplacements des agents pour résoudre un problème ou répondre à une interrogation concernant les patients ou les fiches de suivi (questionnaire médical). Ils ont alors été incités à solliciter leur référent de zone, qui si besoin se déplaçait pour obtenir une réponse. Cette méthode avait plusieurs inconvénients. Tout d'abord, les référents n'étaient plus présents à temps plein sur leur secteur et donc n'étaient plus disponibles pour la gestion de problématiques ou de questions relatives à leur activité. Ensuite, il était nécessaire de bien s'assurer d'avoir compris la question ou le problème au risque de multiplier les déplacements pour pouvoir le résoudre.

Le Lean préconise en règle générale de s'organiser en petites structures en forme de U (Figure 11) pour faciliter les échanges directs sans créer de désordre et rendre l'atelier de production plus agile.

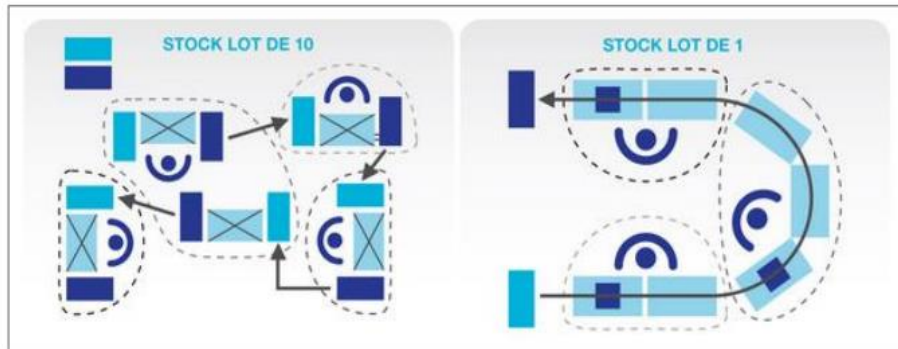


Figure 11- Organisation en U, source : (10)

L'organisation en U à proprement parler n'est pas tout à fait applicable à un centre de vaccination de masse. Cependant, cela permet de s'interroger sur les besoins de communication et d'envisager de rapprocher géographiquement au maximum les postes qui ont le plus besoin d'échanger. Dans le centre de vaccination, le tri était positionné au début du circuit, avant le secrétariat d'entrée (Figure 9). Pourtant, les principaux questionnements au stade de la vaccination étaient en lien avec l'étape du tri. Le positionnement inversé du tri et du secrétariat d'entrée pourrait améliorer les échanges entre ces deux secteurs en limitants les mouvements. Parmi les articles publiés sur l'organisation des centres de vaccination, certains indiquaient que le circuit débutait en effet par une étape d'enregistrement préalable au questionnaire médical (78).

- Déplacement des patients : L'organisation du centre de vaccination n'était pas réellement linéaire. En effet, le tri au poste n°1 n'impliquait pas nécessairement d'être enregistré au secrétariat n°1 ainsi de suite. Pour mieux gérer les files d'attente, le parcours balisé serpentait dans le centre de sorte à être allongé. Dans certain cas, la vérification du schéma de vaccination au secrétariat d'entrée, indiquait que certains patients n'étaient pas éligibles à la vaccination. La conduite à tenir était alors d'évaluer avec les compétences d'un trieur le renvoi de la vaccination à une date ultérieure, créant un mouvement de retour en arrière des patients.

Pour résoudre ces problématiques, l'inversion des secteurs du tri et du secrétariat d'entrée pourrait à nouveau être évoquée. Il pourrait même être envisagé de combiner ces deux secteurs, pour permettre à l'agent de tri de disposer de cette information qui lui serait directement transmise par l'agent du secrétariat. (Les agents administratifs, contractuels de la fonction hospitalière sont également soumis au secret médical lorsque cela leur est spécifié (79) et s'ils font partie d'une équipe de soin ou d'une structure de soin (80).) Ainsi, les retours en arrière seraient facilités puisqu'ils n'impliqueraient pas d'effectuer de grandes distances dans le centre. Le parcours des patients éligibles serait également raccourci par la mutualisation de deux activités (11).

d) W : Waiting time

L'attente ou la file d'attente va à l'encontre du principe du Lean selon lequel le flux doit être continu, sans période de pause ou d'arrêt. L'attente a lieu lorsqu'une phase de la chaîne de production est retardée ou arrêtée. Cela peut être dû à des problèmes au niveau de l'approvisionnement par exemple, lorsque les employés n'ont pas accès aux matières premières nécessaires ou à un mauvais séquençage des opérations. Des goulots d'étranglements sont ainsi créés et cela affecte l'ensemble du processus.

Dans le cas du centre de vaccination, le temps d'attente des patients devrait être réduit au minimum selon les objectifs de l'étude. L'identification des goulots d'étranglement est abordée dans la partie spécifique qui traite de la recherche d'un flux lissé et de l'élimination des irrégularités. Le temps d'attente peut également survenir de manière imprévue, en cas d'afflux important de public ou en cas de problèmes techniques ou logistiques.

- Logistique du matériel consommable : Le manque de matériel induit un blocage du poste concerné et de la chaîne de vaccination. Pour la gestion logistique et de matériel, une équipe spécifique a été dédiée à l'approvisionnement des postes de travail ainsi qu'à la gestion des commandes. La superficie du centre était telle que les mouvements des agents pour se réapprovisionner provoquaient des blocages trop longs et des files d'attentes importantes. De plus, les besoins du centre en matériel et fournitures étaient massifs. Une gestion efficace et rigoureuse interdit donc que les agents se servent au besoin. Cela serait à l'origine d'une désorganisation trop importante.

Cependant l'organisation en secteur avait l'avantage de facilement rediriger les patients en cas de blocage temporaire d'un poste de travail.

L'outil 5S du Lean pourrait être un outil bénéfique à mettre à place pour les postes de travail comme pour la réserve de matériel. Une estimation des besoins quotidiens des postes de travail peut être également pertinente pour diminuer les réapprovisionnements durant les heures d'ouverture du centre.

- Le flux à l'intérieur du centre était largement influencé par l'affluence, fluctuante au cours de la journée. Il a été constaté de manière empirique, une période d'affluence plus importante à l'ouverture du centre ainsi que des pics au cours de la journée. Ces pics d'affluence ont fortement impacté le flux et ont de fait, créé des files d'attente. Il apparaissait alors nécessaire de déplacer des agents compétents pour renforcer les secteurs débordés et notamment des préparateurs, ressource privilégiée pour le renfort car théoriquement compétents pour exercer toute fonction à composante médicale. L'organisation sectorielle du centre de vaccination ne favorisait cependant pas la polyvalence des agents, notamment des étudiants en filière santé, qui constituaient une ressource rare et étaient la plupart du temps affectés au même secteur. Leur capacité à être mobilisés était donc limitée par un manque de connaissance opérationnelle des autres tâches du centre.

Selon le Lean favoriser la polyvalence des employés pour cette même raison tend à rendre les équipes plus agiles et permet d'absorber une surcharge grâce à un personnel compétent pour plusieurs opérations. La formation continue, en ligne dans ce cas pour être accessible à tous, peut être un outil de polyvalence et permet également de s'assurer d'une bonne compréhension du processus global par tous les agents du site. Il peut également être envisagé, pour contenir les pics d'affluence, de disposer d'un espace d'attente extérieur, abrité, permettant de limiter l'entrée dans le centre et ainsi éviter les goulots d'étranglement et l'accumulation de patient à l'intérieur.

e) *O : Overproduction*

La notion de surproduction se recoupe avec celle de l'excès de stock. Un travail intéressant sur la gestion des doses de fin de journée a conduit à l'adoption d'une procédure correspondant tout à fait avec la méthodologie Lean et qui s'est révélée être une stratégie également adoptée dans un centre de vaccination de masse américain (81).

- Gestion des doses en fin de journée : Le centre a été confronté à une problématique de surproduction de fin de journée, doses destinées à être jetées si elles n'étaient pas injectées du fait de leur courte durée de conservation. Les vaccins n'étant disponibles qu'en quantité limitée, ils constituaient une ressource précieuse qu'il était indispensable d'économiser.

Dans les premiers temps, la production en fin de journée n'était pas adaptée à la fermeture progressive du centre. La cadence de production était maintenue à un rythme normal donc sans tenir compte de la diminution de la demande. Le stock de seringues préparées en fin de journée était donc très important. Ces doses étaient dans la mesure du possible redistribuées selon les groupes prioritaires identifiés entraînant un investissement considérable de temps et de moyens et le cas échant, jetées. Les personnels du centre ont donc élaboré une méthode à flux tiré pour les dernières heures de la journée de sorte à ne produire que lorsque les personnes étaient entrées dans le centre et déclarées éligibles à la vaccination. La procédure appelée « procédure de comptage » est présentée en Annexe 2 telle qu'elle a été écrite par les référents du centre.

f) *O : Overprocessing*

L'overprocessing correspond à des actions inutilement nombreuses ou mal exécutées à cause d'outils mal conçus qui ne créent pas de valeur ajoutée du point de vue du client.

- Le nombre de contrôle des doses : Le contrôle des doses en cours de fabrication dans la salle de préparation, initialement envisagé comme une solution aux « allers et retours » trop nombreux des seringues dans le hall a conduit à une vérification excessive de la conformité des doses. En effet elles étaient d'abord contrôlées par le préparateur lui-même puis par un second préparateur et une troisième fois par l'injecteur.

La situation géographique du préparateur, à l'écart de la ligne de vaccination est donc susceptible de multiplier les déplacements inutiles. Pour résoudre cette problématique un contrôle supplémentaire a été instauré, donc une tâche supplémentaire sans valeur ajoutée pour les patients du centre. Une solution pourrait être de réaménager l'espace et de centraliser la position des préparateurs de sorte à ce que les injecteurs aient rapidement accès à un agent compétent pour éventuellement retraiter une dose.

- Le contrôle des données : Le fonctionnement par secteur a favorisé l'excès de contrôle des données dans le centre en réaction à une forme de dilution des erreurs. Celles-ci n'étaient généralement pas tracées ce qui rendait l'identification d'incidents répétés très aléatoire. Dans ce système structuré en équipe par opération, la remontée d'information était incomplète. Un glissement s'est très rapidement opéré vers une re-vérification systématique des données. Finalement, le questionnaire médical était réalisé une nouvelle fois à chaque étape du circuit, y compris par des personnels dont ce n'était pas la charge. Ceci peut s'expliquer par le contexte et les nombreuses et rapides évolutions des recommandations pour la campagne de vaccination (137 DGS urgents en 2021) (82). Cette dynamique a favorisé une vigilance accrue, ce qui constitue une forme de sur-qualité. Un système de traçabilité des actions réalisées a été mis en place secondairement, par visa des agents. Il était ainsi plus simple de résoudre des problématiques de difficulté de lecture ou d'incompréhension d'une décision concernant le temps de surveillance ou le schéma de vaccination.

