



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique

Département : Génie Industriel
SLB (Ex Schlumberger)
Algérie



Mémoire de projet de fin d'étude

pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'Etat en Génie industriel -
Management Industriel

Gestion de la supply chain basée sur l'économie circulaire dans le domaine des services pétroliers et gaziers

-Application : SLB Algérie -

Réalisé par :

Maroua BOUSSADOUNA
Lila BENZAAMOUCHE

Encadré par :

M.Iskander ZOUAGHI (ENP)
M.Yann Lamy (SLB)
M.Cherschali Mahmoud (SLB)

Présenté et soutenu le 09 Juillet 2024, Devant le jury composé de :

Président	Mme. Samia BELDJOUDI	MCA	ENP
Examineur	M.Ali BOUKABOUS	MAA	ENP
Promoteur	M.Iskander ZOUAGHI	MCA	ENP
Promoteur	M.Cherschali Mahmoud	Supply chain Manager	SLB



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique

Département : Génie Industriel
SLB (Ex Schlumberger)
Algérie



Mémoire de projet de fin d'étude

pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'Etat en Génie industriel -
Management Industriel

Gestion de la supply chain basée sur l'économie circulaire dans le domaine des services pétroliers et gaziers

- Application : SLB Algérie -

Réalisé par :

Maroua BOUSSADOUNA
Lila BENZAAMOUCHE

Encadré par :

M.Iskander ZOUAGHI (ENP)
M.Yann Lamy (SLB)
M.Cherschali Mahmoud (SLB)

Présenté et soutenu le 09 Juillet 2024, Devant le jury composé de :

Président	Mme. Samia BELDJOUDI	MCA	ENP
Examineur	M.Ali BOUKABOUS	MAA	ENP
Promoteur	M.Iskander ZOUAGHI	MCA	ENP
Promoteur	M.Cherschali Mahmoud	Supply chain Manager	SLB

Remerciement

Avant tout, nous remercions Dieu le Tout-Puissant, qui nous a donné la force et la patience nécessaires pour mener à bien ce travail.

Nous adressons nos sincères remerciements à notre promoteur Monsieur Zouaghi Iskander, pour sa confiance, son aide et ses précieux conseils. Son encadrement a été essentiel à la réussite de ce projet. Nous espérons sincèrement que ce travail répondra à ses attentes.

Nos sincères remerciements vont ensuite à l'ensemble du personnel de SLB Algérie, en particulier à nos managers Yann Lamy et Mahmoud Cherchali, ainsi qu'à Ramtane Benkerrou, Chérif Rahmoune et Mehdi Medjitena.

Nous remercions plus particulièrement Yasmine Bouchafa, la collègue indus, la personne qui nous a le plus soutenue durant cette expérience au sein de SLB.

Nous souhaitons également exprimer notre reconnaissance à Monsieur Kerchich Yacine et aux intervenants des différentes organisations, pour le temps qu'ils nous ont accordé, leur disponibilité et leur bienveillance. Leur expertise a été d'une importance cruciale dans notre travail.

Nous tenons également à remercier M. Boukabous Ali et Mme Beldjoudi Samia pour avoir consacré leur temps à la lecture et à l'examen de ce travail, ainsi que pour leur contribution précieuse au cours de ces trois dernières années.

Nous tenons également à remercier le cadre d'enseignants du département Génie industriel de l'Ecole Nationale Polytechnique, qui nous ont accompagnés tout au long de notre formation pour leurs conseils dont ils nous ont fait profiter.

Que toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet, veuille trouver ici le témoignage de notre gratitude et de notre profonde reconnaissance.

Lila & Maroua

Dédicaces

To the two people who matter the most to me,

My beloved mom, my safe haven and my source of motivation,
For sparking a lifelong love of learning in me,
For always putting my needs at the forefront,
And for constantly believing in me and uplifting me.

My dad, my backbone,
For being the pillar I can always lean on in moments of need and doubt,
And for unconditionally supporting me in all of my endeavors.

I dedicate this work to you both.
My success is nothing but a fruit of your hard work and sacrifices,
And I am forever grateful for everything you have done for me.

To my pure-hearted **aunt**, and **gentle-souled uncles**,
For loving me so dearly and pushing me to be the best version of myself.
Thank you for being there for me whenever I needed you. Your presence in my life is a true
blessing.

To Maroua, the beam of sunshine with whom I had the pleasure of working on this project,
For her hard work, dedication, and kind nature.
Thank you for your positive attitude and supportive spirit.
You turned a challenging time into an enjoyable experience.

And most importantly,

I dedicate this work to my twenty-year-old self,
Thank you for persevering and seeing this adventure through to the end.

Lila

Dédicaces

Avec la plus profonde gratitude, je dédie ce modeste travail à ceux qui, malgré la richesse des mots, ne pourraient jamais recevoir pleinement l'expression de mon amour sincère.

À ma chère maman, qui a souffert sans jamais me faire souffrir, qui m'a toujours poussé vers l'excellence, m'a encouragé et a veillé à ce que j'aie tout ce dont j'avais besoin pour réaliser mes objectifs. Merci pour ton amour inconditionnel, tes sacrifices, tes prières et ta présence constante à mes côtés.

À mon cher papa, cadeau précieux de Dieu, à qui je dois ma vie, ma réussite et tout mon respect.

À ma sœur Safus d'amour, à travers chaque sourire partagé, chaque épreuve surmontée ensemble, et chaque moment précieux, tu as toujours été ma source de soutien inébranlable. merci d'être une sœur extraordinaire.

À mon frère Mohandi, merci infiniment pour avoir pris soin de moi et pour m'avoir écouté avec tant de patience ces dernières années. Ta présence et ton soutien m'ont été précieux. Tu as été mon épaule, mon confident et mon pilier.

À mon petit frère Chamchoune, celui qui apporte la joie à toute la famille. Je t'aime énormément.

À mes amies d'amour Ascia et Wissem, avec qui j'ai passé les meilleurs moments de ma vie et qui ont toujours été là pour m'écouter et m'encourager, je vous aime énormément.

Sans oublier mon binôme Lilus et ma belle rencontre de Polytech, pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet. Merci pour ta précieuse contribution et pour avoir rendu cette expérience si mémorable.

À mon cher Khaled, qui illumine ma vie, ton soutien est le pilier de mes réussites. Mon cœur trouve son émoi grâce à toi. Merci d'être toujours présent.

Maroua

ملخص

ستكشف هذه الدراسة إمكانيات الاقتصاد الدائري لسلاسل التوريد لشركات خدمات حقول النفط في الجزائر، مع التركيز بشكل خاص على شركة SLB الجزائر. تم إجراء تشخيص على مستويين: على المستوى الوطني وداخل SLB. استنادًا إلى هذه التحاليل، تم اقتراح ثلاث مشاريع ملموسة لتحويل سلسلة إمداد SLB إلى دائرية: الانتقال إلى المشتريات الدائرية، وتحسين تتبع النفايات، وإنشاء سلسلة إمداد مغلقة. تهدف هذه المبادرات إلى تقليل التأثير البيئي وتعزيز استدامة ودورانية SLB الجزائر.

