

Louvain School of Management

Analyse de l'impact d'une externalisation de la stérilisation sur les besoins en instrumentation d'un hôpital

Auteur : Thiry Gilles
Promoteur(s) : Chevalier Philippe
Année académique 2019-2020

REMERCIEMENTS

Avant toute chose, je tenais à remercier mon promoteur, le Professeur Philippe Chevalier, pour sa disponibilité et ses conseils tout au long de ce travail.

Je souhaiterais ensuite remercier le coordinateur du projet d'externalisation, qui est aussi mon maître de stage, David De Baets, sans qui ce mémoire n'aurait pu voir le jour. Je le remercie tout particulièrement pour sa présence, son soutien, ses conseils permanents et son aide à l'accomplissement de cette étude.

Je désirerais également faire part de mes remerciements à Monsieur Toussaint, chef du service de stérilisation, Madame Cabadès, chef du bloc opératoire, et Madame Laurent, infirmière chef de service, pour leurs points de vue avisés et pour avoir pris le temps de répondre à toutes mes interrogations. Plus généralement, je remercie l'ensemble du personnel du CHU UCL Namur et de Sainte-Élisabeth, que j'ai pu côtoyer lors de ce stage, d'avoir fait en sorte que mon intégration au sein de ces établissements se passe bien.

Enfin, je tenais à remercier ma famille et mes amis qui m'ont soutenu, épaulé et conseillé dans la réalisation de ce projet.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
I. Objectifs du mémoire	1
II. Structure du mémoire	2
PARTIE THÉORIQUE	3
I. Introduction au contexte hospitalier belge	3
II. Externalisation de la stérilisation	4
2.1. <i>Introduction au matériel de stérilisation</i>	4
2.2. <i>Introduction au processus de stérilisation</i>	5
2.3. <i>Externalisation du processus</i>	6
III. Ajustement de distribution	8
3.1. <i>Choix des distributions à ajuster</i>	8
3.2. <i>Estimation des paramètres</i>	11
3.3. <i>Évaluation de la qualité d'ajustement</i>	12
3.3.1. <i>Mesures d'adéquation</i>	12
3.3.2. <i>Statistiques d'adéquation</i>	13
3.3.3. <i>Graphiques d'adéquation</i>	14
IV. Données censurées	16
CONTEXTE	17
I. Le projet d'externalisation	17
II. Le Centre Hospitalier de Dinant	18
2.1. <i>Le service de stérilisation du CHD</i>	18
2.2. <i>Le bloc opératoire du CHD</i>	21
MÉTHODOLOGIE	23
I. Objectifs et cadre de la recherche	23
II. Méthodologies	24
III. Hypothèses	27

	III.
3.1. <i>Délai de remise à disposition</i>	27
3.2. <i>Censure</i>	29
IV. Récolte de données à l'aide de StériLine	29
4.1. <i>Présentation et fonctionnement du logiciel</i>	29
4.2. <i>Présentation et traitement des données</i>	30
ANALYSES & PRÉSENTATION DES RÉSULTATS	32
I. Analyse du besoin en instrumentation	32
1.1. <i>Sets détenus à plus d'un exemplaire</i>	32
1.1.1. Estimation du besoin	32
1.1.1.1. <i>Choix des distributions à ajuster</i>	32
1.1.1.2. <i>Ajustements et sélection finale</i>	36
1.1.1.3. <i>Résultats</i>	41
1.1.2. Analyse de risques	42
1.1.2.1. <i>Règles de décision</i>	42
1.1.2.2. <i>Taux de couverture</i>	45
1.1.2.3. <i>Exemple du set MAINABDO</i>	47
1.1.2.4. <i>Résultats</i>	48
1.2. <i>Sets détenus en un seul exemplaire</i>	49
1.2.1. Estimation du temps entre deux utilisations	50
1.2.2. Analyse de risques	51
1.2.3. Résultats	52
II. Traduction du besoin en termes financiers	53
DISCUSSION	54
I. Adaptabilité des méthodologies	54
II. Limites de l'étude	55
III. Approches pour limiter l'investissement	57
CONCLUSION	59
BIBLIOGRAPHIE	61

INTRODUCTION

I. Objectifs du mémoire

Cette recherche prend la forme d'un mémoire-action dont l'objectif est d'analyser le besoin en instrumentation d'un hôpital résultant de l'externalisation du service de stérilisation de celui-ci. Cette dernière est basée sur une étude de cas réalisée dans le cadre d'un stage de deuxième année de master en ingénieur de gestion au sein du Centre Hospitalier de Dinant [CHD], qui est amené à voir sa stérilisation être délocalisée à l'horizon 2023. De ce fait, cet établissement de soins de santé est désireux d'évaluer l'impact de ce changement sur le besoin en instrumentation nécessaire au bon déroulement de son activité hospitalière.

Toutefois, étant donné le nombre considérable d'instruments que représente l'inventaire du CHD, ce mémoire se focalisera uniquement sur la recherche de solutions pour les disciplines abdominale et vasculaire afin de respecter les contraintes de temps inhérentes au stage lié à cette recherche. Dans cette optique, nous étudierons dans un premier temps l'impact de l'externalisation sur le délai de remise à disposition du matériel, qui correspond au temps nécessaire pour récupérer les boîtes usagées. Après quoi, nous tenterons d'estimer le besoin en instrumentation de ces deux spécialités médicales durant l'intervalle de temps défini à l'étape précédente, avant de finalement conclure cette recherche par une analyse de risques concernant la probabilité d'observer une rupture de stock. Pour ces deux dernières étapes, nous avons eu recours à deux manières de faire différentes en fonction du nombre d'exemplaires dont l'hôpital dispose actuellement.

Outre l'analyse des conséquences de l'externalisation sur le besoin en instrumentation des deux disciplines du CHD citées précédemment, ce travail a surtout pour vocation de présenter et de développer deux méthodologies générales qui pourront être adaptées et reproduites par la suite. Cette volonté résulte notamment du fait que la durée de ce stage ne nous permet pas d'étudier l'entièreté du parc d'instrumentation de l'infrastructure hospitalière concernée. Pour ce faire, nous avons donc veillé à ce que les démarches illustrées dans ce travail, bien qu'elles aient été élaborées sur base de deux spécialités médicales propres à l'hôpital de Dinant, soient facilement applicables à d'autres cas d'études moyennant quelques adaptations.

II. Structure du mémoire

Ce mémoire débute par une revue de littérature visant dans un premier temps à replacer ce travail dans le contexte hospitalier actuel de notre pays. Les processus de stérilisation et d'externalisation sont ensuite introduits au lecteur ainsi que les conséquences théoriques de ce dernier sur le besoin en instrumentation. S'en suit alors un état de l'art concernant l'ajustement statistique de distribution de probabilité, qui nous servira par la suite dans l'estimation du besoin en instruments durant le délai de remise à disposition du matériel. Enfin, l'introduction au concept de données censurées clôturé ce premier chapitre.

Le second est quant à lui consacré à la présentation plus approfondie du contexte dans lequel s'est déroulée cette étude. Cette deuxième partie vise donc à faire connaître le projet d'externalisation duquel résulte ce travail ainsi que le Centre Hospitalier de Dinant, au sein duquel ce dernier a pu être réalisé.

Les deux méthodologies développées et mises en place afin d'atteindre les objectifs de ce mémoire sont ensuite explicitées dans la troisième partie de ce travail. Celle-ci inclut également la détermination du cadre de recherche ainsi que l'explication des différentes hypothèses formulées au cours de celle-ci. Enfin, cette partie se conclut par la présentation des données récoltées et du logiciel à partir duquel elles ont été extraites, à savoir StériLine.

Le chapitre suivant contient quant à lui l'intégralité des analyses menées dans le cadre de cette étude, ainsi que les résultats de celles-ci. Ce dernier est divisé en deux parties principales qui correspondent chacune à la mise en pratique de l'un des deux raisonnements établis afin de répondre au problème exprimé par l'infrastructure hospitalière. Les résultats obtenus à l'aide de ces analyses sont finalement exprimés en termes financiers afin d'évaluer l'investissement que représente le besoin en instrumentation estimé.

Après quoi, le cinquième et dernier chapitre précédant la conclusion de ce travail discute dans un premier temps de la possibilité d'adapter les méthodologies développées à d'autres études de cas. Les limites de la recherche ont ensuite été épinglées avant de clôturer cette partie par la formulation d'approches visant à réduire le montant de l'investissement nécessaire.

Enfin, une conclusion reprend les éléments clés de cette recherche.

PARTIE THÉORIQUE

I. Introduction au contexte hospitalier belge

Le secteur des soins de santé belge, comme celui de l'ensemble des pays industrialisés, est en perpétuelle évolution et doit sans cesse faire face à de nouveaux défis. Actuellement, notre pays est en effet confronté à un vieillissement de plus en plus rapide de sa population qui entraîne une hausse des dépenses consacrées à cette partie de la société, notamment celles liées aux soins et aux pensions (Belfius, 2019). Par ailleurs, ce processus démographique s'accompagne d'un phénomène qui porte le nom de transition épidémiologique ou transition sanitaire. Ce phénomène stipule que, du fait de l'amélioration des conditions de vie et donc de l'espérance de vie, les maladies infectieuses et parasitaires qui tuaient auparavant ont laissé place à des maladies chroniques plus longues et plus onéreuses (Picheral, 1989). Enfin, à ces deux premiers défis viennent également s'ajouter le problème des séjours hospitaliers plus courts mais toujours plus urgents, le changement des attentes des patients ainsi que les innovations médicales toujours plus coûteuses (Belfius, 2019).

Malheureusement, ces défis démographiques, épidémiologiques, sociaux, technologiques et financiers émergent dans un contexte défavorable d'un point de vue macroéconomique et particulièrement tendu au niveau budgétaire (Baworowski, Dia Navarro & Portella, 2017 ; Belfius, 2019). En effet, le contexte budgétaire actuel ne permet pas d'« *augmenter le coût des dépenses liées à la santé au-delà du niveau de croissance du PIB, soit moins de 2% par an* » (Baworowski, Dia Navarro & Portella, 2017, p.5).

De ce malheureux concours de circonstances, il ressort qu'environ un hôpital sur trois (32%) était déficitaire en 2018 selon l'étude annuelle réalisée par Belfius (2019), à savoir l'analyse MAHA [Model for Automatic Hospital Analyses], qui a pour objectif d'examiner la santé financière de nos hôpitaux belges. Malgré une légère amélioration par rapport à l'année précédente, cette étude témoigne une nouvelle fois de la situation des hôpitaux qui reste préoccupante. Elle démontre également qu'une réforme du paysage hospitalier dans son ensemble (organisation, financement, régulation, gestion, etc.) est plus que nécessaire afin de restaurer la santé financière des établissements de santé et de leur donner les moyens nécessaires pour relever ces nouveaux défis (Baworowski et al., 2017 ; Belfius, 2019).

Dans cette optique, la Belgique, par le biais de sa ministre fédérale des Affaires sociales et de la Santé publique, Maggie de Block, a mis en place toute une série de réformes dont celle concernant la création des réseaux hospitaliers (Belfius, 2019) qui veut que l'ensemble des hôpitaux généraux et universitaires fasse partie d'un réseau clinique à l'horizon 2020 (RTBF, 2019). Cette réforme vise ainsi à remplacer la concurrence actuelle entre les hôpitaux par des collaborations structurelles et une meilleure répartition des activités entre eux (Belfius, 2019). De cette façon, notre ministre de la Santé aspire à prodiguer une meilleure qualité de soins aux patients tout en réduisant le montant des investissements grâce à la centralisation des services spécialisés au sein de ces réseaux (RTBF, 2019).

II. Externalisation de la stérilisation

2.1. Introduction au matériel de stérilisation

Cette introduction contraste quelque peu avec le reste du contenu présent dans cette partie théorique dans la mesure où celle-ci a surtout pour objectif de familiariser le lecteur avec les nombreux termes utilisés pour désigner le matériel passant par le service de stérilisation.

Lors de l'exploration de la théorie relative au processus de stérilisation, on est très rapidement confronté au terme « dispositif médical » qui fait partie intégrante de cette branche de la littérature. Mais que peut-il bien se cacher derrière ce fameux terme ?

Selon l'arrêté royal du 18 mars 1999, un dispositif médical [DM] désigne :

tout instrument, appareil, équipement, logiciel, matière ou autre article [...] destiné par le fabricant à être utilisé chez l'homme à des fins de diagnostic, de prévention, de contrôle, de traitement ou d'atténuation d'une maladie [...] et dont l'action principale voulue dans ou sur le corps humain n'est pas obtenue par des moyens pharmacologiques ou immunologiques ni par métabolisme, mais dont la fonction peut être assistée par de tels moyens (Royaume de Belgique, 1999, p.12106).

Concernant le service de stérilisation, il est néanmoins évident que lorsque que l'on parle de dispositif médical, on ne fait pas référence à un logiciel ou à un appareil mais plutôt à des instruments de taille relativement petite capables de s'insérer dans les machines nécessaires au bon déroulement du processus.

Par ailleurs, ces dispositifs médicaux circulent généralement à travers les différents services de l'hôpital de deux façons : soit de manière individuelle, soit sous forme de set. Comme son appellation peut le laisser penser, un set regroupe plusieurs instruments nécessaires à la pratique d'une même intervention, au même titre qu'un plateau, un panier ou une boîte. À l'inverse, on parlera d'emballé séparé ou de dispositif individuel lorsqu'il voyage seul (De la Charlerie, Fegatilli & Lelubre, 2019).

Enfin, les instruments passant par le service de stérilisation ne sont pas tous réellement détenus par l'infrastructure hospitalière. Trois familles d'instruments peuvent alors être distinguées :

1. Plateaux propriétés de l'hôpital : matériel dont l'hôpital est effectivement propriétaire ;
2. Ancillaires ou sets en prêt : Instruments que les fournisseurs mettent à disposition des hôpitaux le temps d'une intervention ;
3. Matériel en dépôt : Matériel appartenant aux firmes mis à disposition des hôpitaux pour une durée indéterminée cette fois (CSS, 2017).

2.2. Introduction au processus de stérilisation

Aussi étonnant que cela puisse paraître, c'est au sein des hôpitaux que les patients sont le plus susceptibles de contracter une infection (Conseil Supérieur de la Santé [CSS], 2017). Ces maladies infectieuses acquises en milieu hospitalier sont appelées infections nosocomiales ou infections hospitalières et peuvent, dans certains cas, entraîner de graves conséquences pour le malade, allant parfois jusqu'au décès de ce dernier. Outre les conséquences pour le patient, ces maladies représentent également un coût économique considérable pour les institutions hospitalières, notamment du fait de la prolongation du séjour de la personne souffrante et du traitement supplémentaire qui lui est administré (Organisation Mondiale de la Santé [OMS], 2008). La stérilisation des dispositifs médicaux réutilisables joue par conséquent un rôle primordial dans la lutte contre ces infections liées aux soins de santé (CSS, 2017).

Selon le Conseil Supérieur de la Santé (2017), la stérilisation se définit comme étant une chaîne de processus visant à obtenir la stérilité du dispositif traité, caractérisée par l'absence de micro-organismes viables sur ce dernier, et à la conserver jusqu'à l'utilisation de l'instrument (CSS, 2017). Cet état stérile ne pouvant être vérifié sans être compromis, il est primordial de maîtriser parfaitement l'entièreté du processus afin de garantir la qualité et la reproductibilité du résultat

(Treillard, 2005). L'ensemble des procédés composant cette chaîne doivent de ce fait être réalisés selon des protocoles reproductibles et validés et doivent également faire l'objet de contrôles de routine (CSC, 2017).

Plus simplement, ce processus de stérilisation peut être assimilé à un processus de production (De la Charlerie, Fegatilli & Lelubre, 2019), définit comme un ensemble d'activités ou d'opérations qui a pour objectif de transformer des éléments d'entrées (*inputs*) en éléments de sorties (*outputs*) (Anupindi, Chopra, Deshmukh, Van Mieghem & Zemel, 2012). Dans ce cas-ci, les dispositifs médicaux utilisés et souillés constituent les inputs alors que les DM propres et stériles destinés aux clients de la stérilisation, à savoir l'ensemble des services hospitaliers qui bénéficie de cette activité (bloc opératoire, hôpital de jour, etc.), représentent les outputs (CSS, 2017).

Enfin, toujours selon le Conseil Supérieur de la Santé (2017), ce processus très réglementé doit durer au minimum quatre heures pour être jugé convenable.

2.3. Externalisation du processus

Ce processus de stérilisation s'effectuant habituellement au sein du service central de stérilisation de l'hôpital peut désormais être externalisé. En effet, bien que longtemps jugée impensable pour un service aussi crucial que la stérilisation, l'externalisation de ce processus a finalement convaincu les établissements de santé qui sont de plus en plus nombreux à sauter le pas. Ce changement soudain peut dans un premier temps s'expliquer par la complexité grandissante de la fonction qui doit faire face à l'évolution continue des techniques de désinfection et de stérilisation et à l'introduction de nouveaux matériaux à traiter (Levrat, 2003). Par ailleurs, les hôpitaux sont également confrontés à des normes réglementaires belges et européennes et à des accréditations liées à la qualité des soins de plus en plus strictes qui nécessitent un investissement non négligeable (De la Charlerie et al., 2019).

Dans ce contexte, les maisons de santé se sont alors rendu compte de la non-conformité et du manque de compétences au sein de leurs infrastructures, mais aussi de l'importance du financement que demanderait une remise à niveau (Levrat, 2003). Cette réalité est d'autant plus avérée en Belgique où la complexité du métier a longtemps été ignorée, engendrant ainsi un désinvestissement général tant en équipements et en infrastructures qu'en ressources humaines

(De la Charlerie et al., 2019). Les hôpitaux cherchent alors de nouvelles méthodes de gestion afin de réduire leurs coûts tout en augmentant leur rentabilité et leur efficacité et se retrouvent face à un choix stratégique : externaliser (*faire faire*), mutualiser (*faire ensemble*) ou investir pour remettre aux normes (*faire*) (Tlahig, 2009) ?

L'externalisation ou « faire faire » est un concept qui s'est développé au sein du monde industriel mais qui séduit aujourd'hui de plus en plus d'établissements hospitaliers (Tlahig, 2009). Dans le cas de la stérilisation, ce concept peut se définir comme « *l'opération par laquelle un hôpital confie, sous sa responsabilité ou son contrôle, tout ou partie de l'exécution de la stérilisation de ses dispositifs médicaux à un prestataire privé* » (De la Charlerie, Fegatelli & Lelubre, 2019). Ce choix stratégique a pour objectif de permettre à l'hôpital de se recentrer sur son activité première, à savoir le soin offert au malade, et de garantir ainsi le niveau de qualité attendu par le patient et le respect des réglementations en vigueur, tout en ayant une meilleure maîtrise de ses dépenses (Tlahig, 2019).

La mutualisation ou « faire ensemble » se base quant à elle sur la coopération entre établissements de santé à travers la mise en commun et le partage des ressources. Ce choix stratégique résulte habituellement de l'appartenance à un réseau hospitalier (Tlahig, 2019) et a principalement pour but de profiter des économies d'échelles, liées à l'accroissement du volume de production, afin de réduire les coûts associés à ce service (De la Charlerie et al., 2019).

Cependant, la réussite de ces nouvelles formes d'organisation dépend de plusieurs facteurs de succès dont le dimensionnement adéquat du parc de dispositifs médicaux (Levrat, 2003). En effet, l'externalisation ou la mutualisation engendrent toutes les deux un allongement du délai de remise à disposition du matériel, défini comme le temps qui s'écoule entre la fin de l'utilisation du dispositif médical et son retour dans l'arsenal stérile. Ce à quoi les hôpitaux répondent généralement par une augmentation du parc d'instrumentation afin de maintenir la continuité du service fourni au patient, particulièrement en cas d'urgence. Cet achat de matériel supplémentaire doit donc refléter au mieux les besoins réels des services clients tel que le bloc opératoire afin de permettre un fonctionnement serein de ces services tout en maîtrisant les coûts (Cunat, 2006). Par ailleurs, l'importance d'évaluer ce besoin en instrumentation le plus adéquatement possible est d'autant plus grande que, contrairement au monde industriel, une rupture de stock peut dans ce cas-ci entraîner des conséquences catastrophiques, notamment sur la vie du patient (Levrat, 2003).

