



Vers des achats hospitaliers plus durables : intégration de l'analyse du cycle de vie dans le processus achat de solutions de monitorage

Stéphane Grout¹, Agathe Ayrygnac^{2,3}

1. Ingénieur biomédical, Institut mutualiste Montsouris, Paris 14^e, France
2. Étudiante en 5^e année d'école d'ingénieur, filière génie biomédical, Polytech Lyon, Lyon, France
3. Stagiaire ingénieur biomédical, Institut Mutualiste Montsouris, Paris 14^e, France

Correspondance :

Agathe Ayrygnac, Étudiante en 5^e année d'école d'ingénieur, filière génie biomédical, Polytech Lyon, Lyon, France.
agathe.ayrygnac@gmail.com

Mots clés

Analyse du cycle de vie (ACV)
Impact carbone
Facteur d'émission (FE)
Agence de la transition écologique (ADEME)

■ Résumé

Dans un contexte de sensibilisation croissante aux enjeux environnementaux, les ingénieurs biomédicaux hospitaliers sont de plus en plus incités à intégrer des critères de durabilité dans leurs processus d'achat, et ce, conformément à l'évolution des normes et réglementations en vigueur. Cependant, en dépit de ces incitations, l'intégration des critères environnementaux reste une exception, en partie en raison de l'absence de méthodologie quantitative et reproductible. Dans le cadre du renouvellement des solutions de monitoring du service de Réanimation, l'Institut Mutualiste Montsouris a mis en œuvre une approche combinant analyse du cycle de vie et analyse du coût total de possession, permettant ainsi d'intégrer de façon concrète les impacts environnementaux dans la prise de décision. Cependant, une telle démarche reste longue et complexe à mettre en œuvre, en l'absence d'une méthodologie partagée par les fournisseurs et établissements de santé. En effet, une telle analyse se basant en partie sur des données déclaratives des fournisseurs, les comparaisons entre solutions restent délicates, à moins de garantir une homogénéité dans la qualité des réponses fournies.

Introduction

Dans un contexte de prise de conscience des enjeux environnementaux, les ingénieurs biomédicaux hospitaliers sont de plus en plus incités à inclure des critères de durabilité dans leurs processus d'achat. Cette orientation est renforcée par l'évolution du cadre normatif français qui, avec des textes tels que le décret n° 2021-254 du 9 mars 2021 [1], obligera à partir de 2026, les établissements de santé publics et les établissements de santé privés d'intérêt collectif à inclure les considérations environnementales dans tous leurs marchés publics. Cependant, malgré l'existence de telles réglementations, les critères environnementaux restent encore rarement pris en compte lors des processus d'achat. Ce manque peut être en partie expliqué par l'absence de méthodologie à la fois quantitative, reproductible et transposable à tous types de DM. Par ailleurs, les impacts environnementaux des DM restent encore méconnus et très peu documentés, rendant encore plus complexe la mise en place d'une telle méthodologie.

Pourtant, intégrer de tels critères dans les décisions d'achat pourrait contribuer à réduire considérablement l'impact environnemental du domaine de la santé qui, en 2020 représentait près de 49 millions de tonnes de CO₂ soit près de 8 % de l'empreinte carbone de la France [2]. En effet, les DM, bien qu'indispensables à la prise en charge des patients, n'en reste pas moins des équipements très polluants, représentant, d'après le rapport de The Shift Project, près de 21 % des émissions relatives au domaine la santé [2]. L'impact engendré par les DM équivaut à environ 4,9 millions de trajets aller-retour entre Paris et New York, chaque trajet générant environ 2,1 tonnes de CO₂.

Le service biomédical de l'Institut Mutualiste Montsouris (IMM) a ainsi initié la réalisation d'une analyse de cycle de vie (ACV) appliquée aux dispositifs de monitoring de réanimation et d'unité de soins continus (USC) dans le cadre de leur renouvellement. Cette étude ACV, combinée à une analyse de *Total Cost of Ownership* (TCO), tend à résoudre deux des enjeux majeurs de ces prochaines années : l'optimisation économique des achats de DM et la prise en compte de leur impact environnemental.

Par ailleurs, l'objectif de la réalisation de cette ACV est double : mieux comprendre la répartition de l'impact carbone au sein des différentes phases du cycle de vie de ces dispositifs et proposer une méthodologie reproductible qui permettrait d'intégrer des facteurs environnementaux dans les processus d'achat des services biomédicaux.

Matériel et méthode

Afin de mener cette étude combinée d'ACV et de TCO, cinq entreprises commercialisant des dispositifs de monitoring en France ont été sollicitées. Cependant, seulement quatre d'entre elles ont été en mesure de fournir, dans les délais impartis, l'ensemble des données requises, tant sur le plan économique qu'environnemental. Par conséquent, seules les informations

issues de ces quatre sociétés sont intégrées à l'analyse présentée dans cet article.

Méthodologie employée lors de la réalisation de l'ACV

En ce qui concerne l'analyse du cycle de vie, celle-ci a pu être réalisée pour seulement deux fournisseurs : ils seront nommés par la suite Société A et Société B. Ce choix a été imposé par le temps conséquent nécessaire à la réalisation de ce type d'étude ainsi qu'à la difficulté d'obtenir des données exploitables dans les délais impartis. Notre démarche étant une des premières initiatives de ce type dans le domaine des dispositifs médicaux, les fournisseurs, bien que coopératifs, ont parfois éprouvé des difficultés à comprendre notre demande et nos besoins. Par ailleurs, les interlocuteurs sollicités n'avaient que très rarement eux-mêmes accès aux données techniques, logistiques ou industrielles requises. Il a régulièrement été nécessaire de faire appel à leurs équipes R&D ou aux sites de productions afin d'obtenir les données souhaitées, rallongeant un peu plus les délais de transmission des informations.

L'évaluation de l'impact environnemental lié au remplacement des dispositifs de monitoring de Réanimation et d'USC, s'est appuyée sur la méthodologie de l'ACV, reconnue comme étant la méthode de référence pour la quantification des impacts environnementaux. Cette dernière permet d'estimer l'empreinte carbone (exprimée en kg CO₂e) générées durant toute la durée de vie d'un dispositif. De manière générale, l'ACV suit une approche dite « cradle to grave », qui prend en compte les étapes de l'extraction des matières premières jusqu'à la fin de vie du dispositif, en passant par la fabrication, le transport et l'utilisation (figure 1).

