HAL
open science

Etude et amélioration de l'organisation de la production de dispositifs médicaux stériles

Khanh Ngo Cong

To cite this version:

Khanh Ngo Cong. Etude et amélioration de l'organisation de la production de dispositifs médicaux stériles. Automatique / Robotique. Université Joseph-Fourier - Grenoble I, 2009. Français. NNT : . tel-00371165v2

HAL Id: tel-00371165

https://theses.hal.science/tel-00371165v2

Submitted on 26 Mar 2009

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITE JOSEPH FOURIER – GRENOBLE 1
SCIENCES – TECHNOLOGIES & MEDECINE

THESE
pour obtenir le grade de
DOCTEUR DE L'UNIVERSITE JOSEPH FOURIER

Discipline : Automatique – Productique
Présentée et soutenue publiquement
par

Khanh NGO CONG

Le 12 Mars 2009

ETUDE ET AMELIORATION DE L'ORGANISATION DE LA PRODUCTION DE DISPOSITIFS MEDICAUX STERILES

Directrices de thèse : Maria DI MASCOLO, Alexia GOUIN

COMPOSITION DU JURY :

Jean-Claude Hennet	**Président**
Pierre Castagna	**Rapporteur**
Michel Gourgand	**Rapporteur**
Eric Marcon	**Examinateur**
Maria Di Mascolo	**Directrice de thèse**
Alexia Gouin	**Co-directrice de thèse**

Thèse préparée au sein du Laboratoire d'Automatique de Grenoble puis de GIPSA-Lab

Résumé

Résumé

Dans les établissements de santé, la stérilisation des dispositifs médicaux occupe une place primordiale dans la lutte contre l'infection. On appelle dispositif médical un instrument de chirurgie ou d'exploration utilisé lors d'une intervention ou d'un examen. Dans cette thèse nous étudions et proposons des améliorations de l'organisation de la production de dispositifs médicaux stériles en appliquant au milieu hospitalier des méthodes habituellement utilisées pour évaluer et améliorer les performances de systèmes de production industriels. Nous avons construit un modèle de simulation spécifique représentant le service de stérilisation du Centre Hospitalier Privé Saint Martin de Caen. Nous montrons les améliorations que nous avons pu obtenir en modifiant certains points de l'organisation. Par la suite nous avons cherché à dégager les spécificités des services de stérilisation de plusieurs établissements hospitaliers, dans le but d'effectuer une comparaison des différents types d'organisation et d'identifier les services les plus performants. Cette comparaison, réalisée à partir de données issues d'une enquête menée auprès d'établissements de la région Rhône-Alpes, repose sur des ratios de comparaison, sur la méthode DEA (Data Envelopment Analysis) et sur un modèle générique de simulation que nous avons élaboré. Dans cette thèse, nous proposons également des pistes pour analyser un service de stérilisation générique en utilisant des méthodes analytiques stochastiques. Nous commençons par dresser un état de l'art sur l'utilisation de modèles stochastiques analytiques pour l'analyse de systèmes de production de soins, puis nous étudions la possibilité d'utiliser une méthode analytique pour analyser notre modèle générique d'un service de stérilisation. Une modélisation par réseau de files d'attente du modèle générique est enfin présentée.

Mots clés : service de stérilisation hospitalière, évaluation de performances, benchmarking, modèles générique et spécifique, simulation, méthodes analytiques stochastiques, ratios et méthode DEA**.**

Abstract

In health facilities, the sterilization of medical devices plays a key role in the fight against infections. A medical device is a surgical instrument or an exploration instrument used in operations or examinations. In this thesis we study and propose some improvements of the production organization of medical devices by applying methods commonly used to evaluate and improve the performance of industrial production systems. We elaborated a specific simulation model representing the sterilization service of Private Hospital Saint Martin of Caen. We show improvements obtained by modifying some aspects of the organization. Thereafter we tried to identify the specificities of sterilization services in several hospitals in order to perform a comparison of the different organization types and to identify the most efficient services. This comparison, realized with data obtained from a survey of establishments in region Rhône Alpes, relies on a ratio comparison, on the DEA method (Data Envelopment Analysis) and on a generic simulation model. In this thesis, we also offer tracks to analyze a generic sterilization service by using analytical stochastic methods. First, we present a survey on the use of stochastic models for the analysis of health care systems, then we study the possibility of using an analytical method to analyze our generic model of a sterilization service. Finally a queuing network model of a generic sterilization service is presented.

Key words: medical sterilization service, performance evaluation, benchmarking, generic and specific models, simulation, stochastic analytic methods, ratios and DEA method

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier à Monsieur Jean-Claude Hennet, Directeur de Recherche CNRS au LSIS (Laboratoire des Sciences de l'Information et des Systèmes) de Marseille, pour l'honneur qu'il me fait en présidant le jury de ma thèse.

J'exprime naturellement ma gratitude à mes directrices de thèse, Madame Maria Di Mascolo, Chargée de Recherche CNRS au G-SCOP (Laboratoire Grenoblois des Sciences pour la Conception, l'Optimisation et la Production), et Madame Alexia Gouin, Maître de Conférences à l'Université Joseph Fourier (au GIPSA-lab, Laboratoire Grenoblois de l'Image, de la Parole, du Signal et de l'Automatique), pour la confiance qu'elles m'ont accordée en me permettant d'effectuer une thèse sous leur direction. Leurs conseils et leur aide ont été des plus utiles pour l'aboutissement de ce travail.

J'adresse mes plus sincères remerciements à mes deux rapporteurs Monsieur Pierre Castagna, Professeur à l'IUT de Nantes (à l'IRCCYN, Institut de Recherche en Communications et en Cybernétique de Nantes), et Monsieur Michel Gourgand, Professeur à l'Institut Supérieur d'Informatique de Modélisation et de leurs Applications (au LIMOS, Laboratoire d'Informatique, de Modélisation et d'Optimisation des Systèmes de Clermont Ferrand), d'avoir accepté de rapporter sur mon mémoire et pour l'intérêt qu'ils ont bien voulu porter à ce travail.

Je tiens à remercier Monsieur Eric Marcon, Professeur à l'Institut Universitaire de Technologie de Roanne (au LASPI, Laboratoire d'Analyse des Signaux et Processus Industriels) pour ses conseils, son intérêt pour mon travail et pour d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Mes remerciements vont ensuite à Monsieur Laurent Schwob, Ancien Responsable de Service de Stérilisation du Centre Hospitalier Privé Saint Martin de Caen. Je le remercie de m'avoir accueilli pendant mon séjour dans son service de stérilisation.

Les travaux présentés dans ce mémoire ont été effectués au sein du Laboratoire d'Automatique de Grenoble, puis de GIPSA lab. Je remercie particulièrement son responsable de formation doctorale Monsieur Christian Commault de m'avoir accueilli pendant ces trois années de thèse.

Je remercie vivement Madame Patricia Reynier, responsable de la bibliothèque de LAG, et Madame Marie-Thérèse Descotes Genon, Secrétariat de LAG, pour leur aide et leur gentillesse.

Enfin, je remercie bien particulièrement ma famille et mes amis pour avoir cru en moi, pour m'avoir encouragé et soutenu dans les moments difficiles.

Table des matières

Résumé ii

Remerciements iv

Table des matières vi

Liste des abréviations viii

Liste des tableaux ix

Liste des figures xi

Introduction 13

Chapitre 1 La stérilisation des dispositifs médicaux dans les établissements hospitaliers 16

1.1 Contextes économique et sociétal du secteur de la santé 16

1.1.1 Contexte économique 16

1.1.2 Les réformes du système de santé et de la stérilisation en France [Albert, 2007] 17

1.2 Importance et historique de la stérilisation des dispositifs médicaux 19

1.3 Processus de stérilisation 21

1.3.1 Normalisations 21

1.3.2 Processus de stérilisation : 22

1.4 Etat de l'art sur la stérilisation 25

1.4.1 Stérilisation en général 25

1.4.2 Tendances d'amélioration 25

Chapitre 2 Etude de cas : la stérilisation du Centre Hospitalier Privé Saint Martin de Caen (CHPSM) 29

2.1 Introduction 29
2.2 Analyse de l'existant 30
2.2.1 Organisation du processus de stérilisation du CHPSM 30
2.2.1.1 Organisation du processus de stérilisation 30
2.2.1.2 Données fournies par le CHPSM 31
2.2.1.3 Notre objectif 34
2.2.2 Entrée des dispositifs médicaux 34
2.3 Modèle 36
2.3.1 Description du modèle 36
2.3.2 Données d'entrée du système 38
2.3.3 Planning du personnel 39
2.3.4 Capacité de chaque poste 41
2.3.5 Durée de « travail » sur chaque poste du système 43
2.4 Validation du modèle 48
2.5 Améliorations proposées pour le processus de stérilisation de CHPSM 50
2.5.1 Analyse de la situation actuelle 50
2.5.2 Lissage du flux d'arrivée des DM 51
2.5.3 Modification du planning du personnel 52
2.6 Conclusion 55

Chapitre 3 Etat des lieux des pratiques de stérilisation hospitalière en région Rhône Alpes 57
3.1 Présentation du projet 2E2S (Enquête Electronique des Services de Stérilisation) 57
3.2 Quelques résultats statistiques 59
3.2.1 Questions portant sur des généralités 62
3.2.2 Questions portant sur les horaires 62
3.2.3 Questions portant sur les ressources matérielles 64
3.2.4 Questions portant sur les ressources humaines 65
3.2.5 Questions portant sur le processus de stérilisation 66
3.3 Comparaison 69
3.3.1 Données retenues 70

3.3.2 Ratios 71
3.3.3 Méthode DEA (principe de la méthode et résultats) 73
3.4 Conclusion 80

Chapitre 4 Modèle générique et comparaison par simulation 81
4.1 Modèle générique 81
4.1.1 But du modèle générique 81
4.1.2 Principe de modélisation 83
4.1.3 Utilisation des données de l'enquête 85
4.1.4 Validation et résultats 89
4.2 Comparaison des services de stérilisation 91
4.2.1 Résultats 91
4.2.2 Ratios de comparaison 98
4.2.3 Application de la méthode DEA avec les résultats de simulation 102
4.3 Conclusion 104

Chapitre 5 Utilisation de modèles stochastiques pour l'évaluation de performances de services de stérilisation 106
5.1 Etat de l'art sur l'utilisation de modèles stochastiques analytiques pour l'analyse de systèmes de production de soins 106
5.1.1 Les outils utilisés 108
5.1.1.1 Chaîne de Markov 108
5.1.1.2 Modèle à compartiments 109
5.1.1.3 Réseau de files d'attente 110
5.1.1.4 Simulation à événement discrets 110
5.1.2 Utilisation des chaînes de Markov et du modèle à compartiment pour modéliser le flux des patients 111
5.1.2.1 Articles estimant le nombre moyen de patients dans le système et sa variance 111
5.1.2.2 Articles estimant la durée de séjour 112
5.1.2.3 Articles estimant l'allocation des lits parmi des départements 115

5.1.3 Utilisation des réseaux de files d'attente pour étudier le flux des patients 115
5.1.4 Conclusion.....119
5.2 Modélisation par réseau de files d'attente du modèle générique d'un service de stérilisation 120
5.2.1 Réseau de files d'attente à temps discret et à temps continu : définitions et différences. 121
5.2.2 Utilisation de réseaux de files d'attente dans la littérature pour le traitement par lots ... .123
5.2.2.1 Le traitement par lots.....123
5.2.2.2 Réseaux de files d'attente à temps continu 124
5.2.2.3 Réseaux des files d'attente à temps discret 126
5.2.3 Application des réseaux de files d'attente pour la modélisation d'un service de stérilisation 131
5.2.3.1 Réseaux de files d'attente à temps discret.....131
5.2.3.2 Réseau de files d'attente à temps continu 136
5.3 Conclusion.....137

Conclusion 138

Annexe A L'enquête du projet 2E2S. 141

Annexe B La notation de Kendall 155

Annexe C Liste des publications 157

Annexe D Résultats complets de l'enquête des 14 services retenus 158

Annexe E Simulation d'un modèle générique de service de stérilisation en utilisant ARENA 165

Bibliographie 171

Liste des abréviations

BPPH	Bonne Pratiques de Pharmacie Hospitalière
DM	Dispositif médicaux
CHPSM	Centre Hospitalier Privé Saint Martin (de Caen)
IPI	Institut de la Production et des Organisations Industrielles
2E2S	Enquête Electronique des Services de Stérilisation
DEA	Data Envelopment Analysis
ETP	Equivalent temps plein
IBODE	Infirmières de Bloc Opératoire Diplômée d'Etat
IDE	Infirmières Diplômée d'Etat
AS	Aides Soignant(e)s
ASH	Agent de Service Hospitalier
DMU	Decision Marking Unit
HAS	Haute Autorité de Santé
DHOS	Direction de l'Hospitalisation et de l'Organisation des Soins
ARH	Agences Régionales de l'Hospitalisation
PMSI	Programme de Médicalisation du Système d'Information
SROS	Schémas Régionaux d'Organisation Sanitaire
CSBM	Consommation de Soins et de Biens Médicaux
MeaH	Mission d'expertise et d'audit Hospitaliers
MainH	Mission nationale d'appui à l'investissement Hospitalier
T2A	Tarification A l'Activité
AFS	Association Française de Stérilisation

Liste des tableaux

Tableau 2.1. Capacité d'autoclave réelle
Tableau 2.2. Capacité d'autoclave proposée
Tableau 2.3. Exemple de calcul de durée de conditionnement des sachets
Tableau 2.4. Comparaison du temps moyen de séjour (en minutes)
Tableau 2.5. Tableau de calcul de la durée de conditionnement des boîtes en fonction de la comparaison des temps de séjour du 17/1 au 28/1
Tableau 2.6. Données requises pour le modèle.
Tableau 2.7. Validation pour le temps de séjour
Tableau 2.8. Impact du lissage du flux d'arrivée des DM
Tableau 2.9. Planning du personnel
Tableau 2.10. Résultats obtenus en modifiant le planning du personnel
Tableau 3.1.a. Quelques résultats issus de l'enquête concernant la comparaison et l'amélioration des services de stérilisation en région Rhône Alpes
Tableau 3.1.b. Quelques résultats issus de l'enquête concernant la comparaison et l'amélioration des services de stérilisation en région Rhône Alpes
Tableau 3.2. Résultats bruts de l'enquête pour les 14 services retenus
Tableau 3.3. Des données pour les ratios de comparaison des 14 services de stérilisation retenus
Tableau 3.4. Ratios de comparaison
Tableau 3.5. Comparaison des services de stérilisation en utilisant la méthode DEA
Tableau 3.6. Données des input du nouveau H4 pour reprendre le niveau efficient
Tableau 3.7. Comparaison des services de stérilisation en utilisant la méthode DEA et des données du nouveau H4
Tableau 4.1. Données utilisées pour chaque étape
Tableau 4.2. Données d'entrée pour le modèle générique (profil de base)
Tableau 4.3. Un exemple de planning du personnel
Tableau 4.4. Comparaison des temps de séjour entre le modèle générique et le modèle spécifique

Tableau 4.5. Comparaison des nombres de boîtes en fin de journée entre le modèle générique et le modèle spécifique
Tableau 4.6. Comparaison de l'impact du lissage entre le modèle générique et le modèle spécifique
Tableau 4.7. Comparaison de l'impact du nouveau planning du personnel entre le modèle générique et le modèle spécifique
Tableau 4.8a. Données des services de stérilisation pour la simulation (première partie).
Tableau 4.8b. Données des services de stérilisation pour la simulation (seconde partie)
Tableau 4.9. Les plannings du personnel des 9 hôpitaux simulés
Tableau 4.10. Les résultats de simulation
Tableau 4.11.a. Comparaison entre les résultats de simulation et l'enquête (première partie)
Tableau 4.11.b. Comparaison entre les résultats de simulation et l'enquête (seconde partie)
Tableau 4.12. Des données d'input et d'output des 9 services de stérilisation retenus
Tableau 4.13a. Ratio de l'output « volume d'activité » sur les input
Tableau 4.13b. Ratio de l'output «Temps de séjour minimum/Temps de séjour total » sur les input
Tableau 4.13c. Ratio de l'output «Nombre de boîtes traitées chaque jour» sur les input
Tableau 4.14. Comparaison des 9 services de stérilisation en utilisant la méthode DEA (CCR orienté input) avec un seul output
Tableau 4.15. Comparaison des 9 services de stérilisation en utilisant la méthode DEA avec trois output

Liste des figures

Figure 1.1. Les acteurs de l'élaboration et de l'application des politiques de santé en France
Figure 1.2 : Etape d'une boucle de stérilisation
Figure 2.1. Organisation du processus de stérilisation au CHPSM
Figure 2.2. Exemple de données
Figure 2.3. Fiche de liaison
Figure 2.4. Un exemple du planning du personnel
Figure 2.5. Durée de l'étape de transfert op-sté
Figure 2.6. Nombre de conteneurs et sachets dont la durée de transfert « op-sté » est supérieure à 15, 20, 30, 40, 50, 60, puis 70 min
Figure 2.7. Modèle du processus de stérilisation
Figure 2.8. Tableau des données d'entrée du système
Figure 2.9. Planning du personnel du lundi au vendredi
Figure 2.10a. Nombre d'interventions lavées par cycle de laveur simple
Figure 2.10b. Nombre d'interventions lavées par cycle de laveur double porte
Figure 2.11. Durée de rinçage
Figure 2.12. Comparaison du nombre de cycles de laveur.
Figure 2.13. Comparaison du nombre de cycles d'autoclave.
Figure 2.14. Comparaison entre le nombre réel des cycles de laveurs et le nombre obtenu par simulation
Figure 2.15. Comparaison entre le nombre réel des cycles d'autoclave et le nombre obtenu par simulation
Figure 3.1. Mesure de performances ([Badillo et Paradi, 1999])
Figure 4.1. Quatre niveaux de généricité selon Flecher et al. (2007)
Figure 4.2. Processus de stérilisation.
Figure 4.3. Profil de base pour l'entrée des interventions dans le modèle générique.
Figure 4.4. Profil uniforme pour l'entrée des interventions dans le modèle générique

Figure 5.1. Exemple de chaîne de Markov
Figure 5.2. Exemple de modèle à compartiments
Figure 5.3. Exemple de réseau de files d'attente
Figure 5.4. Exemple de simulation à événements discrets
Figure 5.5. La distribution de Cox
Figure 5.6. La distribution conditionnelle de type phase
Figure 5.7. Modèle sans non détaillé d'un service de stérilisation
Figure 5.8. La classification de l'analyse des files d'attente à temps discret par rapport à l'analyse des files d'attente à temps continu et à la simulation [Schleyer, 2007]
Figure 5.9. Processus de collecte suivant la règle du temps de sortie
Figure 5.10. Arrivée par lots, avec une taille stochastique, dans une file d'attente $G^X/G/1$
Figure 5.11. Le système de file d'attente $G/G^{[L, K]}/1$ qui comporte 2 sous-systèmes (la station de collecte, où les lots sont construits et la station de service, où les lots sont traités)
Figure 5.12. Les files d'attente pour le transport et trempage : la station de collecte avec la règle de temps sortie suivi d'une station de service G/G/1
Figure 5.13. La file d'attente pour le rinçage : $G^X/G/1$ avec des tailles stochastiques des lots d'arrivée
Figure 5.14. Les files d'attente pour le lavage : $G^X/G^{[L, K]}/1$ qui comportent 2 sous-systèmes (la station de collecte, où les lots sont construits et la station de service, où les lots sont lavés)
Figure 5.15. La file d'attente pour le conditionnement : $G^X/G/1$ avec les tailles stochastiques des lots d'arrivée
Figure 5.16. Les files d'attente pour les autoclaves : $G/G^{[L, K]}/1$ qui comporte 2 sous-systèmes (la station de collecte, où les lots sont construits et la station de service, où les lots sont stérilisé)
Figure 5.17. Un réseau des files d'attente traité par lots à temps continu d'un service de stérilisation

Introduction

Les établissements hospitaliers sont depuis quelques années confrontés à de nombreux défis. Ils concernent notamment la lutte contre les infections nosocomiales et la réduction du temps de travail. Par ailleurs, les règlements hospitaliers intègrent désormais des critères économiques dans les choix et les orientations des politiques hospitalières. Les objectifs qui consistent à assurer une meilleure qualité et une meilleure sécurité des soins vont désormais de pair avec des objectifs de maîtrise des dépenses de santé.

Dans cette thèse, nous nous intéressons à une prestation transversale dans les établissements hospitaliers : la stérilisation. D'une manière générale, la stérilisation des dispositifs médicaux (instruments de chirurgie ou d'exploration utilisés lors des interventions et des examens) dans les établissements de santé occupe une place primordiale dans la lutte contre l'infection. L'objectif de la préparation des dispositifs médicaux stériles est de supprimer tout risque infectieux qui pourrait leur être imputable. Les « Bonnes Pratiques de Pharmacie Hospitalière » indiquent qu'un dispositif ayant subi une stérilisation peut être considéré comme « stérile » si la probabilité théorique qu'un micro-organisme viable soit présent est inférieure ou égale à 1 pour 10^6 [AFNOR, 2005]. La stérilisation, activité indispensable à la bonne réalisation des soins et des examens, se révèle coûteuse.

Nous nous proposons ici d'étudier et d'améliorer l'organisation de la production de Dispositifs Médicaux Stériles en appliquant au milieu hospitalier des méthodes habituellement utilisées pour évaluer et améliorer les performances des systèmes de productions industriels. Pour cela nous commençons par nous familiariser avec le domaine de la stérilisation afin d'identifier des pistes de travail. Nous résolvons ensuite quelques problèmes issus de ces pistes pour atteindre notre but d'améliorer l'organisation du service de stérilisation centralisé.

Dans le chapitre 1 nous présentons des notions générales sur la stérilisation des dispositifs médicaux dans les établissements hospitaliers. Après un bref historique de la stérilisation, nous abordons le processus de stérilisation en vigueur à l'heure actuelle dans les établissements hospitaliers. Nous présentons également une synthèse d'articles relatifs à la

stérilisation. Cela nous permet de montrer que l'amélioration de la performance d'un service de stérilisation centralisée a encore une place importante dans la stérilisation des dispositifs médicaux.

La première étape de notre travail a consisté à modéliser un service de stérilisation. Nous faisons un passage d'un problème réel à un modèle. Dans cette étape, nous nous familiarisons avec le domaine et nous identifions des pistes de recherche. Nous proposons dans le chapitre 2 des solutions d'aide à la gestion d'un service particulier de stérilisation centralisée : le service de stérilisation du Centre Hospitalier Privé Saint Martin de Caen (CHPSM). Cette étude a permis de mettre en évidence certains dysfonctionnements liés à la gestion initiale du service (c'est-à-dire celle en vigueur lors de notre première visite) et montre les améliorations que nous avons pu obtenir.

Par la suite nous avons cherché à dégager les spécificités des services de stérilisation de plusieurs établissements hospitaliers, dans le but d'effectuer une classification des différents types d'organisation et de trouver les organisations les plus performantes. Dans le chapitre 3, nous présentons une enquête électronique dont l'objectif est de dresser un état des lieux des pratiques de stérilisation hospitalière en région Rhône Alpes. Cette enquête, intitulé 2E2S (Enquête Electronique des Services de Stérilisation), a été réalisée suite à un projet IPI (Institut de la Production et des Organisations Industrielles). A partir des données de l'enquête, nous réalisons un benchmarking entre les services de stérilisation en utilisant des ratios de comparaison et la méthode DEA (Data Envelopment Analysis).

La méthode DEA est cependant utilisée de manière très limitée car l'enquête ne nous fournit qu'une seule information quantifiable pouvant servir de variable de sortie (ou output). Dans le chapitre 4, nous traitons de l'élaboration et de l'utilisation d'un modèle générique de simulation (simulation à événements discrets). Ce modèle a été construit pour fournir des données permettant de comparer des performances supplémentaires dans les stérilisations centrales de la région Rhône-Alpes.

Dans le chapitre 5, nous proposons des pistes pour analyser un service de stérilisation générique à l'aide de méthodes analytiques. Ces pistes de recherche sont précédées d'un état de l'art sur l'utilisation des modèles stochastiques pour l'analyse des systèmes de production

de soins. Nous constatons que les méthodes analytiques sont souvent utilisées pour étudier les systèmes de soins. Nous étudions donc la possibilité d'utiliser une méthode analytique pour analyser le modèle générique de service de stérilisation que nous avons élaboré. Une modélisation par réseau de files d'attente du modèle générique d'un service de stérilisation est présentée comme le point de départ de ces pistes de recherche.

Chapitre 1

Stérilisation des dispositifs médicaux dans les établissements hospitaliers

1.1. Contextes économique et sociétal du secteur de la santé

1.1.1. Contexte économique

En France, la part des dépenses de santé dans le PIB (Produit Intérieur Brut) a progressé très rapidement et est passée de 3,5 % en 1960 à 8,9 % en 2002 pour atteindre 11,2% en 2006 [Albert, 2007]. Ce taux place la France à la troisième place des pays membres de l'OCDE (l'Organisation de Coopération et de Développement Economique) après les Etats-Unis (15,3%) et à un niveau proche de celui de la Suisse (11,6%) et de l'Allemagne (10,6) [Fenina et Geffroy, 2007]. La France et la quasi-totalité des pays occidentaux suivent une tendance mondiale d'accroissement des dépenses de santé [Bac et Cornilleau, 2002]. Ainsi, entre 1970 et 2000, le pourcentage des dépenses de santé dans le PIB augmente de près de 7 à 13% aux Etats-Unis, de 5 à 8% en Italie et de 4,5 à 7% au Royaume-Uni.

En 2007, 206,5 milliards d'euros ont été dépensés pour la santé en France métropolitaine et dans les départements d'outre-mer [Fenina et al., 2008]. 163,8 milliards d'euros (79,3%) de cette dépense ont été affectés à la CSBM (la Consommation de Soins et de Biens Médicaux), soit 8,7% du PIB. La CSBM est répartie comme suit : 44,3% pour les soins hospitaliers (publics et privés), 27,5% pour les soins ambulatoires (dont médecins, dentistes, auxiliaires médicaux, et analyses), 20,4% pour les médicaments et 7,8% pour les autres biens médicaux. Cette importante concentration des coûts fait de l'utilisation des moyens hospitaliers la priorité de toute politique de réduction des coûts de santé ; ces derniers devraient augmenter encore plus dans les prochaines années à cause du vieillissement de la population.

[Reid et al, 2005] ont identifié plusieurs origines (qu'ils nomment « crise ») à la tendance d'accroissement des dépenses aux Etats Unis : la forte augmentation des coûts de la santé, la diminution de certaines ressources humaines et la modification du comportement des patients… Les raisons de ces « crises » sont nombreuses mais la plupart d'entre elles peuvent être attribuées à la convergence des cinq facteurs suivants : les progrès rapides de la science médicale et l'augmentation de la complexité des soins de santé au cours du dernier demi-siècle ; une population de patients qui a essentiellement besoin de soins chroniques, plutôt que de soins aigus ; l'absence d'incitation à améliorer la productivité des services de soins ; un sous-investissement persistant du secteur hospitalier sur la technologie d'information et de communication ; une application limitée des outils du génie industriel à la gestion des services de soins [Reid et al., 2005].

Cela nous montre que l'amélioration de la gestion des ressources et des processus hospitaliers peut aider à limiter cette tendance d'accroissement des dépenses. Parmi ces améliorations, l'amélioration du service de stérilisation des dispositifs médicaux dans les établissements hospitaliers est un cas qui mérite d'être étudié.

1.1.2. Les réformes du système de santé et de la stérilisation en France

La France a mis au point un système de régulation pour répondre au mieux aux besoins de santé de la population et pour gérer l'offre de soins des divers établissements [Albert, 2007]. Ce système a une structuration relativement centralisée avec des directives nationales qui s'appliquent à un niveau régional.

HAS : Haute Autorité de Santé. Elle est chargée d'évaluer l'utilité médicale, de mettre en œuvre la certification des établissements de santé et de promouvoir les bonnes pratiques et le bon usage des soins (créée en 2004, mise en place en 2005).

DHOS : Direction de l'Hospitalisation et de l'Organisation des Soins. Sa mission est principalement de traduire les priorités de santé publique pour le secteur hospitalier.

ARH : Agences Régionales de l'Hospitalisation. Elles ont pour mission de traduire les priorités nationales données par la DHOS pour le secteur hospitalier au niveau régional.

PMSI : Programme de Médicalisation du Système d'Information. Il est pour l'ARH un outil de visualisation de l'offre de soins avec une description détaillée de l'activité de chaque établissement de santé.

SROS : Schémas Régionaux d'Organisation Sanitaire. Ils permettent à l'ARH d'organiser l'offre de soins hospitaliers et médico-sociaux.

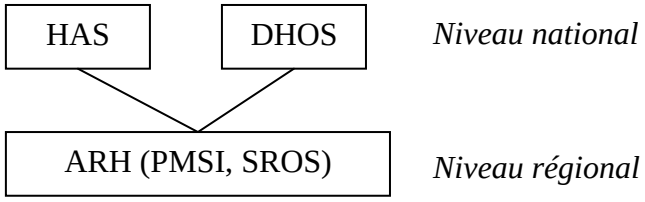


Figure 1.1. Les acteurs de l'élaboration et de l'application des politiques de santé en France

Le contexte économique présenté ci-dessus nous incite à chercher des causes et des solutions aux dysfonctionnements des organisations hospitalières pour améliorer la qualité du système de soins. Cette amélioration n'implique pas seulement l'amélioration de la qualité médicale et de l'efficience des soins, mais elle implique aussi une meilleure gestion des ressources hospitalières afin de réduire les dépenses de santé. Pour cela, le plan de modernisation de l'hôpital 2007 a été proposé. Il se traduit par la création de trois missions nationales : la Mission d'expertise et d'audit Hospitaliers (MeaH), la Mission nationale d'appui à l'investissement Hospitalier (MainH) et la mission opérationnelle sur la Tarification A l'Activité (T2A). Ces missions sont prises en charge par les organismes que nous avons présentés au-dessus (ARH, SROS,…). Le rayon d'action de cette réforme comporte quatre axes prioritaires : l'environnement hospitalier, le financement, l'organisation interne et la mise en place de bonnes pratiques [Albert, 2007]. Au niveau le plus opérationnel, la MeaH aide les établissements hospitaliers à améliorer le fonctionnement de leurs services en rédigeant des guides appelés des « bonnes pratiques » et en les accompagnant dans leurs démarches. Cela a pour but d'avoir une meilleure organisation des activités, ce qui permet d'améliorer la qualité du service, l'efficience économique et les conditions de travail.

Dans le domaine de la stérilisation, il y a aussi des bonnes pratiques de pharmacie hospitalière pour garder un état de stérilité dans les hôpitaux. Pour la stérilisation, il existe une association

de professionnels de la stérilisation hospitalière, l'AFS (Association Française de Stérilisation), qui a succédé à l'ANRSC (Association Nationale des Responsables de Stérilisation Centrale). L'AFS a été créée par une loi du 3 février 1999. Elle est reconnue, consultée sur les projets de documents, et représentée dans divers groupes de travail, parmi lesquels on trouve la DHOS. Elle est membre de la Fédération Internationale de Stérilisation (IFSS) et aussi adhérente de l'European Forum for Hospital Sterile Supply (EFHSS). Elle a pour but de promouvoir l'information et de développer les échanges d'informations dans le domaine de la stérilisation. Elle permet aussi d'encourager les référentiels permettant d'assurer la qualité en stérilisation, et de promouvoir la recherche. Elle représente les adhérents de l'AFS auprès des instances nationales et internationales ainsi que dans les congrès et les réunions scientifiques. Cette association a une place importance dans le projet de l'amélioration des services de stérilisation en France.

1.2. Importance et historique de la stérilisation des dispositifs médicaux :

D'une manière générale, la stérilisation est un ensemble de techniques destinées à réduire la densité des micro-organismes présents sur ou dans les objets jusqu'à ce que leur nombre soit suffisamment petit pour que les objets soient considérés comme stériles.

La stérilisation est aussi vieille que l'humanité [Galtier, 2003]. Nous pouvons citer des exemples dans la vie quotidienne depuis longtemps. Sans même avoir connaissance de l'existence d'un micro-organisme, l'homme préhistorique conserve le gibier pour l'hiver en le faisant sécher avec le bois de certains arbres. Dans l'ancienne Egypte, les égyptiens préservent les cadavres des pharaons pour leur assurer une vie éternelle dans l'au-delà, en utilisant un ensemble complexe de techniques. 800 ans avant Jésus-Christ, le poète grec Homère raconte, dans l'Odyssée, qu'après avoir tué les prétendants à la main de Pénélope, Ulysse fait désinfecter par le soufre la salle où ont eu lieu les événements [Dubaele, 2000]. Le combattant blessé savait qu'il devait endurer la douleur de la cautérisation au fer rouge pour éviter la gangrène de ses plaies : pourtant, la notion de micro-organisme lui est totalement étrangère [Galtier, 2003].

La notion de stérilité des objets demeure assez floue jusqu'en 1960 [Trescher, 2003]. Avant 1800 les médecins et les praticiens de la santé avaient conscience des infections nosocomiales

même si aucune explication ne pouvait être donnée. Par expérience on savait que certaines gangrènes pouvaient être limitées en utilisant des instruments passés à la flamme. En 1850, un accoucheur, Sammelweiss, découvre qu'une hygiène des mains et des vêtements des accoucheurs peut protéger les mères et leurs enfants contre la mort. Cette période est marquée dans l'histoire de la stérilisation par des découvertes importantes : entre 1870 et 1880, Pasteur découvre l'existence des micro-organismes. A partir de 1900, la science de la stérilisation commence vraiment et les techniques de stérilisation voient le jour. Entre 1950 et 1960, les chirurgiens constatent que les infections sont contractées non seulement dans les salles d'opérations chirurgicales mais aussi dans l'hôpital même. L'expression « infections nosocomiales » est née ; il s'agit des infections venues de l'hôpital même. A cette époque, les lieux de stérilisation dans les hôpitaux sont multiples. On les trouve dans les blocs opératoires mais également dans les autres services de soins. Par contre, malgré les efforts, les infections dues au milieu hospitalier augmentent, avec un risque d'infection nosocomiale de 7 à 8% pour les opérés. Le problème de la stérilité des objets se pose alors et est source de nombreuses études et recherches.

La deuxième grande période se situe entre 1960 et 1970. Dans cette période, on réfléchit à la résolution de plusieurs problèmes. Le premier problème concerne l'efficacité des appareils à stériliser qui demande une amélioration des machines et une définition précise de la notion de stérilité. Le deuxième problème est une difficulté scientifique : la conservation de l'état stérile de l'objet jusqu'à son utilisation. Le troisième problème posé est celui des lieux de stérilisation ; aucun lieu spécifique à l'hôpital n'était défini pour la stérilisation. Le quatrième est un manque de formation pour les personnels de la stérilisation. Et enfin, le contrôle de la stérilité n'est pas fait. Des solutions permettant de résoudre ces problèmes sont proposées durant cette période.

A partir de 1970, la notion de stérilisation centralisée se développe dans les hôpitaux. En Allemagne, en Suisse, et en Angleterre, plusieurs hôpitaux construisent leur propre service de stérilisation centralisée. Le problème de la stérilisation commence aussi à intéresser divers organismes, notamment le Ministère de la Santé. Des journées de formation sur la stérilisation sont organisées pour le personnel des hôpitaux. Les bonnes pratiques de stérilisation sont créées par l'AFNOR (Association Française de Normalisation). Les salons et expositions

commencent à présenter du matériel de stérilisation ainsi que du matériel d'emballage et du matériel à usage unique.

De nos jours dans les établissements de santé, la stérilisation occupe une place primordiale dans la lutte contre l'infection. « L'objectif de la préparation des dispositifs médicaux stériles (ou DM stériles) est de supprimer tout risque infectieux qui leur soit imputable. La stérilité est l'absence de tout micro-organisme viable. Pour qu'un dispositif ayant subi une stérilisation puisse être étiqueté stérile, la probabilité théorique qu'un micro-organisme viable soit présent doit être inférieure ou égale à 1 pour 10^6 » [AFNOR, 2005].

Les établissements hospitaliers doivent centraliser ou sous-traiter l'activité de stérilisation pour être en accord avec les Bonnes Pratique de Pharmacie Hospitalière. Aucun service de stérilisation décentralisé n'existe sans un plan de groupement sur la stérilisation centralisée ou de sous-traitance [Reymondon et al, 2008b]. Il existe déjà des projets pour construire des Centres de Stérilisation capables de couvrir les besoins de stérilisation des DM de plusieurs hôpitaux. Le but de ces projets est de s'interroger sur l'adéquation d'une restructuration des locaux de stérilisation en regard des besoins des services consommateurs que sont le bloc opératoire et les unités de soins et de consultation. La construction de ces Centres de Stérilisation peut diminuer le coût de stérilisation en assurant la qualité de stérilité des dispositifs médicaux pour les hôpitaux. Mais il faut au préalable répondre à des questions de localisation géographique, de dimensionnement, d'organisation,… Pour cette raison-là, améliorer la performance d'un service de stérilisation centralisée reste une démarche utile.

1.3. Processus de stérilisation

1.3.1. Normalisations

Nous nous intéressons ici aux normalisations existant dans le domaine de la stérilisation. Elles sont regroupées dans : « Les Bonnes Pratiques de Pharmacie Hospitalière » (BPPH) [Ministère, 2001] et dans « Un guide de maîtrise des traitements appliqués aux dispositifs médicaux réutilisables » [AFNOR, 2005].

Les BPPH, s'appliquant aux activités des Pharmacies à Usage Intérieur, ont été rédigées en Juin 2001. Ce document comporte une première ligne directrice relative à la préparation des dispositifs médicaux stériles. Les bonnes pratiques de pharmacie hospitalière s'appliquent aux établissements de santé, aux syndicats inter-hospitaliers, et aux établissements médico-sociaux disposant d'une pharmacie à usage intérieur.

L'AFNOR, à la demande de la Direction de l'hospitalisation et de l'organisation des soins (DHOS) a créé un groupe d'experts (commission française de normalisation S 95H) pour élaborer un guide de « maîtrise des traitements appliqués aux dispositif médicaux réutilisables ». Il s'appuie sur les BPPH et se donne pour objectif de réactualiser les bonnes pratiques professionnelles. Ce document est un outil pratique qui ne se substitue pas aux BPPH et qui n'a aucune prétention normative ou réglementaire. Il a pour but d'aider les utilisateurs à mettre en œuvre la stérilisation des dispositifs emballés par la vapeur, l'oxyde d'éthylène, ou la diffusion de plasma de peroxyde d'hydrogène, et à élaborer le système qualité en stérilisation. Dans la section suivante, nous décrivons le processus de stérilisation tel qu'il est préconisé dans ce document.

1.3.2. Processus de stérilisation

Dans un processus de production de DM stériles, les produits finis correspondent aux DM stériles et les produits bruts correspondent aux DM souillés. Le processus de production des DM stériles peut donc être représenté par une boucle de stérilisation (figure 1.2) dans laquelle les mêmes matériels circulent.

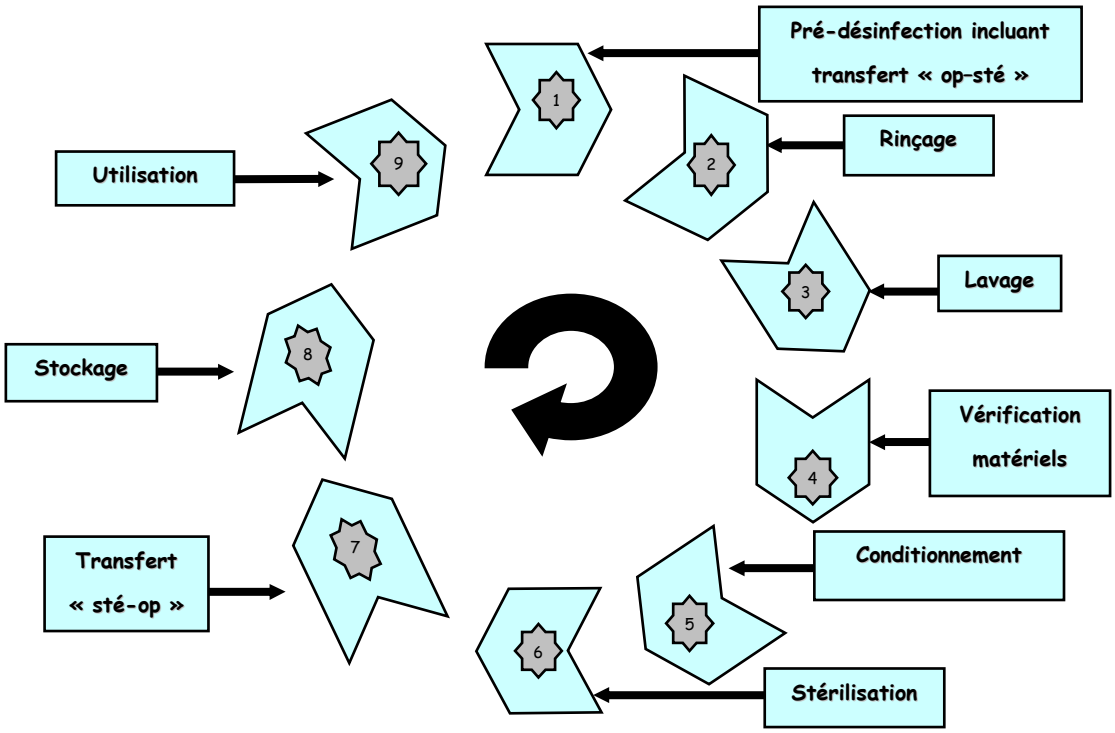


Figure 1.2 : Etape d'une boucle de stérilisation.

Les étapes du processus de stérilisation sont les suivantes :

Pré-désinfection (ou trempage) : la pré-désinfection constitue le premier traitement à appliquer sur les DM souillés après leur utilisation. Elle a pour but de diminuer la population de micro-organismes, de faciliter le lavage ultérieur, et permet d'éviter le séchage des souillures sur le matériel. La pré-désinfection a également pour but de protéger le personnel qui manipule ces DM et de protéger l'environnement. Il est conseillé de réaliser cette pré-désinfection le plus rapidement possible après l'utilisation du DM, et au plus près du lieu d'utilisation.

Rinçage : le rinçage est nécessaire pour éviter tout risque d'interférence entre le produit de pré-désinfection et celui utilisé pour le lavage. Le rinçage est effectué au moins 15 minutes après le début de la pré-désinfection. Cette étape n'est pas toujours visible dans les services de stérilisation. Le rinçage peut être réalisé soit manuellement, soit dans les laveurs.

Lavage et vérification : le lavage a pour but d'éliminer les salissures grâce à une action physico-chimique combinée à une action mécanique. Il permet d'obtenir un dispositif médical propre. A l'issue du lavage il convient de sécher les DM de façon appropriée de manière à ce qu'ils arrivent non contaminés à l'étape de conditionnement. Après le lavage, il faut s'assurer que chaque DM est propre et fonctionnel, c'est-à-dire qu'aucune détérioration n'affecte sa sécurité ou son intégrité.

Conditionnement : le conditionnement a pour but de conserver la stérilité des DM jusqu'à leur utilisation. Il doit être réalisé le plus rapidement possible après le lavage. Il peut être constitué de deux emballages : un emballage primaire qui sert de barrière imperméable aux micro-organismes, et un emballage secondaire qui sert à garantir l'intégrité de l'emballage primaire (si cela s'avère nécessaire). L'utilisation et les caractéristiques d'un emballage secondaire sont déterminées en fonction des risques de détérioration de l'emballage primaire. Dans l'emballage, les DM doivent être disposés de manière à assurer une bonne pénétration de l'agent stérilisant et une extraction aseptique. Notons que les DM peuvent être conditionnés en sachet, pliage pasteur ou conteneur (ou boîte).

Stérilisation : d'une manière générale, la stérilisation se fait par vapeur d'eau saturée à 134°C, pendant une durée d'au moins 18 minutes. Chaque cycle de stérilisation est enregistré et une surveillance du bon déroulement du cycle en cours peut être réalisée. Des indicateurs physico-chimiques et microbiologiques sont utilisés chaque fois que cela est nécessaire.

Transfert : le transfert des dispositifs médicaux s'effectue dans des chariots ou armoires qui sont nettoyés régulièrement. Les DM stériles ne doivent en aucun cas être stockés à même le sol. Le transfert appelé « op-sté » est effectué pendant l'étape de pré-désinfection, et conduit les DM souillés des blocs opératoires vers le service de stérilisation. Le transfert appelé « sté-op » permet de ramener les DM stérilisés à proximité des blocs où ils seront stockés jusqu'à leur utilisation.

Stockage : la zone de stockage des DM stériles doit être distincte de toute zone de stockage de fournitures non stériles. Cette zone de stockage doit à la fois être à l'abri de la lumière solaire directe, à l'abri de l'humidité et à l'abri des contaminations de toutes natures.

1.4. Etat de l'art sur la stérilisation

1.4.1. Stérilisation en général

Dans la littérature sur les processus de soins, la plupart des articles traitant du processus de stérilisation proposent des études techniques portant sur les règles à respecter pour assurer la stérilité des dispositifs médicaux (voir par exemple [Rutala et Weber, 2004] ; [Smyth et al., 1999] ; [McNally et al., 2001]). Dans les services de stérilisation, une attention particulière est portée au respect de ces règles, qui relèvent toutes de recommandations ministérielles [Ministère, 2001].

Dans le domaine de la stérilisation, la qualité du système de soins ne concerne pas seulement la qualité médicale en respectant les règles de stérilité. Elle implique aussi la meilleure gestion des ressources hospitalières pour améliorer les performances du service. Les autres articles concernant l'amélioration des services de stérilisation sont présentés dans le paragraphe suivant.

1.4.2. Tendances d'amélioration

Internalisation ou externalisation

Le processus de stérilisation est parfois difficile à mettre en œuvre puisqu'il repose à la fois sur des critères économiques (matériel, locaux, personnel, organisation) et sur des critères de faisabilité (proximité, délai, organisation, logistique). Les établissements qui ne peuvent, ou ne veulent, pas assurer la stérilisation eux-mêmes ont recours à des solutions d'externalisation [Bardet, 2003] ; le sous-traitant qui se charge de la stérilisation peut alors être soit un autre établissement hospitalier, soit une entreprise spécialisée. Dans [Bardet, 2003] on trouve une analyse des avantages et des inconvénients résultant de l'externalisation de l'activité de stérilisation. Pour ce qui nous concerne, nous nous intéressons par la suite à une stérilisation interne.

Centralisation ou décentralisation

En plus de la question d'externalisation, il peut, dans certains pays, se poser la question du choix de centralisation ou de décentralisation de l'activité de stérilisation au sein d'un établissement hospitalier. [Tlahig et al., 2006] travaillent sur une approche d'aide à la décision pour le choix de la centralisation/décentralisation de l'activité de stérilisation. Cette approche repose sur deux étapes principales. La première étape consiste à trouver la configuration (centralisation totale/décentralisation totale/ ou mixte) qui minimise le coût de la stérilisation. La deuxième étape consiste à trouver le dimensionnement adéquat de cette nouvelle configuration. Cette approche a été testée et validée sur un exemple académique. Nous étudions dans cette thèse le cas où cette activité est réalisée en interne et notre objectif est d'étudier et d'améliorer la gestion d'un service de stérilisation centralisé.

[Woolston, 2000] étudie le contrôle des coûts de stérilisation pour les sociétés de stérilisation. Cet article se penche sur les façons dont l'industrie peut diminuer ces coûts et envisage également les avantages pouvant être dérivés d'une amélioration des relations avec les sociétés auxquelles la stérilisation est sous-traitée.

Restructuration des services de stérilisation

Dans la littérature, les auteurs font des propositions d'améliorations (plutôt techniques) sans toujours les valider réellement. Citons par exemple [Macquet et Vallens., 1997], qui font des recommandations concernant l'organisation et les équipements d'une stérilisation centrale (notons que cet article date de 1997 et que maintenant la plupart de ces recommandations sont appliquées dans les stérilisations centrales).