Enfin, l'éloignement du service de stérilisation et la perte de contrôle sur la gestion du processus, particulièrement présente dans le cas de l'externalisation, génèrent également de l'anxiété au sein des équipes de chirurgiens et d'infirmières du quartier opératoire qui redoutent un manque de disponibilité du matériel. Il est donc primordial d'anticiper au mieux l'impact de ces choix stratégiques sur le parc d'instrumentation afin de les rassurer et de faire de ce changement organisationnel un véritable succès (Cunat, 2006).

III. Ajustement de distribution

Afin d'évaluer le besoin en instrumentation dont il est question lors de l'allongement du délai de remise à disposition et d'exprimer au mieux toute l'incertitude qui plane autour de celui-ci, il a été décidé de l'exprimer à travers une loi de probabilité. Pour ce faire, il convient de déterminer la distribution qui ajuste le plus fidèlement possible l'ensemble des données empiriques relatives à ce besoin. Cette analyse statistique peut alors se décomposer en trois étapes primordiales : le choix des distributions à ajuster, l'estimation des paramètres et l'évaluation de la qualité d'ajustement (Delignette-Muller & Dustang, 2020).

3.1. Choix des distributions à ajuster

L'ajustement adéquat d'une loi théorique aux données empiriques résulte généralement d'un processus itératif consistant à ajuster différentes distributions, à comparer les résultats obtenus et à sélectionner la meilleure d'entre elles selon différents critères. Avant de procéder à l'ajustement à proprement dit, il est donc nécessaire de choisir les bonnes distributions candidates parmi l'ensemble des lois présentes dans la théorie. Ce choix résulte de diverses analyses et observations que nous allons développer ci-dessous (Delignette-Muller & Dutang, 2015).

Dans un premier temps, il est nécessaire de s'interroger quant à la nature même de la variable aléatoire à laquelle on est confronté, à savoir discrète ou continue. A titre de rappel, si l'ensemble des valeurs que peut prendre la variable est fini ou dénombrable, on considère alors que cette dernière est discrète. Au contraire, si l'ensemble est composé d'un nombre infini de réels, elle est considérée comme continue (Segers, 2015). Cependant, dans certains cas où l'ensemble des valeurs possibles d'une variable discrète est suffisamment grand, il peut alors

être préférable de la représenter par une distribution continue bien qu'elle soit en réalité discrète. C'est le cas notamment de la loi binomiale qui converge vers une loi normale lorsque son ensemble de données est suffisamment large (Delignette-Muller & Dutang, 2012).

Ensuite, la compréhension du phénomène aléatoire qui régit la variable peut également être d'une aide précieuse concernant le choix des distributions à ajuster (Delignette-Muller & Dutang, 2015). Par exemple, lorsqu'il s'agit d'analyser le temps entre deux défaillances techniques, il semble approprié de s'orienter vers une loi non-négative telle que la loi exponentielle, la loi log-normale ou la loi de Weibull étant donné que la variable ne peut prendre de valeur inférieure à 0 (Mukhopadhyay & Sinha, 2019). Par contre, lorsqu'il s'agit de modéliser la demande d'un commerce de détail afin de mener à bien une analyse prévisionnelle, on se tournera généralement vers une distribution normale, poisson ou binomiale négative. La loi normale sera préconisée lorsque la demande est relativement élevée alors que les lois poisson et binomiale négative seront préférées, du fait de leur nature discrète, lorsque celle-ci sera plus faible (Agrawal & Smith, 1996).

Enfin, en l'absence de connaissances concernant le phénomène aléatoire sous-jacent, l'analyse statistique des données empiriques permet aussi de se faire une idée quant aux distributions candidates à sélectionner pour l'ajustement. Tout d'abord, il est commun d'entamer cette analyse par des graphiques représentant les fonctions de densité (fonction de masse dans le cas d'une variable discrète) et de répartition empiriques (cf. Figure 1). Ces représentations graphiques permettent d'obtenir un premier aperçu quant à l'asymétrie de la distribution et donnent une idée de la forme vers laquelle les distributions théoriques doivent tendre (Delignette-Muller & Dutang, 2015).

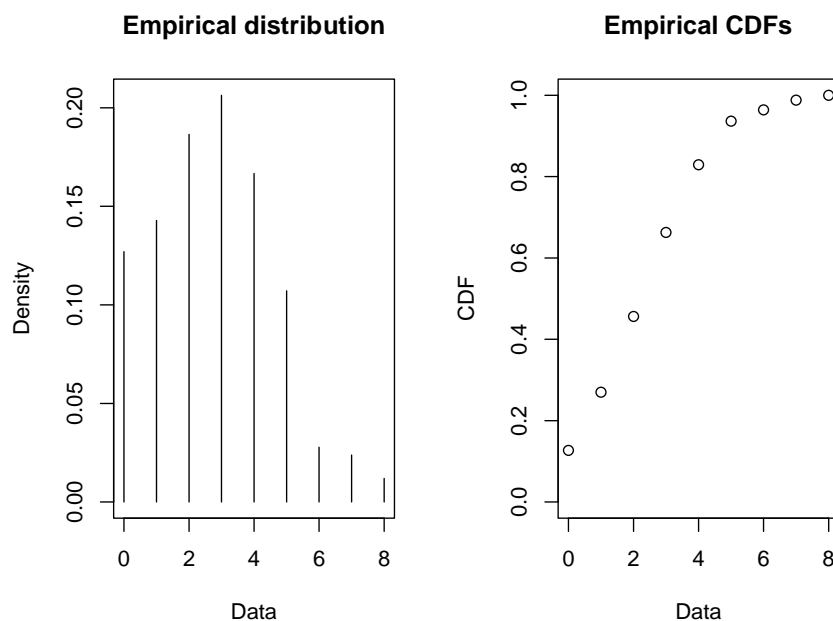


Figure 1: Fonctions empiriques de masse (gauche) et de répartition (droite) d'une variable discrète quelconque

Outre ces graphiques, les statistiques descriptives de la distribution empirique peuvent également jouer un rôle dans le choix des lois à ajuster. C'est notamment le cas du coefficient d'asymétrie et du kurtosis ou coefficient d'aplatissement, respectivement troisième et quatrième moment de la variable aléatoire (Delignette-Muller & Dutang, 2015). Tout d'abord, le coefficient d'asymétrie, comme son nom le laisse penser, mesure la déviation de la distribution par rapport à la symétrie. Dans cette optique, alors que la loi normale, parfaitement symétrique, dispose d'un coefficient de valeur nulle, une valeur positive (resp. négative) de ce coefficient indique que la queue droite (resp. gauche) de la distribution a une plus grande ampleur que celle de gauche (resp. droite). Ensuite, le kurtosis permet quant à lui de quantifier le poids des queues comparativement à la loi normale pour laquelle il est égal à 3. Ainsi, un kurtosis supérieur à 3 se réfère à une distribution présentant des queues plus épaisses, autrement dit à une distribution plus aplatie, que la distribution normale. Le raisonnement inverse peut être mené pour un kurtosis inférieur à 3 (Delignette-Muller & Dutang, 2012).

Afin de donner une interprétation à ces statistiques descriptives, le logiciel statistique R propose un graphique de Cullen et Frey grâce auquel il est possible de comparer les valeurs empiriques obtenues pour les coefficients de symétrie et d'aplatissement avec les valeurs théoriques de certaines distributions les plus communes (cf. Figure 2). Cependant, il faut être prudent dans l'interprétation de ce graphique étant donné que ces deux coefficients sont connus, comme c'est le cas également des autres moments d'ordre élevé, pour ne pas être robustes et ont par

conséquent une variance très élevée. Bien que le logiciel permette de tenir compte de cette incertitude grâce à une technique de « bootstrap¹ », ce problème ne peut être complètement résolu et ce graphique doit donc être uniquement regardé à titre indicatif, spécialement lorsqu'il s'agit de lois discrètes, afin de guider l'utilisateur dans son choix des distributions théoriques à ajuster. En effet, ce n'est pas parce que les valeurs empiriques de ces deux indicateurs sont proches de celles d'une loi théorique que cette loi sera celle qui ajuste le mieux les données (Delignette-Miller & Dutang, 2015).

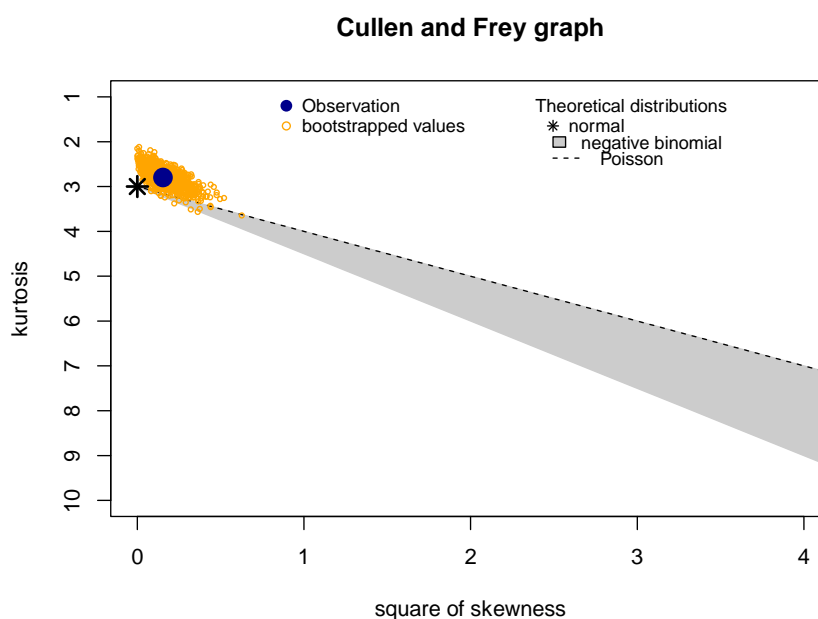


Figure 2: Graphique de Cullen et Frey d'une variable discrète quelconque

3.2. Estimation des paramètres

Une fois les différentes candidates pour l'ajustement sélectionnées, les paramètres de celles-ci doivent être estimés afin qu'elles ajustent au mieux l'ensemble de données. Pour ce faire, il convient d'avoir recours à des méthodes d'inférence statistique telles que l'estimation par maximum de vraisemblance (Delignette-Muller & Dutang, 2015).

L'estimateur du maximum de vraisemblance, qui représente assurément l'estimateur statistique le plus couramment utilisé lorsqu'il s'agit d'estimer les paramètres d'une loi de probabilité, consiste à déterminer les valeurs des paramètres de la distribution qui maximisent la fonction

¹ La technique du bootstrap consiste à construire différents échantillons aléatoires à partir de l'ensemble de données original, d'en calculer le coefficient de symétrie et le kurtosis et de les reporter sur le graphe (Delignette-Muller & Dutang, 2015)

de vraisemblance. Cette fonction, à l'image de la fonction de densité qui assigne une probabilité d'occurrence à chaque valeur possible de la variable aléatoire, attribue une mesure de vraisemblance à chaque valeur que peuvent prendre les paramètres de la distribution étudiée. Intuitivement, cette mesure de vraisemblance se réfère donc à la plausibilité qu'auraient ces différentes valeurs de générer l'ensemble de données observé. Suivant cette idée, les paramètres qui maximisent cette fonction correspondent par conséquent à ceux qui sont les plus susceptibles d'avoir produit l'ensemble de données examiné (Myung, 2003).

Bien qu'elle soit la méthode la plus communément utilisée, il existe d'autres méthodes d'estimation que le maximum de vraisemblance, dont notamment la méthode des moments. Comme son nom l'indique, cette autre méthode d'estimation paramétrique consiste à déterminer les valeurs des paramètres qui font correspondre les moments de la distribution théorique avec ceux de la distribution empirique. Cette méthode présentant une grande sensibilité aux valeurs extrêmes, elle peut constituer une meilleure option que la méthode du maximum de vraisemblance lorsque l'objectif est de décrire au mieux la queue droite de la distribution (Delignette-Muller & Dutang, 2015).

3.3. Évaluation de la qualité d'ajustement

Maintenant que les différentes distributions candidates sont ajustées aux données, il est primordial d'évaluer la qualité de ces ajustements afin de sélectionner la plus performante d'entre elles. Pour ce faire, la littérature fournit plusieurs outils que l'on peut classer selon trois catégories principales: les mesures, les statistiques et les graphiques d'adéquation (Delignette-Muller & Dutang, 2015).

3.3.1. Mesures d'adéquation

Dans un premier temps, une valeur chiffrée est associée à chaque distribution dont les paramètres ont été estimés, à savoir la vraisemblance. Pour rappel, cette valeur correspond au maximum que peut atteindre la distribution vis-à-vis de la fonction de vraisemblance correspondante. En pratique, il est néanmoins plus commode de maximiser le logarithme de cette fonction, résultant donc en une mesure de log-vraisemblance pour chaque distribution. Intuitivement, plus cette mesure est élevée, plus l'ajustement de la distribution est convaincant. Cependant, ce bon ajustement est une condition nécessaire mais pas suffisante pour conclure

que la distribution est celle qui représente la meilleure approximation de l'ensemble de données. Une valeur supérieure de log-vraisemblance permet en effet de qualifier la distribution estimée pour des analyses plus approfondies mais ne permet en aucun cas de la considérer comme la plus performante. Cela est notamment dû au fait qu'une distribution peut obtenir un meilleur score sans pour autant mieux refléter la réalité sous-jacente de ces données. Par exemple, les distributions plus complexes avec un nombre plus élevé de paramètres atteindront généralement un maximum de vraisemblance plus élevé que les distributions plus simples (Myung, 2003).

De cette mesure de vraisemblance, il peut alors être déduit deux critères de sélection dont on cherche à minimiser la valeur: le Critère d'information d'Akaike [AIC] et le Critère d'information bayésien [BIC]. Ces deux critères servent à pallier le problème du maximum de vraisemblance qui conduit généralement à choisir la distribution avec le plus de paramètres. Pour ce faire, ils introduisent un terme de pénalité, fonction du nombre de paramètres, afin de pénaliser les distributions qui en comportent de trop et éviter ainsi l'« *overfitting* ». Bien que l'AIC soit le critère pénalisé le plus couramment utilisé, le BIC est celui qui pénalise le plus en favorisant généralement la distribution la moins complexe (Avila, Begot, Duculty, Kratz, Roblès & Vrignat, 2012).

3.3.2. Statistiques d'adéquation

Ensuite, les tests d'adéquation permettent également de savoir si la distribution empirique est compatible ou non avec les distributions théoriques sélectionnées au préalable. L'idée qui se cache derrière ces tests est de mesurer la distance entre les lois ajustées et l'ensemble de données et de déterminer, avec une probabilité donnée, si les écarts constatés résultent du hasard ou s'ils sont au contraire significatifs. La démarche de ces tests consiste donc à tester l'hypothèse selon laquelle l'ensemble de données observé suit une certaine loi théorique. Le test d'adéquation se présente alors comme suit :

$H_0 : X \text{ suit une loi } L$ $H_1 : X \text{ ne suit pas cette loi } L$

Où X correspond à la variable aléatoire tirée des données empiriques et L correspond à une loi de probabilité théorique quelconque

Si la p-valeur liée à la statistique de test est inférieure au niveau de risque convenu au préalable, généralement 1 ou 5%, alors l'hypothèse H_0 est rejetée au profit de l'hypothèse H_1 . Par contre,

si la p-valeur du test est supérieure au niveau de risque convenu, l'hypothèse H_0 ne peut être rejetée car le risque de rejeter H_0 alors qu'elle est vraie est trop important. Ces tests doivent cependant être utilisés avec précaution. En effet, le non-rejet de l'hypothèse nulle n'implique pas nécessairement son acceptation, cela montre juste qu'il n'y a pas de preuve suffisante pour que H_0 soit fausse (Ruch, 2013). A l'inverse, une distribution ajustée peut être choisie comme celle qui décrit le mieux la distribution empirique malgré le rejet de l'hypothèse nulle si les graphiques d'adéquation ne montrent pas de différences claires entre l'empirique et le théorique (Delignette-Muller & Dutang, 2012).

La littérature regorge de nombreux tests d'adéquation dont les deux plus communément utilisés sont les tests du Khi-deux et de Kolmogorov-Smirnov [KS]. Alors que le premier peut s'appliquer tant aux variables discrètes que continues, le second ne convient qu'aux valeurs continues (Chesneau, 2016). Un troisième test peut également être employé dans le cas de variables continues, c'est le test d'Anderson-Darling [AD]. Ce test est particulièrement intéressant lorsqu'il s'agit d'évaluation de risques puisqu'il donne plus de poids aux queues de distributions (Delignette-Muller & Dutang, 2015). Bien qu'il puisse s'adapter aux valeurs continues, le test du Khi-deux sera généralement moins puissant que les deux autres, cités par après, qui s'appliquent uniquement à ce type de valeurs, c'est pourquoi il est surtout utilisé dans le cas de variables discrètes (Chesneau, 2016).

3.3.3. *Graphiques d'adéquation*

Naturellement, les premiers graphiques qui permettent de juger de la qualité d'ajustement des distributions théoriques sont les graphiques des fonctions de densité (fonction de masse) et de répartition (cf. Figure 3). Ces deux graphiques permettent une première évaluation visuelle de l'adéquation entre les fonctions empiriques et théoriques.

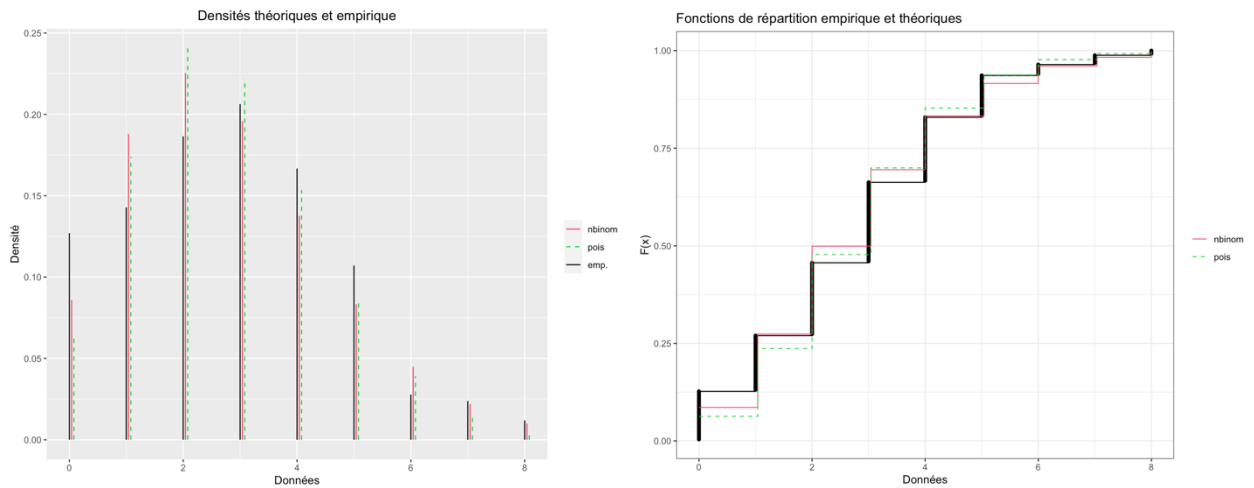


Figure 3: Graphiques d'adéquation représentant les fonctions empiriques et théoriques de masse (gauche) et de répartition (droite) d'une variable discrète quelconque

Ces deux premières représentations peuvent alors être complétées par deux autres graphiques : le diagramme Quantile-Quantile (*QQ plot*) et le *P-P plot* (cf. Figure 4). Alors que le premier d'entre eux compare la position des quantiles empiriques avec ceux des lois théoriques et met en lumière le manque d'ajustement au niveau des queues de distribution, le second réalise quant à lui la comparaison des différentes fonctions de répartition et souligne le manque d'ajustement du corps de distribution.

