



## Quand les outils de qualité appliqués en biologie médicale améliorent les conditions de travail

Amir Khaterchi (ingénieur biomédical)<sup>1</sup>, Sabine Niort (responsable métrologie)<sup>1</sup>, Maxime Morel (alternant BUT Mesures physiques)<sup>2</sup>, Bertrand Benoit (ingénieur biomédical)<sup>1</sup>, Gilbert Farges (Enseignant-Chercheur émérite)<sup>3</sup>

1. Groupe hospitalier Paris Saint-Joseph, Paris, France
2. Université Paris-Est Créteil, Créteil, France
3. Université de technologie de Compiègne, Compiègne, France

### Correspondance :

Amir Khaterchi, Groupe hospitalier Paris Saint-Joseph, Paris, France.  
[akhaterchi@ghpsj.fr](mailto:akhaterchi@ghpsj.fr)

### Contexte

Cet article propose un retour d'expérience sur la résolution des dysfonctionnements de signal des sondes de surveillance de températures dans un laboratoire de biologie médicale, impactant considérablement la qualité et la sérénité du travail.

Le département de biologie médicale de l'hôpital Saint-Joseph dispose d'une équipe de 68 techniciens de laboratoire chargés de surveiller, à différents moments de la journée, les températures des 82 enceintes et 31 locaux techniques. Cette surveillance vise à garantir la bonne conservation des échantillons sanguins, des réactifs et à maintenir un environnement contrôlé pour les équipements.

Le département dispose de 113 sondes de surveillance de température en fonctionnement et 9 modules de réceptions sur 3 étages + 1 centre de prélèvement. Les modules de réception sont composés d'une partie radio (pour dialoguer avec les sondes) et une partie réseau Ethernet (pour dialoguer avec le

serveur). Les sondes dialoguent avec un seul module par onde radio (*figure 1*).

Depuis l'installation du système de surveillance des températures, le nombre moyen d'alarmes quotidienne varie entre 15 et 18, avec des pics pouvant atteindre jusqu'à 60 alarmes. Ces alertes peuvent indiquer soit un dysfonctionnement de l'enceinte ou du local, soit un problème avec la sonde elle-même. Leur gestion nécessite généralement l'intervention prolongée de l'équipe, qui doit se rendre sur place pour identifier la cause de l'incident, ce qui peut prendre jusqu'à une heure.

En cas d'alarme de température (dépassement de seuil haut ou bas des tolérances définies pour l'enceinte), les causes possibles peuvent être soit une porte restée ouverte ou ouverte trop longtemps, une panne de l'enceinte, une dérive de la sonde, etc.

Lors d'une alarme technique (perte de réponse, module de réception débranché...), les sondes cessent d'envoyer les

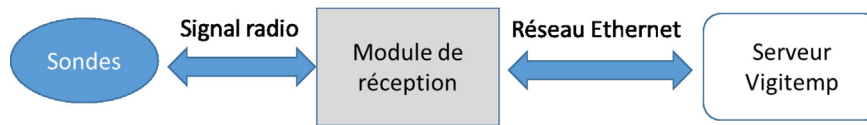


FIGURE 1

Schéma simplifié de la communication entre les sondes et le serveur Vigitemp (MC2)

données au logiciel. Les actions correctives comprennent généralement une relance manuelle (débranchement puis rebranchement de la prise électrique de la sonde ou du modem) ou bien le remplacement du boîtier d'alimentation.

Un état des lieux a été réalisé pour analyser la répartition des alarmes de température et des alarmes techniques entre le 01/08/2024 et le 30/11/2024. Il en ressort que plus de 60 % des alarmes sont d'origine technique, principalement causées par des pertes de communication entre les sondes et le logiciel de température (tableau I).

### Définitions des alarmes techniques

- Défaut module : alarme signifiant un problème au niveau du module.
- Défaut secteur : alarme signifiant que le bloc d'alimentation de la sonde est débranché de la prise électrique murale ou est hors-service (HS) ou la prise électrique murale est HS. Si aucune de ces causes n'est vérifiée et que l'alarme persiste, alors il s'agit d'un défaut sur la carte électronique de la sonde (ou la batterie en elle-même).
- Défaut capteur sonde : problème sur le fil du capteur ou sur le capteur (coupure du fil, même légère ou capteur HS).

