

## Identification des connaissances d'ingénierie par la méthode Lean pour atténuer le changement climatique : le cas d'une usine de confection

Haja Andrianarivo Ravolason<sup>1</sup>, François Ravalison<sup>2</sup>

- 1- Doctorant, Ecole Doctorale d'Ingénierie et Géoscience (INGE), 101 Antananarivo, Madagascar
- 2- Professeur, Centre National de Recherches Industrielle et Technologique, 101 Antananarivo, Madagascar

Auteur correspondant : Haja Andrianarivo Ravolason

Adresse: Ecole Doctorale d'Ingénierie et Géoscience (INGE), 101 Antananarivo, Madagascar

e-mail : [andrianarivohaja@gmail.com](mailto:andrianarivohaja@gmail.com)

Téléphone : +261 34 41 461 09

### Résumé

L'industrie textile connaît une croissance exponentielle annuelle. Il est donc difficile de pénétrer dans le secteur supérieur, car les entreprises textiles sont confrontées à des contraintes qu'elles doivent maîtriser pour maintenir leur compétitivité.

En effet, leur manque de contrôle sur la bonne gestion de la chaîne d'approvisionnement associé aux retards a créé des pertes totales pour l'entreprise elle-même.

A Madagascar, le développement des industries fait partie de notre vision, mais les difficultés d'approvisionnement rencontrées par les entreprises textiles ces dernières années soulignent également l'importance de l'enjeu.

L'objectif de cette étude est de synthétiser plusieurs recherches scientifiques portant sur les retards de production attribuables à une gestion inadéquate des problèmes liés à l'approvisionnement et à la production dans l'industrie textile, dans le but de diffuser des connaissances techniques pertinentes sur la lutte contre le changement climatique.

La recherche s'appuie sur la méthode Function Analysis System Technique en utilisant les outils Lean 5S et des méthodes mathématiques. Les résultats montrent que le modèle Supply Chain ou S.C intégré se distingue comme le modèle le plus utilisé parmi les articles recherchés, suivi par le modèle S.C Lean. Ce dernier a connu la plus grande évolution, reflétant peut-être l'adaptabilité croissante de cette approche avec l'objectif d'améliorer le contrôle de l'offre dans l'industrie textile afin de minimiser les retards et d'améliorer la productivité afin de contribuer à l'atténuation du changement climatique.

À terme, cette recherche pourrait bénéficier aux industries du textile en les préparant à faire face efficacement aux défis du changement climatique à venir.

### Mots-clés :

Chaîne d'Approvisionnement, Changement climatique, FAST, Lean, Modèle, Optimisation

## 1- Introduction

L'industrie de la confection joue un rôle essentiel dans l'économie mondiale, tout en étant confrontée à des défis environnementaux majeurs, notamment le changement climatique. L'industrie du textile et de l'habillement connaît une expansion fulgurante d'année en année. A Madagascar, l'industrie de l'habillement est en pleine expansion, avec une performance croissante sur le marché mondial. Depuis les cinq dernières années, Madagascar enregistre un taux de croissance supérieur à celui du marché [1]. Le textile et l'habillement constituent un pilier de l'économie de l'île, car c'est un secteur à fort potentiel d'exportation [2]. Cette croissance dynamique, bien qu'elle apporte des opportunités, crée également des défis majeurs liés à la chaîne d'approvisionnement et celle de l'environnement [3]. Les difficultés liées au contrôle et à la bonne gestion de la chaîne d'approvisionnement ainsi que les retards et les gaspillages peuvent rapidement se traduire par des pertes substantielles, remettant en question la viabilité à long terme de ces entreprises.