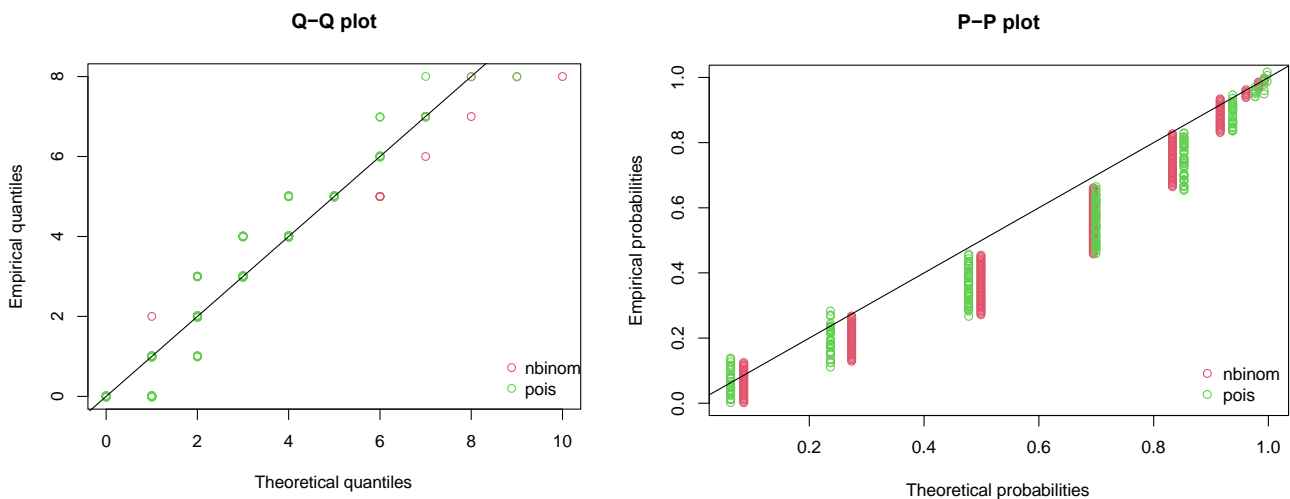


Figure 4 : *QQ plot* (gauche) et *PP plot* (droite) d'une variable dicrete quelconque

IV. Données censurées

En statistique, une donnée est dite censurée lorsque l'on ne connaît pas sa valeur exacte, mais que l'on sait si elle excède ou si elle est inférieure à un certain seuil. On parle alors de censure à gauche (resp. droite) lorsque la donnée est connue pour être inférieure (resp. supérieure) à une certaine limite et de censure par intervalle lorsqu'elle présente à la fois une limite supérieure et inférieure (Helsel, 2011).

Ce phénomène statistique est principalement observé lorsque que l'on étudie le temps nécessaire pour qu'un évènement se produise et que celui-ci n'a pas lieu durant la durée d'étude. C'est le cas notamment lors de l'analyse du temps de récurrence d'une maladie dans le domaine médical ou du temps de panne d'un appareil dans le domaine industriel (Helsel, 2011). Outre ces deux premier cas, ce phénomène est également étudié dans le domaine de la vente au détail lorsqu'il s'agit de déterminer la vraie demande existante pour un produit. Dans ce cas, les données relatives aux ventes de ce produit peuvent alors raisonnablement être considérées comme censurées, notamment par le nombre de pièces détenues en stock qui constitue la limite supérieure. En effet, de part cette limite, ces données ne donnent aucune information sur les ventes manquées du fait de la rupture de stock, laissant ainsi croire que la vraie demande pourrait être supérieure aux valeurs observées (Amjad & Shah, 2017).

Lors de l'analyse statistique de ces données incomplètes, les valeurs censurées sont souvent exclues ou remplacées par une valeur fixe, ce qui conduit dans les deux cas à des résultats biaisés. Les logiciels actuels permettent pourtant de modéliser de telles données, grâce au maximum de vraisemblance par exemple, qui sont alors représentées par un intervalle (Delignette-Muller & Dutang, 2015).

CONTEXTE

I. Le projet d'externalisation

A l'origine de ce mémoire, on retrouve un projet de mutualisation de services entre trois hôpitaux namurois, à savoir la Clinique Saint-Luc de Bouge et les sites de Dinant et de Sainte-Élisabeth du CHU UCL Namur. Contrairement à ce que l'on pourrait penser, ce projet ne résulte pas de la réforme des réseaux hospitaliers mise en place par notre ministre fédérale de la Santé, mais plutôt de la volonté de coopération et du besoin commun ressenti par ces trois institutions hospitalières. En effet, chacun de ces trois établissements de soins de santé dispose d'un service de stérilisation qui nécessite une remise à neuf afin de répondre aux nombreuses normes ainsi qu'aux besoins actuels des autres services de l'établissement. Outre ce problème de vétusté, les sites de Sainte-Élisabeth et de Bouge, tous deux situés en périphérie de la ville de Namur, sont également confrontés à un problème de superficie dans l'expansion de leur activité opératoire. Ajoutant à cela le contexte tendu auquel les hôpitaux belges doivent actuellement faire face, ils ont par conséquent décidé d'avoir recours à une centralisation de leur service de stérilisation afin d'améliorer la qualité proposée et de permettre des économies d'échelles tout en répondant aux normes réglementaires. Par ailleurs, cette délocalisation devrait également permettre aux deux sites limités en superficie de récupérer la surface occupée par ce service pour créer de nouvelles salles d'opérations.

Suivant cette volonté de faire ensemble, les trois hôpitaux namurois ont opté pour la construction et l'exploitation d'une plateforme commune située non loin de la Clinique Saint-Luc de Bouge. Cependant, bien que cette infrastructure soit détenue par les institutions hospitalières, la gestion de cette dernière sera quant à elle entièrement confiée à un prestataire privé afin de profiter de l'expertise en la matière de ce dernier. Cette nouvelle forme d'organisation, initialement destinée à revêtir l'aspect d'une mutualisation, se révèle donc finalement être un savant mélange des deux configurations typiques rencontrées dans la littérature, à savoir la mutualisation et l'externalisation. Ces deux termes seront dorénavant utilisés indifféremment pour qualifier le projet dont il est question dans ce travail.

En ce qui concerne les services fournis par cette plateforme, celle-ci se chargera dans un premier temps de la stérilisation du matériel envoyé par ses trois propriétaires et de son renvoi immédiat vers l'établissement auquel il appartient. Plus tard néanmoins, cette infrastructure commune

devrait être amenée à se développer et à accueillir un espace de stockage pour le matériel, un magasin central ainsi que d'autres clients externes pour le service de stérilisation.

Toutefois, malgré les apports qualitatifs et financiers espérés, cette nouvelle plateforme entraînera inévitablement un allongement du délai de remise à disposition du matériel puisque le service de stérilisation qui se trouve actuellement à quelques mètres de ses clients se retrouvera désormais à plusieurs kilomètres. Afin de pallier ce laps de temps supplémentaire, les trois hôpitaux namurois participant au projet ont décidé d'augmenter leur parc d'instrumentation respectif. Dès lors, chacun est désireux d'estimer au plus près le nombre de sets qui devront être achetés pour faire de ce nouveau mode de fonctionnement une réussite ainsi que le montant que cet investissement devrait atteindre.

Ce mémoire résulte par conséquent de cette volonté exprimée par les établissements de soins de santé. Cependant, afin de faire correspondre l'ampleur de cette étude avec la durée du stage auquel elle se rapporte, il a été décidé que ce travail se baserait uniquement sur le parc d'instruments du site de Dinant qui a l'avantage de disposer de données informatisées, ce qui n'est pas le cas de tous.

II. Le Centre Hospitalier de Dinant

Avant toute chose, le Centre Hospitalier de Dinant, construit en 1987, est un hôpital général namurois composé de 235 lits répartis sur deux établissements situés dans la région de Dinant dont un est uniquement consacré à la réhabilitation locomotrice (Centre Hospitalier de Dinant [CHD], n.d.). En 2012, cette infrastructure hospitalière s'est associée au Centre Hospitalier Universitaire de Mont-Godinne, qui fait partie des hôpitaux détenus par l'Université Catholique de Louvain, afin de créer le CHU Dinant Godinne qui fusionnera quatre ans plus tard avec la Clinique et Maternité Sainte-Élisabeth de Namur pour finalement former le CHU UCL Namur (CHU Mont-Godinne, n.d.).

2.1. Le service de stérilisation du CHD

Comme expliqué précédemment, le projet d'externalisation va dans un premier temps concerner uniquement le service de stérilisation des établissements participants. Pour rappel, ce processus primordial au bon déroulement de l'activité hospitalière vise à transformer les

instruments souillés en instruments propres et stériles et à les remettre à disposition des services hospitaliers dans lesquels ils sont utilisés (CSS, 2017).

Au sein du Centre Hospitalier de Dinant, nombreux sont les services de soins qui dépendent de ce processus. Bien que le bloc opératoire en soit le plus gros client, il est loin d'en être le seul puisque d'autres services tels que la radiologie, la maternité, les consultations et bien d'autres nécessitent également le savoir-faire de ce département. Afin de répondre un maximum aux besoins de leurs clients, le service de stérilisation du CHD et son personnel ouvrent leurs portes de 8h à 20h tous les jours ouvrables de la semaine. Toutefois, en cas d'urgences en dehors de ces heures d'ouvertures, le processus peut alors être assuré par le personnel infirmier qualifié du bloc opératoire si besoin.

Afin d'améliorer la gestion de ce service et d'y introduire la traçabilité, le CHD s'est doté il y a quelques années déjà du logiciel de gestion de stérilisation StériLine. Par le biais de ce programme informatique, l'hôpital est désormais capable de récolter une quantité considérable de données relatives au processus de stérilisation qui se déroulent à l'intérieur de ses murs. Parmi toutes ces informations, il est notamment possible de retracer minute par minute l'ensemble du trajet suivi par le matériel à travers les différentes étapes de production, de stockage et d'utilisation. C'est ce que l'on entend par traçabilité (CSS, 2017).

En vue d'en apprendre plus sur le fonctionnement actuel du service de stérilisation du site de Dinant, nous pouvons nous appuyer sur le graphique repris à la figure 5, extrait du logiciel StériLine, représentant le nombre de sets par durée de cycle de stérilisation, qui correspond à l'intervalle de temps qui sépare l'entrée de la boîte dans la stérilisation de sa sortie. Cette description ressemble étrangement à celle du délai de remise à disposition rencontré dans la littérature que Cunat (2006) définit comme le temps qui s'écoule entre la fin de l'utilisation du dispositif médical et son retour dans l'arsenal stérile. Étant donné la proximité entre le service de stérilisation et ses clients dans l'état actuel des choses, nous pouvons raisonnablement supposer que l'entrée du DM au sein de la stérilisation correspond à la fin de l'utilisation de celui-ci et que sa sortie correspond à son retour dans l'arsenal stérile. Par conséquent, nous pouvons approximer le délai de remise à disposition du mode de fonctionnement décentralisé par la durée du cycle de stérilisation présentée dans le graphique ci-dessous.

Avant toute chose, il convient d'interpréter correctement ce graphique représentant le nombre de sets par durée de cycle de stérilisation (cf. Figure 5). Ce dernier reproduit en réalité l'histogramme de fréquence de la variable aléatoire continue correspondant au temps de cycle qui a été discrétisé en intervalles de 30 minutes.

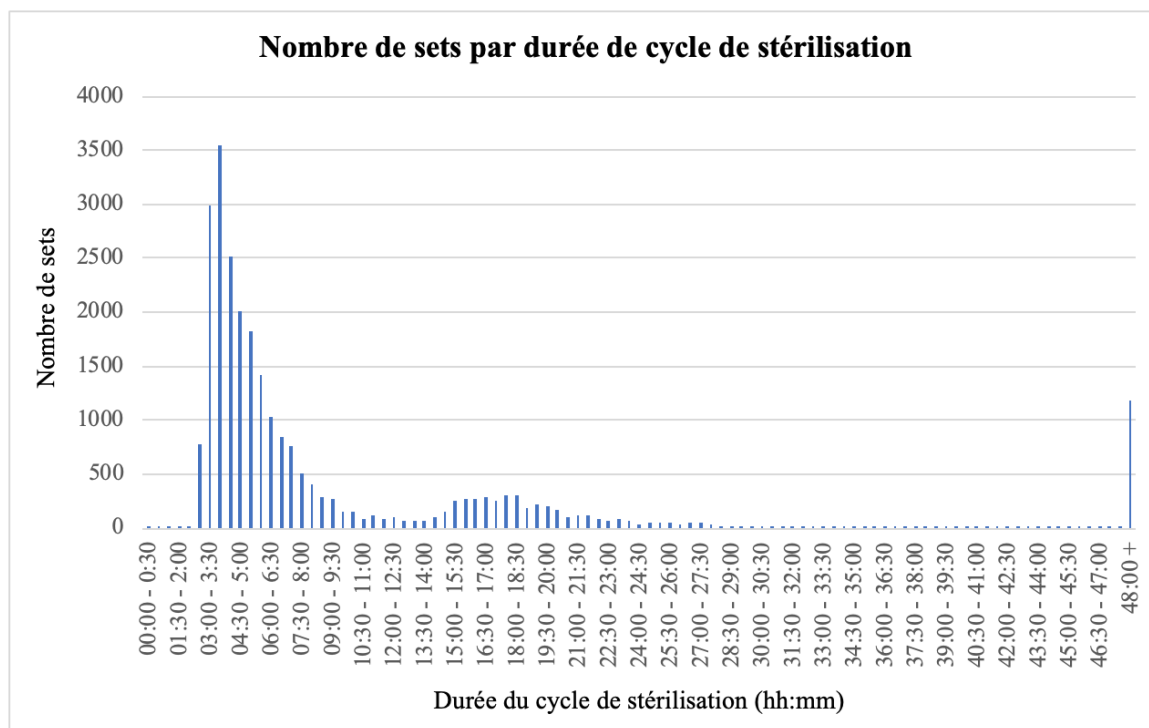


Figure 5 : Nombre de sets par durée de cycle de stérilisation au sein du CHD

Au regard de cet histogramme, nous pouvons aisément distinguer trois modes correspondant aux intervalles de temps les plus fréquemment observés. Ces trois modes, représentés par les trois pics visibles sur le graphique, résultent et témoignent en réalité de diverses situations typiquement rencontrées dans le cadre du fonctionnement du service de stérilisation. Le premier situé aux alentours de 4h représente l'ensemble des plateaux qui ont été traités la journée même de leur utilisation. Le second établi aux environs de 17h évoque quant à lui les instruments employés en fin de journée qui ne peuvent être traités le jour même et qui doivent par conséquent passer la nuit au sein du service en attente de traitement. Enfin, le troisième et dernier pic visible recense toutes les boîtes dont le cycle dépasse 48h. Parmi celles-ci, on retrouve principalement celles employées en fin de semaine ou le week-end mais également celles qui nécessitent une réparation ou un remplacement suffisamment important que pour être immobilisées durant plusieurs jours. Il est néanmoins important de remarquer que l'information communiquée par ce dernier mode est limitée puisque les données supérieures à 48h ont été censurées. Il est donc fort probable que les durées de cycle correspondantes aux deux situations

illustrées par ce pic soient fortement différentes en fonction de la situation à laquelle elles se rapportent et que leurs véritables valeurs soient également nettement supérieures à la valeur exprimée par ce graphique.

Par ailleurs, l'amplitude et l'étendue relatives de ces différents modes témoignent aussi du fonctionnement général de ce département du CHD. Par exemple, la prééminence du premier mode par rapport aux autres atteste de la rapidité d'action requise par ce type de processus hospitalier et du flux tendu qui en découle. L'idéal dans ce service est effectivement que tout soit réalisé au plus vite afin de maximiser la qualité du produit final. Toutefois, cette réalité est particulièrement exacerbée au sein de l'hôpital de Dinant où l'inventaire d'instruments n'est pas des plus fournis. Les chirurgiens ne tenant pas compte de cette limitation lors de la programmation opératoire, il n'est donc pas rare de voir certains sets utilisés deux fois au cours de la même journée afin de respecter les programmes. Outre l'objectif de qualité, la stérilisation de ce site hospitalier est donc également tenue de travailler au plus vite afin de compenser le manque de matériel. Ce mode de fonctionnement exige par conséquent un cycle de stérilisation très court, voire même trop court. Normalement, ce dernier doit durer au minimum quatre heures selon le Conseil Supérieur de la Santé (2017) afin d'être jugé convenable. Cependant, 28,71% des cycles réalisés au sein du CHD ont une durée inférieure à cette valeur référence, ce qui peut laisser penser que certaines étapes du processus sont négligées dans plus d'un cas sur quatre.

En résumé, nous pouvons dans un premier temps constater que la durée d'un cycle de stérilisation, correspondant au délai de remise à disposition dans ce cas-ci, varie énormément en fonction du moment où le matériel est utilisé. Dans le cas de la stérilisation du CHD, nous avons pu dégager trois valeurs références pour ce délai, à savoir 4h, 7h et plus de 48h, qui font chacune référence à une situation bien précise. Enfin, nous en avons également appris davantage quant au fonctionnement actuel de ce service et nous nous sommes rendu compte que ce dernier est soumis aux exigences des médecins et des chirurgiens et qu'il est de ce fait constamment mis sous pression.

2.2. Le bloc opératoire du CHD

Le quartier opératoire, qui constitue le principal client du service de stérilisation, est quant à lui actif de 8h à 17h selon l'horaire programmé. Toutefois, ce service de soin est confronté à de

nombreux aléas, dont les urgences, qui perturbent constamment le programme opératoire et qui font que cet horaire est par conséquent très rarement respecté. Cette affirmation est d'autant plus vraie que le CHD doit faire face à un nombre relativement élevé d'urgences par rapport à l'électif puisqu'elles représentent un peu moins d'un cinquième (18,72%) du total des opérations pratiquées au sein de cet hôpital. Par urgence, on entend dans ce cas-ci les interventions ajoutées le jour même au programme opératoire par opposition à l'électif qui correspond à celles programmées plusieurs jours à l'avance. A titre comparatif, les autres sites participant au projet d'externalisation, c'est-à-dire Bouge et Sainte-Élisabeth, sont confrontés respectivement à 10,77% et 7,17% d'interventions programmées le jour même.

Ensuite, en termes de volume d'activité, près de 6500 interventions ont été réalisées au sein du bloc opératoire du CHD en 2019. Comme on peut le constater sur le graphique ci-dessous (cf. Figure 6), ces nombreuses opérations sont réparties de façon inégalitaire entre les différentes spécialités médicales proposées par cette infrastructure hospitalière puisque plus de la moitié d'entre elles peuvent être attribuées à seulement trois disciplines parmi les dix présentes, à savoir l'abdominale, l'endoscopie et l'orthopédie.