Il faut cependant tenir compte du fait que la vaccination de masse, pour des professionnels de santé ou de futurs professionnels de santé formés à assurer une prise en charge globale des patients, constitue un changement de paradigme. La vaccination de masse concerne la population générale (ou une grande partie de celle-ci), il ne s'agit donc pas d'évaluer l'état de santé des personnes mais le risque que la vaccination soit à l'origine d'un effet indésirable ainsi que la validité du schéma vaccinal.

De manière générale, la philosophie Lean nous pousse à considérer que les vérifications trop nombreuses pallient des protocoles insuffisamment robustes, une formation insuffisante, en somme un processus insuffisamment maîtrisé par les agents. Dédier du temps à l'écriture de protocoles, à leur diffusion et à la formation des agents est indispensable pour standardiser les opérations et rassurer le personnel. Travailler en petites équipes de vaccination pourrait également favoriser la communication et la confiance entre les opérateurs des différentes étapes du processus.

- Les tâches sans valeur ajoutée : Un exemple de simplification d'une tâche sans valeur ajoutée peut être celui de la création d'une application de pointage. Un agent de l'équipe planning a développé cette application pour simplifier la gestion des ressources humaines du centre ce qui a permis un gain de temps considérable. Le pointage des agents reposait sur un système de pointage papier. Les feuilles de présence étaient ensuite retranscrites sous forme de tableau Excel pour être communiquées au service RH du CHU. Du fait du nombre d'agents à inscrire, les erreurs étaient fréquentes et se répercutaient sur leur rémunération, source de mécontentement pour les agents et de temps de correction pour les référents. Le système proposé par l'application attribuait un QR code à chaque étudiant recruté qui avait donc la responsabilité de présenter son code à son arrivée et à son départ du poste de travail. L'application permettait ensuite une transmission informatique des fichiers de présence au service des ressources humaines.

g) D : Défaut

Diminuer les défauts est évidemment un moyen de réduire le gaspillage. Le Lean incite à « tendre vers le bon du premier coup ». Les outils pour diminuer les défauts ou les erreurs sont les procédures ; à condition qu'elles soient adaptées, comprises, enseignées et que les agents y adhèrent.

L'amélioration continue doit permettre d'identifier les origines des problèmes rencontrés et de les résoudre rapidement. Lorsque l'on identifie une erreur humaine, il s'agit d'en comprendre la ou les causes racines.

Une étude sur un centre de vaccination dans la région de Vérone a recensé les incidents rencontrés dans le centre. Ils étaient majoritairement liés à l'administration du vaccin (délai entre les doses, vaccin injecté, etc.), constat empirique également réalisé à Toulouse (83).

Le centre de vaccination de Toulouse n'a pas mis en place de récolte des données concernant les incidents. Il convient de noter que les déclarations d'événements indésirables doivent être encouragées par une approche positive des erreurs ; qui doivent être considérées comme des opportunités de formation des agents et d'amélioration des processus. Cette approche peut faciliter l'adhésion du personnel à la traçabilité des erreurs, d'autant plus lorsqu'il est jeune et inexpérimenté. Les erreurs de schémas vaccinaux auraient pu être limitées par la vérification administrative de ceux-ci par les agents trieurs.

Comme évoqué pour limiter les déplacements inutiles, l'inversion des deux secteurs ou leur mutualisation peut sembler pertinente.

Un autre type d'erreur constaté est la déclaration de doses non conformes par les injecteurs, estimées conformes lors de leur retour dans la zone de préparation par les préparateurs. En effet, triplement contrôlée et sans référentiel standardisé l'appréciation de la conformité des doses était dépendante de chacun des vérificateurs. Les référents du secteur vaccination en collaboration avec les préparateurs ont été à l'initiative de la création d'un référentiel défauts précisant les types de défauts acceptables et non acceptables. Ces affiches installées dans chaque box et présentées en Annexe 3 ont permis de standardiser la détection des non-conformités des seringues.

En résumé, les protocoles permettent de standardiser les opérations et de limiter les défauts. Dans ce cas, ils permettent surtout de déterminer ce qui constitue un défaut. Soutenus par un management visuel adapté, ils peuvent être d'une aide précieuse pour uniformiser les pratiques et limiter les gaspillages.

h) + Talents

Il s'agit du 8^{ème} et dernier gaspillage. Le Lean encourage à disposer des bonnes compétences au bon endroit, d'exploiter au maximum l'expertise et les propositions des employés.

A Toulouse, l'emploi de ressource étudiante a fait l'objet d'une publication pour son caractère novateur et ambitieux (12). Comme détaillé dans le paragraphe III.A.6 « Gestion des ressources Humaines », les étudiants étaient fléchés pour certains secteurs selon leur filière d'étude et le cycle d'étude pour les étudiants en santé en accord avec les décrets en vigueur spécifiques à la vaccination Covid-19 (84). Après plusieurs sessions de recrutement, plus de 3 000 étudiants constituaient l'effectif total du centre. Les étudiants indiquaient leurs disponibilités sur un logiciel dédié et se voyaient attribuer des créneaux de travail pour les postes auxquels ils étaient compétents. L'algorithme générait des plannings hebdomadaires aléatoires mais était programmé pour permettre au plus grand nombre d'obtenir un créneau de travail. Lors de la montée en puissance du centre, l'algorithme a été adapté pour tenir compte du pool disponible d'agents compétents pour chaque secteur de sorte à prioriser les secteurs pour lesquels la ressource était la plus rare.

Un système de pourcentage de compétence pour chaque tâche a donc été mis en place pour s'assurer du bon remplissage des secteurs, présenté en Annexe 4. C'est donc ce système qui était en partie à l'origine du manque de polyvalence des agents, qui se sont donc habitués à exercer certaines fonctions spécifiques. Lorsqu'il leur était demandé de renforcer le personnel d'un autre secteur, ils n'y étaient pas suffisamment formés, ce qui provoquait une forme de démotivation d'inattention.

D'autre part, pour pouvoir assumer la charge de travail en cas d'absence d'agents ou en cas d'affluence imprévue, des astreintes non rémunérées ont été mises en place. Les agents pouvaient également accéder à la liste des postes non attribués et réaliser une demande pour effectuer un créneau supplémentaire.

Ce système complexe de gestion des ressources humaines a provoqué des incompréhensions et des contestations parmi les étudiants. Les principales revendications concernaient le nombre de créneaux attribués et le manque de transparence de la part des gestionnaires sur le fonctionnement de l'algorithme d'attribution des postes.

Il faut considérer que le facteur humain est un facteur critique dans une organisation, d'autant plus en situation de crise.

A posteriori, le constat d'un manque de communication et d'information sur la méthode de gestion semble être la cause principale des difficultés rencontrées. Les agents étudiants n'ont peut-être pas été suffisamment sensibilisés lors de leur recrutement au caractère fluctuant de l'activité de vaccination et à la précarité de l'emploi proposé par le centre qui n'avait pas vocation à être une structure pérenne. D'autre part, lorsque des difficultés de dimensionnement ont été rencontrées ou lorsque des diminutions d'effectif ont été nécessaires, la constitution de groupes de travail incluant des agents et des référents aurait pu permettre une meilleure adhésion aux décisions prises. De plus une communication régulière disponible pour l'ensemble du personnel sur l'état des lieux de la campagne aurait bénéficié à la bonne compréhension des enjeux de la gestion des ressources humaines.

La formation et l'information du personnel est un enjeu primordial dans une campagne de vaccination, cela permet au personnel de disposer des connaissances nécessaires pour interagir avec le public du centre de vaccination, créant un sentiment de confiance et de sécurité.

Cela permet également d'améliorer l'adhésion et l'implication du personnel dans la campagne de vaccination ce qui constitue un levier pour limiter le phénomène de fraude observé partout en France après l'instauration du « Pass sanitaire » (85). A Toulouse, les étudiants ont été confrontés à des propositions de versement de sommes d'argent conséquentes en échange de faux certificats de vaccination. Ces cas ont été régulièrement signalés et un système de contrôle des attestations de vaccination générées a été mis en place. Au-delà du contrôle, l'implication et la motivation du personnel est un levier important pour lutter contre ce phénomène de corruption.

Enfin, l'identification de personnels disposants de compétences précises (langues étrangères, informatique, etc.) peut bénéficier à l'ensemble de la structure et permettre aux agents d'être à l'initiative d'améliorations.

2. Mura et Muri : à la recherche d'une régularité et du bon dimensionnement

Le Mura signifie l'irrégularité dans le flux, il peut s'agir d'un pic d'activité successif à un pic de demande non anticipée ou à un mauvais découpage des opérations à l'origine de goulots d'étranglement. Le Muri correspond à la surcharge, soit des machines ou des employés surexploités, favorisant les accidents, les erreurs ou le découragement.

L'outil Lean de calcul de la cadence est le *Takt Time*. Il permet de calculer le rythme de production. $Takt\ Time = (\text{Temps d'ouverture} * \text{nombre d'équipe}) / \text{Demande}$. Il permet de déterminer quelles activités présentent une surcharge ou une sous-charge de travail et donc d'équilibrer celles-ci pour lisser le flux (10). Un flux constant et linéaire est primordial pour réduire les files d'attente, éviter le désordre et augmenter l'efficacité (75). La Figure 12 est un exemple de cadence par poste, exprimé en seconde, la ligne horizontale correspond à la cadence estimée idéale pour obtenir un flux lissé et continu. Le poste 4 est donc susceptible de créer une file d'attente.

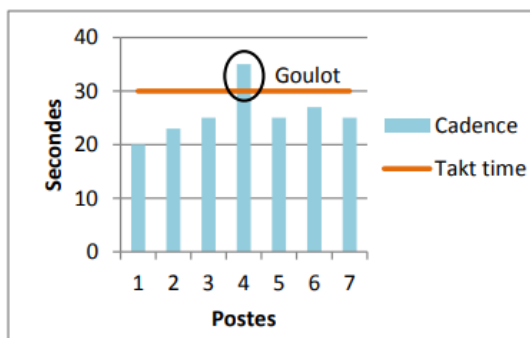


Figure 12- Illustration du Takt-Time, source : (10)

La mesure des temps de chaque opération n'a pas été réalisé au centre de Toulouse durant sa période de fonctionnement. Une étude sur l'application de méthodes Lean dans un centre de vaccination de masse anglais (11) a calculé ce paramètre pour mettre en place des cycles d'amélioration continue et ainsi éliminer les goulots d'étranglement. Celle-ci montre que la mutualisation de certaines opérations favorise la régularité du flux et que le travail en équipe pluridisciplinaire permet de réattribuer les tâches de manière flexible. Les données collectées pour l'analyse a posteriori des capacités par poste au centre de vaccination de Toulouse ont été extraites des archives des plannings des agents et des fichiers de suivi des doses produites.