En conséquence, les utilisateurs peuvent passer jusqu'à une heure à résoudre des problèmes dits techniques liés aux sondes,

ce qui augmente le risque de négliger une véritable alarme de dépassement de température.

### Problématique

Comment réduire les anomalies techniques des sondes de surveillance de température afin de permettre aux utilisateurs de se concentrer davantage sur les alarmes de dépassement de consignes ?

### Amélioration sur les alarmes techniques

#### Focus sur les sondes en non-réponse

Étant donné que la plupart des alarmes techniques sont de type « non-réponse », signifiant une perte de signal entre la sonde et le module, nous avons d'abord effectué un état des lieux en réalisant une extraction du nombre de non-réponses par sonde entre septembre et novembre : en tout, 55 sondes ont été recensées, générant un total de 830 non-réponses.

Un classement a été réalisé à l'aide d'un diagramme de Pareto [1,2] ce qui a révélé que 12 sondes représentaient environ 80 % des alarmes liées aux non-réponses (figure 2).

Nous avons observé que :

- les sondes du secteur des dosages étaient reliées à 3 modules de réceptions différents (figure 3), dont un très éloigné (salle des étuves [en rouge les sondes ; en violet les modules]) ;

TABLEAU I

Répartition des alarmes par causes (extraction des données à partir de Vigitemp).

Alarmes	Causes identifiées par le logiciel	Sept-24	Oct-24	Nov-24
Technique	Défaut module	4	13	13
	Défaut secteur	3	10	4
	Défaut capteur sonde	0	0	1
	Non-réponse de la sonde	288	247	325
Dépassement température	Dépassement de seuil bas	33	49	74
	Dépassement de seuil haut	213	129	72
Total général		541	448	489
- Pourcentage alarmes techniques		55 %	60 %	70 %
- Pourcentage alarmes températures		45 %	40 %	30 %