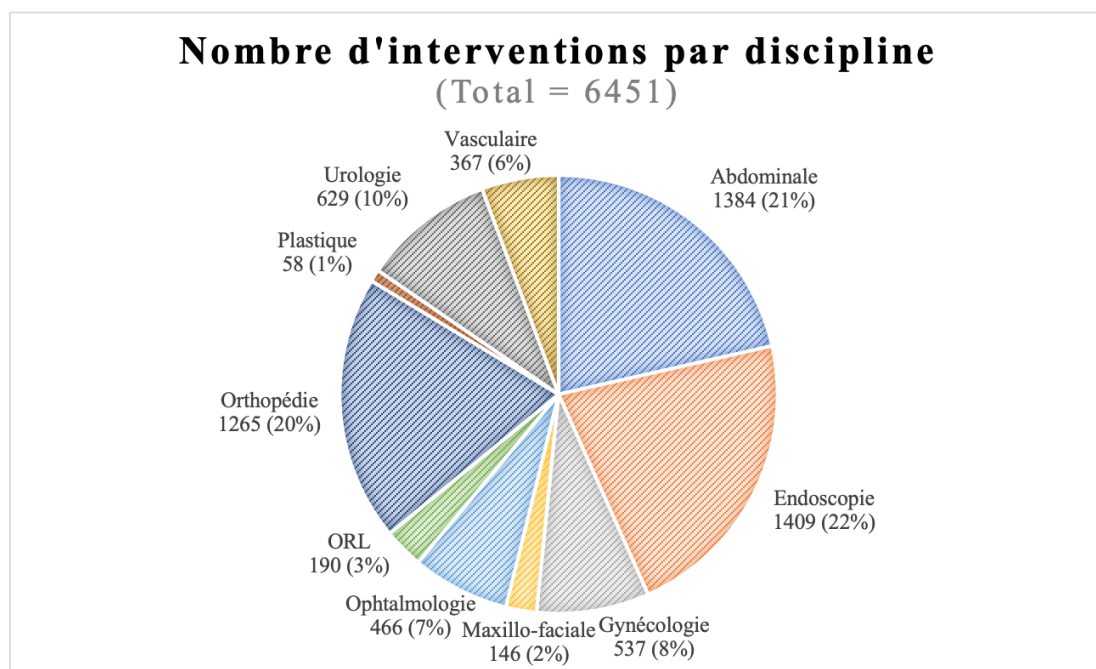


Figure 6 : Nombre d'interventions par discipline au sein du CHD

MÉTHODOLOGIE

I. Objectifs et cadre de la recherche

L'objectif premier de cette étude consiste à analyser l'impact de l'externalisation de la stérilisation sur les besoins en instrumentation chirurgicale des différents hôpitaux participant au projet et d'en estimer l'investissement financier correspondant. Cependant, étant donné que ce projet d'externalisation est destiné à voir le jour en 2023, l'état des inventaires respectifs des différents établissements de santé devrait logiquement être amené à évoluer durant les prochaines années à venir. Par conséquent, ce travail a donc surtout pour but de développer une méthodologie visant à répondre à l'objectif cité précédemment et qui pourra être réutilisée dans le futur par les institutions hospitalières.

Compte tenu du nombre considérable d'instruments que rassemblent les inventaires de trois hôpitaux, nous avons dû en sélectionner une partie afin de réaliser cette étude dans le respect des contraintes de temps qui lui sont imposées. De manière à proposer une méthodologie exemplaire, notre choix s'est par conséquent tourné vers l'instrumentation qui disposait des données les plus complètes. Dans cette optique, nous nous sommes tout d'abord limités au site hospitalier de Dinant qui dispose du système informatisé le plus performant des trois, en matière de traçabilité des dispositifs médicaux notamment. Toutefois, cette traçabilité n'est complète que pour le matériel employé au bloc opératoire dans la mesure où les données d'utilisation des autres services de soins ne sont pas récoltées par ce logiciel. Finalement, notre choix s'est tourné vers les instruments des disciplines abdominale et vasculaire du CHD. Cette décision a dans un premier temps été motivée par le fait que ces deux disciplines sont entièrement pratiquées au sein du quartier opératoire, au contraire de la maxillo-faciale par exemple qui est exercée à la fois au bloc et dans le service de chirurgie ambulatoire pour lequel nous ne disposons pas des données d'utilisation. Ensuite, nous avons préféré ne pas sélectionner une spécialité médicale telle que l'orthopédie puisque cette dernière contient une majorité d'instruments dits en prêt ou en dépôt qui n'appartiennent pas à l'hôpital et qui ne rentrent donc pas en compte lorsque l'on parle d'investissement. Enfin, il nous a paru judicieux de choisir deux spécialités à l'opposé l'une de l'autre en terme de volume d'activité et de criticité.

Bien entendu, toutes ces décisions ont été prises avec l'accord et en concertation avec Mr. De Baets, coordinateur du projet, Mme. Laurent, infirmière chef de service, Mr. Toussaint, chef du service de stérilisation et Mme. Cabadès, chef du bloc opératoire.

II. Méthodologies

Une fois le cadre de l'étude déterminé, nous avons développé deux méthodologies autour de trois questions de recherche formulées à partir du problème original exprimé par les trois hôpitaux namurois, à savoir analyser l'impact de l'externalisation sur le besoin en instrumentation :

- Premièrement, quel sera le délai de remise à disposition du matériel une fois le service externalisé ?
- Ensuite, quel sera le besoin en instrumentation durant ce délai ?
- Enfin, comment prendre en compte et contrôler suffisamment le risque de rupture de stock ?

Dans un premier temps, il était primordial d'acquérir la liste exhaustive des sets² appartenant aux disciplines abdominale et vasculaire détenus par l'hôpital ainsi que le nombre d'exemplaires de chacun. Cet inventaire n'existant pas au préalable, nous avons donc extrait du logiciel de traçabilité StériLine l'intitulé de toutes les boîtes de ces disciplines étant passées par le service de stérilisation durant l'année 2019. Nous pouvons raisonnablement supposer que cette liste contient effectivement l'ensemble des sets encore actifs actuellement dans la mesure où même s'ils n'ont pas été utilisés, ils ont dû être stérilisés au moins une fois dans l'année en raison des durées de péremption qui vont de 6 mois à 1 an. Ce listing a par la suite été envoyé au chef du service de stérilisation afin d'identifier et ne garder que le matériel dont l'hôpital est réellement propriétaire.

Nous nous sommes ensuite penchés sur la première question afin de définir le délai de remise à disposition qui correspond, en d'autres mots, au temps durant lequel l'hôpital devra se passer des instruments déjà utilisés, durant lequel il devra être autonome. Toutefois, ce projet étant destiné à sortir de terre à l'horizon 2023, le dimensionnement et toute la logistique autour de celui-ci font encore l'objet d'études à l'heure actuelle. Il est par conséquent impossible d'obtenir de données permettant de déterminer avec précision le délai caractérisant ce nouveau mode d'organisation. Aux moyens d'hypothèses, nous avons néanmoins pu raisonnablement

² Les sets et les emballés séparés étant traités de la même façon dans ce travail, nous utiliserons généralement le terme « set » et ses synonymes, présentés au point 2.1. de la partie théorique, pour désigner l'ensemble des instruments, qu'ils circulent seuls ou en « groupe ».

estimer ce laps de temps à 24h, 48h, 72h ou 96h en fonction de certaines circonstances. Le détail de ces suppositions est présenté dans la section dédiée (cf. Section III de ce chapitre).

Une fois ces différents délais définis, nous avons extrait de StériLine le nombre d'utilisations sur 24h de chaque intitulé du listing que nous avons par la suite agrégé lorsque c'était nécessaire, à savoir lors des jours fériés et des week-ends, afin d'obtenir le laps de temps adéquat. Le terme « période » sera alors employé peu importe la durée de celle-ci dans la mesure où le traitement est le même quel que soit le délai représenté. Les données se présentent sous la forme du tableau illustré par la figure 7.

En ce qui concerne l'extraction des utilisations, nous aurions également pu opter pour le nombre de passages de chaque boîte au sein du service de stérilisation. Cependant, nous avons privilégié l'utilisation au bloc qui permet selon nous une meilleure estimation de la demande réelle du client puisqu'un passage en stérilisation peut par exemple résulter de la péremption du set, ce qui ne traduit aucunement un besoin.

Après quoi, nous avons décidé de mettre en place deux méthodologies quelque peu différentes pour répondre aux deux dernières questions présentées ci-dessus. La première d'entre elles aura pour objectif de répondre à ces interrogations concernant les boîtes détenues à plus d'un exemplaire. A l'inverse, la seconde s'intéressera quant à elle aux sets dont l'hôpital ne dispose que d'un seul exemplaire.

Concernant la méthodologie pour les sets à plus d'un exemplaire, nous avons décidé de représenter la demande pour chacun d'entre eux grâce à la distribution de probabilité qui ajuste le mieux les données empiriques dont nous disposons afin d'exprimer de la meilleure façon ce besoin et de prendre en compte toute l'incertitude qui règne autour de ce dernier. Jusque-là, nous disposions alors des données qui se sont effectivement réalisées en 2019 mais nulle ne permet d'affirmer que celles-ci se reproduiront en 2020 ou dans les années ultérieures. De plus, il est légitime de penser que ces dernières, tout comme les ventes au détail (Amjad & Shah, 2017), sont censurées par le nombre de boîtes détenues en stock. C'est pourquoi nous avons choisi d'exprimer le besoin en instrumentation à travers une loi de probabilité. Pour ce faire, nous avons eu recours au logiciel statistique R et à son package « fitdistrplus » qui nous ont permis d'ajuster nos données et de juger de cet ajustement au moyen de divers graphiques et tests d'adéquation.

Après quoi, nous avons établi des règles de décision afin de contrôler le niveau de risque auquel nous acceptons de nous exposer. Ces règles ont été définies autour de deux critères permettant de les échelonner : le prix et la criticité de la boîte d'instruments. Ne disposant pas de données précises concernant le prix des sets, nous avons tout de même pu obtenir une estimation de ceux-ci grâce aux expertises du chef du service de stérilisation et de la chef du bloc opératoire. A l'aide de ces deux professionnels, nous avons alors déterminé trois intervalles de prix dans lesquels classer les différents plateaux. Similairement, trois niveaux de criticité ont été déterminés et adéquatement attribués au matériel, une nouvelle fois avec l'aide de ces deux experts en la matière. Enfin, les règles de décision associent à chaque combinaison de ces deux critères un taux de couverture à atteindre. Cet indicateur, désignant le pourcentage de la demande que l'entreprise peut satisfaire immédiatement sans réapprovisionnement ni ventes perdues (Vermorel, 2015), permettra ainsi de déterminer le nombre de ruptures de stock auxquelles on accepte de s'exposer.

En ce qui concerne les sets détenus en un seul exemplaire, nous allons nous intéresser au temps qui sépare deux utilisations plutôt qu'au besoin exprimé envers ceux-ci. Afin de procéder au même ajustement que pour ceux à plus d'un exemplaire, nous avons donc dû extraire le temps entre deux utilisations des données dont nous disposons jusque-là, à savoir le nombre d'utilisations par période. De ce fait, les nouvelles données représentant les différentes durées séparant deux utilisations de l'année 2019 sont par conséquent exprimées en périodes. Enfin, de cette distribution théorique, nous pourrions alors déduire la probabilité d'observer une rupture de stock qui correspond à la probabilité que le temps entre deux utilisations soit inférieur au délai de remise à disposition, c'est-à-dire une période. Cette probabilité, accompagnée de quelques observations empiriques, nous permettra ainsi d'analyser la nécessité d'acheter ou non un nouvel exemplaire.

Finalement, une fois le nombre idéal de sets déterminé, il nous suffira de confronter celui-ci au nombre d'exemplaires détenus actuellement et d'estimer l'investissement que cette différence représente.

III. Hypothèses

3.1. Délai de remise à disposition

Comme dans la démarche suivie au sein des Hospices civils de Lyon (Cunat, 2006), la première étape de notre analyse consiste à déterminer le délai de remise à disposition de la version externalisée de la stérilisation qui correspond, pour rappel, au temps qui s'écoule entre la fin de l'utilisation du dispositif médical et son retour dans l'arsenal stérile. Dans le fonctionnement actuel du CHU de Dinant, nous avons pu constater que ce délai tourne majoritairement autour des quatre heures, ce qui semble de toute évidence irréalisable avec un service de stérilisation externe. Mais qu'en est-il alors de ce laps de temps dans la version externalisée ?

Comme déjà expliqué précédemment, ce projet étant destiné à sortir de terre à l'horizon 2023, de nombreuses études sont encore en cours actuellement et il est par conséquent impossible d'obtenir des données précises quant au délai de remise à disposition caractérisant ce nouveau mode d'organisation. Toutefois, afin d'obtenir une estimation raisonnable de cette durée, nous pouvons nous baser sur le modèle de fonctionnement théorique qui se dégage actuellement ainsi que sur l'objectif poursuivi par les hôpitaux participant au projet qui est de récupérer un maximum des dispositifs médicaux utilisés la veille avant le début d'activité du lendemain, à savoir 8h du matin pour le bloc opératoire de Dinant.

Jusqu'à présent, le modèle qui se dessine consiste en une plateforme dont l'activité serait légèrement décalée par rapport à celle du bloc opératoire et qui serait régulièrement approvisionnée par de petits camions transportant le matériel. Cette usine miniature débiterait donc son activité aux alentours de midi, lorsque les premières interventions de la journée se finissent, et fermerait ses portes au petit matin. Compte tenu de la volonté de voir revenir la majorité des instruments utilisés avant le début d'activité programmée du lendemain, il est quasiment inconcevable de ne pas travailler au moins une partie de la nuit. Quant à l'approvisionnement de cette plateforme, les gestionnaires du projet souhaiteraient qu'il soit réalisé par de petits camions qui se chargeraient à la fois du ramassage et du dépôt du matériel plusieurs fois dans la journée, contrairement à un seul ramassage par jour comme c'est le cas dans de nombreux hôpitaux belges ayant déjà sauté le pas de l'externalisation. Par ce mode de fonctionnement, ils espèrent garder un flux relativement tendu, semblable au flux actuel, qui

permettrait de lisser la courbe de production de la plateforme et de réduire le délai de remise à disposition du matériel.

Comme c'est déjà le cas actuellement, il est clair que le temps de retour des instruments variera énormément en fonction de l'heure à laquelle ces derniers sont utilisés, notamment en raison du planning de fonctionnement de la plateforme ainsi que de l'attente occasionnée par l'horaire de passage des camions. Toutefois, nous estimons raisonnable de penser que les plateaux ayant servi aux opérations du matin seront de retour dans la soirée alors que ceux ayant été utilisés lors des dernières interventions programmées reviendront plutôt au petit matin. De cette façon, l'ensemble du matériel correspondant à l'électif devrait être en toute logique de nouveau disponible pour entamer la journée suivante.

En ce qui concerne les sets employés dans le cadre d'interventions non programmées, nous présumons que ceux qui se rapportent à des urgences ayant eu lieu en journée subiront le même traitement que les boîtes liées à l'électif et seront de retour au petit matin. Dès lors, seule l'instrumentation associée aux interventions urgentes se déroulant en soirée et dans la nuit ne serait pas disponible le lendemain matin mais plutôt dans l'après-midi, voire en début de soirée.

Toutes ces informations nous amènent à admettre qu'utiliser deux fois par jour un même instrument, comme c'est souvent le cas dans le fonctionnement actuel, sera désormais impensable pour des raisons évidentes. Néanmoins, au regard des estimations des temps de retour explicitées ci-dessus, nous pouvons raisonnablement penser qu'une utilisation quotidienne par dispositif médical est envisageable, y compris pour l'instrumentation utilisée en soirée ou dans la nuit. Partant de ce principe d'une utilisation par jour, nous avons décidé de baser notre analyse sur un délai de remise à disposition de 24h. De cette manière, nous disposons d'une certaine marge de manœuvre puisqu'il est apparent que ce délai sera généralement de plus courte durée, notamment pour l'instrumentation liée aux premières interventions de la journée qui seront de retour dans la soirée.

Enfin, concernant les week-ends et jours fériés, un maximum du matériel employé la veille de ceux-ci devrait tout de même revenir au petit matin bien que la plateforme soit inactive durant ces périodes non ouvrables. De nouveau, seules les interventions du soir et de la nuit ne reviendraient pas le matin mais le jour ouvrable suivant cette période d'inactivité. Afin de tenir compte de cela et du délai de 24h choisi précédemment, nous avons agrégé les données

concernant les utilisations durant ces jours de repos avec celles du jour de travail suivant. De cette manipulation résultent donc des périodes allant de 48h jusqu'à 96h, lorsqu'un jour férié est accolé à un week-end.

Pour résumer, nous avons donc posé l'hypothèse d'un délai de remise à disposition de 24h en temps normal et de 48h à 96h en cas de jours d'inactivité. Suite à cela, nous emploierons désormais le terme période pour désigner ces différentes durées dans la mesure où l'on procédera de la même manière pour l'analyse du besoin peu importe que ce délai soit de 24h ou de 96h.

3.2. Censure

Dans la mesure où la censure de nos données repose sur une supposition, nous ne disposons en réalité d'aucune information quant aux observations qui sont censurées et celles qui ne le sont pas. A l'image de la vente au détail où les ventes égales au nombre de pièces détenues en stock sont considérées comme censurées (Amjad & Shah, 2017), nous supposons donc que toutes les valeurs de notre échantillon qui sont supérieures ou égales au nombre d'exemplaires détenus sont censurées. Outre cette analogie avec le commerce de détail, cette hypothèse résulte également du fait qu'il n'est pas rare de voir un même set utilisé à deux reprises durant la même période et que très peu de boîtes alternatives sont actuellement utilisées au sein du CHD. Ces différentes raisons nous amènent donc à penser qu'une utilisation en dessous du nombre d'exemplaires de stock résulte d'un manque de demande plutôt que d'un manque d'instrumentation et que seule une utilisation à 100% de l'inventaire ou plus pourrait cacher d'éventuelles demandes insatisfaites.

IV. Récolte de données à l'aide de StériLine

4.1. Présentation et fonctionnement du logiciel

Avant toute chose, StériLine est un logiciel de gestion consacré au service de stérilisation faisant partie de la gamme de solutions intégrées proposée par Cantel Medical, à savoir MLine. Ce service hospitalier étant actuellement confronté à de nombreux challenges, dont l'importance grandissante de la traçabilité, ce logiciel vise donc à offrir aux hôpitaux les outils nécessaires pour les relever. Dans cette optique, ce programme informatique permet entre autres

l'implémentation de la traçabilité à travers une interface conviviale tout en récoltant un maximum de données liées à celle-ci. Enfin, outre cette fonctionnalité, StériLine fournit également des modules de gestion et de monitoring des ressources en temps réel ainsi que de nombreux rapports permettant de superviser les performances du département (Cantel Medical, n.d.).

Toutefois, dans la cadre de notre recherche, nous portons une attention toute particulière à la fonctionnalité de traçabilité de ce logiciel et aux données associées. Cette dernière a pour objectif de retracer l'ensemble du trajet des instruments chirurgicaux de leur production à leur utilisation. Pour ce faire, il est demandé au personnel médical de scanner le matériel, au moyen de code-barres, au cours des différentes étapes du cycle de vie de ce dernier (production, stockage, utilisation). De cette façon, il est possible de connaître l'état actuel de chaque instrument ainsi que le trajet suivi par celui-ci minute par minute.

4.2. Présentation et traitement des données

Comme expliqué précédemment dans la méthodologie, nous avons décidé d'estimer le besoin en instrumentation au départ des données d'utilisation du bloc opératoire. Ces informations ont alors été extraites de la base de données relative à la traçabilité pour chacun des intitulés du listing que nous avons constitué plus tôt. Afin de tenir compte de nos hypothèses sur le délai de remise à disposition du matériel, nous avons dans un premier temps extrait ces données sur des périodes de 24h pour l'ensemble de l'année 2019. Certaines d'entre elles, celles correspondant aux jours fériés et aux week-ends, ont alors été agrégées afin d'obtenir la période d'autonomie adéquate.

De ces manipulations, il résulte finalement un échantillon composé de 252 observations représentant le nombre d'utilisations par période d'un certain set. A chaque plateau présent dans la liste est donc associé un échantillon qui lui est propre. Une partie de l'échantillon relatif à la boîte MAINABDO est représentée dans le tableau ci-dessous (cf. Figure 7).