كلمات مفتاحية: الاقتصاد الدائري، DMAIC، سلسلة التوريد الدائرية، AHP، إدارة النفايات، تتبع النفايات، التوريد الدائري، الحلقة المغلقة.

Abstract

This study explores the potential of the circular economy for the supply chains of oilfield service companies in Algeria, specifically focusing on SLB Algeria. A diagnosis was conducted at two levels: nationally and within SLB. Based on these analyses, three concrete projects have been proposed to transform SLB's supply chain into a circular one: transitioning to circular procurement, improving waste traceability, and creating a closed-loop supply chain. These initiatives aim to reduce environmental impact while enhancing the sustainability and circularity of SLB Algeria.

Keywords: Circular economy, Circular supply chain, DMAIC, AHP, Waste management, Traceability, Circular procurement, Closed-loop.

Résumé

Cette étude explore le potentiel de l'économie circulaire pour les supply chains des entreprises de services pétroliers en Algérie, en se concentrant spécifiquement sur SLB Algérie. Un diagnostic a été réalisé à deux niveaux : à l'échelle nationale et au sein de SLB. Sur la base de ces analyses, trois projets concrets ont été proposés pour transformer la supply chain de SLB en une chaîne circulaire : la transition vers un approvisionnement circulaire, l'amélioration de la traçabilité des déchets, et la création d'une chaîne d'approvisionnement en boucle fermée. Ces initiatives visent à réduire l'impact environnemental tout en renforçant la durabilité et la circularité de SLB Algérie

Mots clés : Economie circulaire, Supply chain circulaire, DMAIC, AHP, Gestion des déchets, Traçabilité, Approvisionnement circulaire, Boucle fermée.

Table des Matières

Liste des Figures

Liste des Tableaux

Liste des abréviations

Introduction générale	13
Chapitre 1 : Etat de l'art	16
1.1. L'économie circulaire et le supply chain management.....	17
1.1.1. De l'économie linéaire à l'économie circulaire	17
1.1.2. De la supply chain linéaire vers la supply chain Circulaire	27
1.2. La méthodologie de résolution.....	37
1.2.1. La phase définir	39
1.2.2. La phase mesurer.....	40
1.2.3. La phase analyser	41
1.2.4. La phase innover.....	46
1.2.5. La phase contrôler.....	48
Chapitre 02 : Etat des lieux.....	50
2.1. Contexte du projet	51
2.1.1. L'économie circulaire comme réponse aux limites de l'économie linéaire.....	51
2.1.2. L'économie circulaire en Algérie, un état de lieux.....	52
2.2. SLB et Circularité	67
2.2.1. L'industrie pétrolière, gazière et parapétrolière : Dynamique et circularité	67
2.2.2. SLB, la transition vers un modèle circulaire	70
2.2.3. Diagnostic de la circularité de la supply chain de SLB et présentation de la problématique.....	77
2.3. Cadrage de la problématique.....	85
2.3.1. Analyse QQQCCP et périmètre du projet.....	85
2.3.2. Identification des déchets et leurs flux.....	87

2.3.3. Gestion du projet.....	88
Chapitre 03 : Solutions proposées.....	91
3.1. Mesurer et Analyser.....	92
3.1.1. Mesure et traitements des attributs de performance du processus de gestion des déchets	92
3.1.2. Etude comparative des quantités, des coûts et de nombre de rotation de collectes des déchets.....	96
3.1.3. Hiérarchisation des déchets prioritaires pour la gestion circulaire.....	101
3.2. Innover et contrôler.....	110
3.2.1. Le potentiel d'implémentation de l'économie circulaire chez SLB Algérie	110
3.2.2. Projet d'approvisionnement circulaire.....	110
3.2.3. Projet de traçabilité de la gestion des déchets.....	115
3.2.4. Projet de conception d'une supply chain circulaire pour les déchets de restauration	125
Conclusion générale et perspectives	134
Bibliographie.....	137
Annexe.....	142

Liste des Figures

Figure 1.1 - Extraction mondiale de matériaux en milliards de tonnes et PIB mondial en trillions de dollars US [4].....	17
Figure 1. 2 - Schéma récapitulatif du modèle linéaire “ Prendre - Fabriquer - Consommer - Jeter”	18
Figure 1. 3 - The butterfly diagram proposée par la Fondation Ellen MacArthur	23
Figure 1. 4 - schéma supply chain linéaire, document [21].....	30
Figure 1. 5- La supply chain circulaire [21].....	31
Figure 1. 6 - Structure hiérarchique d'un problème selon la méthode AH.....	43
Figure 2. 1 - Démarche de diagnostic de l'économie circulaire en Algérie	53
Figure 2. 2 - Schéma récapitulatif des flux de déchets en Algérie	62
Figure 2. 3 - Composition des déchet à l'échelle nationale en 2020 (source de données : AND) [63]	63
Figure 2. 4 - Quantité des déchets valorisés par matériau en Algérie en 2020 (source de données : AND) [63]	64
Figure 2. 5 - Nombre des opérateurs agréés spécialisée dans le domaine des DS/DSD en 2020 (source de données : AND) [63].....	64
Figure 2. 6 - Matrice SWOT	66
Figure 2. 7 - Part de marché des acteurs du secteur parapétrolier [13].....	69
Figure 2. 8 - Carte des bassins et des GeoUnits de SLB (SLB Private).....	71
Figure 2. 9 - Les divisions et Business Line de l'activité de SLB (source : document interne de SLB)	72
Figure 2. 10 - SLB North Africa GeoUnit, source : documents internes à SLB.....	72
Figure 2. 11 - La courbe du budget carbone globale.....	73
Figure 2. 12 - Stratégie de circularité de SLB - sustainable report 2023	75
Figure 2. 14 - Zone de présence SLB Algérie	76
Figure 2. 13 - Les bases à Hassi Messaoud	76
Figure 2. 15 - Les fonctions du departement de Facility.....	78
Figure 2. 16 - Processus globale de gestion des déchets au sein HMD.....	79
Figure 2. 17 - Organigramme de classification déchets des bases.....	79
Figure 2. 18 - code couleur des déchets non dangereux.....	80
Figure 2. 19 - Diagramme d'ishikawa	83
Figure 2. 20 - Digramme dedans/dehors.....	87