La chaîne d'approvisionnement textile mondiale se caractérise par une diversification importante des ressources, depuis les matières premières jusqu'à la consommation finale [2]. L'industrie textile est confrontée à un certain nombre de défis environnementaux majeurs, intrinsèquement liés à l'ensemble de sa chaîne d'approvisionnement. Les chaînes d'approvisionnement textiles peuvent nécessiter d'importantes quantités d'eau pour teindre et laver les produits textiles finis. Cependant, sa production implique l'utilisation de vastes superficies, utilisant beaucoup d'eau, de pesticides et d'engrais [4], [5]. Chacune de ces étapes utilise une variété de produits chimiques potentiellement nocifs lors de la transformation du textile [6], sans compter une source majeure d'émissions de gaz à effet de serre depuis la production des matières premières jusqu'au transport. À l'échelle internationale, ces matières premières et produits finis contribuent au CO<sub>2</sub> émissions. L'industrie textile génère une quantité importante de déchets, que ce soit sous forme de chiffons, de vêtements jetés par les consommateurs ou d'équipements vétustes.

Les retards dans la chaîne d'approvisionnement peuvent accroître la pression sur les travailleurs pour qu'ils respectent des délais de production serrés, ce qui peut avoir un impact négatif dans une large mesure sur leurs conditions de travail.

Le changement climatique affecte les conditions de production et de consommation dans l'industrie textile. La question de recherche vise à comprendre comment assurer une gestion efficace de la chaîne d'approvisionnement tout en augmentant la productivité tout en prenant en compte les enjeux environnementaux ?

L'objectif de cet article est de synthétiser la littérature issue de revues scientifiques liées au Lean Manufacturing dans le but d'explorer les tendances émergentes en matière de contrôle de la chaîne d'approvisionnement pour réduire les délais de livraison dans le secteur textile.

## 2- Méthodologie

Un diagramme FAST ou Functional Analysis Systems Technique a été développé pour représenter le processus de la méthodologie de recherche adoptée. FAST est l'une des techniques les plus utilisées [7]. La méthode FAST est utilisée comme cadre systématique pour décrire et guider les étapes séquentielles nécessaires pour atteindre les objectifs de recherche et les besoins exprimés, et pour illustrer comment y répondre de manière objective et aussi complète que possible, en intégrant l'ensemble des méthodes et des ressources nécessaires pour le processus de synthèse. La Figure 1 montre la méthode et les matériaux utilisés.

Notre démarche a été guidée par l'objectif de révéler de nouvelles perspectives de recherche à travers l'analyse de documents existants pour recenser les initiatives, ainsi que technologiques innovations qui ont été développées. Ce processus a été initié en entreprenant une recherche approfondie des articles liés à la chaîne d'approvisionnement et à la production. Pour cela, nous avons utilisé des mots-clés spécifiques tels que « production-supply chain ». Cette recherche a été menée via diverses plateformes de recherche renommées telles que Google Scholar, IEEE Explore, Academia, Science Direct et ResearchGate.

La méthode 5S constitue une approche d'optimisation des conditions et de l'environnement de travail, ainsi que de la gestion du temps, en instaurant une discipline rigoureuse visant à maintenir un espace organisé, propre et sécuritaire. Plus précisément, les 5S ont permis d'optimiser la gestion des articles scientifiques considérés dans l'étude. D'origine japonaise, cette méthode se compose de cinq étapes. La première étape "Seiri" essaye en éliminant les choses inutiles. Cette étape implique de se débarrasser de tout ce qui n'est pas nécessaire. Seuls les articles traitant de problèmes et de causes courants ont été sélectionnés. La deuxième étape "Seiton" ou disposer les élus à la bonne place. L'agencement consiste à attribuer une place spécifique à chaque article sélectionné pour le retrouver facilement en cas de besoin. Cette organisation évite la perte de temps due à la recherche des éléments. Troisième étape « Seiso » ou propre, le nettoyage va au-delà de la propreté, incluant l'entretien préventif pour toujours garantir le bon fonctionnement de tous les matériaux utilisés dans les travaux. La quatrième étape « Seiketsu » signifie standardisation. A ce stade, des règles sont définies pour garder l'espace de travail exempt d'objets inutiles, organisé et propre. Un management visuel et des aides spécifiques sont souvent utilisés pour éviter le désordre. La dernière étape "Shitsuke" ou suit le maintien des améliorations qui visent à améliorer les performances opérationnelles de manière systématique.

Des outils mathématiques, tels que les statistiques descriptives, ont été utilisés dans cette démarche de recherche.