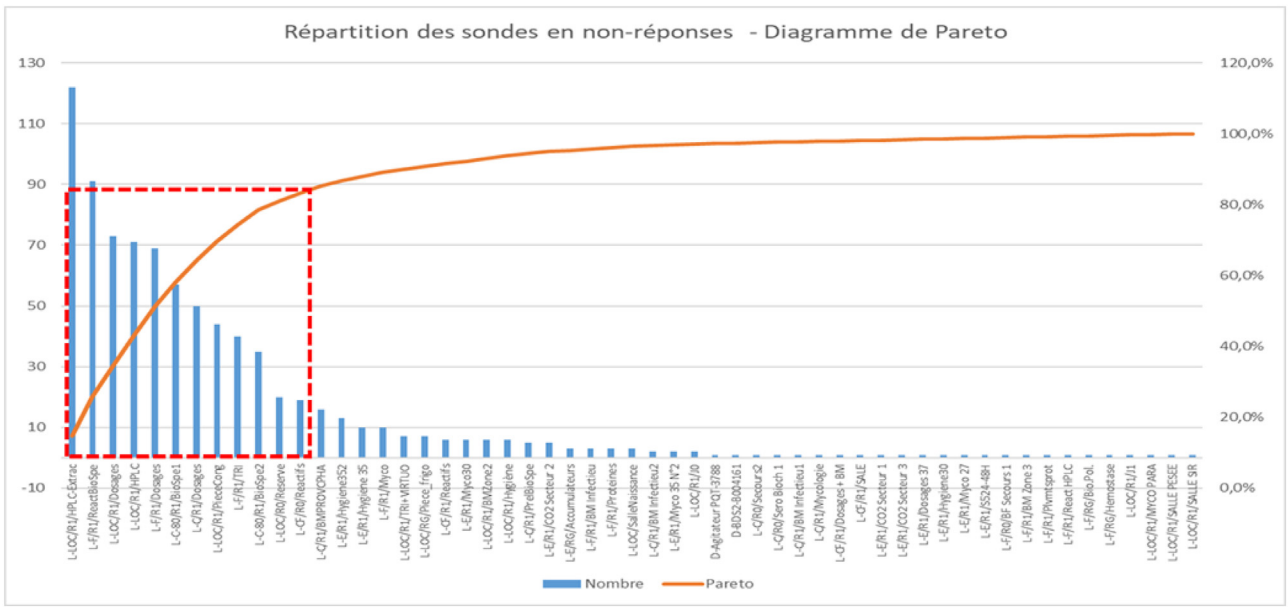


FIGURE 2 Répartition des sondes en non-réponses selon le diagramme de Pareto

- les sondes associées aux enceintes dans la pièce des congélateurs/réfrigérateurs étaient toutes connectées au même module (*figure 3* : auto-immunité [en rouge les sondes ; en violet les modules]) ;
- les 2 sondes situées au sous-sol étaient également associées au même module (*figure 4*).

En réponse à cela, nous avons transmis une synthèse de notre travail au fournisseur et lui avons proposé un plan d'amélioration, incluant l'ajout de modules de réceptions supplémentaires pour résoudre les dysfonctionnements liés aux alarmes techniques de type non-réponse :

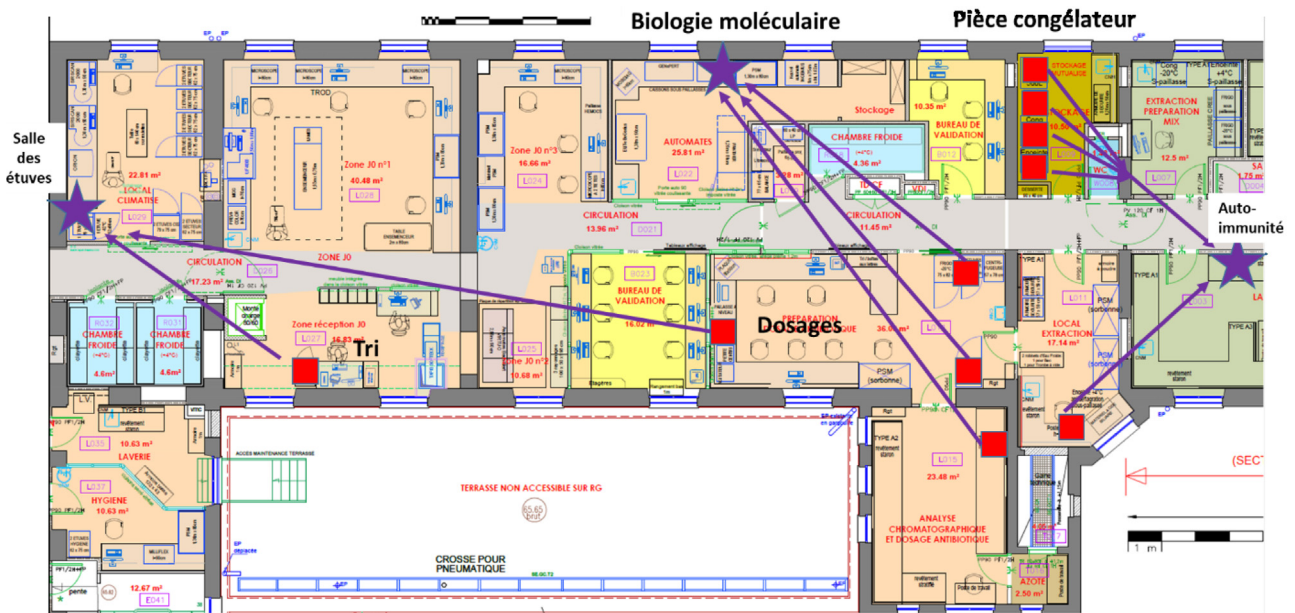


FIGURE 3 Localisation des modules et des sondes sur le niveau R + 1 (en rouge les sondes ; en violet les modules)