[Bernard et Lacroix, 2001] présentent une étude portant sur un projet de restructuration des services de stérilisation d'un CHU. Ils envisagent une centralisation des moyens de lavage des instruments, au niveau d'une stérilisation centrale. La démarche s'est articulée autour de trois phases. Tout d'abord, les auteurs ont réalisé un bilan de l'existant et, plus particulièrement, un bilan de l'activité afin d'estimer les volumes traités et leur étude de charge. Ensuite, ils ont mis en place la méthodologie d'Analyse Préliminaire des Risques qui a permis de révéler les risques du processus pour le patient et pour le personnel ainsi que les défaillances de ce

processus. Enfin, pour construire le projet, ils ont dû prendre en compte plusieurs paramètres qui doivent obéir à des règles spécifiques pour un service de stérilisation.

[Cobbold,, 2006] utilisent les outils de la modélisation d'entreprise et de la simulation des flux pour proposer une aide au dimensionnement des ressources humaines d'un nouveau service de stérilisation centralisé dans un CHU en restructuration. Ils ont mis en œuvre la démarche d'accompagnement au changement développée par le laboratoire LASPI afin de mieux comprendre le fonctionnement de ce service de stérilisation, puis ils ont modélisé le processus cible. Ils sont aussi parvenus à une planification du travail du personnel qui donne une solution acceptable à partir de la solution initiale fournie par la simulation à capacité infinie.

[Reymondon et Marcon, 2005] étudient l'amélioration des performances d'un service de stérilisation en utilisant une politique de conditionnement qui permet d'optimiser le coût de stockage et de déstockage des DM. Cet article propose une solution mixte entre les deux extrêmes « un conteneur pour une intervention » et « un conteneur pour un dispositif médical ».

En continuant le travail précédent [Reymondon et al., 2008c] proposent une nouvelle méthodologie pour avoir une meilleure solution d'optimisation des coûts de stockage. Ils estiment que la méthodologie précédente n'est pas suffisamment efficiente pour résoudre un problème de taille réelle car le temps d'exécution est inacceptable. Ils décident donc de réduire la complexité du problème en gardant l'optimisation potentielle inchangée. Pour cela, ils restreignent leur étude aux DM qui peuvent servir à différents types d'interventions et ne considèrent pas les DM dédiés à un type d'intervention spécifique.

[Albert et al., 2008] s'intéressent à l'optimisation des ressources de lavage dans un service de stérilisation de dispositifs médicaux. Ils cherchent à optimiser l'efficience du fonctionnement de cette étape du processus de stérilisation en proposant différentes règles de chargement des laveurs. Leur but est de minimiser à la fois le nombre de cycles lancés et l'attente des lots avant le lavage.

Dans cette thèse, nous ne cherchons pas à faire une grande restructuration des services de stérilisation comme cela est proposé dans [Bernard et Lacroix, 2001]. Nous voulons proposer des modifications dans l'organisation de services existants pour améliorer leur performances comme cela est fait dans [Cobbold, 2006], [Reymondon et al., 2008c] ou [Albert et al., 2008].

Chapitre 2

Etude de cas : le service de stérilisation du Centre Hospitalier Privé Saint Martin de Caen (CHPSM)

2.1. Introduction

Nous avons visité plusieurs services de stérilisation, et nous avons constaté que l'organisation de la production varie d'un établissement à l'autre et que les flux sont souvent gérés sans règle précise (en dehors de règles minimales imposant un flux dirigé des zones sales vers les zones propres), ni souci d'optimisation. Même si le fonctionnement des services de stérilisation que nous avons visités semble globalement satisfaisant à leurs responsables, on se rend compte, après discussions plus approfondies, que des dysfonctionnements existent (on peut citer, par exemple, des conteneurs de DM livrés en retard, des conteneurs oubliés dans un stock, ou une charge de travail très irrégulière).

Nous proposons dans ce chapitre des solutions d'aide à la gestion d'un service de stérilisation centralisée et nous illustrons l'apport de nos propositions sur un cas réel : le service de stérilisation du Centre Hospitalier Privé Saint Martin de Caen (CHPSM). Une étude de simulation des flux de production pour ce service de stérilisation du CHPSM (en utilisant le logiciel ProModel) a été réalisée. Cette étude a permis de mettre en évidence certains dysfonctionnements liés à la gestion initiale du service (c'est-à-dire celle en vigueur lors de notre première visite) et montre les améliorations que nous avons pu obtenir. Nous nous sommes plus particulièrement intéressés au lissage de la production et à la diminution du temps de séjour, soit en modifiant la création du flux (action sur la durée de pré-désinfection), soit en modifiant la gestion du service de stérilisation (modification du planning du personnel). Précisons que, d'une manière générale, le service de stérilisation est à la fois un client et un fournisseur des blocs opératoires et qu'il ne maîtrise pas l'arrivée des DM provenant des blocs opératoires.

2.2. Analyse de l'existant

2.2.1. Organisation du processus de stérilisation du CHPSM

2.2.1.1. Organisation du processus de stérilisation

Le service de stérilisation du centre hospitalier se situe à l'étage inférieur immédiat des blocs opératoires (14 salles). Il occupe une surface de 600 m^2. Le transfert des DM se fait par des monte charge (dont un dédié aux DM souillés), et les DM stériles circulent dans des armoires fermées. Le service est équipé d'un logiciel de traçabilité, OPTIM, et depuis peu d'un système de supervision des paramètres des autoclaves, des laveurs désinfecteurs et de l'environnement (logiciel SATIS). Les tests de pénétration à la vapeur sont eux aussi enregistrés informatiquement par l'utilisation de Bowie Dick électroniques. L'objectif final est d'obtenir un traitement informatique total permettant de pérenniser l'archivage.

En 2005 (date de notre première visite), l'équipe était composée de 14 ETP (équivalent temps plein) et d'un responsable sous l'autorité du pharmacien gérant de l'établissement. En plus de cette équipe, un « pool » de personnel est formé à la stérilisation (il effectue une rotation sur les services de soins en fonction des besoins) et permet de travailler avec une équipe performante en stérilisation, même en cas d'absence des titulaires. Une centaine d'interventions est réalisée chaque jour dans les blocs opératoires et le matériel de certains types d'interventions effectue régulièrement une double rotation (c'est-à-dire qu'il est utilisé deux fois dans une même journée). L'activité en 2005 était de 1800 m^3 (soit 3000 cycles d'autoclaves hors tests Bowie Dick). Il s'agit exclusivement de DM pour les blocs opératoires et les services de soins (il n'y a pas de linge).

L'étude de l'organisation initiale du CHPSM, nous a permis de construire le modèle du processus de stérilisation de la figure 2.1. Quelques informations sont nécessaires pour compléter ce modèle : l'étape d'utilisation correspond aux 14 salles d'opération ; une seule personne s'occupe du « rinçage » des dispositifs médicaux ; dans l'étape « lavage », une personne lave à la main les instruments de micro chirurgie et les DM fragiles ou non immergeables (ce poste sera négligé par la suite) ; plusieurs personnes (nombre qui varie au cours de la journée) travaillent dans l'étape « conditionnement ». Une personne s'occupe des trois autoclaves. Dans ce processus il y a plusieurs types de flux : le flux principal des

dispositifs réutilisables appartenant au CHPSM, le flux des dispositifs à usage unique et le flux des dispositifs en prêt. Les dispositifs réutilisables appartenant au CHPSM circulent dans toutes les étapes du processus et constituent le flux principal. Les dispositifs à usage unique entrent directement dans l'étape de conditionnement et sont jetés après utilisation. Par principe de précaution, les dispositifs en prêt venant de l'extérieur sont lavés, conditionnés et stérilisés avant d'être utilisés. Après utilisation, ils sont lavés, conditionnés et stérilisés avant d'être rendus aux fournisseurs.

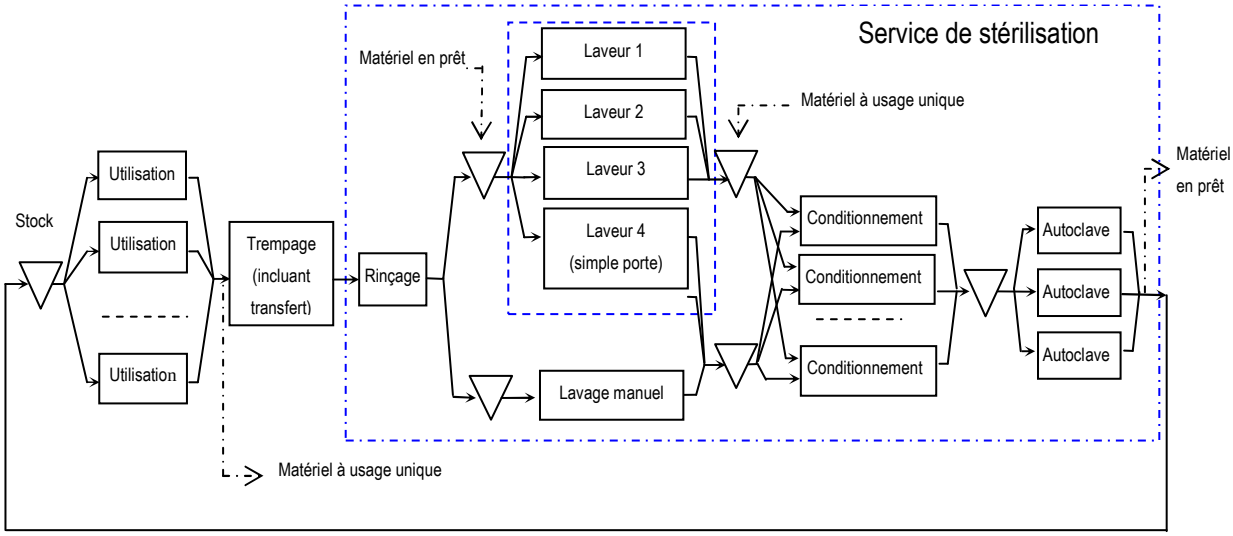


Figure 2.1. Organisation du processus de stérilisation au CHPSM

2.2.1.2. Données fournies par le CHPSM

Nous disposons de données quantitatives sur le processus, fournies par le système informatique et provenant du logiciel OPTIM, pour les mois de Novembre 2004 et de Janvier 2005. Par exemple (figure 2.2), pour une boîte de DM donnée, nous savons dans quelle machine elle a été lavée (colonne « code laveur »), quand elle a été lavée (colonne « date lavage automatique »), dans quel autoclave elle a été stérilisée (colonne « code de cycle ») et quand a commencé le cycle de stérilisation (colonne « date chargement »).

Code	Libellé	Réf. Com	Heure conditionnement	N°de cycle	Date lavage automatique	Code laveur	Code de cycle	Date chargement
113941007	MAIN 2	247	00/01/1900 12:09	113941	01/11/2004 10:30:40	7	15	01/11/2004 00:00

Figure 2.2. Exemple de données

Les données de l'étape de trempage (l'heure de début de trempage et l'heure de fin de trempage) ne sont pas stockées par le système informatique. Nous avons donc collecté ces informations manuellement, à partir de documents papiers, appelés « fiches de liaisons » qui sont utilisés pour transmettre des informations sur chaque intervention de la salle d'opération au service de stérilisation (voir figure 2.3). Nous avons limité notre étude à 15 jours, du 17/1/2005 au 31/1/2005. La fiche de liaison fournit les informations suivantes (voir figure 2.3) : nom de l'intervention et du chirurgien (1ère ligne) ; liste des boîtes utilisées (colonne de gauche) ; liste des sachets utilisés (colonne de droite). Les boîtes et les sachets sont identifiés par un code barre et un numéro de référence.

Figure 2.3. Fiche de liaison

Nous disposons aussi d'informations sur le planning réel du personnel de ce service de stérilisation. Nous pouvons voir un exemple de planning sur la figure 2.4. Dans le planning du personnel, nous savons quelle personne travaille de quelle heure à quelle heure (voir la photo en bas de la figure 2.4), et à quel poste (voir la photo en haut de la figure 2.4, les lettres et les numéros ont la signification suivante : R = repos, 1 = Autoclave le matin, 2 = Lavage le matin, 3 = Lavage le matin ; la numérotation se poursuit jusqu'à 10 de la manière suivante : 4

= Conditionnement le matin, 5/6 = Lavage manuel, 7 = Conditionnement l'après midi, 8 = Lavage l'après midi, 9 = Lavage l'après midi, 10 = Autoclave l'après midi).

MARS 2006	M 1	J 2	V 3	S 4	D 5	L 6	M 7	M 8	J 9
SANDRINE .D						R	1	1	1
STEPHANIE. G						1	2	R	2
DIDIER .L						2	R	2	3
CORINNE .F						3	3	3	R

	sa 1	dim 2	lun 3	mar 4	mer 5	jeu 6	ven 7
Magali	JFC		06:30 14:30	06:30 14:30	06:30 14:30	06:30 14:30	
RG Corinne	09:00 17:00 09:00 09:01		CAR ?	CAR	CAR	AMA	AMA
Jocelyne	09:00 09:01		10:15 17:15	10:15 17:15	10:15 17:15	10:15 17:15	10:15 17:15
Martine	09:00 09:01				+ 06	+ 06	+ 06

Figure 2.4. Un exemple du planning du personnel

2.2.1.3. Notre objectif :

A partir du schéma de la figure 2.1, nous construisons un modèle en utilisant le logiciel de simulation ProModel. L'objectif du modèle est d'améliorer la performance du service de stérilisation. Pour cela on souhaite tester différents scenarii pour les paramètres d'entrée du système, pour le planning du personnel, et faire une comparaison des performances du système obtenues pour chaque scenario. Il nous faut, dans un premier temps, un modèle le plus proche possible de l'organisation réelle. A l'entrée du modèle, nous utilisons des données réelles, provenant des « fiches de liaison ». Les autres données (les durées, les capacités de chaque étape du processus) vont être estimées à partir des informations fournies par le système informatique du CHPSM. Ensuite nous validons ce modèle en fonction de différents critères : nombre de cycles de laveur, nombre de cycles d'autoclave. Enfin nous modifions l'entrée du système (en conservant l'heure de début de trempage et en modifiant l'heure de fin de transfert), et nous changeons le planning du personnel.

2.2.2. Entrée des dispositifs médicaux

Comme l'un de nos objectifs est d'améliorer les performances du système en modifiant le transfert des blocs opératoires vers le service de stérilisation, nous présentons ici quelques caractéristiques de ce transfert au CHPSM. Les résultats que nous présentons proviennent de l'étude des fiches de liaison sur une période de deux semaines. Après avoir calculé les durées de trempage pendant le transfert op-sté, on a tracé la courbe ci-dessous (figure 2.5). En abscisse nous avons la durée de transfert par plages de 5 minutes et en ordonnée nous avons le nombre de boîtes.

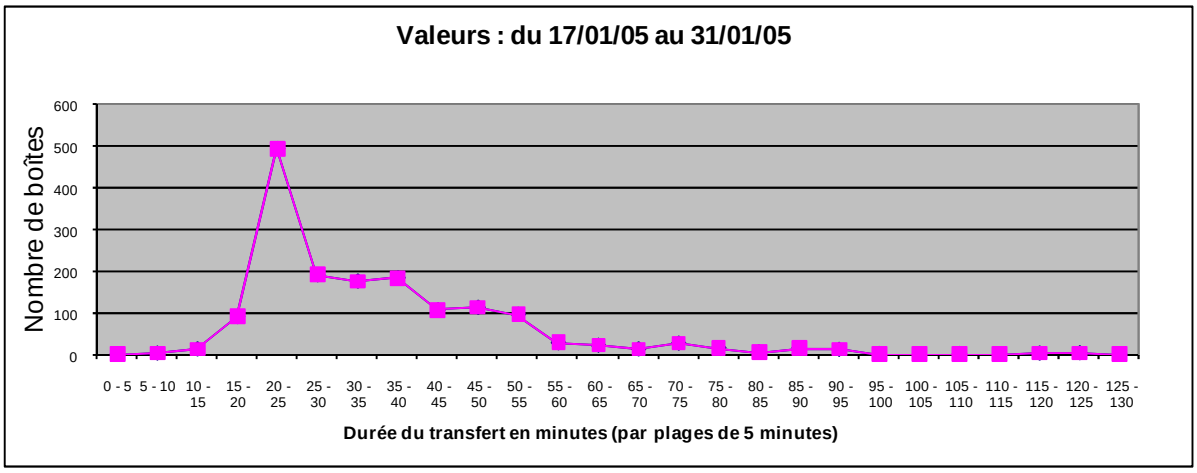
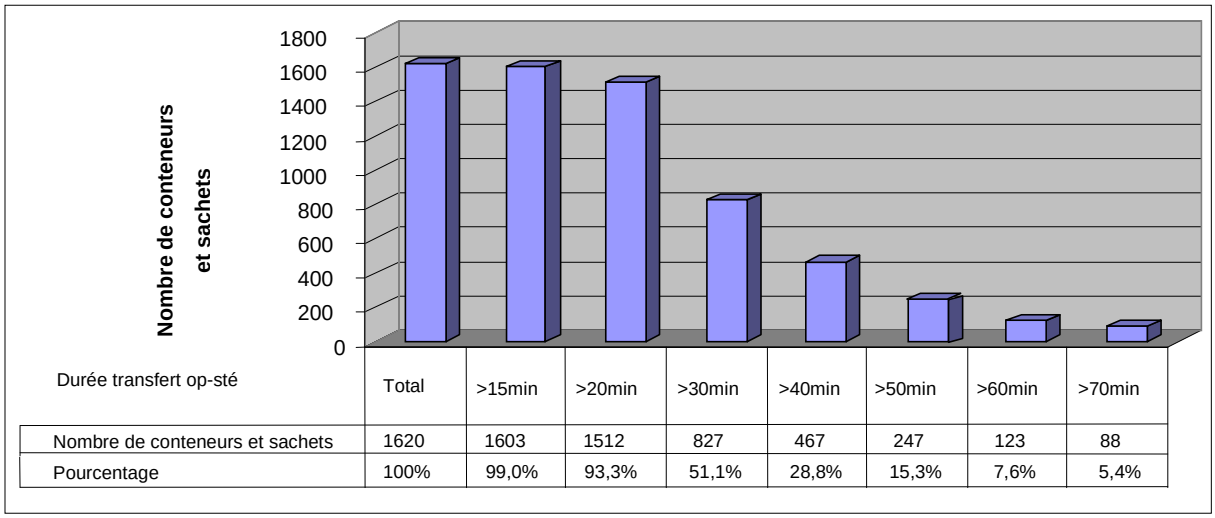


Figure 2.5. Durée de l'étape de transfert op-sté

La durée moyenne de l'étape de transfert est de 28.61 minutes et la variance est de 302.5. Précisons que cette valeur correspond au transfert uniquement et que la durée de trempage est forcément supérieure, car il faut attendre la disponibilité du poste de rinçage pour mettre fin au trempage. Par ailleurs il est conseillé que cette durée ne soit pas trop longue car les produits chimiques contenus dans le bain de trempage provoquent un vieillissement prématuré des instruments (la durée maximale acceptable est de l'ordre de 50 minutes). Nous proposons alors une solution pour réduire cette durée afin de garder la durée de trempage la plus proche possible de la durée « idéale » qui est de 15 minutes.

Sur la figure 2.6, nous pouvons observer le nombre de conteneurs et de sachets pour lesquels la durée de transfert est plus longue qu'une valeur précisée (15, 20, 30, 40, 50, 60 ou 70 minutes). Notre étude montre qu'environ 15% du matériel utilisé a une durée de transfert supérieure à 50 minutes qui est, rappelons le, la durée maximum acceptable.



Durée transfert op-sté	Total	>15min	>20min	>30min	>40min	>50min	>60min	>70min
Nombre de conteneurs et sachets	1620	1603	1512	827	467	247	123	88
Pourcentage	100%	99,0%	93,3%	51,1%	28,8%	15,3%	7,6%	5,4%

Figure 2.6. Nombre de conteneurs et sachets dont la durée de transfert « op-sté » est supérieure à 15, 20, 30, 40, 50, 60, puis 70 min

Nous allons par la suite chercher à améliorer les performances du système (et plus particulièrement à diminuer le nombre de boîtes de DM trempant plus de 50 minutes, ainsi que le temps de séjour dans le service de stérilisation) en lissant l'arrivée des DM dans le service de stérilisation.

2.3. Modèle

2.3.1. Description du modèle

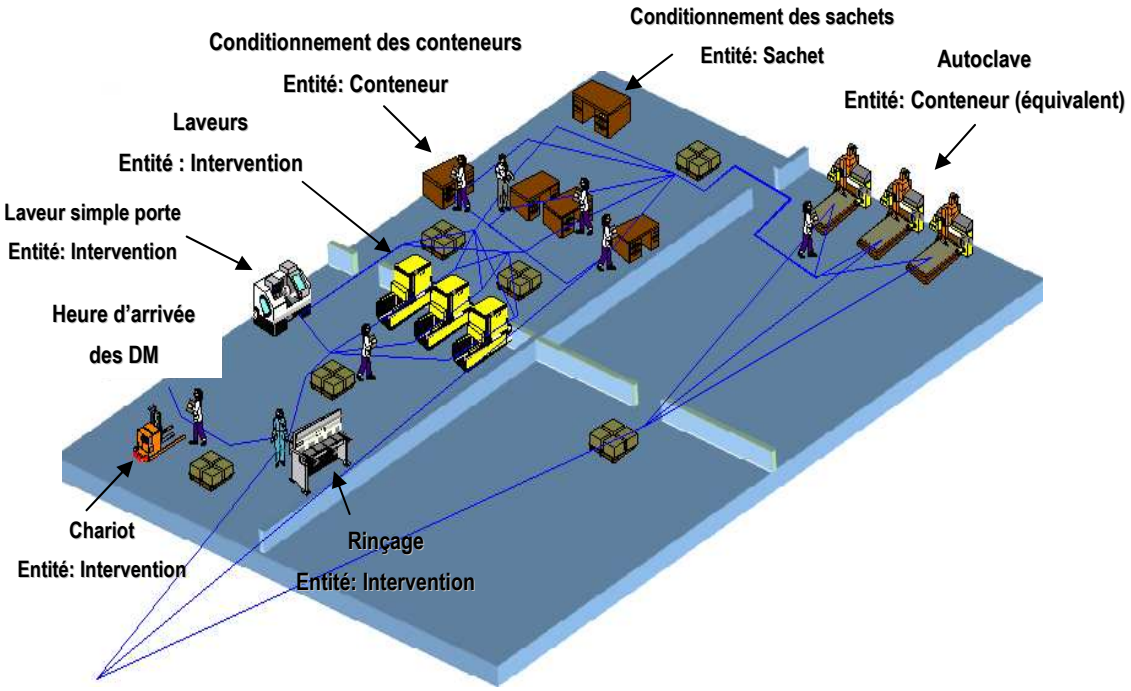


Figure 2.7. Modèle du processus de stérilisation

Le modèle ProModel est illustré par la figure 2.7. Vus nos objectifs, certaines parties du modèle peuvent être simplifiées. Par exemple : nous faisons une modélisation des machines en fonction des durées moyennes de fonctionnement et des capacités qui sont calculées à partir des données réelles du CHPSM. Nous ne cherchons pas à intégrer au modèle des informations précises (comme indiquer quelle boîte passe sur quelle machine à quel moment) car le fonctionnement de notre modèle doit rester valable quand on modifie l'heure de fin de transfert. Certains postes (tel que celui correspondant au lavage manuel) ne seront pas modélisés car nous disposons de trop peu d'informations à leur sujet. Nous négligeons les conteneurs urgents qui doivent être stérilisés en priorité pour être disponibles le plus tôt possible dans les salles d'opération, parce que leur nombre n'est pas vraiment important : nous avons dénombré en moyenne 8 cycles d'autoclave par mois traitant les conteneurs urgents sur les 338 cycles d'autoclave réalisés par mois (soit 2,37%). Nous négligeons aussi le flux des dispositifs à usage unique et le flux des dispositifs en prêt parce que nous ne

disposons pas de suffisamment de données. Nous avons également simplifié la gestion des laveurs et des autoclaves comme nous le verrons dans le paragraphe suivant.

En amont des laveurs, l'entité qui se déplace dans le système est appelée « intervention », elle regroupe tous les conteneurs et les sachets des DM utilisés pour cette intervention. Après les laveurs, chaque intervention est divisée en conteneurs et en sachets, dont la quantité dépend de l'intervention. A l'entrée du système nous avons choisi de raisonner en termes d'intervention (plutôt qu'en termes de conteneur et de sachet) pour être sûr que tous les conteneurs et tous les sachets relatifs à une même intervention soient lavés dans le même laveur. C'est en effet cette règle qui est appliquée au CHPSM : on cherche au maximum à mettre tous les DM relatifs à une même intervention dans un seul laveur pour faciliter la reconfection des boîtes de DM dans l'étape de conditionnement.

Après leur utilisation, les dispositifs médicaux d'une intervention sont mis à tremper dans des bacs sur un chariot. Une personne du bloc déplace ce chariot et le fait descendre dans le service de stérilisation. Notons que cette personne est également chargée du nettoyage des salles d'opération et des vestiaires. Dans notre modèle, cela est représenté par une entité nommée « intervention» entrant à l'endroit nommé « chariot ». A cet endroit, les DM attendent dans un stock jusqu'à la fin de l'étape de pré-désinfection (au moins 15 minutes), et attendent ensuite jusqu'à ce que la personne chargée du rinçage soit disponible. Après le rinçage, les « interventions » passent dans le stock de lavage avant d'être chargées dans un laveur. Si un laveur est déjà partiellement rempli, l'intervention vient compléter son chargement jusqu'à remplir le laveur, sa capacité est alors atteinte et à ce moment ce laveur commence à fonctionner. Si aucun laveur n'est partiellement rempli, un laveur est choisi aléatoirement parmi les laveurs vides pour charger l'intervention. Notons que dans notre modèle, la capacité des laveurs double porte a été fixée à 4 interventions, voir §2.3.4 (cela correspond à la moyenne observée sur la période étudiée). Le laveur commence donc à fonctionner lorsque 4 interventions ont été chargées. En réalité, la gestion des laveurs est plus complexe, puisque toutes les « interventions » n'occupent pas le même volume et ainsi la charge n'est pas toujours de 4 interventions. Par ailleurs, il arrive parfois que l'on n'arrive pas à charger tout le matériel et les conteneurs utilisés lors d'une intervention dans un seul laveur et que l'on soit obligé de répartir les DM d'une intervention dans 2 laveurs.

Après l'étape de lavage, une intervention est divisée en conteneurs et sachets dont la quantité dépend de l'intervention considérée. Les conteneurs sont mis dans le stock de conditionnement des conteneurs et les sachets sont mis dans le stock de conditionnement des sachets. Il y a quatre postes de conditionnement des conteneurs, chaque poste peut être occupé par une personne. Une personne s'occupe à la fois du conditionnement des sachets et de la stérilisation dans les autoclaves. Il y a deux types d'entités qui sont fournies aux autoclaves : les conteneurs et les sachets. Pour calculer la capacité des autoclaves, on établit une équivalence entre ces deux types d'entités. En d'autres termes, on a déterminé combien de sachets équivalent à un conteneur. Cela a pour but de charger une seule entité nommée « conteneur équivalent » dans les autoclaves en étudiant la charge réelle des autoclaves sur la période considérée. On trouve que 1 conteneur équivaut à 6 sachets. Pour établir cette équivalence, on a comparé la charge d'autoclaves chargés uniquement de sachets à la charge d'autoclaves chargés uniquement de conteneurs (voir §2.3.4 pour plus de détails). Les sachets sont alors regroupés par lots de 6 sachets. Ensuite, les conteneurs et les lots de sachets sont déposés dans le stock de produits à stériliser et sont considérés comme des entités nommées « conteneurs équivalents » qui sont chargés dans l'autoclave, jusqu'à obtenir sa charge nominale, pour être stérilisés. A la sortie de l'autoclave, les conteneurs stérilisés et les sachets stérilisés sont regroupés dans un stock final et sortent du modèle.

Notons que dans cette étude, nous avons choisi de simplifier la stratégie de remplissage des laveurs et des autoclaves pour nous focaliser sur d'autres voies d'amélioration. Mais il est certain qu'une gestion optimisée de ces ressources devrait permettre de réduire encore le temps de séjour des DM dans le service de stérilisation. Nous aborderons ce point dans les perspectives de nos travaux.

2.3.2. Données d'entrée du système

Nous avons construit un fichier exel (voir figure 2.8) qui contient toutes les données d'entrée du système (par exemple heure de début de trempage, heure de fin de trempage, constitution des interventions…). Ces données d'entrée sont collectées manuellement à partir des fiches de liaison (voir figure 2.3) du 17/01/2005 au 28/01/2005. Dans un premier temps, elles sont gardées telles quelles comme entrées à ce modèle. La simulation commence le matin du 17 Janvier 2005 à 6h. Prenons un exemple pour expliquer le tableau de la figure 2.8 : sur la

deuxième ligne, une « intervention » commence à tremper à l'instant « 150 minutes » (c'est-à-dire à 8:30 le 17/01/2005). Cette « intervention » est composée d'une boîte et d'un sachet, et elle commence le rinçage (fin de trempage) à l'instant 180 minutes (c'est-à-dire à 9:00 le 17/01/2005).

début_trempage_semaine.wk1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Entity	Location	Qty	Time	Number	Freq	Numéro	Nombre_boîte	Nombre_sachet	
2	Boîte	Chariot_début_trempage	1	150	1		1800	1	1	
3	Boîte	Chariot_début_trempage	1	170	1		1801	1	2	
4	Boîte	Chariot_début_trempage	1	192	1		1802	1	2	
5	Boîte	Chariot_début_trempage	1	195	1		1803	1	1	
6	Boîte	Chariot_début_trempage	1	205	1		1804	1	0	
7	Boîte	Chariot_début_trempage	1	240	1		1805	1	0	
8	Boîte	Chariot_début_trempage	1	235	1		1806	5	7	

début_trempage_semaine

fin_trempage_semaine.wk1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Entity	Location	Qty	Time	Number	Freq	Numéro		
2	Heure_fin_trempage	Fin_trempage	1	180	1		1800		
3	Heure_fin_trempage	Fin_trempage	1	190	1		1801		
4	Heure_fin_trempage	Fin_trempage	1	210	1		1802		
5	Heure_fin_trempage	Fin_trempage	1	210	1		1803		
6	Heure_fin_trempage	Fin_trempage	1	210	1		1804		
7	Heure_fin_trempage	Fin_trempage	1	240	1		1805		
8	Heure_fin_trempage	Fin_trempage	1	245	1		1806		

fin_trempage_semaine

Figure 2.8. Tableau des données d'entrée du système

En utilisant les données réelles, on peut proposer quelques solutions pour améliorer notre système : garder l'heure de début de trempage et changer l'heure d'entrée en stérilisation pour représenter un ramassage périodique des chariots ; ou garder l'heure de début de trempage et imposer une durée de trempage de 15 minutes pour examiner le changement de performance du système. Ces points seront étudiés plus en détail dans le paragraphe 2.5 « Amélioration ». On garde systématiquement l'heure de début de trempage car cette donnée est « imposée par l'extérieur », i.e. les blocs opératoires, et ne dépend pas du service de stérilisation.

2.3.3. Planning du personnel

Le schéma ci-dessous (figure 2.9) représente le planning du personnel qui correspond à une moyenne calculée à partir du planning du personnel réel de la clinique du lundi au vendredi. La présence du personnel dans le modèle est basée sur ce schéma.

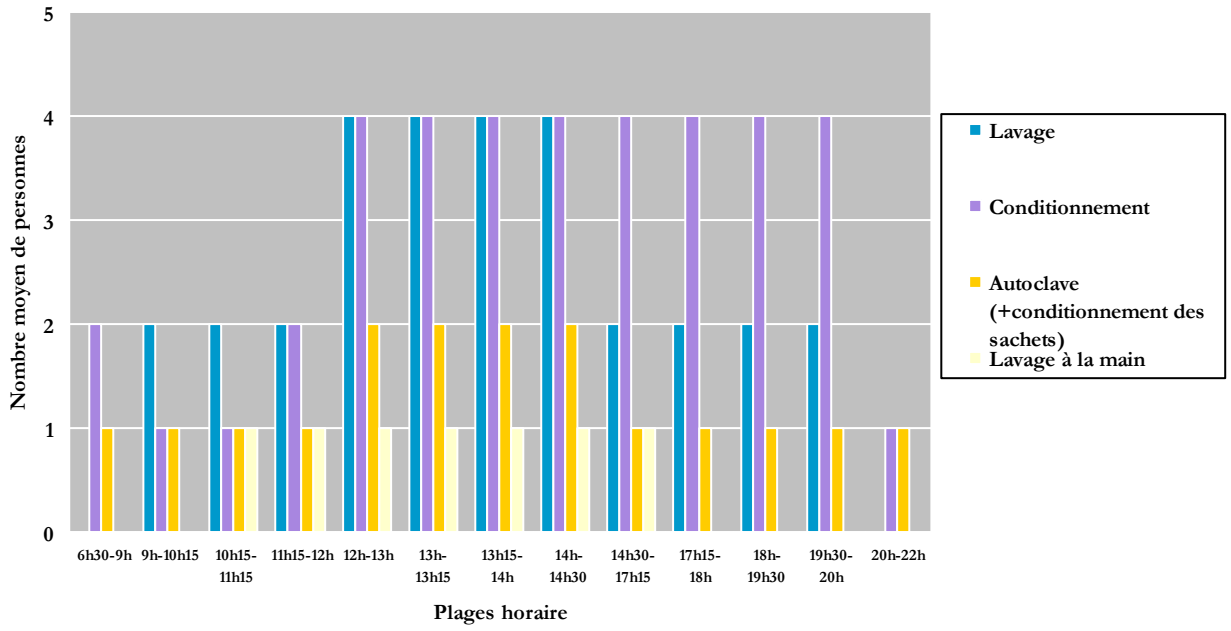


Figure 2.9. Planning du personnel du lundi au vendredi

Du lundi au vendredi, avant 9h00 le matin, toutes les personnes conditionnent des boîtes et des sachets lavés la veille ; dans notre modèle on utilise 3 personnes pour faire ce conditionnement, comme le montre la figure 2.9. Dans notre modèle, de 9h00 à 11h15, une seule personne s'occupe du conditionnement des boîtes ; de 11h15 à 12h00 : 2 personnes ; de 12h00 à 20h00 : 4 personnes ; et de 20h00 à 22h00 : 1 personne (sauf le vendredi). Après 9h00 et jusqu'à 20h00 chaque jour, on affecte 2 personnes aux postes de rinçage et de chargement des laveurs. Sur la figure 2.9, on constate qu'il y a 4 personnes affectées à ces postes entre 12h et 14h30. Comme il n'y a qu'un seul poste de rinçage, cela signifie qu'il y a 3 personnes qui s'occupent du chargement des laveurs. Or dans notre modèle les temps de chargement des laveurs sont nuls. On obtiendra donc les mêmes résultats si on affecte une ou plusieurs personnes au poste de chargement des laveurs. Nous avons donc choisi de ne mettre que 2 personnes au rinçage et chargement des laveurs entre 12h et 14h30. Le lavage à la main n'est pas considéré dans ce modèle. Une seule personne s'occupe des autoclaves (chargement, déchargement et lancement des cycles) de 6h00 à 22h00 (sauf le vendredi, où elle est présente de 6h00 à 20h). Précisons que la personne qui s'occupe des autoclaves est également chargée du conditionnement des DM sous sachet.

Le samedi, le service est ouvert de 7h00 à 16h30 et trois employés y travaillent. Ce jour-là, entre 7h00 et 9h00, les trois personnes s'occupent du conditionnement et de la stérilisation de

et de 9h00 à 16h30, une personne travaille au lavage, une personne conditionne les boîtes et une personne s'occupe de l'autoclave et du conditionnement des sachets.

2.3.4. Capacité de chaque poste

Dans le modèle nous utilisons une capacité unitaire pour le poste de rinçage et le poste de conditionnement des boîtes. Nous estimons maintenant la capacité des laveurs et des autoclaves.

Capacité des laveurs :

Pour construire notre modèle, nous devons indiquer la capacité des laveurs. Cette dernière est calculée à partir des données informatiques. Après avoir collecté le nombre d'interventions qui sont chargées dans un laveur pendant un cycle de lavage, nous obtenons les courbes statistiques des figures 2.10a et 2.10b. Avec le laveur simple porte, le nombre moyen d'interventions pendant un cycle de lavage est de 3,04, et on propose 3 interventions pour la capacité d'un laveur simple porte. Avec un laveur double porte, le nombre moyen d'interventions est de 3,59, et on utilise une capacité de 4 interventions. Notons que nous réalisons des simplifications pour identifier la capacité des laveurs. En réalité, la gestion des laveurs est plus complexe, puisque toutes les « interventions » n'occupent pas le même volume et ainsi la charge n'est pas toujours de 4 interventions.

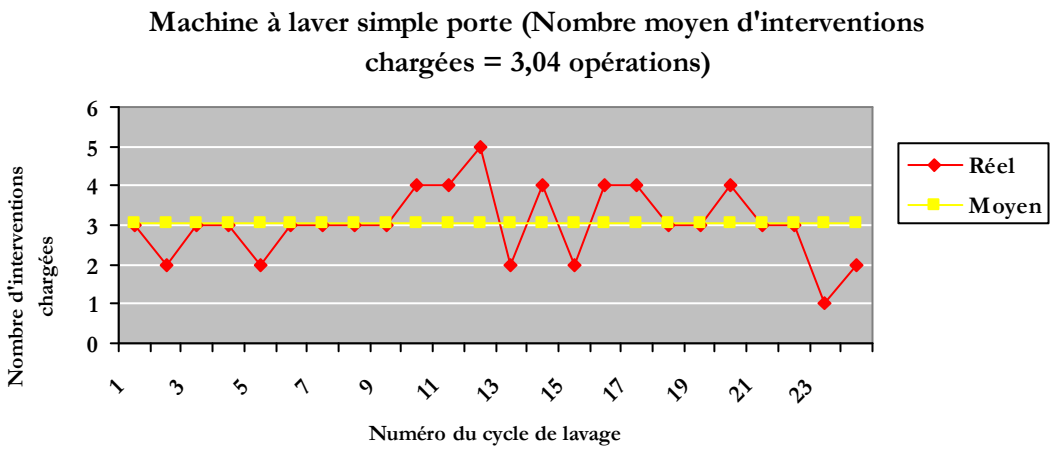


Figure 2.10a. Nombre d'interventions lavées par cycle de laveur simple porte

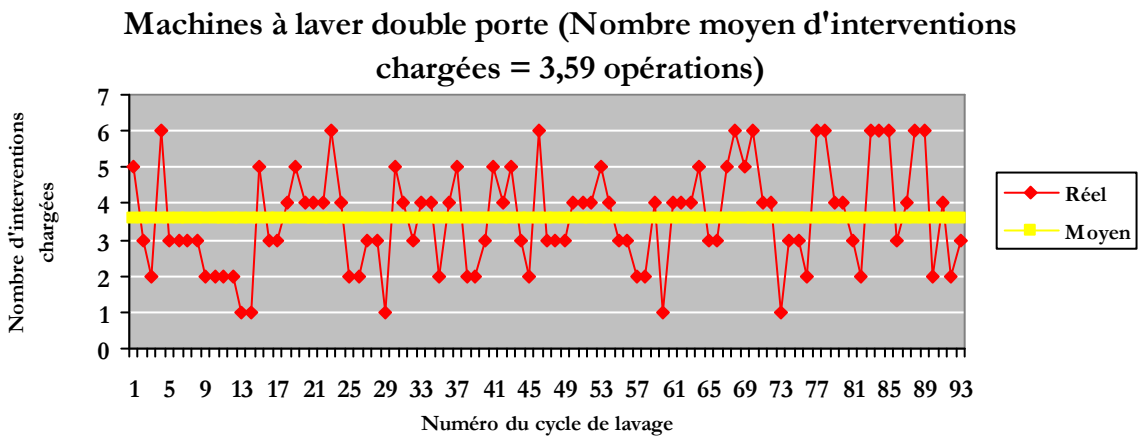


Figure 2.10b. Nombre d'interventions lavées par cycle de laveur double porte

Capacité des autoclaves :

Deux types d'entités sont chargés dans les autoclaves : les boîtes et les sachets. Si nous identifions la capacité des autoclaves, nous devons établir une équivalence entre ces deux types d'entités. C'est-à-dire qu'on doit déterminer combien de sachets équivalent à une boîte. Cela a pour but de charger un seul type d'entité, nommée « boîte équivalente », dans les autoclaves.

	Boîte	***Sachet***
Capacité moyenne réelle	**18,94**	**116,83**
Poids	**1**	**6,17**

Tableau 2.1. Capacité d'autoclave réelle

En travaillant à partir des données dont on dispose, on a rempli le tableau ci-dessus (tableau 2.1). La capacité moyenne réelle des autoclaves est de 18,94 boîtes quand on charge uniquement des boîtes dans l'autoclave. Ce nombre a été trouvé en faisant la moyenne du nombre de boîtes composant chacun des cycles stérilisant uniquement des boîtes. Et la capacité moyenne réelle est 116,83 sachets quand on ne charge que des sachets dans l'autoclave. Ce nombre a été obtenu en faisant la moyenne du nombre de sachets composant chacun des cycles stérilisant uniquement des sachets. Le rapport entre ces deux capacités vaut 6,17. Alors, on peut considérer qu'une boîte équivaut à 6 sachets en volume (ce qui explique la capacité de conditionnement que nous avons choisie pour les sachets) quand on charge ces

deux entités dans l'autoclave, et que la capacité moyenne réelle d'un autoclave est de 19 « boîtes équivalentes ».

Nombre de boîtes stérilisées (à partir des fichiers)	***Nombre de boîtes stérilisées (à partir des fiches de liaison)***
2278	1183
Capacité moyenne réelle	***Capacité «cohérente»***
19	***9,87***

Tableau 2.2. Capacité d'autoclave proposée

Dans notre modèle, on utilise des données d'entrée issues des fiches de liaison. Il s'avère que le nombre de boîtes stérilisées d'après les fiches de liaison est moins important que le nombre de boîtes stérilisées d'après les fichiers informatiques. Plusieurs raisons peuvent expliquer cette différence. La première est qu'après le lavage il y a un deuxième flux d'entrée des dispositifs médicaux, ils arrivent directement au conditionnement : il s'agit des dispositifs médicaux à usage unique que l'on ne considère pas dans notre modèle. Concernant les dispositifs réutilisables nous avons également constaté une différence de données entre les deux fichiers informatiques (fichier de lavage et fichier de conditionnement). En dernier lieu, nous ne disposons probablement pas de toutes les fiches de liaison. Nous avons alors choisi de « rééquilibrer les chiffres » pour avoir un modèle cohérent. Nous avons calculé la capacité « cohérente » comme suit : Capacité « cohérente » = (Capacité moyenne réelle * Nombre de boîtes stérilisées (à partir des fiches de liaison))/Nombre de boîtes stérilisées (à partir des fichiers). On peut voir dans le tableau 2.2 que la capacité « cohérente » pour un autoclave est de 9,8 ; on choisit 10 boîtes équivalentes.

2.3.5. Durée de « travail » sur chaque poste du système

Durées déterministes (et connues) pour le lavage et la stérilisation :

La durée de lavage est fixée à 60 minutes pour un « cycle instrument » (ce cycle est choisi s'il y a au moins 1 DM dans le laveur) et à 30 minutes pour un « cycle conteneur » (ce cycle est choisi si le laveur est exclusivement chargé avec des conteneurs). Dans notre modèle, on ne distingue pas le « cycle conteneur » du « cycle instrument » car le « cycle conteneur »

apparaît rarement dans les fichiers. En conséquence on considère que les conteneurs et les instruments d'une intervention sont lavés ensemble. La durée de stérilisation est aussi déterministe : 1h45 par cycle.

Durée de rinçage :

Si on suppose que la durée de stockage avant le lavage est nulle pour la dernière intervention qui est chargée dans un laveur, on peut écrire que la durée de rinçage s'obtient avec l'équation suivante :

Durée de rinçage = heure de lancement du cycle de lavage – heure de fin de trempage de la dernière intervention qui est chargée pour ce cycle.

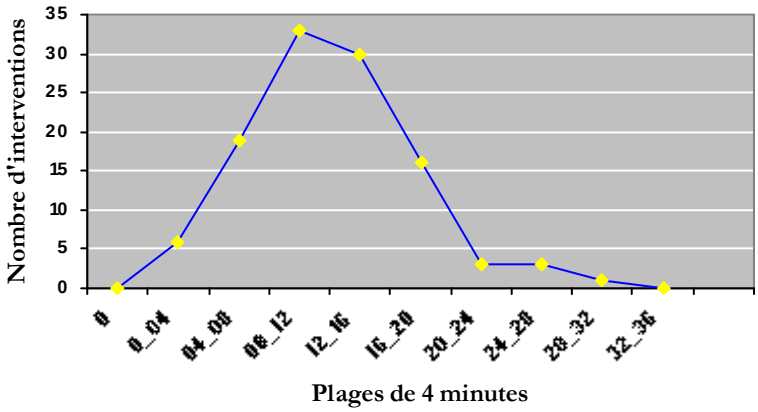


Figure 2.11. Durée de rinçage

Les informations utilisées dans l'équation ci-dessus sont issues directement des données fournies par le système informatique du CHPSM et par les fiches de liaison (voir figure 2.2 et figure 2.3). Après le calcul des durées de rinçage, on a la courbe de rinçage ci-dessus (figure 2.11) ; elle représente le nombre d'interventions dont la durée de rinçage se situe dans chacune des plages de 4 minutes. La durée moyenne de rinçage est de 8 minutes. Dans cette étape nous avons choisi de prendre une durée déterministe pour le rinçage dans notre modèle, parce que le rinçage ne nous a pas semblé être une étape importante.

Durée de conditionnement des sachets :

Pour calculer la durée de conditionnement des sachets, on utilise les données fournies par le système informatique du CHPSM (exemple ci-dessous du tableau 2.3). La colonne H représente l'heure de fin de conditionnement. On peut voir dans cette colonne que 7 sachets de type « Instrumentation » sont conditionnés entre 13h46 et 13h51. La durée de conditionnement de ce lot de sachets est de 5 minutes, alors la durée moyenne est de 0,71 minute par sachet. On effectue ce calcul pour les lots de sachets, et on obtient une durée moyenne de conditionnement des sachets de 0,8 minute (là encore, nous avons choisi de simplifier en considérant une durée déterministe).

durée_sachet2thu

	A	B	C	G	H	K	L	M
1	Code	Libellé	Réf. Composition	Date conditionnement	Heure conditionnement	Nombre	Durée	Moyen
2	114929031	POIGNEE SCIALYTIQUE	842	27/01/2005	13:46			
3	114929030	POIGNEE SCIALYTIQUE	842	27/01/2005	13:46			
4	114929048	INSTRUMENTATION	844	27/01/2005	13:51	7	5	0,714286
5	114929047	INSTRUMENTATION	844	27/01/2005	13:51			
6	114929046	INSTRUMENTATION	844	27/01/2005	13:51			
7	114929045	INSTRUMENTATION	844	27/01/2005	13:51			
8	114929044	INSTRUMENTATION	844	27/01/2005	13:51			
9	114929043	INSTRUMENTATION	844	27/01/2005	13:51			
10	114929042	INSTRUMENTATION	844	27/01/2005	13:51			
11	114929029	INSTRUMENTATION	844	27/01/2005	13:59			
12	114929028	INSTRUMENTATION	844	27/01/2005	13:59			

Feuil1 Sheet1 Total

Tableau 2.3. Exemple de calcul de durée de conditionnement des sachets

Durée de conditionnement des boîtes :

Dans les données fournies par le CHPSM on n'a que l'heure de fin de conditionnement et l'heure de lancement du cycle de lavage. Nous avons utilisé plusieurs méthodes pour déterminer la durée de conditionnement des boîtes.

a. Méthode 1 : Calcul direct à partir des données dont on dispose

On peut dans un premier temps, estimer que la durée de conditionnement d'une boîte est donnée par l'équation suivante :

Durée de conditionnement d'une boîte = heure de fin de conditionnement – heure de fin de lavage

Ce qui peut également s'écrire :

Durée de conditionnement d'une boîte = heure de fin de conditionnement – heure de lancement du cycle de lavage – durée de lavage.

La détermination de la durée de conditionnement des boîtes avec cette méthode pose un problème. Cette durée comprend le temps passé dans le stock de conditionnement. On souhaite distinguer le temps passé sur le poste de conditionnement du temps passé dans le stock de conditionnement. Nous n'avons donc pas utilisé cette méthode.

b. Méthode 2 : Choix de la durée de conditionnement des boîtes de manière à satisfaire le critère suivant : on veut que le nombre de boîtes qui sont lavées 1 jour et conditionnées le lendemain soit le même dans la réalité et à l'issue des simulations.