Le suivi systématique de la production n'ayant pas été immédiatement optimal, ces données sont donc malheureusement approximatives mais permettent d'observer des tendances de dimensionnement. Le personnel moyen par secteur en fonction du nombre d'injection moyen par jour (10 heures) est indiqué dans le Tableau 1.

Tableau 1- Evaluation des capacités par poste au centre de vaccination de masse de Toulouse, source : (12)

Zone	Personnel/Shot
Contraindication and temperature checking	1/450
Medical triage	1/250
Administrative zone 1 (entrance checkpoint)	1/150
Preparation area	1/300
Vaccination boxes	1/180
Administrative zone 2 (exit checkpoint)	1/200
Post-vaccination surveillance	1/500

Ces données sont représentées sous forme de diagramme dans la Figure 13 et les cadences correspondantes calculées dans la Figure 14.

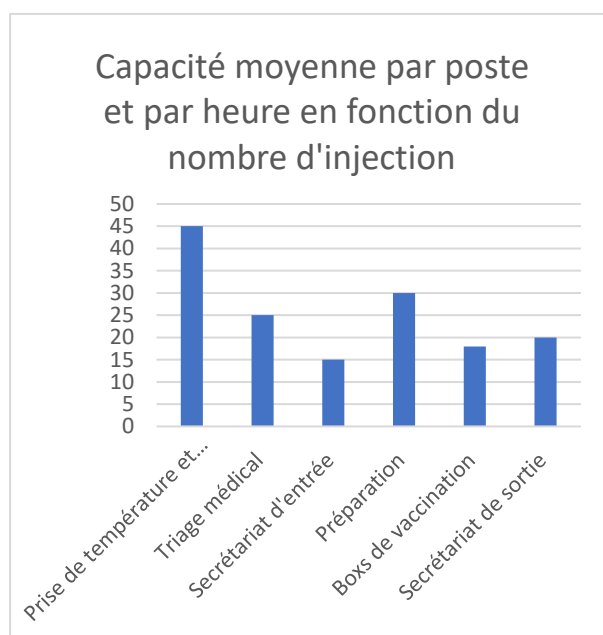


Figure 13-Capacité moyenne d'injection par poste et par heure

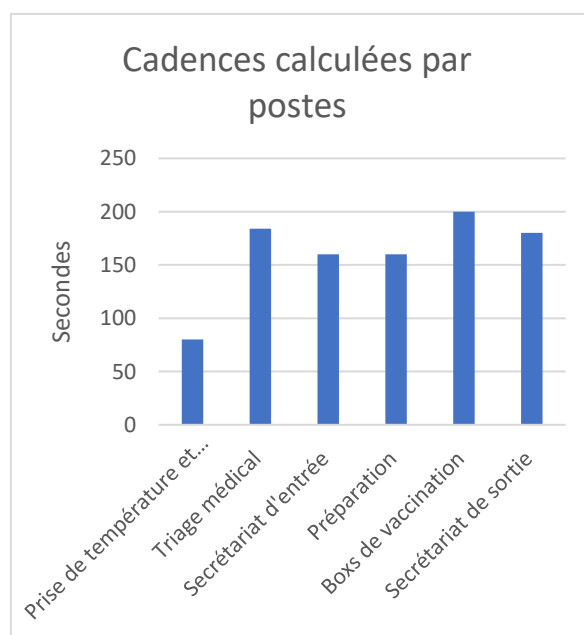


Figure 14- Cadence par poste exprimé en secondes

La surveillance post-vaccination n'est pas une activité que l'on peut cadencer. Elle fait d'ailleurs partie des activités permettant de bénéficier d'un gain d'échelle dans un centre de vaccination de masse. L'ensemble des lignes de vaccination peut mutualiser le personnel du secteur de surveillance, qui a tout intérêt à rester un secteur globalisé du centre. On note à la lecture de ces chiffres que le temps de l'activité de préparation semble surévalué, le « Guide de bonnes pratiques observées dans les centres de vaccination » de 2021 évalue à 45 secondes à 1 minute le temps nécessaire à la préparation d'une dose. (86) Il en est de même mais à moindre mesure pour d'autres secteurs. Ceci s'explique par un biais majeur : les cadences sont des temps mesurés pour les opérations, mesure qui n'a pas été réalisée au centre de Toulouse. L'estimation est donc réalisée à partir du personnel quotidien moyen présent par secteur par rapport au nombre d'injection. Au-delà de l'incertitude des données, les périodes de surdimensionnement du centre influencent donc fortement ces cadences calculées. Ces données indiquent toutefois de potentiels goulots d'étranglement, au niveau du triage et des boîtes d'injection, observés en pratique dans le centre lors de pics d'affluence. Un grand nombre d'agent permet en effet de masquer ces goulots d'étranglement, le surdimensionnement ne permet pas de rendre les files d'attente visibles à moins d'un dépassement des capacités du centre.

L'étude des cadences permet d'estimer le temps standard d'une opération. Il peut être pertinent d'y ajouter une marge suffisante pour ne pas surcharger les agents et tenir compte des variabilités inter-individuelles (83). Ce temps peut ensuite être ajusté en fonction de différents paramètres extrinsèques tels que la catégorie de population éligible, la complexité des schémas de vaccination, la voie d'administration du vaccin, etc. Le dimensionnement du centre de vaccination de masse de Toulouse a été une préoccupation permanente et sa détermination a été empirique et rarement juste. L'utilisation précoce d'outils inspirés de la logique de production industrielle peut donc permettre de déterminer un modèle d'organisation du circuit de vaccination, qu'il sera indispensable de réévaluer et d'améliorer tout au long du fonctionnement de la structure. La détermination de ces durées d'opération a donc pour objectif de disposer du juste effectif de personnel à chaque poste afin que le parcours des patients soit fluide et que le travail des agents soit régulier.

Le défi du dimensionnement réside principalement dans l'extrême fluctuation de la demande, il peut sembler judicieux de proposer une rémunération à du personnel considéré d'astreinte. Il serait ainsi acceptable de dimensionner le centre au plus juste selon les rendez-vous et de supprimer ou d'ajouter des postes rapidement en cas de mauvaise anticipation. Cet investissement pourrait donc permettre de gagner en flexibilité, la rémunération de l'astreinte rendrait ces contraintes de disponibilité plus acceptables pour les agents.

3. L'amélioration continue

L'amélioration continue est par nature difficile à évaluer a posteriori. De nombreuses améliorations ont été apportées aux pratiques du centre de vaccination tout au long de sa période de fonctionnement. L'application de méthodes de production et de qualité industrielle permet toutefois de donner un cadre à l'amélioration des pratiques. L'engagement de cycles PDCA (roue de Deming) et l'utilisation d'outils tels que le 5P lors de l'identification d'un problème permet d'aborder celui-ci en disposant d'une méthodologie robuste (87). Il faut noter cependant que dans de telles structures, des facteurs limitent le développement d'une qualité méthodique. En premier lieu, le personnel n'est pas nécessairement formé au management de la qualité, à moins donc de collaborer avec des experts mis à disposition, il semble pertinent d'utiliser des outils simples et faciles à intégrer comme les 5P, la roue de Deming et les 5S.

D'autre part, l'accueil du public sur de grandes plages horaires et tous les jours de la semaine ne libère que peu de temps pour des aménagements de l'espace et pour mener des réflexions de groupe. Enfin, cette méthodologie de résolution de problématiques doit être diffusée par les coordinateurs du centre et encouragée à tous les niveaux hiérarchiques pour espérer en tirer les meilleurs résultats.

4. La qualité pour l'adhésion à la vaccination

La satisfaction client/patient est généralement l'objectif du Lean. S'il n'est pas celui fixé par cette étude du fait du contexte pandémique, il doit être pris en compte au cours de l'étude car il permet de déterminer des axes d'amélioration. De plus, le temps de parcours dans ce centre (objectif de l'étude) est un des facteurs de satisfaction des patients. Il s'agit donc d'être en mesure d'évaluer la qualité perçue de la structure par le public.

Un formulaire de satisfaction était disponible au centre de vaccination. Les questions portaient sur le temps passé dans le centre, sur l'accessibilité, la sécurité, la confidentialité et sur la qualité des informations reçues. Chaque item est noté de 0 (totalement insatisfait) à 10 (totalement satisfait).

Le Tableau 2 présente les résultats obtenus.

Tableau 2- Résultats du questionnaire de satisfaction à destination du public vacciné dans le centre, source : (12)

Des questions	Fortement satisfait n (%)	Plutôt satisfait n (%)	Légèrement satisfait n (%)	Légèrement insatisfait n (%)	Plutôt insatisfait n (%)	Fortement insatisfait n (%)
Durée du séjour dans l'établissement	4163 (88,5)	446 (9,5)	28 (0,6)	13 (0,3)	10 (0,2)	42 (0,9)
Respect des règles d'hygiène	3983 (87,5)	537 (11,8)	16 (0,3)	9 (0,2)	4 (0,1)	1 (0,0)
Respect de la confidentialité	3852 (84,7)	641 (14,1)	32 (0,7)	9 (0,2)	8 (0,2)	8 (0,2)
Disponibilité du personnel	4371 (96,1)	161 (3,5)	14 (0,3)	1 (0,0)	2 (0,0)	1 (0,0)
Qualité des informations	3564 (78,4)	789 (17,3)	129 (2,8)	28 (0,6)	24 (0,5)	14 (0,3)
Accessibilité	3704 (78,8)	850 (18,1)	76 (1,7)	34 (0,7)	25 (0,5)	8 (0,2)

Les résultats sont exprimés en fréquence et en pourcentage.

L'analyse de ces résultats montre une satisfaction globale très élevée, reflet de l'efficacité du centre. Les limites de l'interprétation de ces données sont le faible taux de remplissage de ce questionnaire ; 4 712 personnes ont répondu soit 0.94 % de l'ensemble des patients vaccinés au centre. De plus, ce questionnaire a été proposé tardivement, dans une période de moindre affluence. L'impact d'une prise de rendez-vous rapide n'a pas été évaluée. D'autre part, les patients se présentant au centre pour des doses de rappel bénéficiaient d'un moindre temps de parcours. Leur première expérience du centre semblait également améliorer la seconde. On note toutefois une satisfaction de 96 % quant à la disponibilité du personnel qui reflète le sérieux et l'engagement des étudiants dans cette campagne de vaccination.

C. Dessiner un « Vaccinodrome » Lean : l'équipe de vaccination

Le résumé des conclusions tirées de l'analyse de cas du centre de vaccination de Toulouse est présenté dans le Tableau 3.