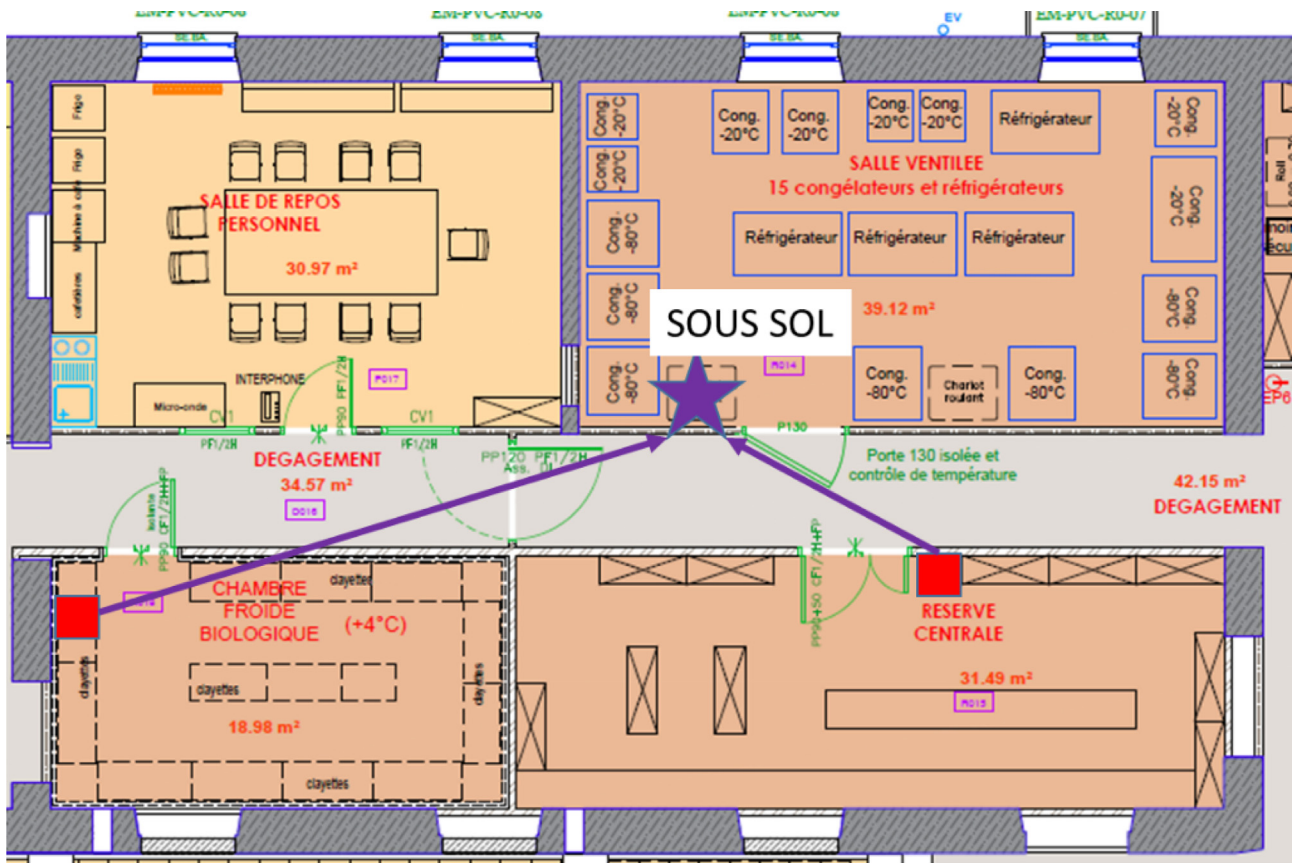


FIGURE 4 Localisation des modules et des sondes sur le niveau sous-sol (en rouge les sondes ; en violet les modules)

- dans le secteur des dosages ;
- dans la pièce des congélateurs ;
- au sous-sol.

**Optimisation du signal et amélioration de la couverture radio des sondes**

Pour répondre à notre problématique d'amélioration du signal, le fournisseur nous a proposé de remplacer les modules liés aux

sondes en non-réponse par des modules équipés d'antennes externes (figure 5). Ces modules offrent une portée radio améliorée.

Afin de réduire les non-réponses dans le secteur des dosages, le fournisseur a validé notre demande d'ajouter un module.