Figure 2. 21 - Les processus et les activités génératrices de déchets chez SLB.....	88
Figure 3. 1 - Figure Cartographie de processus de gestion des déchets.....	93
Figure 3. 2 - Exemple de conversion des unités.....	95
Figure 3. 3 - Exemple de différentes mises en forme.....	95
Figure 3. 4 - Exemple des valeurs manquantes.....	95
Figure 3. 5 - Schéma présentant la consolidation des données.....	96
Figure 3. 6 - Les pourcentages indiquent les parts respectives des différentes catégories de déchets.....	97
Figure 3. 7 - Quantités Annuelles de Déchets Générées par les Activités de Facility pour 2023	98
Figure 3. 8 - Évolution Mensuelle des nombres de rotations effectuées par Type de Camion pour MD1 en 2024.....	99
Figure 3. 9 - Évolution Mensuelle des nombres de rotations effectuées par Type de Camion pour MD2 en 2024.....	99
Figure 3. 10 - Évolution Mensuelle des nombres de rotations effectuées par Type de Camion pour la Base 2 en 2024.....	99
Figure 3. 11 - Évolution Mensuelle des nombres de rotations effectuées par Type de Camion pour la Base 3 en 2024.....	99
Figure 3. 12 - Répartition des coûts de gestion des déchets par type de camion.....	100
Figure 3. 13 - Répartition des coûts de gestion des déchets par base.....	100
Figure 3. 14 - Dépenses mensuelles de SLB pour la gestion des déchets des 4 bases.....	100
Figure 3. 15 - La structure hiérarchique du problème de sélection de déchet.....	104
Figure 3. 16 - Poids moyen des critères.....	104
Figure 3. 17 - Le 1er niveau de la hiérarchie.....	105
Figure 3. 18 - Priorité par critères.....	106
Figure 3. 19 - Classement des déchets.....	108
Figure 3. 20 - Vue d'ensemble de coût de cycle de vie.....	113
Figure 3. 21 - La méthodologie de mise en place du projet.....	115
Figure 3. 22 - Mapping de la chaîne de gestion des déchets de SLB.....	116
Figure 3. 23 - Table transactionnelle.....	120
Figure 3. 24 - Représentation du modèle de données sur POWER BI.....	122
Figure 3. 25 - Tableau de bord de suivi de la gestion des déchets.....	123
Figure 3. 26 - Tableau de bord de suivi des coûts de gestion des déchets.....	123
Figure 3. 27 - Tendances de la production de déchets alimentaires.....	126
Figure 3. 28 - Supply chain circulaire.....	127
Figure 3. 29 - Distance entre centre d'enfouissement technique et la base MD1 de SLB.....	130

Liste des Tableaux

Tableau 1. 1 - Récapitulatif des définitions de l'économie circulaire proposées par les gouvernements	19
Tableau 1. 2 - Récapitulatif des définitions de l'économie circulaire proposées par les Organisation Non Gouvernementale (ONG) et Institutions Internationales	19
Tableau 1. 3 - Récapitulatif des définitions de l'économie circulaire proposées par les chercheurs et les académiciens	20
Tableau 1. 4 - Les stratégies et les objectifs de l'économie circulaire.....	24
Tableau 1. 5 - Les différences entre l'économie linéaire et circulaire.....	26
Tableau 1. 6 - Les processus de réalisation dans la supply chain [27].....	28
Tableau 1. 7 - Processus de la gestion de la supply chain circulaire [32].....	32
Tableau 1. 8 - Les définitions de l'approvisionnement circulaire	33
Tableau 1. 9 - Tableau comparatif entre les différentes méthodes de résolution de problèmes.....	37
Tableau 1. 10 - Tableau comparatif entre la méthode DMAIC et PDCA	38
Tableau 1. 11 - Méthode QQQQCP [42].....	39
Tableau 1. 12 - Echelle verbale des jugements [46].....	43
Tableau 1. 13 - La matrice B des jugements relatifs du niveau (1).....	44
Tableau 1. 14 - La matrice des jugements relatifs du niveau (2).....	44
Tableau 1. 15 - Les valeurs de l'indice de cohérence selon le nombre d'éléments comparés [46].	46
Tableau 2. 1 - Listes des parties prenantes sur différents niveaux	54
Tableau 2. 2 - Lois relatives au Développement Durable, à la Protection de l'Environnement et à la Gestion des Déchets. [61].....	60
Tableau 2. 3 - Nombre des installations privées d'éliminations des DSD en Algérie	65
Tableau 2. 4 - Analyse 4Ms.....	81
Tableau 2. 5 - Analyse QQQQCCP.....	85
Tableau 2. 6 - Risques du projet et stratégies d'atténuation.....	89
Tableau 3. 1 - Profiling des déchets.....	101
Tableau 3. 2 - l'ensemble des critères retenus.....	102
Tableau 3. 3 - Matrice des jugements relatifs des critères.....	105
Tableau 3. 4 - Poids des critères – AHP.....	106
Tableau 3. 5 - Tableau de poids obtenus à la suite des comparaisons par paire des déchets....	107
Tableau 3. 6 - Les Stratégies d'atténuation des risques du projet1	111

Tableau 3. 7 - Les informations partagées dans le processus top down.....	117
Tableau 3. 8 - Les informations partagées dans le processus Bottom Up.....	117
Tableau 3. 9 - Les informations manquantes qui doivent être partagées dans le processus Top Down	118
Tableau 3. 10 - Les informations manquantes qui doivent être partagées dans le processus Bottom Up.....	118
Tableau 3. 11 - Les indicateurs de performance.....	120
Tableau 3. 12 - Plan d'amélioration basé sur le modèle des 9Rs.....	124
Tableau 3. 13 - Bilan environnemental de la machine	131
Tableau 3. 14 - Tableau de comparaison d'émissions.....	133

Liste des abréviations

EC	Economie Circulaire
AC	Approvisionnement circulaire
WMP	Waste Management procedure
DMA	Déchets ménagers assimilés
DS	Déchets spéciaux
DSD	Déchets spéciaux dangereux
AMD	Analyse multicritère de décision
AHP	Processus analytique de hiérarchisation
KPI	Indicateur de performance
ETL	Extract, Transform and Load
RSI	Retour sur investissement
ACV	Analyse du Cycle de vie
CCV	Coût du Cycle de Vie

Introduction générale

Notre économie actuelle est principalement linéaire, reposant sur l'extraction, la transformation et l'utilisation des ressources naturelles pendant une durée limitée avant leur rejet en tant que déchets. Depuis la révolution industrielle et la popularisation du système de production de masse de Ford, la consommation de biens s'est accélérée, entraînant une utilisation croissante de matériaux. En 2018, plus de 100 milliards de tonnes de matières ont été introduites dans notre économie, avec environ 90 % provenant de l'extraction [1]. Cette extraction massive des ressources naturelles entraîne un épuisement rapide des ressources. De nombreux éléments vitaux pour nos industries, comme l'or, l'argent, l'indium, l'iridium, le tungstène et bien d'autres, pourraient être épuisés d'ici cinq à cinquante ans [1]. Ce système linéaire expose les entreprises à des risques de volatilité des prix et de ruptures d'approvisionnement, exacerbés par la croissance démographique et l'amélioration du bien-être. D'ici 2030, la classe moyenne devrait croître de trois milliards de personnes, entraînant une demande accrue en matières premières [1]. Parallèlement, la durée de vie des produits se raccourcit encore plus, stimulée par l'appétit croissant des consommateurs pour la nouveauté, qui se traduit par un renouvellement plus fréquent de leurs achats et une augmentation de déchets.