Tableau 3- Synthèse des "Solutions Lean"

Catégories de gaspillages	Gaspi llages identifiés	« Solutions Lean »
Transport	Transport des doses d'un point unique vers de nombreuses destinations	Centre de vaccination de masse à proximité de la centrale de distribution, point de départ d'opérations de vaccination extérieures.
	Mauvaise estimation des besoins, transport en urgence de flacons	Flexibilité du fournisseur, lien avec la plateforme de prise de rendez-vous pour anticiper les besoins, diminuer la distance entre le fournisseur et le centre.
Stocks	Stock trop important, stockage dans les frigos à risque	Livraison quotidienne des flacons en fonction des besoins estimés du centre
	Conditions de stockage des doses strictes, difficulté de maintenir des conditions environnementales adéquates	Produire à flux tiré, investissement matériel dans des frigos sur les lignes de vaccination.
	Dégradation des stocks (chute, durée de stabilité)	Production à flux tiré
Mouvements	Allées et venues d'agents en charge de plateaux de seringues dans le hall	Déplacer la production au plus près des boîtes d'injections (contraintes : espace calme, propre, outil de suivi de la production)
	Retour en arrière des patients et longueur du parcours dans le centre	Vérification de l'éligibilité en étape 1, mutualisation d'opérations
	Nombreux déplacements d'agents et de référents relatifs à la communication	Réorganisation de l'espace pour rapprocher les secteurs communicants, organisation en équipe de vaccination pluridisciplinaire
Temps d'attente	Approvisionnement des postes de travail en matériel et fourniture	5S, équipe dédiée à la gestion logistique de la réserve, anticipation des besoins de chaque poste de travail pour la journée
	Pics d'affluence et besoin de renfort	Polyvalence des agents, identification des goulots d'étranglement qui deviennent visible
Surproduction	Production en flux poussé, destruction des seringues préparées non injectées	Production à flux tiré

Activités sans valeur ajoutée	Identification des tâches sans valeur ajoutée	Cartographier le processus
	Triple contrôle des seringues	Déplacer le préparateur à proximité du vérificateur-injecteur
	Contrôle excessif du questionnaire médical	Définition de procédures simples, formation des agents, identifications d'équipes pluridisciplinaires pour favoriser la confiance
	Système de pointage papier	Investissement dans l'outil numérique, exploitation des compétences des agents
Défauts	Identification des erreurs	Mise en place d'un système de traçabilité des incidents
	Types d'erreurs	Identifier les erreurs de mêmes catégories, réaliser des cycles d'amélioration continue, élaborer un référentiel défaut, management visuel
	Doses non conformes	Vérification en cours de production, correction rapide des erreurs de manipulation
Ressources humaines	Attribution des postes	Détermination en amont des compétences pour chaque tâche
	Manque de polyvalence des agents	Formation continue accessible à tous
	Implication et motivation des agents	Sensibilisation en amont du recrutement à la nature de la crise, constitution de groupes de travail incluant les agents, communication et information sur les évolutions et les problématiques rencontrées, transparence de la part de la coordination
Surcharge et irrégularité	Sur et sous dimensionnement	Calcul du Takt Time
	Flexibilité du dimensionnement	Rémunération des astreintes
Amélioration continue		Mise en place d'un reporting systématisé, évaluation des améliorations apportées à la structure

L'analyse de cas par les outils Lean nous incite à remodeler le système sectoriel appliqué au centre de vaccination. Une organisation en équipe de vaccination ou unité de vaccination semble répondre à une partie des problématiques identifiées que l'on peut compiler en 5 catégories :

- La communication inter-secteur
- La production en flux poussé
- Les tâches et contrôles surnuméraires
- Les mouvements créateurs de désordre
- Le dimensionnement en effectifs du centre

L'équipe de vaccination permet ainsi de travailler en équipes réduites et de standardiser le fonctionnement intra-unité. Cette organisation peut également permettre d'évaluer plus rapidement le temps nécessaire au processus de vaccination global. Le positionnement central du préparateur semble présenter de nombreux avantages : il est alors possible de produire en flux tiré, selon la demande de l'injecteur qui est à proximité. Le contrôle de la dose sera effectué par l'injecteur. Le préparateur peut gagner en polyvalence et devenir une ressource pour renforcer les autres postes de sa ligne ou pour résoudre des problématiques liées à l'injection ou au tri médical.

Le fonctionnement en équipe de vaccination peut également permettre de proposer des circuits différents dans le centre. Par exemple, des lignes rapides peuvent être dédiées aux secondes injections. D'autres structures se sont organisées en lignes selon les antécédents médicaux et les complications potentielles (88). L'administration dans le centre de deux vaccins différents peut également être facilitée par cette organisation. Un management visuel par la couleur peut indiquer quel vaccin est disponible dans quelle ligne. L'ajustement du nombre de lignes dédiées à un vaccin peut ainsi être facilité.

En évaluant la capacité de vaccination d'une ligne sur un temps donné, il est également possible d'envisager d'en adapter le nombre, même au cours de la journée.

Définir l'équipe de vaccination consiste à définir la bonne taille d'un maillon de la structure pour bénéficier d'un flux continu. Les chiffres du centre de vaccination de Toulouse indiquent qu'une équipe de vaccination constituée d'un seul personnel à chaque poste serait à l'origine d'un déséquilibre trop important.

Toutefois, pour disposer d'un niveau de flexibilité suffisant, cette équipe ne doit pas être trop grande. La structure doit pouvoir s'adapter au plus juste aux variations d'activité en « allumant » ou en « éteignant » les équipes de vaccination entières.

Le poste pour lequel l'opération est la plus courte doit être le centre de l'équipe, autour duquel le nombre d'agents nécessaires à chaque poste sera défini. Le préparateur est donc unique dans cette configuration et le nombre d'injecteurs, d'agents administratifs d'entrée, de trieurs et d'agents administratifs de sortie sera calculé de sorte à obtenir un flux le plus lisse possible.

D. Exemple de modèle

Une équipe de vaccination type inspirée du modèle Lean et des propositions développées tout au long de l'étude pourrait être illustrée par la Figure 15. Elle serait composée de 9 agents et serait en capacité de vacciner environ 40 patients par heure.

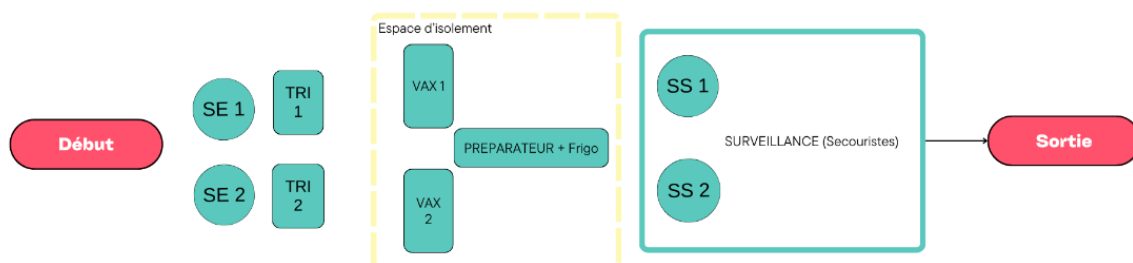


Figure 15- Modèle d'une équipe de vaccination de base pour un centre de vaccination de masse

La prise de température est volontairement ignorée, cette opération a rapidement été supprimée car il a été considéré qu'elle n'avait pas de pertinence pour le dépistage de l'infection à SRAS-COV2 à l'entrée des centres de vaccination.

L'enregistrement administratif est positionné en première étape du circuit, il permet d'améliorer la traçabilité administrative des patients se présentant au centre et peut permettre de réduire le nombre d'erreurs concernant le schéma de vaccination en facilitant la vérification des vaccinations précédentes. Cette modification permet d'alléger la charge de travail des agents du tri en aval.

Les trieurs sont donc à proximité des injecteurs, ce qui peut participer à améliorer la communication entre les deux postes. Il peut être également envisagé de combiner les secteurs de tri et de secrétariat d'entrée (8). Certains centres de vaccination ont imaginé des îlots qui combinent le tri et l'injection avec des résultats satisfaisants (89). La mutualisation géographique des opérations est donc une stratégie à envisager selon l'organisation, l'agencement et les ressources du centre.

Un espace d'isolement constitue le centre de la ligne, le préparateur est ainsi installé dans un espace calme, à proximité des injecteurs pour produire en fonction des besoins. Notons que cette configuration, peut également dissuader les tentatives de fraudes, en protégeant les étudiants qui ne sont pas strictement isolés avec un patient dans le box.

Enfin, le secrétariat de sortie enregistre la vaccination durant la période de surveillance.

Le personnel « volant » et notamment le personnel dédié à l'orientation du public et à l'accompagnement des personnes à mobilité réduite est signalé comme indispensable, il bénéficie du gain d'échelle des centres de vaccination de masse.

L'étape suivante aurait été d'évaluer cette organisation, de calculer à nouveau un *Takt Time*, puis d'ajuster et d'améliorer le fonctionnement de l'équipe pour équilibrer au maximum les opérations.

Cet exemple de modèle correspond à la vaccination Covid-19. L'objectif de l'étude est de proposer une méthodologie de réflexion. La détermination du modèle est dépendant des caractéristiques du vaccin (à reconstituer ou non), des spécificités de l'acte de vaccination, de l'espace disponible et des ressources humaines disponibles. Une autre épidémie n'aurait pas les mêmes caractéristiques et il s'agirait donc selon celles-ci, de mener la même réflexion pour proposer un modèle adapté. La modélisation et les exercices de simulation pourraient également permettre de modifier certains paramètres, de mesurer les temps des opérations selon ces paramètres et de déterminer une équipe de vaccination optimale.

E. Limites de l'étude :

Cette étude de cas comporte néanmoins plusieurs limites.

Tout d'abord, sa réalisation a posteriori implique que les propositions évoquées ne peuvent pas faire l'objet de mise en application pour confirmer ou infirmer leur bénéfice ou leur faisabilité en pratique. Bien que largement décrits, les centres de vaccinations déployés dans le monde n'ont pas adopté les mêmes organisations, chacune présentant des points forts et des points faibles. Si les problématiques de centres de masse semblent se recouper, il reste difficile d'évaluer les solutions développées les unes par rapport aux autres par manque de données exploitables ou parce que les centres ne sont pas comparables. L'initiative du centre de vaccination de Toulouse d'employer des étudiants est par exemple une caractéristique unique.

Par ailleurs, les données chiffrées précises sont incomplètes, le reporting n'ayant pas été implémenté de manière systématique au sein de la structure. Ces données ne sont donc que partiellement exploitables et extrapolables et ce travail repose en partie sur l'expérience acquise durant la crise. Il est donc nécessaire d'envisager les chiffres avancés avec mesure.

Enfin, ce travail propose l'évaluation d'un mode de fonctionnement spécifique. Des propositions d'amélioration Lean menées sur une autre organisation auraient pu aboutir à des conclusions différentes.

CONCLUSION : UNE APPROCHE LEAN D'UN CENTRE DE VACCINATION DE MASSE

Pour étudier l'organisation du centre de vaccination de masse de Toulouse, nous avons volontairement utilisé des outils Lean simples et adaptés à une situation d'urgence où l'apport d'experts qualité n'est généralement pas une priorité. L'avantage réside dans l'adoption d'une démarche méthodologique, même basique, permettant d'ordonner les efforts d'optimisation dès la mise en place du projet.