En essayant plusieurs valeurs de durée de conditionnement et en simulant le modèle sur 15 jours, on trouve que la durée de conditionnement des boîtes qui convient le mieux est de 21 minutes.

Avec cette durée, les résultats des comparaisons du nombre de cycles de laveur, et du nombre de cycles d'autoclave sont acceptables. Rappelons que ce sont nos deux critères de validation.

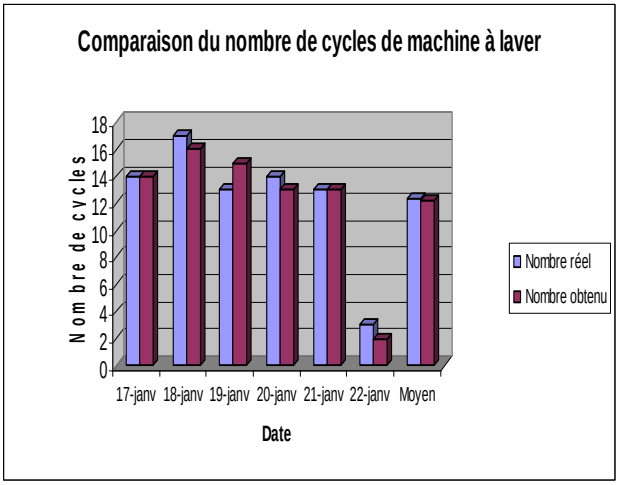


Figure 2.12. Comparaison du nombre de cycles de laveur

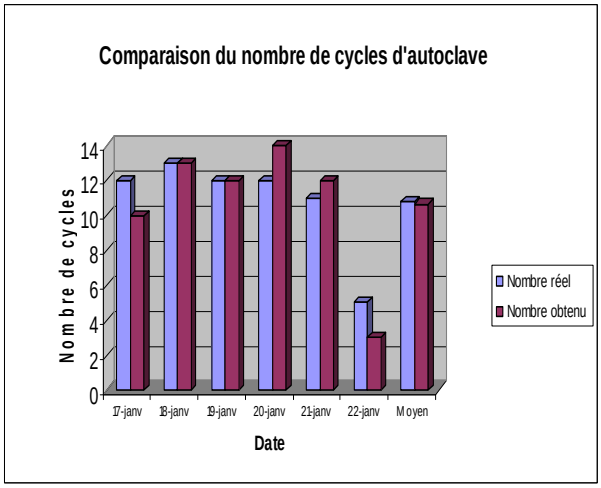


Figure 2.13. Comparaison du nombre de cycles d'autoclave

Le temps moyen de séjour obtenu par simulation (du 17/01/2005 au 28/01/2005) correspond au temps moyen de séjour réel. Pourtant il y a un décalage entre le temps de séjour obtenu et le temps de séjour réel si on considère les semaines individuellement (du 17/1/2005 au 22/1/2005 ; et du 24/1/2005 au 28/1/2005). Il faut alors déterminer non seulement la moyenne de cette durée de conditionnement mais aussi son écart type parce que le conditionnement des boîtes est une étape très importante dans notre système.

Période	**17-18**	**17-19**	**17-20**	**17-21**	**17-22**	**24-25**	**24-26**	**24-27**	**24-28**	***17-28***
Réel	435	464	465	478	518	427	450	452	449	***483,5***
Obtenu	392	429	420	437	474	501	511	479	494	***484***

Tableau 2.4. Comparaison du temps moyen de séjour (en minutes)

c. Méthode 3 : Choix de la durée de conditionnement des boîtes de manière à satisfaire le critère suivant : on veut que temps de séjour (la durée entre l'entrée dans le modèle et la sortie du modèle) des boîtes du 17/01/2005 au 28/01/2005 soit le même dans la réalité et à l'issue des simulations pour chaque jour.

Date	**17/1**	**18/1**	**19/1**	**20/1**	**21/1**	**22/1**	**24/1**	**25/1**	**26/1**	**27/1**	**28/1**
Temps moyen de séjour réel	474	505	536	486	626	362	503	437	475	450	376
Durée de conditionnement choisie	23,1	22,4	25,3	21,4	16,5	22,5	16,2	17,4	22,5	24,8	21,2

Durée moyenne de conditionnement	21,2
Ecart-type	3,16

Tableau 2.5. Tableau de calcul de la durée de conditionnement des boîtes en fonction de la comparaison des temps de séjour du 17/1 au 28/1

En suivant cette méthode, on choisit la durée de conditionnement des boîtes chaque jour de façon à ce que le temps de séjour obtenu corresponde au temps de séjour calculé en réalité. On a le résultat suivant : la durée moyenne de conditionnement des boîtes est de 21,2 minutes et l'écart-type est de 3,16 minutes.

Nous avons toutes les données requises pour notre modèle dans le tableau 2.6.

	Capacité	Durée moyenne
Arrivée des DM	Données réelles sur deux semaines (déterministe)	
Rinçage **Obtention**	1 intervention constaté	8 min/intervention Calculé (déterministe)
Laveur simple porte **Obtention**	3 interventions calculé	60 min/cycle Fourni (déterministe)
Laveur double porte **Obtention**	4 interventions calculé	60 min/cycle Fourni (déterministe)
Conditionnement des conteneurs **Obtention**	1 conteneur constaté	Distribution normale : Moyenne : 21,2 min/conteneur Déviation standard : 3,16 Calculé (stochastique)
Conditionnement des sachets **Obtention**	1 sachet constaté	0,8 min/sachet Calculé (déterministe)
Autoclave **Obtention**	10 conteneurs équivalents calculé	105 min/cycle Fourni (déterministe)

Tableau 2.6. Données requises pour le modèle

2.4. Validation du modèle

Nous avons simulé notre modèle pour une durée de 2 semaines. Les résultats sont obtenus en quelques minutes. Pour l'étape de validation, nous devons vérifier si le modèle se comporte comme le système réel. Pour cela nous comparons les résultats obtenus par notre simulation aux données réelles. Le tableau 2.7 représente les valeurs (en minutes) obtenues pour le temps de séjour (la durée entre le début de l'étape de pré-désinfection et la fin de stérilisation dans l'autoclave). Nous avons choisi la durée de conditionnement pour que temps de séjour soit le même dans la réalité et à l'issue des simulations pour chaque jour. Nous vérifions maintenant que ce choix est adapté pour deux semaines de simulation. Les résultats des comparaisons montrent que le temps de séjour est bien estimé par notre modèle, surtout quand nous cumulons les résultats des deux semaines.

Période	Semaine 1	Semaine 2	Semaine 1+2
Temps moyen de séjour réel (en minutes)	518	449	483,5
Temps moyen de séjour simulé (en minutes)	494,9	473,4	484,2

Tableau 2.7. Validation pour le temps de séjour

Nous avons choisi deux critères de validation : le nombre de cycles de laveur et nombre de cycles d'autoclave. Nous comparons maintenant les valeurs que nous obtenons pour le nombre de cycles de laveur et le nombre de cycles d'autoclave quotidiens (voir la figure 2.14 pour les laveurs et la figure 2.15 pour les autoclaves). Nous remarquons que les résultats de simulation sont proches des résultats réels. Notre modèle peut donc être utilisé pour améliorer les performances du service de stérilisation.

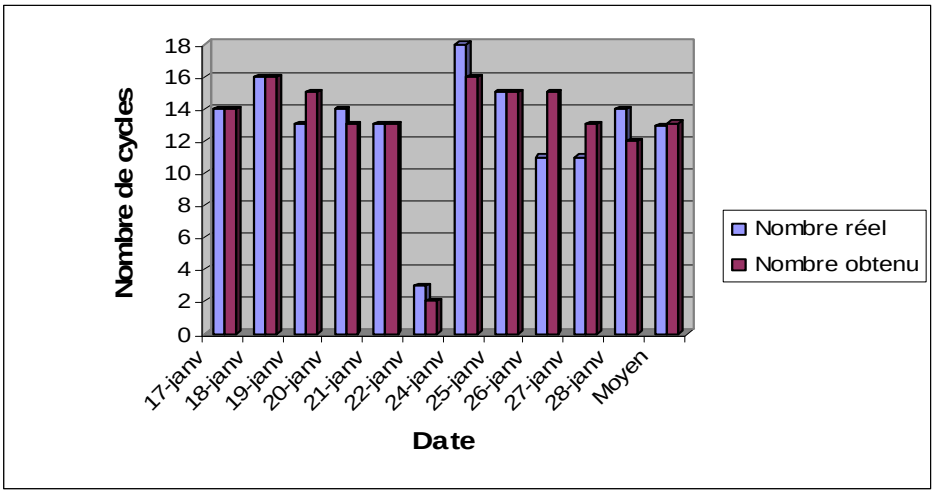


Figure 2.14. Comparaison entre le nombre réel des cycles de laveurs et le nombre obtenu par simulation

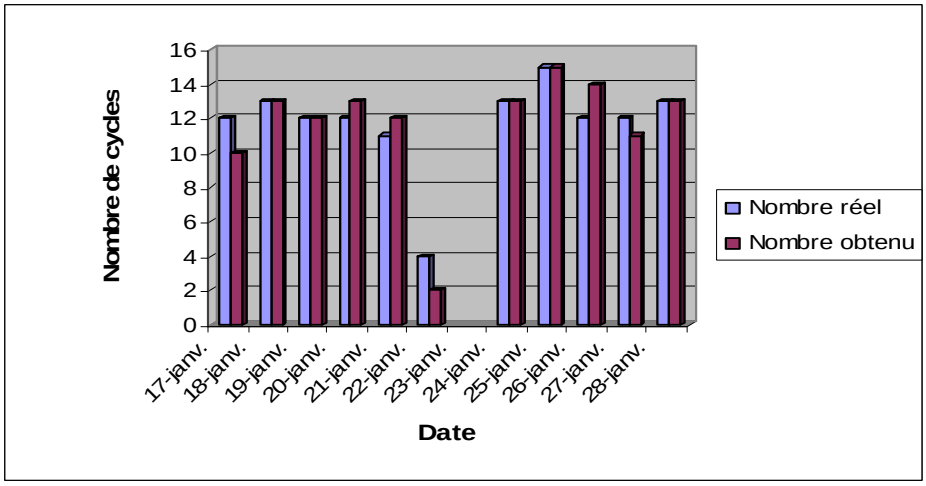


Figure 2.15. Comparaison entre le nombre réel des cycles d'autoclave et le nombre obtenu par simulation

2.5. Améliorations proposées pour le processus de stérilisation du CHPSM

2.5.1. Analyse de la situation actuelle

Le but du service de stérilisation est de fournir des DM stériles aux blocs opératoires. Les DM sont souvent coûteux et donc disponibles en nombre d'exemplaires limité. Ainsi en fonction de l'organisation des vacations opératoires des chirurgiens (journée entière ou demi-journée, patient en ambulatoire ou hospitalisation,…), il arrive fréquemment qu'une boîte (instrumentation ou ancillaire (instrument chirurgical destiné à aider le chirurgien à mesurer avec une grande précision les angles ou les distances)) utilisée en fin de journée (entrée théorique du dernier patient en salle vers 17h, hors urgence) soit nécessaire à une intervention programmée le lendemain matin (entrée théorique du premier patient en salle vers 8h). Même si une harmonisation de la composition des boîtes est nécessaire pour ne pas rendre « unique » telle ou telle composition (travail d'ailleurs largement réalisé), certaines pratiques propres aux chirurgiens, ainsi que la diversité et la spécificité des DM, rendent parfois indispensable un traitement rapide et sans attente des DM. Ces flux, assumés par la stérilisation, entraînent une priorisation nécessaire des boîtes, et une optimisation des flux des machines, qui augmentent ainsi le stress (pour le personnel de stérilisation et des blocs opératoires) et le risque d'erreurs. Il peut ainsi parfois arriver que des DM soient livrés en retard, que des boites soient livrées non complètes, ou soient oubliées dans des stocks. L'objectif est donc, outre une mise à disposition la plus rapide possible de tout le matériel permettant de palier aux modifications du programme opératoire (changement de technique, complications non prévues, patient avancé,…), de supprimer un stress non utile et de rendre alors une atmosphère de travail plus sereine et détendue, tant en interne, qu'au niveau des relations entre les blocs et le service de stérilisation.

Lorsqu'on étudie les résultats de simulation, on observe que 11,85% des DM ne sont stérilisés que le lendemain de leur utilisation (première ligne du tableau 2.10 dans le paragraphe 2.5.3). Ces DM se répartissent comme suit : 2,71% passent la nuit dans le stock de lavage, 4,72% dans le stock de conditionnement et 4,42% devant l'autoclave. Ceci peut expliquer, en partie, la valeur assez élevée du temps de séjour. En effet, le temps de séjour est d'environ 8h (voir tableau 2.7). Or si on fait la somme de la durée minimum du trempage et des durées estimées des autres étapes (rinçage, lavage, conditionnement, stérilisation), on obtient environ 3h30mn. Le reste (environ 4h30) est du temps passé dans les stocks intermédiaires, plus du temps la

nuit pour certains DM. Notons que, dans la situation actuelle, l'activité s'arrête à 20h au poste de rinçage et au poste de lavage, et à 22h au poste de conditionnement et au poste de stérilisation, ce qui peut aussi partiellement expliquer qu'une partie non négligeable des DM qui arrivent dans le service de stérilisation en fin d'après-midi restent dans les stocks intermédiaires. Nous proposons donc dans le paragraphe 2.5.3 de modifier le planning du personnel afin de réduire le nombre de DM non stérilisés en fin de journée ce qui va non seulement améliorer les flux mais permettra également de réduire le niveau de stress aussi bien au sein du service de stérilisation que dans les blocs opératoires.

Si on observe maintenant la première ligne du tableau 2.8 (appelée « situation actuelle »), qui correspond à une simulation réalisée avec l'organisation actuelle du CHPSM (nous utilisons les données issues des fiches de liaison pour savoir quand une « intervention » entre dans le service de stérilisation) nous constatons qu'une grande proportion de DM (28,5%) trempe plus de 50 minutes et que la durée moyenne de la pré-désinfection (plus de 44 min) est largement supérieure à la valeur « idéale » de 15 min (rappelons que la durée de la pré-désinfection correspond à la durée du transfert, à laquelle on ajoute le temps passé à attendre le rinçage). Ceci vient renforcer les remarques que nous avions faites dans le paragraphe 2.2.2 sur la durée de l'étape de transfert, et nous pousse à proposer, dans le paragraphe suivant, une solution pour lisser le flux d'arrivée des DM dans le service de stérilisation.

2.5.2. Lissage du flux d'arrivée des DM

Nous nous intéressons ici à l'étape de pré-désinfection. Notre but est de réduire le nombre de conteneurs trempant trop longtemps et de lisser l'arrivée des conteneurs. Au CHPSM, les conteneurs entrent dans le service de stérilisation irrégulièrement. Ils sont transférés quand la personne du bloc, chargée du transfert des DM, en plus de sa tache de nettoyage des salles d'opération, est disponible ; aucune politique de transfert n'est appliquée. Notre idée est d'établir un transfert périodique des chariots des blocs opératoires vers le service de stérilisation. Pour cela on demande à une personne du bloc de descendre régulièrement les chariots de DM souillés : période de x minutes. Cette politique est simulée pour quatre valeurs différentes de x : 40 minutes, 35 minutes, 30 minutes, 20 minutes. Nous présentons l'impact de cette politique sur le temps de séjour (en minutes), sur la durée de l'étape de pré-désinfection (en minutes) et sur le nombre (ou pourcentage) d'interventions trempant plus de

50 minutes (voir tableau 2.8). Nous considérons également un cas (voir la dernière ligne) pour lequel chaque chariot est transféré vers le service de stérilisation dès que l'étape de pré-désinfection commence. C'est un cas idéal assez difficile à réaliser. Il faut se souvenir que lorsqu'un chariot entre dans le service de stérilisation, il est déposé dans un stock, et il ne quitte ce stock que quand la durée de pré-désinfection est supérieure ou égale à 15 minutes et dès que la personne s'occupant du rinçage est disponible. Nous observons que, parmi les ramassages périodiques, les meilleurs résultats sont obtenus pour une période de 20 minutes. Mais nous pouvons noter qu'à partir du moment où un transfert périodique est instauré, même si le temps entre 2 transferts successifs est important (40 minutes), nous améliorons significativement tous les résultats : pour le temps de séjour nous gagnons environ 30 minutes, pour la durée de pré-désinfection nous gagnons environ 8 minutes et la proportion des opérations trempant plus de 50 minutes est meilleure, par rapport à la situation actuelle.

	Temps de séjour semaine 1 (en minutes)	**Temps de séjour semaine 2 (en minutes)**	**Temps de séjour semaine 1+2 (en minutes)**	**Durée de pré-désinfection (en minutes)**	**Nombre d'interventions trempant plus de 50 min**	**Pourcentage d'interventions trempant plus de 50 min**
Situation actuelle	494.9	473.4	484.2	44.7	156	28.5
Période 40 min	475.1	435.5	455.3	36.6	87	15.9
Période 35 min	473.9	434.6	454.3	33.3	55	10.0
Période 30 min	473.5	434.4	454.0	29.4	39	7.1
Période 20 min	473.2	434.7	454.0	27.3	31	5.7
Transfert immédiat	473.2	434.6	453.9	27.3	30	5.5

Tableau 2.8. Impact du lissage du flux d'arrivée des DM

2.5.3. Modification du planning du personnel

Nous proposons ici de modifier le planning du personnel (décalage du personnel vers le soir, et augmentation du personnel aux moments où l'activité est la plus forte) ainsi que les horaires d'ouverture du service pour limiter le nombre de DM, non stérilisés en fin de journée, qui attendent le lendemain pour être stérilisés. Le planning du personnel (voir tableau 2.9) correspond à une moyenne calculée à partir du planning du personnel réel du CHPSM (ce

dernier varie d'un jour à l'autre). Notons que dans ce tableau, la charge de l'agent 1 n'est pas la charge d'une unique personne.

	6h30 à 7h00	7h00 à 7h30	7h30 à 9h00	9h00 à 11h00	11h00 à 12h00	12h00 à 14h00	14h00 à 14h30	14h30 à 15h00	15h00 à 17h00	17h00 à 19h00	19h00 à 20h00	20h00 à 22h00	22h00 à 02h00
Agent 1	C	C	C	L	L	L	L	L	L	L	L	C	C
Agent 2	C-A	C-A	C-A	L	L	L	L	L	L	L	L	A	C-A
Agent 3	C	C	C	C	C	L	L	C	C	C	C		
Agent 4				A	C	L	L	C	C	C	C		
Agent 5					A	C	C	C	C	C	C		
Agent 6					L	C	C	C	C	C	C		
Agent 7					C	C	C	A	A	A	A		
Agent 8						C	C	L	C		L		
Agent 9						A	A	L					
Agent 10						A	A						

		Planning initial
		Nouveau planning

	Temps de présence en moins
	Temps de présence en plus

L : Lavage C : Conditionnement A : Autoclave C-A : Conditionnement et Autoclave à la fois

Tableau 2.9. Planning du personnel

La performance à laquelle nous nous intéressons est le temps de séjour, qui dépend du nombre de boîtes restant la nuit. Nous essayons de réduire le personnel dans les périodes de faible activité et d'en rajouter le soir pour améliorer les performances du système. Notons que pour ce nouveau planning il y a juste un décalage des horaires et une modification de certains postes, afin d'avoir une plage d'ouverture plus grande et de pouvoir lancer le dernier autoclave à minuit (au lieu de 20h00), ceci devrait avoir pour effet de diminuer le nombre de DM non stérilisés en fin de la journée. Par ailleurs, nous devons garder des plages continues de 8h pour le personnel et respecter la contrainte de présence d'au moins 2 personnes la nuit (même si une seule aurait pu suffire pour stériliser tous les DM). Ainsi, dans le nouveau planning du personnel, la personne du conditionnement qui travaillait de 14h00 à 22h00 travaille désormais de 18h00 à 2h00 et la personne qui s'occupe des autoclaves travaille également de 18h00 à 2h00 du matin. Cela explique la présence de deux personnes en plus de 22h00 à 2h00 dans le tableau 2.9. Le décalage de deux personnes au soir implique une diminution du personnel tôt le matin. En effet, en ouvrant le service plus longtemps le soir, on espère réduire considérablement le nombre de DM non conditionnés et non stérilisés en fin de journée et qui doivent être traités le lendemain matin. On va donc réduire le personnel le matin et remplacer les plages de 6h30-14h30 par des plages 7h00-15h00 et 7h30-15h30. Nous décalons également la plage 12h00-20h00 à 11h00-19h00 pour faire partir le premier autoclave plus tôt. Ces décalages permettent d'avoir un nombre de personnes plus important de 14h30 à 15h00 et de 11h00 à 12h00 ce qui correspond aux moments où les stocks sont les plus élevés et où il est important de permettre le lancement des laveurs pour avoir du matériel à traiter le soir.

Les résultats de simulation sont représentés dans le tableau 2.10. Le temps de séjour dans le cas du nouveau planning du personnel diminue d'environ 37 minutes par rapport aux résultats obtenus avec le planning initial du personnel, et la proportion de conteneurs non stérilisés en fin de journée est divisée par deux. Pour pouvoir traiter tout le matériel à la fin de la journée, la solution qui a été retenue au CHPSM a été de demander aux agents de stérilisation de rester jusqu'à ce que tout le matériel utilisé dans la journée ait été stérilisé. Ainsi, le service de stérilisation ferme certaines fois après 2h (entraînant des heures supplémentaires), mais aussi parfois avant 2h, lorsqu'il y a moins d'activité (entraînant des heures de récupération). Les observations faites pendant les 6 mois qui ont suivi l'instauration de ce nouveau planning du personnel ont montré que les heures de récupération et les heures supplémentaires s'équilibraient (le service ferme en moyenne à 2h00). L'ambiance de travail est plus détendue

pour tous (service de stérilisation et blocs opératoires). Par ailleurs, le contrôle qualité a montré qu'il y avait une diminution d'erreurs et de non-conformités.

	Temps de séjour semaine 1+2 (en minutes)	**Pourcentage de conteneurs non stérilisés en fin de journée**
Planning initial du personnel	484,2	11,9
Nouveau planning du personnel	447,3	5,7

Tableau 2.10. Résultats obtenus en modifiant le planning du personnel

Il y a bien sûr un surcoût induit par le travail de nuit mais ce surcoût est relatif. Il ne concerne que 2 personnes sur l'équipe, et n'intervient pas en période d'activité plus réduite (mois d'août, vacances de noël,…). Il représente globalement 10 000 euros par an, ce qui est plus économique que d'opter pour une multiplication des boîtes (qui implique un coût important d'instrumentation, d'achat de conteneurs, un contrat d'entretien, et un stockage supplémentaire).

2.6. Conclusion

L'étude de cas présentée dans ce chapitre montre que les performances d'un service de stérilisation peuvent être améliorées de manière significative en utilisant les outils issus du génie industriel. Les résultats obtenus ont incité les responsables du service de stérilisation à réétudier l'organisation de leur service et leur a donné des arguments pour justifier les modifications auprès de la direction du CHPSM. Cette étude a porté sur le développement d'un modèle de simulation pour représenter le service de stérilisation initial.

L'intérêt de cette étude est de nous avoir permis d'acquérir une meilleure connaissance du fonctionnement d'un service de stérilisation et d'identifier des axes d'amélioration, dont certains ont été traités. Le modèle proposé dans cette étude nous a permis d'étudier l'impact du lissage des arrivées des DM dans le service de stérilisation sur la performance du système. Nous avons également apporté des modifications au planning du personnel et aux horaires d'ouverture du service, dans le but de limiter le nombre de DM non stérilisés en fin de journée qui attendent dans le service de stérilisation toute la nuit. Nous montrons que les

modifications proposées améliorent significativement la performance du système. Les autres idées d'amélioration que nous n'avons pas encore traitées peuvent être d'optimiser le chargement des laveurs et des autoclaves, d'améliorer le temps de séjour et l'organisation de la production du service de stérilisation par une gestion optimisée des stocks intermédiaires, et d'enrichir le modèle par la prise en compte des boîtes urgentes et des matériels à usage unique.

Ce travail s'inscrit dans un cadre plus large. Nous allons maintenant nous intéresser à l'étude et à la comparaison des pratiques en vigueur dans les services de stérilisation centralisés (chapitre 4), puis nous chercherons à améliorer leur production, en utilisant notamment des modèles stochastiques (chapitre 5).

Chapitre 3

Etat des lieux des pratiques de stérilisation hospitalière en région Rhône Alpes

Dans le chapitre 2, nous avons présenté une aide à la gestion d'un service de stérilisation particulier : celui du CHPSM (Centre Hospitalier Privé Saint Martin de Caen). Notre but maintenant est de comparer différents services de stérilisation. Nous avons participé à la réalisation d'une enquête électronique pour dresser un état des lieux des pratiques de stérilisation hospitalière en région Rhône Alpes. Cette enquête a été menée dans le cadre du projet 2E2S (Enquête Electronique des Services de Stérilisation). A l'issue de l'enquête notre objectif est de travailler sur la définition et la conduite d'actions d'amélioration. Quelques résultats statistiques issus de cette enquête, qui nous servent à la comparaison des services de stérilisation, sont collectés et présentés dans ce chapitre. A partir de ces données provenant de l'enquête, nous réalisons un benchmarking entre ces services de stérilisation en utilisant les ratios de comparaison et la méthode DEA (Data Envelopment Analysis). Les données provenant de l'enquête et les résultats bruts de comparaison sont aussi utilisés pour construire un modèle générique des services de stérilisation dans le chapitre 4.

3.1. Présentation du projet 2E2S (Enquête Electronique des Services de Stérilisation)

Le projet 2E2S fait suite à un projet financé par l'IPI (Institut de la Production et des organisations Industrielles, qui est un réseau de laboratoires de recherche dans le domaine des systèmes de production et de l'innovation du bassin grenoblois). Ce projet a été monté en collaboration avec des chercheurs du LASPI (Laboratoire d'Analyse des signaux et des Processus Industriels) de Roanne qui travaillent également sur la problématique de la stérilisation, notamment dans le cadre de la thèse CIFRE de Francis Reymondon au CHPL. Lors des réunions de ce projet, et suite à la visite de services de stérilisation (clinique

Belledonne de Grenoble, CHPL à Saint Etienne, CHPSM à Caen,…) nous avons constaté que les services de stérilisation sont différents les uns des autres. Nous avons donc eu l'idée de faire une enquête sur l'organisation des services de stérilisation pour analyser les raisons qui justifient ces différences et pour proposer des améliorations pour les services les moins performants. Nous avons travaillé ensemble, dans plusieurs réunions, sur la définition des questions de l'enquête.

Ce projet de recherche 2E2S [EESS, 2007] est mené par une équipe de chercheurs provenant de trois laboratoires de recherche rhônalpins : le LASPI (Laboratoire d'Analyse des Signaux et des Processus Industriels), G-SCOP (Grenoble – Sciences pour la Conception, l'Optimisation et la Production), GIPSA-Lab (Grenoble Image Parole Signal Automatique) et par des membres du CERCLH (CEntre de Recherche et de Compétences en Logistique Hospitalière). Il a pour but d'établir un état des lieux des pratiques en stérilisation sur un ensemble représentatif d'établissements de la région Rhône-Alpes afin d'identifier un certain nombre d'axes de travail susceptibles d'améliorer de manière quantifiable et maîtrisée l'efficience du système de production de Dispositifs Médicaux Stériles [Calleja, 2007] [Reymondon et al., 2008a et b]. Ce projet cherche à proposer des démarches d'amélioration continue, c'est-à-dire ne nécessitant pas des modifications lourdes au niveau de l'architecture.

Un site web (http://www.laspi.fr/ipi/) a été construit pour le projet par Francis Reymondon du LASPI pour mettre en ligne les questions et pour collecter les réponses des établissements. Ce questionnaire en ligne permet de collecter les informations liées à la configuration des services de stérilisation existants et d'avoir les premières analyses sur les différences matérielles, humaines et organisationnelles de ces services. Ce questionnaire a été adressé à 75 établissements qui appartiennent aux catégories "établissements publics", "établissements privés" et "établissements privés participant au service public hospitalier". Guillermo Calleja et Bertrand Pellet se sont chargés des appels téléphoniques destinés à présenter le projet, à inviter les responsables de stérilisation à aller créer un compte sur le site web du projet et à leur expliquer les questions auxquelles il leur semblait difficile de répondre. Sur les 39 établissements qui ont répondu à l'enquête, 23 établissements disposent d'une stérilisation centrale et 16 établissements ont une stérilisation non centralisée. Notons qu'il y a 3 des répondants de la catégorie « stérilisation centralisée » qui ne se situent pas en région Rhône-Alpes. Les données relatives à ces établissements ont également été incluses dans les statistiques de l'enquête.

L'enquête comporte une centaine de questions portant sur l'activité et l'organisation actuelles des services (voir annexe B). Ces informations sont des réponses à des questions fermées du type oui ou non, à des questions quantitatives, à des questions à choix multiples, ou sont des commentaires. L'enquête électronique est structurée en 6 parties comme suit : informations préliminaires, généralités, horaires, ressources matérielles, ressources humaines, et processus de stérilisation. La première partie « informations préliminaires » permet de recueillir des informations générales sur l'établissement et sur le service. L'activité générale est ensuite demandée dans la deuxième partie intitulée « généralités ». La troisième partie demande des informations concernant les horaires du bloc opératoire et du service de stérilisation. Dans la partie « ressources matérielles » on peut obtenir les informations sur le matériel pour toutes les étapes du processus de stérilisation, par exemple le rinçage, le lavage, le conditionnement et la stérilisation en autoclave. La cinquième partie concerne les « ressources humaines » (nombre, gardes, astreintes, …). Et la dernière partie pose des questions sur l'organisation du processus de stérilisation.

A la suite de l'enquête, l'objectif est de travailler sur la définition et la conduite d'actions d'amélioration en utilisant les résultats de l'enquête. Une partie de cette thèse s'inscrit dans le cadre de ce projet. Notre but est de comparer plusieurs services de stérilisation de la région Rhône-Alpes en utilisant un modèle générique de simulation (voir chapitre 4). Nous voulons utiliser les données collectées à partir de l'enquête du projet 2E2S, sans avoir besoin d'aller recueillir des données détaillées sur le terrain.

3.2. Quelques résultats statistiques

Dans cette partie, nous présentons quelques résultats issus de l'enquête (voir [Reymondon et al 2008b] pour plus de détails), en nous concentrant sur ceux qui permettent la comparaison et l'amélioration des services de stérilisation en région Rhône Alpes. Ces résultats de l'enquête sont présentés dans le tableau 3.1.a et le tableau 3.1.b. Chaque ligne du tableau indique le numéro de la question, le paragraphe dans lequel la question est commentée, un libellé synthétique de la question puis les réponses des différents établissements. L'ensemble des réponses est visible dans l'annexe D.

N° Question	Paragraphe	Nom de l'établissement / Question	H1	…
		Nombre de paniers DIN par jour	235,9	…
Q15	§3.2.1	Date d'ouverture de la stérilisation centrale	1982	…
Q16	§3.2.1	Estimation du nombre moyen de charges d'autoclave par an	4600	…
Q21	§3.2.2	Heure d'ouverture de la stérilisation	06:30	…
Q22	§3.2.2	Heure d'ouverture du bloc	07:45	…
Q23	§3.2.2	Heure moyenne d'arrivée du premier lot de DM souillés ?	09:00	…
Q24	§3.2.2	Heure de fermeture de la stérilisation	20:30	…
Q25	§3.2.2	Heure de fermeture du bloc (théorique) (format hh:mm)	18:00	…
Q30	§3.2.3	Nombre de postes de lavage manuel	1	…
Q33	§3.2.3	Nombre de laveurs désinfecteurs	5	…
Q34	§3.2.3	Somme des capacités laveurs désinfecteurs : nombre total de paniers (DIN)	50	…
Q35	§3.2.3	Durée d'un cycle standard laveur désinfecteur	01:30	…
Q37	§3.2.3	Nombre d'autoclaves	3	…
Q38	§3.2.3	Somme des capacités autoclaves : nombre total de paniers (DIN)	40	…
Q39	§3.2.3	Durée moyenne d'un cycle standard autoclave. Durée du cycle complet pas uniquement du plateau.	01:20	…
Q42	§3.2.3	Nombre de soudeuses (sachets thermosoudés)	3	…
Q43	§3.2.3	Nombre de postes de confection boîtes ou plateaux	2	…
Q53	§3.2.4	Nombre ETP IBODE/IDE	1	…
Q54	§3.2.4	Nombre ETP AS	12	…
Q55	§3.2.4	Nombre ETP ASH + conduite autoclave	8	…
Q56	§3.2.4	Nombre ETP ASH	4	…
Q61	§3.2.4	Polyvalence (lavage, conditionnement, déchargement)	Une partie majoritaire du personnel est polyvalent	…
Q63	§3.2.4	Affectation	Le personnel est affecté à une seule zone pendant toute la durée de son poste de travail (journée)	…

Tableau 3.1.a. Quelques résultats issus de l'enquête concernant la comparaison et l'amélioration des services de stérilisation en région Rhône Alpes

Q67	§3.2.5	Pré-désinfection	Le matériel arrive en stérilisation, en cours de pré-désinfection.	…
Q68	§3.2.5	Durée moyenne réelle de la pré-désinfection	entre 15 et 30 minutes	…
Q69	§3.2.5	Fréquence des cas de pré-désinfection de durée excessive (plus de 50 minutes)	Occasionnel	…
Q70	§3.2.5	Faites-vous un rinçage manuel avant le lavage en laveur désinfecteur ?	Oui	…
Q71	§3.2.5	Sur un laveur désinfecteur, commencez-vous le cycle de lavage par un cycle de rinçage ?	Oui	…
Q72	§3.2.5	Pourcentage estimé de lavage manuel	moins de 10%	…
Q77	§3.2.5	Règle générale de chargement des laveurs	Minimisation des encours en amont des laveurs (Réduction du stock en attente de lavage)	…
Q79	§3.2.5	Reconfection réalisée par des IBODEs du bloc opératoire ?	Fréquent	…
Q80	§3.2.5	Outils d'aide a la reconfection	Liste de DM composant et photos	…
Q83	§3.2.5	Règle de chargement des autoclaves ?	Minimisation des encours amonts	…
Q84	§3.2.5	Durée normale du processus pour un lot (une boîte)	entre 4h et 5h	…
Q85	§3.2.5	Quelle est la durée moyenne pour un traitement en urgence ?	entre 3h et 4h	…
Q86	§3.2.5	Urgence : avez-vous des équipements dédiés ?	Aucun	…
Q87	§3.2.5	En fin de journée, dans quel(s) état(s) trouve t'on des lots non traités ?	Lavés, rincés, séchés, Conditionnés	…
Q88	§3.2.5	Votre ou vos goulet(s) d'étranglement	lavage	…
Q89	§3.2.5	QUALITE, auto-évaluation de l'existant : comment qualifieriez vous le niveau de prestation de la stérilisation centrale ?	Satisfaisant	…
Q90	§3.2.5	DELAIS : quels sont vos objectifs de performance ?	En dessous d'un temps process de 4h	…

Tableau 3.1.b. Quelques résultats issus de l’enquête concernant la comparaison et l’amélioration des services de stérilisation en région Rhône Alpes

3.2.1. Questions portant sur des généralités

Les réponses à la question « Date d'ouverture de la stérilisation centrale ? » (Q15) nous renseignent sur l'ancienneté des services de stérilisation. Compte tenu de l'évolution des réglementations et des recommandations de ces vingt dernières années, cette information permet d'expliquer le changement d'organisation exigé et la performance du service intégrant les nouvelles obligations (65% des services répondant ont été ouverts après 1990).

Le volume d'activité de chaque service de stérilisation est une autre information intéressante pour nos travaux. Elle est déduite des questions « Estimation du nombre moyen de charges d'autoclave par an ? » (Q16), « Somme des capacités autoclaves : nombre total de paniers DIN ? » (Q38) et « Nombre d'autoclaves ?» (Q37). Le volume d'activité que nous avons calculé est exprimé en nombre moyen de paniers DIN autoclave traités annuellement (ou quotidiennement). Il s'agit d'une unité de volume standard de 480x250x60mm pour les laveurs et de 600x300x300 mm pour les autoclaves. Ce nombre moyen de paniers DIN autoclave est utilisé dans notre modèle générique de simulation. La qualité de cette information de volume d'activité est discutée dans [Reymondon et al., 2008b]. En effet, ces données, fournies par les répondants, sont globalement fausses parce que nous avons supposé que les autoclaves sont systématiquement chargés à 100%, cette erreur est commune à chaque répondant. Mais elles s'avèrent suffisamment correctes dans une étude comparative. Donc cette information peut être exploitée dans notre modèle générique de simulation pour comparer les performances des établissements répondants. D'après les réponses fournies, 39% des services ont un volume d'activité supérieur à 26000 DIN autoclave par an, ce qui correspond à une moyenne de 100 DIN par jour.

Les autres questions comme « Quels sont vos client ?», « Réalisez-vous la stérilisation de certains linges ? », « Votre établissement pratique t'il une politique de préférence de l'Usage Unique ? » sont aussi abordées dans l'enquête mais ne nous sont d'aucune utilité pour notre étude de simulation.

3.2.2. Questions portant sur les horaires

La question « Heure d'ouverture de la stérilisation ? » (Q21) et la question « Heure de fermeture de la stérilisation ? » (Q24) nous permettent de déterminer la durée d'ouverture

théorique de la stérilisation. Les services de stérilisation centrale sont ouverts au minimum pendant 8h et au maximum pendant 15h. La différence entre les durées d'ouverture des services de stérilisation n'est pas directement liée à la différence de volume à traiter, mais plutôt à la variabilité des horaires de réception des dispositifs souillés et de leur expédition vers les arsenaux (zones de stockage) des blocs.

La question « Heure moyenne d'arrivée du premier lot de Dispositifs Médicaux (DM) souillé ? » (Q23) nous permet d'évaluer la durée qui s'écoule entre l'ouverture du service et l'arrivée du premier lot de DM souillés. 72% des participants répondent que leur service de stérilisation ouvre plus de 1h30 avant l'arrivée du premier lot souillé. Cela peut sembler surprenant car les équipements des services de stérilisation ne requièrent pas de préparatif particulier en début de journée, à l'exception des autoclaves, situés tout à la fin du processus. Sur ces derniers sont en effet pratiqués des tests (cycle Bowie Dick), d'une durée d'environ 1h, avant de traiter les premiers dispositifs. Ce décalage s'explique généralement par le fait qu'un petit nombre de dispositifs n'a pas achevé son processus de stérilisation en fin de journée, ils sont donc traités le matin, avant que les nouveaux dispositifs arrivent. Cela permet également de commencer à traiter les éventuels dispositifs issus des urgences nocturnes.

La question « Heure d'ouverture du bloc ? » (Q22) et la question « Heure de fermeture du bloc ? » (Q25) nous montrent la dépendance qui existe entre le service de stérilisation et le bloc opératoire. La durée d'ouverture du service de stérilisation est fortement liée à la durée d'ouverture du bloc opératoire. Nous remarquons que 45% des services de stérilisation ouvrent avant le bloc opératoire. L'autre moitié des services de stérilisation, soit 55% d'entre eux, commence en même temps que le bloc opératoire ou dans la demi-heure qui suit l'ouverture du bloc opératoire. Nous observons aussi que 73% des services ferment plus de 2h après la fermeture théorique du bloc opératoire. Cela peut s'expliquer par le fait qu'on cherche à traiter un maximum de dispositifs médicaux le jour même de leur utilisation.

Ces informations sur les horaires, sont prises en compte dans les données d'entrée de notre modèle de simulation. Nous pouvons aussi essayer de déterminer l'impact du facteur temps sur la performance de ces services en modifiant des paramètres horaires tels que les heures d'ouverture et de fermeture des services. Par exemple dans chapitre 2 nous avons modifié les heures d'ouverture et de fermeture du service de stérilisation du CHPSM afin d'avoir une plage d'ouverture plus grande, ce qui a pour effet de diminuer le nombre de DM non stérilisés

en fin de la journée. Dans notre modèle générique de simulation, nous pouvons essayer de procéder de la même manière pour voir l'impact que cela aura sur les performances du modèle.

3.2.3. Questions portant sur les ressources matérielles

Les informations portant sur les ressources matérielles (capacité, nombre de postes de travail, et durée de fonctionnement de chaque poste) sont très importantes pour notre simulation.

La question « Nombre de postes de lavage manuel ? » (Q30) montre la place du lavage manuel dans les services de stérilisation. Nous remarquons que tous les établissements ont au minimum 1 poste de lavage manuel. Le nombre de postes de lavage manuel n'est pas fonction du volume d'activité, ni même de l'ancienneté des locaux.

La question « Nombre de laveurs désinfecteurs ? » (Q33) et la question « Somme des capacités laveurs désinfecteurs : nombre total de paniers DIN ? » (Q34) nous permettent de définir le nombre moyen de panier DIN par laveur désinfecteur. La plupart des établissements disposent d'au moins 2 laveurs désinfecteurs. Seuls 4 établissements fonctionnent avec un seul laveur, ces établissements ont en commun de traiter moins de 50 DIN autoclave par jour ouvré (nombre calculé à partir du volume d'activité annuel en panier DIN autoclave), c'est-à-dire d'avoir une faible activité de stérilisation. La capacité moyenne des laveurs de la majorité des services (68%) est inférieure à 10 DIN. La capacité moyenne minimale des laveurs est de 4 DIN, et la capacité moyenne maximale des laveurs est de 17 DIN. Nous remarquons que les équipements de petite taille permettent d'obtenir plus facilement un bon taux de remplissage alors que les équipements de capacité importante permettent de réduire les coûts de fonctionnement.

La réponse à la question « Durée d'un cycle standard laveur désinfecteur ? » (Q35) nous apprend que la durée est proche d'une heure (avec un minimum de 55 minutes et un maximum de 1h30). Dans les réponses de l'enquête, les responsables de services estiment que l'étape de lavage est un point critique de la boucle de stérilisation. La diminution de la durée de lavage pourrait éviter le goulet d'étranglement devant cette étape. De nouvelles générations de laveurs apparaissent avec un temps de cycle annoncé de 30 minutes mais aucun des services ayant répondu n'est équipé de tels laveurs.

La question « Nombre d'autoclaves ? » (Q37) et la question « Somme des capacités autoclaves : nombre total de paniers DIN ? » (Q38) nous permettent d'évaluer le nombre moyen de panier DIN par autoclave. La plupart des établissements ont 2 ou 3 autoclaves, la valeur maximale étant 8. Un petit quart des services (22%) a une capacité moyenne d'autoclave inférieure à 6 DIN. Le minimum est de 4 DIN et le maximum est de 13,5 DIN par autoclave. Pareillement aux choix des capacités des laveurs, les équipements de petites tailles permettent d'obtenir plus facilement un bon taux de remplissage alors que les équipements de capacité importante peuvent diminuer le coût de fonctionnement par rapport aux équipements de petite capacité.

Le temps moyen d'un cycle d'autoclave est donné par la question « Durée moyenne d'un cycle standard autoclave. Durée du cycle complet pas uniquement plateau ? » (Q39). La durée d'un cycle standard d'autoclave varie entre 60 et 95 minutes.

La question « Nombre de soudeuses (sachets thermosoudés) ? » (Q42) permet de déterminer le volume d'activité représenté par les dispositifs médicaux stériles conditionnés sous sachet et gaines. Tous les services disposent d'au moins 1 soudeuse et 70% des services en possèdent moins de 3.

La question « Nombre de postes de confection de boîtes ou de plateaux ? »(Q43) permet de déterminer l'importance de l'étape de conditionnement des DM en conteneurs et en pliages pasteurs. Cette information nous donne la capacité maximum pour cette tâche de conditionnement. Le nombre exact de postes occupés à chaque instant de la journée dépend du nombre d'agents affectés à la réalisation de cette tâche de conditionnement. Tous les services ont au moins 2 postes de confection de boîtes ou plateaux et 81% possèdent moins de 5 postes.

3.2.4. Questions portant sur les ressources humaines

L'efficience d'un service de stérilisation peut être améliorée par une meilleure utilisation des ressources humaines. Les ressources humaines font partie des ressources productives du processus de stérilisation et sont un indicateur important de la performance de ce processus.

Les questions sur les ressources humaines sont aussi posées dans l'enquête et fournissent des informations importantes pour notre modèle de simulation.

Des catégories très variées de personnel travaillent dans les services de stérilisation. On peut trouver :
- des IBODE, c'est-à-dire des Infirmières de Bloc Opératoire Diplômée d'Etat,
- des IDE, c'est-à-dire des Infirmières Diplômée d'Etat,
- des AS, c'est-à-dire des Aides-Soignant(e)s,
- et des ASH, c'est-à-dire des Agents de Service Hospitalier.

Les questions relatives au nombre de personnes de chaque catégorie travaillant dans le service nous permettent de calculer le nombre d'opérateurs employés dans le service de stérilisation en ETP (Equivalent Temps plein) (Q53, Q54, Q55, Q56). Le nombre d'opérateurs a une place importante dans l'évaluation de performance d'un service de stérilisation. Nous remarquons que 82% des stérilisations emploient moins de 18 opérateurs. Le nombre maximum d'employés dans un service de stérilisation est de 51,5.

La question « Polyvalence (lavage, conditionnement, déchargement) ? » (Q61) indique le niveau de polyvalence des personnels du service de stérilisation. La quasi-totalité des services (95%) a une partie majoritaire, voire tout leur personnel, qui est polyvalent. Cette réponse était prévisible, étant donnée la grande variation du flux de DM.

La question « Affectation ? » (Q63) nous renseigne sur la possibilité de modification d'attribution des postes au personnel pendant une journée de travail. Cette question concerne les zones d'affectation (lavage, conditionnement, déchargement). Dans 57% des cas, le personnel est affecté à une seule zone pendant toute sa journée de travail. Dans 43% des cas, le personnel peut travailler dans plusieurs zones pendant sa journée de travail.

3.2.5. Questions portant sur le processus de stérilisation

Les informations portant sur le processus de stérilisation sont très importantes pour construire un modèle générique de simulation qui représente le fonctionnement des services étudiés. Dans l'enquête, il y a des questions qui concernent ces informations. De plus l'enquête donne aussi l'évaluation des responsables sur leurs services de stérilisation avec plusieurs critères (la qualité du service, le temps de séjour d'une boîte, les stocks…). Ces évaluations nous aident à

faire une comparaison entre les résultats de notre modèle et la réalité des services de stérilisation.

Les réponses aux questions « Pré-désinfection ?» (Q67), « Durée moyenne réelle de la pré-désinfection ? » (Q68), et « Fréquence des cas de pré-désinfection de durée excessive (plus de 50 minutes) ? » (Q69) nous fournissent les informations nécessaires pour modéliser l'étape de pré-désinfection. Nous observons que tous les services réalisent une pré-désinfection. Dans 55% des cas, le matériel arrive dans le service de stérilisation en cours de pré-désinfection, dans 41% des cas il arrive dans le service de stérilisation après la pré-désinfection, et dans les 4% des cas restants la pré-désinfection s'effectue dans le service de stérilisation. Nous observons que la durée de pré-désinfection ne dépasse 30 minutes que dans 5% des cas, et que 91% des services affichent une durée de pré-désinfection comprise entre 15 et 30 minutes. Pour 40% des répondants, les pré-désinfections de durée excessive (plus de 50 minutes) sont occasionnelles. Rappelons que la durée idéale de l'étape de pré-désinfection est de 15 minutes et que la durée réelle de pré-désinfection est souvent supérieure à cette durée idéale. Cette durée de pré-désinfection ne doit pas être trop longue car les produits chimiques contenus dans le bain de trempage provoquent un vieillissement prématuré des instruments (la durée maximale acceptable est de l'ordre de 50 minutes).

Les informations sur l'étape de rinçage se retrouvent dans les réponses aux questions « Faites-vous un rinçage manuel avant le lavage en laveur désinfecteur ? » (Q70), et « Sur un laveur désinfecteur, commencez-vous le cycle de lavage par un cycle de rinçage ? » (Q71). En termes de chiffres, 73% des services réalisent un rinçage manuel avant le lavage. Nous observons cependant que 81% des répondants effectuent un cycle de lavage commençant par un rinçage. C'est-à-dire qu'il y a une forte proportion de double rinçages (manuel et laveur) : 57%.