### 3 Résultats

Le Tableau 1 présente une sélection de 15 articles scientifiques pertinents, mettant en lumière les textiles, avec un accent particulier sur les modèles de chaîne d'approvisionnement « Supply Chain » ou S.C utilisés dans des recherches se penchant sur la gestion efficace de la chaîne d'approvisionnement pour réduire les retards dans les délais de livraison, principalement dans le contexte de l'amélioration de la production textile et vestimentaire. Grâce à la méthode 5S précédemment décrite, ces 15 articles ont été identifiés comme particulièrement importants dans le cadre de cette étude. Ce Tableau 1 constitue la base pour toutes les recherches ultérieures ou les analyses approfondies entreprises dans le cadre de cette étude.

De manière plus détaillée, le Tableau 1 ci-dessus révèle que ces articles explorent différents types de modèles S.C, chacun présentant ses avantages propres, qui sont répertoriés dans le Tableau 2. Il est évident qu'il existe une diversité de modèles S.C, dont certains peuvent être combinés pour renforcer la capacité de gestion de la chaîne d'approvisionnement, contribuant ainsi à l'amélioration de la productivité.

La Figure 2, sous forme de diagramme radar, offre une représentation visuelle de la fréquence d'utilisation des modèles S.C parmi les 15 articles pertinents qui se concentrent sur la gestion efficace de la chaîne d'approvisionnement, visant à améliorer la productivité dans l'industrie textile et de l'habillement. Une observation minutieuse de ces résultats met en évidence que parmi les 15 articles examinés, le modèle de chaîne d'approvisionnement intégrée S.C a été le plus utilisé, apparaissant 5 fois, ce qui en fait le modèle prédominant dans ces recherches. De plus, la proximité des occurrences du modèle de chaîne d'approvisionnement S.C Lean suggère également sa large utilisation, étant présent dans 4 des 15 articles. Les modèles S.C linéaire et S.C numérique ont été employés dans 3 des 15 articles, tandis que les 4 autres modèles S.C ont été mentionnés dans 2 des 15 articles sélectionnés. Cette analyse nous permet d'identifier le modèle potentiellement le plus prometteur pour remédier à la mauvaise gestion de la chaîne d'approvisionnement dans l'industrie textile.

La Figure 3 illustre l'amélioration apportée par chaque modèle S.C utilisé dans les études. Elle vise à comprendre comment ces différents modèles sont employés. En examinant ce Figure 3 d'amélioration, on remarque que l'application du modèle de chaîne d'approvisionnement S.C Lean a enregistré la plus forte progression (plus de 90 pourcent). Cette observation suggère que le modèle S.C Lean pourrait avoir une influence significative et une adaptabilité croissante pour optimiser la gestion de la chaîne d'approvisionnement en vue d'améliorer la productivité. En effet, il se distingue par sa capacité à minimiser les gaspillages dans le processus d'approvisionnement en éliminant les activités non productives et en optimisant l'efficacité opérationnelle.

Ensuite, le modèle S.C Agile se révèle légèrement moins performant que le S.C Lean. Cette constatation souligne également l'importance de l'amélioration de la gestion de la chaîne d'approvisionnement pour accroître l'efficacité et la flexibilité des opérations, notamment dans un environnement en constante évolution. Les trois autres modèles S.C, à savoir le modèle linéaire, le modèle en amont et le modèle intégré, suivent ensuite. En revanche, le modèle S.C traditionnel présente une courbe d'amélioration moins prononcée, indiquant qu'il n'apporte pas autant d'amélioration de l'efficacité de la chaîne d'approvisionnement que les modèles précédemment évoqués.

## 4 Discussions

Dans ces résultats, le choix du modèle de chaîne d'approvisionnement parmi les 15 articles a été effectué en suivant la méthode 5S, qui englobe la discussion et l'analyse des problèmes pour permettre un meilleur contrôle de la chaîne d'approvisionnement en vue d'améliorer la qualité des produits et de respecter les délais de livraison au sein de l'industrie textile et de l'habillement. Il est notable que le modèle intégré et le modèle S.C Lean continuent d'être largement utilisés. La courbe d'amélioration met en évidence que l'adoption du modèle S.C Lean entraînera des améliorations dans la chaîne d'approvisionnement pour respecter les délais de livraison de l'entreprise. De plus, il contribue à l'amélioration et à la préservation de l'environnement, car l'utilisation des principes Lean réduit considérablement les gaspillages [8].

