



HAL
open science

La customization de masse, est-elle une approche de production durable ?

Clément Noël, Mathieu Meaude, Joanna Daaboul

► **To cite this version:**

Clément Noël, Mathieu Meaude, Joanna Daaboul. La customization de masse, est-elle une approche de production durable ?. 17ème colloque national S-mart AIP-PRIMECA, Université Polytechnique Hauts-de-France [UPHF], Mar 2021, LAVAL VIRTUAL WORLD, France. <hal-03296126>

HAL Id: hal-03296126

<https://hal.science/hal-03296126v1>

Submitted on 22 Jul 2021

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

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



HAL Authorization

La customization de masse, est-elle une approche de production durable ?

Clément Noël, Mathieu Meaude

Université de technologie de Compiègne, département
ingénierie mécanique, Centre de recherche Royallieu - CS
60 319 - 60 203 Compiègne Cedex
clement.noel@etu.utc.fr, mathieu.meau@etu.utc.fr

Joanna Daaboul

Université de technologie de Compiègne, CNRS, Roberval
(Mechanics energy and electricity), Centre de recherche
Royallieu - CS 60 319 - 60 203 Compiègne Cedex
Joanna.daaboul@utc.fr

Résumé— *La customisation de masse est de nos jours, une stratégie appliquée dans plusieurs industries. Elle permet d'offrir des produits customisables par le client à un prix raisonnable comparé à celui de la production de masse. Cette stratégie vise à éliminer la surproduction et les déchets. Elle vise à produire uniquement ce qui sera vendu et ce qui est commandé par le client. La question qui se pose, est-elle vraiment une stratégie durable ? ce papier essaye de répondre à cette question en combinant une analyse de la littérature avec une analyse qualitative et en présentant une analyse environnementale sur un étude de cas. L'étude de cas a permis de comparer l'impact environnementale obtenu à travers une analyse de cycle de vie d'une approche production de masse et de celui d'une approche de customisation de masse. Les résultats du cas d'étude confirment les conclusions de la revue bibliographique. L'impact environnemental d'une production de masse à spécifications équivalentes est beaucoup plus élevé qu'une customisation de masse.*

Mots-clés— *customization de masse, analyse cycle de vie, développement durable*

I. INTRODUCTION

Aujourd'hui, la demande croissante pour des produits d'une grande diversité est une réalité. Les clients sont de plus en plus exigeants et demandent des produits customisables et uniques, mais ils ne sont pas prêts à payer beaucoup plus cher. La production de masse laisse peu à peu place à la customisation de masse (MC). Celle-ci permet à un client de concevoir sur mesure certaines fonctionnalités d'un produit tout en maintenant les coûts proches de ceux des produits fabriqués en série [1]. La MC repose sur la modularité du produit. Celle-ci permet au client de combiner différents modules du produit pour créer un produit final personnalisé. Néanmoins, il en existe différents types de MC qui diffèrent principalement selon le niveau d'inclusion du client dans la conception des produits MC.

Dans une époque où les enjeux environnementaux et durables sont omniprésents, la question de l'impact des choix de développement en production mérite d'être posée. Il est donc pertinent d'étudier si la customisation de masse est vraiment durable ou d'analyser comment elle pourrait l'être. Il est également important d'identifier ses faiblesses en termes d'impact durable pour mieux concevoir des produits mass customisés et la supply chain qui livrerait ces produits.

Cet article vise à analyser la durabilité des différents types de MC en se basant sur trois études : étude bibliographique, étude qualitative, étude de cas. La section 2 de cet article présente l'étude bibliographique et l'analyse qualitative pour évaluer la durabilité de la MC et la comparer à celle de la production de masse. Section 3 présente une analyse environnementale réalisée à l'aide du logiciel Simapro sur un cas d'étude pour comparer deux scénarios de MC et un scénario de production de masse. Section 4 présente une conclusion et les limites de ses travaux.

II. DEFINITIONS ET REVUE DE LA LITTÉRATURE

A. Customization de masse

La MC consiste à réaliser et fournir un produit personnalisé (customisé) mais à un prix proche de celui de la production de masse [1]. Elle nécessite, entre autres, une architecture modulaire du produit et un système de production flexible [1]. En effet, cette modularité permet d'utiliser les modules sur différents produits. Ces modules sont généralement fournis avec différentes variantes : couleur, forme, taille, matériau. Cette modularité engendre donc une flexibilité au niveau du système de production.