<i>Période</i>	1	2	3	4	5	6
<i>MAINABDO</i>	4	7	1	2	7	2

Figure 7 : Extrait de l'échantillon de données du set MAINABDO

Avant d'entamer notre analyse, nous disposons par conséquent d'un échantillon pour chaque boîte représentant l'historique du nombre de fois où celle-ci a effectivement été utilisée par période de 2019. Enfin, il convient de préciser que ces données incorporent aussi bien les utilisations liées à l'électif qu'aux urgences.

ANALYSES & PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

I. Analyse du besoin en instrumentation

Afin d'analyser le besoin en instrumentation abdominale et vasculaire du Centre Hospitalier de Dinant, nous avons eu recours à deux méthodologies quelque peu différentes en fonction du nombre de boîtes initialement détenues par l'hôpital. Les plateaux dont l'infrastructure hospitalière ne dispose que d'un seul exemplaire ont effectivement été dissociés des autres.

1.1. Sets détenus à plus d'un exemplaire

Pour ce premier sous-ensemble de plateaux, nous estimerons dans un premier temps la demande du bloc opératoire à l'aide de la distribution de probabilité qui ajuste au mieux les données empiriques dont nous disposons. Après quoi, nous utiliserons la loi estimée pour mener à bien une analyse de risque dont l'objectif est de contrôler le risque de rupture de stock du set dont il est question.

Ce raisonnement étant le même pour l'ensemble des boîtes étudiées, nous nous limiterons à l'étude plus détaillée d'une seule d'entre elles, à savoir celle intitulée « Main abdominale » [MAINABDO]. Cette dernière représente la boîte la plus utilisée parmi les deux disciplines étudiées avec 982 utilisations au cours de l'année 2019. Les résultats de l'ensemble des plateaux seront alors détaillés et discutés à la fin de chacun des sous-points de cette analyse.

1.1.1. Estimation du besoin

Comme cela a déjà été expliqué au point 4.2. « Présentation et traitement des données », nous disposons au début de ce traitement statistique d'un échantillon de 252 observations représentant le nombre effectif d'utilisations de la boîte MAINABDO au bloc opératoire au cours des différentes périodes de 2019. Notre objectif dans cette partie est dès lors de trouver la distribution de probabilité théorique qui reproduit au mieux le comportement de cette variable aléatoire afin d'exprimer le besoin concernant le set étudié.

1.1.1.1. Choix des distributions à ajuster

Avant de procéder à l'ajustement à proprement dit, il convient de sélectionner les candidates appropriées parmi l'ensemble des lois théoriques fournies par la littérature. Dans cette optique,

nous allons donc commencer par analyser au mieux la variable aléatoire à laquelle nous sommes confrontés, notamment au moyen de diverses représentations graphiques et statistiques descriptives qui la caractérisent.

Dans un premier temps, intéressons-nous à l'histogramme de fréquence du set étudié illustré ci-dessous (cf. Figure 8).

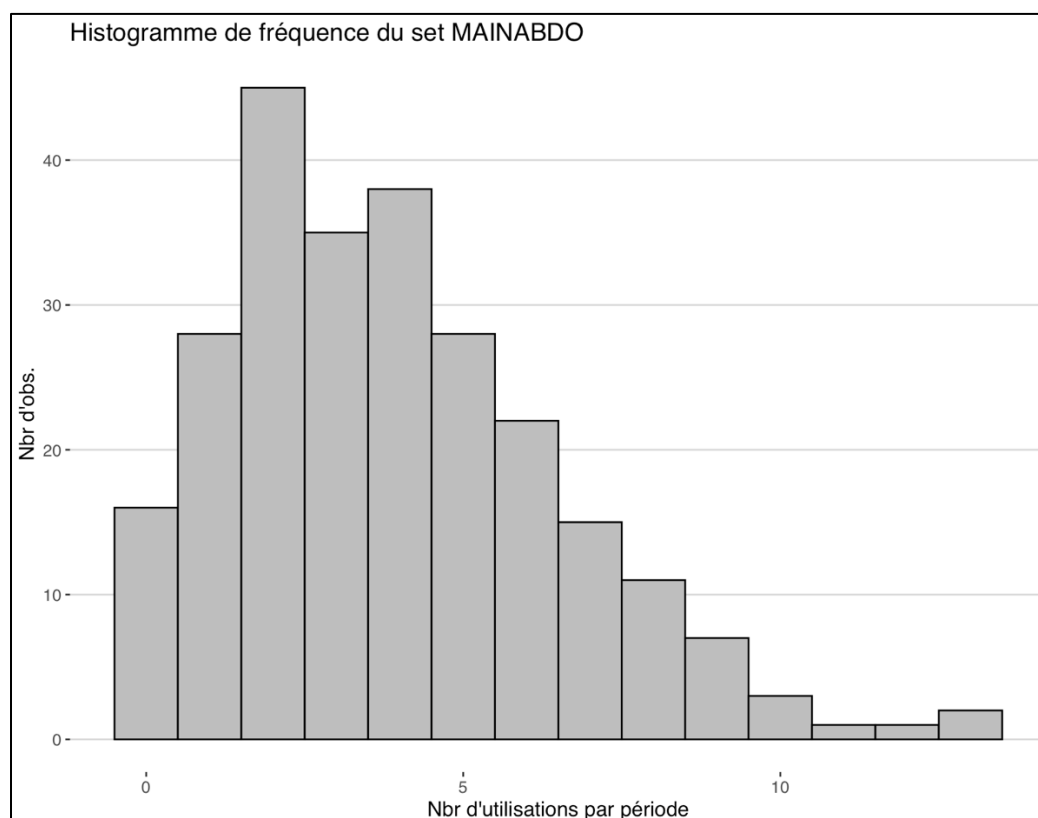


Figure 8 : Histogramme de fréquence du set MAINABDO

Au regard de ce premier graphique, nous pouvons d'ores et déjà raisonnablement donner la préférence aux lois discrètes. Bien qu'il soit évident que la variable étudiée ne puisse prendre que des valeurs entières dans ce cas-ci, il est parfois judicieux d'exprimer une telle variable par une distribution continue. C'est la cas notamment de la demande rencontrée par un commerce lorsque celle-ci peut prendre un nombre élevé de grandeurs (Agrawal & Smith, 1996). Or, nous pouvons constater grâce à cet histogramme que l'éventail de valeurs prises par le nombre d'utilisations du set MAINABDO est relativement faible. Nous privilégierons donc les lois discrètes dans le reste de cette étude. Cependant, si aucune d'entre elles ne donne de résultats convaincants, l'usage d'une distribution continue peut toujours être envisagé.

Cette figure donne également un premier indice quant à l'asymétrie positive de la distribution et la forme attendue de la loi théorique, tout comme les fonctions empiriques représentées ci-dessous, à savoir les fonctions de masse et de répartition (cf. Figure 9). Ces deux graphiques nous permettront également à un stade plus avancé de l'analyse de juger de l'ajustement des lois théoriques.

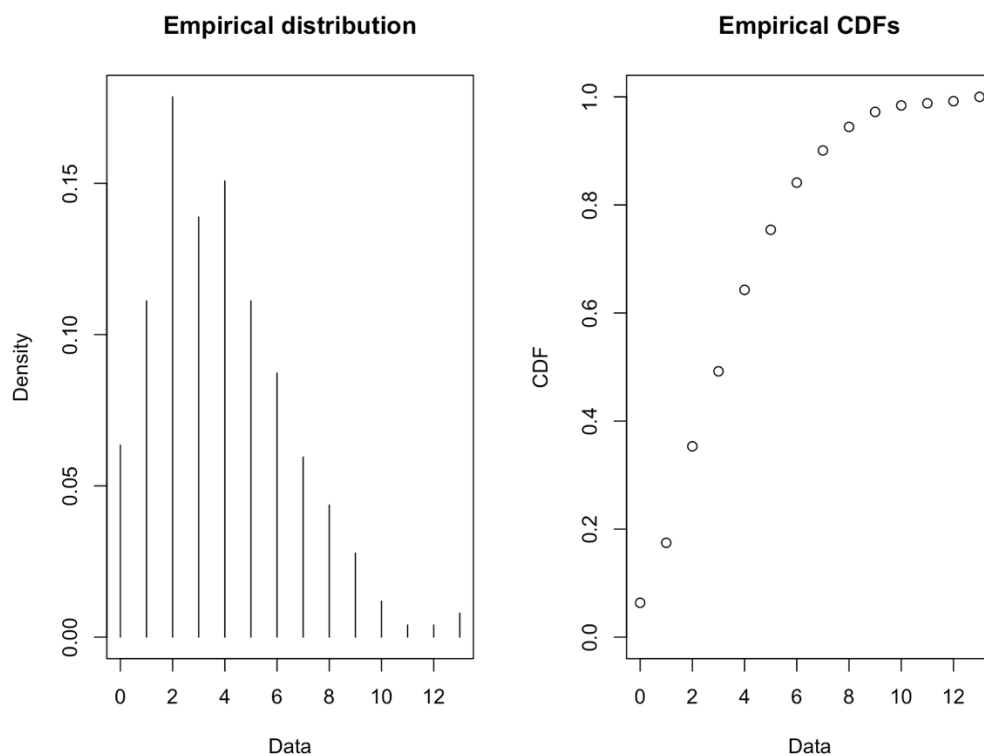


Figure 9 : Fonctions empiriques de masse (gauche) et de répartition (droite) du set MAINABDO

Ensuite, le coefficient d'asymétrie et le kurtosis de notre échantillon empirique peuvent également nous aiguiller quant à notre choix de distributions candidates. Pour ce faire, le logiciel R nous gratifie d'une dernière représentation graphique (cf. Figure 10) permettant de comparer les valeurs de ces deux statistiques descriptives obtenues à partir des données extraites à celles de certaines lois discrètes bien connues dans la littérature. Ce graphique est connu sous l'appellation de « Graphique de Cullen et Frey » (Delignette-Miller & Dutang, 2015).

Dans un premier temps, nous pouvons constater que la suspicion d'asymétrie positive évoquée lors de l'analyse des précédentes figures s'avérait belle et bien justifiée puisque notre distribution empirique a un coefficient d'asymétrie positif, de valeur 0,794 pour être précis. Cette dernière représentation graphique nous permet également de remarquer que notre

distribution est plus aplatie qu'une loi normale dans la mesure où la valeur de son kurtosis est supérieure à 3.

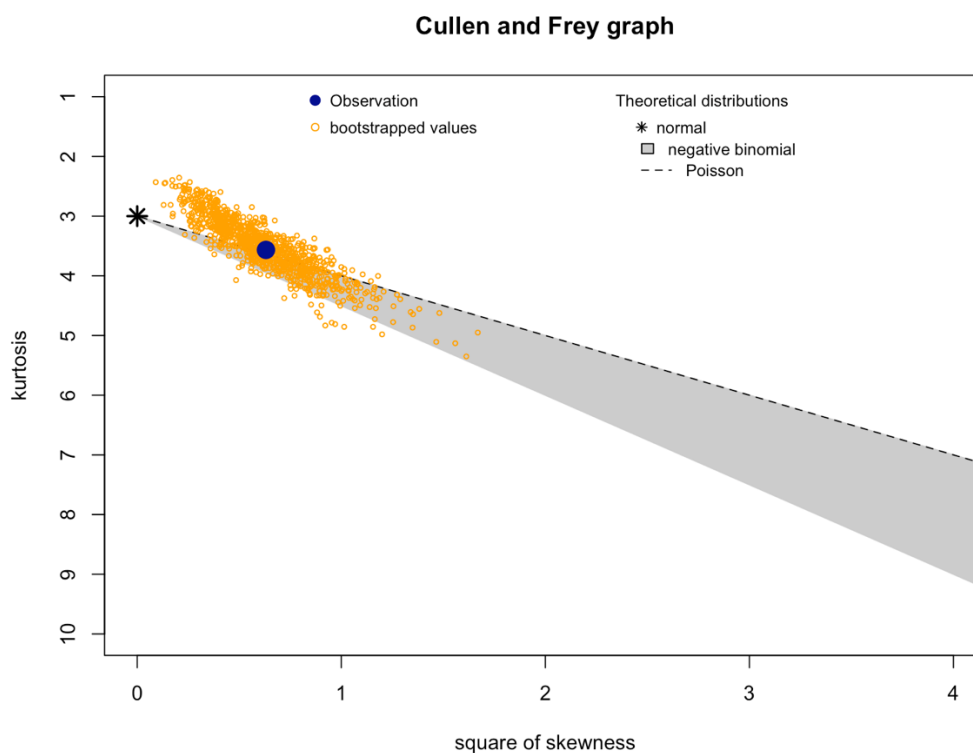


Figure 10 : Graphique de Cullen et Frey du set MAINABDO

Par ailleurs, il ressort de ce graphique que les lois binominale négative et de Poisson peuvent être considérées comme de sérieuses candidates à l'ajustement. En effet, le point ayant comme abscisse le kurtosis estimé de notre distribution empirique et comme ordonnée l'estimation de son coefficient d'asymétrie se trouve justement sur la droite reprenant les valeurs possibles pour une loi de Poisson. Ces statistiques descriptives étant connues pour ne pas être robustes, nous avons alors eu recours à la technique du bootstrap qui nous a conduits à considérer la loi binomiale négative également. Attention cependant à ne pas conclure trop vite que la distribution de Poisson est meilleure que la binomiale négative car la première citée correspond mieux à l'observation initiale que la seconde selon ce graphique.

De plus, ces deux lois sont également mises en avant par la littérature qui stipule qu'elles sont habituellement utilisées dans le commerce de détail lorsqu'il s'agit d'analyser une demande de faible ampleur (Agrawal & Smith, 1996). Compte tenu du fait que nous cherchons à exprimer la demande en instrumentation du bloc opératoire envers la stérilisation, nous pouvons dès lors

facilement faire l'analogie de cette situation avec celle du commerce de détail exprimée précédemment.

Enfin, afin de corroborer une fois de plus ce choix, nous avons eu recours à un deuxième logiciel statistique nommé Statgraphics Centurion, qui permet d'ajuster et de comparer rapidement un nombre important de lois théoriques par rapport à leur log-vraisemblance. De cette manipulation, il ressort que la distribution binomiale négative et celle de Poisson sont les deux meilleures distributions discrètes par rapport à cette mesure de vraisemblance. De plus, la première citée obtient également une meilleure valeur que les lois les plus couramment utilisées parmi lesquelles se trouvent des lois continues. Les résultats de ces manipulations sont repris à l'annexe 1.

De ces différentes analyses, nous pouvons donc raisonnablement opter pour les deux distributions citées précédemment, à savoir la distribution de Poisson et la distribution binomiale négative, dans la mesure où l'ensemble des observations et des études réalisées tendent à converger vers ces deux lois discrètes.

1.1.1.2. Ajustements et sélection finale

Une fois les deux candidates choisies, il convient désormais de les faire correspondre à l'échantillon empirique extrait. Pour ce faire, nous utilisons le logiciel statistique R et son package « fitdistrplus » qui fournit des fonctions permettant d'ajuster des distributions univariées à différents types de données, qu'elles soient discrètes ou continues, censurées ou non (Delignette-Miller & Dutang, 2015).

Dès lors, trois ajustements ont été réalisés pour chacune des deux distributions théoriques sélectionnées. Deux d'entre eux [MLE & MLE-Cens] ont été exécutés à l'aide de l'estimateur du maximum de vraisemblance en supposant dans un des deux cas que les données étaient effectivement censurées. Pour rappel, seules les valeurs égales ou supérieures au nombre d'exemplaires détenus en stock sont considérées comme censurées, ce qui représente, dans le cas du set MAINABDO, quatre observations sur les 252 qui constituent l'échantillon. Le troisième résulte quant à lui de l'application de la méthode des moments qui ne convient malheureusement qu'à des données non censurées.

Les paramètres estimés par ces ajustements accompagnés de quelques mesures d'adéquations sont présentés dans les tableaux ci-dessous (cf. Figure 11 & 12). La colonne « P-valeur » recense, comme son nom l'indique, les p-valeurs résultantes du test du khi-carré dans la mesure où nous faisons face à deux lois discrètes. Ce test n'étant malencontreusement pas disponible pour les données censurées, nous devons par conséquent nous contenter des trois autres indicateurs pour l'ajustement associé à ce type de données.

Loi Binomiale négative

<i>Estimateur</i>	<i>Nbr d'essais</i>	<i>Proba</i>	<i>Log-vrais</i>	<i>AIC</i>	<i>BIC</i>	<i>P-valeur</i>
MLE	5,002238	0,56210144	-578,6533	1161,307	1168,365	0,8801693
MME	5,290461	0,5758459	-578,6855	1161,371	1168,43	0,8640794
MLE-Cens	4,469575	0,53192369	-577,5108	1159,022	1166,08	/

Figure 11 : Paramètres estimés et mesures d'adéquation associés aux différents estimateurs : Loi binomiale négative

Loi de Poisson

<i>Estimateur</i>	<i>Lambda</i>	<i>Log-vrais</i>	<i>AIC</i>	<i>BIC</i>	<i>P-valeur</i>
MLE	3,896825	-601,8312	1205,662	1209,192	2,25E-09
MME	3,896825	-601,8312	1205,662	1209,192	2,25E-09
MLE-Cens	3,918395	-605,4539	1212,908	1216,437	/

Figure 12 : Paramètres estimés et mesures d'adéquation associés aux différents estimateurs : Loi de Poisson

Dans un premier temps, nous pouvons remarquer que les paramètres de la loi de Poisson estimés à partir des données non censurées sont identiques quel que soit l'estimateur utilisé. Par conséquent, seul l'un d'entre eux fera l'objet des analyses qui vont suivre dans un souci de clarté, notamment lors des comparaisons graphiques.

Au regard de ces premières mesures quant à la qualité des différents ajustements, nous pouvons constater un très net avantage pour la loi binomiale négative qui surclasse la loi de Poisson à tous les niveaux, peu importe l'estimateur. De plus, étant donné que celle-ci est largement inférieure à 0.05, la p-valeur obtenue suite au test du khi-carré effectué à partir de la distribution de Poisson conduit au rejet de l'hypothèse nulle stipulant que la variable aléatoire représentant les données empiriques suit une loi de Poisson. Au contraire, cette hypothèse ne peut être rejetée

dans le cas de la distribution binomiale négative et nous ne pouvons donc conclure que la variable aléatoire analysée ne suit pas cette loi théorique.

Cependant, ces premières constatations peuvent encore être réfutées ou, à l'inverse, corroborées par l'étude des graphiques d'adéquations que voici (cf. Figure 13 - 17). Les distributions ajustées à partir de données censurées ne pouvant être représentées sur les mêmes visuels que les autres, nous avons donc dû séparer les deux cas pour cette partie de l'analyse. Il est également important de notifier que le graphique des densités n'est pas disponible pour ce type de données. Par ailleurs, étant donné que nous nous intéressons principalement aux queues de la distribution, *les P-P plots* ne sont pas des plus pertinents pour notre analyse. C'est pourquoi ils n'apparaissent pas dans les graphiques présentés ci-dessous mais sont tout de même observables à l'annexe 2.