Lors de son intervention le 04/12/2024, il a observé que les modules de réceptions étaient posés sur les pailles, alors qu'il



FIGURE 5 Module MC2 sans antenne (à gauche) et avec antenne (à droite) (source MC2)

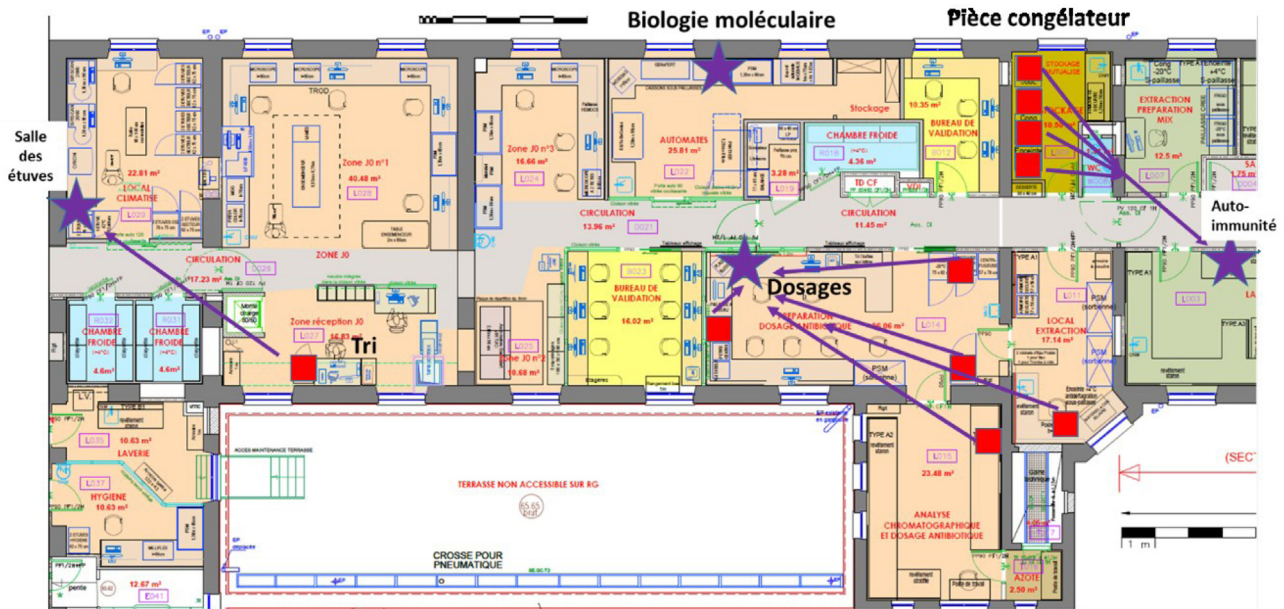


FIGURE 6  
Nouvelle répartition des sondes après ajout du module des dosages sur le niveau R + 1 (en rouge les sondes ; en violet les modules)

est recommandé de les fixer en hauteur pour améliorer la couverture radio. Les modules ont donc été installés en hauteur, au niveau des portes des secteurs. Concernant les sondes en non-réponse dans la pièce des congélateurs, il est envisagé que le remplacement du module dans le secteur d'auto-immunité par un module équipé d'une antenne externe, ainsi que son installation en hauteur, puissent améliorer la situation (figure 6).

### Bilan des améliorations après intervention

Nous avons constaté une amélioration significative suite à l'intervention de MC2 le 04/12/2024, avec une réduction d'environ 90 % des pertes de signal entre novembre 2024 et janvier 2025 (figure 7). Cette amélioration est attribuée à l'ajout d'un module dans le secteur des dosages et au remplacement de deux modules par des modèles équipés d'antennes. Seule la sonde, identifiée sous la référence L-LOC/R1/HPLC-Extrac : IEEDX, a continué à générer 13 non-réponses en décembre. Retrouvée posée sur une paillasse, nous l'avons fixée en hauteur afin d'améliorer la réception du signal par le module. En janvier, aucune perte de signal n'a été observée pour cette sonde.

### Application des « Muda, Muri, Mura », outil du Lean Management

Les principes de *Muda, Muri et Mura* [3,4], issus du *Toyota Production System* [5], le système de production de Toyota,

sont au cœur de la philosophie du *Lean Management* [6]. Ces concepts visent à identifier et éliminer les gaspillages, les variabilités et les surcharges dans tous les processus de production, permettant ainsi d'améliorer la productivité et les conditions de travail. L'association de ces trois concepts peut nuire à l'efficacité des processus (figure 8).