Il existe plusieurs types de MC. Ceux-ci dépendent de deux facteurs principaux : l'offre de customisation et le point d'intégration de l'ordre du client dans les processus (Customer Order Decoupling Point - CODP) [2]. Il existe donc quatre typologies de MC. Le client peut être impliqué dans la customisation en phase de conception, fabrication, assemblage ou distribution.

B. Développement durable

Le développement durable est un terme avec lequel nous sommes de plus en plus familier. Néanmoins, les définitions sont diverses et variées. Nous nous sommes arrêtés sur celle de l'Organisation des Nations Unies publiée en 1987 qui stipule le développement durable doit concilier le progrès économique et social avec la préservation de l'environnement. La durabilité est une approche tridimensionnelle qui ne doit pas se résumer qu'à l'aspect environnemental.

Pour comprendre l'opportunité que représente la MC pour produire des produits plus durables nous allons utiliser l'approche du Product Lifecycle Management (PLM).

L'analyse du cycle de vie (ACV) est l'outil le plus abouti en matière d'évaluation globale et multicritère des impacts environnementaux [3]. Cette méthode normalisée permet de mesurer les effets quantifiables de produits ou de services sur l'environnement.

L'ACV recense et quantifie, tout au long de la vie des produits, de l'extraction des matières premières énergétiques et non énergétiques nécessaires à la fabrication du produit, distribution, utilisation, collecte et élimination vers les filières de fin de vie ainsi que toutes les phases de transport. Elle évalue les impacts potentiels puis interprète les résultats obtenus en fonction de ses objectifs initiaux [4]. Dans cet article, l'approche ACV sera divisée en cinq parties : conception, production, distribution, utilisation, et fin de vie.

Bien que l'ACV ait été qualifiée d'expérimentale, voire de partielle au début des années 1990, sa pratique, sa diffusion et, surtout, sa normalisation au niveau international en font aujourd'hui un outil performant et reconnu [4]. La normalisation internationale ISO (14040 à 14043), développée à partir de 1994, a fixé les bases méthodologiques et déontologiques de ce type d'évaluation, favorisant une harmonisation de la méthodologie employée, davantage de robustesse et de fiabilité des résultats et une communication plus formalisée. D'après la norme ISO 14040, l'ACV est une « compilation et évaluation des intrants, des extrants et des impacts environnementaux potentiels d'un système de produits au cours de son cycle de vie ».

C. Analyse de durabilité de la customization de masse

Cette partie synthétise l'analyse de la littérature sur la durabilité de la stratégie de MC. Cette analyse est présentée par phase de cycle de vie et est synthétisée dans le tableau 2 présenté à la fin de cet article.

Facteurs d'impact en phase de conception

Les décisions qui seront prises pendant cette phase affecteront les performances finales du produit [5]. Sa conception est également un élément déterminant de la fin de son cycle de vie.

Premièrement, dans le cadre de la MC, le client contribue à la conception de son produit à des niveaux déférents selon le type de MC. Ceci permet de le sensibiliser sur les impacts de ses choix de conception, non seulement économiques mais également sociaux et environnementaux. A noter que pour cela, il faut que l'entreprise soit capable de fournir des informations à son client sur l'impact environnemental de ses choix [6].

Deuxièmement, l'aspect modularité inhérent à la MC permet aux entreprises de produire une large variété de produit avec la même base, entraînant ainsi des économies d'échelles [7]. Mais cette conception modulaire a l'inconvénient d'être moins performante énergétiquement, plus lourde et nécessite davantage de matière que d'autres architectures utilisées en MP, ce qui a un effet négatif sur l'environnement [8].

Troisièmement, l'implication du client dans cette phase de design permet de créer davantage de valeur à ses yeux, améliorant ainsi la performance sociale de la MC.

Facteurs d'impact en phase de fabrication

LA MC permet aux entreprises de produire uniquement des produits dont les consommateurs ont besoin. Elle permet ainsi une nette diminution des déchets, mais aussi une diminution de la consommation d'énergie pour la production. Selon une estimation de 2009, 300 millions de paires de chaussures sont détruites chaque année pour cause d'invendu. En considérant l'énergie nécessaire à leur production, cela correspond à 14 % de la consommation annuelle d'énergie finale de la Suisse [9].