Conformément aux recommandations méthodologiques relatives à la réalisation d'une ACV, nous avons défini un périmètre d'étude, sous la forme d'une Unité Fonctionnelle, afin de garantir la comparabilité entre les équipements proposés par les

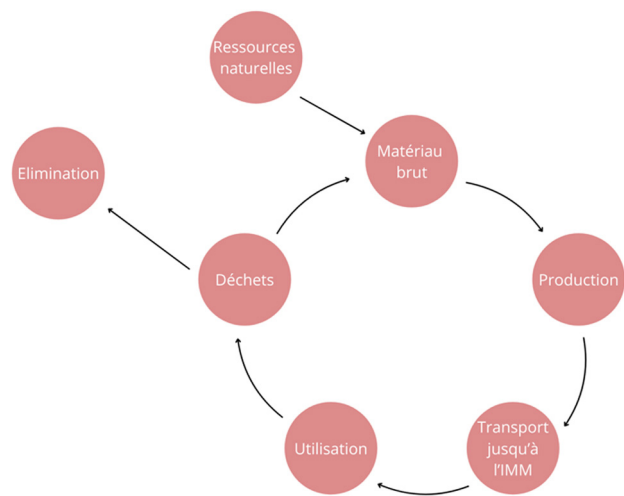


FIGURE 1
Étapes du cycle de vie des DM intégrées à l'ACV

différents fournisseurs. L'unité fonctionnelle retenue se traduit de la manière suivante : « **Assurer un monitoring physiologique continu des patients pris en charge dans un service de réanimation d'un hôpital de France métropolitaine, pendant une durée de 12 ans, avec un taux moyen d'occupation de 75,64 %.** » Ainsi, cette définition implique l'inclusion dans l'analyse, des moniteurs, des modules paramétriques et des accessoires et consommables associés, dans un contexte spatio-temporel défini.

Nos analyses TCO et ACV ont également été adaptées afin de correspondre au nombre réel d'équipements des services de Réanimation et d'USC. Ainsi, cette étude porte sur un total de 30 moniteurs fixes, 30 moniteurs de transport, quatre centrales de surveillance, près de 110 modules paramétriques et des accessoires associés.

Pour ce qui est de l'élaboration des analyses ACV, plusieurs éléments ont été intégrés afin de comprendre la répartition des émissions de gaz à effet de serre (GES) attribuables au biomédical. Pour ce faire, les ACV ont donc été réalisées à l'échelle macroscopique du service biomédical.

Les émissions ont été réparties entre les postes suivants : le processus d'achat, l'utilisation du parc de monitoring, la maintenance ainsi que la fin de vie des équipements (figure 2). Pour chaque poste, divers éléments ont été pris en compte dans la quantification de l'empreinte carbone incluant les impacts liés au transport du personnel, la documentation, la consommation énergétique liée aux activités administratives. Dans chaque poste ont été incluses les phases de fabrication, transport, utilisation, maintenance et fin de vie, spécifiques aux dispositifs médicaux.

Pour estimer l'empreinte carbone de chaque poste, nous avons recueilli, en collaboration avec les fournisseurs sollicités, les données techniques, industrielles et logistiques relatives à leurs

équipements. Ces informations ont par la suite été associés à des Facteurs d'Emission (FE), afin d'exprimer en kilogrammes équivalents CO2 (kg CO2e) l'impact environnemental des postes étudiés. Les FE que nous avons utilisés proviennent de la Base Empreinte® [3] créée par l'Agence de la transition écologique (ADEME) (exemple avec les figures 3 et 4).

Regardons à présent en détail la méthode utilisée pour quantifier l'impact CO2 des différents postes.

L'évaluation des émissions carbone engendrées par la fabrication des DM, des batteries ainsi que des accessoires et consommables a été réalisée en combinant les informations relatives aux matériaux constituant chaque équipement, aux FE appropriés, et ce selon le schéma suivant :

$$FE = \sum FE_{matériaux} \times Poids_{matériaux} (tonne)$$

Toutefois, il est particulièrement complexe de trouver des FE adaptés au contexte géographique de notre étude. La fabrication des dispositifs s'effectuant en Asie, nous avons dans un premier temps recherché des FE relatifs à ce continent en particulier. Cependant, la disponibilité de telles données étant très limitée, nous avons été dans l'obligation d'utiliser des FE européens, plus accessibles. Afin de limiter l'incertitude engendrée par cette hypothèse, nous avons ajouté, en complément, les émissions relatives au transport des matériaux, depuis leur site d'extraction et jusqu'au site de production. Cette approche, bien que contestable, permet cependant de réduire les incertitudes et de pallier le manque de données.

$$FE = \sum FE_{matériaux} \times Poids_{matériaux} (tonne) + FE_{transport} \times Distance_{milieu \text{ extraction-production}}$$

Processus d'achat/ MES													
Processus achat									MES				
Déplacement fournisseurs	Déplacement IBM	Energie des locaux	Energie administratif	DM			Formation TBM	Formation soignants	Documentation	Déplacements IBM/TBM	Energie des locaux	Documentation	Energie liée à l'administratif
				Fabrication	Emballage	Transport							
Utilisation													
Consommables / Accessoires			Energie de fonctionnement	DSI	Astreinte								
Fabrication	Emballage	Transport											
Maintenance													
Maintenance préventive						Maintenance curative							
Energie		Remplacement batterie		Remplacement pièces	Documents	Déplacements TBM	Energie		Remplacement pièces	Documents	Déplacements TBM		
Administratif	Intervention	Fabrication	Emballage	Transport			Administratif	Intervention					
Fin de vie													
Réforme du DM		Déchets équipements		Déchets accessoires/consommables			Déchets emballages						
Energie administratif	Transport IBM/TBM	Traitement des déchets	Transport	Traitement des déchets	Transport		Traitement des déchets	Transport		Traitement des déchets	Transport		