La structure du centre a été conçue en hybridant les référentiels existants sur la vaccination, insuffisamment précis et adaptés, et la doctrine de médecine de catastrophe pour une structure qui, cependant, allait être amenée à durer dans le temps. Tout au long de ses 7 mois d'activité, l'organisation du centre a connu des évolutions significatives, tant pour monter en puissance que pour améliorer le processus de vaccination, illustrant la flexibilité intrinsèque de la structure. Au cœur de l'étude de cas du centre de vaccination de masse de Toulouse se dessine un défi majeur : l'impératif d'être en capacité d'accroître constamment le nombre de vaccinations tout en faisant face à des fluctuations significatives de la demande et des moyens disponibles et ce, tout en maintenant un niveau de qualité élevé. Cette dynamique a exigé une mobilisation et une flexibilité continue de la part de l'ensemble du personnel. Son organisation s'est affinée au fil du temps, aboutissant à la création progressive de fonctions et services typiques d'une entité structurée, intégrant des équipes dédiées, des fonctions support et une hiérarchie clairement définie, répliquant ainsi le modèle organisationnel d'une entreprise ou d'un hôpital.

Le Lean, méthode de production flexible par nature a permis, par l'étude méthodique des gaspillages des activités du centre, d'interroger le découpage des tâches et l'organisation en secteur du centre. Il semble que la polyvalence et la communication sont deux éléments à favoriser pour optimiser l'efficacité du processus. Une bonne gestion du flux est, pour sa part, largement favorisée par l'anticipation des temps dédiés à chaque tâche afin de permettre une évaluation au plus juste des besoins en ressources humaine.

L'application de la méthodologie Lean incite au travail en petites équipes pour aboutir à la proposition d'un centre constitué d'un ensemble d'équipes de vaccination standardisées, prêtes à être déployées rapidement et efficacement en cas de besoin. Le défi est d'en estimer la taille idéale, suffisamment réduite pour ne pas perdre en flexibilité par rapport à l'organisation sectorielle mais adaptée aux cadences des différentes opérations. L'économie d'échelle réalisée par la vaccination en centre de masse serait donc réalisée sur les effectifs incompressibles comme les agents d'orientation, des fonctions support, de la surveillance post vaccination et de la supervision, notamment médicale.

L'étude a également mis en évidence l'attention majeure qui doit être portée à la gestion des ressources humaines. L'emploi d'étudiants a permis au centre de Toulouse de disposer d'un personnel dynamique, motivé et impliqué dans la campagne. Leur gestion nécessite toutefois une approche pédagogique soutenue par un management transparent, pour maintenir leur engagement et leur adhésion. Le leadership facilitateur proposé par les responsables du SAMU 31 offrant une grande autonomie de management opérationnel aux étudiants référents est un élément central de la performance du centre de Toulouse.

Cette étude offre donc une approche méthodique de recherche d'optimisation du plus grand centre de vaccination d'Europe. Il faut toutefois prêter attention au fait que les chiffres et les constatations de l'étude sont empiriques, comme dans la plupart des autres publications à ce sujet, ce qui souligne l'importance de l'anticipation du reporting en cas de crise. De plus, les propositions évoquées mériteraient d'être testées pour en mesurer les bénéfices : le développement de la modélisation informatique pourrait être un bon outil pour y parvenir (90).

CONCLUSION GENERALE

Dans le contexte de la réponse aux pandémies et plus précisément dans la mise en place des centres de vaccination de masse, un modèle proche du fordisme s'est naturellement imposé. Cette approche, privilégiant le gain d'échelle et d'agglomération, semble à première vue offrir une solution logique pour maximiser l'efficacité et la rapidité des campagnes de vaccination. Cependant, l'expérience industrielle nous enseigne que cette méthode présente des limites, notamment en termes de flexibilité et d'efficience opérationnelle. L'industrie a évolué au-delà du fordisme vers le management Lean en reconnaissant que la rigidité des systèmes de production de masse peut entraver l'adaptabilité et la réactivité nécessaires dans un environnement changeant. L'adoption des principes du Lean management, habituellement réservés au secteur industriel, fait l'objet d'une attention particulière pour les systèmes de santé. Les concepts d'identification des gaspillages, d'amélioration continue et d'optimisation des flux, bien que traditionnellement appliqués à la production, pourraient être pertinents et bénéfiques dans le cadre de la vaccination de masse.

Cette étude propose donc une réévaluation des modèles opérationnels utilisés dans les centres de vaccination de masse, suggérant qu'une approche inspirée du Lean pourrait constituer une évolution bénéfique. Les mêmes outils pourraient conduire à d'autres propositions en fonction des situations ; cette étude n'a pas vocation à définir une solution ou un système unique. Cependant, une méthodologie commune et des objectifs communs pourraient permettre une réponse plus équitable et efficiente.

La difficulté à évaluer de manière plus approfondie les stratégies mises en œuvre dans les centres de vaccination de masse, principalement due à un reporting laissé au second plan au profit de la gestion opérationnelle, montre la nécessité d'améliorer la collecte et l'analyse des données en période de crise. Par conséquent, la modélisation se développe comme un outil prometteur pour pallier cette insuffisance, en offrant la possibilité de simuler divers scénarios et d'anticiper les besoins, ainsi que d'adapter les ressources de manière plus précise et fondée à la situation donnée.

La crise Covid-19 a mis en lumière le défi de supporter le poids d'une pandémie et les besoins conséquents dédiés à l'endiguer. Pour développer la préparation et la résilience des professionnels de santé et futurs professionnels de santé, l'enseignement des leçons tirées de la crise et les exercices de simulation doivent devenir des outils incontournables (91).

L'heure est donc à l'intégration de la prévention des risques infectieux dans les priorités des politiques de santé publique par une étroite collaboration entre les domaines de la santé, de l'écologie et de la gestion des crises, pour concevoir des réponses qui soient efficaces, pragmatiques et non seulement centrées sur l'humain, mais également sur son environnement social et écologique.

BIBLIOGRAPHIE

1. Coccolini F, Cicuttin E, Cremonini C, Tartaglia D, Viaggi B, Kuriyama A, et al. A pandemic recap: lessons we have learned. *World J Emerg Surg.* (2021) [10.1186/s13017-021-00393-w].
2. Goralnick E, Kaufmann C, Gawande AA. Mass-Vaccination Sites — An Essential Innovation to Curb the Covid-19 Pandemic. *New England Journal of Medicine* (2021) [10.1056/NEJMp2102535].
3. DGS (2012) Guide de préparation à une campagne de vaccination exceptionnelle. https://sante.gouv.fr/IMG/pdf/PREPARATION_CAMPAGNE_VACCINATION_EXCEPTIONNELLE_DGS_2012.pdf
4. Gianfredi V, Pennisi F, Lume A, Ricciardi GE, Minerva M, Riccò M, et al. Challenges and Opportunities of Mass Vaccination Centers in COVID-19 Times: A Rapid Review of Literature. *Vaccines* (2021) [10.3390/vaccines9060574].
5. CDC (2020) Checklist of Best Practices for Vaccination Clinics Held at Satellite, Temporary, or Off-Site Locations <https://www.izsummitpartners.org/content/uploads/2019/02/off-site-vaccination-clinic-checklist.pdf>
6. Lazarus JV, Ratzan SC, Palayew A, Gostin LO, Larson HJ, Rabin K, et al. A global survey of potential acceptance of a COVID-19 vaccine. *Nat Med* (2021) [10.1038/s41591-020-1124-9].
7. OMS (31 décembre 2020) Immunité collective, confinement et COVID-19 <https://www.who.int/fr/news-room/questions-and-answers/item/herd-immunity-lockdowns-and-covid-19>
8. Fan J, Zhu L, Wu X, Luo C, Huang A, Wang W. COVID-19 vaccination in the mass vaccination center: clinical practice and effectiveness analysis. *Front Public Health* (2023) [10.3389/fpubh.2023.1072883].
9. Lafon M. (2006) Jeffrey LIKER LE MODÈLE TOYOTA 14 Principes qui feront la réussite de votre entreprise [notes de cours]. Conservatoire National des Arts et Métiers, N° Auditeur : 02-00943, Fiche de lecture DSY221/222
10. Flauder J. Déploiement du Lean Management dans un atelier de conditionnement et conduite du changement Th. D : Sciences Pharmaceutiques : Bordeaux : 2015 : 101
11. Smith IM, Smith DTL. Mass production methods for mass vaccination: improving flow and operational performance in a COVID-19 mass vaccination centre using Lean. *BMJ Open Qual* (2021) [10.1136/bmjopen-2021-001525].
12. Houze-Cerfon V, Viault B, Zerdoud L, Ged M, Vergé S, Metz F, et al. Setting up the Largest Mass Vaccination Center in Europe: The One-Physician One-Nurse Protocol. *Vaccines* (Basel). (2023) [10.3390/vaccines11030643
13. Shakory S, Eissa A, Kiran T, Pinto AD. Best Practices for COVID-19 Mass Vaccination Clinics. *Ann Fam Med* (2022) [10.1370/afm.2773].

14. OMS Dix ennemis que l'OMS devra affronter cette année. <https://www.who.int/fr/news-room/spotlight/ten-threats-to-global-health-in-2019>
15. HCSP (2022) Révision du plan de lutte contre la variole. Rapport de l'HCSP. Paris: Haut Conseil de la Santé Publique; <https://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=1279>
16. Vie-publique.fr (2023) Qu'est-ce que le taylorisme ? <http://www.vie-publique.fr/fiches/270751-quest-ce-que-le-taylorisme>
17. Wallon H. Taylorisme, rationalisation, sélection, orientation. Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé. Technique, Art et Science : p. 5-7 (1947) [<https://doi.org/10.4000/pistes.2612>].
18. Rodrigue JP. (2009) Chapitre 3_Seconde vague: Fordisme et post-fordisme. Dans L'espace économique mondial. Presses de l'Université du Québec.
19. FasterCapital (2024) Production de masse l'évolution de la production de masse sur la chaîne d'assemblage. <https://fastercapital.com/fr/contenu/Production-de-masse---l-evolution-de-la-production-de-masse-sur-la-chaîne-d-assemblage.html>
20. Alves AC, Dinis-Carvalho J, Sousa RM. Lean production as promoter of thinkers to achieve companies' agility. D. Putnik G, éditeur. The Learning Organization (2012) [10.1108/09696471211219930].
21. Chaplin C. (1936) Modern Times. United Artists.
22. Beauvallet G, Houy T. (2009) L'adoption des pratiques de gestion lean. Cas des entreprises industrielles françaises. Revue française de gestion.
23. LIKER J. (2004) The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer. 1ère. McGraw-Hill Professional.
24. Ohno T. (1988) Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. CRC Press.
25. Reinhard E. Contribution méthodologique à l'introduction du lean office dans un service support de gestion des approvisionnements : analyse longitudinale par étude de cas dans une entreprise fournisseur du secteur de la santé. Th. Sciences de Gestion : Strasbourg : 2017.
26. Mingarine Y. Le lean management appliqué à l'optimisation d'un atelier de production. Cas pratique. Th. D : Sciences Pharmaceutiques : Marseille : 2018.
27. Patchong A. (2006) La structure de la "maison" TPS. Lean Machine Square <https://www.leanmachinesquare.com/2006/09/05/la-structure-de-la-%E2%80%9Cmaison%E2%80%9D-tps>
28. LeanSixSigmaFrance (2021) 11. Muda, Muri, Mura pour éliminer le gaspillage <https://leansixsigmafrance.com/blog/muda-muri-mura-pour-eliminer-le-gaspillage/>
29. Krafcik JF. (1988) Triumph Of The Lean Production System. Sloan Management Review. 41:41.
30. Womack JP, Jones D t., Roos D. (1990) The Machine That Changed the World : Based on the Massachusetts Institute of Technology 5-Million-Dollar 5-Year Study on the Future of the Automobile. 1ère. Scribner.

