



Analyse du cycle de vie comparative entre les pyjamas de bloc opératoire réutilisables et jetables, utilisés dans les hôpitaux

Alexis Burguburu^a, Christèle Tanné^b, Kevin Bosc^b, Justine Laplaud^b, Melina Roth^b, Magdalena M. Czyrnek-Delêtre^{a,*}

^a I Care, 28, Rue du 4 septembre, 75002, Paris, France

^b Elis Group Headquarters, 5 boulevard Louis Loucheur, 92210, Saint-Cloud, France

MOTS-CLES

Analyse du cycle de vie
Tenues de bloc opératoire
Pyjama de bloc
Textiles hospitaliers
Réutilisable

RESUME

De nombreux textiles sont utilisés par les hôpitaux pour le personnel hospitalier, les patients et les visiteurs. Ces textiles sont principalement jetables, mais les options réutilisables sont de plus en plus intéressantes. Une analyse du cycle de vie (ACV) des pyjamas de bloc réutilisables en France a été réalisée pour évaluer et comparer leurs impacts environnementaux potentiels par rapport aux pyjamas de bloc jetables, en utilisant dix indicateurs environnementaux. L'unité fonctionnelle est de « fournir quotidiennement des pyjamas à un professionnel exerçant au bloc opératoire, dans le cadre d'un service d'une durée de 4 ans ». Des données primaires ont été recueillies auprès d'un fournisseur de pyjamas réutilisables, de ses fabricants et de ses clients. L'utilisation de pyjamas de bloc réutilisables a un impact environnemental plus faible pour la majorité des indicateurs. L'impact du système réutilisable sur le changement climatique est 31% plus faible que celui du système de pyjamas jetables. Si l'on considère l'utilisation de 1,8 pyjamas jetables au lieu d'un par jour ouvré, l'impact sur le changement climatique de la solution réutilisable devient 62% plus faible que celui de la solution à usage unique. Cependant, l'impact sur les ressources en eau reste beaucoup plus élevé pour le scénario réutilisable, notamment en raison de l'irrigation lors de la production de coton. Dans l'ensemble, les pyjamas de bloc réutilisables semblent être une solution intéressante pour le secteur de la santé, permettant de réduire l'empreinte environnementale par rapport à une option à usage unique.

1. Introduction

Les hôpitaux utilisent un large éventail de textiles pour le personnel hospitalier, les patients ou les visiteurs, comme le linge de lit, les surblouses et les pyjamas de bloc opératoire. Par le passé, les textiles réutilisables étaient largement utilisés dans les hôpitaux. Pour de multiples raisons, dont le potentiel de contrôle des infections et la praticité, ils ont progressivement été remplacés par des solutions jetables à usage unique (Campion et al., 2015). À l'heure actuelle, une grande partie des textiles périopératoires sont à usage unique

(Conrardy et al., 2010). Cependant, de plus en plus d'hôpitaux s'intéressent aux options réutilisables. En outre, il a récemment été recommandé par Sherman et al. (2020) de réviser les normes de contrôle des infections, qui encouragent actuellement l'utilisation de produits à usage unique malgré l'absence de preuves claires de réduction du risque d'infection.

* Auteur correspondant. E-mail : magdalena.czyrnek@gmail.com (M. Czyrnek-Delêtre).

Le secteur de la santé contribue de manière significative aux émissions mondiales de gaz à effet de serre, émettant chaque année 2 Gt CO₂ eq. (Karliner et al., 2019). Il produit également de grandes quantités de déchets avec une moyenne de 3 kg de déchets médicaux par lit et par jour dans les établissements de santé en Europe (Minoglou et al., 2017). Le traitement et l'élimination des déchets de soins peuvent présenter des risques sanitaires et des impacts environnementaux importants (OMS, 2018). La durabilité des produits est donc cruciale pour diminuer les impacts environnementaux des hôpitaux.

Dans ce contexte, il est essentiel d'évaluer les impacts environnementaux du cycle de vie des textiles réutilisables et à usage unique utilisés dans les hôpitaux. L'analyse du cycle de vie (ACV) est l'une des méthodes les plus complètes pour quantifier les impacts environnementaux potentiels d'un produit tout au long de son cycle de vie. Conformément aux normes ISO 14040/44, l'ACV est divisée en quatre étapes : 1) définition de l'objectif et du champ de l'étude 2) inventaire du cycle de vie 3) évaluation de l'impact du cycle de vie et 4) interprétation (ISO, 2006a; 2006b). L'ACV est de plus en plus utilisée pour évaluer l'impact environnemental des produits dans divers secteurs, cependant, son utilisation dans le secteur de la santé a connu un retard certain (Campion et al., 2015). L'application de l'ACV au secteur de la santé s'est finalement rapidement développée ces dernières années, y compris dans le domaine de la chirurgie (Cimprich et al., 2019). En outre, l'ACV a été identifiée comme le meilleur outil disponible pour quantifier l'impact environnemental de la réutilisation et du recyclage des textiles (Sandin & Peters, 2018).

La majorité des études ACV axées sur les équipements utilisés en milieu chirurgical ont comparé divers articles et dispositifs à usage unique avec des solutions réutilisables équivalentes (Drew et al., 2021). Les articles réutilisables ont généralement obtenu de meilleurs résultats dans un large éventail de d'indicateurs environnementaux, y compris le changement climatique (Drew et al., 2021). Les packs personnalisés à usage unique, qui sont des ensembles de produits préemballés, utilisés dans une grande majorité de procédures médicales, ont été évalués à l'aide de la méthodologie ACV (Campion, et al., 2015). Un pack personnalisé peut contenir jusqu'à quatre serviettes en coton jetables, qui peuvent être lavées et réutilisées ensuite comme serviettes de nettoyage par les autres services de l'hôpital. Campion, et al. (2015) ont constaté que le lavage (pour réutilisation) des serviettes pouvait réduire de 29 % l'impact environnemental d'un seul pack personnalisé par rapport à un scénario de statu quo dans lequel les serviettes sont jetées. Les études ACV axées sur les pyjamas de bloc utilisés dans les hôpitaux sont rares. Vozzola et al. (2020), Vozzola et al. (2018), Jewell and Wenstel (2014), Van den Berghe et Zimmer (2011) et Carre (2008) ont

comparé l'impact environnemental des casques chirurgicaux réutilisables et jetables, qui sont portés par-dessus les pyjamas de bloc et doivent être stériles. Seule Mikusinska (2012) a évalué les pyjamas de bloc opératoire à usage unique et réutilisables. Dans toutes ces études, le textile réutilisable a obtenu des résultats d'impacts environnementaux plus faibles que le textile à usage unique. La réduction de l'impact sur le réchauffement climatique était comprise entre 12% (Jewell & Wentsel, 2014) et jusqu'à 80% (Mikusinska, 2012) par rapport à la solution jetable.

Les textiles réutilisables analysés précédemment étaient composés exclusivement de polyéthylène téréphthalate (PET) (Jewell & Wentsel, 2014; Van den Berghe & Zimmer, 2011; Vozzola, Overcash, & Griffing, 2018; 2020) ou de coton mélangé à un autre textile (Carre, 2008; Mikusinska, 2012) ; 6 % et 69 % de coton, respectivement. La majorité des études ont été menées pour l'Amérique du Nord, à l'exception de Mikusinska (2012, Suède) et de Carre (2008, Australie).

Il s'agit de la première étude à entreprendre une analyse du cycle de vie (ACV) complète comparant les pyjamas de bloc hospitalier réutilisables et jetables en France. Cette étude se concentre sur les pyjamas de bloc opératoire qui sont portés par le personnel soignant tout au long de la journée. Parmi les études précédentes, seule Mikusinska (2012) a évalué ce type de textile. Pour un meilleur confort, ces textiles ont une teneur en coton relativement élevée (35 % de coton et 65 % de polyester) par rapport aux autres vêtements évalués précédemment (Jewell & Wentsel, 2014; Van den Berghe & Zimmer, 2011; Vozzola, Overcash, & Griffing, 2018; 2020). L'étude a été menée auprès d'un fournisseur de pyjamas de bloc réutilisables, d'hôpitaux utilisant cette solution, et de fabricants de tissus et de pyjamas de bloc.