FIGURE 2
Étapes prises en compte dans l'ACV

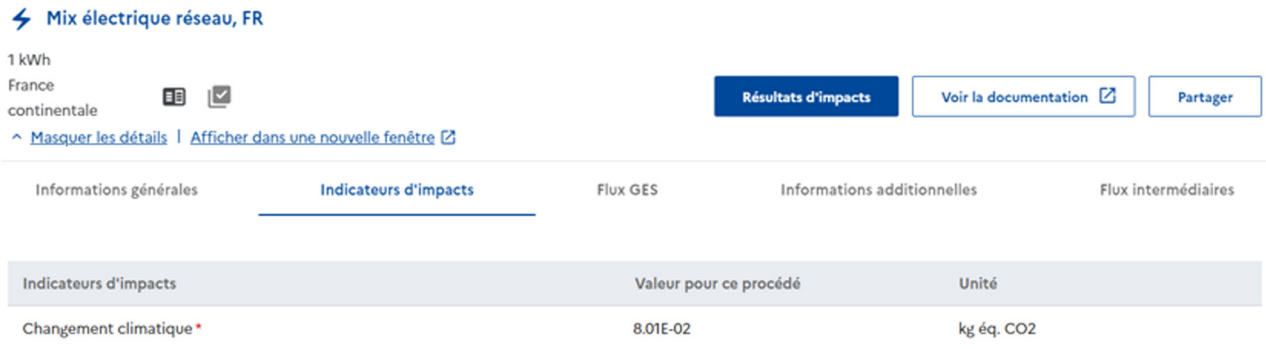


FIGURE 3
FE issus de la Base Empreinte® de l'ADEME

Poste	Eléments	Unité	Coefficient ADEME	Pays	Incertitude
Achat	Envoi de mail avec pièces jointes	kg eq. CO2/unité	3,50E-02	Monde	100%
Maintenance curative	Pièces détachées (Machine, équipement, DM)	kg CO2e / €	0,273	France continentale	80%
Achat + accessoires/ consommables	PVC (polychlorure de vinyle)	kg CO2e / kg	1,65 (résine)	Europe	
Achat + accessoires/ consommables	PP (polypropylène)	kg CO2e / tonne	2.00E+03	France continentale	100%
Achat + accessoires/ consommables	PEHD (polyéthylène haute densité)	kg CO2e / kg	2,01	Europe	
Achat + accessoires/ consommables	PELD (polyéthylène basse densité)	kg CO2e / kg	2,18	Europe	
Emballage	Carton	kg CO2e / kg	0,39	France continentale	20%
Emballage	Caisse en carton ondulé	kg CO2e / kg	1,16	Europe	
Accessoires/ consommables	PA/Nylon 6	kg CO2e / kg	9,23	Europe	
Accessoires/ consommables	PA/Nylon 6.6	kg CO2e / kg	8,22	Europe	
Achat + accessoires/ consommables	PC (polycarbonate)	kg CO2e / kg	3,72	Europe	
Fin de vie	DEEE/DEEE moyen (par défaut)/Fin de vie moyenne filière - Impacts	kg CO2e / tonne	2*10^3	France continentale	100%
Transport	Voiture particulière - Hybride - Cœur de gamme	kg CO2e / km	0,17046	France continentale	31%
Transport	Voiture - Motorisation essence	kg CO2e / km	0,357	France continentale	60%
Transport	Voiture - Motorisation gazole	kg CO2e / km	0,19	France continentale	60%
Transport	Voiture - Motorisation GPL	kg CO2e / km	0,224	France continentale	60%

FIGURE 4
Tableau récapitulatif des FEs utilisés pour l'ACV

Une approche similaire a également été employée afin de quantifier l'empreinte carbone des emballages utilisés pour le conditionnement des équipements et des accessoires.

Le transport de l'ensemble des éléments jusqu'au centre logistique européen des fournisseurs, puis jusqu'à l'IMM a également été intégré à l'analyse. Pour cela, le poids de chaque composant, incluant également son emballage, a été multiplié par la distance parcourue selon le mode de transport (aérien, maritime,

routier...) et par le FE correspondant :

$$FE = \sum FE_{mode\ de\ transport} \times Poids_{éléments+emballage} (tonne) \times Distance(km)$$

Concernant les émissions engendrées par l'utilisation des équipements lors des soins et de la maintenance, des hypothèses ont dû être formulées afin de pallier le manque de données. En

nous appuyant sur le taux d'occupation des services de Réanimation et d'USC, nous avons estimé que 75,64 % des appareils fonctionnaient en continu et que les 24,36 % restants étaient en veille. Bien que cette hypothèse soit sujette à caution, elle permet de tenir compte de postes d'émissions qui auraient été négligés sans cette dernière. La proportion des équipements en veille et en fonctionnement a ensuite été combinée à la durée de leur utilisation, au FE relatif à la consommation électrique française et à la consommation électrique de l'appareil en fonctionnement et en veille.

$$FE = \sum \text{Durée} \times FE_{\text{électricité FR}} \times 75,64 \% \times \text{Énergie}_{\text{fonctionnement}} \\ + \text{Durée} \times FE_{\text{électricité FR}} \times 24,36 \% \times \text{Énergie}_{\text{en veille}}$$

L'évaluation de l'impact CO2 du remplacement des pièces détachées a nécessité une approche un peu différente. En effet, en raison du grand nombre de références concernées et du peu de FE disponibles, nous avons plébiscité l'utilisation d'un FE monétaire global, appliqué à l'ensemble des pièces détachées. Afin de garantir la cohérence avec ce facteur, nous avons formulé l'hypothèse que les composants remplacés relevaient de la catégorie des équipements électriques et électroniques.

La méthode retenue reposant sur l'évaluation annuelle du coût engendré par ce poste, il a été nécessaire d'estimer le coût de ce dernier pour les fournisseurs dont les équipements ne sont pas implantés à l'IMM. Pour ce faire, le coût annuel des pièces détachées a d'abord été calculé pour le fournisseur actuellement en place, puis rapporté au coût total d'investissement de son parc. Ce ratio a ensuite été appliqué aux autres fournisseurs afin d'obtenir une estimation comparable.

Enfin, les émissions liées au transport des pièces entre le lieu de leur fabrication et l'IMM ont également été prises en compte.

$$FE = \sum 12 \times FE_{\text{pièces électroniques}} (\text{ratio monétaire}) \\ \times \text{Poids}_{\text{pièces électroniques}} \\ + FE_{\text{mode de transport}} \times \text{Poids}_{\text{pièces électroniques}} \times \text{Distance} (\text{km})$$

Le dernier poste significatif intégré à cette analyse concerne la fin de vie des DM, accessoires, consommables, batterie et emballage.