La MC nécessite une production plus robuste en faisant appel à des systèmes de production flexibles ou reconfigurables et à des technologies de production rapide comme l'impression 3D qui sont des structures très économes [10].

Facteurs d'impacts de la phase de distribution

Les produits hautement personnalisés demandent une réponse plus rapide et une chaîne de distribution plus locale que la MP [10]. La phase de distribution en MC est bien différente de celle de la MP. La production et l'assemblage ne démarrent qu'au moment de la commande, il n'est pas possible de distribuer les produits dans les étales d'un magasin. La majorité de la distribution de ce type de produit à lieu directement au domicile du client. Ce type de livraison individuel a pour conséquence de consommer une plus grande quantité de ressource contrairement à des livraisons en lot dans des magasins classiques. D'un autre côté, le client n'ayant pas à se déplacer dans un magasin, cela permet d'économiser le déplacement ainsi que la création de grands centres commerciaux, ce qui est un atout d'un point de vue environnemental [11].

De plus, l'impact environnemental de la distribution dépend en très grande partie des distances parcourues entre le lieu de production et le lieu de distribution. Par exemple, pour les chaussures, la distribution individuelle a un effet considérable sur l'empreinte carbone de ce produit vu que la production n'est pas locale [12].

En outre, il y a un débat sur les retours des produits issus de la MC. Étant personnalisé, le taux de retour y est bien moins élevé que des produits venants de la MP. Cela permet de gagner en efficacité énergétique et de diminuer les déchets issus de la logistique. En revanche, en cas de retour de produit, il devient beaucoup compliqué de mettre en vente ce produit au risque d'augmenter la quantité de déchets [13].

Facteurs d'impact sur la phase d'utilisation

Il est bon de noter que l'impact environnemental de cette phase correspond en grande partie à la durée de celle-ci. Un produit issu de la MC possède dans la majorité des cas une plus grande durée d'utilisation qu'un produit issu de la MP. Cette augmentation de durée d'utilisation a plusieurs raisons.

Pour une partie des produits issus de la MP, les prix étant bas ils ne constituent pas de frein à l'achat. Même s'ils ne correspondent que partiellement aux attentes du consommateur, le prix étant tellement bas, le consommateur l'achètera malgré tout [14].

Les prix pratiqués dans la MC étant supérieurs à ceux de la MP, ils constituent un frein à l'achat compulsif. De plus, la personnalisation permet de répondre au mieux aux attentes du

client et les produits personnalisés sont susceptibles d'être utilisés plus longtemps [11].

De surcroît, l'aspect modulaire des produits MC facilite son amélioration au cours du temps. Elle facilite la maintenance, la réparation ainsi que son évolution contrairement au produit à l'architecture intégré.

Facteurs d'impact sur la fin de vie du produit

Les décisions prises en fin de cycle ont une influence significative sur l'impact environnemental du produit. Il existe plusieurs méthodologies pour boucler le cycle de vie d'un produit. Le concept des 3R (Reduce, Reuse, Recycle) ou la méthodologie du 6R (Reduce, Reuse, Recover, Redesign, Remanufacture, Recycle). La partie Reduce prend son sens dans les quatre premières phases du produit. En revanche, les autres stratégies ont lieu lors de la phase de fin de vie.

La stratégie de Reuse est une des faiblesses du MC. Car le produit étant personnalisé, il est très difficile de trouver une seconde vie au produit étant donné l'hétérogénéité des besoins des consommateurs. Cette stratégie est donc difficilement applicable à la MC et représente un point négatif pour l'environnement. Les stratégies de Redesign et Remanufacture sont les points forts de la MC. En effet, de par l'architecture modulaire, il est assez aisé d'y effectuer des modifications. Même argument s'applique pour la stratégie de recyclage. L'architecture modulaire permet de séparer aisément les parties recyclables de celles non-recyclables [15].

D. Analyse de durabilité de la MC selon sa typologie

Les différents types de MC n'ont pas le même impact durable. La MC en phase de conception est celle qui apporte le plus de valeur aux yeux du client mais c'est aussi celle qui présente la plus grosse difficulté de mise en place en termes de faisabilité ou de planification car c'est la customisation où le client a le plus grand degré de liberté.