Face aux limites et aux conséquences de l'économie linéaire, une nouvelle approche émerge : l'économie circulaire. Ce modèle vise à découpler la croissance économique de l'utilisation des ressources et se présente comme une solution prometteuse pour réduire les 40 % d'émissions de gaz à effet de serre qui ne peuvent être éliminées par la seule transition vers une énergie propre. Le passage vers une économie circulaire revêt une importance cruciale pour les économies émergentes, car il est plus facile de concevoir la circularité au sein même de l'économie que de reconfigurer les modèles linéaires existants. Elle leur offre des avantages économiques et environnementaux et contribue à réduire leur écart avec les économies développées. Cela est particulièrement vrai pour l'Algérie.

Suite à la persistance de la baisse des prix mondiaux du pétrole et aux nombreux chocs pétroliers, où les prix ont parfois chuté d'environ 70 % de leur valeur, comme le choc de 2014 [2], l'Algérie a mis en place un plan d'action comprenant un large éventail de réformes industrielles pour soutenir la transition vers une économie plus diversifiée. Cela offre à l'Algérie une occasion en or d'intégrer la circularité dans la conception de ses nouvelles initiatives industrielles et de reconfigurer les opérations des industries existantes, comme l'industrie du pétrole et du gaz, pour qu'elles soient plus circulaires.

L'un des principaux domaines opérationnels où la circularité peut être appliquée et avoir un impact immense est le supply chain management. Les supply chains sont essentielles à la transition vers l'économie circulaire car elles englobent l'approvisionnement, le mouvement et la transformation des matériaux qui entrent dans l'économie mondiale. En appliquant les principes de l'économie circulaire, la supply chain devient plus résiliente et plus efficace pour répondre aux besoins des consommateurs. En outre, elles permettront de réduire les coûts, les déchets et les émissions de gaz à effet de serre.

Les entreprises du secteur pétrolier, pilier important de l'économie algérienne fortement dépendante des hydrocarbures, ont bien saisi la nécessité de s'orienter vers une supply chain circulaire pour répondre aux défis environnementaux et aux exigences réglementaires croissantes. Cette transition exige l'élaboration d'une feuille de route stratégique pour la cadrer et la structurer. Partant de ce constat, se pose la question suivante : **Comment une entreprise de services pétroliers en Algérie peut-elle opérer sa transition stratégique vers un modèle d'économie circulaire ?**

Dans ce cadre, notre étude a porté sur SLB Algérie, une entreprise de services pétroliers de premier plan en Algérie. Elle a débuté par une exploration approfondie du concept d'économie circulaire et de son potentiel dans le contexte algérien. Ensuite, un diagnostic de la circularité de la supply chain de SLB Algérie a été réalisé. Ce diagnostic a permis d'identifier les dysfonctionnements et de mesurer et analyser les paramètres clés, menant à la proposition de projets innovants visant à atteindre la circularité. L'étude a proposé des projets qui touchent à la fois l'amont et l'aval de la chaîne de valeur.

En amont, l'approvisionnement circulaire a été préconisé pour réduire la quantité de déchets générés et augmenter leur réintégration dans l'économie. En aval, la mise en œuvre d'un tableau de bord de visualisation des performances et de suivi de la traçabilité des déchets a été conçue, ainsi qu'un plan d'amélioration continue basé sur la méthodologie des 9R. Enfin, un proof of concept a été appliqué pour la création d'une supply chain circulaire au sein de SLB. Pour cela, le présent travail est organisé en trois chapitres :

Le premier chapitre est consacré à l'état de l'art, comprenant deux parties distinctes. La première partie définit les concepts essentiels tels que l'économie linéaire, l'économie circulaire, le supply chain management et la supply chain circulaire, en se basant sur la littérature pour clarifier toutes les notions explorées dans notre étude. La deuxième partie traite les outils utilisés pour aborder la problématique, en les détaillant sur les différentes phases de l'approche DMAIC spécifiant leur application pratique et leur contribution à la résolution du problème.

Le deuxième chapitre dresse un état des lieux à deux échelles. La première partie consiste à analyser le contexte de l'économie circulaire en Algérie en identifiant les contraintes, le paysage local et le niveau de maturité du concept. La deuxième partie se penche sur SLB Algérie, l'organisme d'accueil, en examinant son organisation, ses objectifs en matière de développement durable et d'économie circulaire, et les opportunités d'amélioration de sa circularité. Enfin, l'élaboration de la première étape de la démarche DMAIC, définir, pour mieux cerner la problématique et ses différents paramètres

Le troisième chapitre se concentre sur notre solution, en déroulant les quatre phases de la démarche DMAIC, à savoir : mesurer, analyser, innover et contrôler. La phase mesurer implique l'évaluation des paramètres clés du système de gestion des déchets de SLB. Cela inclut la mesure des coûts engendrés par les déchets, la quantification des volumes générés et le suivi du nombre de rotations des camions. Les données collectées sont ensuite analysées pour identifier les types de déchets exploitables et de les hiérarchiser en fonction de leur potentiel de valorisation et de leur impact environnemental. Forts des résultats de ces analyses, des stratégies et des projets concrets sont élaborés pour intégrer les principes de l'économie circulaire dans la supply chain de SLB. Un système de contrôle est établi pour mesurer l'efficacité de la solution déployée et identifier les plans d'amélioration potentiels.

Chapitre 1 : Etat de l'art

Ce chapitre vise à fournir une compréhension globale des concepts clés liés à notre étude. Nous commencerons par explorer les limites du modèle économique linéaire traditionnel et présenterons l'économie circulaire comme une alternative. Ensuite, nous discuterons de l'intégration des principes de l'économie circulaire dans la supply chain, ce qui donne naissance à la notion de "supply chain circulaire". Nous décrirons ensuite les processus clés tels que l'approvisionnement circulaire et la gestion des déchets, visant à réduire l'impact environnemental des activités de l'entreprise et à boucler la boucle de l'économie circulaire. Enfin, nous présenterons les outils et la méthodologie nécessaires pour réussir notre étude en nous appuyant sur la démarche DMAIC comme cadre de résolution.

1.1. L'économie circulaire et le supply chain management

Cette section vise à établir les fondements théoriques nécessaires à la compréhension de la problématique de la supply chain circulaire. Nous aborderons d'abord les concepts de l'économie linéaire, l'économie circulaire et de la supply chain. Ensuite, nous nous concentrerons sur la notion de supply chain circulaire.

1.1.1. De l'économie linéaire à l'économie circulaire

Un tournant majeur dans l'établissement de notre modèle économique actuel a eu lieu après la révolution industrielle et la popularisation du système de production de masse de Ford qui ont induit un changement majeur dans les habitudes de consommation des peuples industrialisés. De plus en 1924, face à une menace de faillite due à de faibles ventes, le cartel Phoebus (Philips International, General Electric, Tokyo Electric et Osram) s'est réuni et a convenu de réduire de moitié la durée de vie de ses ampoules [3]. Cette décision marquait la première utilisation de l'obsolescence programmée et l'intégration du gaspillage dans notre système économique.