Afin d'évaluer leurs impacts, nous avons réparti les dispositifs et les accessoires selon deux grandes catégories de déchets : les Déchets d'Équipements Électriques et Électroniques (DEEE) et les Déchets Assimilés aux Ordures Ménagères (DAOM), possédant des FE référencés dans la Base Empreinte®.

Concernant les batteries, un FE spécifique a été utilisé ce dernier pour quantifier l'empreinte carbone. Enfin pour les emballages, du fait du plus grand nombre de FE disponible, nous avons été en mesure de tenir compte de chacun des matériaux utilisés,

augmentant ainsi la fiabilité de l'analyse.

$$FE = \sum FE_{\text{DEEE}} \times \text{Poids}_{\text{DEEE}} + FE_{\text{DAOM}} \times \text{Poids}_{\text{DAOM}} + FE_{\text{batterie}} \\ + \text{Poids}_{\text{batterie}} + FE_{\text{emballage}} \times \text{Poids}_{\text{emballage}} \\ + FE_{\text{matériaux(DM)}} \times \text{Poids}_{\text{matériaux(DM)}} \\ + \text{Poids}_{\text{total}} \times \text{Distance}_{\text{IMM-centre de tri}}$$

Une méthodologie similaire a été employée pour tous les postes secondaires nécessaires à la réalisation de cette ACV tels que la documentation, le transport des ingénieurs et des techniciens ou encore de l'activité administrative. L'ensemble des hypothèses, formules et points bloquants est répertorié dans le tableau ci-dessous (*tableau 1*).

Méthodologie employée lors de la réalisation de l'analyse TCO

Pour l'évaluation des impacts économiques, nous avons utilisé la méthode du TCO. Cette approche consiste à estimer les coûts engendrés par la détention d'un équipement, ainsi qu'à son exploitation. Sont généralement pris en compte des éléments tels que l'investissement initial des équipements, l'achat d'accessoires et consommables, la maintenance ou encore le remplacement des pièces détachées suites aux maintenances curatives.

Pour mettre en place une telle analyse, nous avons préalablement recueilli, avec l'aide des cadres du service de Réanimation, les besoins fonctionnels du service. Par la suite, les entreprises ont été sollicités afin d'obtenir une estimation budgétaire sous la forme de Bordereaux de Prix Unitaires (BPU).

Sur la base de ces BPU, dans lesquels chaque référence est associée à un prix unitaire, nous avons été en mesure d'estimer le coût du remplacement des dispositifs de monitoring, de leur fonctionnement et de leur maintenance sur une durée de 12 ans.

Afin de mettre en place l'étude la plus précise possible, nous avons inclus dans cette dernière les postes suivants :

- l'investissement initial des équipements, accessoires, centrale de surveillance ;
- la mise en service et l'installation ;
- le remplacement des accessoires dû à de la casse ou de l'usure. Pour ce faire, nous nous sommes reposés sur les consommations actuelles de l'IMM ;
- le coût de la main d'œuvre interne mobilisée lors de la maintenance préventive et curative ;
- le coût des contrats de maintenance pour les centrales de surveillance ;
- le remplacement des pièces détachées à la suite des opérations de maintenance.

L'objectif de ce type d'analyse est double : elle permet, d'une part, d'estimer l'ensemble des coûts associés à l'acquisition et l'utilisation d'un nouvel équipement, au-delà du seul

TABLEAU I
Tableau récapitulatif des hypothèses, formules et points bloquants.

Nom du poste	Formule	Point bloquant	Hypothèse
Fabrication des DMs, accessoires, consommables, batteries et emballages	$FE = \sum FE_{\text{matériaux}} \times \text{Poids}_{\text{matériaux}} (\text{tonne})$ $+ FE_{\text{transport}} \times \text{Distance}_{\text{lieu extraction-production}}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Les FE liés à l'extraction des matières premières en Asie, continent où sont fabriqués la majorité des équipements, sont rares dans la Base Empreinte. 2. L'accès aux données concernant les procédés de fabrication reste limité. Il existe également peu de FE relatifs à ces procédés. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Des FE français, européens et mondiaux ont été utilisés, complétés par la quantification des émissions liées au transport jusqu'au site de fabrication. Les distances ont été évaluées à partir du centre géographique de chaque pays ou région concernée. 2. Il a été supposé que l'essentiel de l'empreinte carbone des DM provenait de l'extraction des matières premières.
Transport des équipements jusqu'à l'IMM	$FE = \sum FE_{\text{mode de transport}} \times \text{Poids}_{\text{éléments+emballage}}$ $(\text{tonne}) \times \text{Distance} (\text{km})$	<ol style="list-style-type: none"> 1. À l'exception du point de départ et de l'emplacement du centre logistique européen, aucune information n'est disponible concernant l'itinéraire emprunté. 2. Le choix de la provenance du carburant utilisé reste incertaine en l'absence de données spécifiques. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Il a été supposé que les porte-conteneurs empruntaient la route maritime via le cap de Bonne-Espérance, et que le port d'arrivée en Europe était celui de Rotterdam. 2. Pour le transport, il a été considéré que le carburant utilisé correspondait à celui du pays de départ (par exemple, pour un trajet de Rotterdam vers l'Allemagne, l'ensemble du parcours est supposé effectué avec du carburant néerlandais).
Consommation électrique des DM	$FE = \sum \text{Durée} \times FE_{\text{électricité FR}} \times 75,64 \% \times \text{Énergie}_{\text{fonctionnement}}$ $+ \text{Durée} \times FE_{\text{électricité FR}} \times 24,36 \% \times \text{Énergie}_{\text{en veille}}$	La fréquence d'utilisation des DM n'était pas connue.	Sur la base d'un taux d'occupation de 75,64 % en Réanimation, il a été supposé que 75,64 % des dispositifs fonctionnaient en continu et que les 24,46 % restants étaient maintenus en continu.
Remplacement des pièces détachées	$FE = \sum 12 \times FE_{\text{pièces électroniques}} (\text{ratio monétaire}) \times \text{Poids}_{\text{pièces électroniques}}$ $+ FE_{\text{mode de transport}} \times \text{Poids}_{\text{pièces électroniques}} \times \text{Distance} (\text{km})$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Le nombre très élevé de pièces détachées ne permet pas d'appliquer la même méthodologie que pour les équipements et accessoires, consistant à identifier les matériaux, estimer leur masse, puis calculer leur empreinte carbone 2. Aucun facteur d'émission spécifique aux pièces détachées (exprimé en kg CO₂e/kg) n'a été identifié dans la base de données 3. Le parc de monitoring de l'IMM étant exclusivement équipé avec la Société C, cela ne permet pas d'estimer de manière représentative l'impact carbone lié au remplacement des pièces détachées pour les autres sociétés 	<ol style="list-style-type: none"> 1. La majorité de ces pièces détachées étant de nature électronique, un FE relatif à ces derniers a été utilisé 2. L'utilisation d'un FE monétaire en kg CO₂e/euros a été nécessaire 3. Un ratio entre le coût des pièces détachées et le coût d'investissement en équipements a été établi à partir des données disponibles pour la Société C. Ce ratio a ensuite été appliqué aux autres fabricants, pour pallier le manque de données
Traitement des déchets	$FE = \sum FE_{\text{DEEE}} \times \text{Poids}_{\text{DEEE}} + FE_{\text{DAOM}} \times \text{Poids}_{\text{DAOM}} + FE_{\text{batterie}}$ $+ \text{Poids}_{\text{batterie}} + FE_{\text{emballage}} \times \text{Poids}_{\text{emballage}} + FE_{\text{matériaux(DM)}}$ $\times \text{Poids}_{\text{matériaux(DM)}} + \text{Poids}_{\text{total}} \times \text{Distance}_{\text{IMM-centre de tri}}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. L'absence de FE spécifiques au recyclage de chaque matériau composant les accessoires et consommables a nécessité la mise en place d'une hypothèse simplificatrice. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Les déchets liés aux accessoires et consommables ont été répartis en deux catégories : les DEEE et les DAOM.