Pour la MC en conception, fabrication et assemblage la réduction des invendus permet de réduire les déchets grâce à la production tirée. Mais les coûts énergétiques et financiers des équipements nécessaires à cette customisation peuvent s'avérer relativement conséquents. Enfin, la MC en phase de distribution est relativement similaire à la production de masse. Elle se différencie par la possibilité de customisation du packaging ou de l'ajout d'un élément supplémentaire.

III. CAS D'ETUDE

L'analyse qualitative et la revue bibliographique résumées en tableau 2, montrent que la MC est plus durable que la MP. Cette conclusion est testée par un cas d'étude présenté ci-dessous. Cette étude se restreint à l'impact environnementale.

A. Présentation du cas d'étude

Le cas d'étude se focalise sur un produit relativement standard qui est la chaise. La chaise sera composée d'une armature standard en bois (traverse, pieds, ceinture, montants et barreaux) et de deux pièces modulaires (assise et dossier). Le client pourra donc personnaliser ces deux sous-ensembles selon le type de matériau ou de revêtement désiré.

Une ACV a été réalisée sur trois scénarios :

1) MP : Production de masse avec une usine située à Taishan en Chine ce qui permet de réduire les coûts de main d'œuvre et qui représentatif d'un cas MP. Livraison des produits par bateau jusqu'au port du Havre puis acheminement par camion jusqu'aux centres commerciaux de Bordeaux.

2) MC1 : MC avec une usine située à Strasbourg en France. Livraison des produits par camion jusqu'à un entrepôt de Bordeaux puis distribution à domicile dans les foyers autour de Bordeaux. Ce scénario se base sur une nécessité de production plus locale pour proposer de la MC [10].

3) MC2 : Scénario 2 avec comme différence les matières premières utilisées pour le dossier et l'assise de la chaise.

4) MC3 : Scénario 2 avec comme différence une distribution Click&Collect autour de Bordeaux.

B. Modélisation sur Simapro

Pour la modélisation de nos scénarios, le logiciel d'ACV Simapro a été utilisé. La modélisation des différents scénarios est présentée dans le tableau 1.

	MP	MC1 (Livraison à domicile)	MC2 (Livraison à domicile)	MC3 (Livraison à domicile)	MC4 (Livraison points relais)
Traverse	Bois (hêtre)	Bois (hêtre)	Bois (hêtre)	Bois (hêtre)	Bois (hêtre)
Dossier	Jute	Croix Acier	Bois (hêtre)	Jute	Jute
Assise	Simili cuir	Viscose	Bois (hêtre)	Simili cuir	Simili cuir
Montant	Bois (hêtre)	Bois (hêtre)	Bois (hêtre)	Bois (hêtre)	Bois (hêtre)
Pied arrière	Bois (hêtre)	Bois (hêtre)	Bois (hêtre)	Bois (hêtre)	Bois (hêtre)
Barreau	Bois (hêtre)	Bois (hêtre)	Bois (hêtre)	Bois (hêtre)	Bois (hêtre)
Ceinture	Bois (hêtre)	Bois (hêtre)	Bois (hêtre)	Bois (hêtre)	Bois (hêtre)
Pied avant	Bois (hêtre)	Bois (hêtre)	Bois (hêtre)	Bois (hêtre)	Bois (hêtre)
Plaque contre plaquée	Bois (hêtre)	Bois (hêtre)		Bois (hêtre)	Bois (hêtre)
Mousse Assise	Mousse (Polyéther)	Mousse (Polyéther)		Mousse (Polyéther)	Mousse (Polyéther)
Mousse Dossier	Mousse (Polyéther)	Mousse (Polyéther)		Mousse (Polyéther)	Mousse (Polyéther)
Poids (kg)	6,49	7,16	7,60	6,49	6,49
Poids x Distance (kgkm)	5 924 562	322 245	342 000	291 946	192 684

TABLEAU 1. MODELISATION DES DIFFERENTS SCENARIOS SUR SIMAPRO

Grâce aux mesures de temps requis pour la fabrication, le logiciel Simapro peut quantifier l'impact écologique de ces processus. Il est nécessaire de préciser que nous avons utilisé comme principale source d'énergie l'électricité. Mais pour le scénario 1 la norme était celle prise pour l'électricité chinoise

et pour les scénarios 2, 3 et 4 la norme étant celle pour l'électricité française.