31. D'Andreamatteo A, Ianni L, Lega F, Sargiacomo M. Lean in healthcare: A comprehensive review. Health Policy. (2015) [10.1016/j.healthpol.2015.02.002] .
32. Womack JP, Jones D (1996) Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. 1ère. Simon & Schuster Ltd
33. Wevalgo 2, 5, 7 ou 14 principes du Lean ? Lequels sont les «vrais» principes. <https://www.wevalgo.com/fr/savoir-faire/gestion-lean/lean-vrai-principes>
34. TOYOTA MOTOR CORPORATION GLOBAL WEBSITE | 75 Years of TOYOTA | Current Conditions | Toyota Way 2001 https://www.toyota-global.com/company/history_of_toyota/75years/data/conditions/philosophy/toyotaway2001.html
35. Liker J. Rother M. (s. d.) Why Lean Programs Fail. <https://vanguardmetoden.se/wp-content/uploads/2017/02/Why-Lean-Programs-Fail.pdf>
36. Zaghmouri N. (2020) Le lean healthcare : de l'approche méthodologique au management bienveillant. 8ème Congrès ARAMOS L'innovation organisationnelle et managériale en santé : Cadre théorique, analyse d'impact sur les pratiques professionnelles et l'organisation des soins. Paris, France. <https://hal.science/hal-03437857>
37. King DL, Ben-Tovim DI, Bassham J. Redesigning emergency department patient flows: application of Lean Thinking to health care. Emerg Med Australas. (2006) { 10.1111/j.1742-6723.2006.00872.x}
38. Varoquaux W. (1997) Une brève histoire du TQM. Revue Française de Gestion Industrielle.
39. ISO : Système de management de la qualité. Exigences. ISO 9001:2000. <https://www.iso.org/fr/standard/21823.html>
40. Magnani F. La dimension humaine du Lean : le cas du Groupe PSA. Th ; Sciences de Gestion ; Université Panthéon-Sorbonne - Paris I; 2018.
41. Fernandez A. (2022) Management et Performance. Qu'est-ce que le Kanban ? [piloter.org. https://www.piloter.org/six-sigma/kanban.htm](https://www.piloter.org/six-sigma/kanban.htm)
42. Team AC. (2022) La méthode des 5 P pour analyser les causes premières : de quoi s'agit-il, quand est-elle utile, et comment s'en servir ? Adobe Expérience Cloud Blog <https://business.adobe.com/fr/blog/basics/5-whys-root-cause-analysis>
43. OMS (2021) Vaccins et vaccination : qu'est-ce que la vaccination ? <https://www.who.int/fr/news-room/questions-and-answers/item/vaccines-and-immunization-what-is-vaccination>
44. RUPP J. Impact du disque vaccinal sur la connaissance du calendrier vaccinal 2014 Enquête auprès de 321 médecins généralistes en France. Th. D. Médecine : Strasbourg : 2015.
45. Sarlangue J. Histoire des vaccinations, de la variole à la Covid-19. Perfectionnement en Pédiatrie (2022) [10.1016/j.perped.2022.01.012].
46. Fauchère J.L. Napoléon lance la première campagne de vaccination contre la variole. LaRecherche. <https://www.larecherche.fr/histoire-des-sciences-sant%C3%A9-vaccins/napoleon-lance-la-premi%C3%A8re-campagne-de-vaccination-contre-la-variole>

47. INED (2007) La variole. https://www.ined.fr/fichier/s_rubrique/262/variole.fr.pdf
48. Inserm (2022) Thérapies à ARN · Inserm, La science pour la santé. <https://www.inserm.fr/dossier/therapies-a-arn/>
49. Morens DM, Folkers GK, Fauci AS. What is a pandemic? J Infect Dis. (2009) [10.1086/644537].
50. Lipsitch M, Swerdlow DL, Finelli L. Defining the Epidemiology of Covid-19 — Studies Needed. N Engl J Med (2020) [10.1056/NEJMp2002125].
51. Ministère du travail, de la santé et des solidarités (2019) Guide d'aide à la préparation et à la gestion des tensions hospitalières et des situations sanitaires exceptionnelles. https://sante.gouv.fr/IMG/pdf/guide_situation_sanitaire_exceptionnelle.pdf
52. HAS (2022) Doctrine vaccinale de lutte contre les orthopoxvirus. https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2022-10/doctrine_vaccinale_de_lutte_contre_les_orthopoxvirus_note_de_cadrage.pdf
53. Ministère du travail, de la santé et des solidarités (2006) Plan national de réponse à une menace de variole. https://sante.gouv.fr/IMG/pdf/plan_variole_2006-2.pdf
54. Spellberg B, Guidos R, Gilbert D, Bradley J, Boucher HW, Scheld WM, et al. The epidemic of antibiotic-resistant infections: a call to action for the medical community from the Infectious Diseases Society of America. Clin Infect Dis. (2008) [10.1086/524891].
55. OMS (2014) Premier rapport de l'OMS sur la résistance aux antibiotiques: une menace grave d'ampleur mondiale. <https://www.who.int/fr/news/item/30-04-2014-who-s-first-global-report-on-antibiotic-resistance-reveals-serious-worldwide-threat-to-public-health>
56. WHO EMRO (2004) World Health Organization - Regional Office for the Eastern Mediterranean : Maladies émergentes : Thèmes de santé. <http://www.emro.who.int/fr/health-topics/emerging-diseases/Page-1.html>
57. Dufour B. Les causes de l'émergence des maladies infectieuses. Bull Acad Natl Med (2017) [10.1016/S0001-4079(19)30410-8].
58. McMahon BJ, Morand S, Gray JS. Ecosystem change and zoonoses in the Anthropocene. Zoonoses and Public Health (2018) [10.1111/zph.12489].
59. WHO (2017) One Health. <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/one-health>
60. Fan VY, Jamison DT, Summers LH. Pandemic risk: how large are the expected losses? Bull World Health Organ. (2018) [10.2471/BLT.17.199588].
61. Yamey G, Schäferhoff M, Aars OK, Bloom B, Carroll D, Chawla M, et al. Financing of international collective action for epidemic and pandemic preparedness. Lancet Glob Health. (2017)[10.1016/S2214-109X(17)30203-6].
62. vie-publique.fr (2021) Covid-19 : le coût de la crise sanitaire pour l'État. <http://www.vie-publique.fr/en-bref/281423-covid-19-le-cout-de-la-crise-sanitaire-pour-letat>