investissement initial, tout en permettant d'identifier la solution la plus avantageuse. En effet, il n'est pas rare qu'un fournisseur proposant l'investissement initial le plus élevé se révèle avoir l'impact TCO le plus avantageux grâce à des frais de maintenance, d'accessoires ou de consommables plus compétitifs.

Résultats

Afin de garantir la cohérence de notre comparaison, nous présenterons dans cet article les résultats d'une analyse dans laquelle seuls les éléments communs aux deux fournisseurs ont été pris en compte.

L'analyse des impacts environnementaux révèle une répartition contrastée des émissions de gaz à effet de serre selon les différentes phases du cycle de vie (achat et mise en service, utilisation, maintenance, fin de vie) pour les solutions proposées par Société A et Société B.

Pour Société A (*figure 5*), la phase « achat et mise en service » constitue la principale source d'émissions, représentant 83,84 % de l'impact total, tandis que l'utilisation (6,91 %), la maintenance (8,28 %) et la fin de vie (0,98 %) occupent une place secondaire.

À l'inverse, la solution de Société B présente une répartition plus équilibrée (*figure 6*) : 48,64 % pour l'achat, 38,18 % pour l'utilisation, 10,70 % pour la maintenance et 2,47 % pour la fin de vie.

L'analyse détaillée des postes montre que la fabrication des DM constitue le principal contributeur aux émissions. Chez Société A (*figure 8*), sur les 83,84 % d'impacts générés par le processus d'achat, 83,34 % proviennent de la fabrication des DM, contre 47,92 % (sur les 48,64 % de la phase « processus d'achat et

MES ») chez Société B (*figure 7*). Cette tendance s'explique par le poids important des matériaux et leur FE élevé, alors même que les procédés de fabrication n'ont pu être intégrés à l'analyse, faute de données.

La phase d'utilisation est quant à elle dominée par la consommation énergétique des dispositifs. Celle-ci s'élève à 8 931,29 kg CO₂e pour Société A, contre 39 906,02 kg CO₂e pour Société B. Cette différence de 347 % s'explique par les puissances électriques respectives des équipements. Par exemple pour les babyscopes, les appareils de Société A nécessitent 11,4 W pour fonctionner contre 40 W pour les équipements de Société B.

Concernant la maintenance, les remplacements de pièces constituent le principal levier d'impact, avec 13 123,58 kg CO₂e pour Société A et 11 905,82 kg CO₂e pour Société B.

Enfin, pour la fin de vie, les émissions les plus significatives sont liées au recyclage des emballages chez Société A (603,67 kg CO₂e), et à celui des consommables chez Société B (1 534,65 kg CO₂e).

Bien que la répartition des émissions entre les différents postes soit relativement similaire pour Société B et Société A, le résultat global, lui reste très contrasté. Ainsi, sur une période de 12 ans, la solution proposée par Société A engendre 164 717,52 kg CO₂e contre 115 024,07 kg CO₂e pour celle de Société B (*figure 9*).

Cependant, ces résultats doivent être interprétés avec prudence. En effet, pour qu'une comparaison soit pleinement pertinente, il conviendrait de s'assurer que les deux fournisseurs ont fourni un niveau de détail équivalent (par exemple, 100 % du poids des matériaux pour des références identiques). Par ailleurs, plus les

Répartition de l'empreinte carbone selon les différents postes d'émission

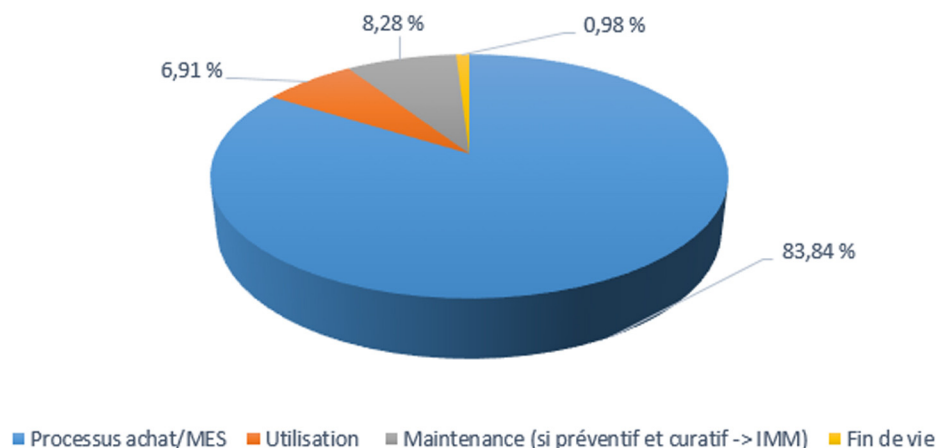


FIGURE 5

Répartition de l'empreinte carbone selon les différents postes d'émission de Société A