Ce modèle économique a stimulé une croissance rapide des économies industrialisées et a contribué à l'amélioration des conditions de vie des populations. Cependant, cette croissance est tributaire de l'exploitation et de l'utilisation excessive des matières premières et de l'énergie, en ignorant tous les facteurs environnementaux et sociaux. (Figure 1.1)

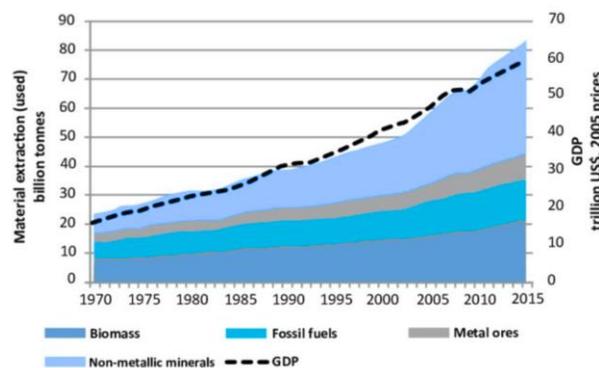


Figure 1.1 - Extraction mondiale de matériaux en milliards de tonnes et PIB mondial en trillions de dollars US [4]

L'économie linéaire : définition, hypothèses et limites

L'économie linéaire est un système de production et de consommation basé sur le principe du « take-make-use-dispose model » [5]. Le terme linéaire désigne la progression unidirectionnelle que peut suivre un produit, avec un début, un milieu et une fin [6], comme le montre Figure 1.2. Les

ressources sont extraites de la terre et transformées en produits pour être consommés et rejetés en tant que déchets à la fin de leur cycle de vie. Dans la dernière étape, la valeur économique des déchets est considérée comme négative, vu que leur traitement coûte de l'argent [6].

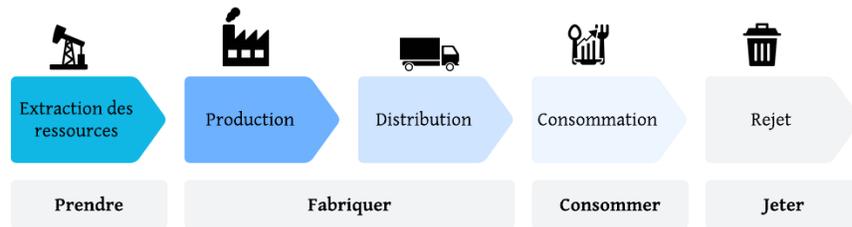


Figure 1. 2 - Schéma récapitulatif du modèle linéaire “ Prendre - Fabriquer - Consommer - Jeter” [5]

Ce modèle repose sur deux hypothèses majeures : l'accès illimité et facile aux ressources (énergie et matières premières) et la capacité de régénération infinie de la Terre [7]. Cependant, ces hypothèses ne sont pas vraies. La terre est un système fermé avec des ressources finies et sa capacité de régénération n'est pas illimitée. De ce fait, le modèle linéaire présente plusieurs limites:

- Utilisation non durable et rapide des ressources naturelles, conduisant à leur épuisement.
- Production massive de déchets due à une consommation accrue et à la courte durée de vie des produits.
- Émissions élevées de gaz à effet de serre, réchauffement climatique et autres crises environnementales irréversibles.
- Risques de fluctuations des prix et de pénurie de ressources naturelles.

Face aux limites économiques, environnementales et sociétales de ce modèle linéaire, l'urgence d'adopter un nouveau modèle économique devient de plus en plus pressante. Dans ce contexte, l'économie circulaire émerge comme une solution prometteuse.

L'économie circulaire : définition, principes et objectifs

L'économie circulaire est un terme relativement moderne qui a été utilisé pour la première fois en 1990 par David W. Pearce et R. Kerry Turner [8], le concept lui-même est bien connu depuis des millénaires. Ce concept a été instinctivement et naturellement mis en œuvre à une époque où les humains et les sociétés humaines vivaient en pleine synergie avec la nature, puis, avec la sédentarisation, le tissu et l'état d'esprit des sociétés humaines ont profondément changé, notamment vis-à-vis de la nature. [9]

Cependant, il n'existe pas actuellement une définition universelle de l'économie circulaire à son sens moderne. Celle-ci est due principalement à la multidisciplinarité du concept : l'économie, l'architecture, la chimie, la thermodynamique, l'agriculture, l'écologie industrielle...[10].

Lors de notre examen de la littérature sur la définition de l'EC, nous avons pu identifier et classer les définitions les plus courantes en fonction de leurs sources. Le choix de ces définitions était fait à la base de la récurrence de leurs citations dans les travaux consultés. Les tableaux ci-dessous résument les définitions établies par les parties prenantes clés de l'économie circulaire.

Tableau 1. 1 - Récapitulatif des définitions de l'économie circulaire proposées par les gouvernements

Définition de l'économie circulaire proposées par les gouvernements	Source
Un modèle de production et de consommation qui implique la réutilisation, la réparation, la remise à neuf et le recyclage des matériaux et produits existants afin de maintenir les matériaux dans l'économie autant que possible. les déchets deviendront eux-mêmes une ressource, minimisant ainsi la quantité réelle de déchets. Il s'oppose généralement au modèle économique traditionnel et linéaire, basé sur un schéma « prendre-faire-consommer-jeter ». [11]	Union européenne
Un modèle axé sur une gestion rigoureuse des flux de matières à travers la conception des produits, la logistique inverse, l'innovation dans les modèles d'affaires et la collaboration intersectorielle. [12]	U.S. Chamber of Commerce Foundation

Tableau 1. 2 - Récapitulatif des définitions de l'économie circulaire proposées par les Organisation Non Gouvernementale (ONG) et Institutions Internationales

Définition de l'économie circulaire proposées par les Organisation Non Gouvernementale (ONG) et Institutions Internationales	Source
Système restaurateur et régénérateur par nature qui permet le développement économique, la préservation du capital naturel et le progrès social afin de découpler la croissance économique mondiale de la consommation de ressources limitées à travers des cycles techniques et biologiques. Il remplace le concept de « fin de vie » par la restauration, s'oriente vers l'utilisation d'énergies renouvelables, élimine l'utilisation de	Fondation Ellen MacArthur

Chapitre 1. Etat de l'art

produits chimiques toxiques qui nuisent à la réutilisation et vise l'élimination des déchets grâce à une conception supérieure des matériaux, des produits et des systèmes. [1]	
Une évolution de la manière dont le monde produit et consomme les biens et les services. Le modèle circulaire redéfinit l'économie autour des principes d'élimination des déchets et de la pollution en allongeant le plus possible la durée d'utilisation des produits et des matériaux. Il est tout aussi vital de restaurer la nature sauvage, de bâtir des systèmes agricoles régénérateurs, d'utiliser des matériaux renouvelables et de passer à des sources d'énergie renouvelables. [12]	Chatham House
Une économie circulaire implique des marchés qui incitent à ré-utiliser les produits, plutôt que de les mettre au rebut et d'en extraire ensuite de nouvelles ressources. Dans une telle économie, toutes les formes de déchets, comme les vêtements, la ferraille et les appareils électroniques obsolètes, sont réinjectées dans l'économie ou utilisées plus efficacement. Cela peut permettre non seulement de protéger l'environnement, mais aussi d'utiliser les ressources naturelles de manière plus judicieuse, de développer de nouveaux secteurs, de créer des emplois et de développer de nouvelles capacités. [13]	CNUCED (UN Trade and Development)
L'un des modèles économiques durables actuels, dans lequel les produits et les matériaux sont conçus de manière à pouvoir être réutilisés, remanufacturés, recyclés ou valorisés (4-R) et donc maintenus dans l'économie le plus longtemps possible, avec la ressource dont ils sont constitués, et la production de déchets, en particulier de déchets dangereux, est évitée ou minimisée, et les émissions de gaz à effet de serre sont évitées ou réduites. [14]	Assemblée des Nations Unies pour l'environnement