Données non censurées

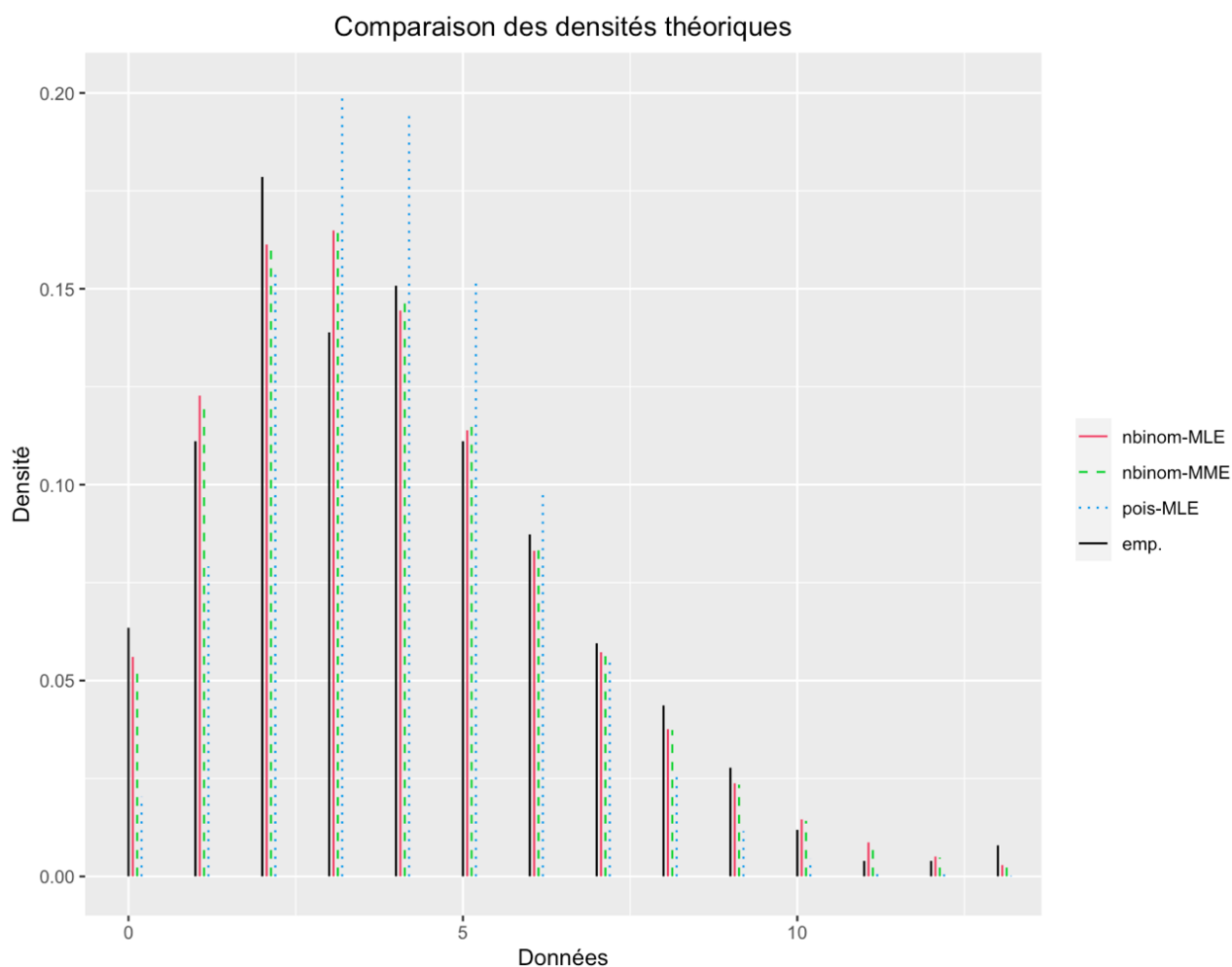


Figure 13 : Graphique de comparaison des densités théoriques et empirique : Cas non censuré du set MAINABDO

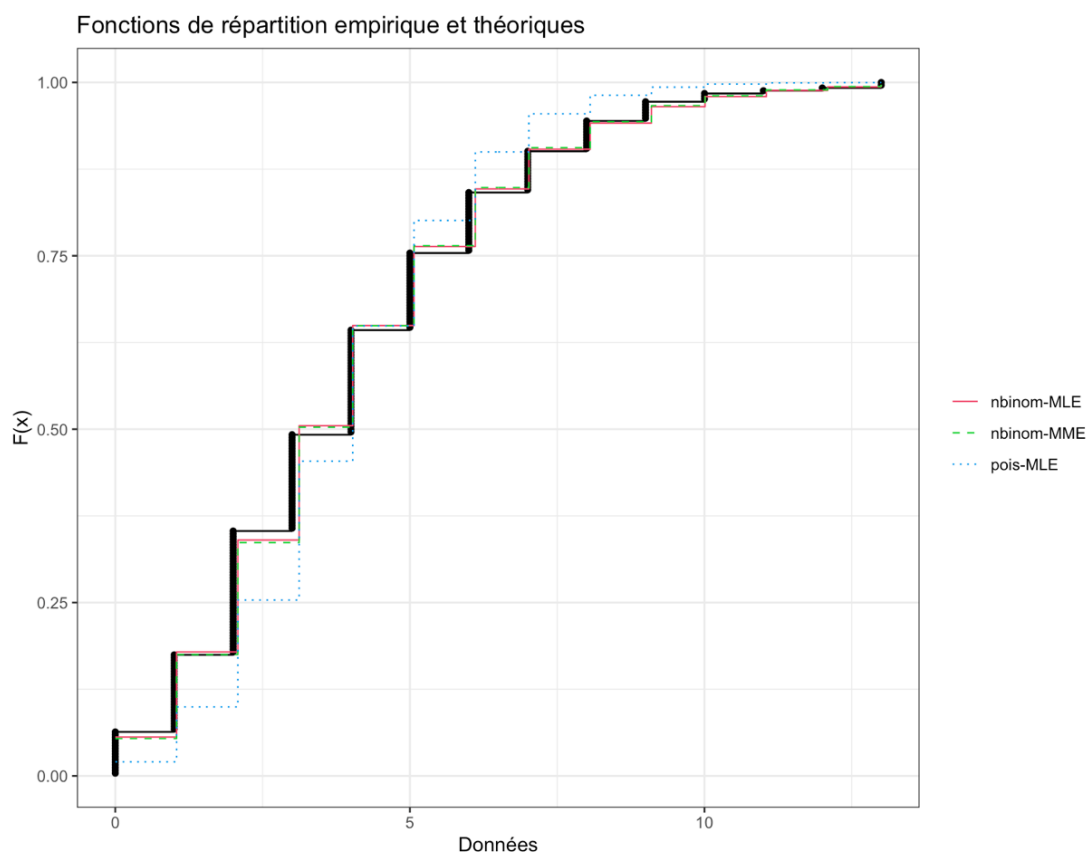


Figure 14 : Graphique des fonctions de répartition empirique et théoriques : Cas non censuré du set MAINABDO

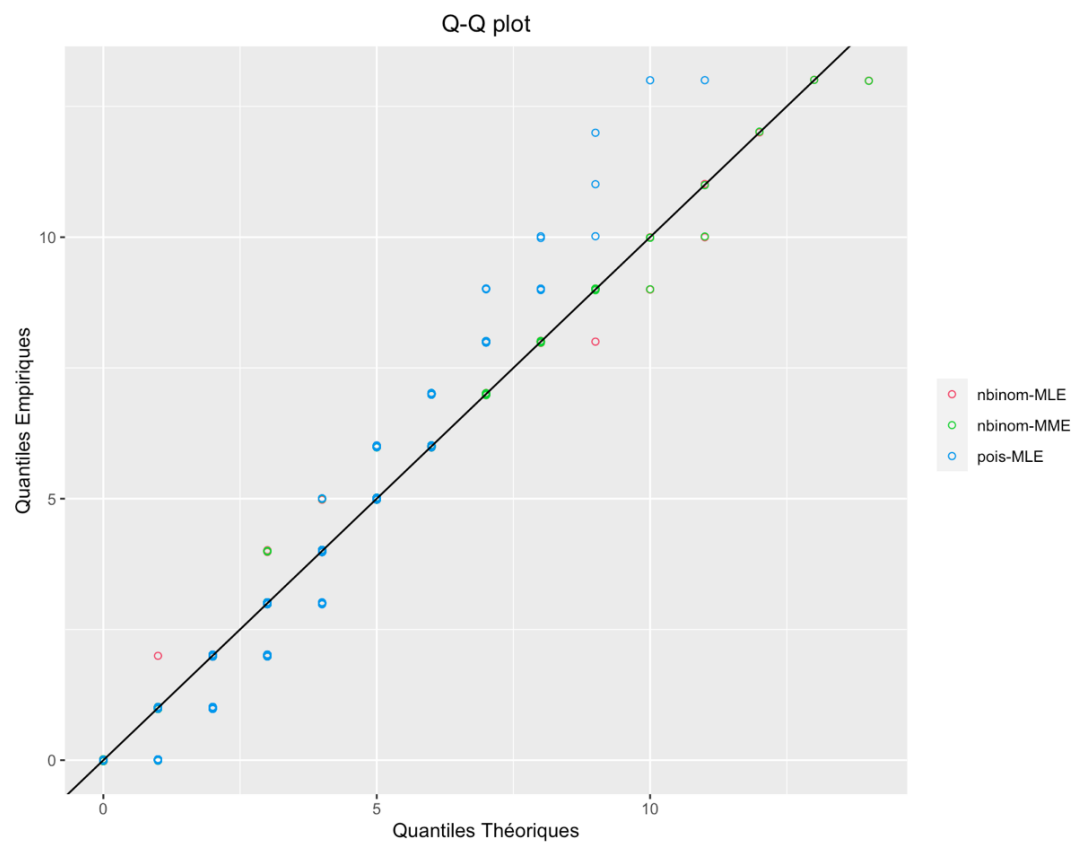


Figure 15 : $Q-Q$ plot : cas non censuré du set MAINABDO

Données censurées

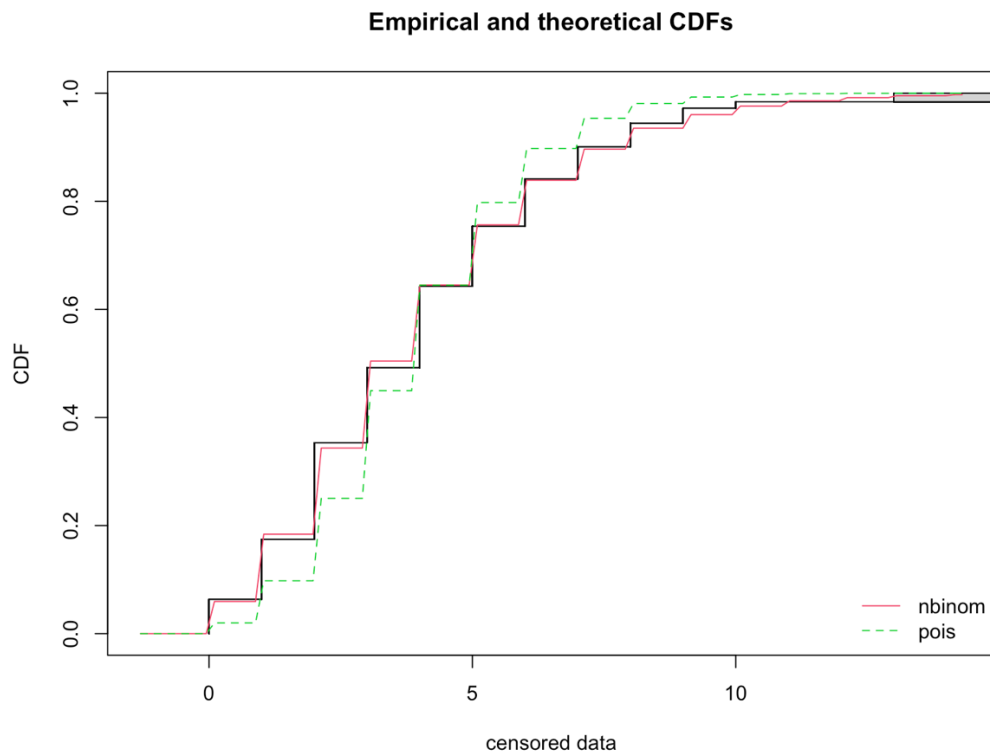
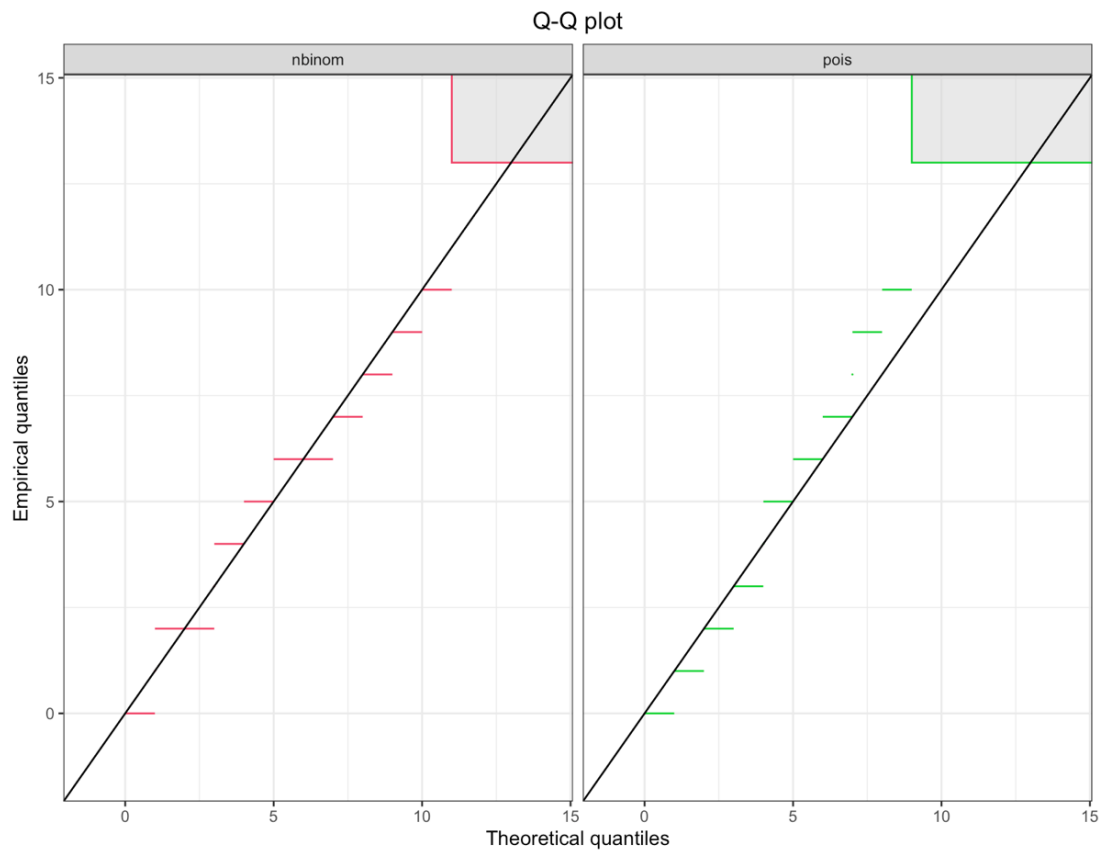


Figure 16 : Graphique des fonctions de répartition empirique et théoriques : Cas censuré du set MAINABDO

Figure 17 : *Q-Q plot* : cas censuré du set MAINABDO

Ca ne fait désormais plus aucun doute, les données extraites représentant le nombre d'utilisations par période du set MAINABDO ne suivent pas une loi de Poisson au vu de ces différents graphiques et des précédentes statistiques. A l'inverse, la loi binomiale négative semble quant à elle représenter adéquatement notre variable aléatoire, peu importe l'estimateur utilisé. Dès lors, comment peut-on départager ces trois ajustements dont la différence est minime ?

Étant donné le faible nombre d'occurrences des valeurs constituant la queue droite de la distribution empirique de cette boîte, il est difficile de croire à l'hypothèse de censure des données, d'autant que les sets peuvent actuellement être utilisés deux fois dans la même journée, à l'image du taux d'utilisation qui a dépassé 100% à trois reprises durant l'année 2019. De ce fait, nous privilégions la distribution estimée par la méthode des moments, qui est censée ajuster au mieux la queue droite de distribution, qui nous intéresse tout particulièrement.

1.1.1.3. Résultats

L'ensemble des résultats de cette première partie de l'analyse sont présentés dans les colonnes « Distribution », « Paramètre 1 » et « Paramètre 2 » du tableau repris à l'annexe 3.

Au vu de ceux-ci, nous pouvons dans un premier temps remarquer une légère préférence pour la loi binomiale négative par rapport à la loi de Poisson puisque cette dernière ne représente qu'un quart des distributions ajustées. Ensuite, en ce qui concerne le choix de l'estimateur, la méthode des moments a été privilégiée pour l'ensemble des ajustements, dans la mesure où celle-ci représente mieux la queue droite de la distribution, ce qui est particulièrement intéressant au vu de l'analyse de risques qui se profile. De ce fait, l'hypothèse de censure a donc de nouveau été réfutée pour la totalité des boîtes pour les mêmes raisons que celles citées précédemment, à savoir un faible nombre d'occurrences des valeurs composant la queue droite de distribution et la possibilité d'utiliser un set à deux reprises dans la même journée.

Enfin, trois boîtes n'ont été utilisées que trop peu de fois, voire même pas utilisées du tout, pour permettre un ajustement convenable. Aucune distribution n'a donc été estimée pour ces trois sets.

1.1.2. Analyse de risques

Maintenant que nous avons déterminé la distribution qui exprime de la meilleure façon le besoin du bloc opératoire concernant le set MAINABDO, nous allons pouvoir spécifier le nombre d'exemplaires que devrait détenir l'hôpital afin de contrôler le risque de rupture de stock auquel il accepte de s'exposer. Avant toute chose, une rupture de stock au sein du quartier opératoire n'entraîne pas nécessairement une intervention non réalisée ou « perdue » mais plus généralement des perturbations pour le personnel médical telles que le report de l'opération lorsque c'est possible ou l'utilisation d'une boîte disponible moins adaptée. L'objectif de cette partie est dès lors de déterminer le nombre de plateaux d'instrumentation dont l'établissement doit disposer afin de minimiser l'occurrence de ces perturbations dans la mesure du possible.

Pour ce faire, nous allons dans un premier temps établir des règles de décision sur base de deux critères qui nous permettront de les échelonner, à savoir le prix et la criticité des sets. Ensuite, compte tenu du fait que ces règles sont exprimées en fonction du taux de couverture espéré, une formule sera proposée afin de calculer ce dernier à l'aide de la distribution estimée précédemment. Enfin, ce taux sera estimé pour l'ensemble des valeurs que peut prendre la variable aléatoire afin de guider notre choix quant au nombre adéquat d'exemplaires à détenir.

1.1.2.1. Règles de décision

Comme énoncé précédemment, ces règles de décision vont être définies à partir des deux caractéristiques propres aux différentes boîtes que sont le prix et la criticité. Ne disposant pas de données précises concernant le prix de ces dernières, nous avons tout de même décidé d'exprimer ce critère selon trois niveaux, auxquels sont associés différents scores respectifs comme vous pouvez le constater dans le tableau ci-dessous (cf. Figure 18). Ces valeurs seront par la suite additionnées à une mesure de criticité pour finalement obtenir le score global du set, qui sera quant à lui utilisé pour déterminer la règle de décision qui s'applique pour le plateau concerné.

Prix

<i>Score</i>	<i>Niveau</i>	<i>Interprétation</i>
1	Pas cher	Moins de 5.000 euros
2	Moyennement cher	De 5.000 à 10.000 euros
3	Très cher	Plus de 10.000 euros

Figure 18 : Différents niveaux du critère de prix

Similairement, la criticité de la boîte est également subdivisée en trois échelons, auxquels différents scores sont une nouvelle fois associés (cf. Figure 19). Pour ce critère, le niveau obtenu résulte de la perturbation engendrée dans le cas où le set concerné n'est pas disponible pour une opération. Par exemple, si le plateau analysé contient des instruments spécifiques qui ne se retrouvent dans aucun autre, on considèrera que celui-ci est très critique. A l'inverse, lorsque le set est composé d'instruments basiques que l'on peut facilement retrouver dans d'autres boîtes et que le changement ne dérange pas trop le chirurgien, celui-ci sera alors jugé comme peu critique.