Répartition de l'empreinte carbone selon les différents postes d'émission

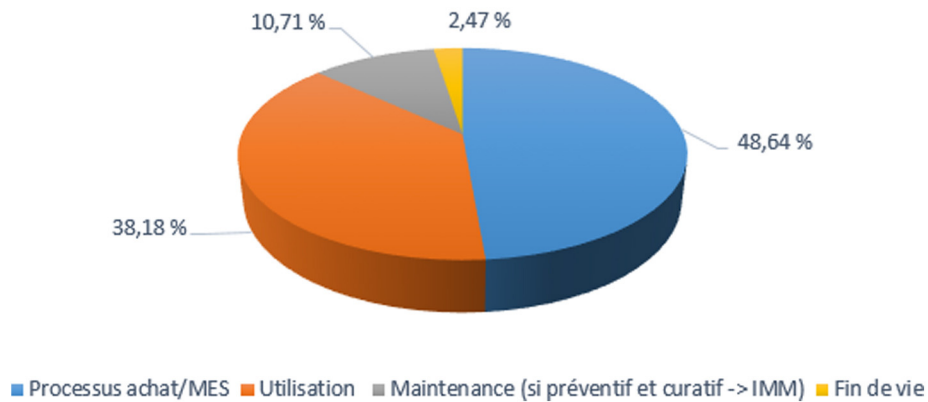


FIGURE 6
Répartition de l'empreinte carbone selon les différents postes d'émission de Société B

Répartition de l'empreinte carbone au sein du poste "Processus d'achat et MES"

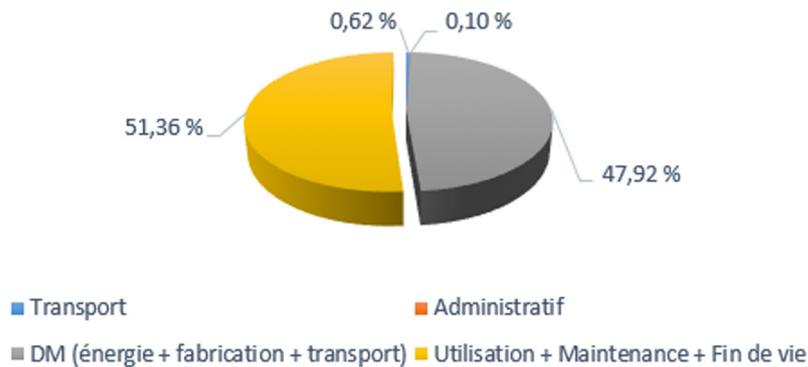


FIGURE 7
Répartition de l'empreinte carbone au sein du poste « Processus d'achat et MES » de Société B

données communiquées sont précises, plus il devient complexe d'associer des FE adaptés, ce qui peut accentuer l'incertitude des résultats obtenus.

Concernant les résultats de l'analyse TCO, ceux-ci ne peuvent être présentés de manière détaillée dans cet article pour des raisons de confidentialité. Néanmoins, il est possible de souligner que, parmi les deux fournisseurs pour lesquels une analyse

ACV-TCO a été menée, **Société A** apparaît comme la solution la plus avantageuse sur le plan économique. **Société B**, quant à lui, propose une offre dont le coût global est 24,29 % plus élevé. L'analyse croisée des résultats issus des études TCO et ACV permet de mettre en évidence un conflit entre performance économique et impact environnemental. Dans le cas de notre étude, il apparaît clairement que la solution présentant le TCO le

Répartition de l'empreinte carbone au sein du poste "Processus d'achat et MES"

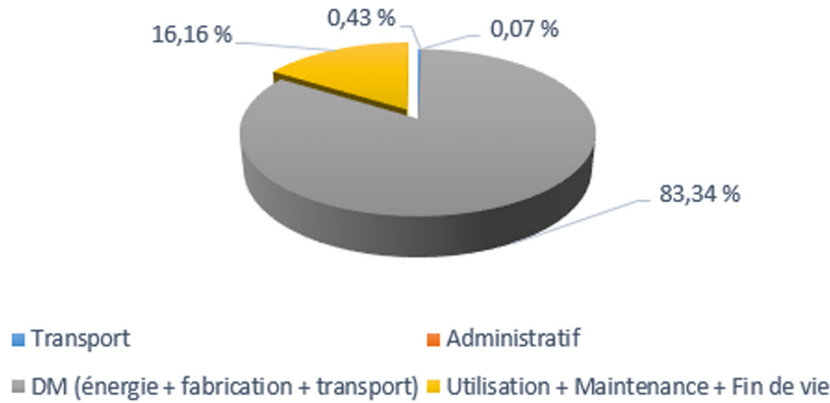


FIGURE 8
Répartition de l'empreinte carbone au sein du poste « Processus d'achat et MES » de Société A

Si préventif et curatif -> IMM				
	Société A		Société B	
	TOTAL (kg CO2e)	%	TOTAL (kg CO2e)	%
Processus achat/MES	138104,2096	83,84%	55947,91733	48,64%
<i>Transport</i>	715,3301899	0,43%	715,3301899	0,62%
<i>Administratif</i>	116,0881849	0,07%	116,0900059	0,10%
<i>DM (énergie + fabrication + transport)</i>	137272,7912	83,34%	55116,49714	47,92%
Utilisation	11375,64318	6,91%	43920,38939	38,18%
Maintenance (si préventif et curatif -> IMM)	13631,03093	8,28%	12311,75056	10,70%
<i>Transport</i>	157,0607628	0,10%	85,29349853	0,07%
<i>Administratif</i>	0,659182086	0,00%	0,449174214	0,00%
<i>DM (énergie + fabrication + transport)</i>	13473,31099	8,18%	12226,00789	10,63%
Fin de vie	1606,634491	0,98%	2844,009117	2,47%
<i>Transport</i>	15,79676703	0,01%	15,79676703	0,01%
<i>Administratif</i>	0,312643673	0,00%	0,312643673	0,00%
<i>DM (recyclage + transport)</i>	1590,52508	0,97%	2827,899707	2,46%
Cycle de vie (si préventif et curatif -> IMM)	164717,5182	100,00%	115024,0664	100,00%

FIGURE 9
Comparatifs des résultats de l'ACV de Société A et Société B

plus faible est également celle dont l'impact environnemental est le plus important tandis que la solution la plus vertueuse est également la plus onéreuse.