Il est important de souligner que ces différents modèles de chaîne d'approvisionnement ne s'excluent pas mutuellement et peuvent être adaptés aux besoins et aux caractéristiques spécifiques des entreprises textiles. De plus, la combinaison de ces modèles peut créer une approche plus holistique et adaptable pour répondre aux défis changeants du marché. Par exemple, l'association des modèles S.C Lean et S.C intégré est une approche prometteuse, car l'adaptation et la mise en œuvre du Lean Manufacturing ont démontré des avantages tels que des délais de livraison plus courts, une amélioration de la qualité et une réduction des coûts [9]. Un exemple concret est l'expérience de L'Oréal, où la mise en œuvre de la démarche Lean a conduit à une augmentation de la capacité de production de 20 % en deux ans, soulignant ainsi l'efficacité de cette méthode [10]. Néanmoins, il est essentiel de noter que le modèle S.C intégré favorise une coopération étroite entre les différentes parties de la chaîne d'approvisionnement.

Le principe Lean, initialement développé dans le secteur manufacturier, peut également être appliqué de manière efficace dans la chaîne d'approvisionnement textile pour améliorer l'efficacité, réduire les coûts et minimiser les gaspillages. Voici quelques méthodes du principe Lean qui peuvent être adaptées à la chaîne d'approvisionnement textile : Juste-à-temps (JAT), le management de la qualité (QM), Just-In-Time, Poka Yoke, Kanban, Gantt, VSM ou Value Streaming Mapping.

La combinaison des modèles Lean et durables pourrait-elle apporter une contribution significative aux défis environnementaux ? Cela demeure une question nécessitant des recherches approfondies sur les modèles d'économie circulaire dans les processus de production, ainsi que dans la génération de nouvelles méthodes de recyclage pour mettre en place des stratégies adéquates.

## 5 Conclusion

L'industrie textile est l'un des secteurs productifs les plus influents à l'échelle mondiale, touchant pratiquement tout le monde d'une manière ou d'une autre [11]. Au cours de la dernière décennie, l'accent sur le développement durable [12] [13] a accru la pression sur les industries pour qu'elles adoptent des politiques et des stratégies visant à protéger l'environnement et à assumer leurs responsabilités [14]. C'est dans ce contexte que cet article met en lumière la nécessité d'entreprendre des actions visant à préserver l'environnement au sein de l'industrie textile malgache, en tirant parti des outils Lean pour améliorer la gestion de la chaîne d'approvisionnement. Grâce à une analyse minutieuse de la littérature, de nombreuses conclusions et idées ont émergé.

Parmi les divers modèles de chaîne d'approvisionnement, l'intégration et le modèle S.C Lean sont largement utilisés dans l'industrie textile et de l'habillement pour résoudre les problèmes de gestion de la chaîne d'approvisionnement. En particulier, il a été constaté que le modèle S.C Lean est exceptionnel pour améliorer la gestion de la chaîne d'approvisionnement, éliminer les retards et réduire les gaspillages, ce qui se traduit par une amélioration de la productivité et une réduction de l'impact environnemental.

La mise en place d'une culture de Lean Manufacturing renforce les efforts en faveur de l'environnement et constitue également un levier pour améliorer les performances des entreprises, notamment celles opérant dans le secteur textile.