En ce qui concerne les scénarios, nous avons également fait les hypothèses que les volumes produits en production de masse sont plus importants que ceux produits en customisation de masse. Pour cela, nous sommes partis du fait que nous voulons satisfaire 30 clients. En MC, il y aura donc 30 chaises de produites. En revanche en MP, les erreurs de prévisions des ventes et la production en lots engendrera des invendus donc pour satisfaire 30 clients on devra produire 50 chaises. Cette estimation est faite pour un réapprovisionnement chaque semaine.

C. Analyse des résultats

L'impact environnemental a été évalué selon différents indicateurs de performance : « Human health », « Ecosystem quality », « Climate change » et « Ressources ».

La première comparaison a été faite entre la MP et la MC3. L'objectif était de montrer que pour une chaise avec les mêmes caractéristiques, les impacts pouvaient être différents selon le mode de production.

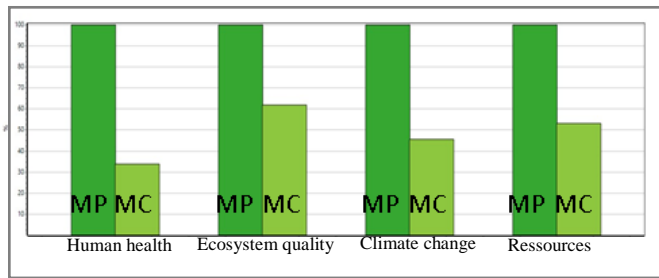


Figure 1. COMPARAISON IMPACT ENVIRONNEMENTAL MP et MC3

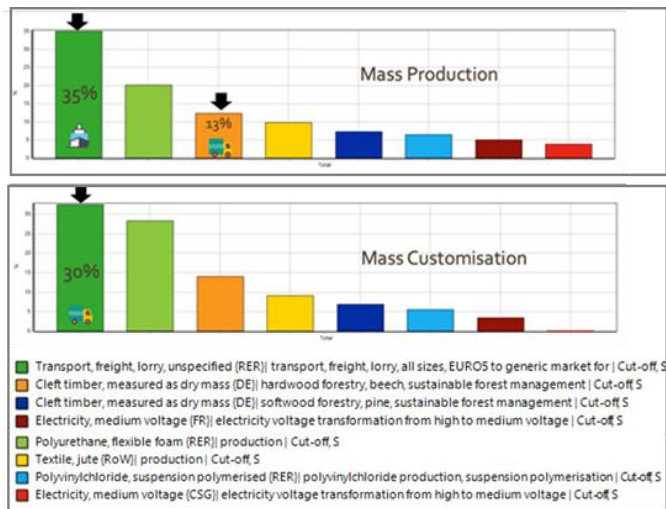


Figure 2. DETAIL IMPACT ENVIRONNEMENTAL MP ET MC3

Comme montré dans la figure 1, la MP a un impact plus conséquent sur l'environnement que la MC. Cela est en parti dû au transport. En MP, et due à une production non locale, le transport représente à lui tout seul quasiment 48% de l'impact total de la chaise (35% avec le bateau et 13% avec les

camions). Le transport en MC ne représente quant à lui que 30% de l'impact total de la chaise (voir figure 2).

Les deux comparaisons qui suivent sont là pour mettre en exergue les disparités qui peuvent exister au sein de la MC selon la typologie que nous avons pu voir précédemment.

La première comparaison présentée en figure 3, souligne l'impact de la customisation en phase de conception. On s'aperçoit que le choix de matériau en phase de conception est primordial sur l'impact écologique du cycle de vie de la chaise. Une chaise avec un dossier en acier aura un impact relativement important comparé aux deux autres scénarios de chaise. L'acier est un matériau qui nécessite beaucoup d'énergies pour son extraction et sa mise en forme. Ainsi, si le client a au moment de la conception de sa chaise customisable un retour sur l'impact environnemental de ses choix, il pourrait opter pour des choix plus écologiques.