Le graphique ci-dessous (figure 10) illustre bien cette contradiction. Idéalement, une solution à la fois économiquement et écologiquement avantageuse serait située dans le quart

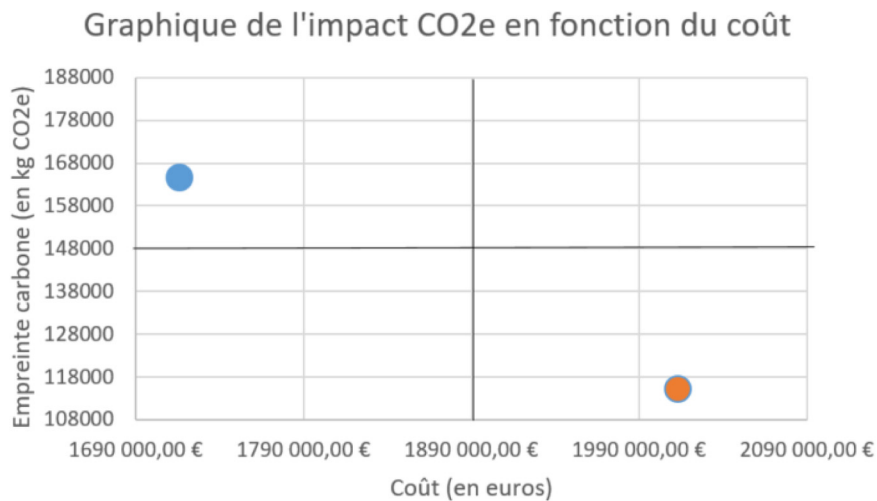


FIGURE 10

Représentation croisée de l'impact carbone (kgCO₂e) et du coût total de possession des solutions analysées

inférieur gauche du graphique. A l'inverse, la solution la moins favorable se situerait dans le quart supérieur droit.

Les solutions proposées par Société A et Société B, se situent quant à elles, respectivement dans le quart supérieur gauche et le quart inférieur droit.

En d'autres termes, lorsqu'une des solutions est la plus avantageuse économiquement, elle est la moins avantageuse écologiquement, et inversement. Cette configuration met en lumière un dilemme dans les processus d'achat hospitalier : faut-il privilégier l'aspect budgétaire ou l'objectif de durabilité environnementale ?

La réponse à cette question repose fortement de la stratégie mise en place par l'IBM ainsi que de la politique de l'établissement dans lequel il travaille. Les établissements engagés dans une démarche de réduction de leur empreinte carbone pourront justifier un investissement initial plus important en faveur d'une solution à plus faible impact. À l'inverse, les établissements soumis à de fortes contraintes économiques pourront être amenés à privilégier une option financièrement plus abordable, malgré un impact environnemental plus élevé.

L'analyse des résultats met en évidence que la majorité des émissions de gaz à effet de serre associées aux dispositifs médicaux provient de la fabrication des composants nécessaires à leur fonctionnement. En ne considérant que la production des dispositifs, des batteries, des accessoires, des pièces détachées ainsi que de leurs emballages et des transports associés, ces postes représentent entre 62,03 % et 93 % des émissions totales. Ces résultats soulignent la nécessité de concentrer nos efforts en priorité sur ces étapes du cycle de vie.

Pour ce faire, plusieurs axes d'amélioration peuvent être envisagés. Le premier, et certainement le plus évident, consiste à favoriser l'emploi de matériaux à faible impact

environnemental dans la fabrication des différents composants. Par exemple, l'aluminium qui est couramment utilisé dans la fabrication des babyscopes, génère environ 7,8 kg CO₂e par kilogramme de produit, tandis que certains aciers ne génèrent que 2,2 kg CO₂e/kg. Le recours à ces matériaux alternatifs, lorsque cela est possible, permettrait de réduire significativement l'empreinte carbone relative à la fabrication.

Une autre initiative pertinente pour diminuer l'empreinte carbone des dispositifs consiste à privilégier l'utilisation d'accessoires et consommables plus robustes, afin de prolonger leur durée de vie et ainsi diminuer leur fréquence de remplacement. L'augmentation de la durabilité pourrait ainsi diminuer le besoin en ressources, la répétition des processus de fabrication ainsi que les émissions liées à l'emballage et au transport. Par ailleurs, cette approche peut également être appliquée aux dispositifs médicaux eux-mêmes.

Même si la fabrication, l'emballage et le transport relatif aux batteries ne représentent que 317,30 kg CO₂e et 349,04 kg CO₂e sur 12 ans, la mise en place de nouvelles pratiques pourrait contribuer à diminuer encore plus son impact. En effet, notre étude se base sur un renouvellement des batteries du baby-scope et du moniteur tous les trois ans, tel que recommandé par les fabricants. Toutefois, est-il réellement pertinent de remplacer aussi fréquemment les batteries d'équipements fonctionnant la majorité du temps sur secteur ? Un allongement d'un an de la durée de l'intervalle de remplacement des batteries permettrait de réduire de 25 % les émissions liées à ce poste.

Une autre piste de réduction de l'empreinte carbone concerne les accessoires et notamment les câbles reliant les ports du moniteur et les capteurs (ECG, SPO₂...). En effet, l'absence de standardisation pratiquée par certains fabricants conduit à une multiplication des références, chaque type de mesure

nécessitant un câble spécifique. La mise en place d'une standardisation des câbles permettrait l'utilisation d'une référence unique pour plusieurs mesures. Si cette approche ne supprime pas le besoin en câbles, elle permet néanmoins de réduire considérablement le nombre d'unités nécessaires, diminuant ainsi les émissions générées par la fabrication et le transport de ces derniers.

Dans l'imaginaire collectif, la réduction de l'empreinte carbone passe souvent par l'achat de produits locaux, nécessitant moins de transport que leurs homologues étrangers. Cependant, la réalité est plus nuancée. En effet, notre analyse a démontré que le transport des produits finis ne représente qu'entre 0,27 % et 0,32 % des émissions globales de gaz à effet de serre. Encore plus surprenant, les transports européens contribuent à 0,13 % et 0,17 % des émissions totales, soit environ 42,4 % et 62,2 % des émissions liées au transport des produits finis. Ce constat met donc en évidence le fait que les dernières centaines de kilomètres parcourues par transport routier sont autant voire plus émettrices que les milliers de kilomètres parcourus par voie maritime. En d'autres termes, les derniers kilomètres sont souvent les plus polluants.