## 6 Remerciements

Nous exprimons notre sincère gratitude envers :

- le comité scientifique organisé par l'École Supérieure Polytechnique d' Antananarivo
- Ecole Doctorale d'Ingénierie et Géoscience (INGE)
- partenaires et sponsors

## 7 Références

- [1] «Madagascar Chaîne d'approvisionnement du textile de Madagascar,Facteurs incitatifs et contraintes pour l'amélioration de la sécurité et de la santé au travail, étude de cas.,» *Organisatoio Internationale du Travail,,* pp. ISBN : 978-92-2-03-1801-0, 2020.
- [2] «Etude sur le travail décent dans la filière du textile et de l'habillemnt à Madagascar : Bureau International du travail,» n° %1ISBN : 978-92-2-038107-6, 2022.
- [3] D. S. Giril et S. R. Siddharth , «Dynamics of garment supply chain,» *International Journal of managing Value and Supply Chains (IJMVSC)*, vol. 4, 4 December 2013.
- [4] Defra, «sustainable Clothing Roadmap Progress Report,» *Department for Environment Food and Rural Affairs*, n° %132, 2011.
- [5] N. V. J. Van Der velden, «LCA benchmarking study on textiles made of cotton, polyester, nylon, acryl,or elastane,» *int. J. life Cycle assess*, pp. 331-356, 2014,19.
- [6] W. D. V. M. De Smet, «Environmentally friendly fabric finishes,» *In Sustainable Apparel : Production, processing and Recycling; Blackburn, R. Ed; Elsevier Ltd*, pp. 3-33, 2015.
- [7] Othman, «Direct and indirect effects of drought using Functional Analysis Systems Technique Diagram,» *International Conference on Environment*, 2012.
- [8] J. LIKER, «le modèle Toyota : 14 principes qui feront la réussite de votre entreprise,» n° %1201.
- [9] A. Y. a. D. Al-Werfalli, «Applications of lean Mehodologies and Quality Improvement in textile Industry,» *ReasearchGate* , pp. 624-631, 2019.
- [10] «Il y a une vie après le Lean manufacturing,» janvier 2014.
- [11] L. p. G. M.-L. F.-G. a. M. H. Cristina Lujàn-Ornelas, «a life Cycle Thinking Approach to Analyse Sustainability in the Textile Industry : A literature Review,» *Sustainability*, n° %110193, 2020.
- [12] «UN. Transforming Our World: The 2030 Agenda for sustainable Development,» *Division for Sustainable Development Goals*, 2015.
- [13] «EU.Sustainable Development In The European Union,» *Intern.Audit. Risk Manag.*, vol. 43, pp. 1-13, 2020.
- [14] C. J. S. P. F. S. Joung C.B, «Categorization of indicators for sustainable manufacturing,» *Ecol. Indic.*, vol. 24, n° %1148-157, 2013.

## 8 Tableaux

Numero Article		MODELE SUPPLY CHAIN										ameliorations (résultats)	
		S.C LINEAIRE (traditionnel)	S.C EN AMONT	S.C EN AVAL	S.C AGILE	S.C LEAN	S.C INTEGREE	S.C DURABLE	S.C NUMERIQUE	S.C VIRTUELLE			
1	Supply Chain Management of Textile Industry: A Case Study on Bangladesh	★	★										
2	Stability of inventory dynamics in supply chains with three delays	★											
3	Alternative fabrication scheme to study effects of rework of nonconforming products and delayed differentiation on a multiproduct supply-chain system					★	★						40%
4	Supply Chain Management in Readymade Garments Industry, Bangladesh	★											50%
5	An Empirical Analysis of the Effective Factors of the Production Efficiency in the Garments Sector of Bangladesh										★		81,75%
6	Impact of efficiency in apparel supply chain							★					
7	Implementation of Industrial Engineering concepts in Apparel Industry to improving Productivity and it's cost reduction								★				27,50%
8	Textile and apparel supply chain management in Hong Kong		★	★								★	
9	Dynamics of garment supply chain							★			★		
10	A supply chain mapping model of the textile industry upstream sector : the proof from Indonesia					★	★						60%
11	Optimisation in the Logistics and Management of Supply Chains in Production by Textile Enterprises			★									25%
12	Study on Factors Delaying Lead Time in the Apparel Supply Chain Management: A Case Study on the Order of Execution Strategies of a Garment Factory in Bangladesh					★					★		37,50%
13	Lean or agile A solution for supply chain management in the textiles and clothing industr				★	★							
14	Analysis of Product Complexity considering Disruption Cos				★								89%
15	A study on current perspective of Supply Chain Management of Textile & Clothing Industry of Bangladesh in relevant to Future Demand										★		