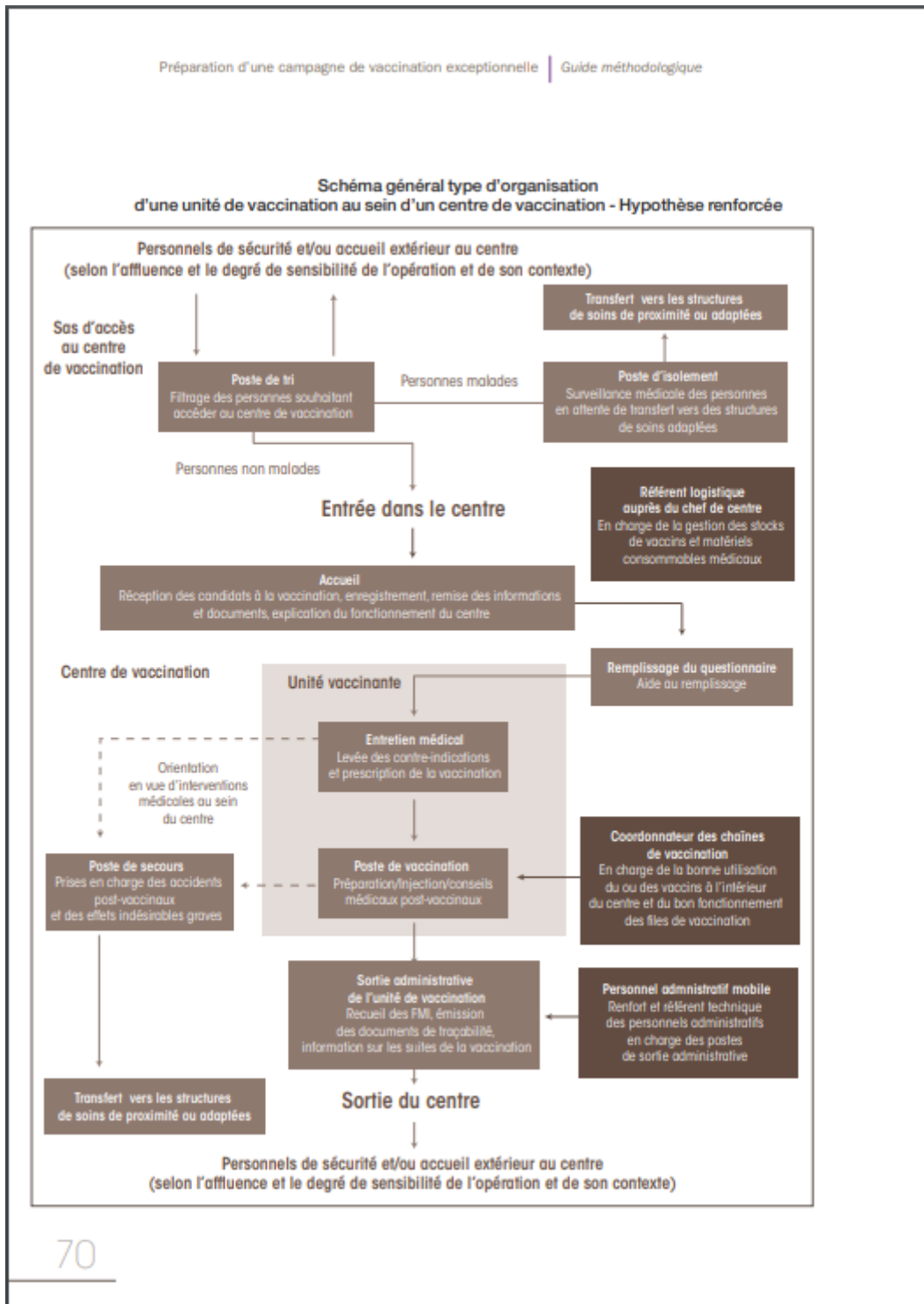
63. Thanh VN. Étude de l'adhésion à la vaccination contre le coronavirus selon le niveau de littératie en santé chez une population de patients consultant en centre de vaccination ou chez leur médecin généraliste en Haute-Normandie Th. D : Médecine : Rouen : 2023.
64. Larson HJ, Jarrett C, Eckersberger E, Smith DMD, Paterson P. Understanding vaccine hesitancy around vaccines and vaccination from a global perspective: a systematic review of published literature, 2007-2012. *Vaccine*. (2014)[10.1016/j.vaccine.2014.01.081].
65. Betsch C, Schmid P, Heinemeier D, Korn L, Holtmann C, Böhm R. Beyond confidence: Development of a measure assessing the 5C psychological antecedents of vaccination. *PLoS One* (2018) [10.1371/journal.pone.0208601].
66. Dudley MZ, Privor-Dumm L, Dubé È, MacDonald NE. Words matter: Vaccine hesitancy, vaccine demand, vaccine confidence, herd immunity and mandatory vaccination. *Vaccine* (2020) [10.1016/j.vaccine.2019.11.056].
67. Shahi GK, Dirkson A, Majchrzak TA. An exploratory study of COVID-19 misinformation on Twitter. *Online Soc Netw Media* (2021) [10.1016/j.osnem.2020.100104].
68. WHO (2021) Covid-19, prise en charge clinique. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/339920/WHO-2019-nCoV-clinical-2021.1-fre.pdf>
69. Wu Z, McGoogan JM. Characteristics of and Important Lessons From the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Outbreak in China: Summary of a Report of 72 314 Cases From the Chinese Center for Disease Control and Prevention. *JAMA* (2020) [10.1001/jama.2020.2648].
70. Santepubliquefrance (2020-2023) Coronavirus : chiffres clés et évolution de la COVID-19 en France et dans le Monde. <https://www.santepubliquefrance.fr/dossiers/coronavirus-covid-19/coronavirus-chiffres-cles-et-evolution-de-la-covid-19-en-france-et-dans-le-monde>
71. Ministère du travail, de la santé et des solidarités (2021-2023) Les avis du Conseil d'orientation de la stratégie vaccinale. <https://sante.gouv.fr/soins-et-maladies/maladies/maladies-et-infections-respiratoires/coronavirus-11069/vaccin-covid-19/article/les-avis-du-conseil-d-orientation-de-la-strategie-vaccinale>
72. Ribera-Cano A, Dupont M, Houzé-Cerfon CH, Houzé-Cerfon V, Hart A, Hertelendy AJ, et al. Evaluation of a prototype decontamination mobile unit (UMDEO) for COVID-19 vaccination: A cross-sectional survey in France. *Vaccine* (2021) [10.1016/j.vaccine.2021.10.080].
73. OMS (s. d.) Vaccins et vaccination, vue d'ensemble. <https://www.who.int/fr/health-topics/vaccines-and-immunization>
74. World Health Organization - Regional Office for the Eastern Mediterranean. Lutte contre les infections | Thèmes de santé. <http://www.emro.who.int/fr/health-topics/infection-control/Page-1.html>
75. Goldberg SA, Callaway D, Resnick-Ault D, Mandavia S, Martinez R, Bass M, et al. Critical Concepts for COVID-19 Mass Vaccination Site Operations. *Disaster Med Public Health Prep* [<https://doi.org/10.1017/dmp.2021.319>].
76. HAS (2020) Stratégie de vaccination contre le Sars-Cov-2 Recommandations intermédiaires sur les modalités de mise en œuvre de la vaccination. <https://www.has->

sante.fr/upload/docs/application/pdf/2020-12/strategie_de_vaccination_contre_le_sars-cov-2_-_recommandations_intermediaires_sur_les_modalites_de_mise_en_oeuvre_de_la_vac.pdf

77. CDC (2020) COVID-19 Vaccination Program Interim Playbook. https://www.cdc.gov/vaccines/imz-managers/downloads/COVID-19-Vaccination-Program-Interim_Playbook.pdf
78. Oliani F, Savoia A, Gallo G, Tiwana N, Letzgun M, Gentiloni F, et al. Italy's rollout of COVID-19 vaccinations: The crucial contribution of the first experimental mass vaccination site in Lombardy. *Vaccine* (2022) [10.1016/j.vaccine.2022.01.059].
79. Décret n° 91-155 du 6 février 1991 relatif aux dispositions générales applicables aux agents contractuels de la fonction publique hospitalière. 91-155 févr 6, 1991.
80. Article L1110-12 - Code de la santé publique - Légifrance Disponible sur: https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000031919050
81. Fischl B, Patterson AT, Baxter J, Watson J, Hemsworth J, Valentine D, et al. Planning Considerations and Lessons Learned From a COVID-19 Mass Community Vaccination Center. *Mil Med* (2021) [10.1093/milmed/usab303]
82. Ministère du travail, de la santé et des solidarités. Archives DGS-Urgent. <https://sante.gouv.fr/professionnels/article/archives-dgs-urgent>
83. Tocco Tussardi I, Tardivo S. Improving Risk Management by Learning from Adverse Events: Report on One Year of COVID-19 Vaccination Campaign in Verona (Northeastern Italy). *Int J Environ Res Public Health* (2022) [10.3390/ijerph19063635].
84. Légifrance (2021) Arrêté du 1er juin 2021 prescrivant les mesures générales nécessaires à la gestion de la sortie de crise sanitaire. <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFSCATA000043575835>
85. HAS, URPS, Assurance Maladie, CROM, ARS (2021) Mise en garde, Faux certificats de vaccination et discours antivaccination. <https://www.hauts-de-france.ars.sante.fr/media/81088/download?inline>
86. Ministère du travail, de la santé et des solidarités. (2021) Guide de bonnes pratiques observées dans les centres de vaccination. https://sante.gouv.fr/IMG/pdf/fiche_-_guide_bonnes_pratiques.pdf
87. Froman MN, Walser MP, Lauzardo M, Graban M, Southwick FS. Applying Lean principles to create a high throughput mass COVID-19 vaccination site. *BMJ Open Qual* (2022) [10.1136/bmjopen-2021-001617].
88. Gianfredi V, Pennisi F, Lume A, Ricciardi GE, Minerva M, Riccò M, et al. Challenges and Opportunities of Mass Vaccination Centers in COVID-19 Times: A Rapid Review of Literature. *Vaccines (Basel)* (2021) [10.3390/vaccines9060574].
89. Signorelli C, Odone A, Gianfredi V, Capraro M, Kacerik E, Chiecca G, et al. Application of the « immunization islands » model to improve quality, efficiency and safety of a COVID-19 mass vaccination site. *Ann Ig.* (2021) [10.7416/ai.2021.2456]

90. Sala F, D'Urso G, Giardini C. Discrete-event simulation study of a COVID-19 mass vaccination centre. *Int J Med Inform* (2023) [10.1016/j.ijmedinf.2022.104940].
91. Wood RM, Murch BJ, Moss SJ, Tyler JMB, Thompson AL, Vasilakis C. Operational research for the safe and effective design of COVID-19 mass vaccination centres. *Vaccine* (2021) [10.1016/j.vaccine.2021.05.024].

ANNEXES



ANNEXE 1- Schéma d'organisation d'une unité de vaccination selon le "Guide de préparation à une campagne de vaccination exceptionnelle" de 2012

PROCEDURE COMPTAGE

17H : Réunion avec : chef de centre, médecin superviseur, Master, Réf VAX, Réf prépa et IDE coordo.

IDE coordo et Réf prépa : reprendre la production si nécessaire de sorte à ce qu'à 18h les flacons d'avances soient prêts et vérifiés pour faciliter le comptage des doses d'avance.

But de cette réunion : définir clairement le rôle de chacun. Informer les autres participants au déroulement de la phase de comptage.

Un master est responsable du comptage. Sous réserve de demander à l'IDE Coordo son accord.

Il est souhaitable d'établir deux systèmes de comptage parallèles. Un pour les aiguilles de 20cm et l'autre pour celles pédiatriques.

Il faut donc : un dispatcheur avec le compteur, un Master, un Réf VAX et un interlocuteur à la prépa (Réf prépa ou IDE coordo)

17h45 : Les Réfs VAX ou le Réf dispatch (s'il y en a) demandent aux agents dispatcheur de ne plus installer les patients devant les boxs mais de les laisser dans l'allée centrale. But → faciliter le compte précis de 18h.

A partir de 17h55 : début du comptage.

Explication de la procédure au dispatcheur

Explication au dispatcheur PMR → il doit informer le dispatcheur post tri lorsque des patients passent par le circuit PMR de sorte à ce que ces patients soient comptés en temps réel par le dispatch post tri.

17h55 : Le Master donne le STOP à la vaccination, aux coureurs, au dispatcheur post tri et PMR et au Réf sec entrée qui vont demander aux agents secrétariat d'entrée de garder les patients sur les chaises de secrétariat d'entrée le temps du comptage.

Comptage des doses d'avance en prépa → Réf prépa

Comptage des doses au niveau des boxs de vaccination (ou glacières) → Réf VAX

Comptage des patients au secrétariat d'entrée et sur l'allée centrale devant les box de vaccination → Master.

ADDITION des doses disponibles en prépa + dans les boxs (ou glacière)

SOUSTRAYRE A CE TOTAL le nombre de patients en attente au secrétariat et dans l'allée centrale.

On obtient un nombre de doses d'avance disponibles.

Signal de reprise au dispatcheur post tri en lui indiquant ce chiffre. C'est le nombre de patients qu'il peut laisser passer pour écouler les doses d'avance. Il doit s'arrêter lorsqu'il y arrive.

Master donne le signal de reprise de la vaccination et des coureurs.

Lorsque le nombre de patients passés par le dispatcheur post tri s'approche du nombre de doses d'avance : Master informe le Réf prépa qui demande aux agents prépa de se tenir prêts à se remettre à préparer.

Le Master va également faire un compte dans les zones tampons, le secteur du tri et de la pré ~~vax~~ ^{vax}. Lorsqu'il compte environ 65 à 70 personnes, il est assuré d'avoir de quoi écouler 7 flacons (7*7doses/flacon=49 doses). Il appelle alors le Réf prépa pour lui demander de préparer 7 flacons.

Le dispatcheur post tri aura bloqué la file au chiffre donné à 18h. On remet alors son compteur à 0 et on lui indique qu'on peut reprendre pour 49 patients.