La réponse à la question « Pourcentage estimé de lavage manuel ? » (Q72) indique que 38% des services réalisent un lavage manuel de plus de 10% de l'activité totale de lavage. Cela indique que le lavage manuel est une pratique qui demeure importante.

La question « Règle générale de chargement des laveurs ? » (Q77) identifie le choix des règles pour charger les DM et leurs conteneurs dans les laveurs. La règle de maximisation des charges (quantité de DM maximum) est utilisée par 55% des services, la règle de

minimisation des encours en amont des laveurs (réduction du stock en attente de lavage) est choisie par 35% des services et d'autres règles de chargement sont appliquées par 10% des services.

Les questions « Reconfection réalisée par des IBODEs du bloc opératoire ? » (Q79) et « Outil d'aide à la reconfection ? » (Q80) donnent des informations sur la recomposition des boîtes et des sachets à l'issue de l'étape de lavage. Dans 58% des cas, la réalisation des reconfections par des IBODEs du bloc opératoire est rare ou inexistante. La tâche de recomposition ne dépend pas alors des ressources IBODEs qui sont affectées au bloc opératoire. De plus, nous observons que 95% des services ont mis en œuvre des listes de composition pour recomposer les boîtes et 81% des services utilisent des photographies pour faciliter la recomposition. Dans l'aide à la recomposition, la mise en œuvre de support informatique dans les services de stérilisation est aujourd'hui minoritaire (33%) mais elle est en forte croissance.

La question « Règle générale de chargement des autoclaves ? » (Q83) identifie le choix des règles utilisées pour charger les boîtes et les sachets dans les autoclaves. La règle de maximisation des charges (quantité de boîtes et de sachets maximum) est utilisée par 63% des services répondants, la règle de minimisation des encours en amont des autoclaves (réduction du stock en attente de stérilisation) est choisie par 26% des services et d'autres règles de chargement sont appliquées par les 11% restants.

Les informations sur le processus global sont tirées des questions « Durée normale du processus pour un lot (une boîte) ? » (Q84), « Quelle est la durée moyenne pour un traitement en urgence ? » (Q85) et « Urgence : avez-vous des équipements dédiés ? » (Q86). Une moitié des services estime que son temps de séjour est inférieur à 4h, l'autre moitié des services pense avoir un temps de séjour compris entre 4h et 5h, notons que seul un service pense avoir un temps de séjour supérieur à 6h. Pour ce qui concerne la durée moyenne d'un traitement en urgence, la moitié des répondants estime avoir une durée de traitement inférieure à 3h, et l'autre moitié des services pense avoir une durée comprise entre 3h et 4h, seul un service estime cette durée à plus de 4h. De plus, seul un service, qui est le service le plus grand en termes de volume d'activité et de taille d'infrastructure, dispose d'équipements spécifiques (laveur et autoclave) dédiés au traitement des cas « urgents ».

Les données sur les stocks sont extraites des questions « En fin de journée, dans quel(s) état(s) trouve t'on des lots non traités ? » (Q87) et « Votre ou vos goulet(s) d'étranglement ? » (Q88). Les réponses nous révèlent que les lots non intégralement traités en fin de journée, ont au moins passé les étapes de lavage, rinçage et séchage pour 68% des services, qu'ils ont également passé l'étape de conditionnement pour 63% des services et sont même dans un état « stérilisé non livrés » pour 47% des services. Divers goulets d'étranglement ont été cités. Une grande proportion des services (55%) constate que l'étape de lavage constitue un goulet d'étranglement. Pour 40% des services, l'étape de conditionnement est un goulet d'étranglement, pour 30% des services le transport bloc-stérilisation représente un goulet d'étranglement et 20% des services estiment que le transport stérilisation-bloc est un goulet d'étranglement.

Les responsables des stérilisations nous livrent une évaluation de leur service au travers des questions : « QUALITE, auto-évaluation de l'existant : comment qualifieriez-vous le niveau de prestation de la stérilisation centrale ? » (Q89), « DELAIS : quels sont vos objectifs de performance ? » (Q90). Sur la qualité, 85% des répondants évaluent leurs services aux niveaux « bon » (pour 31%) et « très bon » (pour 53%), et ils sont 16% à penser que leur service a un niveau « satisfaisant ». Pour les informations relatives au délai espéré, 35% des responsables veulent un temps de séjour inférieur à 4h, 20% le veulent inférieur à 3h, 15% le veulent inférieur à 5h, 15% le veulent en fonction du besoin et 10% le veulent le plus court possible.

3.3. Comparaison

Nous disposons de toutes les données des services de stérilisation centralisés provenant de l'enquête du projet 2E2S. Nous nous intéressons maintenant à comparer plusieurs services de stérilisation de la région Rhône Alpes en utilisant une approche monocritère (i.e. les ratios) puis une approche multicritère (i.e. la méthode DEA : Data Envelopment Analysis). Les ratios ne nous donnent que des résultats de comparaison sur chaque critère de comparaison (un output sur un input). C'est pour cela que la méthode DEA, qui fournit une seule mesure d'efficience pour un ensemble de paramètres de sortie et de paramètres d'entrée, est utilisée dans la suite de notre étude.

3.3.1. Données retenues

Les données collectées à partir de l'enquête sont enregistrées dans des fichiers Excel et sont traitées pour alimenter les ratios simples et la méthode DEA. Nous nous intéressons ici uniquement aux services de stérilisation centralisée. Rappelons que 26 services de stérilisation centralisée ont répondu à l'enquête. Nous avons finalement retenu les 14 services qui ont répondu à l'intégralité du questionnaire. Ils sont nommés H1, H2,…, H14. Avant de les nommer, nous les avons classés par volume décroissant d'activité (mesuré en paniers DIN autoclave par jour, rappelons qu'un panier DIN est un volume standard de stérilisation de 600x300x300 mm). L'hôpital H1 est ainsi l'établissement présentant le volume d'activité le plus important et H14 est celui dont le volume d'activité est le plus faible.

Nous pouvons voir quelques résultats bruts de l'enquête des 14 services retenus dans le tableau 3.2 (voir annexe D pour les résultats complet de l'enquête)

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14
Volume d'activité (en paniers DIN autoclave par jour)	235,9	129,7	123,1	112,5	101,3	93,6	89,8	74,3	73,6	59,2	25,4	24,0	22,2	16,2
Estimation du nombre moyen de charges d'autoclave par an	4600	4600	4000	3987	4388	4295	1946	2759	4100	2200	1100	892	960	700
Somme des capacités laveurs désinfecteurs : nombre total de paniers (DIN)	50	24	24	28	30	20	21	15	26	14	8	6	15	16
Somme des capacités autoclaves : nombre total de paniers (DIN)	40	22	24	22	18	17	24	14	14	14	12	14	12	12
Personnel : nombre d'Equivalent Temps Pleins (ETP) total	25,0	9,0	14,0	13,0	13,4	13,0	6,3	9,8	12,6	8,0	5,5	4,5	3,5	3,0
Durée d'ouverture (heures)	14,0	13,0	15,5	13,5	13,0	13,5	11,5	15,0	13,0	14,0	9,6	12,5	9,5	8,0
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…

Tableau 3.2. Résultats bruts de l'enquête pour les 14 services retenus

3.3.2. Ratios

Pour les 14 établissements retenus, nous avons calculé des ratios de comparaison entre le volume d'activité et la somme des capacités de laveurs, la somme des capacités d'autoclave, le nombre de soudeuses, le nombre d'ETP total et la durée d'ouverture. Le tableau 3.3 représente ces données.

	Somme des capacités de laveurs désinfecteurs (paniers DIN)	**Somme des capacités d'autoclaves (paniers DIN)**	**Nombre de soudeuses**	**Nombre de l'ETP total**	**Durée d'ouverture (heures)**	**Volume d'activité (paniers DIN)**
H1	50	40	3	25,0	14,0	235,9
H2	24	22	1	9,0	13,0	129,7
H3	24	24	2	14,0	15,5	123,1
H4	28	22	2	13,0	13,5	112,5
H5	30	18	3	13,4	13,0	101,3
H6	20	17	2	13,0	13,5	93,6
H7	21	24	1	6,3	11,5	89,8
H8	15	14	1	9,8	15,0	74,3
H9	26	14	1	12,6	13,0	73,6
H10	14	14	1	8,0	14,0	59,2
H11	8	12	2	5,5	9,6	25,4
H12	6	14	2	4,5	12,5	24,0
H13	15	12	1	3,5	9,5	22,2
H14	16	12	2	3,0	8,0	16,2

Tableau 3.3. Des données pour les ratios de comparaison des 14 services de stérilisation retenus

On voit que certains hôpitaux avec un volume d'activité assez faible, ont une durée d'ouverture, un nombre d'ETP, ou une capacité de laveur ou d'autoclave similaires à celle (ou celui) des hôpitaux ayant un fort volume d'activité, ce qui montre qu'ils sont moins performants. On retrouve ce constat dans le tableau 3.4. On observe une assez forte disparité des différents ratios calculés entre les hôpitaux.

Dans le tableau 3.4, la colonne 1 contient les 14 établissements retenus. La colonne 2 représente le ratio entre le volume d'activité (en paniers DIN autoclave par jour) et la somme des capacités des laveurs désinfecteurs (en panier DIN). Le ratio est indiqué dans la sous-colonne à gauche. La sous-colonne à droite présente le classement des hôpitaux pour ce ratio. La colonne 3 représente le ratio entre le volume d'activité et la somme des capacités des

autoclaves (en panier DIN). La colonne 4 représente le ratio entre le volume d'activité et le nombre de soudeuses. La colonne 5 représente le ratio entre le volume d'activité et la quantité de personnel (en ETP). La colonne 6 représente le ratio entre le volume d'activité et la durée d'ouverture du service (en heures). Ils sont déterminés de la même façon que pour la colonne 2.

Les classements étant différents pour chaque ratio, il est difficile de les utiliser comme critère de comparaison. Par exemple, le service de stérilisation de l'hôpital H3 arrive au 2ème rang pour le ratio volume d'activité / somme des capacités de laveurs mais il est 7ème pour le ratio volume d'activité / somme des capacités d'autoclaves, est 6ème pour le ratio volume d'activité / nombre de soudeuses, est 4ème pour le ratio volume d'activité / nombre d'ETP total et est 4ème pour le ratio volume d'activité / durée d'ouverture. Il s'avère alors délicat de classer la productivité des services en utilisant les ratios.

Une solution simple peut être d'établir un classement en additionnant les classements de chaque hôpital. C'est ce qui est fait dans le tableau 3.4. : la colonne 8 montre le classement final, obtenu à partir de la somme des classements de chaque hôpital (colonne 7). Ce classement nous montre que les 3 hôpitaux qui ont le volume d'activité le plus élevé semblent être les plus performants, et ceux qui ont le volume d'activité le plus faible sont les moins performants.

Dans le paragraphe suivant, nous utilisons une autre approche, la méthode DEA (Data Envelopment Analysis), qui est une approche multicritère, pour mesurer l'efficience relative des services.

	Volume d'activité / somme des capacités de laveurs		Volume d'activité / somme des capacités d'autoclaves		Volume d'activité / nombre de soudeuses		Volume d'activité / nombre de l'ETP total		Volume d'activité / durée d'ouverture		Somme des classe-ments	Classe-ment final
	Ratio	**Classe-ment**	**Ratio**	**Classe-ment**	**Ratio**	**Classe-ment**	**Ratio**	**Classe-ment**	**Ratio**	**Classe-ment**		
H1	4,72	*4*	5,90	***1***	78,63	***3***	9,44	***3***	16,8	***1***	*12*	***2***
H2	5,41	***1***	5,90	***2***	129,74	***1***	14,42	***1***	10,0	***2***	*7*	***1***
H3	5,13	***2***	5,13	*7*	61,54	*6*	8,79	*4*	7,9	*4*	*23*	***3***
H4	4,02	*8*	5,11	*8*	56,23	*8*	8,65	*5*	8,3	***3***	*32*	*6*
H5	3,38	*10*	5,63	***3***	33,75	10	7,59	*6*	7,8	*5*	*34*	*7*
H6	4,68	*5*	5,51	*4*	46,80	*9*	7,20	*9*	6,9	*7*	*34*	*7*
H7	4,28	*6*	3,74	*10*	89,82	***2***	14,37	***2***	7,8	*6*	*26*	*4*
H8	4,95	***3***	5,31	*5*	74,28	*4*	7,58	*7*	5,0	*9*	*28*	*5*
H9	2,83	*12*	5,26	*6*	73,59	*5*	5,84	*11*	5,7	*8*	*42*	*10*
H10	4,23	*7*	4,23	*9*	59,23	*7*	7,40	*8*	4,2	*10*	*41*	*9*
H11	3,17	*11*	2,12	*11*	12,69	*12*	4,62	*14*	2,6	*11*	*59*	*12*
H12	4,00	*9*	1,72	*13*	12,01	*13*	5,40	*12*	1,9	*14*	*61*	*13*
H13	1,48	*13*	1,85	*12*	22,15	*11*	6,33	*10*	2,3	*12*	*58*	*11*
H14	1,01	*14*	1,35	*14*	8,08	*14*	5,38	*13*	2,0	*13*	*68*	*14*

Tableau 3.4. Ratios de comparaison

3.3.3. Méthode DEA (principe de la méthode et résultats)

Principes de la méthode DEA :

Nous allons commencer par définir les notions d'efficience, d'efficacité et de rendement d'échelle. L'efficience consiste à atteindre le meilleur niveau de production possible tout en engageant le moins de ressources possible. L'efficacité s'intéresse à l'atteinte d'un objectif, sans prendre en compte les moyens qui sont engagés. On peut donc dire qu'être efficient c'est être efficace tout en utilisant le minimum de ressources. Le rendement d'échelle correspond à l'accroissement d'efficience qui est constaté lorsqu'on augmente la quantité des ressources engagées. Les rendements d'échelle sont dits constants si la production varie dans les mêmes proportions que les ressources engagées.

L'efficience d'un service est définie par un ratio de paramètres de sortie, ou output (i.e. le niveau de production réalisé) sur des paramètres d'entrée, ou input (i.e. le niveau des ressources mobilisées au cours du processus) [Badillo et Paradi., 1999]. Lorsqu'on a plusieurs input et plusieurs output, il est difficile de proposer une évaluation de l'efficience. La méthode

DEA a été introduite pour résoudre ce problème : elle permet une évaluation quantitative de la performance en utilisant plusieurs input et plusieurs output. L'intérêt de la méthode DEA est double : d'une part elle permet d'évaluer et de comparer l'efficience des unités décisionnelles (i.e. établissements ou services d'un établissement) similaires, d'autre part elle indique dans quelles directions doivent porter les améliorations pour accroître la performance des unités les moins bien classées. Les unités décisionnelles sont également appelées DMU (pour *Decision-Making Unit*).

La méthode DEA a été appliquée dans divers secteurs (agriculture, justice, …) et elle est utilisée pour évaluer l'efficience des hôpitaux depuis plus de 20 ans. Liam et al. (2007) présentent un état de l'art sur l'application de la méthode DEA aux hôpitaux, recensant 79 études, publiées entre 1984 et 2004, et représentant 12 pays. Ils résument les caractéristiques essentielles de chaque étude, notamment les catégories d'input et d'output retenues, le type d'efficacité mesuré, les échelonnements considérés (année simple ou multiple) et le type de modèle DEA choisi. Aucune de ces études ne s'intéresse au service de stérilisation des DM.

Les unités les plus efficientes sont celles qui présentent le niveau maximum de production que l'on peut atteindre avec différentes combinaisons des ressources engagées. En théorie, elles se situent sur la frontière de production (voir figure 3.1, courbe 1). Cependant on ne connaît que de façon empirique cette frontière de production à partir d'un ensemble d'unités observées (voir figure 3.1, courbe 2). La figure 3.1 représente le cas le plus simple : il fait intervenir un input et un output. Les unités qui sont représentées par les points A, B, C, D sont les plus efficientes. On voit que l'unité E est moins performante que l'unité D puisque elle utilise autant de ressources pour obtenir des résultats inférieurs. Les unités qui assurent le meilleur service (ou la production la plus élevée) tout en engageant le minimum de ressources ont un score d'efficience égal à 1. La méthode permet d'attribuer un score d'efficience (sur une échelle allant de 0 à 1) à chacune des unités.

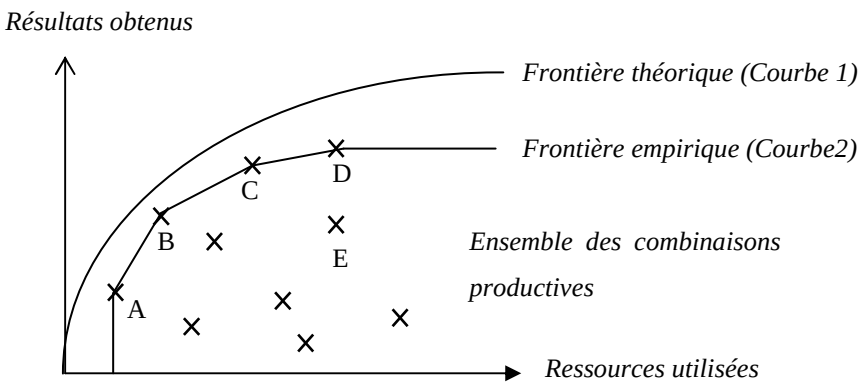


Figure 3.1. Mesure de performances ([Badillo et Paradi, 1999])

La méthode DEA utilise la programmation linéaire pour comparer plusieurs unités (i.e. établissements ou services d'un établissement) similaires. La formulation d'un modèle de base DEA est la suivante :

Pour chaque unité décisionnelle k, on définit son efficience E_k comme suit :

E_k = somme pondérée des output / somme pondérée des input

$= (W_1 * Output_{1k} + W_2 * Output_{2k} + \ldots) / (V_1 * Input_{1k} + V_2 * Input_{2k} + \ldots)$

W_1, W_2 ... : pondération de l'$Output_{1k}$, de l'$Output_{2k}$…

V_1, V_2 ... : pondération de l'$Input_{1k}$, de l'$Input_{2k}$…

La méthode DEA calcule des pondérations séparées pour chaque unité, les pondérations sont celles qui donnent le meilleur résultat pour l'unité considérée. L'idée de base est donc la suivante :

Pour chaque DMU k :

- déterminer le jeu de pondérations (W_1, W_2, …, V_1, V_2, …) qui maximise E_k
- sous la contrainte : $E_i \leq 1$, pour chaque unité i avec le jeu de pondérations trouvé pour l'unité k
- Toutes les pondérations sont positives.

La combinaison optimale d'output / input est représentée par une frontière de la meilleure pratique, appelée surface d'enveloppe. L'efficacité de chaque DMU est analysée. Les DMU qui se trouvent sur cette frontière ont un score d'efficience égal à 1, les autres DMU se trouvent sous cette frontière et ont un score d'efficience inférieur à 1. Pour améliorer les performances d'une DMU qui n'est pas sur la frontière, on peut, suivant les degrés de liberté

que l'on a sur les input et les output : soit garder le niveau d'output obtenu et diminuer les input (donc on conserve le niveau de production en diminuant la quantité de ressources mobilisées), soit garder tous les input et augmenter les output (donc on conserve la quantité de ressources mobilisées en augmentant le niveau de production).

Dans l'évolution de l'analyse DEA, différents modèles ont été développés. Parmi les modèles DEA de base qui existent, nous pouvons citer : le modèle du ratio CCR, le modèle BCC, les modèles Multiplicatifs, et le modèle additif [Badillo et Paradi, 1999]. Le choix d'un modèle DEA est déterminé en fonction des propriétés de rendements d'échelle (constants ou variables), de la géométrie de la frontière (en fonction de laquelle les mesures d'efficience seront faites : frontière linéaire, log-linéaire…) et de la façon de ramener une DMU inefficiente vers cette frontière. Pour améliorer l'efficience, les modèles orientés input proposent de diminuer des input, alors que les modèles orientés output proposent d'augmenter des output.

Dans notre étude, nous utilisons le modèle CCR orienté input de Charnes, Cooper, et Rhodes (1978), avec des rendements d'échelle constants, pour comparer les données. Nous choisissons ce modèle orienté input parce que nous voulons répondre à la question suivante : pour un service de stérilisation, quels input doit-on diminuer, et de combien, pour augmenter la performance du service, tout en gardant les output inchangés ? En effet, le seul output dont on dispose pour l'instant est le volume d'activité du service, qui ne dépend pas uniquement du service de stérilisation.

Le modèle CCR pour la DMU_k peut être formulé comme suit :

$$\max = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rk}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ik}}$$

Avec :

$$\frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} \leq 1 \quad (j = 1,\ldots, n)$$

$$u_r \geq 0, v_i \geq 0 \quad (r = 1,\ldots, s\ ;\ i = 1, \ldots, m)$$

Nous supposons qu'il y a *n* DMU, chaque DMU utilise m input pour produire s output. x_{ij} est la quantité d'input *i* (*i* = 1,…, *m*) utilisé par la DMU_j (*j* = 1,…, *n*). Et y_{rj} est la quantité d'output *r* (*r* = 1,…, *s*) produit par la $DMU_{j.}$ (*j* = 1,…, *n*). x_{ij} et y_{rj} sont des constantes. Les variables u_r (r = 1,…, *s*) et v_i (i = 1,…, *m*) sont les pondérations.

Application de la méthode DEA :

Nous avons utilisé un logiciel développé par Joe Zhu (http://www.deafrontier.com/joezhu/) pour notre cas. Les input et les output entrés dans le modèle sont choisis à partir des données de l'enquête. De façon générale, dans le domaine de la santé, les input se répartissent en trois grandes sous-catégories : les investissements, le travail, et les autres dépenses de fonctionnement. O'Neill et al. (2008) ont classé les input dans les sous-catégories suivantes : lits, personnel clinique, personnel non-clinique, nombre d'heures de travail, service offert, coût, et une sous-catégorie pour les input spécifiques et atypiques. Ils ont aussi défini des sous-catégories pour les output : nombre d'interventions chirurgicales et de patients, nombre de jours d'hospitalisation, nombre d'admissions, nombre de sorties, et une sous-catégorie pour les output spécifiques et atypiques. Nous avons défini nos input et output en nous basant sur ce classement et sur les données de l'enquête.

Nos input sont les suivants :

- Somme des capacités des laveurs désinfecteurs, exprimée en nombre total de paniers (DIN)
- Somme des capacités autoclaves, exprimée en nombre total de paniers (DIN)
- Nombre de soudeuses
- Personnel, exprimé en nombre d'ETP (Equivalent Temps Plein) total
- Horaires d'ouverture, exprimés en nombre d'heures journalières de travail

Notre output est le nombre de paniers DIN stérilisés par jour. Notons que c'est le seul output qui peut être extrait de l'enquête.

Ces input et output sont représentés dans le tableau 3.3

Avec les données dont nous disposons, nous pouvons établir un classement sur des critères essentiellement économiques. Il serait intéressant d'étudier l'influence d'autres paramètres plus organisationnels (temps de séjour, temps passé dans les stocks, nombre de boîtes non traitées en fin de la journée,…) sur ce classement. Ces paramètres, qui ne sont pas forcément connus des responsables des services de stérilisation, pourront nous être fournis par la simulation du modèle générique, comme nous le verrons dans le chapitre 4.

Résultats :

Pour les 14 établissements qui nous intéressent, nous avons appliqué la méthode DEA en considérant les input et output listés ci-dessus. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 3.5. Les hôpitaux H1, H2, et H7 ont les services les plus efficients au sens de la méthode, parmi les 14 hôpitaux choisis. Nous observons également que les classements obtenus par la méthode DEA sont assez proches de ceux obtenus par la méthode simple des ratios.

DMU	**Efficience de CCR orienté input**	**Classement**	**Coefficients Optimaux avec Benchmarks**	
H1	1,00000	**1**	1,000	H1
H2	1,00000	**1**	1,000	H2
H3	0,94862	5	0,949	H2
H4	***0,86674***	***9***	***0,867***	***H2***
H5	0,95391	4	0,780	H2
H6	0,93370	6	0,721	H2
H7	0,99684	**3**	0,692	H2
H8	0,91603	7	0,573	H2
H9	0,89130	8	0,567	H2
H10	0,78261	10	0,457	H2
H11	0,58696	12	0,196	H2
H12	0,74040	11	0,185	H2
H13	0,43907	13	0,171	H2
H14	0,37352	14	0,125	H2

Tableau 3.5. Comparaison des services de stérilisation en utilisant la méthode DEA

La méthode DEA donne non seulement le classement des DMU mais indique également de combien il faut modifier les input/output pour qu'une DMU inefficiente puisse atteindre la frontière. On peut, par exemple, améliorer la productivité de H4 en diminuant tous ses input pour qu'ils soient égaux à 0.867 fois ceux de H2 (voir tableau 3.6). Les résultats de la méthode DEA, si nous modifions des input de H4, sont représentés dans le tableau 3.7. H4 a ainsi atteint le niveau d'efficience de H1 et H2.

	Somme des capacités de laveurs désinfecteurs (paniers DIN)	**Somme des capacités d'autoclaves (paniers DIN)**	**Nombre de soudeuses**	**Nombre de l'ETP total**	**Durée d'ouverture (heures)**
Input de l'ancien H4	28	22	2	13,0	13,5
Input du nouvel H4 (=0,867*H2)	20,8	19,1	0,9	7,8	11,3

Tableau 3.6. Données des input du nouvel H4 (pour qu'il soit efficient)

DMU	**Efficience de CCR orienté input**	**Classement**
H1	1,00000	**1**
H2	1,00000	**1**
H3	0,94862	6
H4	***1,00000***	***1***
H5	0,95391	5
H6	0,93370	7
H7	0,99684	4
H8	0,91603	8
H9	0,89130	9
H10	0,78261	10
H11	0,58696	12
H12	0,74040	11
H13	0,43907	13
H14	0,37352	14

Tableau 3.7. Comparaison des services de stérilisation en utilisant la méthode DEA et les données du nouvel H4

H4 est au 9ème rang et H2 est au 1er rang dans le classement du tableau 3.5. En comparant les réponses à l'enquête de H2 et H4 nous constatons que H4 utilise autant ou plus de ressources que H2 pour un volume d'activité plus faible. Lorsqu'on diminue ses ressources (ou input) en les multipliant par 0,867 (voir tableau 3.6 où on diminue par exemple la durée d'ouverture de 13,5h à 11,3h, on diminue la somme des capacités de laveurs désinfecteurs de 28 paniers DIN à 20,8 paniers DIN) on peut atteindre le niveau d'efficience de H2. Nous observons par ailleurs que la durée moyenne réelle de la pré-désinfection de H4 est de plus de 45 minutes alors que celle de H2 est de moins de 15 minutes (voir l'annexe D). H4 a une fréquence des cas de pré-désinfection de durée excessive (plus de 50 minutes) plus élevée que H2. De plus, ces deux hôpitaux ont utilisé des règles de chargement des autoclaves différentes : minimisation des encours amont pour H4 et maximisation des charges pour H2.

3.4. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté le projet 2E2S qui étudie l'organisation de services de stérilisation en se basant sur les résultats d'une enquête. Quelques résultats de cette enquête sont fournis pour permettre de voir comment sont organisés les services de stérilisation centrale de la région Rhône-Alpes et d'élaborer un modèle générique de simulation de services de stérilisation centrale. La comparaison des services de stérilisation, sur des critères essentiellement économiques, est réalisée par la méthode des ratios et par la méthode DEA. Nous pourrons inclure dans nos comparaisons des paramètres plus organisationnels (temps de séjour, temps passé dans les stocks, nombre de boîtes non traitées en fin de la journée,…), en utilisant le modèle générique de simulation qui est détaillé dans le chapitre suivant.

Chapitre 4

Modèle générique et comparaison par simulation

4.1. Modèle générique

4.1.1. But du modèle générique

Le travail présenté ici fait suite à l'enquête menée dans le cadre du projet 2E2S que nous avons détaillée dans chapitre 3. Dans le chapitre précédent, à partir de données recueillies lors de l'enquête, nous avons réalisé un benchmarking entre plusieurs services stérilisation avec des ratios et avec la méthode DEA. La méthode DEA est cependant utilisée de manière très limitée car l'enquête ne nous fournit qu'une seule information quantifiable pouvant servir d'ouput. Certaines données, comme par exemple le temps moyen de séjour ou le temps passé dans les stocks, qui nous semblent utiles à prendre en compte, sont difficiles à estimer pour les responsables des services. Ces critères de performance occupent cependant une place importante dans les services de stérilisation selon les responsables des services. Ce chapitre traite de l'élaboration et de l'utilisation d'un modèle générique de simulation. Ce modèle a été construit pour fournir des données permettant de comparer des performances supplémentaires dans les stérilisations centrales de la région Rhône-Alpes (avec la méthode DEA).

Le modèle générique de simulation que nous proposons ici, est représentatif d'un service de stérilisation, et nécessite peu de données en entrée. Flecher et al. (2007) définissent quatre grands types de modèles en fonction de leur niveau de généricité (figure 4.1). Le premier niveau, nommé « principe générique », est le plus générique et peut modéliser n'importe quel système et scénario. Le second niveau, appelé « structure générique » permet de modéliser, pour un même secteur (par exemple le domaine hospitalier), différents types de services pour différents établissements. Notre modèle appartient au troisième niveau de ce classement, appelé « modèle générique » : c'est un modèle conçu pour un type de service et pouvant être utilisé par plusieurs fournisseurs, par exemple le service de stérilisation pour les

établissements de la région Rhône Alpes. Le quatrième niveau, nommé « modèle spécifique », est le moins générique ; chaque modèle est construit pour un système donné, par exemple le service de stérilisation de l'établissement X.

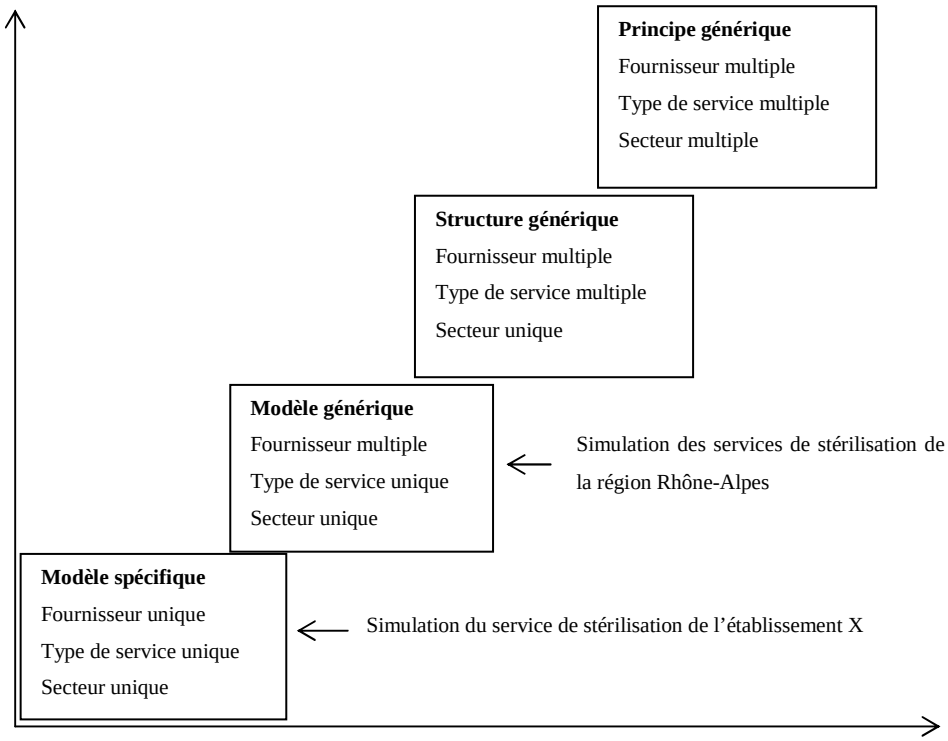


Figure 4.1. Quatre niveaux de généricité selon Flecher et al. (2007)

Le but de notre modèle générique est de permettre la comparaison quantitative des indicateurs de performance de plusieurs services de stérilisation. Dans le chapitre 2 nous avons proposé des solutions pour améliorer la gestion du service de stérilisation centralisé du Centre Hospitalier Privé Saint Martin de Caen (CHPSM). Nous avons utilisé pour cela un modèle de simulation spécifique. Notre but est de comparer plusieurs services de stérilisation de la région Rhône-Alpes en utilisant un modèle générique de simulation. Nous voulons utiliser les données collectées à partir de l'enquête du projet 2E2S, sans avoir besoin d'aller recueillir des données détaillées sur le terrain. Par rapport à notre modèle spécifique, cela nécessite de simplifier plusieurs informations. Nous présentons ici le modèle générique que nous proposons et nous le validons en comparant les résultats qu'il fournit à ceux obtenus avec le modèle spécifique.

4.1.2. Principe de modélisation

Dans le chapitre 2, nous sommes parti d'un modèle de processus de stérilisation (voir figure 4.2), commun à une grande majorité de services de stérilisation, pour construire une simulation détaillée d'un service de stérilisation particulier. Cette simulation, nous a permis de mettre en évidence certains dysfonctionnements liés à la gestion courante du service et a montré les améliorations que pouvaient apporter certaines modifications. Nous nous sommes plus particulièrement intéressés au lissage de la production et à la diminution du temps de séjour, soit en modifiant la création du flux (action sur la durée de pré-désinfection), soit en intervenant sur la gestion du service de stérilisation (modification du planning du personnel). Cette modélisation a nécessité des données détaillées que nous avons collectées sur le terrain.

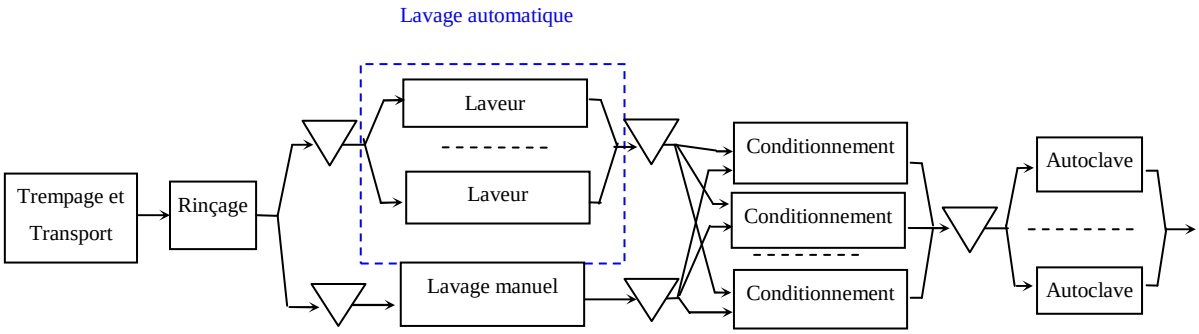


Figure 4.2. Processus de stérilisation

Nous voulons maintenant construire un modèle générique, plus simple, qui pourra être utilisé pour comparer les performances de plusieurs services de stérilisation en utilisant les données fournies par l'enquête. Nous sommes donc amenés à faire des hypothèses, par rapport au modèle de simulation précédent, en particulier sur les données d'entrée et les plannings du personnel, pour lesquels l'enquête ne nous fournit pas d'informations détaillées.

On peut voir, dans le tableau 4.1, le type de données nécessaires à notre modèle. Certaines données sont propres à chaque service. Il peut s'agir de la durée d'une étape, du nombre de postes d'une étape, de la capacité d'un poste, ou des horaires d'ouverture du service. On considère que ces données sont « variables » (elles changent d'un service à l'autre). Les autres données sont « fixes » (elles sont identiques pour tous les services). Par exemple pour le rinçage, la capacité change en fonction de l'existence du poste de rinçage, soit 1 ou 0. Et si le poste de rinçage existe, on choisit la même durée de rinçage (celle utilisée dans notre modèle

du CHPSM) pour tous les services concernés, car nous ne disposons pas d'information suffisante sur cette donnée.

Les données utilisées dans le modèle générique sont donc soit des réponses de l'enquête, soit des données fournies par le CHPSM (si l'information n'existe pas dans l'enquête), soit des calculs (voir $4.1.3). Le tableau 4.1 précise l'origine de chaque donnée et indique, lorsqu'une donnée provient de l'enquête, de quelle(s) question(s) elle est issue. Par exemple, le nombre de laveurs varie d'un service à l'autre, et nous utilisons la réponse à la question 33 de l'enquête (voir l'annexe B).

Arrivée des DM	**Trempage et transport**	**Rinçage**	**Lavage**	**Conditionnement**	**Stérilisation**
Données d'entrée hypothétiques (Calcul)	Un poste (Q67)	Nombre de postes variable (Q70)	Nombre de laveurs variable (Q33)	Nombre de postes de conditionnement variable (Calcul)	Nombre d'autoclaves variable (Q37)
	Capacité fixe (CHPSM)	Capacité variable (Q70)	Capacité variable (Q33, Q34)	Capacité fixe (CHPSM)	Capacité variable (Q37, Q38)
	Durée variable (Q68)	Durée fixe (CHPSM)	Durée variable (Q35)	Durée fixe (CHPSM)	Durée variable (Q39)
Processus aléatoire (profil fixe – instants d'arrivée aléatoires)	Durée aléatoire (distribution uniforme)	Durée déterministe	Durée déterministe	Durée aléatoire (distribution normale)	Durée déterministe
			Politique de chargement variable (Q77)		Politique de chargement variable (Q83)
Entité : intervention de taille exprimée en paniers DIN (constitution en conteneurs et sachets connue)	Entité : intervention de taille exprimée en paniers DIN (constitution en conteneurs et sachets connue)	Entité : intervention de taille exprimée en paniers DIN (constitution en conteneurs et sachets connue)	Entité : intervention de taille exprimée en paniers DIN (constitution en conteneurs et sachets connue)	Entité : Conteneur et sachet	Entité : conteneur et lot de sachets

Tableau 4.1. Données utilisées pour chaque étape

4.1.3. Utilisation des données de l'enquête

En utilisant les données de l'enquête, nous pouvons identifier une partie des informations nécessaires à notre simulation générique, relatives aux, ressources matérielles, aux ressources humaines, à l'organisation du processus ainsi que les horaires de travail. Dans notre simulation spécifique, nous avons fait des hypothèses sur la structure du modèle et sur les données utilisées. Les hypothèses sur la structure sont les suivantes : il n'y a pas de gestion des lots qui serait prioritaire (dans le cas d'une seconde utilisation dans la journée), les temps de chargement et de déchargement sont compris dans les temps de lavage et d'autoclavage, aucun pré-tri n'est effectué. Compte tenu de nos observations sur le terrain, ce sont des hypothèses qui sont assez réalistes. Le pré-tri consiste à réassocier les instruments à leur conteneur ou à leur plateau et à mettre à l'écart les instruments des sachets avant l'étape de conditionnement. Certains services le mettent en œuvre, d'autres ne le font pas. En ce qui concerne les données, nous avons utilisé les dates réelles d'arrivée des DM au service de stérilisation. Nous avons estimé des distributions pour la durée de conditionnement et la durée de rinçage, et nous avons pris en compte le planning réel du personnel.

Dans la simulation générique, nous reprenons les mêmes hypothèses sur la structure, mais des hypothèses supplémentaires sont nécessaires pour pouvoir utiliser les données de l'enquête. Nos hypothèses portent sur les données d'entrée (arrivée des dispositifs médicaux au service de stérilisation), et sur le planning du personnel.

Données d'entrée du système

En ce qui concerne les données d'entrée du système, nous ne disposons que du nombre de paniers DIN stérilisés par jour et nous n'avons pas d'indication sur la répartition de ces arrivées dans la journée. Nous proposons d'utiliser le même profil d'entrée pour tous les services que nous allons comparer. Pour établir ce profil, nous utilisons les données que nous avons recueillies au CHPSM (nombre d'interventions arrivées chaque heure, volume de ces interventions en paniers DIN et constitution de ces interventions en conteneurs et en sachets) (voir le tableau 4.2 et figure 4.3). Par exemple sur la ligne 3 du tableau 4.2, nous avons 5 interventions qui arrivent dans le service de stérilisation entre 9h et 10h (l'heure exacte d'arrivée va changer aléatoirement pour chaque jour de simulation). Ces interventions ont les tailles suivantes, exprimées en paniers DIN: 3, 3, 1.2 ,1.2, 1.2. Le profil obtenu grâce à ces

données constitue un profil de base. Ce profil de base sera adapté aux différents services que nous comparerons pour tenir compte de leur volume d'activité respectif.

Plage d'horaire	Nombre d'inter-ventions	Total panier DIN	Taille de l'inter-vention 1 (DIN)	Taille de l'inter-vention 2 (DIN)	Taille de l'inter-vention 3 (DIN)	Taille de l'inter-vention 4 (DIN)	Taille de l'inter-vention 5 (DIN)	Taille de l'inter-vention 6 (DIN)	Taille de l'inter-vention 7 (DIN)
8h00-9h00	1	2,0	2						
9h00-10h00	5	9,6	3,0	3,0	1,2	1,2	1,2		
10h00-11h00	7	15,5	1,5	1,5	2	3	3	3	2
11h00-12h00	6	10,5	2	1,5	2	2	2	2	
12h00-13h00	6	15,0	1,5	6	2	2	2	1,5	
13h00-14h00	7	6,9	1,5	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
14h00-15h00	7	11,7	0,9	3,0	3,0	1,2	1,2	1,2	1,2
15h00-16h00	3	4,5	1,5	1,5	1,5				
16h00-17h00	6	12,0	2	2	2	2	2	2	
17h00-18h00	4	6,5	1,5	2,0	1,5	1,5			
18h00-19h00	3	5,5	1,5	2,0	2,0				
19h00-20h00	0	0,0							

Tableau 4.2. Données d'entrée pour le modèle générique (profil de base)

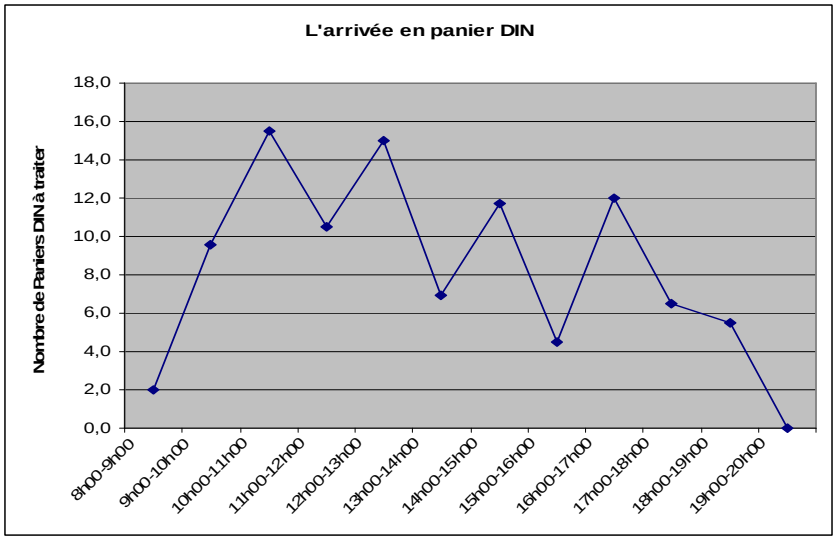


Figure 4.3. Profil de base pour l'entrée des interventions dans le modèle générique

Nous comparerons également les résultats obtenus en utilisant ce profil avec les résultats obtenus en utilisant des profils particuliers, comme par exemple une répartition uniforme des arrivées dans la journée (représentée par la figure 4.4). Ce profil uniforme de l'entrée correspond à la proposition d'amélioration par lissage des données d'entrée que nous avons présentée dans le chapitre 2, mais appliquée au cas du modèle générique. Dans ce profil, nous gardons les mêmes interventions (avec les tailles variables) que dans le profil de base, mais nous décalons l'heure d'arrivée de ces interventions pour avoir un profil uniforme tout au long de la journée de travail.

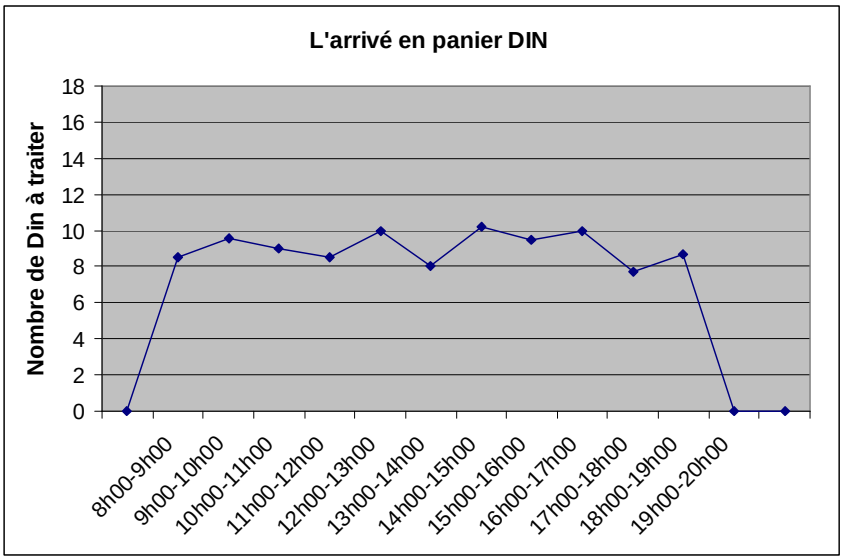


Figure 4.4. Profil uniforme pour l'entrée des interventions dans le modèle générique

Planning du personnel

En ce qui concerne le planning du personnel, nous ne disposons que du nombre total de personnes dans le service et nous ne connaissons pas la répartition de la charge de travail de ces personnes au cours de la journée. Nous proposons d'utiliser un planning du personnel présentant un potentiel de travail constant tout au long de la journée. A partir du nombre de personnes travaillant dans le service de stérilisation et en utilisant une plage de travail de 8 heures pour chaque personne, nous calculons le nombre total d'heures travaillées chaque jour. Le nombre de personnes travaillant chaque heure est ensuite calculé en divisant le nombre total d'heures travaillées chaque jour par la durée d'ouverture. Cela permet d'identifier le nombre de personnes présentes dans le service pour chaque heure, puis d'affecter deux

personnes aux tâches de lavage et de rinçage, une personne à la conduite des autoclaves, et les personnes restantes au conditionnement. Nous pouvons voir le planning du personnel d'un hôpital X dans le tableau 4.3. En effectuant le calcul présenté ci-dessus nous savons que le nombre de personnes chaque heure est de 6 personnes. Nous affectons toujours une personne à l'étape de lavage manuel, une personne à l'étape de lavage automatique, et une personne à la conduite des autoclaves pendant les 13h d'ouverture quotidienne. Cet hôpital ne pratique pas le rinçage manuel donc il n'y aucune personne dans l'étape de rinçage. Les 3 personnes qui restent sont affectées à l'étape de conditionnement. On procède de la même manière pour les autres hôpitaux pour calculer le nombre de personnes à chaque poste.

Données de l'enquête						
	Heure d'ouverture de la stérilisation	Heure de fermeture de la stérilisation	Durée d'ouverture	Nombre ETP	Faites vous un rinçage manuel avant le lavage en laveur désinfecteur ?	Nombre de personnes chaque heure
HX	7:00	20:00	13:00	9	Non	6
Résultat des calculs						
Poste	Rinçage	Lavage manuel	Lavage automatique	Conditionnement	Autoclave	
Nombre de personnes	0	1	1	3	1	

Tableau 4.3. Un exemple de planning du personnel

Les règles de chargement des laveurs

En ce qui concerne le chargement des laveurs, l'enquête nous montre que les règles de chargement utilisées ne sont pas les mêmes pour tous les services de stérilisation et que le lavage est considéré comme le goulet d'étranglement principal dans les services de stérilisation. La politique de chargement des laveurs influe fortement sur l'utilisation efficiente des laveurs et peut limiter le temps passé dans le stock avant le lavage. Certains établissements utilisent des règles basées sur un seuil de remplissage : il s'agit d'une maximisation des charges (cela revient à respecter un pourcentage minimum de remplissage), d'autres utilisent des règles basées sur un seuil en temps d'attente : il s'agit d'une minimisation des encours amont. Notons que la règle de maximisation du chargement consiste à remplir le laveur dès que nous avons suffisamment d'interventions en attente pour atteindre le niveau de chargement souhaité. La règle de minimisation des encours consiste à

lancer le cycle de lavage dès qu'une intervention a attendu au moins un temps d'attente fixé T_{max}, même si la charge est inférieure à la capacité du laveur ; ou dès que la charge à laver est supérieure ou égale à la capacité d'un laveur (même si aucune intervention en attente n'a atteint T_{max}), sous réserve qu'un laveur soit disponible.