Ces résultats démontrent que la relocalisation de la production en Europe, n'est pas forcément le choix le plus judicieux, d'autant plus que la plupart des matières premières sont extraites hors Europe et devraient donc être transportées sur plusieurs centaines voire milliers de kilomètres jusqu'aux sites de productions.

En intégrant l'impact carbone lié à la consommation énergétique des dispositifs lors de leur utilisation et maintenance, on estime que l'impact des DM atteint entre 96,73 % et 98,42 % des émissions globales. L'énergie représente ainsi entre 5,42 % et 34,7 % des émissions.

Peu de solutions s'offre à nous afin de limiter l'impact de la consommation énergétique. La première solution consiste à choisir des équipements ayant une consommation plus faible ou intégrant des fonctionnalités d'optimisation de l'énergie comme un mode veille ou une extinction automatique par exemple. Par ailleurs, de la même manière que pour les batteries, l'espacement des maintenances préventives permettrait également réduire les émissions associées à la maintenance.

Perspectives et conclusion

La réalisation d'une ACV appliquée aux dispositifs médicaux s'est révélée être une démarche complexe, longue et soumise à de nombreuses incertitudes. Cette difficulté réside en partie dans le fait que l'ACV reste encore très peu utilisée dans le domaine du biomédical, en particulier pour les dispositifs médicaux. De ce fait, les fournisseurs impliqués dans cette étude n'étaient pas familiers avec ce type de demande, ce qui a affecté la qualité et la pertinence des données fournies. Dans certains cas, les informations transmises ne répondaient pas aux exigences de notre méthodologie, voire s'en éloignaient

totalemment. Par exemple, un des fabricants a choisi de réaliser sa propre ACV plutôt que de fournir les données requises. Cette initiative, bien que louable, a rendu toute comparaison impossible, les hypothèses et les FE utilisés n'étant pas identiques à ceux de notre propre analyse. Ce cas illustre les difficultés rencontrées pour obtenir des données fiables, ainsi que la réticence de certains acteurs à partager des informations environnementales détaillées.

Par ailleurs, les données communiquées par les fournisseurs sont des données de nature déclarative et ne font l'objet d'aucune vérification. Ce manque de traçabilité pose des questions quant à la fiabilité des données transmises. Dans quelles conditions ces données ont-elles été obtenues ? Sont-elles issues de moyennes consolidées entre plusieurs sites de production, d'une seule usine, ou bien d'un site particulièrement vertueux ? En l'absence de précisions, l'interprétation des résultats reste sujette à caution.

De plus, il nous a été impossible de déterminer avec certitude le degré de détail fourni par chaque entreprise. Cependant, notre expérience nous a démontré que dans certains cas, seuls les matériaux représentant une fraction du poids total d'un dispositif étaient renseignés, nécessitant le recours à des hypothèses pour pallier le manque de données. Cette différence de détails contribue à accroître l'incertitude de l'étude.

Enfin, les FE utilisés, bien qu'issus d'une base de données reconnues, présentent eux-mêmes des incertitudes parfois très élevées, atteignant parfois 100 %. Dans ce cas, comment mettre en place une méthodologie un tant soit peu rigoureuse si les valeurs supposées le permettre, présentent un tel manque de fiabilité ?

Tous ces éléments font que l'étude ACV menée par l'IMM dans le cadre du remplacement de ses dispositifs de monitoring ne constitue pour le moment qu'une première étape dans l'intégration des critères environnementaux aux processus achat. Dans les années à venir, il sera important que des organismes de plus grande envergure tel que l'Association Française des Ingénieurs Biomédicaux prennent le relais afin d'instaurer une méthodologie reproductible et applicable par tous et pour tous les DM. La consolidation des bases de données de facteurs d'émission constitue un autre enjeu majeur. Une meilleure accessibilité et fiabilité des données permettra de renforcer l'exactitude et la représentativité de ces analyses dans le domaine de la santé.

Par ailleurs, le succès d'une telle démarche repose majoritairement sur la coopération des fabricants et fournisseurs. La qualité et le niveau de précision des données communiquées impactent directement la fiabilité de la comparaison entre les différentes solutions étudiées. Il est donc essentiel que les fournisseurs adoptent une démarche de transparence totale quant aux informations transmises.

Enfin, la mise en œuvre de cette méthodologie ne pourra être pleinement effective qu'après la formation des ingénieurs

biomédicaux aux enjeux environnementaux et aux principes de l'ACV. Une telle formation est indispensable pour garantir une certaine rigueur méthodologique, éviter les biais d'interprétation et assurer une prise de décision éclairée fondée sur des données fiables.

Ce n'est qu'une fois toutes ces démarches mises en place que l'ACV pourra s'imposer comme méthodologie de référence dans la quantification de l'empreinte environnementale des DM. Ainsi, l'ACV pourrait devenir le moyen pour les ingénieurs biomédicaux de répondre aux normes et réglementations relatives à la durabilité dans leur processus d'achat.

Dans cette perspective, d'autres alternatives ont également vu le jour. Par exemple, le Comité pour le Développement Durable en Santé (C2DS) et le Syndicat national de l'industrie des technologies médicales (SNITEM) ont développé un écoscore destiné à guider les acheteurs [4]. Pour ce faire, l'écoscore se base sur trois périmètres : la décarbonation, la santé environnementale et la qualité de vie au travail.

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

Références

- [1] France. Décret n° 2021-254 du 9 mars 2021 relatif à la mise en œuvre de la politique d'achats publics socialement et écologiquement responsables. 2021.
- [2] The Shift Project. Décarboner la santé pour soigner durablement : rapport final V2. Dans le cadre du Plan de transformation de l'économie française; 2023.
- [3] Agence de la transition écologique (ADEME). Base Empreinte®-base de données des facteurs d'émission; 2024 [Internet] Disponible sur : <https://base-empreinte.ademe.fr/>.
- [4] Création d'un « écoscore » pour des dispositifs médicaux plus responsables. [Internet]; 2023 Disponible sur <https://www.c2ds.eu/un-ecoscore-pour-dispositifs-medicaux-plus-responsables/>.