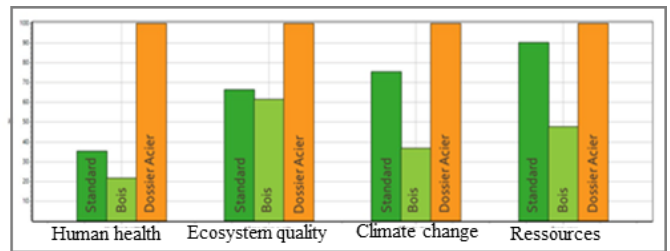


Figure 3 : IMPACT ENVIRONNEMENTAL MC1 MC2 MC3

La deuxième comparaison présentée en figure 4, souligne l'impact de la customisation en phase de distribution. En effet, si l'on compare MC3 et MC4, qui ont des caractéristiques similaires, on s'aperçoit que le choix du mode de livraison est primordial sur l'impact écologique du cycle de vie de la chaise. Une chaise qui sera livrée à domicile aura un impact écologique beaucoup plus important à cause de la distance parcourue par le livreur qui est plus important qu'avec la distribution Click & Collect. La distribution Click & Collect permet une mutualisation du transport et qui réduit donc l'impact écologique global de la chaise.

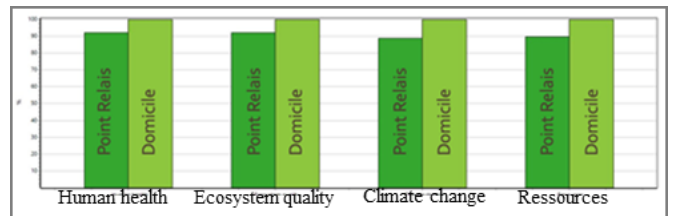


Figure 4 : IMPACT ENVIRONNEMENTAL MC3 MC4

Enfin, la dernière analyse réalisée traitait du processus de traitement des déchets qui est un point clé du PLM car c'est à partir de ce traitement des déchets que les matériaux pourront être réutilisés pour fabriquer d'autres produits.

L'étude a été menée sur MC1 et MC3 et les résultats sont présentés en figure 5. Le choix de matériaux en conception est décisif car pour MC3 le processus de traitement des déchets aura un impact plus important sur la santé humaine et sur le changement climatique.

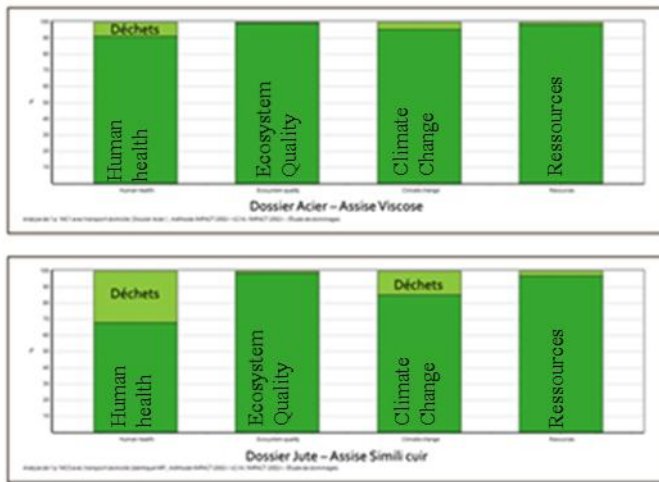


Figure 5 : Impact environnemental MC1 MC3

IV. CONCLUSION

La demande grandissante des clients pour des produits divers et variés pousse les systèmes de production à s'adapter. Le concept de customisation de masse est donc apparu au cours du XXème siècle. Cet article étudie les différentes performances durables entre la MP et la MC. Enfin, grâce à une étude de cas plus pratique nous avons pu comprendre les différents enjeux et les difficultés que peuvent engendrer ces deux modes de production. Cette étude conclue que la MC peut être plus durable que la MP.

Bien que nos conclusions de l'étude de cas semblent pertinentes et justifiées, l'étude expérimentale présente quelques limites. Premièrement, l'étude d'impact qui a été menée s'est focalisée sur les parties prenantes : production et distribution. Elle ne considère pas la partie approvisionnement en matériaux nécessaire à la production des chaises. Deuxièmement, une simplification a été adoptée, certains choix de matériaux et de processus ont été faits par défaut.

Cette étude de cas et sa modélisation sur Simapro ne mettent pas en valeur l'aspect modulaire des produits de MC, permettant de ne recycler qu'un certain pourcentage de la chaise et non l'ensemble de celle-ci.

Enfin, une autre question se pose quant au bénéficiaire de ce recyclage : le produit recyclé ou le produit réalisé à partir des matériaux recyclés ?