Tableau 1: Modèles Supply Chains (S.C) utilisés par les articles

MODELE SUPPLY CHAIN (S.C)	AVANTAGES
<b>S.C linéaire</b>	Ce modèle est basé sur un flux unidirectionnel où les matières premières sont transformées en produits finis qui sont ensuite distribués aux clients. Il s'agit d'un modèle assez simple et linéaire, mais il peut être moins flexible face aux fluctuations de la demande.
<b>S.C en amont</b>	Ce modèle met l'accent sur la collaboration étroite entre les fabricants et les fournisseurs pour réduire les coûts, améliorer la qualité et accélérer le délai de mise sur le marché. La communication et la coordination sont essentielles dans ce modèle.
<b>S.C en aval</b>	Ce modèle met l'accent sur la distribution et la livraison des produits aux clients. Il se concentre sur l'optimisation de la logistique, de la distribution et du service client pour répondre aux besoins des clients de manière efficace.
<b>S.C Agile</b>	Ce modèle vise à maximiser la réactivité aux changements de la demande et du marché en utilisant des méthodes telles que la fabrication à la demande, la flexibilité de la production et des stocks réduits.
<b>S.C Lean</b>	Inspirée par les principes de gestion Lean, cette approche cherche à minimiser le gaspillage dans le processus d'approvisionnement en éliminant les activités non productives et en optimisant l'efficacité opérationnelle.
<b>S.C intégré</b>	Ce modèle encourage la collaboration étroite entre les différentes parties de la chaîne d'approvisionnement, y compris les fournisseurs, les fabricants, les distributeurs et les détaillants, pour améliorer l'efficacité globale.
<b>S.C durable</b>	Axée sur la responsabilité environnementale et sociale, cette approche vise à réduire l'impact environnemental tout au long de la chaîne d'approvisionnement en favorisant l'utilisation de matériaux durables, la réduction des émissions et d'autres pratiques respectueuses de l'environnement.
<b>S.C numérique</b>	Ce modèle intègre les technologies de l'information et de la communication pour améliorer la visibilité, la traçabilité et la gestion des processus tout au long de la chaîne d'approvisionnement