Cette étude a été commandée et financée par Elis, un fournisseur de solutions réutilisables, offrant des services de textile, d'hygiène et de gestion d'équipements pour divers secteurs, tels que la santé, l'hôtellerie, l'industrie, le commerce et les services. L'équipe d'Elis a également participé à la collecte des données, à la rédaction et à la révision de la version finale de cet article. Cette étude vise à comparer les impacts environnementaux potentiels de pyjamas de bloc réutilisables avec des pyjamas de bloc à usage unique équivalents, considérés comme une option régulièrement utilisée par les hôpitaux en France. Les objectifs spécifiques de l'étude sont les suivants :

- Évaluer les impacts environnementaux potentiels des pyjamas de bloc réutilisables
- Évaluer les impacts environnementaux potentiels des pyjamas de bloc jetables équivalents, considérés comme l'option habituellement utilisée par les hôpitaux
- Identifier les principaux contributeurs et les impacts environnementaux critiques

- Comparer les deux solutions et analyser les principaux avantages et limites des pyjamas de bloc réutilisables en termes environnementaux

2. Méthodologie

L'ACV est un outil pour l'évaluation environnementale des produits et des services et permet de quantifier les impacts environnementaux tout au long du cycle de vie d'un produit/service sur la base de données spécifiques collectées auprès des clients, des fournisseurs et des utilisateurs, et relatives aux consommations de matériaux et d'énergie, aux émissions et aux déchets. Les normes ISO 14040 et ISO 14044 (ISO, 2006a; 2006b) couvrent la méthodologie de l'ACV, et cette étude a été menée conformément à ces normes. Les trois premières étapes de l'ACV (définition de l'objectif et du champ de l'étude ; inventaire du cycle de vie ; évaluation de l'impact du cycle de vie) sont décrites dans les sections 2.1, 2.3 et 2.4. La quatrième étape de l'ACV, l'interprétation des résultats, est abordée dans la section 4.

2.1. Champ de l'étude et frontières du système

Les systèmes analysés dans cette étude sont deux types de pyjamas de bloc opératoire : réutilisables ou jetables. Un pyjama de bloc est un vêtement deux-pièces porté par le personnel du bloc opératoire dans les hôpitaux et se compose d'une tunique et d'un pantalon. Ni le pyjama réutilisable ni le pyjama jetable ne sont stériles, car ils sont portés sous une casaque chirurgicale stérile. Le choix du type de casaque chirurgicale stérile utilisée par le personnel dépend principalement du type d'intervention chirurgicale pour lequel la casaque est utilisée, et non du type de pyjama porté en dessous (SFAR, 2021).

Un système de pyjamas de bloc est défini comme un service visant à fournir au personnel du bloc opératoire un pyjama de bloc réutilisable ou jetable quotidiennement, et les frontières du système sont décrites ci-dessous. Les systèmes de pyjamas de bloc jetables et réutilisables sont des options alternatives qui sont considérées comme égales en termes de service fourni, et ces deux solutions sont actuellement utilisés dans les hôpitaux.

Une unité fonctionnelle (UF) doit être définie pour comparer les systèmes réutilisables et jetables, permettant ainsi de ramener à une référence commune toutes les données d'entrée et de sortie au cours du cycle de vie. L'unité fonctionnelle utilisée ici est la suivante : « fournir quotidiennement des pyjamas à un professionnel exerçant au bloc opératoire, dans le cadre d'un service d'une durée de 4 ans ». La durée de 4 ans correspond à 940 jours de travail. Le flux de référence donne le nombre de pyjamas de bloc nécessaires pour fournir le service décrit par l'unité fonctionnelle ; il est basé sur la durée de vie réelle de chaque pyjama de bloc. 14,8 pyjamas sont nécessaires dans l'option réutilisable, en considérant une durée de vie moyenne de 63,5 lavages, un lavage ayant lieu après chaque jour de travail. La durée de vie des pyjamas

réutilisables a été obtenue à partir de données empiriques fournies par Elis, fournisseur de pyjamas réutilisables. Dans le système jetable, 940 pyjamas sont nécessaires sur une période de 4 ans, en supposant qu'un pyjama est nécessaire par jour de travail. L'hypothèse d'un pyjama par jour est conservatrice. Cette hypothèse est étayée par une étude qualitative basée sur des entretiens menés avec quatre clients clés d'Elis : deux groupes d'hôpitaux privés, un hôpital associatif et un CHU, qui sont actuellement ou étaient encore récemment des utilisateurs de pyjamas de bloc à usage unique. Ces entretiens ont permis de conclure que plus d'un pyjama de bloc jetable était nécessaire au cours d'une journée de travail, car le personnel de bloc considère souvent que les pyjamas de bloc jetables ne peuvent servir que pour un usage unique. Par conséquent, ils semblent plus tentés d'enlever et de jeter le pyjama, même s'il n'est ni sale ni tâché. Les entretiens avec les hôpitaux ont également montré que les systèmes jetables ne sont pas toujours adaptés aux besoins spécifiques du personnel hospitalier concernant la taille; par exemple, alors qu'une personne peut avoir besoin d'un pantalon d'une taille différente de celle de la tunique, le pyjama de bloc jetable est généralement fourni dans un pack de taille spécifique, ce qui peut encourager un employé à utiliser différentes parties de plusieurs packs. Pour toutes ces raisons, une analyse de sensibilité est menée sur le nombre de pyjamas de bloc jetables utilisés par jour de travail (voir section 2.5).

Le pyjama de bloc réutilisable analysé ici pèse 550g et est composé de 35% de coton et 65% de polyester. Après chaque utilisation (une journée de travail), les pyjamas de bloc sont collectés à l'hôpital, transportés à la blanchisserie, lavés puis ramenés à l'hôpital pour être réutilisés. Le pyjama de bloc réutilisable est conforme à la norme EN13795 relative au taux de relargage particulière.

Le pyjama de bloc jetable est considéré comme équivalent à l'alternative réutilisable en termes d'exigences sanitaires. On considère que le pyjama de bloc jetable standard est composé à 100% de polypropylène et pèse 95g. Pour étayer cette hypothèse, un ensemble jetable réel, fréquemment utilisé par les hôpitaux participant à cette étude, a été analysé et pesé. En tant que produit à usage unique, un pyjama de bloc jetable est jeté après usage.

Les frontières du système identifient toutes les activités pertinentes (étapes du cycle de vie, procédés, flux) qui sont prises en compte dans l'ACV et cohérentes avec l'objectif de l'étude. Le système a été regroupé selon les principales étapes du cycle de vie suivantes :

- **Matières premières** : inclut l'énergie et les matériaux nécessaires à la production de coton et de polyester pour les pyjamas réutilisables et de polypropylène pour les pyjamas jetables. Le transport du producteur de matières premières au fabricant de tissus est également inclus ;

- **Fabrication du tissu** : inclut l'énergie et les matériaux nécessaires à la fabrication du tissu, ainsi que les émissions générées par l'usine de fabrication de tissu ;
- **Transport vers le confectionneur de pyjama de bloc** : comprend le transport du tissu depuis le fabricant de tissu jusqu'au confectionneur de pyjama de bloc ;
- **Confection des pyjamas de bloc** : inclut la consommation d'énergie pour fabriquer les pyjamas de bloc à partir du tissu ;
- **Transport vers la France** : inclut le transport et l'emballage des pyjamas de bloc depuis le site de confection vers la France (vers l'hôpital dans le cas des pyjamas jetables, vers la blanchisserie dans le cas des pyjamas réutilisables) ;
- **Utilisation** : (uniquement pris en compte pour les pyjamas réutilisables) inclut le transport et l'emballage des pyjamas réutilisables entre l'hôpital et la blanchisserie, ainsi que les consommations d'énergie et de matériaux et les émissions générées par le lavage ;
- **Fin de vie** : inclut le transport des déchets et le traitement des déchets municipaux (incinération) des pyjamas de bloc en fin de vie.

2.2. Collecte des données et représentativité

Plusieurs sources de données ont été utilisées. Les données primaires pour le pyjama de bloc réutilisable ont été collectées auprès d'Elis, de ses fournisseurs et de ses clients, et les données primaires pour le pyjama de bloc jetable sont basées sur la littérature scientifique. Pour les données secondaires, la base de données ACV Ecoinvent (v3.4) (Wernet, et al., 2016) a été utilisée. Cette base de données est mondialement reconnue par la communauté scientifique.

Cette étude s'applique aux pyjamas de bloc réutilisables et aux pyjamas de bloc jetables standards utilisés par les hôpitaux en France. Les pyjamas de bloc réutilisables sont produits au Pakistan et au Laos, et les pyjamas de bloc jetables sont fabriqués en Chine. Les blanchisseries nécessaires au système réutilisable sont situées en France. Les données recueillies pour le système des pyjamas de bloc réutilisables datent de 2018 et 2019. Les données recueillies pour les pyjamas jetables sont basées sur la littérature publiée entre 2011 et 2018 (Carre, 2008; Mikusinska, 2012; Van den Berghe & Zimmer, 2011; Vozzola, Overcash, & Griffing, 2018; 2020); les pyjamas de bloc jetables ont été considérés comme étant fabriqués en Chine.

Les résultats de cette recherche s'appliquent aux pyjamas de bloc utilisés en France ; toutefois, ils peuvent être transposés à d'autres pays européens si les données spécifiques à chaque pays sont modifiées (par exemple concernant la consommation d'électricité).

2.3. Inventaire du cycle de vie

Les principales données d'inventaire sont présentées dans le [Tableau 1](#), exprimées par UF et par pyjama (sur l'ensemble de son cycle de vie). Les valeurs sont multipliées par les flux de référence (14,8 pyjamas réutilisables et 940 pyjamas jetables) pour être converties en unité fonctionnelle (4 ans de service).

Elis, le fournisseur de pyjamas réutilisables, et ses fabricants ont été les principales sources de données pour le système réutilisable. Pour les pyjamas jetables, les données sont principalement basées sur la littérature et sur les observations empiriques sur un produit standard du marché (comme le poids, obtenu par pesée).