Tableau 1. 3 - Récapitulatif des définitions de l'économie circulaire proposées par les chercheurs et les académiciens

Définition de l'économie circulaire proposées par les chercheurs et les académiciens	Source
Un système régénératif dans lequel les effets de ressources et les déchets, les émissions et les fuites d'énergie sont minimisés en ralentissant, fermant et rétrécissant les boucles de matériaux et d'énergie. Cet objectif peut être atteint grâce à une conception, une maintenance, une réparation, une réutilisation, une remise à neuf et un recyclage durables [15].	Geissdoerfer, Martin, Paulo Savaget, Nancy M.P. Bocken, et Erik Jan Hultink.

L'économie circulaire est une économie construite à partir de systèmes sociétaux de production et de consommation qui maximisent le service produit à partir du flux linéaire nature-société-nature de matériaux et d'énergie. Cela se fait en utilisant des flux de matières cycliques, des sources d'énergie renouvelables et des flux d'énergie de type cascade 1. Une économie circulaire réussie contribue aux trois dimensions du développement durable. L'économie circulaire limite le débit à un niveau que la nature tolère et utilise les cycles des écosystèmes dans les cycles économiques en respectant leurs taux de reproduction naturels. [16]	Jouni Korhonen, Antero Honkasalo, Jyri Seppälä
---	---

L'analyse des différentes définitions proposées révèle que la plupart d'entre elles intègrent plusieurs idées issues de diverses disciplines scientifiques et industrielles. Cependant, en tant que facteur clé de la durabilité, l'EC doit être définie de manière à faire écho à l'aspect tridimensionnel du développement durable : l'environnement, l'économie et la société, mais la dimension sociale est rarement intégrée dans ces définitions. En effet, l'économie circulaire repose sur l'efficacité des ressources et la consommation et production durables, qui sont des concepts centraux pour atteindre le développement durable. Des objectifs clés du développement tels que l'ODD 12¹ et l'ODD 8² peuvent être atteints en basculant vers une économie circulaire.

Malgré la diversité des définitions, il est néanmoins possible de mettre en avant la définition proposée par la Fondation Ellen MacArthur, pionnière dans la recherche et la diffusion de l'économie circulaire, que nous adopterons pour la suite de notre travail :

“Système restaurateur et régénérateur par nature qui permet le développement économique, la préservation du capital naturel et le progrès social afin de découpler la croissance économique mondiale de la consommation de ressources limitées à travers des cycles techniques³ et biologiques⁴.”

¹ L'Objectif de Développement Durable (ODD) 12 vise à assurer des modes de consommation et de production durables. Cet objectif, défini par les Nations Unies, encourage une gestion responsable des ressources naturelles et une réduction des déchets par le biais de la prévention, de la réduction, du recyclage et de la réutilisation.

² L'Objectif de Développement Durable (ODD) 8 vise à améliorer progressivement, d'ici 2030, l'efficacité mondiale des ressources dans la consommation et la production et à s'efforcer de découpler la croissance économique de la dégradation de l'environnement

³ Le cycle technique concerne les matériaux qui ne peuvent pas se biodégrader et retourner sur terre. Ce sont les produits qui sont utilisés plutôt que consommés. L'objectif est de les garder dans le cycle et de les utiliser le plus que possible plutôt que de les jeter comme déchets. [9]

⁴ Le cycle biologique concerne les matériaux qui peuvent se biodégrader et retourner sur terre en toute sécurité. Ce sont principalement les produits consommés, comme les aliments et certains autres matériaux biodégradables, comme le

Il remplace le concept de fin de vie par la restauration, s'oriente vers l'utilisation d'énergies renouvelables, élimine l'utilisation de produits chimiques toxiques qui nuisent à la réutilisation et vise l'élimination des déchets grâce à une conception supérieure des matériaux, des produits et des systèmes".[1]

Cette définition met l'accent sur l'objectif principal de l'économie circulaire, qui est de dissocier la croissance économique de l'utilisation des ressources naturelles et de créer des cycles où les matériaux sont en constante circulation, même après la fin de leur cycle de vie initial. Cette définition distingue entre deux types de cycles de matériaux :

- **Le cycle biologique** : Il concerne les matériaux qui peuvent se biodégrader et retourner sur terre en toute sécurité. Ce sont principalement les produits consommés, comme les aliments et certains autres matériaux biodégradables, comme le coton ou le bois, peuvent éventuellement passer du cycle technique au cycle biologique une fois dégradés au point de ne plus pouvoir être utilisés pour fabriquer de nouveaux produits. [1]
- **Le cycle technique** : Il concerne les matériaux qui ne peuvent pas se biodégrader et retourner sur terre. Ce sont les produits qui sont utilisés plutôt que consommés. L'objectif est de les garder dans le cycle et de les utiliser le plus que possible plutôt que de les jeter comme déchets. [1]

Ce flux continu de matériaux dans ces deux cycles est illustré par un diagramme proposé par la Fondation Ellen MacArthur, appelé le "Butterfly Model", présenté dans la Figure 1.3. Dans ce modèle les boucles intérieures telles que le partage, la maintenance et la réutilisation sont privilégiées au boucles extérieur, qui voient le produit décomposé et refait, car c'est dans ces boucles internes que la plus grande valeur intrinsèque du produit peut être capturée. Ces boucles

coton ou le bois, peuvent éventuellement passer du cycle technique au cycle biologique une fois dégradés au point de ne plus pouvoir être utilisés pour fabriquer de nouveaux produits. [9]

permettent de réduire les coûts et de retarder le recyclage et la conception des produits en amont est cruciale pour leur efficacité. [1]

Cette définition est née du croisement de plusieurs écoles de pensée :