Ainsi de suite, jusqu'à ne demander l'ouverture que de 5 flacons, puis 3, puis 2, puis 1.

Lorsque le dispatcheur post tri bloque après le dernier chiffre donné par le Master et qu'il n'y a pas encore 7 patients dans la file on lui demande de faire patienter les gens dans la file.

Le Master se rend au niveau des box de vaccination et récupère lui-même les derniers plateaux qui arrivent de prépa pour faire la distribution et compter à nouveau exactement le nombre de patients et le nombre de doses restantes.

A partir de 18h30 les boxs doivent fermer progressivement en partant du coté salle logistique vers le box PMR pour centraliser les patients en attente dans la rangée centrale sur uniquement les 2 couloirs adultes les plus proches du box PMR. Les Réf VAX gèrent la fermeture progressive des boxs. **A 18h45** seules doivent rester ouverts : le box PMR et deux ou trois couloirs maximums de box adultes.

Le master refait donc un compte exact des doses en cours de préparation en lien avec le Réf prépa, des doses qu'il a éventuellement dans la main, des patients assis en attente devant les boxs et des patients en attente dans la file de tri pour savoir s'il est nécessaire de rouvrir un flacon. Puis si c'est nécessaire il informe la prépa s'il est nécessaire d'ouvrir un dernier flacon patient et prend note des doses qu'il restera de ce flacon après vaccination des derniers patients.

En parallèle et à partir de 18h15 environ :

Réf Formation rassemble les étudiants, bénévoles, militaires ou pompiers volontaires pour se faire vacciner en fin de journée dans la salle de formation.

Le Réf TRI détache à **18h30** quelques trieurs pour se rendre en salle de formation et faire le tri des volontaires.

A 18h45 le Réf Formation doit être en mesure de donner au master le nombre exact de volontaires pour la vaccination.

Les pompiers et militaires sont prioritaires. Les secondes injections également.

Puis selon le nombre d'étudiants et bénévoles volontaires : on finit les doses restantes des flacons ouverts pour les patients. S'il reste un multiple de 7, on peut alors demander à la prépa de rouvrir jusqu'à 2 flacons supplémentaires pour les étudiants voulant se faire vacciner.

S'il y a plus de volontaires que de doses : choisir en proposant à ceux qui reviennent travailler une après midi le lendemain ou le sur lendemain d'être prioritaire la prochaine fois qu'ils travaillent.

ANNEXE 2- Procédure Comptage d'origine du centre de Vaccination de Toulouse¹²

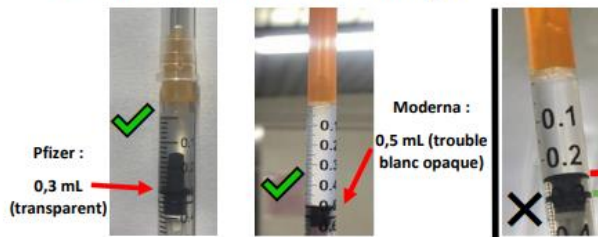
¹ Le terme Master fait référence aux étudiants chargés de la coordination générale du centre.

² La procédure n'a volontairement pas été modifiée et présentée telle qu'elle a été initialement rédigée.

CHECK-UP CONFORMITÉ SERINGUES



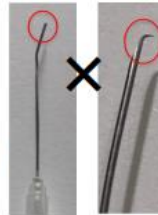
➤ Vérifier la contenance de la seringue



➤ Vérifier l'état de l'aiguille

- ✓ Droite et sans courbure sur toute la longueur ✓

⚠ Attention ⚠
à l'état du biseau (crocheté)



➤ Vérifier la présence de l'étiquette

Concordance du vaccin avec la fiche patient
ET Heure de production : il y a moins de 5h

➤ Vérifier la présence de bulle

- ✓ Microbulles au niveau du piston



- ✗ Ne pas essayer de corriger une erreur (correction de bulle, redressage d'aiguille...)
- ✗ Ne pas les jeter dans les DASRI => TOUTE seringue possédant un défaut DOIT être ramenée en zone de prépa pour être décomptée
- ✗ Ne pas utiliser une seringue transportée SANS capuchon OU tombée lors du transport ou de la manipulation => renvoi préparation

✗ Seringues à écarter :

- ✗ Les grandes bulles prenant une graduation entière => **non**
- ✗ Trop de microbulles => **non**



- ✗ Effet « Perrier » : microbulles sur tout le long de la paroi



En cas de doute, ne pas hésiter à demander à son référent
Mieux vaut poser une question que de commettre une erreur !

	ANNÉE NB TOTAL PONDÉRE	D	SEC	ESEC	SEF	SEC	PREV	POSTV	PREP	REF	PREI	TRI	REF	TRIVACC	A	V	C	I	PF Agent	ECHAGE EXISTANTS	
HG	tous 72	100	100	75											0	100	0,75	0,75	0	0	
COURISME & COMMUNICATION	tous 28	100	100	75											0	100	0,75	0,75	0	0	
PSYCHO & SOCIAL & EDUCATI	tous 72	100	100	75											0	100	0,75	0,75	0	0	fait
ARCHI & DESIGN	tous 13	100	100	100											0	100	0,75	0,75	0	0	fait
COMM ECO GESTION	tous 210	100	100	75											0	100	0,75	0,75	0	0	fait
ARTS & LETTRES	tous 72	100	75	75											0	100	0,75	0,75	0	0	fait
SCIENCES PO	tous 33	75	75	100											0	100	0,75	0,75	0	0	fait
DROIT	tous 195	75	75	100											0	75	0,75	0,75	0	0	fait
STAPS	tous 57	100	50	25											0	100	0,75	100	0	0	fait
BIO	1 81	100	75	50											0	100	0,75	0,75	0	0	fait
	2 24	75	75	100											0	100	0,75	0,75	0	0	fait
INFO	1 17	100	75	75											0	75	0,75	0,75	0	0	fait
	2 24	75	75	100											0	50	0,75	0,75	0	0	fait
	3 48	43	50	75											0	25	0,50	0,50	100	0	fait
SCIENCES	1 88	100	75	50											0	100	0,75	0,75	0	0	fait
	2 83	93	75	100	75										0	75	0,75	0,75	0	0	fait
	4 45	40	50	75	100										0	50	0,50	0,50	25	0	fait
INGE S	1 22	41	75	100	75										0	75	0,75	0,75	0	0	fait
	3 48	43	50	75	100										0	50	0,50	0,50	25	0	fait
MATHS	1 22	68	75	100	100										0	100	0,75	0,75	0	0	fait
	3 48	43	50	75	100										0	75	0,50	0,50	25	0	fait
IDE	1 14	25	25	25											0	100	0,50	0,50	0	0	fait
	2 83	93	0	0											75	0,50	0,25	0,25	0	50	fait
I SPE	tous	0	0	0											50	0,25	0,25	0,25	0	50	fait
	2 83	113	0	0											50	0,25	0,25	0,25	0	50	fait
	4 45	195	0	0											75	0,25	0,25	0,25	0	50	fait
PHARMA	6	16	0	0											100	0,25	0,25	0,25	0	50	fait
	Int	9	0	0											50	0	0	0	0	0	fait
DENTAIRE	2 83	108	0	0											0	0,50	0,50	0,50	0	50	fait
	4 45	57	0	0											75	0,25	0,25	0,25	0	50	fait
	1 304	100	100	75											0	100	0,75	0,75	0	0	fait
	2 83	244	0	0											75	0,50	0,50	0,50	0	50	fait
	4 45	150	0	0											75	0,25	0,25	0,25	0	50	fait
MED	6	9	0	0											100	0,25	0,25	0,25	0	50	fait
	Int	1	0	0											50	0	0	0	0	0	fait
KINE	1 82	30	25	25	25										0	50	0,50	0,50	0	50	fait
	3 84	43	0	0											0	25	0,50	0,50	0	50	fait
MAIEUTIQUE	2 83	26	0	0											0	50	0,50	0,50	0	50	fait
	4 45	15	0	0											100	0,25	0,25	0,25	0	50	fait
AUTRES SANTE	tous	25	25	25											0	0,50	0,50	0,50	0	50	fait
VETO	tous	25	25	25											0	0,50	0,50	0,50	0	50	fait

ANNEXE 4- Tableau d'attribution des postes au centre de Vaccination

Cas speciaux

Comp

PSE 1	prevax 50
PSE 2	prevax 50 post vax 75
formation secours vaccino	prevax 50 post vax 50
PSE 2 formé vax vaccino	vax 50
formation prepa	prepa 25

Referents :
25 sur competences normales
25 sur competences ref pendant formation de referent
100 sur competences ref ensuite

AUTEUR : Léa ZERDOUD

TITRE : Les méthodologies de production industrielle pour optimiser la vaccination de masse : application du Lean au centre de vaccination de masse de Toulouse

DIRECTEUR DE THÈSE : Dr. Benoit Viault

LIEU ET DATE DE SOUTENANCE : À Toulouse, le vendredi 12 avril 2024

Résumé en français

En France, après l'autorisation de vaccins à ARNm contre la Covid-19, la campagne de vaccination a commencé dans les hôpitaux et clinique pour la population à risque dite éligible, susceptible de développer une forme grave de la maladie. Lorsque l'approvisionnement en vaccins est devenu suffisant, des centres de vaccination de masse ont ouvert leurs portes. La recherche d'efficacité de ces centres, du maintien d'un niveau élevé de qualité pour favoriser la confiance de la population, ainsi que son agencement en ligne de vaccination, rappellent la logique de production industrielle. Cette étude sur penche sur l'utilisation a posteriori d'outils du Lean, méthode de production issue des usines de l'entreprise Toyota comme évolution des limites fordistes, au centre de vaccination de masse de Toulouse. Elle propose des pistes d'amélioration pour l'optimisation de la vaccination de masse dans un contexte où le risque infectieux émergent est exacerbé par les comportements humains et le changement climatique.

Titre et résumé en anglais

Industrial production methodology to optimise mass vaccination : application of Lean to the Toulouse mass vaccination center.

In France, after the authorization of mRNA vaccines for Covid-19, the vaccination campaign began in hospitals and clinics for the so-called eligible at-risk population, likely to develop a serious form of the disease. When vaccine supplies became sufficient, mass vaccination centers opened. The quest for efficiency of these centers, maintaining a high level of quality to foster the confidence of the population, as well as its arrangement in a vaccination line, recalls the logic of industrial production. This study focuses on the a posteriori use of Lean tools, a production method from the Toyota factories as an evolution of Fordist limits, at the mass vaccination center in Toulouse. It suggests ways to improve the optimization of mass vaccination in a context where the emerging infectious risk is exacerbated by human behavior and climate change.

Mots-Clés : Lean, Production, Covid-19, Centre de Vaccination, Vaccination de masse

Discipline administrative : Sciences Pharmaceutiques