Les données sont détaillées par étape du cycle de vie, comme présenté dans les frontières du système. La teinture des pyjamas n'a pas lieu à la même étape du cycle de vie pour les deux systèmes. Les pyjamas réutilisables sont teints au stade de la fabrication du tissu, une fois qu'il est tissé, alors que la teinture des pyjamas jetables a lieu au stade des matières premières, par coloration en masse des granules de polypropylène. Dans le système réutilisable, deux méthodes de teinture sont utilisées : la teinture en continu ou par batch, et il a été supposé une répartition égale entre les deux méthodes.

La fabrication du tissu est une étape critique du cycle de vie des pyjamas de bloc en termes de consommation d'énergie. Pour le système réutilisable, les données ont été obtenues directement auprès du fournisseur de tissu d'Elis. Le fournisseur, situé au Pakistan, produit une grande partie de son énergie sur place à partir d'une centrale de cogénération au charbon. Les valeurs de consommation d'énergie dans le système réutilisable sont détaillées et comparées avec des valeurs de la littérature dans le document annexe. Une analyse de sensibilité a été réalisée sur le mix énergétique lors de la fabrication du tissu des pyjamas de bloc réutilisables (voir section 2.5). En ce qui concerne la consommation d'énergie lors de la fabrication du tissu des pyjamas jetables, les données étant uniquement basées sur la littérature, une analyse de sensibilité a donc été réalisée pour évaluer des scénarios plus optimistes et plus conservateurs : en supposant une consommation d'énergie inférieure et supérieure à celle utilisée dans l'analyse principale (voir section 2.5).

La phase d'utilisation s'applique uniquement au système réutilisable. Les pyjamas de bloc réutilisables sont collectés et transportés à la blanchisserie après chaque utilisation, avant d'être lavés et ramenés à l'hôpital pour être réutilisés. Les données relatives à la blanchisserie et au transport présentées dans le [Tableau 1](#) sont exprimées par pyjama (sur sa durée de vie, soit 63,5 utilisations) et par UF. La distance moyenne entre l'hôpital et la blanchisserie est de 53 km (6731 km pendant la durée de vie du pyjama de bloc). Les données relatives à l'emballage ont été obtenues auprès d'Elis (poids, nombre de pyjamas de bloc par emballage et durée de vie). Des données détaillées sur les emballages utilisés

pendant la phase d'utilisation du pyjama réutilisable sont fournies dans le document annexe.

2.4. Evaluation des impacts du cycle de vie

La méthode de l'International Life Cycle Data System (ILCD) développée par le Joint Research Centre européen (JRC, 2011) a été utilisée pour l'évaluation des impacts. Dix indicateurs sont présentés dans ce document, listés ci-dessous. Ces indicateurs ont été sélectionnés sur la base des recommandations des règles de l'évaluation environnementale des produits de la catégorie T-shirts (JRC, 2015) :

- Changement climatique
- Particules fines
- Acidification
- Eutrophisation de l'eau douce
- Eutrophisation marine
- Ressources en eau

Quatre autres indicateurs pour lesquels la différence de résultats entre les pyjamas jetables et réutilisables était significative ont été considérés. L'indicateur d'utilisation des sols a été jugé particulièrement important en ce qui concerne la production de coton :

- Formation d'ozone photochimique
- Eutrophisation terrestre
- Ecotoxicité de l'eau douce
- Utilisation des sols

Les systèmes réutilisables et jetables ont été modélisés à l'aide du logiciel ACV Simapro 8.5.

2.5. Analyses de sensibilité

Trois analyses de sensibilité ont été envisagées dans cette étude pour étudier la sensibilité des résultats aux paramètres déterminants. Les analyses de sensibilité portent sur i) le nombre de pyjamas de bloc jetable utilisé par jour travaillé ; ii) la consommation d'énergie pendant la fabrication du tissu des pyjamas de bloc jetables, et iii) le mix énergétique utilisé pour la fabrication du tissu des pyjamas de bloc réutilisables.

i) Nombre de pyjamas de bloc jetables utilisés par jour travaillé

Dans cette étude, il a été supposé qu'un pyjama de bloc jetable est utilisé chaque jour de travail par un professionnel exerçant au bloc, ce qui conduit à un nombre total de 940 pyjamas de bloc pendant les 4 années de service. Une analyse complémentaire a également été réalisée sur la base d'entretiens avec quatre clients clés d'Elis : deux groupes d'hôpitaux privés, un centre

hospitalier associatif et un CHU. Sur cette base, il a été conclu que plus d'un pyjama de bloc jetable était nécessaire au cours d'une journée de travail. Les données quantitatives fournies par l'un des hôpitaux ont permis de calculer l'utilisation des pyjamas jetables à 1,86 pyjamas par jour en moyenne. Par conséquent, deux scénarios ont été testés : Jetable 1,5 et Jetable 1,8, supposant l'utilisation de 1,5 et 1,8 pyjamas de bloc jetables par jour, respectivement ; par opposition à un pyjama de bloc par jour considéré dans le scénario de référence.

ii) Consommation d'énergie pendant la fabrication du tissu des pyjamas de bloc jetables

L'analyse initiale de l'inventaire a montré une consommation d'énergie plus faible associée au système de pyjamas de bloc jetables, même si le nombre de pyjamas de bloc jetables nécessaires est beaucoup plus élevé que pour les pyjamas réutilisables. La consommation d'énergie pour le système jetable dans le scénario de référence est basée sur des données moyennes issues de la littérature. Cette analyse de sensibilité vise à évaluer l'impact de la prise en compte de valeurs plus élevées ou plus faibles concernant la consommation d'énergie lors de la fabrication du tissu des pyjamas de bloc jetables. Dans le scénario de référence (jetable, référence), une consommation d'énergie de 12 MJ par kg de tissu a été considérée, ce qui se situe entre les valeurs de consommation d'énergie les plus favorables et les plus défavorables (5 MJ/kg et 23 MJ/kg, respectivement, dans Jewell & Wentsel 2014). Ces consommations d'énergie dans le pire et le meilleur des cas ont été considérées ici. La répartition initiale des sources d'énergie (électricité, gaz naturel et carburant) a été supposée identique pour tous les scénarios : Scénario jetable (référence), scénario jetable (meilleur cas) et scénario jetable (pire cas).

iii) Mix énergétique utilisé pour la fabrication du tissu des pyjamas de bloc réutilisables

Les données primaires concernant la fabrication du tissu pour les pyjamas de bloc réutilisables ont été obtenues directement auprès du fournisseur de tissu d'Elis. La fabrication du tissu nécessite une quantité importante d'énergie (98,3 MJ par kg de tissu). Diverses sources d'énergie sont utilisées, mais la principale source d'énergie (représentant 71 % de la consommation totale d'énergie) est une centrale de cogénération au charbon située dans l'usine de fabrication de tissus. Pour étudier un levier potentiel de réduction de l'impact, une centrale de cogénération au gaz a été envisagée à la place, dans cette analyse de sensibilité.

Tableau 1.

Inventaire du cycle de vie : données primaires pour les systèmes réutilisable et jetable. PP : polypropylène ; DCO : demande chimique en oxygène ; DBO : demande biochimique en oxygène