*Tableau 2: Modèles S.C et ses avantages respectifs*

## 9 Figures

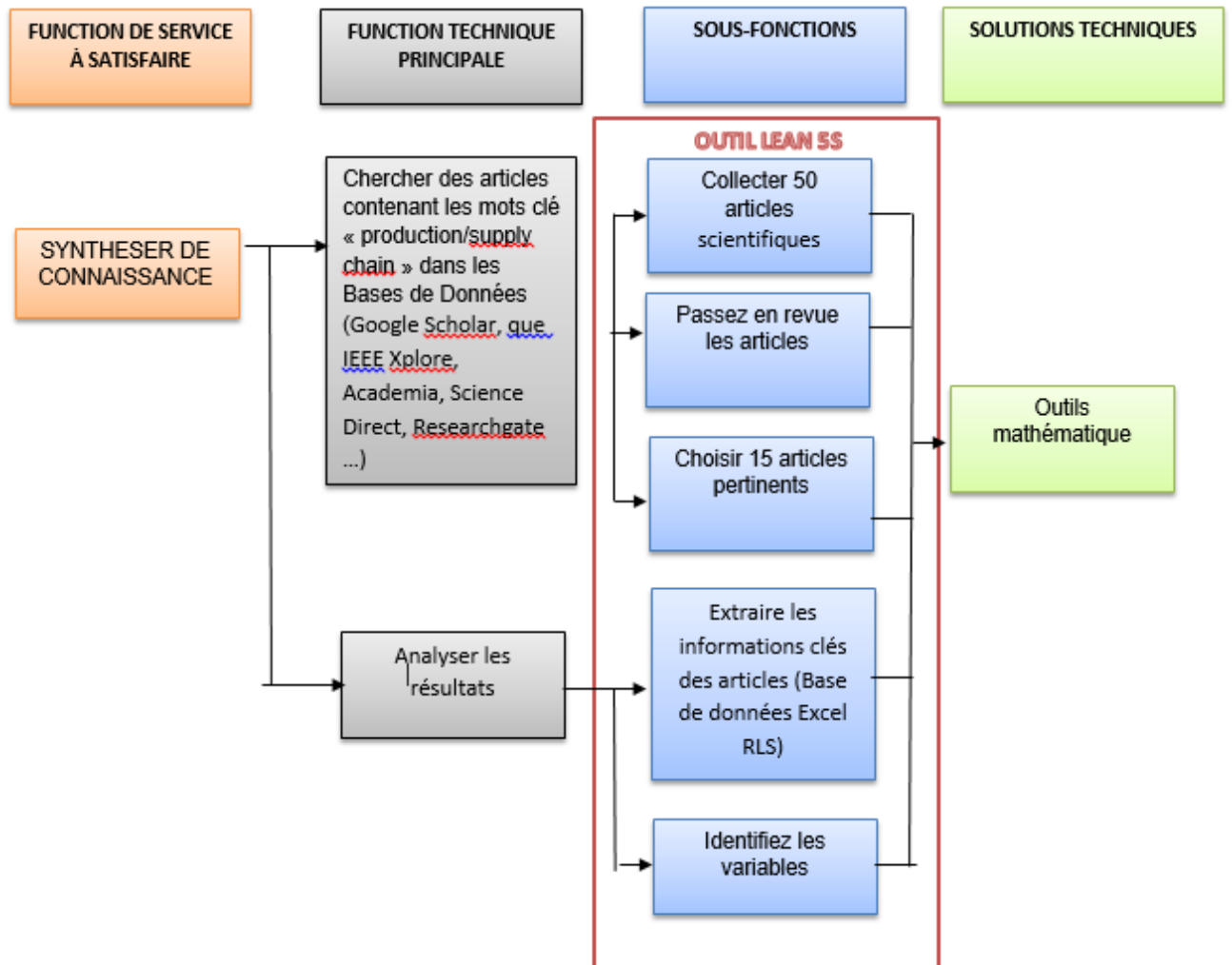


Figure 1: Diagramme FAST

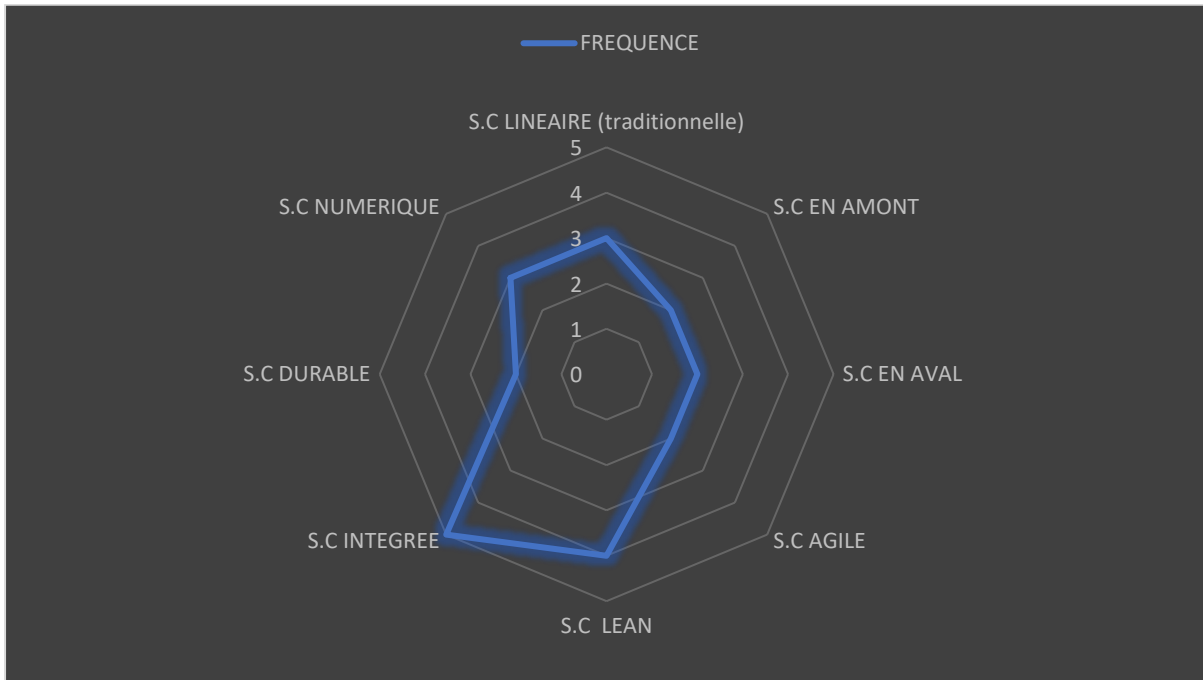