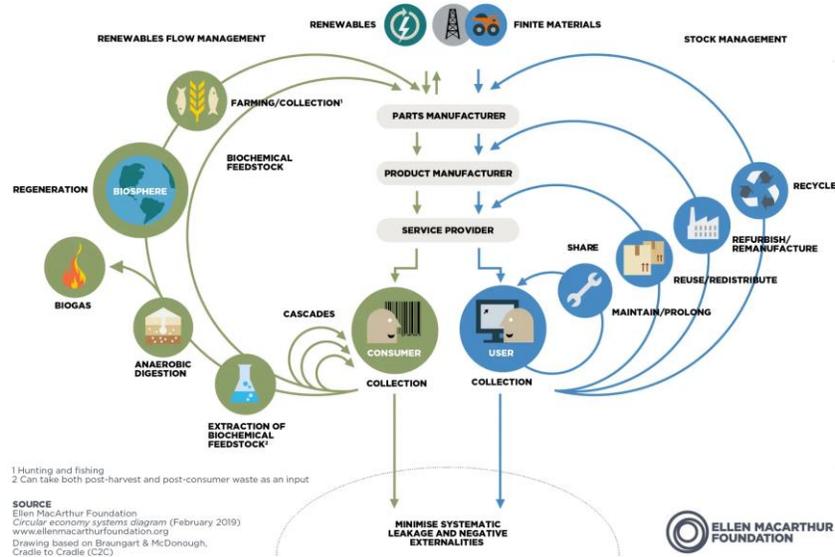


Figure 1. 3 - The butterfly diagram proposée par la Fondation Ellen MacArthur [1]

- **L'économie de fonctionnalité** : le principe de cette économie est de remplacer la vente d'un bien par son usage dans le but d'encourager les producteurs à concevoir des produits durables. [9]
- **Le concept « Du berceau au berceau »** : l'objectif est de concevoir un produit de manière à préserver la qualité des matières premières à travers les multiples cycles de vie du produit, indéfiniment, éliminant ainsi la notion de déchet. [9]
- **Le biomimétisme** : le principe est de s'inspirer de la nature pour concevoir des objets et des systèmes. [9]
- **L'écologie industrielle** : Elle vise à représenter les systèmes industriels comme un écosystème, en cherchant à créer des synergies organisationnelles entre les acteurs économiques et à minimiser l'exploitation des ressources et les impacts sur l'environnement. [9]
- **L'économie bleue** : c'est un modèle économique récent qui considère les déchets comme ayant une valeur, et encourage le biomimétisme et l'innovation. Ce modèle concentre surtout sur la notion de ressource locale et de résilience. [9]

Principes et stratégies de l'économie circulaire

Pour atteindre cet objectif, l'économie circulaire s'appuie sur trois principes fondamentaux :

- **Élimination des déchets et de la pollution par le design** : Le déchet n'existe pas dans la nature, c'est un résultat des choix de conception. En considérant les déchets comme des défauts de conception qui doivent être anticipés et limités dès le départ, on peut limiter la création de déchets et la pollution. [17]
- **Circulation des produits et matériaux** : en désignant des produits et des composants de façon à ce qu'ils soient réparables, réutilisables ou reconditionnés, et donc en les gardant en circulation plutôt que de les jeter. [18]
- **Régénération des systèmes naturels** : en s'inspirant de la nature, où le concept de déchet n'existe pas puisque ce qui est le déchet de l'un devient la nourriture de l'autre. Nous devrions concevoir des cycles de production qui permettent le retour d'éléments nutritifs dans la nature. [19]

La transition du modèle économique linéaire vers le modèle circulaire peut s'opérer en suivant la hiérarchie R, qui classe les principes d'opérationnalisation selon leur priorité : Refuser, Repenser, Réduire, Réutiliser, Réparation, Remise à neuf, Reconditionné, Réadapter, Recycler, Récupération. Les stratégies et leurs objectifs sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1. 4 - Les stratégies et les objectifs de l'économie circulaire

Stratégie	Sous-stratégie		Objectifs
Utilisation et fabrication plus intelligentes des produits	R0	Refuser	Suspension de la production de produits ayant un effet nocif sur l'environnement.
	R1	Repenser	- Utilisation plus efficace des produits. - Améliorer la performance environnementale : réduire les émissions, la toxicité et autres effets négatifs sur l'environnement. - Production de produits pouvant être "démontés, réparés et améliorés" à faible coût.
	R2	Réduire	- Utilisez moins de matériaux par unité de produit

Chapitre 1. Etat de l'art

			(grâce à la conception). - Moins d'utilisation de nouvelles ressources et d'énergie dans la nature.
Prolonger le cycle de vie du produit et des éléments	R3	Réutiliser	<p>Aspect temporel des objectifs :</p> <p>prolonger la durée de vie des produits et de leurs éléments en supprimant l'obsolescence programmée des produits, avec une longue garantie et une fiabilité obligatoires.</p> <p>Objectifs liés à l'efficacité de la boucle :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réduction des coûts en améliorant l'organisation, l'ingénierie, la chaîne d'approvisionnement, les processus métiers et les pièces de rechange ; - Améliorer la conception des produits qui permettront la longévité, la fiabilité, la durabilité et le démontage du produit pour faciliter la prolongation de la durée de vie du produit ; - des facteurs culturels qui impliquent des cycles d'innovation plus courts, des produits plus complexes et divers autres facteurs du côté de l'offre et de la demande.
	R4	Réparation	
	R5	Remise à neuf	
	R6	Reconditionné	
	R7	Réadapter	
Utilisation utile des matériaux	R8	Recycler	Améliorer la performance environnementale grâce à un recyclage de haute qualité, au recyclage sur site, au recyclage du contenu des produits et bien plus encore. Le concept du produit doit être conçu de manière à garantir un recyclage simple et facile.
	R9	Récupération	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction de l'incinération des déchets. - La fourchette d'incinération des déchets comme norme afin d'établir une économie circulaire devrait être comprise entre 0 % et 10 %, avec une tendance à être aussi proche que possible de 0 %. - Dans un modèle circulaire parfait, les déchets n'existent pas.

Différences entre L'économie linéaire et l'économie circulaire

Le tableau suivant présente une comparaison détaillée entre le modèle linéaire et circulaire, mettant en lumière leurs différences clés.

Tableau 1. 5 - Les différences entre l'économie linéaire et circulaire

Élément	Économie Linéaire	Économie Circulaire
Processus	Prélever, fabriquer, jeter	Réduire, Réutiliser, Recycler (3 R) → 9 R
Approche du marché	Croissance illimitée de la consommation	Découplage de la croissance et de la consommation de matériaux
Valeur des déchets	Déchets sans valeur	Déchets avec une valeur élevée
Environnement	La non prise en compte de la capacité limitée de l'environnement	Lutte contre la pollution par les déchets et protection de la biodiversité
Cycle	Boucle ouverte : valeur créée en produisant autant de nouveaux produits que possible	Boucle fermée : valeur créée par la transformation des déchets en intrants
Flux de déchets	Déchets rejetés et mis en décharge	Déchets réinjectés dans les processus de production (à terme, zéro déchet)
Utilisation des matériaux et produits	Usage unique des matériaux et des produits	Usage multiple des matériaux et des produits
Défis pratiques	- Obsolescence programmée : produits rapidement obsolètes et culture du gaspillage - Utilisation de matériaux vierges : extraction de ressources naturelles	- Approche cycle de vie : conserver les produits le plus longtemps possible - Utilisation de matériaux secondaires : substitution des matériaux vierges
Risques	Augmentation des rejets de déchets tout au long des chaînes logistiques, impacts élevés en termes de CO2 et production élevée de déchets	Effets pervers des pratiques liées aux R : risques environnementaux accrus dans les pays avec capacités de recyclage limitées ou un parc automobile vieillissant