	Unités	Système de pyjama de bloc réutilisable			Système de pyjama de bloc jetable		
		Valeur par pyjama	Valeur par UF	Source / Commentaires	Valeur par pyjama	Valeur par UF	Source / Commentaires
Poids d'un pyjama	g	550	8140	Elis	95	89300	-
Matières premières				Localisation : Pakistan			Localisation : China
Perte totale à la fabrication	-	10.7%		Fournisseur d'Elis, respectivement 8% et 3% à la fabrication du tissu et du pyjama	10.7%		Hypothèse
Matières premières – masse totale	g	618	9146	Calculs	107	100580	Calculs
Composition - Coton	%	35%		Elis	-		-
Composition - Polyester	%	65%		Elis	-		-
Composition – PP non tissé	%	-			100%		(Mikusinska, 2012)
Teinture – coloration en masse	g	-		Teinture à l'étape de fabrication du tissu	107	100580	Hypothèse
Transport du coton – camion	km	250	3700	Fournisseur d'Elis	-		
Transport du polyester – camion	km	85	1258	Fournisseur d'Elis	-		-
Transport du PP	-	-		-	-		Inclus dans les données secondaires
Fabrication du tissu				Localisation : Pakistan			Localisation : China
Energie - diesel	MJ	0.01	0.16	Fournisseur d'Elis	3.03E-04	2.85E-01	(Mikusinska, 2012)
Energie – fioul	MJ	2.39	35.4	Fournisseur d'Elis	0	0	-
Energie – gaz	MJ	0.30	4.43	Fournisseur d'Elis	0.638	599.5	(Mikusinska, 2012)
Energie – électricité au charbon	MJ	25.8	381.9	Fournisseur d'Elis	0	0	-
Energie – chaleur au charbon	MJ	17.2	254.7	Fournisseur d'Elis	0	0	-
Energie – électricité du réseau	MJ	14.9	220.3	Fournisseur d'Elis	0.643	604.3	(Mikusinska, 2012)
Teinture du tissu - continue	g	309	4573	Hypothèse : 50% teinture continue			Teinture à l'étape de matières premières
Teinture du tissu - batch	g	309	4573	Hypothèse : 50% teinture batch			Teinture à l'étape de matières premières
Transport vers confectionneur pyjama							
Camion	km	3525	52170	www.searates.com du Pakistan vers Laos	1000	9.40E+05	(ADEME, 2016) transport domestique en Chine
Confection des pyjamas				Localisation : Laos			Localisation : China
Energie – électricité	MJ	1.44	21.3	Fournisseur d'Elis	0.036	33.8	(Vozzola, Overcash, & Griffing, 2018)
Transport vers la France							
Transport – camion	km	770	11396	www.searates.com transport domestique au Laos et en France	1245 (1000+245)	1.17E+06	www.searates.com transport domestique en Chine et en France
Transport – bateau	km	17149	2.54E+05	www.searates.com de Laos vers France	21100	1.98E+07	www.searates.com de Chine vers France
Emballage – carton	g	30	444.0	Hypothèse.	12	11280	Hypothèse
Emballage – plastique	g	2.7	40.0	Hypothèse. PP	11.1	10434	Hypothèse. LDPE Plastic
Utilisation							
Utilisation – lavage				Localisation : France			
Energie – gaz	MJ	119	1768	Elis			
Energie – électricité	MJ	25	372.2	Elis			
Consommation d'eau	L	568	8399	Elis			
Détergent	g	122	1809	Elis			
Soude	g	140	2068	Elis			
Acide peracétique	g	175	2584	Elis			
Acide formique	g	69.9	1034	Elis			
Bactériostatique	g	17.5	258.4	Elis			
Eaux usées	L	568	8399	Elis			
Matières en suspension dans l'eau	g	5.59	82.7	Elis			
DCO – émissions dans l'eau	g	41.2	609.9	Elis			
DBO – émissions dans l'eau	g	16.1	237.8	Elis			
Phosphore – émissions dans l'eau	g	0.35	5.17	Elis			
Azote – émissions dans l'eau	g	1.75	25.8	Elis			
Utilisation - transport et emballage				Localisation : France			
Transport – camion	km	6731	99620	Elis. Distance totale parcourue entre l'hôpital et la blanchisserie lors de la durée de vie du pyjama			
Emballage – chariot	g	204	3019	Hypothèse. Acier			
Emballage – housse textile	g	5.11	75.6	Hypothèse. PP			

Emballage – housse plastique	g	1540	22792	Hypothèse. PP			
Emballage – cintres	g	24.4	361.1	Hypothèse. Acier			
Fin de vie				Localisation : France			Localisation : France et Chine
Incinération des pyjamas	g	550	8140	Elis	95	89300	Hypothèse. France
Transport – camion	km	186	2753	(Jewell & Wentzel, 2014)	186	1.75E+05	(Jewell & Wentzel, 2014)
Incinération des pertes de production	g	0	0	Elis (les pertes sont réutilisées)	12	11280	Hypothèse. Chine

Concernant les données secondaires, les processus unitaires d'Ecoinvent 3.4 ont été utilisés et adaptés si nécessaire. La liste des processus unitaires ainsi que des modifications appliquées a été fournie dans le document annexe.

3. Résultats

Cette section présente les résultats de l'évaluation de l'impact du cycle de vie des deux pyjamas de bloc. Les résultats comparatifs sont présentés dans le [Tableau 2](#) et une décomposition des résultats présentant la contribution des différentes étapes du cycle de vie est fournie [Figure 1](#). Les résultats détaillés pour chaque étape du cycle de vie sont présentés par unité fonctionnelle dans le [Tableau A-6](#) (système réutilisable) et le [Tableau A-7](#) (système jetable) dans le document annexe.

3.1. Résultats comparatifs

Par rapport au système jetable, le système de pyjama de bloc réutilisable a un impact environnemental plus faible pour la majorité des indicateurs ([Tableau 2](#)) : changement climatique (-31%), formation d'ozone photochimique (-46%), eutrophisation terrestre (-38%), eutrophisation marine (-32%) et écotoxicité de l'eau douce (-54%). Les résultats sont très similaires pour l'acidification et les particules fines (différence de -23% et -10%, respectivement), et ne sont donc pas considérés comme significatifs pour ces indicateurs. Les impacts sur l'eutrophisation de l'eau douce (+42%), l'utilisation des sols (+26%) et les ressources en eau (+95%) sont plus élevés pour les pyjamas réutilisables que pour les pyjamas jetables.

Tableau 2. Résultats comparatifs de l'ACV des systèmes de pyjamas de bloc jetables et réutilisables. UF : 4 ans de service.

Catégories d'impact environnemental	Unité	Réutilisable /UF	Jetable /UF
Changement climatique	kg CO ₂ eq	462	674
Particules fines	kg PM _{2.5} eq	0.36	0.40
Formation d'ozone photochimique	kg COV eq	1.23	2.28
Acidification	molc H ⁺ eq	2.56	3.35
Eutrophisation terrestre	molc N eq	4.32	6.97
Eutrophisation de l'eau douce	kg P eq	0.11	0.06
Eutrophisation marine	kg N eq	0.44	0.65
Ecotoxicité de l'eau douce	CTUe	4393	9483
Utilisation des sols	kg C déficit	719	467
Ressources en eau	m ³ eau eq	6.07	0.30

3.2. Analyses de contribution

La répartition des impacts entre les différentes étapes du cycle de vie est présentée pour chaque indicateur [Figure 1](#). Les résultats détaillés pour chaque étape du cycle de vie sont fournis dans le document annexe ([Tableau A-6](#) pour le système réutilisable et [Tableau A-7](#) pour le système jetable).

La fabrication du tissu pour les pyjamas de bloc réutilisables est le plus gros contributeur dans toutes les catégories d'impact, représentant 48% de l'impact en moyenne sur tous les indicateurs, et 48% de l'impact sur le changement climatique. Cette situation est liée à l'utilisation d'une quantité importante de charbon comme source d'énergie par le fabricant de tissus. La combustion du charbon est responsable de grandes quantités d'émissions de CO₂, de particules fines (PM_{2.5}), de composés organiques volatils (COV), d'oxydes d'azote (NO_x) et de dioxyde de soufre (SO₂), qui contribuent de manière significative au changement climatique, à la formation de particules fines, à l'acidification, à l'eutrophisation terrestre et marine et à la formation d'ozone photochimique. L'extraction et le raffinage du charbon sont responsables des émissions de phosphate dans l'eau, qui ont un impact sur l'eutrophisation des eaux douces. En ce qui concerne les pyjamas jetables, la fabrication de tissus est également l'étape qui contribue le plus (35% pour le changement climatique), en raison de la consommation de gaz et d'électricité, les combustibles fossiles représentant toujours la grande majorité du mix électrique chinois considéré dans cette étude. Des détails supplémentaires sur la consommation d'énergie pendant la fabrication du tissu sont présentés dans la section [3.3](#).

L'impact des matières premières est fortement réduit avec l'option réutilisable pour les indicateurs changement climatique, particules fines, eutrophisation terrestre et marine et formation d'ozone photochimique. Cela s'explique par le fait qu'une quantité importante de plastique contenue dans les pyjamas de bloc jetables est évitée, étant donné que le pyjama de bloc réutilisable contient 35% de coton et par le fait que moins de pyjamas de bloc sont nécessaires par unité fonctionnelle (14,8 contre 940 dans le cas des pyjamas jetables). Cependant, l'utilisation du coton a un impact important sur l'épuisement de l'eau, en raison de la grande quantité d'eau d'irrigation nécessaire à cette culture. Dans le modèle Ecoinvent utilisé dans cette étude (Coton fibre {RoW} |

production de coton), environ 412 L d'eau d'irrigation sont nécessaires par kg de coton, dont la majorité provient des eaux souterraines. L'impact de l'épuisement de l'eau sur le cycle de vie est donc 20 fois plus élevé pour l'option réutilisable que pour l'option jetable. La production de coton est également responsable d'un impact significatif sur l'utilisation des sols en raison des plantations de coton. Le transport vers la France contribue de manière significative à l'impact sur l'eutrophisation marine, l'acidification et la formation d'ozone photochimique, en raison de la consommation de carburant des navires et des émissions de divers polluants (composés organiques volatils, oxydes de soufre et azote). Elle contribue également à l'impact sur l'utilisation des terres en raison de l'extraction du pétrole pour le carburant. Étant donné que moins de pyjamas de bloc sont nécessaires par unité fonctionnelle dans le cas du réutilisable, il y a donc moins de transport nécessaire, ce qui évite un impact important par rapport à l'option jetable. Les étapes de transport vers le confectionneur et de confection des pyjamas de bloc ont un impact négligeable.