Criticité

<i>Score</i>	<i>Niveau</i>	<i>Interprétation</i>
1	Très critique	Pas d'alternatives possibles
3	Moyennement critique	Alternatives avec dérangement
5	Peu critique	Alternatives sans dérangement

Figure 19 : Différents niveaux du critère de criticité

Comme vous pouvez le constater au vu des deux tableaux ci-dessus (cf. Figure 18 & 19), nous avons choisi d'associer des scores plus élevés pour le critère de criticité que pour celui du prix. Cette décision résulte de la volonté de donner une importance relativement supérieure à la criticité de la boîte par rapport au prix compte tenu du secteur dans lequel cette recherche prend place, c'est-à-dire le secteur hospitalier.

Afin d'obtenir ces informations pour l'ensemble des boîtes constituant les disciplines abdominale et vasculaire, nous avons eu recours aux expertises de Mr Toussaint, chef du service de stérilisation, et de Mme Cabadès, chef du bloc opératoire, qui nous ont également aidés à définir les différents niveaux présentés précédemment. Toutes ces informations sont reprises

dans les tableaux des annexes 3 & 5, où le score attribué à chaque critère est repris dans la colonne correspondante.

Une fois ces deux caractéristiques attribuées aux sets, un score global peut alors être calculé en sommant les valeurs obtenues pour chacun des critères. Cette mesure générale va ensuite nous permettre de classer les différentes boîtes et d'associer à chacune des catégories la règle de décision adéquate. L'ensemble des catégories et des règles associées sont présentées dans le tableau ci-dessous (cf. Figure 20).

Score	Catégorie	Règle de décision
2	Pas cher & très critique	Taux de couverture de 99,9% minimum
3	Moyennement cher & très critique	Taux de couverture de 99% minimum
4	Très cher & très critique Pas cher & Moyennement critique	Taux de couverture de 99% minimum
5	Moyennement cher & moyennement critique	Taux de couverture de 98% minimum
6	Très cher & moyennement critique Pas cher & pas critique	Taux de couverture de 98% minimum
7	Moyennement cher & pas critique	Taux de couverture de 97% minimum
8	Très cher & pas critique	Taux de couverture de 97% minimum

Figure 20 : Catégories de boîte et règles de décision

L'idée derrière ces différentes règles est de se dire que plus une boîte est critique et moins elle est chère, moins on va prendre de risques. Par exemple, pour une boîte qui n'est pas chère mais très critique, il n'y a pas lieu de s'exposer à un risque de rupture de stock. Pour ce genre de boîte, on préférera par conséquent investir un peu plus pour atteindre un taux de couverture espéré de 99,9%, quitte à n'utiliser que très rarement la totalité des exemplaires détenus. La valeur 99,9% a été privilégiée dans la mesure où un *fill rate* de 100% n'est pas financièrement réalisable.

Le concept de taux de couverture sur lequel repose ces règles de décision est explicité dans le point suivant.

1.1.2.2. Taux de couverture

Le taux de couverture, ou *fill rate*, est un concept assez vague auquel chaque entreprise donne sa propre interprétation, au même titre que le taux de service avec qui il est souvent confondu. Néanmoins, il correspond théoriquement au pourcentage de la demande auquel l'entreprise peut répondre immédiatement grâce aux stocks dont elle dispose, sans réapprovisionnement ni ventes perdues (Vermorel, 2015). Analytiquement, cet indicateur peut donc être représenté par le rapport entre le volume de demande satisfait immédiatement et le volume total auquel l'entreprise est confrontée.

$$Fill\ rate = \frac{\text{Volume Demande Satisfait}}{\text{Volume Demande Total}}$$

Pour rappel, notre objectif est de déterminer le nombre adéquat d'exemplaires à détenir en réserve afin de limiter les perturbations liées aux ruptures de stock. En d'autres mots, nous cherchons donc à maximiser notre taux de couverture en minimisant la différence entre le volume satisfait et le volume total, qui représente le nombre de perturbations auxquelles on s'expose. Afin d'adapter cet indicateur à notre recherche, nous considérons que lorsque la demande est supérieure au nombre d'exemplaires détenus en stock, celle-ci peut tout de même être satisfaite à hauteur du nombre stocké. Dans cette optique, si l'hôpital doit un jour faire face à une demande de 15 boîtes MAINABDO alors qu'il n'y en a que 11 en stock, 73,33% (11/15) de la demande sera tout de même considérée comme satisfaite.

Compte tenu du fait que nous disposons actuellement d'une distribution de probabilité représentant le besoin en instrumentation, nous allons donc exprimer le taux de couverture en fonction des données accessibles grâce à cette loi théorique. Pour ce faire, nous déterminerons tout d'abord la formule générale à partir des données observées que nous adapterons ensuite au cas théorique. Ainsi, au départ du tableau de fréquence empirique de la boîte MAINABDO illustré par la figure 21, il est très simple d'exprimer le taux de couverture sur base de sa formule analytique présentée ci-dessus.

Demande	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Occurrence	16	28	45	35	38	28	22	15	11	7	3	1	1	2

Figure 21 : Tableau de fréquence empirique du set MAINABDO

Par exemple, dans le cas où l'hôpital détient 12 exemplaires du set MAINABDO et qu'une seule utilisation par jour est autorisée, le *fill rate* peut être obtenu comme suit :

$$Fill\ rate\ (12) = \frac{Demande\ Totale - 1 * 2}{Demande\ Totale} = \frac{982 - 2}{982} = 0,9979$$

$$\text{où Demande totale} = \sum \text{demande} * \text{occurrence}$$

La demande ayant atteint 13 unités deux fois durant l'année 2019, l'hôpital aurait donc été à court d'un exemplaire à deux reprises. En d'autres mots, l'établissement de santé aurait dû faire face à seulement deux ruptures de stock pendant l'année et aurait ainsi atteint un taux de couverture de 99,79%.

La valeur du taux associé à la détention de 11 exemplaires peut ensuite être calculée de manière analogue à ce qui a été fait précédemment :

$$Fill\ rate\ (11) = \frac{Demande\ Totale - 1 * 1 - 2 * 2}{Demande\ Totale} = \frac{982 - 5}{982} = 0,9949$$

Dans ce cas-ci, l'hôpital aurait manqué d'une boîte lors de la seule observation de la valeur 12 mais ce dernier serait surtout tombé à court de deux exemplaires et à deux reprises en étant confronté aux demandes atteignant 13 unités. L'infrastructure hospitalière aurait donc dû faire face à cinq perturbations durant l'année et aurait ainsi atteint un taux de couverture de 99,49%.

Les pourcentages correspondant aux valeurs de stock suivantes peuvent de nouveau être obtenus en suivant le même raisonnement :

$$Fill\ rate\ (10) = \frac{Demande\ Totale - 1 * 1 - 1 * 2 - 2 * 3}{Demande\ Totale} = \frac{982 - 9}{982} = 0,9908$$

$$Fill\ rate\ (9) = \frac{Demande\ Totale - 3 * 1 - 1 * 2 - 1 * 3 - 2 * 4}{Demande\ Totale} = \frac{982 - 16}{982} = 0,9837$$

Etc.

De ces exemples, nous pouvons aisément déduire la formule générale du *fill rate* exprimée ci-dessous :

$$Fill\ rate\ (r) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{\max(Obs)-r} i * Nbr\ d'occurrences\ (r + i)}{Demande\ Totale}$$

où Obs représente les valeurs observées et r représente le nombre d'exemplaires détenus

Cependant, cette formule doit encore être adaptée puisque nous cherchons à l'exprimer en fonction de données accessibles à partir d'une distribution de probabilité théorique et non plus sur base d'éléments empiriques. Pour ce faire, nous allons formuler autrement les termes « Demande Totale » et « Nombre d'occurrences ». Empiriquement parlant, la demande totale n'est autre que le produit de la moyenne des valeurs observées par le nombre d'observations qui constituent l'échantillon. De manière analogue, le nombre d'occurrences d'une valeur quelconque peut être obtenu en multipliant la probabilité d'obtenir cette valeur par le nombre d'observations de l'échantillon. Ainsi, nous pouvons constater que le facteur « nombre d'observations de l'échantillon » se trouve désormais au numérateur et au dénominateur de la fraction et peut donc être supprimé. La moyenne empirique peut alors être remplacée par l'espérance de la distribution théorique pour finalement obtenir la formule générale suivante :

$$Fill\ rate\ (r) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{\infty} i * P(X = r + i)}{E[X]}$$

où X représente la variable aléatoire et r représente le nombre d'exemplaires détenus

Grâce à cette formule, nous pouvons dès lors obtenir le taux de couverture théorique associé aux différents nombres d'exemplaires détenus en stock.

1.1.2.3. Exemple du set MAINABDO

Afin d'illustrer la partie consacrée à l'analyse de risques, reprenons notre exemple de la boîte MAINABDO à laquelle nous avons associé une loi binomiale négative estimée à partir de la méthode des moments. Les paramètres de cette distribution, précédemment déterminés, sont repris dans le tableau représenté par la figure 11.

A partir de cette distribution ajustée, nous pouvons désormais calculer le *fill rate* théorique associé aux différents nombres d'exemplaires de ce set que l'hôpital pourrait détenir. Le tableau ci-dessous (cf. Figure 22) présente les taux correspondant aux valeurs de la demande comprises

entre 7 et 20. Les valeurs inférieures à 7 ont volontairement été omises de ce tableau dans la mesure où celles-ci correspondent à un taux de couverture largement inférieur au minimum rencontré dans les règles de décision. Celles supérieures à 20 ont également été négligées puisque la probabilité qui leur est associée est inférieure à 10^{-5} .

MAINABDO MME							
Nbr d'exemplaires	7	8	9	10	11	12	13
Fill Rate	94,18%	96,59%	98,05%	98,90%	99,40%	99,67%	99,82%

MAINABDO MME							
Nbr d'exemplaires	14	15	16	17	18	19	20
Fill Rate	99,91%	99,95%	99,97%	99,99%	99,99%	99,99%	100%

Figure 22 : Taux de couverture théoriques du set MAINABDO

Cette boîte étant considérée comme pas chère et moyennement critique par le chef du service de stérilisation et la chef du bloc opératoire, le taux de couverture minimum à atteindre pour celle-ci est de 99% selon les règles de décisions définies précédemment (cf. Figure X). Au regard du tableau illustré ci-dessus (cf. Figure X), nous pouvons donc finalement conclure l'exemple du set MAINABDO en affirmant que l'hôpital doit en détenir 11 exemplaires afin de satisfaire l'objectif de *fill rate* et ainsi limiter le risque de rupture de stock pour ce plateau à 0,60% de la demande totale. En tenant compte de la valeur de cette demande (982) obtenue en multipliant l'espérance théorique par le nombre d'observations de l'échantillon, un tel niveau de stock permettrait à l'infrastructure hospitalière de ne théoriquement subir que 6 ruptures de stock durant l'année, soit une tous les deux mois.

1.1.2.4. Résultats

Les résultats de cette analyse pour l'ensemble des sets de plus d'un exemplaire appartenant aux disciplines abdominale et vasculaire sont une nouvelle fois repris dans le tableau de l'annexe 3. Avant toute chose, la colonne « Nbr de sets désiré » de ce tableau recense, comme son nom l'indique, le nombre de boîtes que devrait détenir l'hôpital afin d'atteindre le taux de couverture stipulé par la règle de décision correspondante. Celle intitulée « Différence » reprend quant à

elle l'écart entre ce nombre désiré et le nombre d'exemplaires dont dispose l'établissement de santé à l'heure actuelle. De ces deux colonnes, nous pouvons constater qu'un investissement est nécessaire dans le cas de certains sets afin d'obtenir le nombre attendu, alors que d'autres sont actuellement détenus en excès par rapport aux résultats de l'analyse. Toutefois, comme cela déjà été le cas dans la présentation des résultats des ajustements, cette analyse n'a pu être menée à bien pour trois boîtes parmi celles présentées dans le tableau dans la mesure où aucune distribution théorique ne leur avait été associée précédemment. Au total, l'hôpital devrait investir dans 13 nouveaux sets pour atteindre les valeurs d'inventaire résultantes de cette analyse.

En matière d'analyse de risques, les résultats obtenus concernant le nombre d'exemplaires à détenir pour ces différentes boîtes exposent théoriquement l'hôpital à 17 ruptures de stock par an, dont 3 sont liées aux plateaux très critiques, 13 aux moyennement critiques et 2 aux peu critiques. Ces informations doivent cependant être analysées au regard du volume total de la demande que représentent ces différents types d'instruments. Par exemple, seulement trois sets parmi l'ensemble étudié sont caractérisés de moyennement critiques, mais ces derniers totalisent à eux trois une demande moyenne de 1787 unités par an. Par rapport à ce nombre, les ruptures de stocks pour ce type de boîtes ne représente donc que 0,73% des cas. Les plateaux très critiques et peu critiques affichent quant à eux des demandes moyennes respectives de 814 et 76 unités et des taux de ruptures de stock respectifs de 0,37% et 2,63%.

1.2. Sets détenus en un seul exemplaire

Bien que l'objectif premier qui se cache derrière cette deuxième méthodologie reste le même que pour la précédente, à savoir estimer le besoin en instrumentation résultant de l'externalisation, le raisonnement de cette dernière est quelque peu différent de celui présenté jusqu'à présent. En ce qui concerne les sets détenus en un seul exemplaire, nous allons effectivement nous intéresser au temps qui s'écoule entre deux utilisations plutôt qu'à la demande du bloc opératoire envers ceux-ci. De cette façon, l'analyse de risques se focalisera désormais sur le risque que le temps entre deux utilisations soit inférieur au délai de remise à disposition, et non plus sur le risque de rupture de stock à proprement parlé. Bien que ces deux approches soient différentes dans l'idée, la finalité reste néanmoins la même puisque, si le temps qui sépare deux utilisations est inférieur au délai de remise à disposition, le bloc opératoire se retrouvera de nouveau en situation de pénurie.

Afin d'illustrer cette deuxième méthodologie, nous aurons recours aux données concernant la boîte intitulée « Matériel Vats » [MATVATS], qui représente le set le plus utilisé parmi ceux détenus en un seul exemplaire. Les résultats des autres boîtes seront quant à eux détaillés et discutés à la fin de cette deuxième analyse.

1.2.1. Estimation du temps entre deux utilisations

De la même façon que pour la demande du bloc opératoire, nous allons estimer le temps entre deux utilisations à l'aide de la distribution théorique qui ajuste au mieux les données dont nous disposons. Les différentes étapes de ce processus d'ajustement étant les mêmes que lors de l'analyse des sets à plus d'un exemplaire, nous n'entrerons donc plus dans les détails comme cela a été fait précédemment.

Afin d'entamer l'analyse, nous avons dans un premier temps récolté les données empiriques représentant le temps qui sépare deux utilisations de la boîte MATVATS à partir des données illustrant les différents usages de cette boîte au cours de l'année 2019 (cf. Point 4.2. « Présentation et traitement des données »). Après quoi, nous disposons donc désormais d'un échantillon de 36 observations représentant des durées exprimées en nombre entier de périodes. Parmi ces 36 valeurs, celles correspondant à la première et à la dernière utilisation sont assurément censurées dans la mesure où elles ont été calculées à partir des limites de l'année 2019, bien que celles-ci ne correspondent pas à une utilisation réelle. La véritable valeur de ces deux observations est par conséquent supérieure à la valeur observée.

Concernant le choix des distributions à ajuster, nous avons sélectionné trois lois non-négatives couramment utilisées dans la littérature lorsqu'il s'agit d'étudier la durée entre deux événements, à savoir les lois exponentielle, log-normale et de Weibull. Contrairement aux données extraites dont nous disposons qui sont discrètes, les lois choisies sont toutes continues puisque nous considérons qu'une durée ne doit pas être résumée à des valeurs entières.

Une fois sélectionnées, il convient d'ajuster ces différentes distributions. Pour ce faire, il ne fait aucun doute que l'estimateur du maximum de vraisemblance est celui à utiliser étant donné que nous sommes confrontés à des données censurées. Un problème a cependant été rencontré lors de cette étape puisque l'ajustement des lois log-normale et de Weibull ne peut se faire si

l'échantillon contient des valeurs nulles, ce qui est malheureusement notre cas. Une valeur nulle représentant deux utilisations ayant eu lieu durant la même période, le zéro présent dans l'échantillon peut alors être remplacée par un nombre aléatoire proche tel que 0,25 afin de permettre l'ajustement de ces deux distributions sans pourtant autant changer la signification de l'observation.

Les ajustements étant désormais réalisables, les estimations des paramètres des différentes distributions accompagnées de quelques mesures d'adéquations sont exposées dans le tableau ci-dessous (cf. Figure 23).

<i>Distribution</i>	<i>Paramètre 1</i>	<i>Paramètre 2</i>	<i>Log-vrais</i>	<i>AIC</i>	<i>BIC</i>
Exponentielle	$\lambda = 0,13373$	/	- 102,406	206,81	208,40
Log-normale	$\mu = 1,57688$	$\sigma = 1,04152$	-102 ;818	209,64	212,80
Weibull	$\lambda = 1,15545$	$k = 7,83074$	-101,846	207,69	210,86

Figure 23 : Paramètres estimés et mesures d'adéquation associés aux différentes lois

Au regard des différents indicateurs présents dans cette figure, la loi exponentielle apparait dans un premier temps comme favorite malgré un léger avantage pour la loi de Weibull par rapport à l'indice de log-vraisemblance. Cette place de favorite sera par la suite confirmée par l'observation des graphiques d'adéquation (cf. Annexe 4) qui ne montrent aucune différence notable capable de venir contredire les mesures d'adéquations précédentes. Nous pouvons par conséquent considérer la loi exponentielle comme celle qui ajuste au mieux les données extraites.

1.2.2. Analyse de risques

Dans cette seconde partie, nous allons tout d'abord étudier le risque que le temps qui sépare deux utilisations soit inférieur au délai de remise à disposition. Après quoi, nous pourrons argumenter le choix d'acheter ou non un deuxième set afin de minimiser ce risque. Au contraire de l'analyse précédente où des règles générales ont été établies, les décisions concernant les sets détenus en un seul exemplaire se feront au cas par cas dans la mesure où la généralisation de telles règles est rendue bien moins aisée dans ce cas-ci.

Dans un premier temps, nous pouvons remarquer que la loi théorique associée aux données de la boîte MATVATS présente une espérance de 7,48 périodes ($1/\lambda$), ce qui est largement supérieur au délai de remise à disposition qui correspond à une période seulement. Nous pouvons ensuite extraire de cette distribution la probabilité associée au risque que nous souhaitons analyser, à savoir la probabilité que le temps entre deux utilisations soit inférieur ou égal à une période. Cette dernière s'élève à 12,52%, ce qui représente tout de même plus d'une chance sur 10 de subir une rupture de stock pour ce set. De plus, l'observation des données empiriques dont nous disposons, nous permet de constater que ce plateau a été utilisé une fois à deux reprises durant la même période et que 5 des 35 utilisations ont eu lieu une période seulement après la précédente.

Compte tenu de toutes ces observations et du fait que la boîte MATVATS est considérée comme très critique mais également très chère, nous pouvons donc raisonnablement conclure qu'un deuxième exemplaire est nécessaire afin de minimiser l'impact qu'auraient deux utilisations consécutives espacées de moins d'une période.

1.2.3. Résultats

L'ensemble des résultats de cette deuxième analyse sont repris à l'annexe 5.

Dans un premier temps, il convient de remarquer qu'il n'a pas été jugé opportun d'ajuster les boîtes affichant moins de 10 utilisations sur l'année en raison du faible nombre d'observations que cela représente. L'analyse de risque de ces sets a par conséquent été réalisée uniquement sur base des données empiriques récoltées qui nous ont permis d'évaluer grossièrement le risque d'observer deux utilisations durant la même période. Sans surprise, ce risque a été considéré, pour l'ensemble de ces boîtes utilisées très rarement, suffisamment sous contrôle que pour ne pas motiver l'achat d'un nouvel exemplaire, bien qu'elles soient généralement très critiques.