Pour conclure, nous avons constaté que la partie expérimentale confirme les conclusions de la revue bibliographique. L'impact environnemental d'une production de type MP à spécifications équivalentes est beaucoup plus élevé qu'un produit de MC. D'autre part, nous avons remarqué qu'au sein même d'une production de type MC des disparités existaient. Ces disparités pouvant être imputées au choix de matériaux, mais également au mode de livraison utilisé.

Il est important de noter que cette étude n'est qu'une première étape pour étudier la durabilité de la MC. Le tableau comparatif présenté se base sur une recherche bibliographique et une analyse qualitative. Cette première analyse doit être consolidée par une étude qualitative plus poussée, ainsi qu'une

étude empirique. Le cas d'étude est relativement simple et des cas plus complexes devraient être étudiés.

V. REFERENCES

- [1] B. Pine II, B. Victor, A. Boynton, A.. "Making mass customization work," *Harvard Business Review* , 1993, pp. 108–119.
- [2] J. Daaboul, A. Bernard, F. Laroche. "Extended value network modeling and simulation for mass customization implementation," *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 23 N°6, 2012, pp. 2427- 2439.
- [3] J. Glasson, R. Therivel, R., A. Chadwick. "Introduction to Environmental Impact Assessment", 4th. ed. UCL Press, London, 2013.
- [4] Ademe 2018. <https://www.ademe.fr/expertises/consommer-autrement/passer-a-l'action/dossier/lanalyse-cycle-vie/a-quoi-sert-ac>.
- [5] P. G. Maropoulos, D. Ceglarek. "Design verification and validation in product lifecycle," *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, Vol. 59 No. 2, 2010, pp. 740-759.
- [6] F. Badurdeen, J.P. Liyanage. "Sustainable value co-creation through mass customisation: a framework", *International Journal of Sustainable Manufacturing* Vo.1 2 N° 2/3, 2011, pp. 180–203.
- [7] T. Blecker, G. Friedrich. "*Mass Customization: Challenges and Solutions*", Springer, Boston, USA, 2006.
- [8] K.T. Ulrich, S.D. Eppinger. "Product design and development". McGraw-Hill, New York, 2004.
- [9] C. R. Boër. "International cooperation on sustainable manufacturing," proceedings of ICT for Energy Efficiency Conference, Brussels, 2009.
- [10] G. Pourabdollahian, M. Taisch, F. T. Piller. "Is Sustainable Mass Customization an Oxymoron? An Empirical Study to Analyze the Environmental Impacts of a MC Business Model", in Proceedings of the 7th World Conference on Mass Customization, Personalization, and Co-Creation MCPC 2014, pp. 301-310, Aalborg, 2014.
- [11] T. D. Brunø, K. Nielsen, S. B. Taps, K. A. Jørgensen. "Sustainability Evaluation of Mass Customization," in *Advances in Production Management Systems - Sustainable Production and Service Supply Chains*, ed Berlin: Springer, 2013, pp. 175-182.
- [12] R. Kleer, F. Steiner. "Mass Customization: Bridging Customer Integration and Sustainability". Kleer, Robin and Steiner, Frank, *Mass Customization: Bridging Customer Integration and Sustainability?*, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2245622>, 2013.
- [13] G. Pourabdollahian, M. Taisch, G. Tepe. "Exploring Different Faces of Mass Customization in Manufacturing", in *Advances in Production Management Systems. Sustainable Production and Service Supply Chains*, V. Prabhu, M. Taisch, and D. Kiritsis, Eds., ed Berlin: Springer, 2013, pp. 13-20.
- [14] J. Hethorn, C. Ulasewicz. "Sustainable fashion: Why now? A conversation exploring issues, practices, and possibilities". New York: Fairchild Books, 2008.
- [15] F. Badurdeen, D. Iyengar, T.J. Goldsby, H. Metta, S. Gupta, I.S. Jawahir. "Extending total life-cycle thinking to sustainable supply chain design," *International Journal of Product Lifecycle Management*, vol. 4, 2009, pp. 49-67.
- [16] R. Reichwald, C. M. Stotko, F. T. Piller. "Distributed mini-factory networks as a form of real-time enterprise: concept, flexibility potential and case studies", in *The Practical Real-Time Enterprise*, B. Kuhlin and H. Thielmann, Eds., ed Berlin: Springer, 2005, pp. 403-434.