Figure 2: Fréquence des modèles S.C utilisés

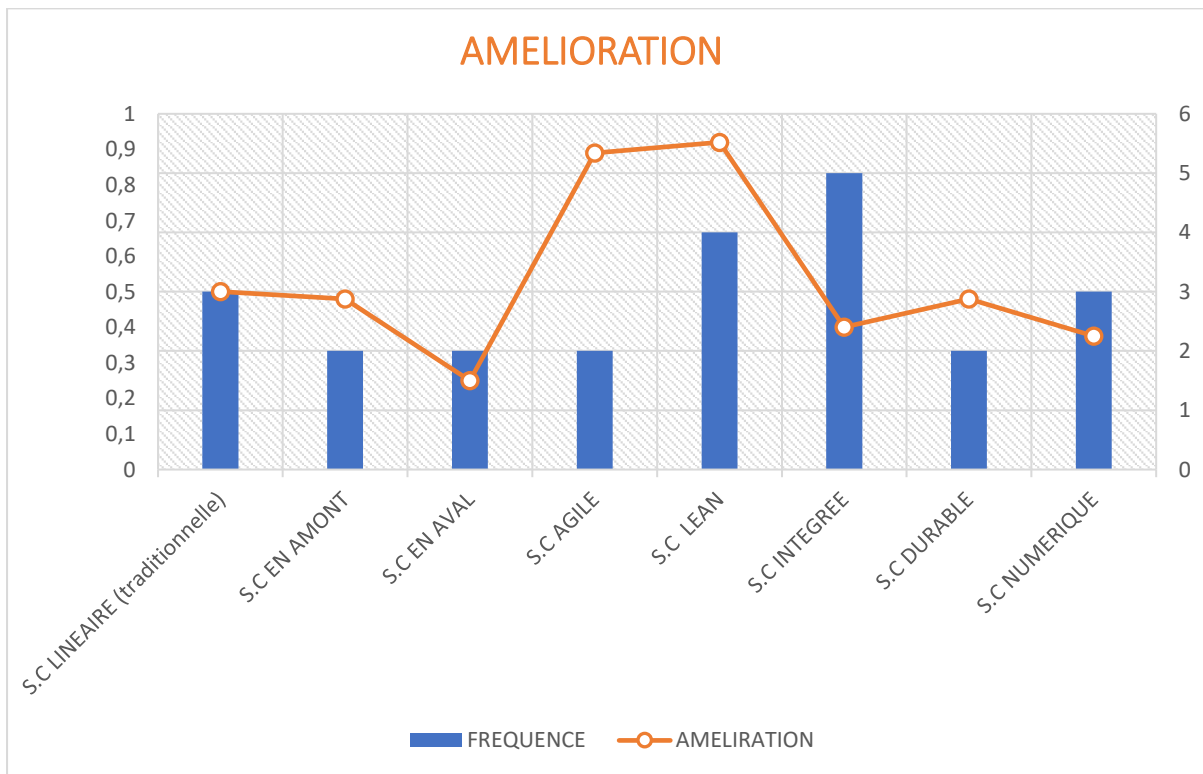


Figure 3: Amélioration apportée par chaque modèle S.C