Nous utiliserons dans notre simulation ces deux règles, suivant la réponse donnée à l'enquête, en considérant que la capacité des laveurs est exprimée en nombre de paniers DIN. Dans des perspectives de nos travaux, nous proposons d'observer l'impact de différentes règles de chargement des laveurs sur la performance du processus de stérilisation.

4.1.4. Validation et résultats

Avant de pouvoir appliquer ce modèle à la comparaison de plusieurs services, il est nécessaire de le valider afin d'avoir confiance dans les résultats qu'il fournit. Pour cela, nous avons effectué notre simulation générique en utilisant les données du CHPSM (qui a répondu à notre enquête bien qu'étant situé en dehors de la région Rhône Alpes) et nous avons comparé les résultats obtenus à ceux fournis par le modèle détaillé dans le chapitre 2. Le modèle générique de simulation est construit en utilisant le logiciel ARENA. La simulation reproduit une durée de 100 jours et les résultats sont obtenus en quelques minutes. Et l'intervalle de confiance sur le temps de séjour est de l'ordre de 2%.

Dans un premier temps, nous avons utilisé le profil d'entrée des DM du CHPSM. Nos critères de comparaison sont alors le nombre de boîtes restant dans les stocks en fin de journée, et le temps de séjour, ce dernier étant cité comme objectif de performance par les services interrogés. Les résultats montrent que le temps de séjour dans le modèle générique est supérieur de 3.16% par rapport à celui obtenu avec le modèle détaillé. Le nombre de boîtes restant dans les stocks en fin de journée dans le modèle générique est plus élevé que dans le modèle détaillé d'environ 3.78% (voir les tableaux 4.4 et 4.5)

	Modèle générique	Modèle spécifique	Pourcentage d'écart
Temps de séjour (en minutes)	484,2	500	3,16%

Tableau 4.4. Comparaison des temps de séjour entre le modèle générique et le modèle spécifique

	Modèle générique	Modèle spécifique	Pourcentage d'écart

Pourcentage de boîtes non stérilisées en fin de journée	11,85%	15,63%	3,78%

Tableau 4.5. Comparaison des nombres de boîtes en fin de journée entre le modèle générique et le modèle spécifique

Nous avons également considéré un profil d'entrée uniforme (arrivée à chaque heure d'un nombre de DM égal au nombre total de paniers DIN traité dans la journée divisé par la taille de la plage horaire d'arrivée quotidienne des DM dans le service de stérilisation), traduisant un lissage des données des arrivées de DM. Les résultats présentés dans le tableau 4.6 montrent qu'avec le modèle générique, le lissage des données d'entrée permet d'améliorer le temps de séjour de 29,4 minutes, soit 6,25% par rapport aux résultats obtenus avec le profil d'entrée non uniforme. Lorsque le modèle détaillé est utilisé, cette amélioration est de 6,67%.

	Modèle générique	Modèle spécifique
Temps de séjour (min)	500	484,2
Temps de séjour avec lissage (min)	470,6	453,9
Ecart (min)	29,4	30,3
Pourcentage de l'écart	6,25%	6,67%

Tableau 4.6. Comparaison de l'impact du lissage entre le modèle générique et le modèle spécifique

Pour le modèle spécifique du CHPSM, nous avions travaillé sur le planning du personnel. Ce dernier n'est pas aussi détaillé dans le modèle générique mais nous pouvons néanmoins proposer des modifications. Nous avons donc construit un nouveau planning du personnel en décalant des horaires de certains postes (conditionnement et stérilisation par autoclave), afin d'avoir une plage d'ouverture plus grande et de pouvoir lancer le dernier autoclave à minuit (au lieu de 20:00), comme cela avait été proposé pour le modèle spécifique. Ceci a pour effet de réduire le nombre de DM non stérilisés en fin de journée. Le tableau 4.7 indique que le pourcentage de boîtes non stérilisées en fin de journée diminue de 15.63% à 3.13% dans le modèle générique et de 11.85% à 5.73% dans le modèle détaillé. Bien qu'utilisant un

planning du personnel simplifié, notre modèle générique réagit comme le modèle spécifique lorsque l'on effectue le même type de modification de répartition du personnel.

	Modèle générique	Modèle spécifique
Pourcentage de boîtes non stérilisées en fin de journée	15,63%	11,85%
Pourcentage de boîtes non stérilisées en fin de journée avec le nouveau planning du personnel	3,13%	5,73%

Tableau 4.7. Comparaison de l'impact du nouveau planning du personnel entre le modèle générique et le modèle spécifique

Les écarts entre les résultats fournis par les deux modèles sont suffisamment faibles pour nous permettre d'utiliser maintenant le modèle générique afin de comparer les performances de plusieurs services de stérilisation.

4.2. Comparaison des services de stérilisation

4.2.1. Résultats

Nous avons construit un modèle générique d'un service de stérilisation qui peut être appliqué à plusieurs services de stérilisation. Notre modèle générique de simulation va être utilisé sur 9 hôpitaux choisis dans la liste des 14 hôpitaux que nous avions retenus pour la méthode DEA, il s'agit des hôpitaux : H1, H2, H3, H4, H5, H6, H8, H9, H11. Les hôpitaux exclus sont des petits hôpitaux pour lesquels seulement 2 ou 3 personnes travaillent dans le service de stérilisation. Nous pensons que le personnel de ces services est polyvalent au cours de la journée de travail (c'est-à-dire qu'une personne va travailler à plusieurs postes dans une même journée de travail). Nous ne pouvons pas alors simuler le comportement des services de stérilisation de ces petits hôpitaux avec notre modèle générique de simulation. Les données relatives à ces 9 hôpitaux étudiés sont collectées à partir des réponses de l'enquête. Ces données sont présentées dans le tableau 4.8a et le tableau 4.8b.

Nom de l'établissement	H1	H2	H3	H4
Paniers DIN par jour	235,9	129,7	123,1	112,5
Estimation du nombre moyen de charges d'autoclave par an	4600	4600	4000	3987
Heure d'ouverture de la stérilisation	06:30	07:00	06:30	07:30
Heure de fermeture de la stérilisation	20:30	20:00	22:00	21:00
Nombre de laveurs désinfecteurs	5	3	4	2
Somme des capacités laveurs désinfecteurs : nombre total de paniers (DIN)	50	24	24	28
Durée d'un cycle standard laveur désinfecteur	01:30	01:00	01:00	01:15
Nombre d'autoclaves	3	3	3	3
Somme des capacités autoclaves : nombre total de paniers (DIN)	40	22	24	22
Durée moyenne d'un cycle standard autoclave (durée du cycle complet pas uniquement du plateau)	01:20	01:15	01:45	01:15
Pré-désinfection	Le matériel arrive en stérilisation en cours de pré-désinfection.	Le matériel arrive en stérilisation en cours de pré-désinfection.	Le matériel arrive en stérilisation en cours de pré-désinfection.	Le matériel arrive en stérilisation en cours de pré-désinfection.
Durée moyenne réelle de la pré-désinfection	entre 15 et 30 minutes	moins de 15 minutes	entre 15 et 30 minutes	plus de 45 minutes
	Loi uniforme entre 15 et 30	Constant 15	Loi uniforme entre 15 et 30	Loi uniforme entre 45 et 50
Fréquence des cas de pré-désinfection de durée excessive (plus de 50 minutes)	Occasionnel	Occasionnel	Occasionnel	Fréquent
Faites-vous un rinçage manuel avant le lavage en laveur désinfecteur ?	Oui	Non	Oui	Non
Règle générale de chargement des laveurs	Minimisation des encours en amont des laveurs (Réduction du stock en attente de lavage)	Maximisation des charges (quantité de DM maximum)	Maximisation des charges (quantité de DM maximum)	Maximisation des charges (quantité de DM maximum)
Règle de chargement des autoclaves ?	Minimisation des encours amonts	Maximisation de la charge	Maximisation de la charge	Minimisation des encours amonts

Tableau 4.8a. Données des services de stérilisation pour la simulation (première partie)

Nom de l'établissement	H5	H6	H8	H9	H11
Paniers DIN par jour	101,3	93,6	74,3	73,6	25,4
Estimation du nombre moyen de charges d'autoclave par an	4388	4295	2759	4100	1100
Heure d'ouverture de la stérilisation	07:00	06:30	06:00	07:00	08:00
Heure de fermeture de la stérilisation	20:00	20:00	21:00	20:00	17:35
Nombre de laveurs désinfecteurs	3	3	3	3	1
Somme des capacités laveurs désinfecteurs : nombre total de paniers (DIN)	30	20	15	26	8
Durée d'un cycle standard laveur désinfecteur	01:10	01:00	01:05	01:30	01:00
Nombre d'autoclaves	3	3	2	3	2
Somme des capacités autoclaves : nombre total de paniers (DIN)	18	17	14	14	12
Durée moyenne d'un cycle standard autoclave (durée du cycle complet pas uniquement du plateau)	01:00	01:30	01:35	01:30	01:30
Pré-désinfection	Le matériel arrive en stérilisation après la pré-désinfection.	Le matériel arrive en stérilisation en cours de pré-désinfection.	Le matériel arrive en stérilisation en cours de pré-désinfection.	Le matériel arrive en stérilisation après la pré-désinfection.	Le matériel arrive en stérilisation en cours de pré-désinfection.
Durée moyenne réelle de la pré-désinfection	entre 15 et 30 minutes	entre 15 et 30 minutes	entre 15 et 30 minutes	entre 15 et 30 minutes	entre 15 et 30 minutes
	Loi uniforme entre 15 et 30	Loi uniforme entre 15 et 30	Loi uniforme entre 15 et 30	Loi uniforme entre 15 et 30	Loi uniforme entre 15 et 30
Fréquence des cas de pré-désinfection de durée excessive (plus de 50 minutes)	Rare	Occasionnel	Rare	Occasionnel	Jamais
Faites-vous un rinçage manuel avant le lavage en laveur désinfecteur ?	Oui	Non	Oui	Non	Non
Règle générale de chargement des laveurs	Minimisation des encours en amont des laveurs	Maximisation des charges	Maximisation des charges	Autre	Autre

Tableau 4.8b. Données des services de stérilisation pour la simulation (seconde partie)

Nous utilisons les mêmes profils d'entrée pour tous les services de stérilisation étudiés, mais nous ajustons le volume d'activité. Nous prenons en compte un planning du personnel présentant un potentiel de travail constant tout au long de la journée selon le personnel disponible pour chaque hôpital (voir tableau 4.9). Nous appliquons les règles de chargement des laveurs indiquées dans les réponses de l'enquête.

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H8	H9	H11
Heure d'ouverture de la stérilisation	06:30	07:00	06:30	07:30	07:00	06:30	06:00	07:00	08:00
Heure de fermeture de la stérilisation	20:30	20:00	22:00	21:00	20:00	20:00	21:00	20:00	17:35
Durée d'ouverture	14:00	13:00	15:30	13:30	13:00	13:30	15:00	13:00	09:35
Nombre ETP	25	9	14	13	13,35	13	9,8	12,6	5,5
Faites-vous un rinçage manuel avant le lavage en laveur désinfecteur ?	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non	Non
Nombre de personnes chaque heure	14	6	7	7	8	8	5	8	5
Répartition du personnel :									
Rinçage	1	0	1	0	1	0	1	0	0
Lavage manuel	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Lavage automatique	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Conditionnement	10	3	3	4	4	5	1	5	2
Autoclave	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tableau 4.9. Les plannings du personnel des 9 hôpitaux simulés

Les résultats de simulation sont montrés dans le tableau 4.10. Le temps de séjour total pour une boîte représente la durée qui s'écoule entre l'entrée de la boîte dans le modèle et la sortie du modèle. Le temps de séjour minimal représente la somme des durées des étapes du processus de stérilisation et ne considère pas le temps passé dans les stocks. En comparant ces deux temps de séjour nous pouvons estimer le temps que les boîtes passent dans les stocks. Le temps passé dans les stocks est un indicateur permettant d'évaluer si des améliorations sont possibles ou non. Le nombre de boîtes de la veille représente le nombre de boîtes non stérilisées en fin de journée précédente. Le nombre de boîtes traitées indique le nombre de boîtes qui entrent dans le modèle générique. Le temps de séjour des boîtes excluant la fermeture représente la durée qui s'écoule entre l'entrée d'une boîte dans le modèle et sa sortie du modèle mais qui ne tient pas compte du temps pendant lequel le service est fermé pour les boîtes qui font partie des « boîtes de la veillé ». Ce temps de séjour des boîtes excluant la fermeture est calculé à partir du temps de séjour total, de la durée de fermeture et du nombre de boîtes de la veille (c'est-à-dire les boîtes non intégralement traitées au moment de la fermeture du service) selon la formule suivante :

Temps de séjour des boîtes excluant la fermeture = (Temps de séjour total * Nombre de boîtes traitées - Durée de fermeture * Nombre de boîtes de la veille) / Nombre de boîtes traitées

Etablissement	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H8	H9	H11
Temps de séjour total (en minutes)	494,4	492,4	434,4	391,6	467,3	381	514,33	470,8	620,7
Temps de séjour total (en heures)	8,24	8,21	7,24	6,53	7,79	6,35	8,57	7,85	10,35
Temps de séjour minimal sans stock (en heures)	3,75	2,85	3,72	3,52	3,26	3,23	3,57	3,73	3,23
Temps dans les stocks (en heures)	4,49	5,35	3,52	3,01	4,53	3,12	5,00	4,12	7,12
Temps de séjour minimal/Temps de séjour total	0,46	0,35	0,51	0,54	0,42	0,51	0,42	0,48	0,31
Proportion de temps passé dans les stocks par rapport au temps de séjour total	54%	65%	49%	46%	58%	49%	58%	52%	69%
Nombre de boîtes de la veille	34	22	10	9	8	7	10	7	4
Nombre de boîtes arrivant au service.	188	94	94	94	79	79	63	63	21
Proportion du nombre de boîtes de la veille par rapport nombre de boîtes arrivant au service	18,1%	23,4%	10,6%	9,6%	10,1%	8,9%	15,9%	11,1%	19,0%
Durée de fermeture (en heures)	10	11	8,5	10,5	11	10,5	9	11	14,5
Temps de séjour des boîtes excluant la fermeture (en minutes)	385,89	337,93	380,14	331,28	400,46	325,18	428,62	397,47	454,99
Temps de séjour des boîtes excluant la fermeture (en heures)	6,43	5,63	6,34	5,52	6,67	5,42	7,14	6,62	7,58

Tableau 4.10. Les résultats de simulation

Nous notons que les paramètres de performance sont très variables : le temps de séjour total varie de 6,35h à 10,35h et le nombre de boîtes de la veille de 4 à 34… La proportion de temps passé dans les stocks est assez variable (de 46% à 69%) et globalement élevée, ce qui devrait pouvoir être amélioré. La proportion du nombre de boîtes restant de la veille est également très variable (de 8,9% à 23,4%). Nous observons que l'hôpital H6 a la meilleure performance non seulement sur le critère du temps de séjour (temps de séjour total et temps de séjour des boîtes excluant la fermeture) mais aussi sur la proportion du nombre de boîtes de la veille par rapport au nombre de boîtes arrivant au service. Au contraire, l'hôpital H11 a les moins bonnes performances puisqu'il a le plus grand temps de séjour (temps de séjour total et temps de séjour des boîtes excluant la fermeture) et la plus grande proportion du nombre de boîtes de la veille par rapport au nombre de boîtes arrivant au service. En regardant les réponses de l'enquête nous observons également que H6 a une plage d'ouverture plus grande que H11 (13,5h pour H6 et 9,6h pour H11). Ce critère de plage d'ouverture a peut-être une influence sur le temps de séjour total dans ces deux hôpitaux. Nous remarquons aussi que les deux meilleures performances (H6, H4) et les deux moins bonnes performances (H11, H8) sur le critère du temps de séjour total se retrouvent sur le critère du temps de séjour des boîtes excluant la fermeture. En ce qui concerne les autres hôpitaux, le classement change en fonction du critère de performance considéré. Notons qu'il peut être intéressant aussi de prendre en compte les investissements de chacun des hôpitaux (ressources humaines et matérielles) quand on les classe en fonction de leur performances (voir paragraphe 4.2.2).

Le tableau 4.11.a et le tableau 4.11.b représentent les réponses de l'enquête sur la performance des services de stérilisation (le texte normal) et les résultats de simulation sur le temps de séjour et sur les stocks (le texte italique et souligné).

Les responsables des services de stérilisation considèrent que le temps de séjour est un critère de performance important. En diminuant le temps de séjour, ils peuvent fournir plus vite les dispositifs médicaux stériles pour les interventions chirurgicales dans les blocs opératoires et limiter le stress. Les temps de séjour estimés par les responsables des services sont toujours moins importants que ceux obtenus par simulation. La question « Durée normale du processus pour un lot (une boîte) ? » de l'enquête précise que l'on demande le temps de séjour total (le temps de séjour de processus qui inclue le temps passé dans les stocks). Ces tableaux 4.11a et.11b montrent que notre modèle permet de fournir des paramètres de performance qui sont souvent mal estimés par les responsables. Dans plusieurs cas il nous semble que les

responsables ont estimé le temps de séjour minimal sans stocks, et non le temps de séjour total. Ils ont omis ou ils n'ont pas la possibilité d'évaluer les durées passées dans les stocks. Par exemple pour l'hôpital H2, le temps de séjour estimé est de moins 3h. Il correspond au temps de séjour minimal sans stock (2,85h) obtenu par simulation alors que le temps de séjour total est nettement plus grand (6,43h). Les responsables des services ont aussi donné leurs objectifs de performance concernant le temps de séjour, ce qui nous incite à chercher des améliorations permettant de diminuer ce critère de performance.

Nom de l'établissement	H1	H2	H3	H4
Durée normale du processus pour un lot (une boîte)	entre 4h et 5h	moins de 3h		entre 3h et 4h
Temps de séjour minimal sans stock (en heures)	***3,75***	***2,85***	***3,72***	***3,52***
Temps de séjour en simulation incluant la fermeture	***8,24***	***8,21***	***7,24***	***6,53***
Temps de séjour en simulation excluant la fermeture	***6,43***	***5,63***	***6,34***	***5,52***
DELAIS : quels sont vos objectifs de performance ?	En dessous d'un temps process de 4h	En dessous d'un temps process de 3h		En fonction du besoin
Quelle est la durée moyenne pour un traitement en urgence ?	entre 3h et 4h	entre 2h et 3h		entre 3h et 4h
Urgence : avez-vous des équipements dédiés ?	Aucun	Aucun	Aucun	Aucun
En fin de journée, dans quel(s) état(s) trouve t'on des lots non traités ?	Lavés, rincés, séchés, conditionnés	Lavés, rincés, séchés		Pré-désinfectés, rincés, immergés dans l'eau
Stock de lavage en fin de journée	***1,43***	***3,07***	***0,44***	***2,60***
Stock de conditionnement en fin de journée	***6,64***	***13,58***	***1,43***	***0,90***
Stock d'autoclave en fin de journée	***26,31***	***5,33***	***8,39***	***5,08***
Stock total en fin de journée	***34,38***	***21,98***	***10,26***	***8,58***
Votre ou vos goulet(s) d'étranglement	lavage	lavage, conditionnement	Lavage	transport bloc-sté, lavage, libération de la charge, étiquetage, traçabilité

Tableau 4.11.a. Comparaison entre les résultats de simulation et l'enquête (première partie)

Nom de l'établissement	H5	H6	H8	H9	H11
Durée normale du processus pour un lot (une boîte)	entre 3h et 4h	entre 3h et 4h	entre 4h et 5h	entre 3h et 4h	entre 3h et 4h
Temps de séjour minimal sans stock (en heures)	***3,26***	***3,23***	***3,57***	***3,73***	***3,23***
Temps de séjour en simulation incluant la fermeture	***7,79***	***6,35***	***8,57***	***7,85***	***10,35***
Temps de séjour en simulation excluant la fermeture	***6,67***	***5,42***	***7,14***	***6,62***	***7,58***
DELAIS : quels sont vos objectifs de performance ?	En dessous d'un temps process de 3h	En dessous d'un temps process de 4h	En dessous d'un temps process de 4h	En dessous d'un temps process de 3h	En fonction du besoin
Quelle est la durée moyenne pour un traitement en urgence ?	entre 2h et 3h	entre 2h et 3h	entre 3h et 4h	entre 3h et 4h	entre 2h et 3h
Urgence : avez-vous des équipements dédiés ?	Aucun	Aucun	Aucun	Aucun	Aucun
En fin de journée, dans quel(s) état(s) trouve t'on des lots non traités ?	Lavés, rincés, séchés	Lavés, rincés, séchés, conditionnés, stérilisés non livrés	Pré-désinfectés, rincés, immergés dans l'eau, conditionnés, stérilisés non livrés	Lavés, rincés, séchés, conditionnés, stérilisés non livrés	Conditionnés, stérilisés non livrés
Stock de lavage en fin de lournée	***2,17***	***1,05***	***0,99***	***1,25***	***3,80***
Stock de conditionnement en fin de journée	***3,80***	***0,34***	***6,63***	***1,97***	***0,00***
Stock d'autoclave en fin de journée	***1,75***	***5,75***	***2,64***	***4,01***	***0,00***
Stock total en fin de lournée	***7,71***	***7,14***	***10,26***	***7,23***	***3,80***
Votre ou vos goulet(s) d'étranglement	transport bloc-sté, lavage	transport bloc-sté, transport sté -> bloc	lavage, stérilisation	réception, vidange, lavage	lavage

Tableau 4.11.b. Comparaison entre les résultats de simulation et l'enquête (seconde partie)

Nous pouvons aussi comparer les résultats de simulation et les réponses de l'enquête sur le critère de performance des stocks en fin de la journée. Dans les résultats de simulation, nous pouvons connaître l'état du stock de lavage, du stock de conditionnement, du stock de stérilisation et du stock total. Dans plusieurs cas, les responsables répondent que les boîtes non traitées se trouvent dans les stocks en amont du lavage, du conditionnement et de la stérilisation ce qui correspond aux résultats de simulation.

4.2.2. Ratios de comparaison

Les résultats de simulation générique sont non seulement utiles pour comparer les performances des services de stérilisation mais aussi pour la méthode des ratios et la méthode DEA. Dans le tableau 4.12, nous présentons tous les input et les output des 9 services de stérilisation retenus qui peuvent servir à la méthode des ratios et la méthode DEA. Nous gardons les 5 input et l'output que nous avons utilisés dans le chapitre 3. Nous rajoutons 2 output qui sont extraits des résultats de simulation pour avoir au final 5 input (somme des capacités des laveurs désinfecteurs, somme des capacités des autoclaves, nombre de

soudeuses, nombre d'ETP total, et durée d'ouverture) et 3 output (volume d'activité, temps de séjour minimum/temps de séjour total, nombre de boîtes traitées chaque jour ; on veut des output dont l'augmentation traduit une augmentation de l'efficience).

DMU	Input					Output		
	Somme des capacités (laveurs désinfecteurs)	Somme des capacités (autoclaves)	Nombre de soudeuses	Nombre d'ETP total	Durée d'ouverture (heures)	Volume d'activité (DIN)	Temps de séjour minimum /Temps de séjour total	Nombre de boîtes traitées chaque jour
H1	50	40	3	25,0	14,0	235,9	0,46	154,0
H2	24	22	1	9,0	13,0	129,7	0,35	72,0
H3	24	24	2	14,0	15,5	123,1	0,51	84,0
H4	28	22	2	13,0	13,5	112,5	0,54	85,0
H5	30	18	3	13,4	13,0	101,3	0,42	71,0
H6	20	17	2	13,0	13,5	93,6	0,51	72,0
H8	15	14	1	9,8	15,0	74,3	0,42	53,0
H9	26	14	1	12,6	13,0	73,6	0,48	56,0
H11	8	12	2	5,5	9,6	25,4	0,31	17,0

Tableau 4.12. Des données d'input et d'output des 9 services de stérilisation retenus

Dans les tableaux 4.13a, b, c, nous avons les ratios de chaque output sur chaque input. Dans le tableau 4.13a, la colonne 1 contient les 9 établissements retenus. La colonne 2 représente le ratio entre le volume d'activité (en paniers DIN autoclave par jour) et la somme des capacités des laveurs désinfecteurs (en panier DIN). Le ratio est indiqué dans la sous-colonne à gauche. La sous-colonne à droite représente le classement des hôpitaux pour ce ratio. La colonne 3 représente le ratio entre le volume d'activité et la somme des capacités des autoclaves (en panier DIN). La colonne 4 représente le ratio entre le volume d'activité et le nombre de soudeuses. La colonne 5 représente le ratio entre le volume d'activité et la quantité de personnel (en ETP). La colonne 6 représente le ratio entre le volume d'activité et la durée d'ouverture du service (en heures). Ils sont déterminés de la même façon que pour la colonne 2. La colonne 7 représente la somme des classements des ratios. Cela a pour but de construire un classement final (colonne 8) pour comparer les services sur chaque output. Les classements sont différents pour chaque ratio, mais si nous regardons le classement final, nous trouvons que les hôpitaux H1, H2, H3 sont les meilleurs hôpitaux, et les hôpitaux H9, H11

sont les moins bons hôpitaux sur l'output « volume d'activité ». On peut en déduire que les plus grands hôpitaux, ceux qui ont le plus grand volume d'activité, utilisent de manière plus efficiente les ressources dont ils disposent. On observe également que les ratios « volume d'activité/Somme des capacités des laveurs désinfecteurs » et « volume d'activité/Somme des capacités des autoclaves » sont très proches entre les hôpitaux. Cela explique que les services sont à peu près aussi efficients pour ce critère.

	Volume d'activité /Somme des capacités (laveurs désinfecteurs)		Volume d'activité /Somme des capacités (autoclaves)		Volume d'activité /Nombre de soudeuses		Volume d'activité /Nombre d' ETP total		Volume d'activité /Durée d'ouverture		Somme des classe-ments	Classe-ment final
	Ratio	Classe-ment	Ratio	Classe-ment	Ratio	Classe-ment	Ratio	Classe-ment	Ratio	Classe-ment		
H1	4,72	4	5,90	***1***	78,63	***2***	9,44	***2***	16,85	***1***	10	***2***
H2	5,41	***1***	5,90	***1***	129,74	***1***	14,42	***1***	9,98	***2***	6	***1***
H3	5,13	***2***	5,13	7	61,54	5	8,79	***3***	7,94	4	21	***3***
H4	4,02	6	5,11	8	56,23	6	8,65	4	8,33	***3***	27	5
H5	3,38	7	5,63	***3***	33,75	8	7,59	5	7,79	5	28	6
H6	4,68	5	5,51	4	46,80	7	7,20	7	6,93	6	29	7
H8	4,95	***3***	5,31	5	74,28	***3***	7,58	6	4,95	8	25	4
H9	2,83	9	5,26	6	73,59	4	5,84	8	5,66	7	34	8
H11	3,17	8	2,12	9	12,69	9	4,62	9	2,65	9	44	9

Tableau 4.13a. Ratio de l'output « volume d'activité » sur les input

Dans le tableau 4.13b, le classement final sur l'output « temps de séjour minimum sur temps de séjour total » est l'inverse du classement final sur l'output « volume d'activité ». Les hôpitaux en bas de tableau sont les meilleurs hôpitaux. Ces hôpitaux ont les plus grands output (c'est-à-dire les plus petits temps de séjour minimum/temps de séjour total) mais ils utilisent moins de ressources pour avoir une bonne efficience. Comme les temps de séjour sont assez proches, les hôpitaux qui ont le moins de ressources sont avantagés dans ce classement. Et dans le tableau 4.13c, nous trouvons que le classement final est proche classement final sur l'output « volume d'activité ». Nous observons que l'impact de chaque output sur les input est différent. Si nous voulons connaître l'impact de l'ensemble des output sur l'ensemble des input, nous pouvons utiliser la méthode DEA.

	(Temps de séjour minimum/Temps de séjour total)/Somme des capacités des laveurs désinfecteurs		(Temps de séjour minimum/Temps de séjour total)/Somme des capacités des autoclaves		(Temps de séjour minimum/Temps de séjour total)/Nombre de soudeuses		(Temps de séjour minimum/Temps de séjour total)/Nombre d'ETP total		(Temps de séjour minimum/Temps de séjour total)/Durée d'ouverture		Somme des classe-ments	Classe-ment final
	Ratio	Classe-ment	Ratio	Classe-ment	Ratio	Classe-ment	Ratio	Classe-ment	Ratio	Classe-ment		
H1	0,009	9	0,011	9	0,152	8	0,018	9	0,033	4	39	9
H2	0,014	7	0,016	8	0,348	***3***	0,039	4	0,027	9	31	7
H3	0,021	4	0,021	7	0,257	5	0,037	7	0,033	4	27	6
H4	0,019	5	0,025	5	0,270	4	0,041	***3***	0,040	***1***	18	5
H5	0,014	7	0,023	6	0,139	9	0,031	8	0,032	7	37	8
H6	0,025	***3***	0,030	***2***	0,254	6	0,039	4	0,038	***2***	17	***2***
H8	0,028	***2***	0,030	***2***	0,416	***2***	0,042	***2***	0,028	8	16	***1***
H9	0,018	6	0,034	***1***	0,475	***1***	0,038	6	0,037	***3***	17	***2***
H11	0,039	***1***	0,026	4	0,156	7	0,057	***1***	0,033	4	17	***2***

Tableau 4.13b. Ratio de l'output «Temps de séjour minimum/Temps de séjour total » sur les input

	Nombre de boîtes traitées chaque jour/Somme des capacités des laveurs désinfecteurs		Nombre de boîtes traitées chaque jour/Somme des capacités des autoclaves		Nombre de boîtes traitées chaque jour/Nombre de soudeuses		Nombre de boîtes traitées chaque jour/Nombre d'ETP total		Nombre de boîtes traitées chaque jour/Durée d'ouverture		Somme des classements	Classement final
	Brut	Classe-ment	Brut	Classe-ment	Brut	Classe-ment	Brut	Classe-ment	Brut	Classe-ment		
H1	3,08	4	3,85	5	51,33	4	6,16	3	11,00	1	17	***1***
H2	3,00	6	3,27	8	72,00	1	8,00	1	5,54	3	19	***3***
H3	3,50	3	3,50	7	42,00	6	6,00	4	5,42	5	25	5
H4	3,04	5	3,86	4	42,50	5	6,54	2	6,30	2	18	***2***
H5	2,37	7	3,94	3	23,67	8	5,32	7	5,46	4	29	8
H6	3,60	1	4,24	1	36,00	7	5,54	5	5,33	6	20	4
H8	3,53	2	3,79	6	53,00	3	5,41	6	3,53	8	25	5
H9	2,15	8	4,00	2	56,00	2	4,44	8	4,31	7	27	7
H11	2,13	9	1,42	9	8,50	9	3,09	9	1,77	9	45	9

Tableau 4.13c. Ratio de l'output «Nombre de boîtes traitées chaque jour» sur les input

4.2.3. Application de la méthode DEA avec les résultats de simulation

Rappelons que dans la comparaison des services de stérilisation avec la méthode DEA, nous ne disposions que d'un seul output (le nombre de paniers DIN stérilisés par jour) extrait de l'enquête. Il y a d'autres output qui peuvent être utilisés dans cette méthode par exemple le temps de séjour minimum/le temps de séjour total et le nombre de boîtes traitées par jour. Ces output sont difficiles à estimer pour les responsables de stérilisation. Mais nous pouvons trouver ces output dans les résultats des simulations précédentes. Donc nous essayons maintenant d'inclure les résultats de simulation dans la méthode DEA pour savoir s'il y a une modification du classement par rapport à la méthode DEA avec un seul output.

Dans le tableau 4.12, nous pouvons trouver les données d'entrée de la méthode DEA des 9 services retenus en utilisant l'enquête (pour le nombre de paniers DIN traités par jour) et les résultats de simulation (pour le temps de séjour minimum sur temps de séjour total et pour le nombre de boîtes traitées chaque jour). Les résultats de comparaison sont donnés avec un seul output (tableau 4.14) et trois output (tableau 4.15).

1 Output	**Volume d'activité**		**Temps de séjour minimum/Temps de séjour total**		**Nombre de boîtes traitées chaque jour**	
DMU	**Efficience**	**Classement**	**Efficience**	**Classement**	**Efficience**	**Classement**
H1	1,00000	1	0,82143	9	1,00000	1
H2	1,00000	1	0,91232	6	1,00000	1
H3	0,94862	4	0,90390	7	1,00000	1
H4	0,86674	8	1,00000	1	1,00000	1
H5	0,95391	3	0,83621	8	0,94542	8
H6	0,93370	5	1,00000	1	1,00000	1
H8	0,91603	6	1,00000	1	1,00000	1
H9	0,89130	7	1,00000	1	1,00000	1
H11	0,58696	9	1,00000	1	0,59028	9

Tableau 4.14. Comparaison des 9 services de stérilisation en utilisant la méthode DEA (CCR orienté input) avec un seul output

3 Output	Volume d'activité Temps de séjour minimum sur temps de séjour total et Nombre de boîtes traitées chaque jour	
DMU	**Efficience de CCR orienté input**	**Classement**
H1	1,00000	1
H2	1,00000	1
H3	1,00000	1
H4	1,00000	1
H5	0,99398	9
H6	1,00000	1
H8	1,00000	1
H9	1,00000	1
H11	1,00000	1

Tableau 4.15. Comparaison des 9 services de stérilisation en utilisant la méthode DEA avec trois output

Nous pouvons observer des classements différents suivant que l'on prend 1 output ou 3 output. Si on utilise un seul output, nous avons des résultats assez proches de ceux de la méthode simple des ratios. Pour l'output « volume d'activité » et l'output « nombre de boîtes traitée par jour », les meilleurs hôpitaux sont en haut et les moins bons hôpitaux sont en bas du tableau. Au contraire, pour l'output « temps de séjours minimum/temps de séjour total », les meilleurs hôpitaux sont en bas et les moins bons hôpitaux sont en haut.

Si on utilise un seul output, nous avons des efficiences différentes pour les services avec un grand écart entre l'efficience maximale et l'efficience minimale (0,41304 avec l'output « Volume d'activité », 0.17857 avec l'output « Temps de séjour minimum sur temps de séjour total » et 0.40972 avec l'output « nombre de boîtes traitées chaque jour). Au contraire si on utilise plus d'un output, cet écart se réduit. Dans le cas de 3 output, cet écart est de 0.0067 et la plupart des services ont un niveau d'efficience égal à 1. Cela peut s'expliquer par le fait que dans la méthode DEA le niveau d'efficience est calculé par une relation entre tous les output,

et tous les input des établissements. Donc si nous utilisons plusieurs output, l'influence des output sur le résultat est contraire et cela conduit à un résultat identique (égal à 1) sur le dernier niveau d'efficience des établissements. Ces résultats nous posent des difficultés pour comparer les services de stérilisation de la région Rhône Alpes en utilisant la méthode DEA avec plusieurs output : nous obtenons quasiment la même efficience pour tous les hôpitaux étudiés. Ces résultats nous incitent à étudier de façon plus approfondie l'application de la méthode DEA à nos données. Il peut par exemple être intéressant d'utiliser d'autres types de méthode DEA (i.e. orienté output). Nous pouvons faire varier le temps de séjour pour améliorer l'efficience du service. Dans cette section nous avons pris le modèle orienté input car nous ne voulions pas toucher à l'output « volume d'activité » et nous voulions agir sur les input pour améliorer l'efficience. En utilisant un modèle orienté output, on pourrait essayer d'améliorer le temps de séjour, par exemple, en gardant les mêmes input. Nous pouvons également réfléchir à d'autres output à utiliser en demandant éventuellement plus d'informations aux services de stérilisation étudiés. Notons que nous avons également utilisé la méthode DEA avec l'output « 1/temps de séjour total », et les résultats que nous avons obtenus sont très proches de ceux qui sont présentés ici.

4.3. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté un modèle générique pour comparer plusieurs services de stérilisation dans la région Rhône Alpes en utilisant les données de l'enquête. Ce modèle générique est validé par une comparaison avec le modèle spécifique du service de stérilisation du CHPSM. Nous avons été amenés à faire des simplifications, par rapport au modèle de simulation spécifique précédent. Les écarts entre les résultats fournis par les deux modèles sont suffisamment faibles pour nous permettre d'utiliser le modèle générique afin de comparer les performances de plusieurs services de stérilisation. Nous avons appliqué ce modèle générique à 9 hôpitaux. Cela permet de réaliser les comparaisons entre ces services sur plusieurs critères de performance, et surtout de faire intervenir le temps de séjour qui est évalué comme un critère important par les responsables des services de stérilisation. Les résultats de simulation sont ensuite utilisés dans la méthode DEA en envisageant plusieurs output. Même si le résultat de la méthode DEA dans le cas de plusieurs output est différent par rapport au cas d'un seul output, cela nous donne déjà un point de vue sur l'ensemble des critères de performance. Dans des travaux futurs, on peut envisager d'utiliser le modèle de simulation, non seulement pour comparer les performances des services, comme on l'a fait

ici, mais aussi pour étudier l'influence des différents paramètres d'input sur les performances (par exemple pour un hôpital donné, faire varier la durée d'ouverture, ou la capacité des autoclaves…).

Chapitre 5

Utilisation de modèles stochastiques pour l'évaluation de performances de services de stérilisation

Dans les chapitres précédents, nous avons travaillé sur les simulations pour analyser et comparer les services de stérilisation. Ces simulations demandent beaucoup de données détaillées sur l'organisation de chaque service de stérilisation. La récupération de ces données est parfois difficile à faire. Nous voulons maintenant proposer des pistes pour analyser un service de stérilisation générique à l'aide de méthodes analytiques. Les études analytiques permettent d'établir un modèle simple utilisant moins de données qu'une simulation détaillée tout en prenant en compte les aléas. Par ailleurs, la rapidité des méthodes analytiques pour fournir des résultats permet leur utilisation pour le dimensionnement des ressources des systèmes étudiés, phase pendant laquelle toutes les données ne sont pas connues avec précision. Ces pistes de recherche sont précédées par un état de l'art sur l'utilisation des modèles stochastiques pour l'analyse des systèmes de production de soins. Ensuite une modélisation par réseau de files d'attente du modèle générique d'un service de stérilisation est présentée comme le point de départ de ces pistes de recherche.

5.1. Etat de l'art sur l'utilisation de modèles stochastiques analytiques pour l'analyse de systèmes de production de soins

Les établissements hospitaliers sont aujourd'hui confrontés à de nombreux défis. Ils concernent notamment l'assurance de la qualité de service et l'augmentation du coût qui ont incité les chercheurs à utiliser des techniques de recherche opérationnelle pour proposer de nouvelles règles de gestion afin d'améliorer la performance et la qualité et de diminuer le coût. Parmi les différentes techniques de recherche opérationnelle que l'on peut trouver dans la littérature, nous nous intéressons ici aux modèles stochastiques, qui peuvent donner lieu à

des études analytiques (modèle à compartiments, théorie de files d'attentes) ou à une combinaison des études analytiques et de la simulation à événement discrets dans le domaine de la santé. Nous nous focaliserons sur l'étude du flux de patients pour ces méthodes.

Pour cela, nous avons cherché des articles traitant de modèles stochastiques dans des journaux du secteur de la santé ou des journaux de recherche opérationnelle, comme "Health Care Management Science", "Journal of the Operational Research Society» ou «European Journal of Operational Research". Plusieurs articles intéressants ont été trouvés dans des conférences sur les systèmes de santé. De plus, nous avons aussi retenu des articles trouvés sur internet en utilisant des bases de données (Medline, Current Content) ou les moteurs de recherche, en recherchant par mots-clés, par noms d'auteurs, ou directement les références de certains articles. Nous avons collecté et analysé 92 articles et nous avons décidé d'éliminer ceux qui sont liés à la simulation et ne portent pas sur le flux du patient. Il nous reste donc 22 articles.

Notons qu'avant 1999 il y a une vaste littérature disponible concernant l'application de modèles stochastiques et de la simulation dans le domaine de la santé. En particulier [Preater, 2001] présente une bibliographie de 166 articles sur l'application de la théorie de files d'attente dans le domaine de la santé et la médecine. [Jun et al., 1999] se sont intéressés à l'utilisation de la simulation à événements discrets dans le domaine de santé (1979-1999). Leur état de l'art est séparé en deux axes majeurs : le flux des patients (planification et admission de patients, orientation des patients, planification et disponibilité des ressources humaines) et le dimensionnement et l'allocation de ressources (lits, salles, ressources humaines). [Fone et al, 2003] présentent un état de l'art systématique lié à l'utilisation de la simulation à événements discrets pour les systèmes de production de soins de 1980 à 1999. Ils se sont intéressés à l'évaluation de l'étendue et de la qualité de la simulation à événements discrets dans quatre grands domaines : la planification et l'organisation des hôpitaux, l'infection et les maladies transmissibles, les coûts et l'évaluation économique et le dépistage. Le contenu détaillé et les résultats des modèles étudiés ne sont pas exposés dans leur article.

Dans ce chapitre, nous nous sommes intéressés aux articles publiés entre 1998 et 2007. Au cours de cette période, la simulation à événements discrets est souvent utilisée, contrairement aux études analytiques (voir le récent état de l'art de [Augusto et Xie, 2006] sur l'utilisation de la simulation à événements discrets pour les systèmes de production de soins de 2001 à 2006). Dans [Augusto et Xie, 2006] les auteurs concluent que les prochains axes de recherche

comportent une volonté forte de généralisation : les méthodologies de modélisation se rationalisent, la combinaison simulation/optimisation devient systématique, allant jusqu'à être intégrée dans les outils de simulation eux-mêmes. Pourtant, les études analytiques ont un avantage : elles permettent d'établir un modèle simple en utilisant moins de données qu'une simulation détaillée et en prenant en compte les aléas, et leur rapidité facilite le dimensionnement. Dans leur article, [Marshall et al, 2005] montrent l'intérêt de certaines méthodes analytiques pour la modélisation du temps de séjour et du flux des patients. Ils focalisent leur état de l'art sur les techniques de modélisation suivantes : les modèles de Markov (incluant la distribution de type phase, et des modèles conditionnels de type phase), les modèles à compartiments, la simulation, en étudiant leur impact et leur aptitude pour la gestion des services hospitaliers.

Le but de notre état de l'art est de montrer comment des modèles analytiques stochastiques sont utilisés dans la littérature pour la modélisation et l'analyse des flux des patients dans les systèmes de production de soins. Nous ne nous sommes pas seulement intéressés aux modèles de Markov et aux modèles à compartiments, mais aussi à la théorie des files d'attente, qui n'est pas traitée dans [Marshall et al, 2005]. Nous considérons également des articles traitant d'une combinaison d'études analytiques et de simulation pour étudier le flux des patients, tout en excluant les documents liés seulement à la simulation. Enfin, nous n'avons pas seulement considéré le temps de séjour, mais nous examinons tous les paramètres de performance qui sont estimés grâce à l'analyse des modèles stochastiques.

5.1.1. Les outils utilisés

Dans cette section, nous nous intéressons à l'utilisation de modèles stochastiques pour l'analyse des systèmes de production de soins. Il existe différentes techniques de recherche opérationnelle qui peuvent être appliquées aux systèmes de production de soins, comme la chaîne de Markov, le modèle à compartiments, la théorie des files d'attente, ou la simulation à événements discrets.

5.1.1.1. Chaîne de Markov

Une chaîne de Markov [Daniel, 2005] (figure 5.1) est un processus stochastique (famille de variables aléatoires), à espace d'états discret et à paramètre (temps) discret ou continu, qui

vérifie la propriété de Markov, à savoir : si l'état d'un processus Markovien est connu à instant donné, alors son comportement futur est indépendant de son passé. A chaque instant, le système peut quitter l'état où il était à l'instant précédent, ou y rester. Les changements d'états sont appelés « transitions ».

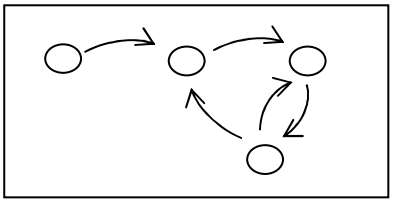


Figure 5.1. Exemple de chaîne de Markov

Lors de l'utilisation d'une chaîne de Markov pour la modélisation du flux des patients, deux types de définitions peuvent être utilisées pour un état i :

- un état i peut représenter un service i dans un hôpital. Quand un patient est transféré d'un service i à un service j (ou a quitté l'hôpital), la chaîne de Markov va de l'état i à l'état j (ou à un état d'absorption). En utilisant ce modèle de chaîne de Markov, le nombre de patients dans un service quelconque à l'instant t peut être calculé.

- un état i peut représenter tous les patients qui ont un temps de séjour de i jours. Quand un patient, qui a déjà passé i jours à l'hôpital, reste un jour de plus (ou quitte l'hôpital), le système évolue de l'état i à l'état i +1 (ou à un état d'absorption). Le nombre moyen de patients peut également être estimé, mais pour l'ensemble de l'hôpital, sur un jour t (et pas dans un service à l'instant t).

5.1.1.2. Modèle à compartiments

Un modèle à compartiments [Godfrey, 1983] (figure 5.2) consiste en un nombre fini de sous-systèmes homogènes, appelés « compartiments ». Ils échangent du matériel entre eux et avec l'environnement. La quantité ou la concentration du matériel à l'intérieur de chaque compartiment est décrite par une équation différentielle du premier ordre. Les modèles à compartiments peuvent être linéaires, non linéaires, déterministes ou stochastiques.

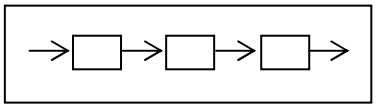


Figure 5.2. Exemple de modèle à compartiments

Au cours des dernières années, les modèles à compartiments ont été appliqués pour modéliser la circulation des patients dans le système hospitalier, chaque compartiment représentant un service de l'hôpital.

5.1.1.3. Réseau de files d'attente

Un réseau de files d'attente [Gelenbe et Pujolle, 1998] (figure 5.3) est un ensemble de stations de file d'attente consistant en une file d'attente, où les entités attendent pour un service, et en un serveur, où les entités bénéficient d'un service. La théorie des réseaux de files d'attente permet le calcul de plusieurs critères de performance, dont le temps moyen d'attente dans la file d'attente ou dans le système (dans notre cas, c'est la file d'attente des patients), le nombre moyen de clients attendant pour recevoir un service et la probabilité que le système soit dans certains états (comme vide, plein, ayant un serveur disponible ou attendant un certain temps pour être servi). Pour représenter une file d'attente on utilise la notation de Kendall, définie dans l'annexe C.

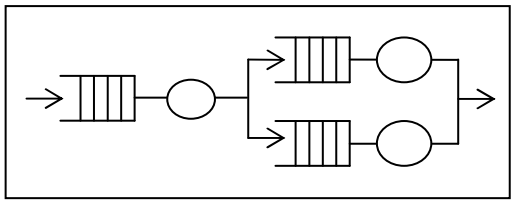


Figure 5.3. Exemple de réseau de files d'attente

5.1.1.4. Simulation à événements discrets

Dans la simulation à événements discrets [Law et Kelton, 1991] (voir un exemple sur la figure 5.4), l'évolution d'un système est représentée par une séquence chronologique d'événements.

Chaque événement se produit à un instant et marque un changement d'état dans le système. La simulation à événements discrets permet d'évaluer la performance que l'on peut attendre d'un système de production. Cet outil est largement utilisé dans la modélisation des systèmes de production de soins.

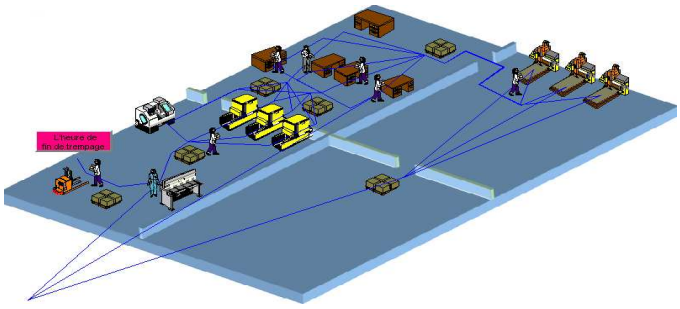


Figure 5.4. Exemple de simulation à événements discrets

5.1.2. Utilisation des chaînes de Markov et du modèle à compartiments pour modéliser le flux des patients

La chaîne de Markov et le modèle à compartiments peuvent être utilisés avec ou sans simulation. Une combinaison entre les études analytiques et la simulation dans le flux des patients est parfois utilisée. Nous pouvons lister les articles en fonction des critères de performance qu'ils estiment. Nous citons trois d'entre eux : le nombre moyen de patients dans le système (et sa variance), la durée de séjour, l'allocation des lits entre les départements.