La phase d'utilisation contribue uniquement aux impacts du système réutilisable, car elle a été considérée comme négligeable dans le système jetable. L'utilisation de pyjamas de bloc réutilisables (qui inclut le lavage des pyjamas) est responsable de 44% de l'impact sur le

changement climatique, 44% sur l'écotoxicité de l'eau douce et 31% de l'eutrophisation marine. Ces impacts proviennent essentiellement de la consommation de gaz et d'électricité de la blanchisserie, tandis que les émissions de la blanchisserie dans les eaux usées sont les moteurs de l'impact sur l'eutrophisation marine. Des détails supplémentaires sur les impacts de la phase d'utilisation sont fournis dans la section 3.4.

Enfin, la fin de vie des pyjamas de bloc jetables est liée à un impact élevé sur l'écotoxicité de l'eau douce puisque les pyjamas de bloc sont incinérés et que des substances polluantes sont émises dans la nature. Dans le système réutilisable, moins de déchets sont produits (8,14 kg de déchets par unité fonctionnelle contre 99,6 kg pour le système jetable), ce qui évite un impact environnemental important.

Globalement, les impacts des pyjamas de bloc sont considérablement réduits dans le cas du réutilisable, principalement en raison de la diminution des matières premières, du transport et des déchets produits. Toutefois, pour des indicateurs tels que les ressources en eau, l'utilisation des sols et l'eutrophisation de l'eau douce, cet avantage diminue, voire est effacé par l'impact élevé de la production de coton et la consommation d'énergie lors de la fabrication du tissu et à la blanchisserie.

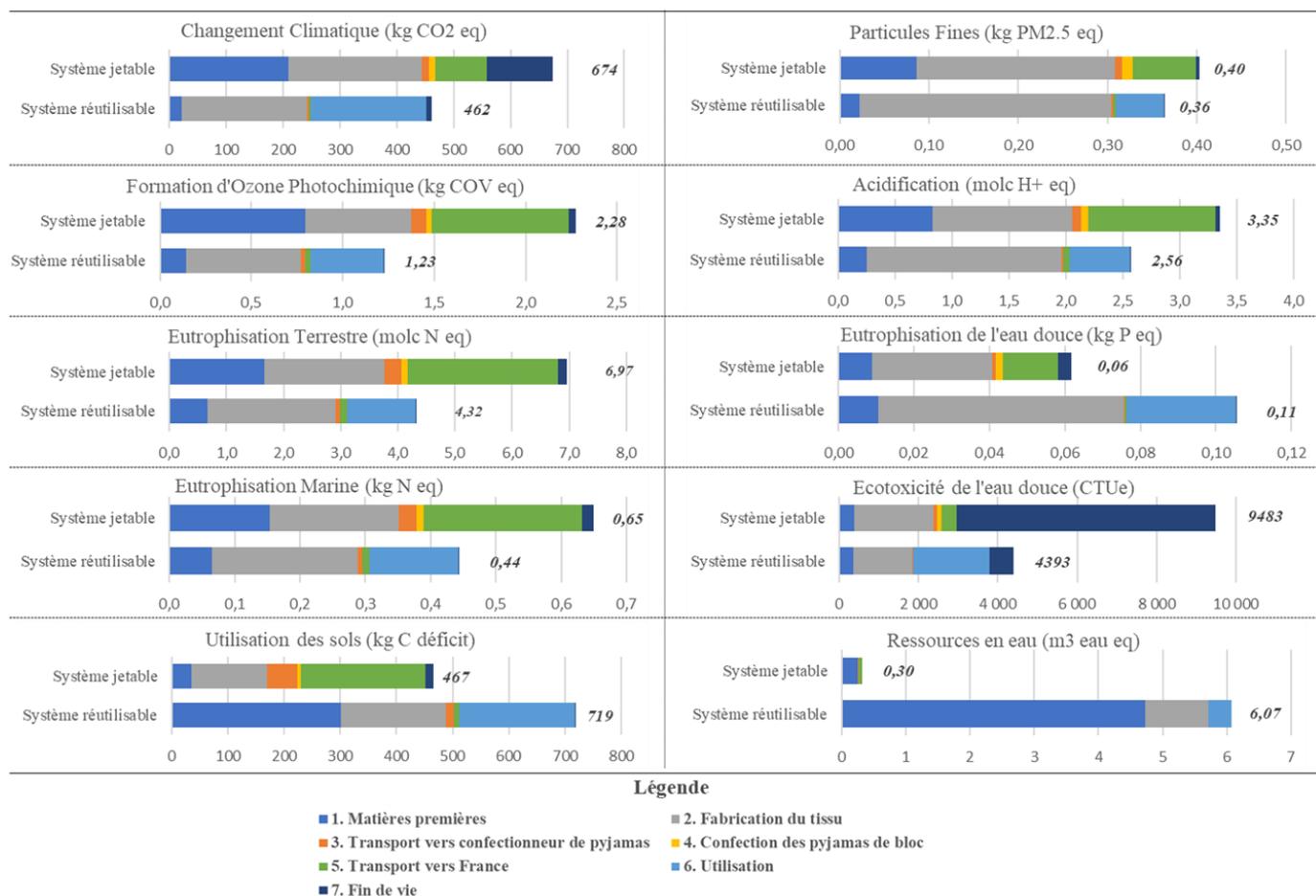


Figure 1. Résultats par unité fonctionnelle avec contributions des étapes du cycle de vie pour toutes les catégories d'impact.

3.3. Consommation d'énergie lors de la fabrication du tissu

Les consommations d'énergie par unité fonctionnelle (ainsi que la décomposition des sources d'énergie) pendant la fabrication du tissu pour les systèmes réutilisables et jetables sont présentées [Figure 2](#).

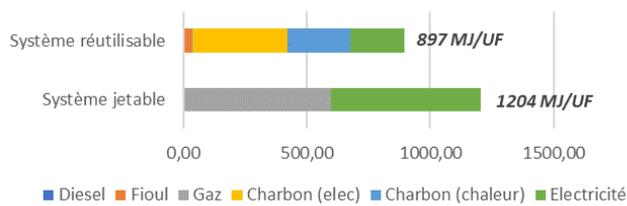


Figure 2. Consommation d'énergie pour la fabrication du tissu par unité fonctionnelle et décomposition des sources d'énergie pour les systèmes réutilisables et jetables (Charbon (elec) = électricité issue de la cogénération au charbon. Charbon (chaleur) = chaleur issue de la cogénération au charbon).

Le tissu d'un pyjama réutilisable nécessite plus d'énergie que le tissu d'un pyjama jetable, car il est plus lourd et nécessite un textile de meilleure qualité. Cependant, lorsqu'on considère cette étape par unité fonctionnelle, la consommation d'énergie de la fabrication du tissu est plus faible pour les réutilisables (moins de pyjama par unité fonctionnelle). Dans le cas étudié ici, le

Tableau 3

Résultats détaillés et analyse de contribution de la phase d'utilisation d'un pyjama réutilisable, sur sa durée de vie.

Catégories d'impact environnemental	Unité	Total au cours de l'utilisation	Emballages	Transport vers blanchisserie	Transport vers l'hôpital	Lavage
Changement climatique	kg CO ₂ eq	1,37E+01	2,3E+00 (17%)	4,1E-01 (3%)	4,2E-01 (3%)	1,1E+01 (77%)
Particules fines	kg PM2.5 eq	3,64E-03	1,3E-03 (36%)	2,4E-04 (6%)	2,4E-04 (7%)	1,8E-03 (51%)
Formation d'ozone photochimique	kg COV eq	2,69E-02	8,4E-03 (31%)	2,6E-03 (10%)	2,6E-03 (10%)	1,3E-02 (49%)
Acidification	molc H+ eq	3,59E-02	1,0E-02 (28%)	2,4E-03 (7%)	2,4E-03 (7%)	2,1E-02 (58%)
Eutrophisation terrestre	molc N eq	8,11E-02	2,0E-02 (25%)	9,2E-03 (11%)	9,4E-03 (12%)	4,3E-02 (53%)
Eutrophisation de l'eau douce	kg P eq	1,95E-03	4,5E-04 (23%)	3,4E-05 (2%)	3,5E-05 (2%)	1,4E-03 (73%)
Eutrophisation marine	kg N eq	9,18E-03	1,9E-03 (20%)	8,4E-04 (9%)	8,6E-04 (9%)	5,6E-03 (61%)
Ecotoxicité de l'eau douce	CTUe	1,30E+02	1,2E+01 (9%)	2,4E+00 (2%)	2,5E+00 (2%)	1,1E+02 (87%)
Utilisation des sols	kg C déficit	1,39E+01	1,4E+00 (10%)	1,7E+00 (12%)	1,7E+00 (13%)	9,1E+00 (65%)
Ressources en eau	m3 eau eq	2,36E-02	3,9E-03 (16%)	5,4E-05 (0%)	5,6E-05 (0%)	2,0E-02 (83%)

La phase de lavage est le principal contributeur dans toutes les catégories d'impact, représentant de 51% à 87% de l'impact de la phase d'utilisation. Ceci est principalement dû à l'énergie importante requise pour le lavage : 2,3 MJ par pyjama de bloc lavé. 17% de l'énergie consommée est sous forme d'électricité (mix électrique français), et 83% sous forme de chaleur produite au gaz. La consommation d'énergie contribue pour 86% à l'impact du lavage sur le changement climatique, dont la chaleur au gaz représente 82%, et l'électricité 4%, le mix

charbon représente au moins 71% du mix énergétique pour le système réutilisable (production de chaleur et d'électricité sur site), tandis que pour le système jetable, le gaz représente 50% du mix énergétique. Or, l'énergie produite à partir de charbon a un impact plus important que les autres sources d'énergie sur la plupart des indicateurs. Cela compense la consommation d'énergie plus faible et conduit à des impacts plus élevés pour le système réutilisable lors de la phase de fabrication du tissu, en particulier pour l'eutrophisation de l'eau douce, l'acidification, l'utilisation des sols et les particules fines ([Figure 1](#) et document annexe, [Tableau A-6](#) et [Tableau A-7](#)). Une analyse de sensibilité a été réalisée en considérant une cogénération au gaz au lieu d'une cogénération au charbon, afin d'étudier un levier potentiel de réduction de l'impact.