Les « muda » (en japonais, les gaspillages) sont toute activité qui n'ajoute pas de valeur ajoutée. Elles sont représentées en général par les 7 sources de gaspillages : transport, stock, déplacement, temps d'attente, surproduction, surtraitement et défauts.

Les « muri » font référence à la notion de « surmenage » ou de « charge excessive » dans les processus. Elles se produisent lorsque des ressources (employés, équipements ou processus) sont soumises à une charge de travail excessive, au-delà de leur capacité normale. Cela peut entraîner de la fatigue, des erreurs, une diminution de la qualité, ou même des pannes d'équipement.

Enfin, les « mura » désignent les irrégularités ou variations dans les processus de production. Cela inclut des maintenances effectuées à des fréquences irrégulières, augmentant le risque de pannes, ainsi que des contrôles sur le même type d'équipement avec des critères différents, ce qui affecte les délais de disponibilité des produits.

L'objectif du Lean est donc de réduire les 3M (*Muda, Muri, Mura*) en ajustant les charges de travail à la capacité réelle des ressources, ce qui permet d'améliorer l'efficacité globale tout

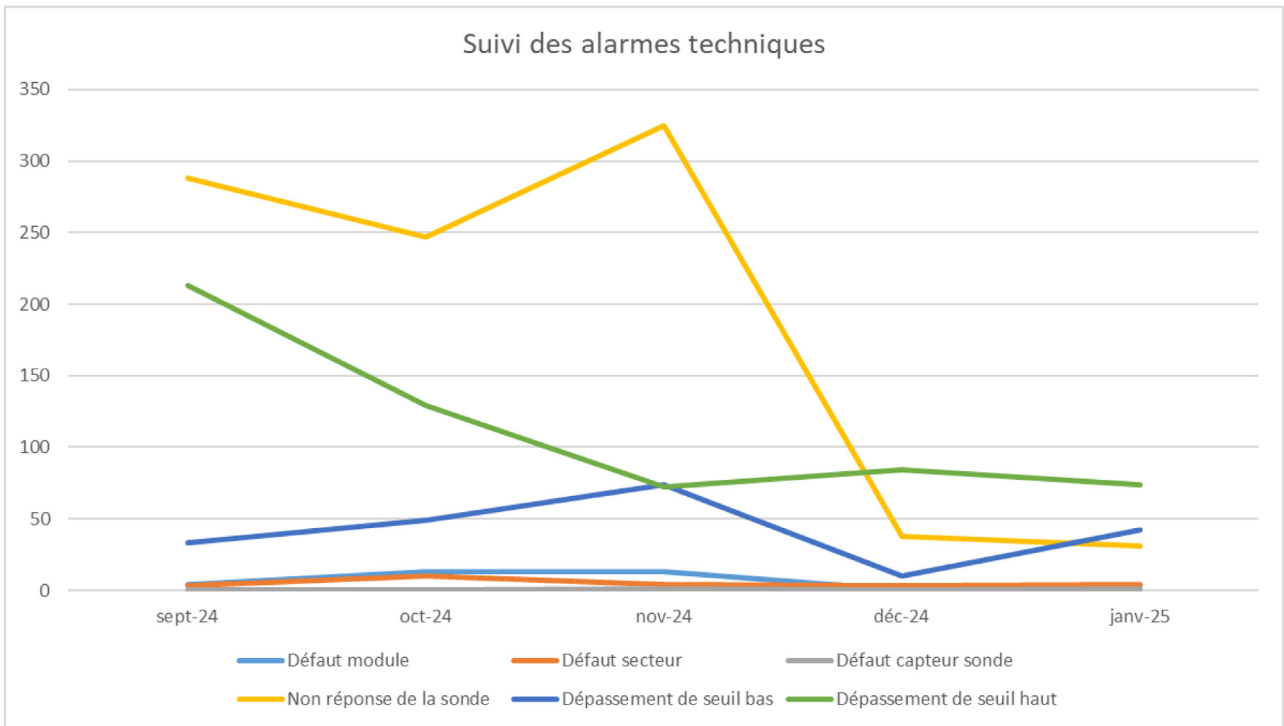


FIGURE 7  
Suivi des alarmes techniques

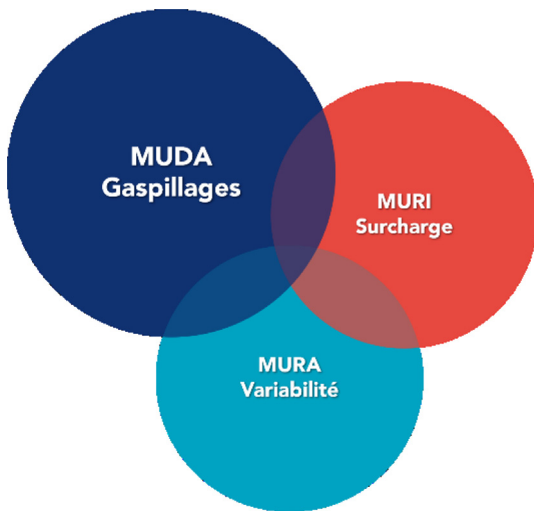


FIGURE 8  
Muda, Mura, et Muri (source [3])

en préservant la santé et la performance des équipes et des équipements.

Nous avons décidé de faire un état des lieux de la charge de chaque module de réceptions en sondes associées afin d'identifier les modules en surcharge (tableau II).

Nous avons constaté que les modules de réception de la salle des étuves et de la pièce climatisée étaient associés à un nombre de sondes bien plus élevé que les autres modules. Cette irrégularité (*mura*) pourrait entraîner, en cas de défaillance du module, des difficultés pour rediriger les sondes vers des modules distants. Nous avons ainsi pu mettre en évidence l'absence de procédure interne dégradée permettant de rediriger les sondes vers le module le plus proche en cas de panne. Nous avons donc identifié deux modules critiques, ne disposant pas de modules de secours à proximité :