5.1.2.1. Articles estimant le nombre moyen de patients dans le système et sa variance

Dans [Taylor et al., 1998], un modèle théorique de quatre états (soins aigus, soins de long séjour, communauté et morts) est développé comme un modèle de Markov à temps continu pour décrire le mouvement des patients entrant dans le système à l'instant t = 0. Ils calculent le nombre moyen de patients dans chaque compartiment et les variances de ces valeurs moyennes.

McClean et Millard (1998) étudient un modèle à trois compartiments composé de soins aigus, de convalescence et de soins de long séjour dans un hôpital gériatrique. Ils utilisent un modèle de Markov pour représenter les mouvements des patients entre les services et pour estimer

leur coût. Le nombre moyen de patients est calculé et les coûts sont évalués pour les différentes parties du système. Ils peuvent évaluer et comparer des stratégies et scénarii différents.

Dans [Taylor et al., 2000], les auteurs proposent une approche pour modéliser le temps passé par un patient à l'intérieur et en dehors de l'hôpital gériatrique. Ils utilisent un modèle stochastique de Markov à six compartiments pour calculer le nombre moyen de patients dans chaque compartiment. Le nombre de compartiments et les paramètres sont estimés pour un jour donné en utilisant la méthode du maximum de vraisemblance.

Dans leur article, McClean et Millard (2007) utilisent un modèle de récompense de Markov pour décrire les mouvements du patient dans un hôpital. La distribution des coûts est évaluée à tout moment et les expressions dérivées du coût moyen et de sa variance sont donnés. Ils étudient le même problème que dans leur article précédent [McClean et Millard, 1998] qui s'intéressait uniquement aux coûts dépensés au-delà du temps s'il n'y a pas de nouvelles admissions. Dans cette étude, ils examinent la totalité des coûts du système, des nouvelles admissions et également des patients hospitalisés. Ils appliquent les résultats à trois exemples en intégrant la distribution de type phase de la durée de séjour : un simple modèle de deux états ; un système typique de soins de santé consistant en cinq états (hôpital, maison de retraite, maison du patient, maison de soins infirmiers, et mort) ; et un modèle de type phase à deux états (à l'hôpital et au domicile du patient).

Dans tous ces articles, le nombre d'états et les paramètres de transition associés sont déterminés par l'ajustement de modèles de type phase au temps passé par les patients à l'intérieur et en dehors de l'hôpital gériatrique, en utilisant l'estimation du maximum de vraisemblance.

5.1.2.2. Articles estimant la durée de séjour

La durée de séjour des personnes âgées transférées soit à l'intérieur des maisons de retraite et des maisons de soins infirmiers soit entre les maisons de retraite et les maisons de soins infirmiers en Angleterre est étudiée dans [Xie et al, 2005] en utilisant un modèle de Markov à temps continu. Ces auteurs proposent une procédure pour déterminer le nombre d'états et les paramètres de transition associés en utilisant l'estimation du maximum de vraisemblance. En

évaluant la durée du séjour, les résultats de l'hôpital Merton de London Borough montrent que 64% des patients admis dans la maison de soins infirmiers deviennent des résidents de longue durée.

En utilisant un type particulier de modèle de Markov (la distribution de Cox) Shaw et Marshall (2007) proposent de modéliser la durée du séjour de patients atteints de défaillance cardiaque dans un hôpital. Le flux de patient à travers l'hôpital peut être considéré comme étant constitué de trois étapes de soins (soins de court, de moyen et de long séjour). La distribution de type phase décrit le temps d'absorption d'une chaîne de Markov finie en temps continu, lorsqu'il y a un seul état absorbant et le processus stochastique commence par un état transitoire. La distribution de Cox (voir la figure 5.5) est un cas particulier de la distribution de type phase. Le processus commence par le premier état. Il est plus limité que pour les lois de type phase dans le sens où il doit progresser séquentiellement par les différents états, ou entrer dans l'état absorbant [Marshall et al, 2005]. Dans cet article, les auteurs supposent que le modèle fonctionne avec une capacité maximale et maintient une taille constante (les sorties sont immédiatement remplacées par le même nombre de nouvelles admissions). Ce modèle permet de considérer le nombre de patients à chaque étape dans un état d'équilibre. Les auteurs déterminent le nombre de patients qui demeurent encore dans l'hôpital après t jours où l'état équilibre est atteint en utilisant l'expression de la distribution de Cox. Ensuite ils calculent le nombre moyen de patients nécessaires pour maintenir la taille constante de service pour la période (0, t).

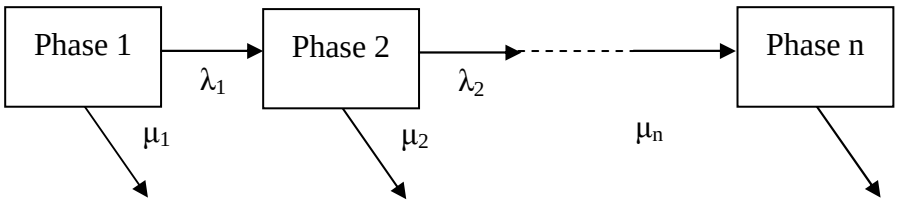


Figure 5.5. La distribution de Cox

Dans l'article de [Marshall et al, 2004], des modèles développés précédemment pour la durée de séjour des patients passant à l'hôpital sont examinés en utilisant la distribution conditionnelle de type phase (C-Ph) pour modéliser la durée du séjour des patients par rapport aux variables explicatives du patient (i.e. grade de Barthel et résultats du patient). Le modèle indique une forte relation entre le grade de Barthel (niveau de dépendance du patient), les

résultats du patient (i. e mort, à la maison ou transfert) et la durée du séjour. La distribution conditionnelle de type phase est une nouvelle approche, développée par ces auteurs, qui utilise la distribution de Cox combinée avec un réseau Bayésien [Marshall et al, 2005]. Le réseau Bayésien est utilisé pour modéliser l'interaction entre les différentes variables du patient afin d'identifier les groupes de patients qui ont la même durée de séjour et de représenter la relation potentielle concernant la cause entre les informations des patients. La distribution de Cox permet d'étudier la durée de séjour continue du patient de divers sous-groupes. Ainsi, la distribution conditionnelle de type phase est une nouvelle approche qui permet la représentation d'une distribution continue, tout en incorporant des informations concernant la cause des relations entre les variables explicatives.

McClean et al (2005) appliquent la distribution conditionnelle de type phase pour modéliser le temps passé par les patients dans un hôpital par rapport aux variables des patients (l'âge du patient et l'année d'admission). Cette méthodologie permet l'attribution au patient d'une classe d'âge en fonction de combien de temps ils peuvent passer à l'hôpital.

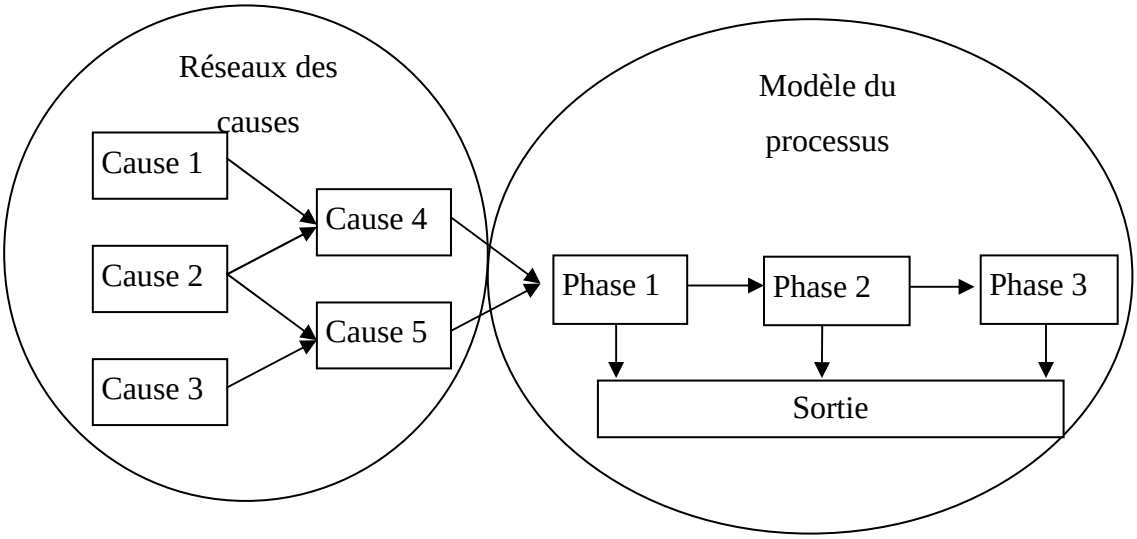


Figure 5.6. La distribution conditionnelle de type phase

Dans ces articles, les auteurs décrivent l'effet des phases de soins et des transferts sur le temps de séjour. Ils étudient par quelles phases les patients passent dans un hôpital et comment les patients sont transférés d'un département à un autre. Ces études aident les administrateurs des hôpitaux à améliorer leur compréhension des effets des changements.

5.1.2.3. Articles estimant l'allocation des lits parmi des départements

Akkerman et Knip (2004) examinent le nombre de lits non utilisés dans les salles d'hôpital afin d'avoir une allocation des lits plus efficace dans un département de chirurgie cardiaque. Ce département de chirurgie cardiaque a deux salles et une unité de soins intensifs. L'objectif est d'aboutir à une distribution plus efficace des lits entre les salles et l'unité de soins intensifs. Trois scénarii sont présentés pour la gestion de l'hôpital, ils sont évalués en utilisant une chaîne de Markov et la simulation. Les états de la chaîne de Markov sont représentés par des nombres entiers de 1 à N, où N est le nombre maximal de jours passés par un patient à l'hôpital, l'état i représente tous les patients qui ont une durée de séjour de i jours. Les auteurs calculent le nombre moyen théorique de lits nécessaires pour l'hôpital pour le jour t, en utilisant la chaîne de Markov. Ensuite, la simulation à événements discrets est utilisée pour évaluer l'occupation des lits.

Discussion :

La chaîne de Markov et le modèle à compartiments sont utilisés pour étudier à long terme le comportement d'un système. On peut notamment estimer le nombre de patients dans chaque département, en supposant que le nombre de lits n'est pas limité, ce qui permet alors de déterminer le nombre de lits requis.

5.1.3. Utilisation des réseaux de files d'attente pour étudier le flux des patients

Dans tous les articles que nous avons trouvés sur les réseaux de files d'attente, les auteurs cherchent à estimer l'allocation des lits entre les départements, le taux d'occupation, et comment le système va changer quand on modifie certains paramètres du modèle. De nombreux articles traitent de plusieurs des sujets ci-dessus.

Exemples d'utilisation de réseaux de files d'attente

Ridge et al (1998) utilisent une simulation et un modèle analytique pour la planification du nombre de lits dans un service de soins intensifs. Ils montrent qu'il existe une relation non linéaire entre le nombre de lits, le taux d'occupation moyen et le nombre de patients qui

doivent être transférés. Un modèle de files d'attente est étudié pour calculer le temps d'attente des patients dans chaque file d'attente. Une simulation est construite à partir du modèle de files d'attente. Ce modèle analytique permet de trouver la durée du régime transitoire (5 ans) et la durée d'exécution (100 ans) nécessaire pour la simulation. À la fin, la simulation est utilisée pour tester l'effet de la modification de certains paramètres.

Tucker et al (1999) examinent les besoins pour l'activation d'une nouvelle équipe opératoire au cours de la nuit. Un modèle de files d'attente est utilisé pour calculer la probabilité d'avoir deux ou plusieurs patients qui ont besoin de l'équipe opératoire en même temps. Comme cette probabilité est faible (0,1%), ils concluent que l'activation d'une deuxième équipe opératoire n'est pas nécessaire. Une simulation de type Monte Carlo (en utilisant Excel) est ensuite utilisée pour calculer la même probabilité et valider les résultats obtenus par le modèle de files d'attente.

Dans [Kim et al, 1999], les auteurs utilisent la théorie des files d'attente et la simulation pour analyser le processus d'admission-sortie dans une ICU particulière (Intensive Care Unit), dans un hôpital public à Hong Kong. L'ICU étudiée reçoit pratiquement tous ses patients de quatre sources différentes. Une file d'attente M / M / s est utilisée pour représenter cette ICU en supposant que tous les types de patients provenant de différentes sources entrent dans l'ICU à travers une seule file d'attente et que toutes les arrivées provenant de chaque source ainsi que le temps de service respectent la loi de Poisson et une distribution exponentielle. Les résultats du modèle de files d'attente aident l'administration de l'hôpital à tester des politiques alternatives afin d'améliorer la performance globale. La simulation est ensuite construite en utilisant des données séparées de sources des patients (quatre types de taux d'admission et quatre types de temps de service). Les résultats de ces deux approches (modèle de files d'attente et modèle de simulation), qui sont généralement similaires, montrent la validation de l'approche analytique en cherchant des résultats globaux pour les quatre sources de patients. Ils contribuent également à améliorer l'occupation et la qualité du service.

L'article de [Chaussalet et al, 2006] vise à modéliser le flux des patients dans un système de soins de santé, avec une application dans un service de gériatrie au Royaume-Uni, afin de fournir une aide à la décision utile pour le responsable du service. Ils utilisent un réseau fermé de files d'attente avec l'hypothèse d'un système toujours plein. Cela signifie que le système fonctionne à une capacité maximale, que la liste d'attente des admissions à l'hôpital n'est

jamais vide, et que dans chaque phase une sortie est immédiatement remplacée par une nouvelle admission dans la 1ère phase. En utilisant les données d'un département de gériatrie au Royaume-Uni qui contient trois phases (soins aigus, réhabilitation et soins de long séjour), ils montrent que leur modèle est utile pour aider les décideurs à bien comprendre le comportement du système et à évaluer l'impact sur les performances des variations de différents paramètres du modèle tels que la durée moyenne de séjour, l'allocation des lits et la probabilité de transfert entre les phases.

Gorunescu et al (2002) utilisent un modèle de files d'attente M / PH / c / N pour montrer comment l'utilisation de lits d'attente peut améliorer les performances tout en maîtrisant les coûts. En utilisant des données statistiques et la théorie de files d'attente, ils montrent comment des modifications de trois critères de performance (durée du séjour, taux d'admission, allocation des lits) influent sur l'occupation des lits, le rejet dans le département gériatrique.

Koizumi et al (2005) étendent les études existant dans la littérature sur les réseaux de files d'attente avec blocage pour analyser la congestion dans un hôpital psychiatrique de Philadelphie. Les résultats mathématiques et les résultats des simulations sont présentés et comparés. Tout d'abord, ils utilisent un modèle sans blocage. Ensuite, ils analysent ce modèle avec blocage, en introduisant la notion de "temps de service effectif", qui contient deux types de temps de service, nommés « temps de traitement » et « temps de blocage ». Le modèle de files d'attente se concentre sur le phénomène du blocage entre trois départements psychiatriques et sur l'allocation des ressources. La simulation est ensuite utilisée pour analyser le comportement du système et tester la robustesse du modèle mathématique proposé. Si le modèle mathématique simplifié est utile pour l'analyse à long terme de la performance, les modèles de simulation sont essentiels pour l'analyse à court terme de la performance.

Dans leur article, Cochrane et Bharti (2006) équilibrent l'occupation des lits dans un hôpital obstétrique et minimisent le blocage des lits. Un réseau de files d'attente ouvert, de type Jackson, est utilisé pour représenter les flux de patients, et pour établir des taux d'occupation des lits. Le taux d'admission et le temps de service sont supposés suivre une distribution exponentielle, et le temps de retard venant du blocage des lits n'est pas inclus. En utilisant la théorie des files d'attente, les auteurs essaient de maximiser le débit du système ou de

minimiser le temps de blocage des patients, par l'ajout de nouveaux lits au niveau du goulet d'étranglement ou par la réallocation des lits de l'unité faiblement utilisée vers celle qui constitue le goulet d'étranglement. Le flux est ensuite amélioré en utilisant la simulation à événements discrets en prenant en compte une durée de séjour non exponentielle, et les blocages.

Bruin et al (2007) examinent la congestion du flux des patients dans le service des urgences cardiaques. Ils veulent déterminer l'allocation optimale des lits pour plusieurs niveaux de service étant donné un nombre maximal de refus d'admission. Un autre objectif est d'indiquer la relation entre les variations naturelles dans l'arrivée, la durée du séjour et les taux d'occupation. Pour les données qu'ils ont utilisées, ils ont vérifié que tous les taux d'admission et le temps de service respectent toujours la loi de Poisson et une distribution exponentielle et ils étudient chaque département individuellement comme une file d'attente M / M / c / c. Dans cette étude, ils n'utilisent pas de simulation parce que la chaîne des soins n'est pas complexe.

Discussion

La théorie de files d'attente est très utile pour équilibrer le système facilement et rapidement, mais elle a des limites. Dans la plupart des cas, il est supposé que le taux d'admission et le temps de service sont exponentiels. En outre, il est difficile de prendre en compte le blocage des lits. L'un des avantages de l'utilisation de la théorie des files d'attente est qu'elle permet de mettre en place un modèle simple en utilisant moins de données qu'une simulation détaillée, tout en gardant l'aspect aléatoire. Ce modèle est souvent utilisé pour étudier les interactions entre les différentes unités ainsi que le phénomène de blocage des lits (dans chaque cas particulier). Nous avons noté certains articles qui combinent la simulation et les méthodes analytique pour plusieurs objectifs : la simulation peut valider des modèles analytiques, tester la robustesse des modèles analytiques ou compléter des modèles analytiques ; les résultats de modèles analytiques peuvent également servir à la simulation (pour déterminer la durée du régime transitoire, fournir des données nécessaires).

5.1.4. Conclusion

Ce paragraphe a présenté un état de l'art sur l'utilisation de modèles stochastiques pour la modélisation et l'analyse des flux des patients. Nous avons été particulièrement intéressés par l'utilisation de méthodes analytiques (chaîne de Markov, modèle à compartiments, théorie des files d'attente) ou l'utilisation d'une combinaison de méthodes analytique et de simulation. Les sujets suivants sont souvent abordés dans ce domaine : calcul de l'allocation des lits entre les départements et des taux d'occupation; calcul du nombre moyen de patients dans le système (et sa variance), calcul de la durée du séjour et détermination de la façon dont le système change lorsqu'on modifie certains paramètres du modèle.

Cette étude nous permet de montrer comment chaque méthode est utilisée pour modéliser des patients dans un système de production de soins dans la littérature. La chaîne de Markov et le modèle à compartiments sont utilisés pour étudier à long terme le comportement d'un système. Ils permettent en particulier d'estimer le nombre moyen de patients dans chaque département en supposant que le nombre de lits n'est pas limité, ce qui permet alors de déterminer le nombre de lits requis. La théorie des files d'attente est très utile pour évaluer la performance des systèmes. Elle peut être utilisée pour développer un modèle simple en utilisant moins de données qu'une simulation complexe, tout en comprenant un aspect aléatoire. Ce modèle est souvent utilisé pour étudier les interactions entre les différentes unités ainsi que le phénomène de blocage des lits. Mais la théorie des files d'attente a ses limites. Le blocage des lits est souvent difficile à analyser, et est seulement étudié dans des cas particuliers. De plus, il est souvent supposé que le taux d'admission et le temps de service sont exponentiels bien que ce soit rarement vrai. La simulation à événements discrets est utilisée lorsque l'on doit étudier un système en détails afin de répondre à des questions du type « que se passe-t'il si ? ». Elle nécessite davantage de données qu'un modèle de files d'attente.

Notons que, dans la plupart des cas rencontrés dans la littérature, la partie la plus importante du travail présenté consiste à modéliser un problème réel en se ramenant à un problème qui peut être résolu à l'aide de méthodes existantes. Dans de rares cas, les auteurs développent de nouvelles méthodes de résolution.

5.2. Modélisation par réseau de files d'attente du modèle générique d'un service de stérilisation

Dans les paragraphes précédents, nous constatons que les méthodes analytiques ont souvent été utilisées pour étudier les systèmes de soins. Nous allons étudier la possibilité d'utiliser une méthode analytique pour analyser le modèle générique d'un service de stérilisation, au-delà des simulations que nous avons utilisées dans les chapitres précédents. La difficulté de cette analyse réside dans le traitement de lots de taille différente aux différents postes ainsi que dans la constitution des lots. Le modèle de la figure 5.7 va nous servir par la suite pour localiser les difficultés.

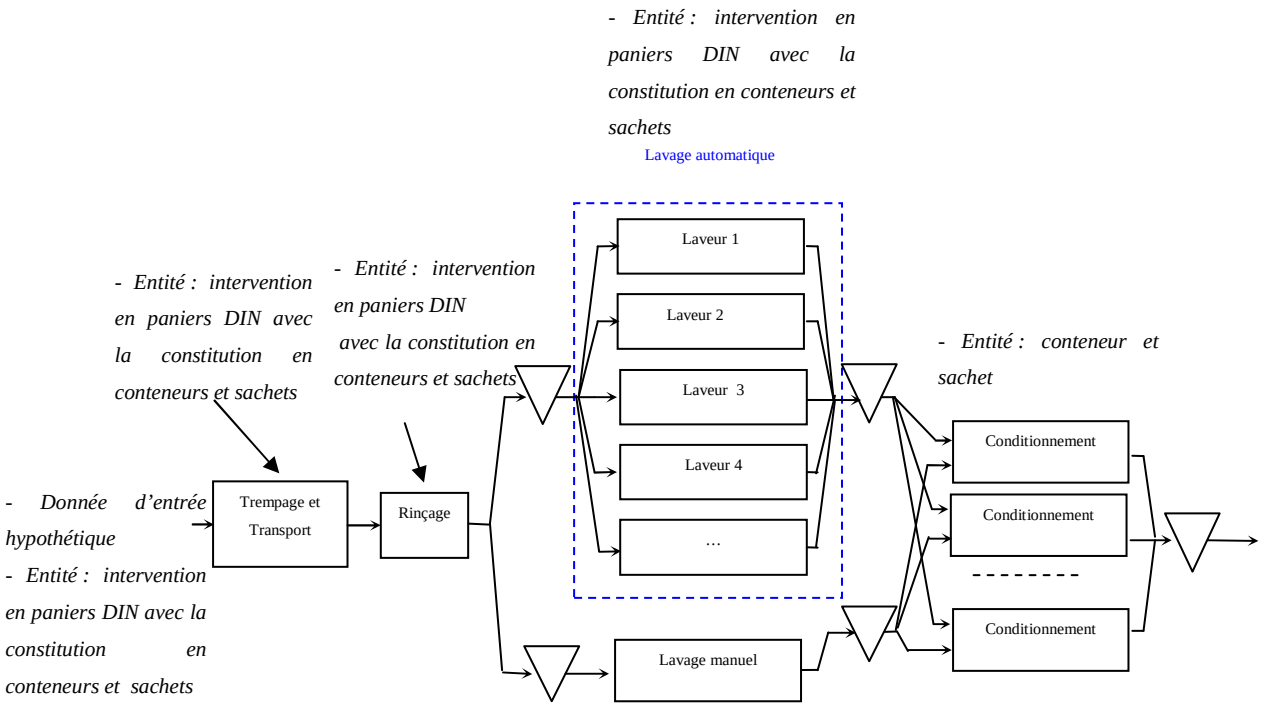


Figure 5.7. Modèle non détaillé d'un service de stérilisation

Nous savons que les chirurgiens utilisent plusieurs dispositifs médicaux pour une intervention chirurgicale. Avant chaque intervention chirurgicale, tous les DM (conteneurs ou sachets) requis pour une intervention sont préparés et sont mis sur le même chariot. Et après une intervention chirurgicale, ils sont transférés ensemble dans le service de stérilisation (l'étape de trempage et de transport dans la figure 5.7). Donc les DM utilisés lors d'une intervention chirurgicale peuvent être considérés comme un lot de DM. En amont des laveurs, l'entité qui

se déplace dans le système est appelée « intervention » et après les laveurs, chaque intervention est divisée en conteneurs et en sachets, dont la quantité dépend de l'intervention (voir la figure 5.7). Les entités qui circulent dans le service de stérilisation peuvent être traitées par lots ou une par une. Cela dépend de chaque étape du processus. Les lots de tailles différentes aux différents postes et les changements de constitution des lots posent des difficultés pour la modélisation et l'analyse.

Nous voulons dans cette section montrer quelques pistes d'analyse de performance du service. Nous avons commencé par étudier ce qui se fait dans la littérature sur l'analyse de réseau de files d'attente par lots. Des travaux intéressants existent aussi bien pour les réseaux de files d'attente à temps continu que pour les réseaux de files d'attente à temps discret. Nous étudions donc l'application de ces deux types d'outils à notre cas après les avoir présentés rapidement et donné quelques éléments de comparaison entre eux. Pour cela, nous commençons par une étude bibliographique sur l'utilisation des files d'attente à temps continu puis à temps discret pour le traitement par lots. Une proposition de modélisation d'un service de stérilisation par un réseau de files d'attente par lots à temps discret, puis à temps continu est ensuite fournie. Nous mettons en évidence les extensions à apporter aux méthodes existant dans la littérature pour pouvoir traiter le cas d'un service de stérilisation.

5.2.1. Réseau de files d'attente à temps discret et à temps continu : définitions et différences

Le temps discret signifie que nous observons notre système à des instants numérotés dans l'ordre 0, 1, 2,… L'intervalle de temps entre deux instants successifs est appelé la longueur d'une unité de temps et est supposé constant. Par conséquent, les événements dans un temps discret ne sont enregistrés qu'aux instants qui sont des multiples de la longueur d'une unité de temps. Au contraire, le temps continu signifie que nous observons notre système à n'importe quel instant t et que la longueur d'une unité de temps est très petite ou 0.

Dans la théorie des files d'attente, les réseaux de files d'attente à temps discret ne calculent pas seulement les performances moyennes mais aussi leur distribution. De plus, ils permettent d'avoir des données sous forme de distribution quelconque.

Nous discutons maintenant des avantages de modélisation du flux des produits en temps discret et en temps continu. L'analyse d'un réseau de files d'attente à temps continu est très

étudiée dans la littérature. Depuis l'existence, dans les années 1980, de la transmission des paquets de données dans les réseaux de communication, tels que les réseaux ATM (Asynchronous Transfer Models), les scientifiques en télécommunication ont étudié des modèles de files d'attente à temps discret. Des modèles de files d'attente à temps discret sont également utilisés pour décrire le flux des produits. Les avantages de modélisation du flux des produits en temps discret et en temps continu sont discutés ci-dessous en regardant les critères suivants : la précision et la classification de l'analyse des files d'attente à temps discret par rapport à l'analyse des files d'attente à temps continu et la simulation.

En ce qui concerne la précision, Schleyer (2007) a présenté dans sa thèse une comparaison de la précision des résultats obtenus avec le modèle de files d'attente à temps continu et avec le modèle de files d'attente à temps discret. L'analyse d'une file d'attente G/G/1 en temps continu est étudiée pour calculer le temps d'attente dans la file d'attente en utilisant une approximation de deux paramètres : l'inter-arrivée et le temps de service. En revanche, une approche est proposée pour déterminer la distribution du temps d'attente d'une file G/G/1 en temps discret avec un ε-quartier. Il compare ces deux approches sur quatre exemples. Dans chacun des quatre exemples, il modifie la distribution du temps de service, mais il garde la valeur moyenne et le coefficient de variation constants. En comparant les résultats de l'approche en temps continu avec les résultats obtenus par l'approche en temps discret, il constate que l'analyse des files d'attente à temps discret donne souvent un plus haut niveau de précision des résultats obtenus.

Nous mentionnons maintenant quelques limites de l'analyse des files d'attente à temps discret par rapport à l'analyse des files d'attente à temps continu et à la simulation : le niveau de détail du modèle et l'efficience. Si nous considérons le niveau de détail requis et le temps de calcul comme des critères pour la classification de l'analyse des files d'attente à temps discret par rapport à l'analyse à temps continu et à la simulation, la classification est illustrée sur la figure 5.8. Pour modéliser un flux de produit on doit considérer le niveau de détail et l'efficience qui est nécessaire pour son analyse. On doit évaluer les avantages et les limites de chaque approche avant de choisir l'outil le plus approprié. Souvent, les méthodes analytiques et la simulation sont utilisées ensemble pour l'analyse du système. Cette combinaison a été évoquée dans les sections précédentes (5.1.3) dans le domaine de la santé.

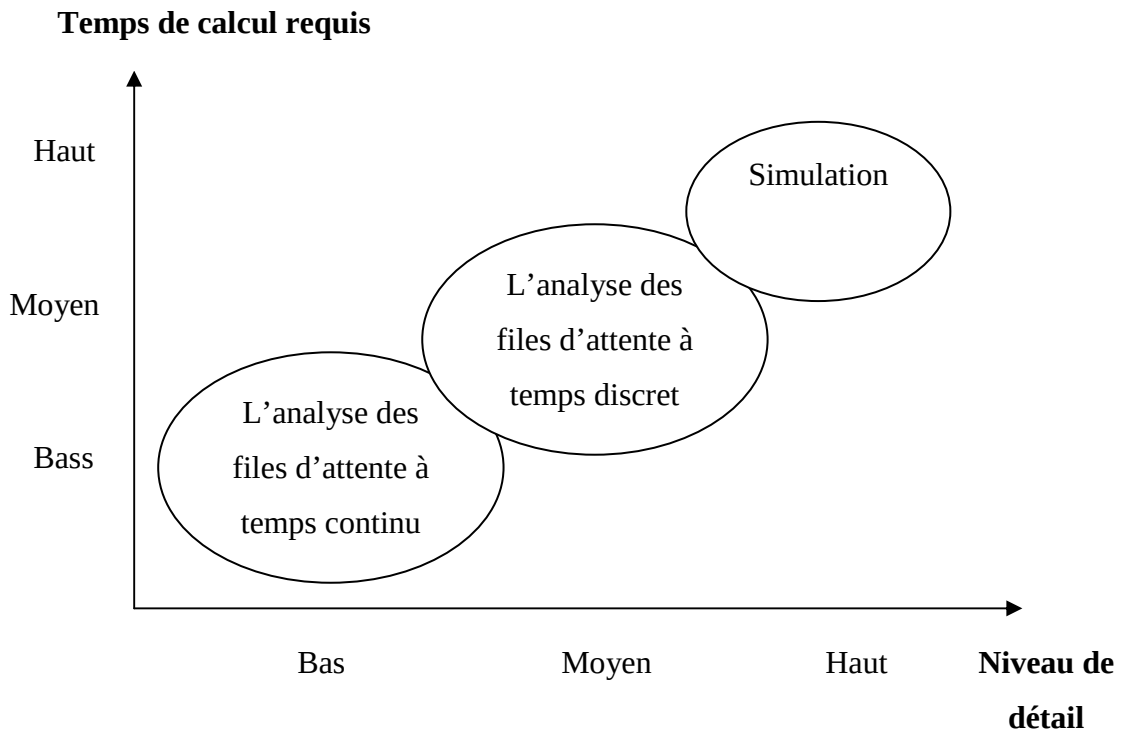


Figure 5.8. La classification de l'analyse des files d'attente à temps discret par rapport à l'analyse des files d'attente à temps continu et à la simulation [Schleyer, 2007]

5.2.2. Utilisation de réseaux de files d'attente dans la littérature pour le traitement par lots

5.2.2.1. Le traitement par lots

Dans les systèmes de production, on peut souvent trouver des opérations effectuées par lots. La raison de la construction des lots est simple et évidente : améliorer les performances du processus par l'utilisation efficace des capacités. Nous pouvons présenter quelques exemples sur la nécessité de construction d'un lot dans le flux des matériaux : le transport des produits, l'installation des machines, le fonctionnement simultané des produits de même type et la livraison des produits. Dans la plupart des cas, il est plus efficient de transporter et de fabriquer un lot de produits plutôt qu'un seul produit. Souvent les coûts d'opération (pour un cycle de transport et un cycle de fonctionnement) d'un produit ou d'un lot de produits sont les mêmes. Ainsi le coût d'opération par produit diminue lorsqu'on augmente la taille du lot traité. Mais l'utilisation de grandes tailles des lots cause des attentes dans le processus avec une augmentation des stocks. La possibilité de satisfaction de la demande est ainsi diminuée

lorsque la taille des lots augmente. Donc, la détermination d'une taille optimale de lot est un problème souvent posé dans l'optimisation des flux de produits.

Par ailleurs, nous pouvons trouver aussi le traitement par lots dans d'autres types de systèmes. Le but de construction d'un lot est le même : la capacité. Par exemple dans les transports en commun, on cherche à réunir un nombre spécifique de passagers avant de réaliser le transport. Cela permet de diminuer le coût de transport par passager. Dans un système d'information de communication, la mémoire, la performance du processeur et la capacité des réseaux de communication ont des limitations physiques. Donc, il faut collecter un paquet de données avant d'envoyer et de traiter des données. Dans la vie quotidienne, nous pouvons trouver aussi des exemples sur le traitement par lots. Par exemple, les gens arrivent en groupe pour visiter un musée et le guide du musée attend jusqu'à ce qu'un nombre donné de personnes soit atteint avant de commencer la visite.

5.2.2.2. Réseaux de files d'attente à temps continu

Nous étudions maintenant dans la littérature, ce qui existe comme méthodes analytiques pour analyser des réseaux de files d'attente par lots à temps continu. Dans le domaine du temps continu, il y a un très grand nombre d'articles qui analysent une file d'attente unique avec lot. Cette analyse peut se faire en considérant une arrivée par lots, un service par lots ou les deux. Plusieurs types de distribution sont appliqués aux arrivées par lots, comme par exemple la distribution de Poisson, une distribution générale, ou générale indépendante… Pour le temps de service, les auteurs utilisent souvent des distributions déterministe, uniforme, Erlang, exponentielle, hyper-exponentielle… Les articles peuvent traiter le service avec une phase ou deux phases. Pour chaque phase les clients peuvent être servis par lots ou un à un. Plusieurs articles considèrent une période de non activité des serveurs avec différentes règles de non activité. Nous nous intéressons ici uniquement aux articles qui traitent un réseau composé de plusieurs files d'attente à temps continu.

La plupart des travaux reposent sur une extension de la méthode paramétrique proposée par Whitt [Whitt, 1983] pour analyser un réseau de files d'attente ouvert avec traitement unitaire. Cette approche de décomposition paramétrique permet de calculer approximativement les performances telles que le nombre moyen de clients et le temps moyen d'attente à chaque file d'attente. Ces résultats permettent de déduire les performances du réseau de files d'attente en

respectant les deux hypothèses suivantes : chaque file d'attente est analysée en isolation pour calculer ses performances, l'approximation à 2 paramètres du processus d'arrivée à chaque nœud fournit des résultats suffisamment exacts.

Karmarkar et al. (1985) considèrent le traitement des lots dans une approche de décomposition paramétrique pour analyser les réseaux de files d'attente fermés. Ils restreignent leur étude à des files d'attente M/M/1 et utilisent une taille constante de lot pour chaque opération sur un type de produit.

Calabress et Hausmann (1991) développent un modèle pour étudier les interactions entre des décisions de taille du lot et le routage des lots en utilisant un réseau de files d'attente fermé. Une heuristique est développée pour déterminer simultanément la taille du lot et le routage des lots. Des exemples numériques sont fournis afin d'illustrer les résultats obtenus. Les stations du serveur sont modélisées par des files M/M/c.

Bitran et Tirupati (1989) évaluent des approximations pour le processus de départ d'une station avec un service multi-produits par lots. Ils supposent que l'inter-arrivée et le temps de service de chaque type de produit est le même. Ils présentent des méthodes pour calculer le coefficient de variation du temps d'inter-départ et la distribution de la taille du lot de départ. Les solutions obtenues peuvent être utilisées pour analyser les réseaux des files d'attente ouverts avec un traitement par lots.

Curry et Deuermeyer (2002), et Meng et Heragu (2004) analysent des réseaux généraux de files d'attente avec le traitement par lots. Les recherches de ces auteurs sont basées sur la méthode de décomposition paramétrique proposée par Whitt (1983). Ils évaluent des expressions analytiques pour les trois opérations du réseau (groupement, séparation et départ) qui sont nécessaires pour calculer le coefficient de variation du temps d'inter-arrivée à chaque nœud. Curry et Deuermeyer (2002) étudient trois modèles de services par lots. Meng et Heragu (2004) obtiennent les mêmes résultats avec une approche un peu différente. Ils introduisent la notion de taille relative du lot qui donne un compromis entre la taille du lot d'une opération et la taille du lot de l'opération suivante.

Louw et Page (2004) décrivent une approche de modélisation d'un réseau ouvert de files d'attente pour estimer le temps d'attente dans les systèmes de production. La procédure

d'estimation du temps d'attente est basée sur l'analyse d'un réseau ouvert de files d'attente GI/G/m avec multi-produit. Différentes équations, proposées par Whitt (1983) dans différentes publications, ont été combinées en une nouvelle procédure d'estimation du temps de d'attente.

Economou (2002) considère une file d'attente avec un seul type de client, le service par lots. Il l'utilise comme un module pour la construction d'un réseau de files d'attente. Chao et al. (1996) considèrent un modèle similaire avec $M/M^Y/1$ et prouvent qu'il possède une distribution stationnaire de forme géométrique, sous l'hypothèse que si le nombre d'unités présentes à une période d'activité de service est inférieur au nombre requis d'unités, toutes les unités se groupent dans un « lot incomplet » (défectueux) qui sort du système. Economou ne considère pas cette hypothèse, c'est-à-dire qu'il considère que les lots incomplets restent dans le système. Il prouve que la distribution stationnaire de sa file d'attente est presque une forme géométrique. En s'aidant d'arguments de quasi-réversibilité, il construit un réseau de files d'attente qui fournit des limites et des approximations pour le comportement de l'ensemble du processus.

5.2.2.3. Réseaux des files d'attente à temps discret

Nous nous intéressons maintenant l'utilisation de réseaux de files d'attente à temps discret avec traitement par lots. Dans la littérature on trouve essentiellement des articles analysant une file unique, dont l'arrivée ou le service se fait par lots suivant différentes distributions. A notre connaissance, seul Schleyer (2007) analyse un réseau de files d'attente complet. Nous citons dans le paragraphe suivant quelques exemples d'analyse de files d'attente unique (voir [Schleyer, 2007] pour plus de détails) avant de présenter les travaux de Schleyer sur les réseaux.

[Brière et Chaudhry, 1987] réalisent des calculs numériques pour un modèle de file d'attente $GI^X/M/1$ avec l'arrivée par lots. Ils proposent une approche pour calculer les moments et la distribution du nombre de clients dans l'état d'équilibre à l'instant d'arrivée des clients.

[Chaudhry et Gupta, 1997] proposent une approche permettant de résoudre une file d'attente $GI^X/Geom/1$ avec une arrivée par lots en temps discret. Ils calculent la longueur de la file d'attente et la distribution du temps d'attente pour les arrivées en avance et en retard.

La file d'attente GI^X/Geom/m à temps discret est évaluée dans [Chaudhry et al, 2001]. Ils analysent l'état d'équilibre du système en utilisant la chaîne de Markov incluse et aussi le nombre moyen de clients dans le système. De plus, la distribution du temps d'attente d'un client d'un lot dans la file d'attente est donnée.

[Chaudhry et al, 1987] calculent l'état d'équilibre d'une file d'attente $M/G^{[L;\ K]}/1$. Ils évaluent le comportement du système par des expériences numériques en utilisant les distributions déterministe, uniforme, Erlang, et deux-hyperexponentielle pour le temps de service.

[Dümmler, 1998] analyse en temps discret une file d'attente $M/G^{[L;\ K]}/1$ contrôlée par la règle de la taille minimum du lot. Comme le processus d'arrivée est Markovien, le système peut être analysé par la chaîne de Markov incluse. Il détermine la distribution du temps d'inter-départ et la taille du lot de départ.

Nous nous intéressons plus particulièrement au travail de Schleyer (2007). L'objectif de sa thèse est de développer les modèles appropriés pour évaluer les traitements par lots à temps discret dans le flux des matériaux. Dans son étude il commence par étudier différents processus de construction des lots (règle suivant la capacité, règle suivant le temps de sortie, et règle suivant la taille minimum du lot). Pour chaque mode de construction, il calcule la distribution du temps d'inter-départ et du temps d'attente. Ensuite, il introduit des modèles analytiques pour évaluer la file d'attente G/G/1 avec l'arrivée par lots, la file d'attente $G/G^{[K,\ K]}/1$, la file d'attente $G/G^{[L;\ K]}/1$ et l'opération de séparation des lots. Pour chaque modèle il fournit des méthodes pour analyser le processus d'attente et de départ en se basant sur des distributions discrètes. En plus de la description analytique, il signale le comportement du système de chaque modèle analytique. Il étudie aussi les files d'attente avec le traitement par lots en réseaux. Pour étudier un réseau de files d'attente ouvert à temps discret, on analyse chaque file en isolation. Pour chacune, on obtient ainsi la distribution du temps d'attente (qui peut être utilisée pour une évaluation des performances) et la distribution du temps d'inter-départ (qui peut être considérée comme une arrivée pour les stations suivantes dans un réseau).

Dans son mémoire de thèse, Schleyer a étudié différents éléments d'un réseau de file d'attente à temps discret. Il calcule des performances pour chaque élément. Par exemple la distribution

du nombre de clients dans la file d'attente à l'instant de départ, la distribution du temps d'attente, la distribution de la taille du lot de départ et la distribution du temps d'inter-départ. Nous citons maintenant les éléments que nous estimons utiles à l'analyse de notre réseau de files d'attente d'un service de stérilisation.

Construction des lots : la règle de temps de sortie :

Pour la règle de temps de sortie, nous supposons que le temps pour le processus de constitution de lot est donné par le temps t_{sortie} et il y a une capacité illimitée pour les lots. Cela signifie que les clients arrivés sont collectés pendant un temps constant t_{sortie} et que les tailles des lots sortant ne sont pas fixes.

Par exemple, ce type de collecte est représenté dans le système « milkrun ». Le terme « milkrun » décrit un mode de transport, où les stations prédéterminées de déchargement et de chargement sont visitées par un véhicule de transport à des horaires fixes. La route « milkrun » est répétée à fréquence régulière. Avec cette méthode, il est possible de calculer le nombre d'unités collectées à la station de chargement pendant une durée déterminée. Les résultats peuvent être utilisés pour le dimensionnement des stocks aux stations de chargement et pour la configuration d'une fréquence convenable de « milkrun ».

En outre, cette approche analytique peut également être utilisée pour l'étude des processus stochastiques dans d'autres domaines, comme l'étude du trafic routier. Nous pouvons examiner un horaire de bus qui est associé à une liste des arrêts du bus et à un trajet prédéterminé. A chacun de ces arrêts, les passagers arrivent à des intervalles de temps stochastiques pendant une durée t_{sortie}. De plus, ils arrivent souvent en groupes, c'est-à-dire par lots. Avec les données d'arrivée à chaque arrêt de bus, nous pouvons calculer la capacité requise pour les bus sur leurs trajets et la fréquence de passage requise à un arrêt de bus afin d'atteindre un niveau de service prédéfini.

Avec cette règle, la taille du lot collecté dépend du nombre de lots arrivés pendant t_{sortie} et de la taille des lots arrivés. Si des grandes quantités arrivent à des courts intervalles, la taille du lot collecté devient énorme. Un processus de collecte suivant une règle de temps de sortie est illustré dans la figure 5.9. La distribution de la taille du lot de départ et la distribution de temps d'attente sont calculées dans [Schleyer, 2007].

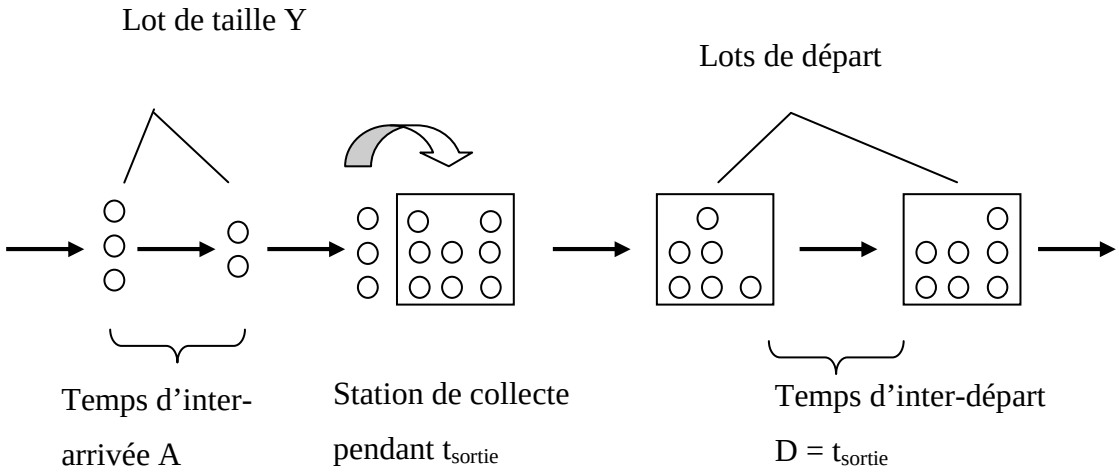


Figure 5.9. Processus de collecte suivant la règle du temps de sortie

Arrivée par lots avec une taille stochastique directement dans une file d'attente $G^X/G/1$:

La file d'attente $G^X/G/1$ avec l'arrivée par lots de taille variable peut être décrite comme suit. Le flux d'arrivée est donné par le temps inter-arrivées, A, et par la taille du lot, Y. Les deux sont des variables aléatoires. Un client peut être servi à la station de la file d'attente $G^X/G/1$ avec le temps de service B. Lorsque le serveur est libre à l'instant d'arrivée d'un lot, un client quelconque du lot peut être servi immédiatement. Les autres clients doivent attendre jusqu'à ce que le serveur soit de nouveau libre. Quand un client arrive à l'instant où le service d'un client se termine, on suppose que le client servi quitte le système avant que le client arrivé entre le système. Dans la figure 5.10, nous illustrons la file d'attente $G^X/G/1$ avec une taille variable du lot arrivé. La distribution du temps d'attente, la distribution du temps d'inter-départ, la distribution du nombre de clients à l'instant d'arrivée peuvent être calculées dans ce cas [Schleyer, 2007].

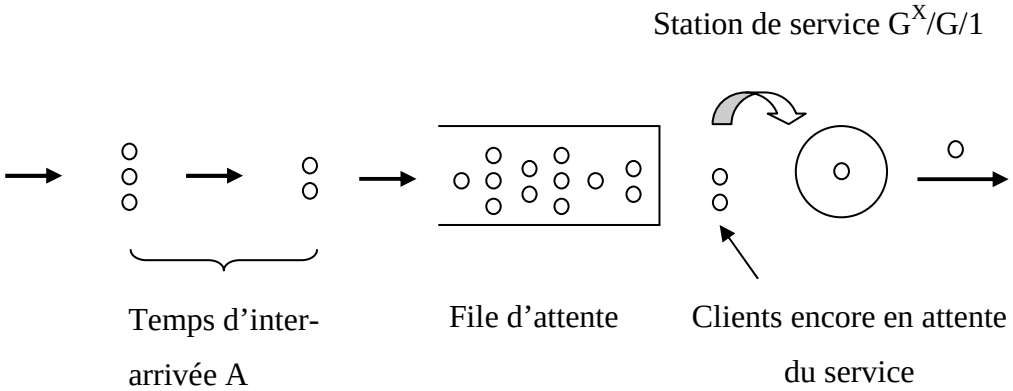


Figure 5.10. Arrivée par lots, avec une taille stochastique, dans une file d'attente $G^X/G/1$

Stratégie de contrôle de service par lots : le principe de la taille minimum du lot

Un serveur du lot traité par la politique de lot minimum fonctionne comme suit. Le serveur du lot a une capacité maximale de K clients. Lorsque le service du lot se termine et qu'il y a moins de L clients en attente, le serveur reste inactif jusqu'à ce que L clients soient accumulés dans la file d'attente. S'il y a plus de L et moins de K clients en attente, l'ensemble de la file d'attente est servi. Et s'il y a plus de K clients accumulés, on sert K clients et la longueur de la file d'attente est réduite. Le minimum de la taille du lot L est une constante arbitraire entre 1 et K. La notation de Kendall du système est $G/G^{[L,\ K]}/1$. Ce cas d'étude est présenté dans la figure 5.11. Dans l'étude de cet élément, Schleyer a calculé la distribution du nombre de clients à l'instant de départ, la distribution de la taille du lot de départ, la distribution du temps d'inter-départ et la distribution du temps d'attente.