3.4. Analyses de contribution de l'étape d'utilisation des pyjamas réutilisables

Après chaque utilisation, les pyjamas de bloc réutilisables sont transportés depuis l'hôpital vers la blanchisserie, pour être lavés, puis ramenés à l'hôpital pour être réutilisés. Un emballage propre est requis à chaque fois pour des raisons pratiques et sanitaires. L'analyse des contributions de la phase d'utilisation est présentée dans le [Tableau 3](#).

électrique français étant relativement peu carboné avec une part importante du nucléaire. En ce qui concerne l'eutrophisation des eaux douces et marines, les émissions via les eaux usées provenant du lavage contribuent de manière significative (respectivement 24% et 31%).

Le transport contribue également de manière significative aux impacts de la phase d'utilisation. Les émissions importantes de COV et de NOx qui se produisent pendant le transport ont un impact important sur la formation d'ozone photochimique, l'acidification et

l'eutrophisation terrestre et marine. Dans le cas des emballages, la production de polyéthylène pour les sacs en plastique et d'acier pour les chariots est principalement responsable de leurs impacts, notamment sur les particules fines et la formation d'ozone photochimique ; les emballages représentent respectivement 36% et 31% de l'impact de la phase d'utilisation pour ces indicateurs.

3.5. Résultats des analyses de sensibilité

Trois analyses de sensibilité ont été réalisées. Dans la première analyse de sensibilité (Figure 3), deux scénarios ont été testés : Jetable 1,5 et Jetable 1,8, supposant l'utilisation de 1,5 et 1,8 pyjamas de bloc jetables par jour, respectivement, comme expliqué dans la section 2.5.

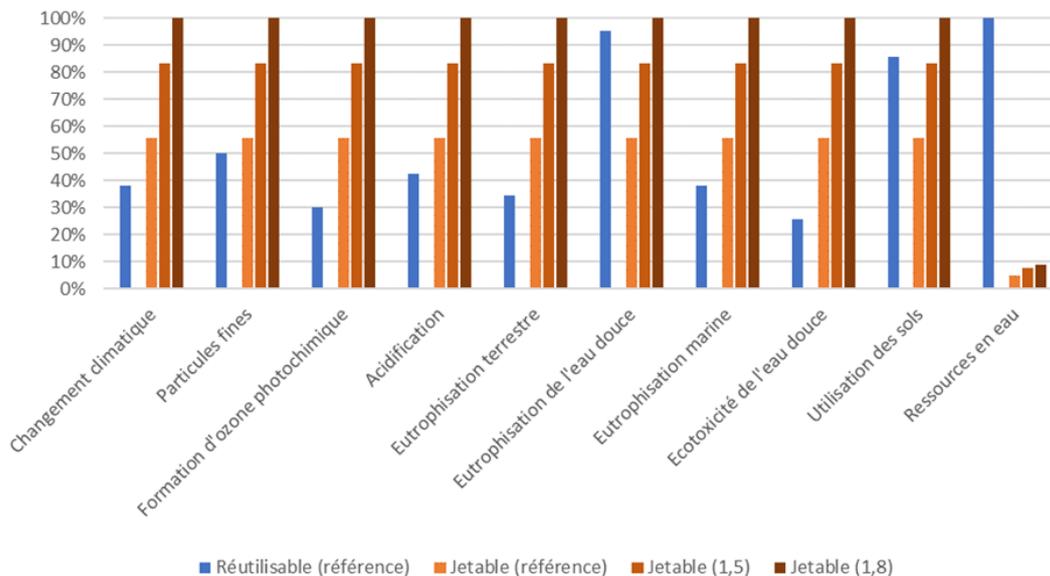


Figure 3. Résultats comparatifs entre les systèmes de pyjamas de bloc réutilisables et jetables - analyse de sensibilité sur le nombre de pyjamas de bloc jetables utilisés par jour. Le scénario ayant l'impact environnemental le plus élevé dans une catégorie donnée est représenté par un impact de 100 % et l'impact des autres scénarios par une proportion de cette valeur.

L'impact environnemental global des pyjamas de bloc jetables est multiplié par 1,5 et 1,8, par rapport au scénario de référence (Figure 3). Si l'on considère 1,8 pyjamas de bloc jetables par jour de travail, le système réutilisable représente une économie de 62 % de l'impact sur le changement climatique par rapport au système jetable (54% dans le cas du jetable 1,5). Cela équivaut à 1210 kg CO2 eq / UF, contre 674 kg CO2 eq dans le scénario de référence (1010 kg CO2 eq / UF pour le système jetable

1,5). Avec ces nouvelles hypothèses, l'impact global des pyjamas jetables apparaît beaucoup plus élevé que celui des pyjamas de bloc réutilisables. Toutefois, l'impact sur les ressources en eau lié à la culture du coton reste un problème pour le système réutilisable.

Une deuxième analyse de sensibilité a été réalisée sur la consommation d'énergie liée à la fabrication du tissu du pyjama de bloc jetable (Figure 4).

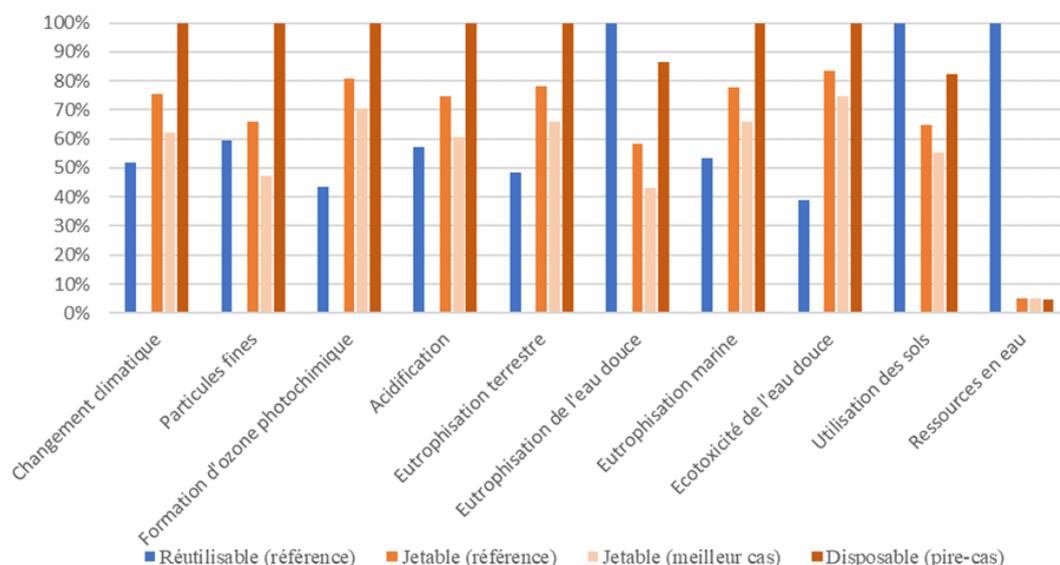


Figure 4. Résultats comparatifs entre les systèmes de pyjamas de bloc réutilisables et jetables - analyse de sensibilité sur la consommation d'énergie liée à la fabrication du tissu des pyjamas de bloc jetables. Le scénario ayant l'impact environnemental le plus élevé dans une catégorie donnée est représenté par un impact de 100 % et l'impact des autres scénarios par une proportion de cette valeur. Le scénario « jetable (référence) » est le scénario de référence pour les pyjamas de bloc jetables analysés dans cette étude (12 MJ/kg). « Jetable (meilleur cas) » fait référence à une consommation d'énergie plus faible au niveau de la fabrication du tissu (5 MJ/kg), tandis que « Jetable (pire cas) » à une consommation d'énergie plus élevée (23 MJ/kg) (d'après Jewell et Wentzel (2014)).

La modification de la consommation d'énergie dans la fabrication du tissu des pyjamas de bloc jetables a un effet important sur l'impact sur le changement climatique, les particules fines, l'acidification et l'eutrophisation marine (Figure 4). L'impact sur le changement climatique pour les pyjamas jetables passe de 674 kg CO₂ eq. à 554 kg CO₂ eq. dans le meilleur cas, et augmente à 892 kg CO₂ eq. dans le pire cas. Par conséquent, pour le changement

climatique, l'impact du réutilisable est entre 17% et 48% inférieur à celui du jetable, au lieu de 31% dans le scénario de référence.