En ce qui concerne les sets disposant d'une distribution ajustée, nous pouvons remarquer que l'ensemble d'entre eux dont le nombre d'utilisations était supérieur à 30 nécessitent l'achat d'un second exemplaire afin de contrôler le risque de rupture de stock. Par ailleurs, nous pouvons constater que le nombre d'exemplaires du set FINOCHIET, qui n'affiche pourtant que 10 utilisations sur l'année, devrait également être doublé dans la mesure où les manipulations de cette boîte ne sont régulièrement séparées que d'une période, voire moins. Ces résultats représentent ainsi un total de 5 nouveaux exemplaires à acheter.

II. Traduction du besoin en termes financiers

Maintenant que nous avons déterminé le nombre adéquat de sets à détenir pour les disciplines abdominale et vasculaire, il convient d'évaluer le montant de l'investissement nécessaire pour obtenir un tel inventaire. Pour ce faire, nous allons multiplier les valeurs obtenues dans la colonne « Différence » des tableaux repris dans les annexes 3 & 5 par le prix du set concerné. Toutefois, ne disposant pas de valeurs précises pour ce dernier comme expliqué précédemment, nous utiliserons la valeur moyenne des intervalles définis à la figure X que nous pouvons raisonnablement estimer à 15.000€ pour l'intervalle comprenant toutes les valeurs supérieures à 10.000€.

De cette façon, nous obtenons un investissement total de 115.000€, correspondant à 19 nouveaux sets, les disciplines abdominale et vasculaire, dont 77.500€ pour les sets actuellement détenus en seul exemplaire. Le détail de ces résultats est représenté dans la colonne « Investissement » des tableaux repris aux annexes 3 & 5.

DISCUSSION

I. Adaptabilité des méthodologies

Outre les résultats présentés dans la partie analyse (cf. Points 1.1.2.4. & 1.2.3.) , le véritable apport de cette recherche réside dans les deux méthodologies développées et illustrées tout au long de ce travail dans la mesure où celles-ci ont été pensées pour permettre aux hôpitaux du projet de facilement les réutiliser en les adaptant selon leurs convenances. En effet, le projet derrière cette étude étant destiné à l'horizon 2023, il était primordial de mettre en place un raisonnement général, capable d'analyser le besoin en instrumentation, que les infrastructures hospitalières pourraient facilement appliquer dans leurs futures analyses sur le sujet, d'autant plus que le cadre temporel de cette recherche ne permettait pas l'étude de l'ensemble des instruments des trois hôpitaux namurois. Nous avons par conséquent choisi de fonder notre recherche sur les cas « idéaux » des disciplines abdominale et vasculaire du CHD dans le but de proposer des méthodologies suffisamment robustes, qui pourront alors être adaptées à d'autres cas d'études que ceux présentés dans le cadre de cette analyse. Nous considérons en effet ces spécialités médicales comme idéales du fait que ce sont celles qui disposent des meilleures données relatives à l'utilisation des instruments.

Dans un premier temps, il est très facile de modifier les règles de décision reprises à la figure 20 dans l'hypothèse où les résultats présentés dans le point 1.1.2.4. ne conviendraient pas à l'établissement de santé concerné, qui désire s'exposer à moins de ruptures de stock théoriques par année. Dans cette optique, ce dernier a la possibilité de revoir à la hausse les taux de couverture énoncés par ces règles afin de réduire le pourcentage de demande insatisfaite.

Ensuite, bien que ces analyses aient été illustrées à l'aide de spécialités médicales qui affichaient un accès aux données relativement aisé, ces dernières peuvent tout à fait être reproduites pour les autres disciplines du Centre Hospitalier de Dinant et celles des autres hôpitaux participant au projet d'externalisation. Toutefois, la récolte de données devra alors être adaptée pour le matériel ne disposant pas de données d'utilisation au bloc opératoire. Pour ce faire, deux alternatives peuvent alors être envisagées : obtenir celles du service de soin au sein duquel les instruments sont employés ou extraire les données relatives aux passages de ceux-ci par le service de stérilisation. La première alternative doit cependant être privilégiée selon nous dans la mesure où un passage par le service de stérilisation ne traduit pas

nécessairement un besoin pour l'instrument, comme expliqué précédemment dans la seconde section de la méthodologie.

Enfin, la méthodologie mise en place au départ des sets détenus en un seul exemplaire pourrait également s'adapter au cas du matériel en dépôt, même si celui-ci n'est pas véritablement détenu par l'infrastructure hospitalière. Cette analyse, permettant d'identifier le besoin réel de l'hôpital envers ces instruments, pourrait alors servir de base pour entamer les négociations avec les firmes propriétaires du matériel, qui ne disposent malheureusement pas d'un stock d'exemplaires illimité à mettre à disposition des différents hôpitaux de Belgique.

II. Limites de l'étude

Cette seconde section a pour objectif d'épingler et de discuter des limites de la recherche présentée dans ce travail.

Dans un premier temps, nous avons dû faire face à un manque de données lié au statut du projet d'externalisation, qui fait encore l'objet de nombreuses études à l'heure actuelle puisque celui-ci n'est pas destiné à voir le jour avant 2023. De ce fait, il était donc impossible d'estimer avec précision le délai de remise à disposition de ce nouveau mode de fonctionnement alors que celui-ci constitue une étape essentielle de notre méthodologie. Par conséquent, nous avons dû déterminer ce dernier à l'aide d'une hypothèse. Bien que celle-ci se base sur le modèle de fonctionnement théorique qui se dégage des discussions actuelles ainsi que sur l'objectif poursuivi par les hôpitaux, cette supposition peut tout de même avoir de lourdes conséquences sur les résultats dans le cas où elle s'avèrerait largement différente de la valeur réelle. Idéalement, il conviendrait donc d'obtenir plus de précision sur ce délai avant de réutiliser ces méthodologies.

Dans un second temps, nous pouvons également épingler le fait que les démarches présentées dans ce travail se basent sur des données historiques de l'année 2019. Bien qu'extraites sur une période d'un an, ces données ne constituent qu'un échantillon de la population, qui n'est pas toujours représentatif. En effet, ce n'est pas parce ces données ont effectivement été observées l'an passé qu'elles vont se reproduire cette année ou les années suivantes. Au contraire, au vu de la pandémie mondiale à laquelle nous sommes actuellement confrontés, nous pouvons d'ores et déjà annoncer que celles de cette année ne ressembleront en rien à celles de l'an passé. C'est

d'ailleurs pourquoi nous avons privilégié les observations de 2019 plutôt que celles du début de cette année, qui ne sont évidemment pas représentatives. Nous avons toutefois pu remédier à ce problème d'échantillonnage en représentant les données par la distribution de probabilité qui les ajuste au mieux de manière à prendre en compte l'incertitude qui règne autour de celles-ci. Cependant, il est évident que tout ne peut être anticipé et qu'il subsistera toujours des impondérables auxquels nous devons faire face, à l'image une nouvelle fois de la crise sanitaire actuelle.

La troisième limite de cette étude résulte du fait que celle-ci ait été développée sur base de cas idéaux en matière d'accès aux données d'utilisation du matériel. Ce choix résultant de la volonté de mettre en place des méthodologies exemplaires pourrait finalement représenter un frein à l'implémentation de celles-ci dans les établissements de santé ne disposant pas d'un accès aisé à de telles informations. Bien que, comme expliqué précédemment dans la première section de ce chapitre, certaines données alternatives puissent également convenir pour mener à bien ces analyses, celles-ci peuvent tout de même être fastidieuses à obtenir en cas d'absence de système informatisé adéquat. C'est le cas notamment du site de Sainte-Élisabeth, participant également au projet d'externalisation dont il est question dans ce travail, où le peu de traçabilité qui existe dans cette infrastructure est encore réalisée à la main à l'heure actuelle. Dans ce contexte, l'implémentation de telles méthodologies semble en effet compromise.

Enfin, la quatrième et dernière limite de cette étude fait également état de difficultés d'implémentation, mais cette fois-ci liées à l'acceptation du monde médical. À l'image du concept d'externalisation qui a mis plusieurs années à convaincre le secteur hospitalier de ces bienfaits, en particulier pour le service de stérilisation, il semble raisonnable d'émettre quelques réserves quant à l'obtention du consentement du personnel médical vis-à-vis de ces méthodologies. Cette réticence s'est déjà faite ressentir lors de notre récolte de données concernant le critère de criticité du matériel, que la chef du bloc opératoire évaluait dans un premier temps comme très critique pour l'ensemble des instruments. Le concept d'alternative a effectivement été assez difficile à faire accepter dans la mesure où ils mettent actuellement tout en place pour disposer du bon set au bon moment. Les données concernant ce critère peuvent d'ailleurs témoigner de cette difficulté d'acceptation dans la mesure où seulement trois boîtes sont considérées comme peu critiques contre 6 moyennement critiques et 29 très critiques (cf. Annexe 3 & 5).

III. Approches pour limiter l'investissement

Enfin, nous souhaitons clôturer ce chapitre de discussion en formulant quelques idées d'approches dont l'objectif est de limiter le montant de l'investissement lié au besoin en instrumentation.

Tout d'abord, nous avons pu constater un lien évident entre la programmation opératoire et le besoin en instrumentation nécessaire au bon déroulement de celui-ci. Bien que ce travail ait été réalisé en supposant le programme opératoire inchangé par rapport à celui de 2019, il pourrait cependant être intéressant d'évaluer l'impact financier, par rapport à l'investissement requis, que pourrait engendrer certaines modifications de celui-ci. Afin d'illustrer nos propos, nous pouvons nous appuyer sur un cas très connu au sein du CHD, à savoir celui des cataractes. Ces interventions ont lieu un jour entier par semaine, voire un jour toutes les deux semaines, et l'hôpital dispose actuellement de 10 sets permettant de mener à bien une telle opération. Toutefois, afin de rentabiliser un maximum les jours d'activité, ce dernier a programmé en moyenne 16 cataractes par jour en 2019 dans la mesure où ce type d'intervention ne prend pas plus de 15 minutes. Il est par conséquent évident que l'externalisation du service de stérilisation nécessiterait l'achat de nouvelles boîtes afin d'assurer le même mode de fonctionnement qu'à l'heure actuelle, puisqu'un set ne pourra désormais plus être utilisé à deux reprises au cours de la même période. Dès lors, il pourrait être intéressant d'analyser ce besoin de nouveaux exemplaires dans le cas où ces opérations seraient réparties sur deux demi-journées plutôt que sur un jour entier par exemple.

Le concept d'« harmonisation des conteneurs³ » est ensuite introduit par Levrat, pour qui ce dernier « *consiste à ce qu'une même opération réalisée par deux chirurgiens différents soit effectuée avec le même conteneur.* » (Levrat, 2003, p. 59). En d'autres mots, ce concept a donc pour objectif de lutter contre les préférences qu'accordent les chirurgiens à certains instruments, ce qui a tendance à résulter en une multiplication inutile des références de boîtes. L'idée pour remédier à cela est par conséquent de se diriger vers une standardisation du matériel afin de réduire le stock d'instrumentation nécessaire au bon déroulement de l'activité hospitalière (Levrat, 2003).

³ Conteneur est un synonyme de set.

Enfin, une troisième et dernière approche visant à réduire le montant de l'investissement consiste à étudier la possibilité de créer de nouvelles boîtes à partir des sets détenus en excès par rapport au nombre idéal d'exemplaires résultant des analyses de ce travail.

CONCLUSION

L'ensemble de ce mémoire a été guidé par la volonté de trouver une solution au problème exprimé par le Centre Hospitalier de Dinant et ses deux partenaires de projet, à savoir analyser le besoin en instrumentation résultant de l'externalisation de leur service de stérilisation respectif. Ce problème s'est alors décliné en trois sous-questions auxquelles nous avons tenté de répondre : Quel sera le délai de remise à disposition du matériel une fois le service externalisé ? Quel sera le besoin en instrumentation durant ce délai ? Et comment prendre en compte et contrôler suffisamment le risque de rupture de stock ?

La première de ces trois interrogations a tout d'abord dû être résolue au moyen d'une hypothèse dans la mesure où nous ne disposions pas des données nécessaires permettant d'y répondre avec précision. De cette supposition, il résulte alors des délais de remise à disposition allant de 24h à 96h en fonction des week-ends et jours fériés.

Après quoi, deux méthodologies quelque peu différentes ont été mises en place afin de trouver réponses aux questions suivantes. La première d'entre elles a pour objectif de répondre à ces interrogations concernant les boîtes détenues à plus d'un exemplaire alors que la seconde s'intéresse aux sets pour lesquels l'hôpital ne dispose que d'un seul exemplaire.

Dans le premier cas, nous avons choisi d'estimer le besoin en instrumentation au moyen de données correspondant à l'utilisation des instruments au sein du bloc opératoire, auxquelles nous avons par la suite ajusté une loi de probabilité théorique. Dans le but de contrôler le risque de rupture de stock, des règles de décision ont alors été établies sur base d'un taux de couverture à atteindre, dont la formule a été adaptée afin que ce dernier soit obtenu au départ de la distribution ajustée précédemment. Grâce à ce raisonnement, nous avons donc pu associer un *fill rate* théorique aux différentes valeurs que peut prendre le nombre d'exemplaires dont l'hôpital dispose.

Dans le second cas, nous avons décidé de ne plus ajuster la demande du bloc opératoire mais plutôt le temps qui s'écoule entre deux utilisations du même set. De la distribution ainsi obtenue, nous pouvons alors déduire le risque de rupture de stock qui correspond à la probabilité que la variable aléatoire soit inférieure au délai de remise à disposition, c'est-à-dire inférieure

à une période. Enfin, cette probabilité, accompagnée d'autres observations empiriques, nous a permis d'analyser la nécessité d'acheter ou non un nouvel exemplaire afin de contrôler le risque de pénurie.

De ces analyses, il résulte finalement que le CHD devrait investir dans 19 nouveaux sets appartenant aux disciplines abdominale et vasculaire afin d'assumer l'impact de l'externalisation du service de stérilisation sur le besoin en instrumentation de ces deux spécialités. Cet investissement devrait par ailleurs atteindre le montant de 115.000€. Toutefois, outre ces résultats chiffrés, le véritable apport de cette recherche réside avant tout dans les méthodologies développées tout au long de ce mémoire, dans la mesure où celles-ci ont été pensées pour permettre au CHD, ainsi qu'à ses partenaires de projet, de les réutiliser en les adaptant selon leurs besoins et les données qu'ils ont à leur disposition.

De cette façon, le CHD et les autres hôpitaux participant au projet d'externalisation devraient être amenés à utiliser de nouveau ces deux raisonnements pour estimer le besoin en instrumentation des disciplines qui n'ont pas été traitées dans ce travail et, peu importe si elles contiennent du matériel en dépôt ou non. L'emploi du conditionnel est ici de mise dans la mesure où nous avons pu épingler deux limites à l'implémentation de ces méthodologies. La première correspond au fait que celles-ci nécessitent un nombre relativement élevé d'informations dont l'obtention peut demander du temps et de la main d'œuvre si l'hôpital ne dispose pas d'un système d'information adéquat. C'est par exemple le cas de Sainte-Élisabeth où la traçabilité est encore réalisée sur papier. La seconde limite à l'implémentation correspond quant à elle à l'acceptation du domaine médical qui a du mal à accepter les techniques de gestion provenant du secteur industriel.

BIBLIOGRAPHIE

- Agrawal, N., & Smith, S.A. (1996). Estimating negative binomial demand for retail inventory management with unobservable lost sales. *Naval Research Logistics*, 43(6), 839-861.
- Amjad, M.J., & Shah, D. (2017). Censored Demand Estimation in Retail. *Proceedings Of The ACM On Measurement And Analysis Of Computing Systems*, 1(2), 1-28. doi:10.1145/3154489
- Anupindi, R., Chopra, S., Deshmukh, S.D., Van Mieghem, J.A., & Zemel, E. (2012). *Managing Business Process Flow: Principles of Operations Management (3rd edition)*. Londres: Pearson.
- Avila, M., Begot, S., Duculty, F., Kratz, F., Roblès, B., & Vrignat, P. (2012). *Mesures de pertinence par les critères du « maximum de vraisemblance » de « BIC » et « AIC » appliqués à l'évaluation des paramètres stochastiques de modèles de Markov Cachés*.
- Baworowski, S., Dia Navarro, O., & Portella, E. (2017). *Les enjeux du système hospitalier belge à la lumière des expériences internationales*. ING.
- Belfius. (2019). *Analyse MAHA 2018*. En ligne <https://www.belfius.be/about-us/fr/actualites/analyse-maha-2018>
- Cantel Medical. (n.d.). *StériLine*. En ligne <https://www.aaxis-medical.com/fr/produits/steriline>
- Chesneau, C. (2016). *Sur l'adéquation à une loi de probabilité avec R*.
- Conseil Supérieur de la Santé. (2017). *Bonnes pratiques en matière de stérilisation de dispositifs médicaux – révision des recommandations en matière de stérilisation (CSS 7848 – 2006)*. Bruxelles : CSS.
- Cunat, C. (2006). Gestion des rachats de matériel d'instrumentation dans le cadre d'une stérilisation centralisée. *Inter bloc*, 25(4), 233-235. doi:IB-12-2006-25-4-02423960-101019-200609749

- Delignette-Muller, M.L., & Dutang, C. (2012). Fitting parametric univariate distributions to non censored or censored data using the R fitdistrplus package.
- Delignette-Muller, M.L., & Dutang, C. (2015). Fitdistrplus: An R package for fitting distributions. *Journal of Statistical Software*, 64(4), 1-34. doi:10.18637/jss.v064.i04
- De la Charlerie, I., Fegatilli, E., & Lelubre, B. (2019). Outsourcing or not outsourcing? *Stérilisation magazine*, 111, 10-13.
- Helsel, D.R. (2011). *Statistics for Censored Environmental Data using Minitab and R*. Hoboken, NJ: Wiley & sons. doi:10.1002/9781118162729
- Levrat, F. (2003). *Externalisation de l'activité de stérilisation d'un établissement de santé : Proposition d'un guide* (Thèse de Doctorat). Université Claude Bernard – Lyon 1, Lyon.
- Mukhopadhyay, A.K., & Sinha, R.S. (2019). Failure rate analysis of Jaw Crusher: a case study. *Sādhanā*, 44(17), 1-9. doi:10.1007/s12046-018-1026-4
- Organisation Mondiale de la Santé. (2008). *Prévention des infections nosocomiales – Guide Pratique (2^e édition)*. Suisse : OMS.
- Picheral, H. (1989). Géographie de la transition épidémiologique. *Annales de géographie*, 546, 129-151.
- Royaume de Belgique. (1999). *Arrêté Royal du 18 mars 1999 relatifs aux dispositifs médicaux*. MB du 14 avril 1999, n° 1999022270.
- RTBF. (2019). *Les hôpitaux wallons désormais organisés en réseaux, la Flandre et Bruxelles, plus à la traîne*. En ligne https://www.rtbf.be/info/societe/detail_les-hopitaux-wallons-desormais-organises-en-reseaux-la-flandre-et-bruxelles-plus-a-la-traine?id=10396978
- Ruch, J-J. (2013). *Statistiques : Tests d'hypothèses. Préparation à l'Agrégation Bordeaux 1*.
- Segers, J. (2015). Probabilités, LINGE 1113. Syllabus, Université catholique de Louvain, Diffusion universitaire CIACO.

Tlahig, H. (2009). *Vers un outil d'aide à la décision pour le choix entre internalisation/externalisation ou mutualisation des activités logistiques au sein d'un établissement de santé : cas du service de stérilisation* (Thèse de Doctorat). Institut Polytechnique de Grenoble, Grenoble. En ligne <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00421617/document>

Treillard, C. (2005). La stérilisation en secteur hospitalier. *Actualités pharmaceutiques hospitalières*, 1(3), 64-67. doi:10.1016/S1769-7344(05)70081-0

Vermoral, J. (2015). *Taux de Couverture*. En ligne sur le site web de LOKAD <https://www.lokad.com/fr/définition-taux-de-couverture>