	Production de Masse (MP)			Customisation de Masse (MC)		
	Environnemental	Économique	Social	Environnemental	Économique	Social
Phase de conception	+ Architecture produit moins lourde et qui nécessite moins de matières qu'un MC [9]	+ Designer pour pouvoir offrir des produits à des prix abordables + Produit moins onéreux que ceux produits en MC - Produit non personnalisé donc risque de pertes économiques	+ Designer pour plaire à tout le monde. - Risque de ne répondre que partiellement aux besoins du client	+ Eco-design [9] + le client peut choisir des options ayant un meilleur impact environnemental.	+ Économie d'échelle avec les conceptions modulaires (même base pour différents produits) [7] + Pas de production de produits sans intérêts [8]. Économie en heures d'ingénierie	+ Implication du client au design crée de la valeur à ses yeux [8] + Sensibiliser les consommateurs aux enjeux environnementaux de notre époque [8] + Répond au mieux aux besoins du client [8]
Phase de fabrication	- Destruction des invendus	+ Production localisée dans pays à faibles coûts donc moins chère à produire - Créer immobilisation financière - Perte de capitaux avec la destruction des invendus et obsolètes	- Délocalisation dans pays à faibles coûts	+ Réduction des invendus [9] + Réduction consommations énergétiques [9] + systèmes de production flexibles et procédés économes [10] - la grande diversité des produits augmente la complexité en fabrication et le besoin en ressources [8]	+ Réduction des factures énergétiques [8] [9] - Plus gourmande en investissement [11] - Achat de davantage de matière, composant pour répondre à la pluralité des besoins du client [11]	+ la MC nécessite une production locale avec des usines de taille plus petite [10]
Phase de distribution	+ Mutualisation des livraisons - Plus de retours en SAV donc plus d'empreinte écologiques - Artificialisation des sols dû au développement des centres commerciaux	+ Économie d'échelle sur l'approvisionnement, la production et les livraisons	+ Satisfaction de la demande plus rapide	+ Pas de déplacements des clients en magasin [11] [12] + Moins de création de centres commerciaux [11] [12] + Réduction de distance production-distribution [11] + Réduction des émissions issues du transport entre la production et la distribution [11] [12] - En cas d'absence de politique de retour, création de déchet [13] - Livraison unique qui est plus polluante [12]	- Si retour du produit, difficilement revendable [13]	+ Pas de distribution en magasin [11] [12] + Relocalisation des usines sur des territoires locaux et réduire la délocalisation dans des pays à faible cout de main d'œuvre [16]
Utilisation	- Temps d'utilisation aléatoire car ne convient pas aux attentes spécifiques du consommateur	- Faible coût pousse à la surconsommation [14]	- Peut ne pas répondre à 100% au besoin de l'utilisateur	+ Utilisation du produit plus longue avant d'être mis au rebut donc moins de consommation [11] - Consommation énergétique plus élevée qu'un produit MP	+ Prix d'achat plus élevé mais utilisation plus longue qu'un produit issu de MP. Rapport qualité-prix supérieur à celui de MP [11]	+ Prix d'achat frein à la surconsommation [11] + Correspond aux attentes du consommateur [11] + Aspect modulaire facilite l'amélioration continue [11]
Fin de vie du produit	- Conception vise à réduire les prix des produits et non leur impact environnemental - Produits difficilement recyclable - En cas d'absence de modularité la séparation des composants trop complexe	- Réparation complexe, plus coûteuse. Peut nécessiter le rachat du produit	+ Seconde vie facilitée par sa forte standardisation	+ Réparation, maintenance et évolution permis grâce à la modularité du produit [15] + Difficulté de réutiliser le produit étant donné qu'il est personnalisé [15] + Les parties recyclables peuvent être récupérés facilement [15]	+ Réparation possible due à la modularité donc ne nécessite pas le rachat complet de l'objet [15]	- Seconde vie rendue difficile par le degré élevé de personnalisation qui correspond difficilement aux attentes d'un autre.

Tableau 2. IMPACT ENVIRONNEMENTAL, ECONOMIQUE ET SOCIALE DE LA PRODUCTION DE MASSE VERSUS LA CUSTOMISATION DE MASSE