Une troisième analyse de sensibilité a été menée sur le mix énergétique à la fabrication du tissu des pyjamas de bloc réutilisables. La principale source d'énergie (cogénération au charbon) a été remplacée par une centrale de cogénération au gaz (Figure 5).

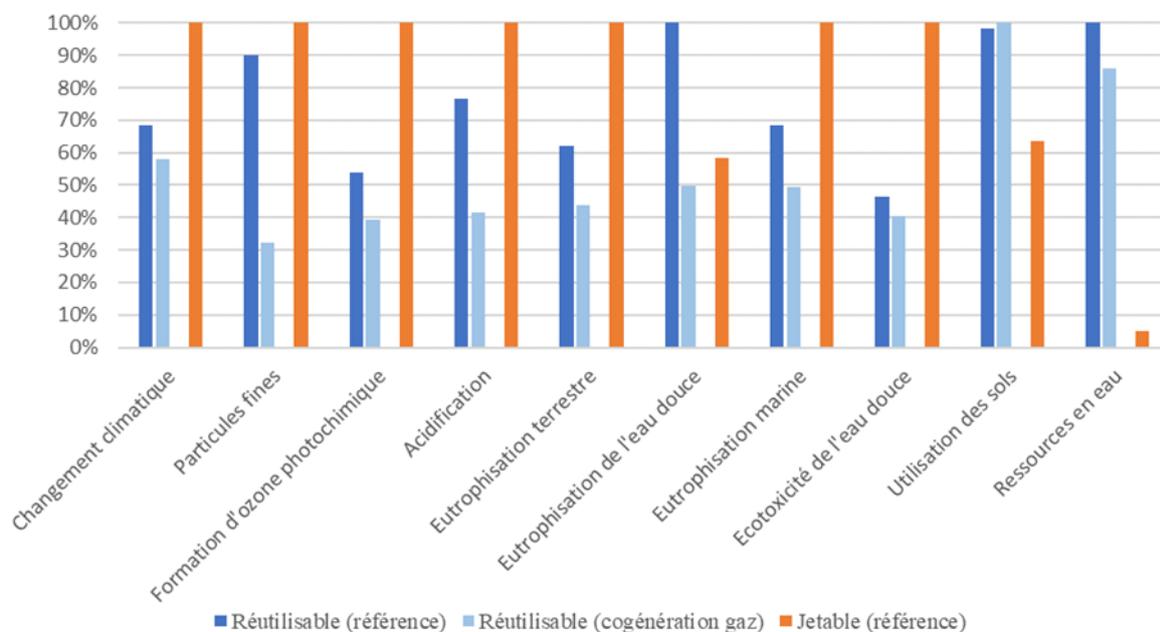


Figure 5. Résultats comparatifs entre les systèmes de pyjamas de bloc réutilisables et jetables - analyse de sensibilité sur le mix énergétique lors de la fabrication du tissu des pyjamas de bloc réutilisables. Le scénario ayant l'impact environnemental le plus élevé dans une catégorie donnée est représenté par un impact de 100 % et l'impact des autres scénarios par une proportion de cette valeur. Le scénario « Réutilisable (référence) » est le scénario de référence pour les pyjamas de bloc réutilisables, l'énergie utilisée pour la fabrication du tissu provenant principalement de centrales de cogénération alimentées au charbon. Dans le scénario « Réutilisable (cogénération gaz) », le charbon est remplacé par de la cogénération au gaz naturel.

L'utilisation d'une cogénération au gaz naturel au lieu d'une cogénération au charbon diminue l'impact global du système réutilisable pour la majorité des indicateurs environnementaux. Elle conduit à des réductions substantielles de l'impact des pyjamas de bloc réutilisables sur les particules fines (-64%), l'eutrophisation de l'eau douce (-50%), l'acidification (-46%) par rapport au scénario de référence du réutilisable. L'impact du système réutilisable sur le changement climatique est également réduit de 16% dans cette analyse de sensibilité.

Par conséquent, lorsque le système réutilisable est plus performant que le système jetable dans le scénario de base, le bénéfice en termes d'impact est encore amélioré. Pour l'indicateur d'eutrophisation de l'eau douce, où le système jetable est plus performant (impact inférieur de 50 %) que le système réutilisable de base, les deux systèmes sont équivalents si l'on considère une cogénération au gaz chez le fabricant de tissu pour pyjamas réutilisables.

4. Discussion

Cette étude donne un aperçu des principaux avantages et limites des pyjamas de bloc réutilisables par rapport aux pyjamas jetables sur le plan environnemental. Par rapport aux pyjamas jetables, l'option réutilisable a un impact environnemental nettement inférieur pour la majorité des indicateurs : changement climatique (-31%), formation d'ozone photochimique (-46%), eutrophisation terrestre (-38%), eutrophisation marine (-32%) et écotoxicité en eau douce (-54%). Toutefois, pour l'eutrophisation de l'eau douce, l'utilisation des sols et les ressources en eau, le système de pyjamas de bloc réutilisables a plus d'impact. La réduction globale des impacts des pyjamas de bloc réutilisables est principalement due au fait qu'il faut moins de pyjamas de bloc dans l'option réutilisable pour répondre au service de fournir un pyjama de bloc propre chaque jour ouvré pendant 4 ans. Moins de matières premières et moins de transport sont nécessaires, et moins de déchets sont produits. Toutefois, ces avantages environnementaux sont limités par les impacts de l'irrigation et de l'utilisation des terres lors de la culture du coton, et par les impacts de la consommation d'énergie lors de la fabrication du tissu et lors du lavage, dans le cas d'un pyjama de bloc réutilisable. Des analyses de sensibilité sur le nombre de pyjamas de bloc jetables utilisés par jour et sur la consommation d'énergie à l'étape de fabrication du tissu confirment un impact plus faible de l'utilisation de pyjamas de bloc réutilisables par rapport aux pyjamas jetables.

L'impact des pyjamas de bloc réutilisables sur le changement climatique obtenu dans cette étude est de 31,2 kg CO₂ eq. par pyjama de bloc. Ce chiffre se situe dans la fourchette haute par rapport aux valeurs de la littérature (19,9 ; 28,7 ; 11,3 et 33,4 kg CO₂ eq. par pyjama de bloc ; [Jewell et Wentzel, 2014](#) ; [Mikusinska, 2012](#) ; [Van den Berghe et Zimmer, 2011](#) ; [Vozzola et al., 2020](#)). Cependant, les données considérées, à savoir le poids et le nombre d'utilisations au cours de la durée de vie, sont différentes entre ces études. Lorsque l'impact total sur le changement climatique est divisé par le poids du produit et le nombre d'utilisations, nous obtenons un résultat de 0,89 kg CO₂ eq. par utilisation et par kg du pyjama de bloc, ce qui se situe dans la moyenne des résultats obtenus par les études précédentes (0,93 ; 0,90 ; 0,59 et 1,18 kg CO₂ eq. par utilisation et par kg du produit ; [Jewell et Wentzel, 2014](#) ; [Mikusinska, 2012](#) ; [Van den Berghe et Zimmer, 2011](#) ; [Vozzola et al., 2020](#)).

De plus en plus de clients sont intéressés par l'utilisation de produits réutilisables au lieu de produits jetables ([Conrardy, Hillanbrand, Myers, & Nussbaum, 2010](#)). Par conséquent, les pyjamas de bloc réutilisables semblent être une solution intéressante pour contribuer à la réduction de l'empreinte environnementale globale du secteur de la santé.

Les avantages environnementaux des pyjamas de bloc réutilisables peuvent être limités si les impacts de la production de coton et de la fabrication du tissu ne sont pas atténués, en particulier l'impact de l'irrigation lors de la culture du coton et la consommation importante de charbon comme source d'énergie lors de la fabrication du tissu. La phase d'utilisation contribue également de manière significative aux impacts, notamment la consommation de gaz comme source d'énergie pour le lavage. Les principales recommandations pour réduire davantage l'impact des pyjamas de bloc réutilisables sont les suivantes : 1) s'assurer que le coton est produit selon des pratiques agricoles plus durables utilisant moins d'eau pour l'irrigation, et s'approvisionner en coton dans des régions où la pénurie d'eau n'est pas un problème ; 2) réduire la consommation d'énergie pendant la fabrication du tissu et passer du charbon à d'autres sources d'énergie à plus faibles émissions, comme le gaz ou les énergies renouvelables ; et 3) augmenter l'efficacité énergétique lors du lavage et passer à des sources de chaleur décarbonées, comme l'électricité ou le biogaz.