- le module de réception du sous-sol (avec 19 sondes associées) ;
- le module de réception de la salle des étuves (avec 33 sondes associées).

Afin de pallier à ce problème, nous avons décidé d'ajouter deux modules supplémentaires :

- un dans le secteur de mycologie, pour alléger la charge du module de la salle des étuves ;
- un autre près de la pièce climatisée du sous-sol, pour servir de module de secours et améliorer la réception du signal pour la sonde de la chambre froide (CF/RO/réactifs).

En diminuant les *mura* (irrégularités dans le processus), nous agissons également sur les *muri* (surcharges du processus) même si les spécificités techniques des modules

TABLEAU II

**Nombre de sondes par module sur le département (hors centre de prélèvement et biologie délocalisée).**

Modules	Localisation	Nombre de sondes associées
Sous-sol pièce climatisée	Sous-sol	19
RG plateau biologie	RG	9
RG garde microbio	RG	11
RG banque de sang	RG	7
R1 BM infectieuse	R + 1	7
R1 dosages	R + 1	8
R1 auto-immunité	R + 1	13
R1 salle des étuves	R + 1	33
<b>Total</b>		<b>107</b>

n'indiquent pas un nombre limité de sondes pouvant être raccordé.

### Mise en place d'un plan de redirection des sondes en cas de panne de module

Pour élaborer la procédure interne dégradée visant à rediriger les sondes vers le module le plus proche en cas de panne de leur module d'origine, le [tableau III](#) ci-dessous présente un plan d'action destiné à garantir la continuité et la pérennité du signal. Ce plan permettra de vérifier l'efficacité de la redirection et d'assurer une prise en charge optimale des sondes pendant toute la durée de l'incident.

Le [tableau IV](#) ci-dessous, grâce à l'ajout des 2 modules manquants, nous permet de représenter la charge future des modules du département.