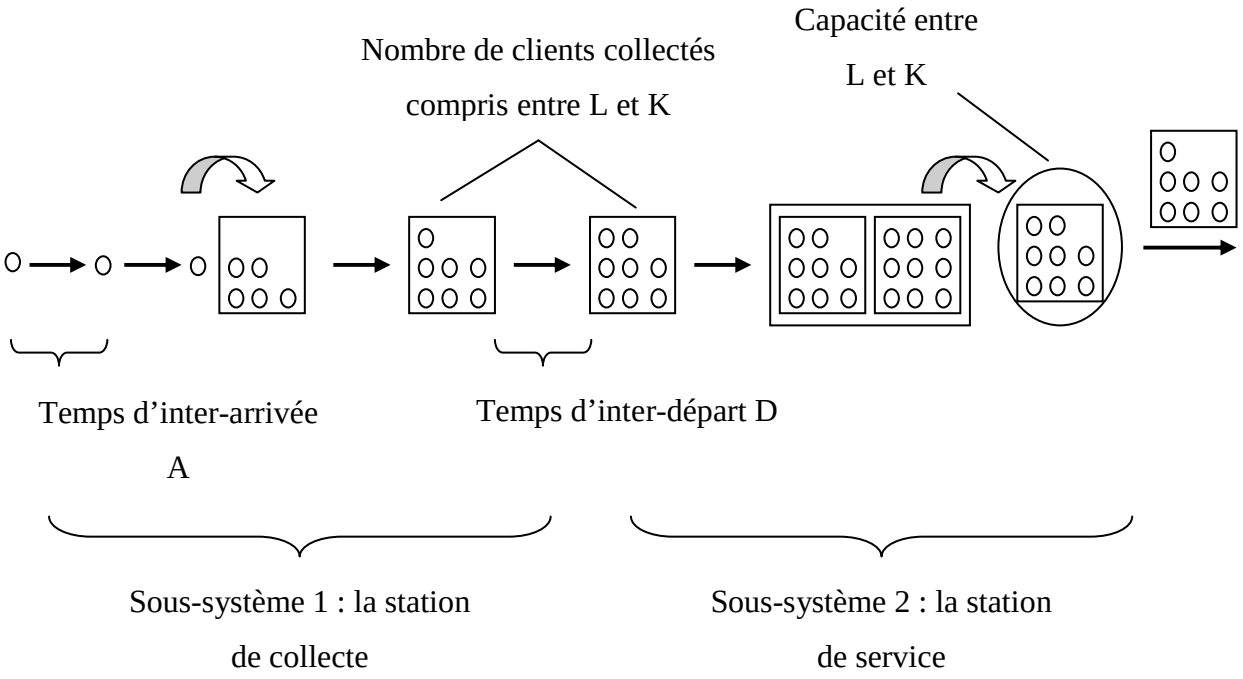
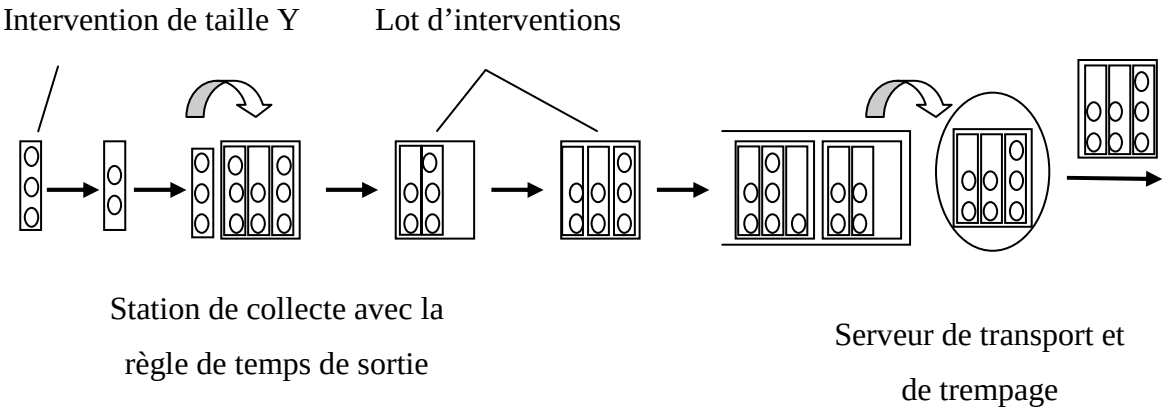


Figure 5.11. Le système de file d'attente $G/G^{[L,\ K]}/1$ qui comporte 2 sous-systèmes (la station de collecte, où les lots sont construits et la station de service, où les lots sont traités)

5.2.3. Application des réseaux de files d'attente pour la modélisation d'un service de stérilisation

5.2.3.1. Réseaux de files d'attente à temps discret

Nous proposons maintenant un réseau de files d'attente d'un service de stérilisation. Le réseau de files d'attente est présenté en temps discret et il comporte les éléments qui sont présentés dans [Schleyer, 2007], certains étant résolus, d'autres non. Dans ce paragraphe nous réalisons des simplifications par rapport au processus réel pour construire, dans un premier temps, un réseau simple de files d'attente d'un service de stérilisation. Les données d'entrée dans le service de stérilisation sont les interventions contenant plusieurs boîtes équivalentes et dont la quantité dépend de chaque type d'intervention. Nous avons supprimé les sachets dans les interventions et nous les avons remplacés par des boîtes équivalentes (voir §2.3.4). Le lavage manuel n'est pas considéré dans ce réseau de files d'attente. Nous commençons la modélisation par la première étape : transport et trempage (voir la figure 5.12).



Client : intervention

Arrivée unitaire

Constitution d'un lot de taille variable

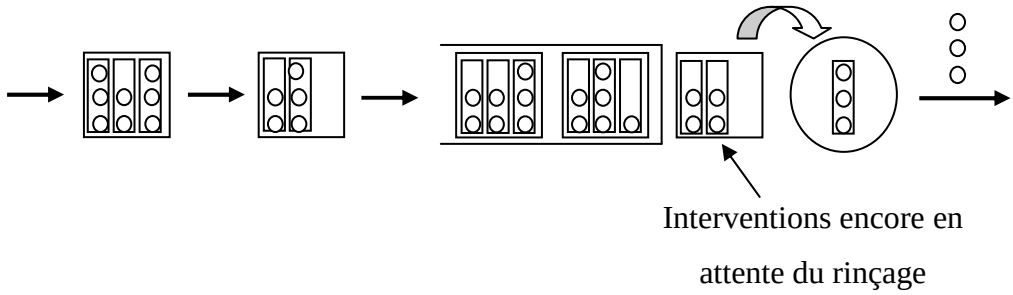
Service par lot

Figure 5.12. Les files d'attente pour le transport et trempage : la station de collecte avec la règle de temps sortie suivie d'une station de service G/G/1

Une intervention contient plusieurs boîtes équivalentes. La quantité de boîtes dépend de chaque intervention. Les interventions sont collectées devant les salles d'opération pour être

descendues ensemble dans le service de stérilisation selon la règle de temps de sortie (voir *Construction des lots : règle de temps de sortie,* au ci-dessus). Dans l'étude de la règle de construction des lots présentée par Schleyer (2007), le temps t_{sortie} est constant. En pratique, le temps t_{sortie} n'est pas fixe (nous connaissons la distribution des tailles des interventions, la distribution des intervalles entre l'arrivée des lots et la distribution du temps de transport et trempage). Nous pouvons considérer $t_{sortie,}$ fixe, si nous voulons étudier l'influence d'un ramassage régulier des DM, comme nous l'avons fait dans le chapitre 2. Au contraire, si nous voulons prendre en compte le fait que t_{sortie} n'est pas forcément fixe, il faudra alors proposer une nouvelle méthode d'analyse de la file d'attente.

Dans ce cas, nous considérons que le client qui circule dans la file d'attente est l'intervention. C'est-à-dire que les interventions ne sont pas mélangées dans les lots. A la fin du transport, les lots des interventions vont entrer à l'étape de rinçage (voir la figure 5.13).



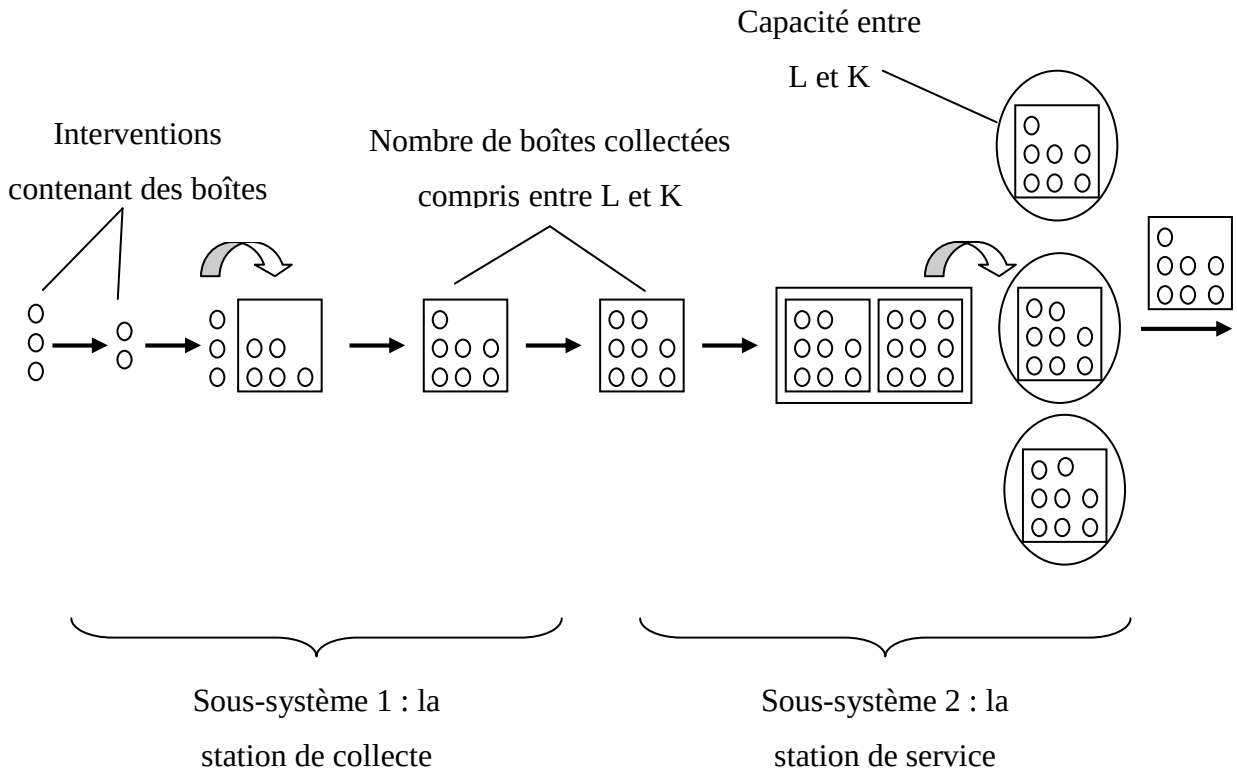
Client : intervention

Arrivée par lots de taille variable

Service unitaire

Figure 5.13. La file d'attente pour le rinçage : $G^X/G/1$ avec des tailles stochastiques des lots d'arrivée

Dans l'étape de rinçage le serveur de rinçage va traiter une intervention à la fois avec une durée fixe. Les sorties du rinçage sont les interventions qui vont après remplir les laveurs (voir la figure 5.14).



Client : boîte

Arrivée par lots de taille variable (= taille des interventions)

Constitution d'un lot de taille variable

Service par lots de taille variable

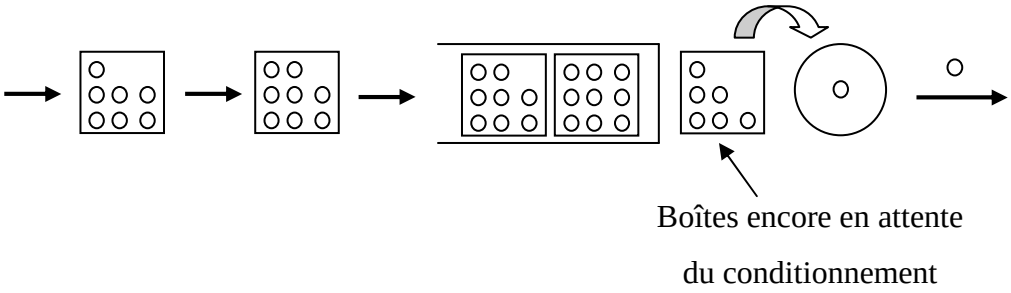
Figure 5.14. Les files d'attente pour le lavage : $G^X/G^{[L,\ K]}/1$ qui comportent 2 sous-systèmes (la station de collecte, où les lots sont construits et la station de service, où les lots sont lavés)

Les entités qui entrent dans l'étape de lavage sont les interventions constituées de boîtes équivalentes de DM. Dans cette étape, nous utilisons la politique de lot minimum pour traiter les lots avec une durée fixe pour un lot (voir *Stratégie de contrôle de service par lots : le principe de la taille minimum du lot*, paragraphe 5.2.3.1). En réalité, le paramètre K représente la charge maximum d'un laveur : 100%. Le paramètre L représente le taux minimum de remplissage d'un laveur. Les « interventions » sont chargées dans un laveur. Si un laveur est déjà partiellement rempli, l'intervention vient compléter son chargement jusqu'à remplir le laveur, sa capacité est alors atteinte et à ce moment ce laveur commence à fonctionner. Si aucun laveur n'est partiellement rempli, un laveur est choisi aléatoirement

parmi les laveurs vides pour charger l'intervention. Pourtant, en réalité, la gestion des laveurs est plus complexe.

Dans son travail de thèse, Schleyer traite cette file d'attente $G/G^{[L,\ K]}/1$ avec l'arrivée des unités individuelles. L'analyse de la file d'attente $G^X/G^{[L,\ K]}/1$ avec arrivée des lots, n'est à notre connaissance pas encore traitée. De plus [Schleyer, 2007] a considéré la possibilité de coupure des lots (interventions) dans la station de collecte. Nous souhaitons ici ne pas couper les lots (interventions) pour s'assurer que tous les instruments d'une même intervention soient lavés ensemble ce qui facilite la recomposition des boîtes dans l'étape de conditionnement. Nous souhaitons également utiliser le cas de files multiserveurs (pour présenter plusieurs laveurs en parallèle avec une seule file d'attente, qui n'est pas étudié dans [Schleyer, 2007].

Après l'étape de lavage, les lots sortant du laveur vont entrer dans l'étape de conditionnement (voir la figure 5.15).



Client : boîte

Arrivée par lots de taille variable

Service unitaire

Figure 5.15. La file d'attente pour le conditionnement : $G^X/G/1$ avec les tailles stochastiques des lots d'arrivée

Dans l'étape de conditionnement, les entités à l'entrée sont les lots d'interventions (ou les lots des boîtes équivalentes). Le serveur va les traiter boîte par boîte, avec une durée fixe. Dans cette étape nous utilisons la file d'attente $G^X/G/1$ avec les tailles stochastiques des lots d'arrivée (voir 5.2.3.1). La sortie du conditionnement est constituée par les boîtes qui vont après remplir les autoclaves (voir la figure 5.16).

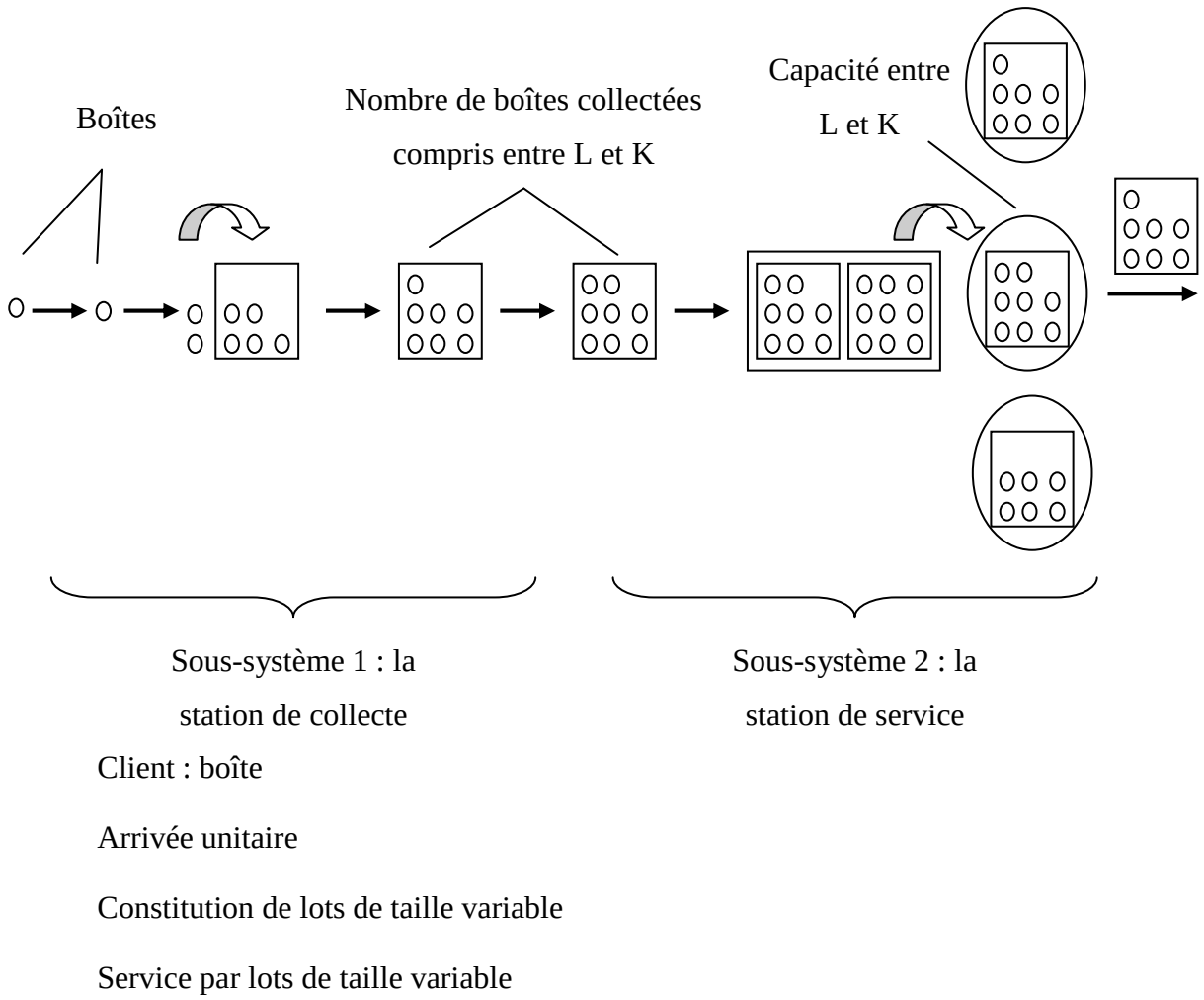


Figure 5.16. Les files d'attente pour les autoclaves : $G/G^{[L,\ K]}/1$ qui comporte 2 sous-systèmes (la station de collecte, où les lots sont construits et la station de service, où les lots sont stérilisés)

Les entités qui entrent dans la file d'attente d'autoclave sont les boîtes équivalentes. Comme pour l'étape de lavage, nous utilisons la politique de lot minimum pour traiter les lots avec une durée fixe pour un lot (voir 5.2.3.1). La file d'attente maintenant est une file d'attente $G/G^{[L,\ K]}/C_A$ avec une arrivée individuelle des unités. Et après l'étape de l'autoclave, les boîtes sortent du processus de stérilisation et sont stockées dans les arsenaux pour servir dans les opérations chirurgicales plus tard.

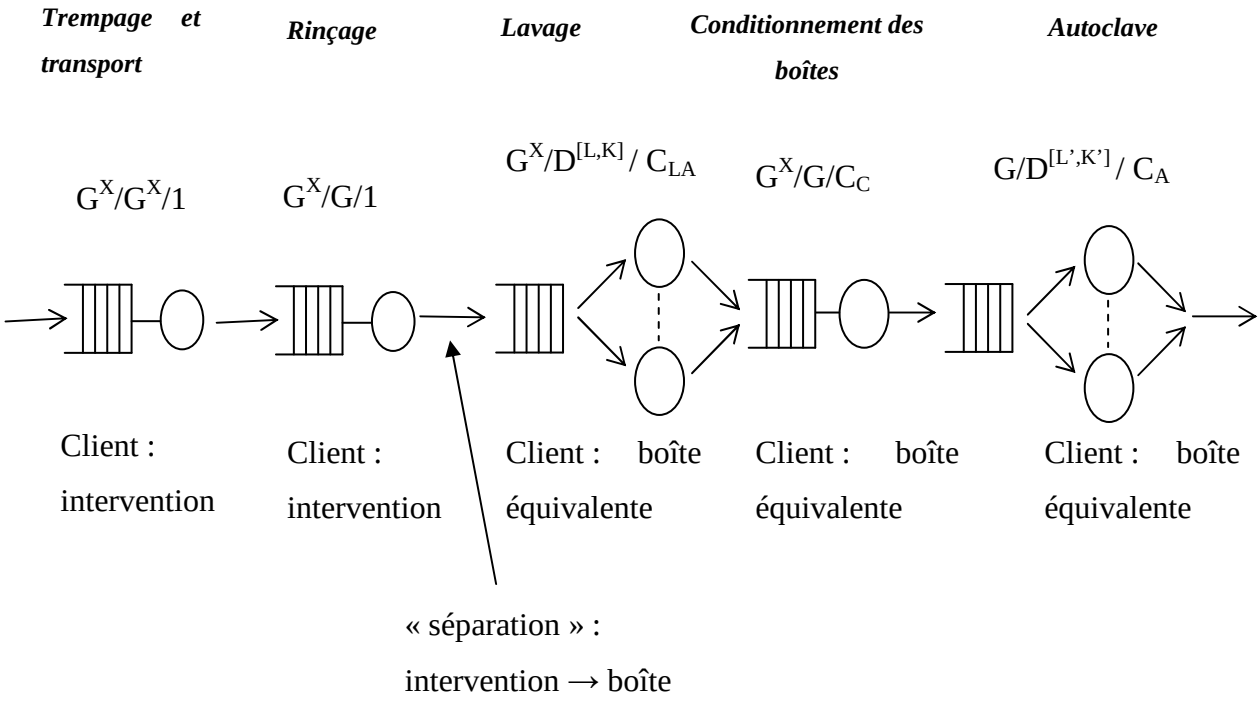
Conclusion :

Nous avons montré ici comment les différents éléments étudiés par Schleyer peuvent être combinés pour construire le réseau de files d'attente à temps discret représentant un service de

stérilisation. Dans l'état actuel des connaissances sur l'analyse des réseaux de files d'attente avec traitement par lots, ce réseau de files d'attente ne peut pas encore être résolu. Il est nécessaire d'apporter certaines extensions, que nous avons mises en évidence, aux travaux de Schleyer pour pouvoir appliquer ses travaux à l'étude d'un service de stérilisation.

5.2.3.2. Réseau de files d'attente à temps continu

Le réseau de files d'attente à temps continu reprend les mêmes éléments que ceux présentés ci-dessus pour le réseau de files d'attente à temps discret. Le modèle obtenu est présenté figure 5.17.



G : Loi d'arrivée générale

D : Temps de service déterministe

C_{LA} : Nombre de laveurs

C_A : Nombre d'autoclaves

C_C : Nombre de postes de conditionnement.

Figure 5.17. Un réseau des files d'attente traité par lots à temps continu d'un service de stérilisation

Rappelons qu'une intervention contient des boîtes équivalentes dont la quantité dépend de chaque intervention. Les caractéristiques de ce réseau de files d'attente sont les suivantes : le réseau de files d'attente est ouvert ; l'arrivée à chaque station se fait parfois par lots, parfois unitairement ; le service se fait parfois par lots, parfois unitairement ; il y a constitution de lots entre certaines stations et éclatement de lots entre certaines stations.

Conclusion

Dans la littérature, on trouve des études portant sur des réseaux de files d'attente fermés ou des réseaux de files d'attente ouverts. Dans notre cas, nous utilisons un réseau ouvert de files d'attente pour représenter notre service de stérilisation. Nous trouvons que la plupart des articles traitant les réseaux de files d'attente par lots à temps continu utilisent la méthode de décomposition paramétrique qui pourrait également être utilisée dans notre cas d'étude. Les caractéristiques d'une file d'attente sont étudiées et ensuite elles sont utilisées pour construire un réseau de files d'attente afin d'évaluer les performances de l'ensemble du système. Pourtant dans ces articles, toutes les files sont identiques, ce qui n'est pas le cas pour nous. Notre réseau de files d'attente du service de stérilisation combine des files différentes qui ont des clients différents, ce qui ne peut pas encore être résolu par les méthodes existantes.

5.3. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté un état de l'art sur l'utilisation de modèles stochastiques analytiques pour l'analyse de système de production de soins. Cet état de l'art nous permet de montrer comment chaque méthode est utilisée pour modéliser des patients dans un système de production de soins dans la littérature. Ca nous donne une possibilité d'utiliser une méthode analytique pour analyser un modèle générique de service de stérilisation. Nous avons également réalisé une étude bibliographie sur les réseaux de files d'attente avec un traitement par lots à temps continu et à temps discret. Ces états de l'art nous montrent des pistes de résolution pour notre cas. En utilisant les résultats des travaux d'autres chercheurs, nous avons identifié ce qu'il reste à faire pour pouvoir analyser le réseau de files d'attente représentant un service de stérilisation avec traitement par lots à temps continu et à temps discret. Nous espérons que ces premiers résultats pourront être utilisés pour étudier le service de stérilisation en utilisant les méthodes stochastiques analytiques.

Conclusion

Le travail présenté dans ce mémoire de thèse concerne l'étude et l'amélioration de l'organisation de la production de Dispositifs Médicaux Stériles. Notre but était d'appliquer au milieu hospitalier des méthodes habituellement utilisées pour évaluer et améliorer les performances des systèmes de production industriels. Dans ce mémoire, nous avons traité différents problèmes. Nous avons mis en évidence que l'amélioration de la performance d'un service de stérilisation centralisée peut être obtenue en utilisant des méthodes et des outils issus du génie industriel.

Nous avons commencé par traiter une étude de cas. Elle nous a permis de nous familiariser avec le domaine de la stérilisation hospitalière et de dégager des axes de recherche. Nous avons ainsi effectué un travail de recueil et de traitement des données, puis nous avons construit un modèle de simulation. Nous avons ensuite proposé des solutions d'aide à la gestion pour le service de stérilisation du Centre Hospitalier Privé Saint Martin de Caen et avons montré que les performances étaient améliorées de manière significative. Les responsables du service ont été sensibles aux propositions qui leur ont été faites.

Nous avons également participé à une enquête électronique visant à dresser un état des lieux des pratiques de stérilisation hospitalière en région Rhône-Alpes. Nous avons comparé les performances des services de stérilisation ayant répondu à cette enquête sur des critères essentiellement économiques (volume d'activité, …) par la méthode des ratios et par la méthode DEA.

Nous avons, par la suite, proposé un modèle générique de simulation représentatif d'un service de stérilisation et nécessitant peu de données en entrée. Ce modèle nous a permis de comparer les établissements étudiés sur des paramètres plus organisationnels (temps de séjour, nombre de boîtes non traitées en fin de la journée,…). Ces paramètres supplémentaires, obtenus à partir des résultats de simulation, sont considérés comme des critères importants par les responsables des services de stérilisation.

Nous avons présenté un état de l'art sur l'utilisation de modèles stochastiques analytiques pour l'analyse de systèmes de production de soins avant d'étudier la possibilité d'utiliser une méthode analytique pour analyser un modèle générique de service de stérilisation. Nous avons également réalisé une étude bibliographie sur les réseaux des files d'attente avec un traitement par lots à temps continu et à temps discret. Ces états de l'art nous ont permis d'identifier des pistes de résolution pour notre cas. En utilisant les résultats des travaux existants dans la littérature, nous avons identifié ce qu'il reste à faire pour pouvoir analyser le réseau de files d'attente représentant un service de stérilisation avec traitement par lots à temps continu et à temps discret.

Nous avons également identifié plusieurs perspectives pour nos travaux. D'une manière générale, la gestion des flux dans les services de stérilisation peut encore être améliorée, par exemple, en proposant des politiques de pilotage efficaces, en prenant en compte la gestion des boîtes urgentes et des matériels à usage unique, ou en cherchant à optimiser l'utilisation des ressources de lavage et de stérilisation. Il est également possible de collaborer plus particulièrement avec certains établissements de l'enquête. On pourrait alors définir avec chacun quel est son objectif, procéder à un recueil de données permettant de compléter celles contenues dans l'enquête et les aider à atteindre cet objectif. La définition de la fonction objectif à optimiser dépendra des attentes de chacun des établissements. Elle pourra faire intervenir les délais de mise à disposition, la taille des stocks, le taux de non-conformité des boîtes, etc…

Le projet 2E2S peut se prolonger afin d'identifier encore un certain nombre d'axes de travail susceptibles d'améliorer de manière quantifiable et maîtrisée l'efficience du système de production de DM. Nous pourrions ainsi être à même d'élaborer un guide de bonnes pratiques organisationnelles, qui serait le pendant du guide des bonnes pratiques de pharmacie hospitalière.

Nous avons vu que, dans le réseau de files d'attente par lots que nous proposons pour le service de stérilisation, certains éléments n'ont pas encore été résolus. Il serait donc intéressant d'étudier ces éléments pour pouvoir analyser le réseau de files d'attente proposé. Nous pourrions alors tester différentes politiques de pilotage et différentes tailles de stocks et voir leur influence sur la fonction objectif, comme cela se fait habituellement pour les systèmes de production industriels, soit dans le cadre d'une recherche d'amélioration des

performances d’un service existant, soit dans le cadre du dimensionnement d’un service à construire. N’oublions pas que toute proposition de nouvelle méthodologie de production devra à la fois répondre aux exigences de réduction des coûts et satisfaire les contraintes réglementaires.

Annexe A

L’enquête du projet 2E2S

1. Si vous ne terminez pas ce questionnaire en une seule fois, pensez tout de même à l'enregistrer afin que vos réponses soient conservées.

En bas de page, vous trouverez un bouton qui permet d'enregistrer le questionnaire en cours de saisie et d'y revenir plus tard.

2. INFORMATIONS PRELIMINAIRES

3. Nom de l'établissement

4. Ville

5. Code Postal

6. Statut

○ Public

○ PSPH

○ Privé

7. Activité(s)

❑ M (Médecine)

❑ C (Chirurgie)

❑ O (Obstétrique)

❑ P (Psychiatrie)

❑ Autre

8. Nombre de lits et places (Indiquer un nombre)

9. Nombre moyen d'interventions chirurgicales par mois (Hors endoscopie)

10. Stérilisation INTERNE? (Activité non externalisée)

○ Oui

○ Non

11. Stérilisation CENTRALISEE ? (Un seul service de stérilisation, central)

○ Oui

○ Non

12. Contact [optionnel]

Vous pouvez laisser vos coordonnées, celles ci seront uniquement accessibles aux administrateurs du site. Indiquer Nom, Prénom, Fonction, Numéro de téléphone et Adresse Email. (Pour des aspects de traitement de données, veuillez s'il vous plaît éviter d'utiliser la "," et préférez le ";" pour ponctuer votre saisie, merci)

Nous communiquer vos contacts nous permettra d'aller au delà de ce questionnaire en réalisant un entretien téléphonique à un créneau à votre convenance.

13. ENQUETE

14. GENERALITES

15. Date d'ouverture de la stérilisation centrale (Au format AAAA)

16. Estimation du nombre moyen de charges d'autoclave par an

17. Quels sont vos clients?

❑ Bloc opératoire

❑ Services (hospitalisation, HTP, SIPO, maternité)

❑ Satellites (laboratoire, radiologie, cabinets de consultation)

❑ Autre(s) centre(s) hospitalier(s)

18. Réalisez-vous la stérilisation de certains linges?

○ Oui

○ Non

19. Votre établissement pratique t'il une politique de préférence de l'Usage Unique ? (augmentation de l'Usage Unique en substitution de matériel réutilisable)

○ Oui

○ Non

20. HORAIRES :

21. Heure d'ouverture de la stérilisation (format hh:mm)

22. Heure d'ouverture du bloc (format hh:mm)

23. Heure moyenne d'arrivée du premier lot de Dispositifs Médicaux (DM) souillés? (format hh:mm)

24. Heure de fermeture de la stérilisation (format hh:mm)

25. Heure de fermeture du bloc (théorique) (format hh:mm) (Heure de fin de la dernière intervention chirurgicale)

26. Comparaison entre heure de fermeture théorique et heure de fermeture réelle du bloc

Si plus d'une fois par semaine, l'heure de fermeture réelle du bloc est postérieure à l'heure théorique de fermeture du bloc, merci d'indiquer dans quelle mesure.

❑ Heure de fermeture réelle = Heure de fermeture théorique

❑ Heure de fermeture réelle = entre 0 et 1 heure après l'heure de fermeture théorique

❑ Heure de fermeture réelle = entre 1 et 2 heures après l'heure de fermeture théorique

❑ Heure de fermeture réelle = plus de 2 heures après l'heure de fermeture théorique

27. Comparaison entre heure de fermeture théorique et heure de fermeture réelle de la stérilisation

Si plus d'une fois par semaine, l'heure de fermeture réelle de la stérilisation est postérieure à l'heure théorique de fermeture de la stérilisation, merci d'indiquer dans quelle mesure.

❑ Heure de fermeture réelle = Heure de fermeture théorique

❑ Heure de fermeture réelle = entre 0 et 1 heure après l'heure de fermeture théorique

❑ Heure de fermeture réelle = entre 1 et 2 heures après l'heure de fermeture théorique

❑ Heure de fermeture réelle = plus de 2 heures après l'heure de fermeture théorique

28. RESSOURCES MATERIELLES

29. Zone de conditionnement et zone de déchargement géographiquement différentes? (Deux zones distinctes, séparées)

○ Oui

○ Non

30. Nombre de postes de lavage manuel

31. Nombre de bacs de lavage par ultrasons

32. Nombre de tunnels de lavage

33. Nombre de laveurs désinfecteurs

34. Somme des capacités laveurs désinfecteurs : nombre total de paniers (DIN) (DIN laveur : 480x260x50)

35. Durée d'un cycle "standard" laveur désinfecteur (format hh:mm)

36. Autres cycles laveur désinfecteur? (différents du cycle "standard")

❑ Cycle coelio

❑ Cycle ancillaires livrés

❑ Cycle DM services

❑ Cycle DM autres CH (externalisation)

❑ Cycle DM ouverts en salle, non utilisés

❑ Cycle DM périmés

❑ Cycle conteneurs

37. Nombre d'autoclaves

38. Somme des capacités autoclaves : nombre total de paniers (DIN) (DIN autoclave : 600x300x300)

39. Durée moyenne d'un cycle "standard" autoclave. Durée du cycle complet, pas uniquement du "plateau". (format hh:mm)

40. Autres cycles autoclave?

Si cycle avec "plateau" différent de 134°, 18 minutes.

○ Oui

○ Non

41. Nombre de "stérilisateurs à froid" (stérilisation en phase plasma, ex: Sterrad) (Indiquer '0' si vous n'utilisez pas ce procédé de stérilisation)

42. Nombre de soudeuses (sachets thermosoudés) (Requis)

43. Nombre de postes de confection boîtes ou plateau (Nombre maximum de personnes à l'activité de confection)

44. Organisation des circuits propres/sales (avec le client principal : bloc opératoire) (Requis)

○ Géographiques

○ Temporels

○ "Virtuels" (armoires hermétiques)

45. Liaison bloc opératoire -> stérilisation

○ Même niveau manuel

○ Même niveau automatisé

○ Monte Charge avec Ressource Humaine

○ Monte Charge sans Ressource Humaine

46. Liaison stérilisation -> bloc opératoire

○ Même niveau manuel

○ Même niveau automatisé

○ Monte Charge avec Ressource Humaine

○ Monte Charge sans Ressource Humaine

47. Stockage des Dispositifs Médicaux Stériles

○ Un arsenal stérile en stérilisation

○ Un arsenal stérile au bloc opératoire

○ Plusieurs stocks au bloc opératoire

○ Autre

48. Durée de péremption des sachets (en mois) (Indiquer un nombre)

49. Durée de péremption des pliages pasteurs (en mois) (Indiquer un nombre)

50. Durée de péremption des conteneurs (en mois) (Indiquer un nombre)

51. RESSOURCES HUMAINES

52. Encadrement

❑ Pharmacien (responsable légal)

❑ Autre cadre (responsable du service)

❑ Chef d'équipe, chef d'atelier (pas ou très peu opérationnel)

53. Nombre ETP IBODE/IDE (ETP : Equivalent Temps Plein) (Indiquer "0" si aucun personnel de ce type)

54. Nombre ETP AS (Indiquer "0" si aucun personnel de ce type)

55. Nombre ETP ASH + conduite autoclave (Indiquer "0" si aucun personnel de ce type)

56. Nombre ETP ASH (Indiquer "0" si aucun personnel de ce type)

57. Cas où les agents de stérilisation peuvent être amenés à faire des heures supplémentaires

(Nota : une "urgence de stérilisation" correspond à un DM souillé devant être disponible en stock en prévision de sa future utilisation déjà planifiée.)

○ Si lots non traités en fin de journée

○ Si lots non traités en fin de journée, représentant une urgence de stérilisation

○ Jamais

58. Y-a-t'il des gardes (nuit et week-end)?

○ Oui

○ Non

59. Y-a-t'il des astreintes (nuit et week-end)?

○ Oui

○ Non

60 Déclenchement des astreintes

○ Pas d'astreintes (cf. Q59)

○ Déclenchement pour toute urgence chirurgicale

○ Déclenchement après une urgence chirurgicale si DM souillés créent une urgence de stérilisation (cf. question 57)

61. Polyvalence (lavage, conditionnement, déchargement)

○ Tout le personnel est polyvalent

○ Une partie majoritaire du personnel est polyvalent

○ Une partie minoritaire du personnel est polyvalent

○ Aucune polyvalence

62. La zone de conditionnement et la zone de déchargement sont considérées comme une seule zone d'affection?

(Si la zone de conditionnement et la zone de déchargement sont deux zones physiques distinctes)

○ Oui

○ Non

63 Affectation

On considère 3 zones d'affectation : lavage, conditionnement, déchargement. Ou 2 zones d'affectation : lavage, conditionnement-déchargement (cf. Q62)

○ Le personnel est affecté à une seule zone pendant toute la durée de son poste de travail (journée)

○ Le personnel n'est pas affecté à une zone, une personne peut travailler dans plusieurs zones pendant la même journée

64. Activités logistiques à la charge du personnel de stérilisation

❑ Inventaire péremption

❑ Transport DM souillés depuis le bloc opératoire

❑ Transport DM stériles jusqu'au bloc opératoire

❑ Stockage DM stériles

❑ Déstockage DM stériles (préparation charrette d'intervention)

❑ Ménage stérilisation

❑ Transport chariots et bacs de prédésinfection vides de DM

❑ Remplissage des bacs de prédésinfection

❑ Autre

65. PROCESSUS DE STERILISATION

66. Un pré-tri est il réalisé par les IBODEs du bloc opératoire ? (pré-reconfection des boîtes en fin d'intervention chirurgicale)

○ Oui

○ Non

67 Pré-désinfection

○ Pas de pré-désinfection.

○ Le matériel arrive en stérilisation, avant la pré-désinfection.

○ Le matériel arrive en stérilisation, en cours de pré-désinfection.

○ Le matériel arrive en stérilisation, après la pré-désinfection.

68. Durée moyenne réelle de la pré-désinfection

(La réglementation demande 15 minutes de pré-désinfection. En pratique, la logistique sur le terrain fait que cette durée est souvent supérieure.)

○ Pas de pré-désinfection

○ moins de 15 minutes

○ entre 15 et 30 minutes

○ entre 30 et 45 minutes

○ plus de 45 minutes

69. Fréquence des cas de pré-désinfection de durée excessive (plus de 50 minutes)

○ Si vous ne réalisez pas de pré-désinfection, indiquez "jamais"

○ Jamais

○ Rare

○ Occasionnel

○ Fréquent

○ Systématique

70. Faites vous un rinçage manuel avant le lavage en laveur désinfecteur ?

○ Oui

○ Non

71. Sur un laveur désinfecteur, commencez-vous le cycle de lavage par un cycle de rinçage ?

○ Oui

○ Non

72. Pourcentage estimé de lavage manuel

○ moins de 10%

○ entre 10% et 25%

○ entre 25% et 50%

○ plus de 50%

73. Les matériels spécifiques suivants sont-ils lavés par le service de stérilisation centrale ?

○ DM en prêt (ex: ancillaire)

○ DM services (autres que le bloc opératoire, ex: hospitalisation, SIPO, etc.)

○ DM autres établissements (externalisation)

○ DM ouverts en salle, non utilisés

○ DM périmés

○ DM de remplacement (DM stockés en sté pour remplacer les DM manquants à la reconfection)

74. Lavage des conteneurs

○ Tunnel de lavage

○ Laveur désinfecteur

○ Manuel

75. Lavage des chariots

○ Tunnel de lavage

○ Manuel

76. Lavage bac de transport des DMR souillés

○ Nota : les bacs de transport peuvent être les bacs de pré-désinfection

○ Manuel

○ Equipement

77. Règle générale de chargement des laveurs

○ Maximisation des charges (quantité de DM maximum)

○ Minimisation des encours en amont des laveurs (Réduction du stock en attente de lavage)

○ Autre

78. Réalisez vous la reconfection des boîtes à l'identique (lien insécable entre le matériel et son conditionnement) ?

○ Oui

○ Non

79. Reconfection réalisée par des IBODEs du bloc opératoire ?

○ Jamais

○ Rare

○ Occasionnel

○ Fréquent

○ Systématique

80 Outils d'aide à la reconfection

❑ Liste des DM composants

❑ Photos

❑ Support informatique

❑ Autre

81. Quel(s) système(s) d'emballage stérile utilisez-vous ?

❑ Sachets

❑ Pliages Pasteur

❑ Conteneurs

82. Matériels de remplacement

○ Lavés, stockés en zone de conditionnement

○ Conditionnés unitairement, stérilisés et stockés en zone conditionnement ou déchargement

○ Autre

83. Règle de chargement des autoclaves ?

○ Maximisation de la charge

○ Minimisation des encours amont

○ Autre

84. Durée normale du processus pour un lot (une boîte)

(Processus complet, temps de séjour dans le service de stérilisation centrale)

○ moins de 3h

○ entre 3h et 4h

○ entre 4h et 5h

○ entre 5h et 6h

○ plus de 6h

85. Quelle est la durée moyenne pour un traitement en urgence ?

○ moins de 2h

○ entre 2h et 3h

○ entre 3h et 4h

○ plus de 4h

86. Urgence : avez-vous des équipements dédiés ?

○ Aucun

○ Laveur désinfecteur

○ Stérilisateur

○ les deux

87. En fin de journée, dans quel(s) état(s) trouve t'on des lots non traités ?

❑ Souillés secs

❑ Souillés immergés dans l'eau

❑ Souillés immergés dans du liquide de pré-désinfection

❑ Pré-désinfectés, rincés, immergés dans l'eau

❑ Lavés, rincés, séchés

❑ Conditionnés

❑ Stérilisés non livrés

❑ Autre

88. Votre ou vos goulet(s) d'étranglement (éléments du processus au niveau desquels s'accumule le retard...)

❑ transport bloc-sté

❑ réception, vidange

❑ lavage

❑ conditionnement

❑ stérilisation

❑ libération de la charge, étiquetage, traçabilité

❑ transport sté -> bloc

89. QUALITE, auto-évaluation de l'existant: comment qualifieriez vous le niveau de prestation de la stérilisation centrale ?

○ Excellent

○ Très bon

○ Bon

○ Satisfaisant

90. DELAIS : quels sont vos objectifs de performance (objectifs en terme de délais)

○ Le plus vite possible

○ En dessous d'un temps process de 3h

○ En dessous d'un temps process de 4h

○ En dessous d'un temps process de 5h

○ En dessous d'un temps process de 6h

○ En fonction du besoin

○ Autre

91. COUTS : êtes-vous en mesure d'estimer le coût complet de stérilisation d'un produit (Conteneur, Pliage Pasteur ou Sachet)

○ Oui

○ Non

92. Traçabilité

❑ Au produit

❑ A l'instrument

93. Technologie de marquage des instruments ? (Requis)

○ Aucun

○ Infodot

○ Laser

○ Puce RFID

○ MicroPercussion

○ Autre

94. Mode d'identification des produits (Boîtes, Sachets, PP) (Requis)

○ Par type (Exemple: "boîte d'appendicectomie". Description du type du produit, mais pas d'information sur le numéro d'exemplaire.)

○ Par exemplaire (Exemple: "boîte d'appendicectomie n°2".)

○ Autre (Numéro de série ou aucune information.)

95. Logiciel de traçabilité de l'activité de sté?

○ Aucun

○ Sterigest

○ Optim

○ T-Doc

○ Développement Interne (spécifique)

○ Autre

96. Avez-vous déjà mené une démarche d'amélioration de la performance du service de stérilisation ?

❑ Oui, en interne

❑ Oui, avec l'aide d'un prestataire de service

❑ Oui, avec l'aide d'un laboratoire de recherche

❑ Oui, avec un autre type d'accompagnement

❑ Non

97. Commentaires Divers

Vous avez la possibilité de poser ici des questions ou simplement de nous faire part de remarques. Si votre commentaire se rapporte à une question en particulier, merci d'avance d'indiquer son numéro. (Pour des aspects de traitement de données, veuillez s'il vous plaît éviter d'utiliser la "," et préférez le ";" pour ponctuer votre saisie, merci)

Annexe B

La notation de Kendall

Pour caractériser les files d'attentes, le formalisme suivant a été proposé et est unanimement adopté:

A/B/C/K/Z

La première lettre A identifie la loi du processus d'arrivée, la seconde, B, le processus de service, avec dans les deux cas les conventions suivantes:

- M : loi « sans mémoire » (arrivées poissonniennes, service exponentiel);
- D : loi déterministe;
- Ek : loi « Erlang-k »
- Hk : loi « hyper-exponentielle » d'ordre k;
- GI : loi générale, les variables successives étant indépendantes;
- G : loi générale, sans hypothèse d'indépendance.
- Geom : loi Bernoulli.
- PH : Loi de type phase

Pour le traitement par lots, on rajoute les lettres en exposant comme suit :

- A^X : arrivée par lots de taille X (constante ou variable)
- B^X: service par lots de taille X
  $B^{[L, K]}$: service par lots avec une capacité comprise entre L et K.

Le chiffre qui suit, C, donne le nombre de serveurs en parallèle (1, 2, …. infini)

Les lettres qui suivent identifient la taille de la file d'attente (K = 1, 2,…infini) et la discipline du service (FCFS : premier arrivée, premier servi, LCFS : dernier arrivé, premier servi, RSS : choix aléatoire, PR : priorité)

Dans la plupart des cas, seuls les 3 premiers symboles sont utilisés. On omet souvent le symbole K si aucun restriction sur la capacité n'est imposée (K = infini)

Par exemple, M/M/1 fait référence au modèle de base: arrivées poissonniennes, service exponentiel, un seul serveur, file d'attente non bornée. M/D/C/K indique un service de durée constante, C serveurs et K places au total. $G^X/G/1$ fait référence au modèle de base de traitement par lots: arrivées par lots avec loi générale, service unitairement avec loi générale, un seul serveur.