Cette étude a été réalisée conformément à la norme ISO 14040/44 et revue par un panel d'experts en ACV. Les limites de cette étude sont les suivantes :

- Difficultés de modélisation des processus de coloration et de teinture. Aucune donnée spécifique n'a été obtenue concernant le processus de teinture du textile réutilisable, qui a donc été modélisé sur la base des processus existants. La consommation de produits chimiques et d'eau et les émissions (en particulier dans l'eau) ont été construites sur les processus unitaires d'Ecoinvent v.3.6 concernant la teinture du coton. Pour le pyjama de bloc jetable, il a été considéré une coloration en masse à l'étape des matières premières, la littérature disponible étant pauvre et indiquant un impact négligeable de la coloration ;
- Les données sur la fabrication du tissu obtenues auprès du fabricant de tissu d'Elis ne comprenaient que les consommations d'énergie et les pertes de matériaux. La qualité des données est considérée comme limitée, car elles ont été obtenues à partir du rapport du bilan carbone du fabricant ;
- Concernant les produits chimiques utilisés lors du lavage, certains éléments ont été modélisés en utilisant des proxys ;
- Le pyjama de bloc jetable a été entièrement modélisé sur la base d'une analyse de la littérature et d'hypothèses.

D'autres travaux pourraient inclure la collecte de données industrielles plus spécifiques concernant la fabrication de pyjamas de bloc jetables, pour lesquelles les données étaient basées sur des valeurs de la littérature. Il serait intéressant de réaliser une ACV des pyjamas de bloc réutilisables utilisés dans d'autres pays pour en

apprendre davantage sur le marché mondial des pyjamas de bloc et ses impacts.

5. Conclusion

Par rapport aux pyjamas jetables, les pyjamas de bloc réutilisables ont un impact environnemental globalement plus faible pour la majorité des indicateurs analysés. L'impact du système réutilisable sur le changement climatique est inférieur de 31% à celui de l'option jetable. Cette réduction est principalement due au fait qu'il faut moins de pyjamas de bloc réutilisables pour satisfaire l'unité fonctionnelle (14,8 contre 940 jetables sur une période de 4 ans). Moins de matières premières et moins de transport sont nécessaires, et moins de déchets sont produits. Dans un scénario où plus d'un pyjama de bloc jetable est nécessaire par jour (1,5 ou plus), l'impact de l'option jetable augmente considérablement.

Les avantages environnementaux d'une solution réutilisable peuvent être limités par l'impact sur les ressources en eau lié à la culture du coton et l'impact de la consommation d'énergie lors de la fabrication du tissu et lors du lavage. Pour réduire l'impact de la culture du coton, le textile doit provenir de pays qui ne connaissent pas de pénurie d'eau et de producteurs qui s'engagent à adopter des pratiques plus durables et à utiliser moins d'eau pour l'irrigation. En ce qui concerne la consommation d'énergie, il est recommandé d'améliorer l'efficacité énergétique de la fabrication du tissu et du lavage et d'utiliser des sources d'énergie bas carbone et/ou renouvelables.

Dans l'ensemble, les pyjamas de bloc réutilisables peuvent constituer une solution intéressante pour réduire l'impact environnemental total des textiles périopératoires utilisés par le secteur de la santé, tout en maintenant le même niveau de protection sanitaire que les pyjamas de bloc jetables.

Remerciements

Les auteurs remercient les équipes d'Elis pour avoir facilité la collecte des données et leur implication dans l'étude, les fournisseurs, ainsi que les clients consultés pour l'étude. Nous tenons en particulier à remercier : le CHU de Caen, l'Hôpital Marie-Lannelongue - Groupe Hospitalier Paris Saint-Joseph, les groupes Elsan et Vivalto Santé qui ont participé à l'étude. Nous remercions également Isaure Adam, consultante ACV chez I Care, qui a été d'une grande aide lors de la collecte des données et de la modélisation ACV, Laurène Branaa, chef de projet chez I Care, qui a réalisé l'étude qualitative sur les pyjamas de bloc jetables à partir d'entretiens avec quatre clients clés d'Elis, et Florian Diot-Néant, PhD, consultant chez I Care, qui a participé à la relecture du manuscrit final. Nous tenons également à remercier le panel de la revue critique : Philippe Osset (SCORE-LCA), Faustine Vanhulle (Feve-conseil), et Sandrine Pesnel (RDC environnement).

Financement

Cette recherche a été financée par Elis, une entreprise privée et fournisseur d'alternatives réutilisables. Elis a payé pour la réalisation de l'étude et pour la rédaction et la soumission de cet article.

Document annexe : données supplémentaires

Le document annexe des données supplémentaires est accessible en ligne en anglais à l'adresse suivante : <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2021.100068>.

Références

- ADEME. (2016). *Principes généraux pour l'affichage environnemental des produits de grande consommation*. Récupéré sur <https://docplayer.fr/43795894-Principes-generaux-pour-l-affichage-environnemental-des-produits-de-grande-consommation.html>
- Campion, N., Thiel, C., Woods, N., Swanzy, L., Landis, A., & Bilec, M. (2015). Sustainable healthcare and environmental life-cycle impacts of disposable supplies: A focus on disposable custom packs. *J. Clean. Prod.*, 94, 46–55. Récupéré sur <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.01.076>
- Carre, A. (2008). *Life Cycle Assessment Comparing Laundered Surgical Gowns with Polypropylene Based Disposable Gown*. Royal Melbourne Institute of Technology University. Récupéré sur https://www.lac-mac.com/mediafiles/catalogue/RMIT_LifeCycleAssesmentDisposableVsReusableGowns.pdf
- Cimprich, A. S.-S. (2019). Potential for industrial ecology to support healthcare sustainability: Scoping review of a fragmented literature and conceptual framework for future research. *J. Ind. Ecol.*, 23, 1344–1352. Récupéré sur <https://doi.org/10.1111/jiec.12921>
- Conrardy, J., Hillanbrand, M., Myers, S., & Nussbaum, G. (2010). Reducing medical waste. *AORN Journal*, 91, 711-721. Récupéré sur <https://doi.org/10.1016/j.aorn.2009.12.029>
- Drew, J., Christie, S. D., Tyedmers, P., Smith-Forrester, J., & Rainham, D. (2021). Operating in a Climate Crisis: A State-of-the-Science Review of Life Cycle Assessment within Surgical and Anesthetic Care. *Environmental Health Perspectives*. Récupéré sur <https://ehp.niehs.nih.gov/doi/10.1289/EHP8666>
- ISO. (2006a). ISO 14044:2006 Environmental Management - Life Cycle Assessment - Requirements and Guidelines. International Organization for Standardization.
- ISO. (2006b). ISO 14040:2006 Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework. International Organization for Standardization.
- Jewell, J., & Wentsel, R. (2014). *Comparative Life Cycle Assessment of Reusable vs. Disposable Textiles*. Consulté le 06 10 2021, sur <https://www.trsa.org/wp-content/uploads/2014/08/trsa-reusable-disposable-study.pdf>
- JRC. (2011). *International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook*. European Commission - Joint Research Center.

- Récupéré sur <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/325e9630-8447-4b96-b668-5291d913898e/language-en>
- JRC. (2015). *Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCR) T-shirt, version 1*. European Commission - Joint Research Center. Consulté le 06 10 2021, sur <https://doi.org/10.2788/38479>
- Karliner, J. S. (2019). *Health Care's Climate Footprint. Health Care Without Harm*. Consulté le 06 10 2021, sur <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/action/healthcares-climate-footprint>
- Mikusinska, M. (2012). *Comparative Life Cycle Assessment of Surgical Scrub Suits*. PhD dissertation, Royal Institute of Technology. Consulté le 06 10 2021, sur <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:574013/FULLTEXT01.pdf>
- Minoglou, M. G. (2017). Healthcare waste generation worldwide and its dependence on socio-economic and environmental factors. *Sustainability* (9). Récupéré sur <https://doi.org/10.3390/su9020220>
- OMS. (2018). *Healthcare waste*. Consulté le 06 10 2021, sur <https://www.who.int/en/news-room/factsheets/detail/health-care-waste>
- Sandin, G., & Peters, G. (2018). Environmental impact of textile reuse and recycling – A review. *Journal of Cleaner Production*, 184, 353-365.
- SFAR. (2021). *Tenue vestimentaire au bloc opératoire*. Société Française d'Anesthésie-Réanimation. Consulté le 06 10 2021, sur <https://sfar.org/tenue-vestimentaire-au-bloc-operatoire/>
- Sherman, J. T.-B. (2020). The Green Print: Advancement of Environmental Sustainability in Healthcare. *Resources, Conservation and Recycling*, 161(104882).
- Van den Berghe, A., & Zimmer, C. (2011). *Life Cycle Assessments of Single- Versus Multiple-Use Surgical Gowns*. University of Minnesota. Consulté le 06 10 2021, sur http://www.sustainabilityroadmap.org/pims/pdfs/pim247_lifecycle_assessment_disposable_versus_reusable.pdf
- Vozzola, E., Overcash, M. P., & Griffing, E. P. (2018). Environmental considerations in the selection of isolation gowns: A life cycle assessment of reusable and disposable alternatives. *American Journal of Infection Control*, 46(8), 881-886. Récupéré sur <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2018.02.002>
- Vozzola, E., Overcash, M. P., & Griffing, E. P. (2020). An Environmental Analysis of Reusable and Disposable Surgical Gowns. *AORN Journal*, 111(3), 315-325.
- Wernet, G., Bauer, C., Steubing, B., Reinhard, J., Moreno-Ruiz, E., & Weidema, B. (2016). The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 21, 1218-1230. Récupéré sur <https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-016-1087-8>