TABLEAU III

**Plan d'actions.**

Niveau	Module	Module à proximité	Actions
Sous-sol	Sous-sol pièce climatisée	Aucun	Installer un module pour avoir un secours sur ce niveau
RG	Banque du sang	Garde microbio	Vérifier la communication entre ces zones
	Plateau de biologie	Garde microbio	Vérifier la communication entre ces zones
R + 1	Auto-immunité	Dosages	Vérifier la communication entre ces zones
	Dosages	BM infectieuses	Vérifier la communication entre ces zones
	Salle des étuves	Aucun	Installer un module dans le secteur de mycologie pour alléger le nombre de sondes du module de la salle des étuves

TABLEAU IV

**Charge des modules après mise en place du plan d'actions.**

Modules	Localisation	Nombre de sondes associées	
		Avant	Après
Sous-sol pièce climatisée	Sous-sol	19	17
Sous-sol salle de détente	Sous-sol	0	2
Plateau biologie	RG	9	9
Garde microbio	RG	11	11
Banque de sang	RG	7	7
BM infectieuse	R + 1	7	7
Dosages	R + 1	8	8
Auto-immunité	R + 1	13	13
Salle des étuves	R + 1	33	22
Mycologie	R + 1	0	11
<b>Total</b>		<b>107</b>	<b>107</b>

### Conclusion

Ce projet a permis d'améliorer de manière significative la gestion des alarmes techniques des sondes de surveillance de température au sein du département de biologie médicale de l'hôpital Saint-Joseph.

Grâce à l'identification des dysfonctionnements récurrents, à la réorganisation des modules de réception et à l'optimisation du signal, nous avons fortement réduit les alarmes de type « non-réponse », permettant ainsi aux techniciens de laboratoire de se focaliser sur les alertes critiques liées au dépassement de température.

L'application d'un outil du *Lean Management*, à savoir la chasse au « mura », a permis d'identifier une irrégularité dans la configuration des équipements, dans le cadre de ce projet, les modules de réception, afin de prévenir les risques de défaillance des équipements. En ajustant le nombre des modules par l'ajout d'équipements de secours, nous avons renforcé la résilience du système de surveillance.

Ce projet ne se limite pas à une simple amélioration technique, il a également contribué à créer un environnement de travail plus serein, en réduisant la charge de travail liée aux interventions techniques (réduction des « muri ») et en garantissant une

meilleure sécurité pour les échantillons et équipements du laboratoire.

Enfin, en vue du transfert du site de Marie-Lannelongue vers le nouvel hôpital, ce projet souligne l'importance de réfléchir en amont à un schéma d'implantation des sondes et modules, afin de prévenir les alertes techniques. Cela garantira aux services concernés (biologie, pharmacie, centre de ressources biologiques, etc.) une surveillance efficace des équipements et un gain de temps pour les équipes.

**Déclaration de liens d'intérêts :** Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

## Références

- [1] Ministère de l'Économie des Finances industrielle et numérique. « Vilfredo Pareto », Grands noms et courants de l'économie. Consulté le 24 mars 2025. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.economie.gouv.fr/facileco/vilfredo-pareto>.
- [2] Hohmann C. « Le diagramme de Pareto ». Consulté le 24 mars 2025. [En ligne]. Disponible sur : <http://chohmann.free.fr/pareto.htm>.
- [3] Kaizen™ Institute France, « L'élimination des gaspillages : Muda, Mura, Muri ». Consulté le 24 mars 2025. [En ligne]. Disponible sur : <https://kaizen.com/fr/publications/gaspillages-muda-mura-muri/>.
- [4] Hohmann C. *Lean management – outils – méthodes – retours d'expériences*. Paris: Librairie Eyrolles; 2012, [www.eyrolles.com](http://www.eyrolles.com). [En ligne]. Disponible sur : <https://www.eyrolles.com/Entreprise/Livre/lean-management-9782212553819/>.
- [5] Liker J. 2<sup>e</sup> ed. Paris: Librairie Eyrolles; 2021, [www.eyrolles.com](http://www.eyrolles.com). [En ligne]. Disponible sur : <https://www.eyrolles.com/Entreprise/Livre/le-modele-toyota-2e-ed-9782744067815/>.
- [6] Dufлот J. « *Lean Management – bien le comprendre pour bien le déployer* », techniques de l'ingénieur. Consulté le 24 mars 2025. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/genie-industriel-th6/planification-industrielle-et-approches-sectorielles-des-supply-chains-42723210/lean-management-ag5195/>.