Annexe C

Liste des publications

Di Mascolo M, Gouin A et Ngo Cong K. Organization of the production of sterile medical devices. In : *IFAC Conference on Information Control Problems in Manufacturing INCOM'06, 17-19 May 2006, Saint Etienne, France.*

Ngo Cong, K, Gouin A, Di Mascolo M et Schwob L. Etude d'un service de stérilisation de dispositifs médicaux. In : *Conférence sur Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers GISEH'06, 14-16 Septembre 2006, Luxembourg.*

Ngo Cong, K, Gouin A, Di Mascolo M et Schwob L. Etude d'un service de stérilisation de dispositifs médicaux, *Gestions hospitalières 465, 278-285, Avril 2007.*

Ngo Cong, K, Di Mascolo M et Gouin A. Use of stochastic models in health care: a survey on the modelling of patient flow. *In proceeding ORAHS 2007: The 33rd International Conference on Operational Research Applied to Health Services, 15-20 July, 2007.*

Ngo Cong, K, Di Mascolo M, Gouin A et Marcon E. Modèle générique pour la comparaison des performances de services de stérilisation centralisée. In : *Conférence sur Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers GISEH'08, 04-06 Septembre 2008, Lausanne, Suisse.*

Ngo Cong, K, Di Mascolo M et Gouin A. Comparing the performance of some centralized sterilization services using a generic simulation model. *CIE39 : International conference on Computer and Industrial Engineering, 6-8 July 2009, Troyes, France.*

Annexe D

Résultats complets de l’enquête pour les 14 services retenus

Q3	Nom de l'établissement	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
	Panier DIN par jour	235,9	129,7	123,1	112,5	101,3	93,6	89,8
Q9	Nombre moyen d'interventions chirurgicales par mois	800	1500	1500	1400	723	850	300
Q16	Estimation du nombre moyen de charges d'autoclave par an	4600	4600	4000	3987	4388	4295	1946
Q21	Heure d'ouverture de la stérilisation	06:30	07:00	06:30	07:30	07:00	06:30	07:30
Q22	Heure d'ouverture du bloc	07:45	07:00	08:00	07:00	07:00	07:30	07:30
Q23	Heure moyenne d'arrivée du premier lot de Dispositifs Médicaux (DM) souillés?	09:00	08:30	08:45	09:00	09:00	08:30	07:30
Q24	Heure de fermeture de la stérilisation	20:30	20:00	22:00	21:00	20:00	20:00	19:00
Q25	Heure de fermeture du bloc (théorique) (format hh:mm)	18:00	18:00	17:00	19:00	16:00	17:00	19:00
Q30	Nombre de postes de lavage manuel	1	3	2	2	2	1	1
Q33	Nombre de laveurs désinfecteurs	5	3	4	2	3	3	2
Q34	Somme des capacités laveurs désinfecteurs : nombre total de paniers (DIN)	50	24	24	28	30	20	21
Q35	Durée d'un cycle standard laveur désinfecteur	01:30	01:00	01:00	01:15	01:10	01:00	01:20
Q37	Nombre d'autoclaves	3	3	3	3	3	3	2
Q38	Somme des capacités autoclaves : nombre total de paniers (DIN)	40	22	24	22	18	17	24

Q39	Durée moyenne d'un cycle standard autoclave. Durée du cycle complet pas uniquement du plateau.	01:20	01:15	01:45	01:15	01:00	01:30	01:20
Q42	Nombre de soudeuses (sachets thermosoudés)	3	1	2	2	3	2	1
Q43	Nombre de postes de confection boîtes ou plateau	2	3	6	4	3	6	3
Q53	Nombre ETP IBODE/IDE	1	0	0	0	2,6	1	0
Q54	Nombre ETP AS	12	2	14	1,5	9,25	5	6,25
Q55	Nombre ETP ASH + conduite autoclave	8	7	0	11,5	0	7	0
Q56	Nombre ETP ASH	4	0	0	11,5	1,5	0	0
Q61	Polyvalence (lavage, conditionnement, déchargement)	Une partie majoritaire du personnel est polyvalent	Tout le personnel est polyvalent	Tout le personnel est polyvalent	Tout le personnel est polyvalent	Une partie majoritaire du personnel est polyvalent	Une partie majoritaire du personnel est polyvalent	Tout le personnel est polyvalent
Q63	Affectation	Le personnel est affecté à une seule zone pendant toute la durée de son poste de travail (journée)	Le personnel n'est pas affecté à une zone, une personne peut travailler dans plusieurs zones pendant la même journée	Le personnel est affecté à une seule zone pendant toute la durée de son poste de travail (journée)	Le personnel est affecté à une seule zone pendant toute la durée de son poste de travail (journée)	Le personnel est affecté à une seule zone pendant toute la durée de son poste de travail (journée)	Le personnel est affecté à une seule zone pendant toute la durée de son poste de travail (journée)	Le personnel est affecté Ã une seule zone pendant toute la durée de son poste de travail (journée)
Q67	Pré-désinfection	Le matériel arrive en stérilisation, en cours de pré-désinfection.	Le matériel arrive en stérilisation, en cours de pré-désinfection.	Le matériel arrive en stérilisation, en cours de pré-désinfection.	Le matériel arrive en stérilisation, en cours de pré-désinfection.	Le matériel arrive en stérilisation, après la pré-désinfection.	Le matériel arrive en stérilisation, en cours de pré-désinfection.	Le matériel arrive en stérilisation, après la pré-désinfection.
Q68	Durée moyenne réelle de la pré-désinfection	entre 15 et 30 minutes	moins de 15 minutes	entre 15 et 30 minutes	plus de 45 minutes	entre 15 et 30 minutes	entre 15 et 30 minutes	entre 15 et 30 minutes
Q69	Fréquence des cas de pré-désinfection de durée excessive (plus de 50 minutes)	Occasionnel	Occasionnel	Occasionnel	Fréquent	Rare	Occasionnel	Jamais

Q70	Faites vous un rinçage manuel avant le lavage en laveur désinfecteur ?	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non	Oui
Q71	Sur un laveur désinfecteur, commencez-vous le cycle de lavage par un cycle de rinçage ?	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Q77	Règle générale de chargement des laveurs	Minimisation des encours en amont des laveurs (Réduction du stock en attente de lavage)	Maximisation des charges (quantité de DM maximum)	Maximisation des charges (quantité de DM maximum)	Maximisation des charges (quantité de DM maximum)	Minimisation des encours en amont des laveurs (Réduction du stock en attente de lavage)	Maximisation des charges (quantité de DM maximum)	Minimisation des encours en amont des laveurs (Réduction du stock en attente de lavage)
Q83	Règle de chargement des autoclaves ?	Minimisation des encours amonts	Maximisation de la charge	Maximisation de la charge	Minimisation des encours amonts	Maximisation de la charge	Maximisation de la charge	Maximisation de la charge
Q84	Durée normale du processus pour un lot (une boîte)	entre 4h et 5h	moins de 3h		entre 3h et 4h	entre 3h et 4h	entre 3h et 4h	entre 4h et 5h
Q85	Quelle est la durée moyenne pour un traitement en urgence ?	entre 3h et 4h	entre 2h et 3h	Aucun	entre 3h et 4h	entre 2h et 3h	entre 2h et 3h	entre 3h et 4h
Q86	Urgence : avez-vous des équipements dédiés ?	Aucun	Aucun	Aucun	Aucun	Aucun	Aucun	Aucun
Q87	En fin de journée, dans quel(s) état(s) trouve t'on des lots non traités ?	Lavés, rincés, séchés, conditionnés	Lavés, rincés, séchés	Aucun	Pré-désinfectés, rincés, immergés dans l'eau	Lavés, rincés, séchés	Lavés, rincés, séchés, conditionnés, stérilisés non livrés	Lavés, rincés, séchés, conditionnés, stérilisés non livrés
Q88	Votre ou vos goulet(s) d'étranglement	lavage	Lavage, conditionnement	Lavage	transport bloc-sté, lavage, libération de la charge, étiquetage, traçabilité	transport bloc-sté, lavage	transport bloc-sté, transport sté -> bloc	Conditionnement

Q90	DELAIS : quels sont vos objectifs de performance ?	En dessous d'un temps process de 4h	En dessous d'un temps process de 3h		En fonction du besoin	En dessous d'un temps process de 3h	En dessous d'un temps process de 4h	En dessous d'un temps process de 5h
Q96	Avez-vous déjà mené une démarche d'amélioration de la performance du service de stérilisation ?	Oui, avec l'aide d'un laboratoire de recherche	Oui, avec l'aide d'un prestataire de service	Oui, interne	Oui, avec un autre type d'accompagnement	Oui, en interne## Oui, avec un autre type d'accompagnement	Oui, en interne	Oui, en interne

Q3	Nom de l'établissement	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14
	Panier DIN par jour	74,3	73,6	59,2	25,4	24,0	22,2	16,2
Q9	Nombre moyen d'interventions chirurgicales par mois	740	380	1000	200	2200	200	45
Q16	Estimation du nombre moyen de charges d'autoclave par an	2759	4100	2200	1100	892	960	700
Q21	Heure d'ouverture de la stérilisation	06:00	07:00	07:00	08:00	07:00	08:30	08:00
Q22	Heure d'ouverture du bloc	07:00	08:00	08:00	08:00	07:30	08:00	08:00
Q23	Heure moyenne d'arrivée du premier lot de Dispositifs Médicaux (DM) souillés?	08:45	08:00	09:30	09:30	09:30	10:00	10:00
Q24	Heure de fermeture de la stérilisation	21:00	20:00	21:00	17:35	19:30	18:00	16:00
Q25	Heure de fermeture du bloc (théorique) (format hh:mm)	17:00	16:00	18:00	15:35	16:00	16:30	12:00
Q30	Nombre de postes de lavage manuel	3	1	1	1	2	1	3
Q33	Nombre de laveurs désinfecteurs	3	3	2	1	1	2	2
Q34	Somme des capacités laveurs désinfecteurs : nombre total de paniers (DIN)	15	26	14	8	6	15	16
Q35	Durée d'un cycle standard laveur désinfecteur	01:05	01:30	01:15	01:00	1h15	01:10	00:50
Q37	Nombre d'autoclaves	2	3	2	2	2	2	2
Q38	Somme des capacités autoclaves : nombre total de paniers (DIN)	14	14	14	12	14	12	12
Q39	Durée moyenne d'un cycle standard autoclave. Durée du cycle complet pas uniquement du plateau.	01:35	01:30	01:15	01:30	01:30	01:10	01:15
Q42	Nombre de soudeuses (sachets thermosoudés)	1	1	1	2	2	1	2
Q43	Nombre de postes de confection boîtes ou plateau	4	3	3	3	3	2	2
Q53	Nombre ETP IBODE/IDE	0	1	1	1,5	0,75	1	1
Q54	Nombre ETP AS	0	7,6	4	4	3,7	2,5	2
Q55	Nombre ETP ASH + conduite autoclave	9,8	4	3	0	0	0	0
Q56	Nombre ETP ASH	0	0	0	0	.	0	0

Q61	Polyvalence (lavage, conditionnement, déchargement)	Une partie majoritaire du personnel est polyvalent	Une partie majoritaire du personnel est polyvalent	Tout le personnel est polyvalent	Tout le personnel est polyvalent	Tout le personnel est polyvalent	Tout le personnel est polyvalent	Tout le personnel est polyvalent
Q63	Affectation	Le personnel est affecté à une seule zone pendant toute la durée de son poste de travail (journée)	Le personnel n'est pas affecté à une zone, une personne peut travailler dans plusieurs zones pendant la même journée	Le personnel est affecté à une seule zone pendant toute la durée de son poste de travail (journée)	Le personnel n'est pas affecté à une zone, une personne peut travailler dans plusieurs zones pendant la même journée	Le personnel n'est pas affecté à une zone, une personne peut travailler dans plusieurs zones pendant la même journée	Le personnel n'est pas affecté à une zone, une personne peut travailler dans plusieurs zones pendant la même journée	Le personnel n'est pas affecté à une zone, une personne peut travailler dans plusieurs zones pendant la même journée
Q67	Pré-désinfection	Le matériel arrive en stérilisation, en cours de pré-désinfection.	Le matériel arrive en stérilisation, après la pré-désinfection.	Le matériel arrive en stérilisation, après la pré-désinfection.	Le matériel arrive en stérilisation, en cours de pré-désinfection.	Le matériel arrive en stérilisation, en cours de pré-désinfection.	Le matériel arrive en stérilisation, en cours de pré-désinfection.	Le matériel arrive en stérilisation, après la pré-désinfection.
Q68	Durée moyenne réelle de la pré-désinfection	entre 15 et 30 minutes	entre 15 et 30 minutes	entre 15 et 30 minutes	entre 15 et 30 minutes	entre 15 et 30 minutes	entre 15 et 30 minutes	entre 15 et 30 minutes
Q69	Fréquence des cas de pré-désinfection de durée excessive (plus de 50 minutes)	Rare	Occasionnel	Jamais	Jamais	Rare	Occasionnel	Rare
Q70	Faites vous un rinçage manuel avant le lavage en laveur désinfecteur ?	Oui	Non	Oui	Non	Non	Oui	Oui
Q71	Sur un laveur désinfecteur, commencez-vous le cycle de lavage par un cycle de rinçage ?	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Oui	Oui
Q77	Règle générale de chargement des laveurs	Maximisation des charges (quantité de DM maximum)	Autre	Minimisation des encours en amont des laveurs (Réduction du stock en attente de lavage)	Autre	Maximisation des charges (quantité de DM maximum)	Maximisation des charges (quantité de DM maximum)	Minimisation des encours en amont des laveurs (Réduction du stock en attente de lavage)
Q83	Règle de chargement des autoclaves ?	Maximisation de la charge	Autre	Minimisation des encours amonts	Autre	Maximisation de la charge	Maximisation de la charge	Minimisation des encours amonts

Q84	Durée normale du processus pour un lot (une boîte)	entre 4h et 5h	entre 3h et 4h	entre 3h et 4h	entre 3h et 4h	entre 3h et 4h	entre 4h et 5h	entre 4h et 5h
Q85	Quelle est la durée moyenne pour un traitement en urgence ?	entre 3h et 4h	entre 3h et 4h	entre 2h et 3h	entre 2h et 3h	entre 2h et 3h	entre 3h et 4h	entre 3h et 4h
Q86	Urgence : avez-vous des équipements dédiés ?	Aucun	Aucun	Aucun	Aucun	Aucun	Aucun	Aucun
Q87	En fin de journée, dans quel(s) état(s) trouve t'on des lots non traités ?	Pré-désinfectés, rincés, immergés dans l'eau, conditionnés, stérilisés non livrés	Lavés, rincés, séchés, conditionnés, stérilisés non livrés	Lavés, rincés, séchés, stérilisés non livrés	Conditionnés, stérilisés non livrés	Lavés, rincés, séchés, conditionnés	Lavés, rincés, séchés, conditionnés, stérilisés non livrés	Lavés, rincés, séchés, conditionnés, stérilisés non livrés
Q88	Votre ou vos goulet(s) d'étranglement	Lavage, stérilisation	réception, vidange, lavage	transport bloc-sté	lavage	conditionnement	lavage	transport sté -> bloc
Q90	DELAIS : quels sont vos objectifs de performance ?	En dessous d'un temps process de 4h	En dessous d'un temps process de 3h	En dessous d'un temps process de 4h	En fonction du besoin	En dessous d'un temps process de 4h	En dessous d'un temps process de 4h	Le plus vite possible
Q96	Avez-vous déjà mené une démarche d'amélioration de la performance du service de stérilisation ?	Oui, avec un autre type d'accompagnement	Non	Oui, en interne	Oui, en interne	Non	Non	Oui, avec un autre type d'accompagnement

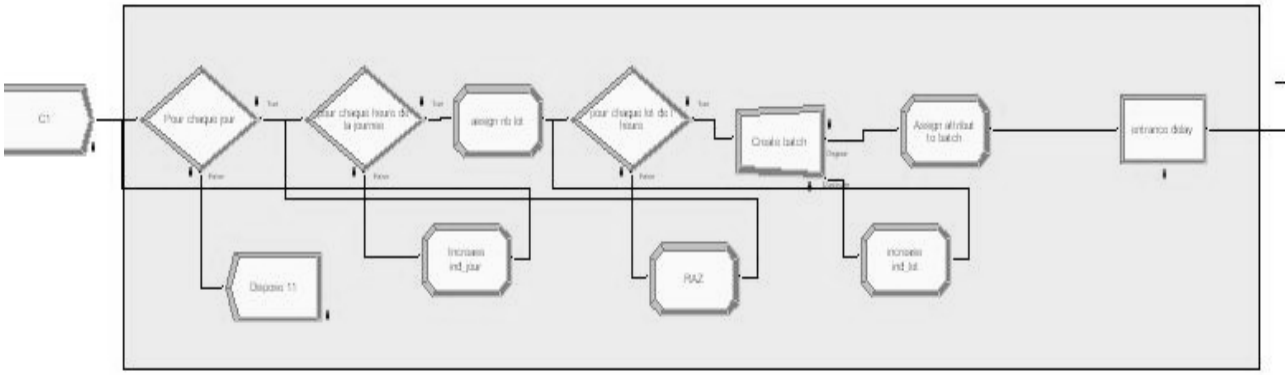
Annexe E

Simulation d'un modèle générique de service de stérilisation en utilisant ARENA

Les blocs du modèle :

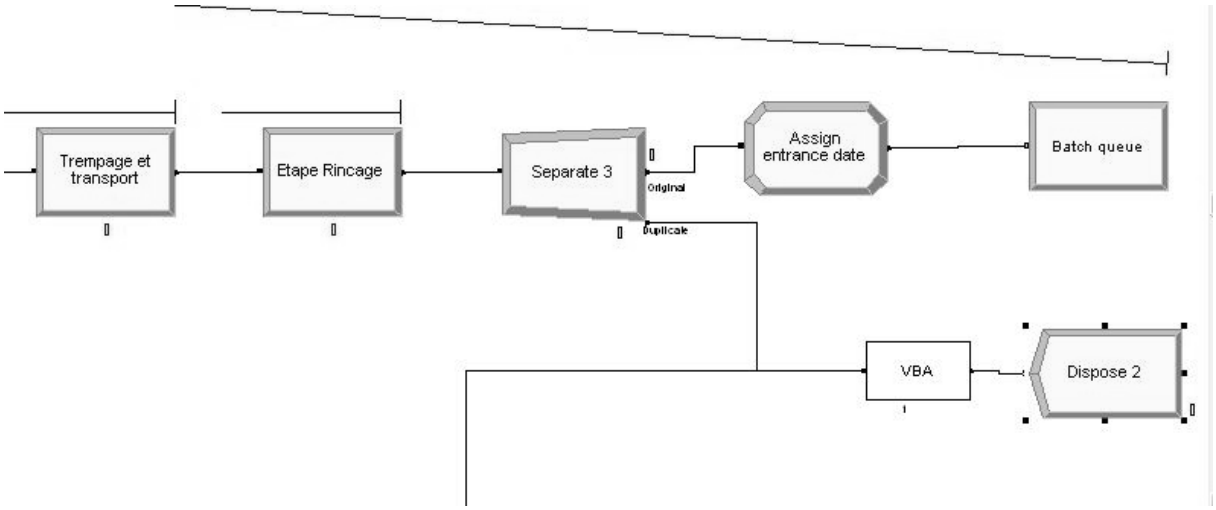
Les blocs d'arrivée des données :

Dans ces blocs nous construisons l'arrivée des données que nous avons présentée dans le chapitre 4 (§4.1.3). Ce bloc importe dans le modèle les données, relatives à l'arrivée des DM, contenues dans un fichier excel.



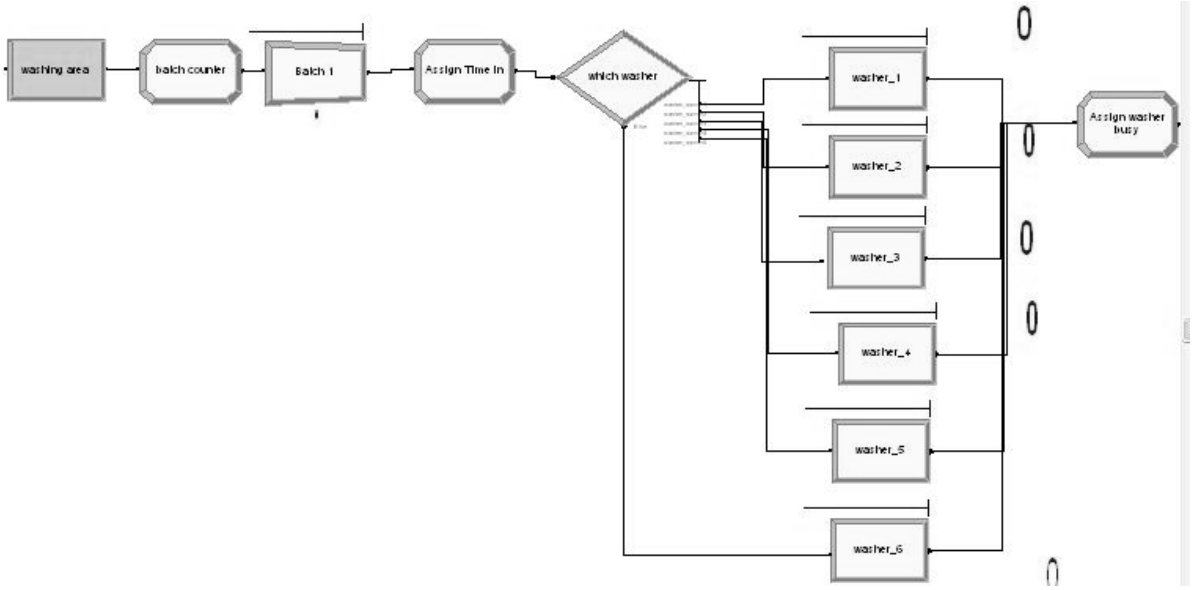
Les blocs précédant l'étape de lavage :

Ces blocs représentent l'étape de trempage et l'étape de rinçage. Les interventions sont préparées dans le stock de lavage pour être chargées dans les laveurs en utilisant la règle de chargement des laveurs de chaque service. Les règles de chargement des laveurs sont gérées par un bloc VBA.



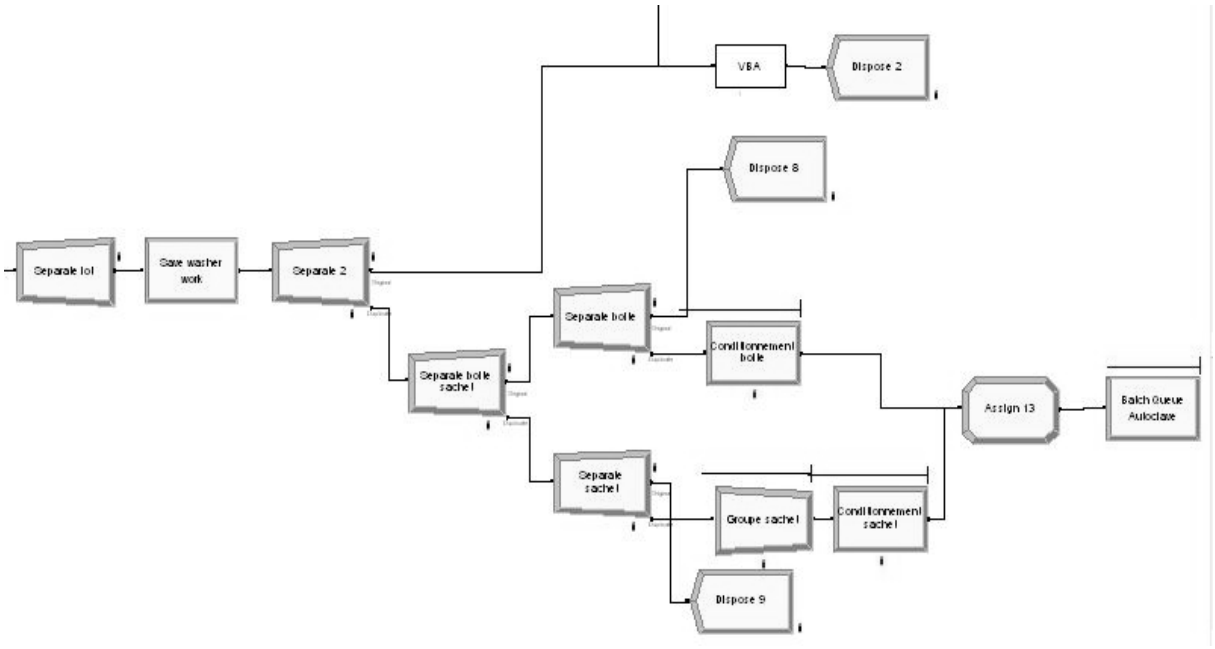
Les blocs de l'étape de lavage :

Ces blocs nous donnent le fonctionnement de l'étape de lavage.



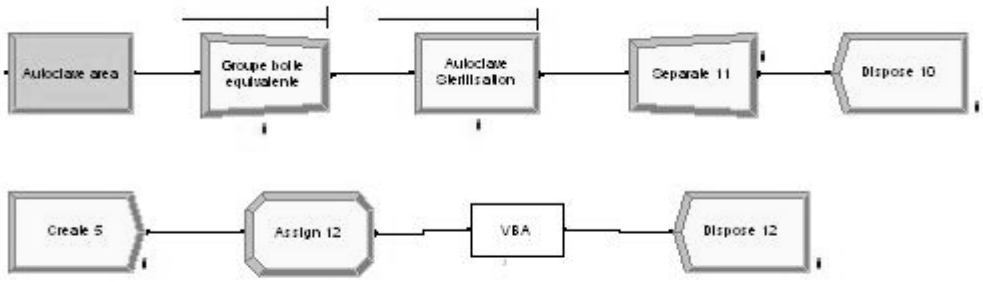
Les blocs de l'étape de conditionnement :

Le fonctionnement du conditionnement est représenté dans ces blocs. Les interventions sont divisées en boîtes et en sachets qui sont ensuite conditionnés séparément.

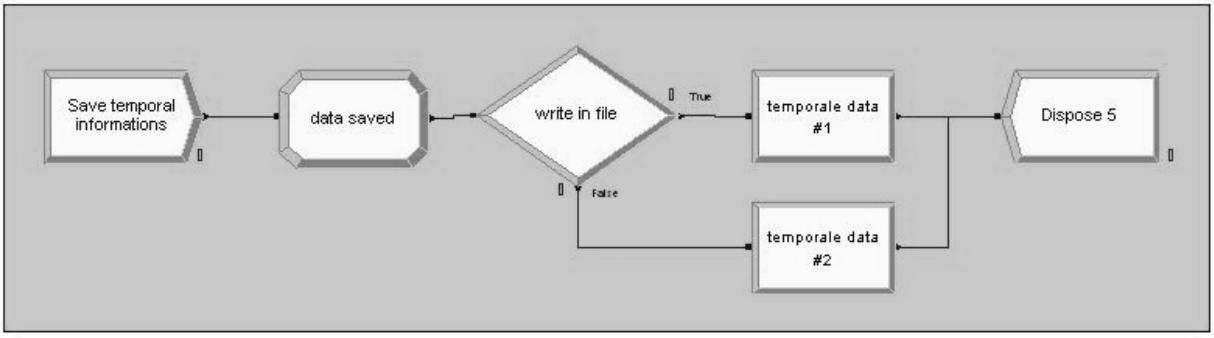


Les blocs de l'étape de stérilisation par autoclaves :

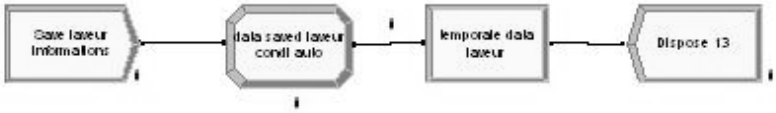
Ces blocs représentent l'étape de stérilisation par autoclaves. Les boîtes équivalentes sont préparées dans le stock de stérilisation pour être chargées dans les autoclaves en utilisant la règle de chargement des autoclaves de chaque service. Les règles de chargement des autoclaves sont aussi gérées par le bloc VBA.



Les informations de l'étape de lavage sont représentées par ces blocs :



Les informations des stocks sont représentées par ces blocs :



Nous avons les entités suivantes dans le modèle :

Entity - Basic Process

	Entity Type	Initial Picture	Holding Cost /	Initial VA Cost	Initial NVA Cost	Initial Waiting Cos
1	Entity 1	Picture.Report	0.0	0.0	0.0	0.0
2	lot	Picture.Report	0.0	0.0	0.0	0.0
3	Entity 2	Picture.Report	0.0	0.0	0.0	0.0

Double-click here to add a new row.

Les files d'attentes du modèle :

Queue - Basic Process

	Name	Type	Shared	Report Statistics
1	washer_1.Queue	First In First Out	☐	☑
2	washer_2.Queue	First In First Out	☐	☑
3	washer_3.Queue	First In First Out	☐	☑
4	Batch 1.Queue	First In First Out	☐	☑
5	washer_4.Queue	First In First Out	☐	☑
6	Trempage et transport.Queue	First In First Out	☐	☑
7	Etape Rincage.Queue	First In First Out	☐	☑
8	Conditionnement boite.Queue	First In First Out	☐	☑
9	Conditionnement sachet.Queue	First In First Out	☐	☑
10	Groupe sachet.Queue	First In First Out	☐	☑
11	Groupe boite equivalente.Queue	First In First Out	☐	☑
12	Autoclave Sterilisation.Queue	First In First Out	☐	☑
13	Batch Queue Autoclave.Queue	First In First Out	☐	☑
14	Batch queue.Queue	First In First Out	☐	☑
15	washer_6.Queue	First In First Out	☐	☑
16	washer_5.Queue	First In First Out	☐	☑

Les ressources du modèle :

Resource - Basic Process

	Name	Type	Capacity	Schedule Name	Schedule Rule	Busy / Ho
1	wash_1	Based on Schedule	plage_travail_6h30_22h	plage_travail_6h30_22h	Preempt	0.0
2	wash_2	Based on Schedule	plage_travail_6h30_22h	plage_travail_6h30_22h	Preempt	0.0
3	wash_3	Based on Schedule	plage_travail_6h30_22h	plage_travail_6h30_22h	Preempt	0.0
4	wash_4	Based on Schedule	plage_travail_6h30_22h	plage_travail_6h30_22h	Preempt	0.0
5	wash_5	Fixed Capacity	1	1	Wait	0.0
6	wash_6	Fixed Capacity	1	1	Wait	0.0
7	Trempage	Fixed Capacity	Infinite	Infinite	Wait	0.0
8	Rincage	Based on Schedule	plage_travail_6h30_22h	plage_travail_6h30_22h	Preempt	0.0
9	Conditionnement_boite1	Based on Schedule	plage_travail_6h30_22h	plage_travail_6h30_22h	Preempt	0.0
10	Conditionnement_boite2	Based on Schedule	plage_travail_6h30_22h	plage_travail_6h30_22h	Preempt	0.0
11	Conditionnement_boite3	Based on Schedule	plage_travail_6h30_22h	plage_travail_6h30_22h	Preempt	0.0
12	Conditionnement_boite4	Fixed Capacity	1	1	Wait	0.0
13	Conditionnement_boite5	Fixed Capacity	1	1	Wait	0.0
14	Conditionnement_boite6	Fixed Capacity	1	1	Wait	0.0
15	Conditionnement_sachet	Based on Schedule	plage_travail_6h30_22h	plage_travail_6h30_22h	Preempt	0.0
16	Autoclave 1	Based on Schedule	plage_travail_6h30_22h	plage_travail_6h30_22h	Preempt	0.0
17	Autoclave 2	Based on Schedule	plage_travail_6h30_22h	plage_travail_6h30_22h	Preempt	0.0
18	Autoclave 3	Based on Schedule	plage_travail_6h30_22h	plage_travail_6h30_22h	Preempt	0.0

Double-click here to add a new row

Les variables du modèle :

Variable - Basic Process

	Name	Rows	Columns	Clear Option	Initial Values	Report Statis
1	production	17	40	None	0 rows	
2	nb_lot			System	1 rows	
3	ind_h			System	1 rows	
4	ind_lot			System	1 rows	
5	wash_delay			System	1 rows	
6	total_lot			None	0 rows	
7	ind_nb_lot			System	1 rows	
8	nbre_laveur			System	1 rows	
9	taille_laveur			System	1 rows	
10	remplissage			System	1 rows	
11	ref_lot			System	1 rows	
12	tt			System	1 rows	
13	nb_washer_busy			System	0 rows	
14	old_washer_busy			System	0 rows	
15	Occ_washer	24		System	0 rows	
16	last_hour			None	1 rows	
17	delay_wash			None	1 rows	
18	start_time			System	1 rows	
19	nb_cycle			System	0 rows	
20	batch_counter			System	0 rows	
21	StrategieDeRemplissage			System	1 rows	
22	ParametreStrategieDeRemplissage			System	1 rows	
23	last_time_out			System	0 rows	
24	washer_busy	10		System	0 rows	
25	nb_lot_in			System	0 rows	
26	sum_delay_time			System	0 rows	
27	nombre_boite	17	40	None	0 rows	
28	nombre_sachet	17	40	None	0 rows	
29	trempage_delay			System	1 rows	
30	rincage_delay			System	1 rows	
31	conditionnement_boite_delay			System	1 rows	
32	conditionnement_sachet_delay			System	1 rows	
33	autoclave_delay			System	1 rows	
34	ind_jour			System	1 rows	
35	nombre_jour			System	1 rows	
36	hour_tnow			System	1 rows	
37	Minute_tnow			System	1 rows	
38	tt_laveur			System	1 rows	
39	nombre_boite_lanuit_laveur			System	0 rows	
40	nombre_boite_lanuit_condi			System	0 rows	
41	nombre_boite_lanuit_steril			System	0 rows	

Un exemple du planning du personnel du modèle

Schedule - Basic Process

	Name	Format Type	Calendar Format Note
1	plage_travail_7h30_21h	Calendar	Edit Calendar Schedules via Edit menu
2	plage_travail_7h30_19h45	Calendar	Edit Calendar Schedules via Edit menu
3	plage_travail_7h00_20h00	Calendar	Edit Calendar Schedules via Edit menu
4	plage_travail_7h00_18h50	Calendar	Edit Calendar Schedules via Edit menu

Double-click here to add a new row.

Bibliographie

[AFNOR, 2005] Standard AFNOR FD S98-135 (2005). Stérilisation des dispositifs médicaux – Guide pour la maîtrise des traitements appliqués aux dispositifs médicaux réutilisables.

[Akkerman et Knip, 2004] Akkerman R et Knip M (2004). Reallocation of Beds to Reduce Waiting Time for Cardiac Surgery. *Health Care Management Science 7: 119-126.*

[Albert et al., 2008] Albert F, Di Mascolo M, Marcon E (2008). Analyse de différentes stratégies de remplissage des laveurs dans un service de stérilisation de dispositifs médicaux. *7è Conférence Internationale de Modélisation et SIMulation – MOSIM'08, 31Mars au 2 Avril 2008, Paris, France.*

[Albert, 2007] Albert F (2007). Intérêt du regroupement des plateaux médico-techniques. Réalisation d'un outil de prototypage de plateau technique. *Thèse à l'Université Jean Monnet.*

[Augusto et Xie, 2006] Augusto V et Xie X (2006). Modélisation et analyse de flux par la simulation en milieu hospitalier : état de l'art. *In: GISEH 06 Gestion et Ingénierie des SystEme Hospitalier, 14-16 Septembre 2006, Luxembourg*

[Bac et Cornilleau, 2002] Bac C et Cornilleau G (2002). Comparaison international des dépenses de santé : une analyse des évolutions dans sept pays depuis 1970. *DREES Direction de la recherche des études de l'évaluation et des statistiques, n° 175, Juin 2002.*

[Badillo et Paradi, 1999] Badillo P et Paradi J C (1999), *La méthode DEA : analyse des performances.* Hermes Science Publications, Paris.

[Bardet, 2003] Bardet E (2003). Externalisation de la stérilisation : conditions de mise en œuvre, avantages, inconvénients, *Mémoire de l'école nationale de la santé publique.*

[Bernard et Lacroix, 2001] Bernard V et Lacroix P (2001). Restructuration d'un service de stérilisation dans le cadre d'une démarche qualité. *ITBM-RBM, 22(2), 116-124.*

[Bitran et Tirupati, 1989] Bitran G R et Tirupati D (1989). Approximation for product departures from a single server station with batch processing in multi-product queues. *Management Science 35 (7), 851-878.*

[Brière et Chaudhry, 1987] Brière G et Chaudhry M L(1987). Computational analysis of single-server bulk-arrvial queues: $GI^X/M/1$. *Queueing Systems 2, 173-185.*

[Bruin et al., 2007] Bruin A M, Rossum A C, Visser M C et Koole G M (2007). Modeling the emergency cardiac in-patient flow: an application of queuing theory. *Health Care Management Science10:125-137*

[Calabress et Hausmann, 1991] Calabress J M et Hausmann W H (1991). Simultaneous determination of lot sizes and routing mix in job shops. *Management Science 37 (8), 1043-1059.*

[Calleja, 2007] Calleja G (2007). Enquête sur les pratiques de stérilisation en Rhône- Alpes et proposition d'amélioration. *Mémoire de fin d'étude*. *Ecole d'ingénieurs en génie industriel, Grenoble INP*.

[Charnes et al., 1978] Charnes A, Cooper W et Rhodes E (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, vol 2, 6, 429-444.

[Chaudhry et al., 1987] Chaudhry M L, Madhill B R et Brière G (1987). Computational analysis of steady-state probabilities of $M/G^{[a;b]}/1$ and related nonbulk queues. *Queueing Systems 2, 93-114.*

[Chaudhry et al., 2001] Chaudhry M L, Gupta U et Goswami V (2001). Modeling and analysis of discrete-time multiserver queues with batch arrivals: $GI^X/GEOM/M$. *Journal on Computing 13 (3), 172-180.*

[Chaudhry et Gupta, 1997] Chaudhry M L et Gupta U (1997). Queue-length and waiting-time distributions of discrete-time $GI^X/GEOM/1$ queueing systems with early and late arrivals. *Queueing Systems 25, 307-324.*

[Chaussalet et al., 2006] Chaussalet T J, Xie H, et Millard P (2006) A closed queueing network approach to the analysis of patient flow in health care systems. *Method of Information in Medicine, 45 (5): 492 -497.*

[Cobbold, 2006] Cobbold K (2006). Aide au dimensionnement des ressources humaines dans une stérilisation centralisée: le cas du CHU de Saint Etienne. *Mémoire de Master recherche, Laboratoire d'Analyse des Signaux et des Processus Industriel, Roanne.*

[Cochran et Bharti, 2006] Cochran J K et Bharti B (2006). Stochastic bed balancing of an obstetrics hospital. *Health Care Management Science 9: 31-45.*

[Curry et Deuermeyer, 2002] Curry G L et Deuermeyer B L (2002). Renewal approximation for the departure process of batch systems. *IIE Transactions 34, 95-104.*

[Daniel, 2005] Daniel W S. An introduction to Markov processes. *Berlin : Springer, cop. 2005*

[Dubaele, 2000] Dubaele Marie-Paule (2000). La stérilisation hospitalière certifiée par un organisme notifié. *Thèse en pharmacie à l'Université de Paris Sud.*

[Dummler, 1998] Dummler M (1998). Analysis of the departure process of a batch service queueing system. *Technical Report, Lehrstuhl für Informatik III, Universität Würzburg.*

[EESS, 2007] EESS (2007). Enquête Electronique sur les Services de Stérilisation. *http://www.laspi.fr/ipi*

[Economou, 2002] Economou A (2002). An alternative model for queueing systems with single arrivals, batch services and customer coalescence. *Queueing System 40, 407-432.*

[Fenina et Geffroy, 2007] Fenina A et Geffroy Y (2007). Les comptes nationaux de la santé en 2006. *DREES Direction de la recherche des études de l'évaluation et des statistiques, 593, Septembre.*

[Fenina et al., 2008] Fenina A, Geffroy Y et Duée M (2008). Les comptes nationaux de la santé en 2007. *DREES Direction de la recherche des études de l'évaluation et des statistiques, 655, Septembre 2008.*

[Flecher et Worthington, 2007] Flecher A et Worthington D (2007). What is a 'generic' hospital model ?, *In : ORAHS 07 Operational Research Applied to Health Services, 15-17 July 2007, Saint Etienne, France.*

[Fone et al., 2003] Fone D, Hollinghurt S, Temple M, Round A, Lester N, Weightman A L, Roberts K, Coyle E, Bevan G, et Palmer S R (2003). Systematic review of the use and value of computer simulation modelling in population health and health care delivery. *Journal of Public Health Medicine 25 (4):325-335*

[Galtier, 2003] Galtier F (2003). Histoire de la stérilisation : de l'antiquité à Pasteur. *Stérilisation Magazine, 29, 7*

[Gelenbe et Puyolle, 1998] Gelenbe E et Puyolle G (1998). An introduction to queueing networks. *Chichester : New York : Wiley, c1998.*

[Godfrey, 1983] Godfrey K. Compartmental models and their application. *Academic Press, London, 1983*

[Gorunescu et al., 2002] Gorunescu F, McClean S I, et Millard P H (2002). Using a Queueing Model to Help Plan Bed Allocation in a Department of Geriatric Medicine. *Health Care Management Science 5: 307-312*

[Jun et al., 1999] Jun J B, Jacobson S H et Swisher J R (1999). Application of discrete event simulation in health care clinics: a survey. *Journal of Operational Research Society 50: 109-123.*

[Karmarkar et al., 1985] Karmarkar U S, Kerke S et Kerke S (1985). Lotsizing in multi-item multi machine job shops. *IIE Transactions 17 (3), 290-297.*

[Kim et al., 1999] Kim S, Horowitz I, Young K K et Buckley T A (1999). Analysis of capacity management of the intensive care unit in a hospital. *European Journal of Operational Research 115: 36-46*

[Koizumi et al., 2005] Koizumi N, Kuno E et Smith T E (2005). Modeling Patient Flows Using a Queuing Network with Blocking. *Health Care Management Science 8: 49-60.*

[Law et Kelton, 1991] Law M A et Kelton W D. Simulation Modelling and Analysis. *MacGraw-Hill, Singapore, 1991.*

[Louw et Page, 2004] Louw L et Page D C (2004). Queuing network analysis approach for estimating the sizes of the time buffers in theory of constraint controlled production systems. *International Journal of Production Research, 42:6, 1207-1226.*

[Macquet et Vallens, 1997] Macquet P et Vallens D (1997). L'organisation et les équipements d'une nouvelle stérilisation centrale. *RBM-News, 19(1), 14-17*

[Marshall et al., 2004] Marshall A H, McClean S I et Millard P H (2004). Addressing costs for the elderly: a new methodology for modelling patient outcomes and length of stay. *Health Care Management Science 7: 27-33*

[Marshall et al., 2005] Marshall A, Vasilakis C et El-Darzi E (2005). Length of stay-based patient flow models: recent developments and future directions. *Health Care Management Science 8: 213-220.*

[McClean et al., 2005] McClean S I, Faddy M et Millard P H (2005). Markov model-based clustering for efficient patient care. *Proceeding of the 18th IEEE Symposium on Computer-Based Medical System (CBMS'05)*

[McClean et Millard, 1998] McClean S I et Millard P H (1998). A three compartment model of the patient flows in a geriatric department: a decision support approach. *Health Care Management Science 1: 159-163*

[McClean et Millard, 2007] McClean S I et Millard P H (2007). Where to treat the older patient? Can Markov models help us better understand the relationship between hospital and community care?. *Journal of the Operational Research Society 58: 255-261*

[McNally et al., 2001] McNally O, Thompson I M, Mcllevenny G, Smyth E T M, McBrice N, et MacAuley D. Sterilization and disinfection in general pratice within university health services. *Journal of Hospital Infection 2001*, 49, 210-214.

[Meng et Heragu, 2004] Meng G et Heragu S (2004). Batch size modeling in a multi-item, discrete manufacturing system via an open queueing network. *IIE Transactions 36, 743-753.*

[Ministère 2001] Ministère de l'emploi et de la solidarité (2001). Bonnes pratiques de pharmacie hospitalière, *Technical report* *http://www.sante.gouv.fr/htm/actu/bpph/rap_bpph.pdf*

[O'Neill et al., 2008] O'Neill L, Rauner M, Heidenberger K et Kraut M (2008). A cross-national comparison and taxonomy of DEA-based hospital effciency studies. *Socio-Economic Planning Sciences, 42 (2008), 158-189.*

[Preater, 2001] Preater J (2001). A bibliography of queues in health and medicine. *Keele Mathematics Research Report.*

[Reid et al., 2005] Reid P P, Compton W D, Crossman J H et Fanjiang G (2005). Building a Better Delivery System : A New Engineering/Health Care Partnership. *The National Academies Press, Washington, D.C.*

[Reymondon et al., 2008a] Reymondon F, Di Mascolo M, Gouin A, Pellet B et Marcon E (2008). Etat des lieux des pratiques de stérilisation hospitalière en Rhône-Alpes. *Conférence GISEH'08, Lausanne, 4-6 septembre 2008.*

[Reymondon et al., 2008b] Reymondon F, Pellet B, Calleja G, Marcon E, Di Mascolo M, Gouin A et Ngo Cong K. (2008) Rapport d'enquête du projet 2E2S - Etude organisationnelle des services de stérilisation Rhônalpins.

[Reymondon et al., 2008c] Reymondon F, Pellet B et Marcon E (2008). Optimization of hospital sterilization costs proposing new grouping choices of medical devices into packages. *International Journal of Production Economics 112 (2008): 326-335.*

[Reymondon et Marcon, 2005] Reymondon F et Marcon E (2005). Optimization of the hospital sterilization costs acting on grouping choices of medical devices into packages using the simulated annealing method. *Conférence IESM'05, International Conference on Industrial Engineering and System Management, 16-19 May 2005, Marrakech, Maroc.*

[Ridge et al., 1998] Ridge J C, Jones S K, Nielsen M S et Shahani A K (1998). Capacity planning for intensive care units. *European Journal of Operational Research 105: 364-355*

[Rutala et Weber, 2004] Rutala W A et Weber D J (2004). Disinfection and sterilization in health care facilities: What clinicians need to know. *Clinical infectious diseases*, 39 (5), 702-709.

[Schleyer, 2007] Schleyer M (2007). Discrete time analysis of batch processes in material flow systems. *Dissertation, Universität Karlsruhe, Fakultät Maschinenbau.*

[Shaw et Marshall, 2007] Shaw B et Marshall A H (2007). Modelling the flow of congestive heart failure patients through a hospital system. *Journal of the Operational Research Society 58: 212-218*

[Smyth et al., 1999] Smyth E T M, Mcllvenny G, Thompson I M, Adam R J, McBrice L, Young B, Mitchell E et MacAuley D (1999). Sterilization and disinfection in general practice in Northern Ireland. *Journal of Hospital Infection 1999*, 43, 155-161.

[Taylor et al., 1998] Taylor G J, McClean S I et Millard P H (1998). Continuous time Markov models for geriatric patient behaviour. *Applied stochastic models and data analysis 13: 315-323*

[Taylor et al., 2000] Taylor G J, McCLean S I and Millard P H (2000). Stochastic models of geriatric patient bed occupancy behaviour. *J. R. Statistic Soc. A, 163, Part 1: 39-48*

[Tlahig, et al., 2006] Tlahig H, Jebali A et Bouchriha H (2006). Un outil d'aide à la décision pour le choix de la centralisation/ décentralisation de l'activité de stérilisation au sein d'un établissement hospitalier. *MOSIM'06, 6ème Conférence Francophone de Modélisation et SIMulation, 3-5 avril 2006, Rabat, Maroc.*

[Trescher, 2003] Trescher J (2003). Les stérilisations centrales : un peu d'histoire. *Stérilisation Magazine, 29, 9-11*.

[Tucker et al., 1999] Tucker J B, Barone J E, Cecere J, Bladey R G et Rha C (1999). Using queueing theory to determine operating room staffing needs. *The journal of Trauma Injury Infection and Critical Care, volume 46 (1): 71-79*

[Whitt, 1983] Whitt W (1983). Queueing network analyser. *The Bell System Technical Journal 62 (9), 2779-2815.*

[Woolston, 2000] Woolston J (2000). Optimizing cost and service in sterilization. *Medical Device Technology, 2000, 11(4), 12-16.*

[Xie et al., 2005] Xie H, Chaussalet T J et Millard P H (2005). A continuous time Markov model for the length of stay of elderly people in institutional long-term care. *J. R. Statistic Soc. A 168, Part 1:51-61*