Pour atteindre ces objectifs, l'EC nécessite une réingénierie de nombreux processus et fonctions et une révision des approches traditionnelles de la gestion, notamment la gestion de la supply chain. En effet, la supply chain doit être reconfigurée avec des approches nouvelles, plus locales et résilientes, basées sur la maîtrise de l'accès aux matières premières et à l'énergie, la préservation des matériaux et une utilisation plus efficiente des ressources.[20]

1.1.2. De la supply chain linéaire vers la supply chain Circulaire

Souvent assimilée à la logistique, la Supply Chain est souvent réduite à ses aspects les plus élémentaires : le transport et le stockage. Cependant, son rôle a évolué de manière considérable, devenant un élément central des stratégies d'entreprise. Les responsables de la Supply Chain sont désormais intégrés aux prises de décision des comités de direction, en particulier dans le secteur industriel.[21] Motivés par la hausse des coûts des matières premières et l'urgence environnementale, de nombreux acteurs préconisent une transition des Supply Chains linéaires vers des modèles circulaires plus durables.[22]

Définition de la Supply Chain (SC)

Supply Chain (SC) est le terme anglo-saxon pour désigner la chaîne d'approvisionnement. La littérature propose plusieurs définitions de ce concept, bien que ces définitions ne soient pas contradictoires, elles ne donnent pas toutes le même sens à ce terme [23]. Chaque définition met en lumière différents aspects du concept de supply chain.. Selon “The Supply Chain Council” ; la chaîne d'approvisionnement englobe tous les efforts de production et de livraison d'un produit final, du fournisseur du fournisseur au client du client. Quatre processus de base, planification, source, fabrication, livraison, définissent ces efforts, notamment la gestion de l'offre et de la demande, l'approvisionnement en matières premières et les pièces, la fabrication et l'assemblage, l'entreposage et le suivi des stocks, l'entrée des commandes et la gestion des commandes, la distribution dans tous les canaux, Et la livraison au client.[23] Lummus, quant à lui, définit la Supply Chain comme un réseau d'entités par lesquelles les matériaux circulent. Ces entités peuvent inclure des fournisseurs, des transporteurs, des sites de fabrication, des centres de distribution, des détaillants et des clients.[24] T. MENTZE a également défini la chaîne d'approvisionnement comme étant un groupe d'au moins trois entités (entreprises ou personnes physiques) directement impliquées dans les flux amont et aval. [25]

D'après les définitions évoquées, la Supply Chain se présente comme un réseau dynamique d'entreprises autonomes, s'étendant du premier fournisseur jusqu'au client final. Ces entreprises sont reliées par des flux en amont et en aval, comprenant des flux physiques, informationnels et financiers. L'objectif premier de cette chaîne est la satisfaction du client, atteinte grâce à une meilleure coordination et intégration, ainsi qu'une plus grande flexibilité et réactivité.

Définition du supply chain management (SCM)

Né au début des années 1980, le Supply Chain Management (SCM) s'est distingué de la gestion logistique par sa vision plus globale. D'après Douglas M. Lambert la supply chain management

est la gestion des relations au sein du réseau d'organisations, depuis les clients finaux jusqu'aux fournisseurs d'origine, à l'aide de processus commerciaux transversaux clés afin de créer de la valeur pour les clients et les autres parties prenantes.[26] Le Supply Chain Management (SCM) vise à optimiser les coûts globaux de la supply chain tout en minimisant les risques liés aux incertitudes. Contrairement à une approche focalisée sur des aspects spécifiques tels que la réduction des coûts de transport ou la diminution des stocks, le SCM adopte une vision holistique, prenant en compte l'ensemble des coûts et des processus de la chaîne. Cette approche globale permet une optimisation efficiente des coûts tout en répondant aux exigences de qualité de service.[26]

Le supply chain management est donc une approche intégrée qui vise à planifier et à contrôler les flux physiques, informationnels et financiers entre tous les acteurs de la chaîne afin d'optimiser l'ensemble des processus de la supply chain. En ce sens, le supply chain management se conçoit comme une démarche de management des processus au sein d'une chaîne étendue. [27] le tableau ci-dessous contient sept processus de réalisation majeurs sur lesquels peut s'appuyer le supply chain management.

Tableau 1. 6 - Les processus de réalisation dans la supply chain [27]

Processus	Description
Concevoir et développer les produits/services	Ce processus comprend les activités de prototypage et de conception de nouveaux produits/services ainsi que les évolutions et modifications des produits existants. Il inclut la sélection des matières premières/composants, la sélection des procédés de production, la conception de l'étiquetage et des emballages, et l'anticipation de la fin de vie des produits/services.
Acheter les matières premières/composants	Ce processus couvre les activités liées à l'achat des matières premières/composants. Le choix des fournisseurs repose sur des critères tels que la qualité, le prix, les délais de réapprovisionnement, la capacité de production, la flexibilité de la demande et l'impact environnemental. Il inclut la sélection des fournisseurs et la gestion des relations avec eux.
Approvisionner les matières premières/composants	Ce processus comprend l'organisation de la livraison, la réception des matières premières/composants, la gestion des documents et la validation des paiements. L'objectif est de satisfaire les demandes de production tout en maintenant des niveaux de stocks bas.

Produire les produits/ services	Ce processus concerne les transformations des matières premières/composants pour réaliser les produits finis. Il vise à améliorer et optimiser l'efficacité de la production à travers la planification, l'ordonnancement, la détermination de la taille optimale des lots, et la gestion des déchets.
Vendre les produits /services	Ce processus se concentre sur l'importance accordée au client dans l'organisation et le fonctionnement de l'entreprise. Géré par le service commercial, il développe les relations clients (négociation des prix et délais, enregistrement des commandes) et analyse le marché. Il inclut la prospection, la vente des produits/services et la satisfaction des clients.
Distribuer les produits /services	Ce processus couvre les activités liées à l'entreposage et à la circulation des produits finis, de l'entreprise au client. Il inclut la gestion et la sélection des emballages, la consolidation des commandes, la construction des chargements, la sélection des trajets et des transporteurs, et l'expédition des produits finis.

Il est important de souligner que selon l'organisation de la supply chain et le flux des matières en son sein, on peut distinguer deux grands modèles de supply chain : la supply chain linéaire et la supply chain circulaire [28]

La supply chain Linéaire

La supply chain linéaire est un modèle traditionnel de la supply chain dans lequel les matières premières sont extraites, transformées en produits finis, puis distribuées aux clients pour être finalement éliminées. Ainsi, la supply chain linéaire forme un processus d'approvisionnement simple et direct à sens unique, allant des producteurs aux clients.[29] Ce modèle se caractérise par une approche basée sur un flux linéaire unidirectionnel de matières qui ne tient pas compte des aspects environnementaux et de la gestion de la fin de vie des produits. Il fonctionne sur le principe de la maximisation des profits, des fuites de valeur, de l'utilisation excessive de matières premières et, finalement, de la vente de produits en grandes quantités. Cela conduit au gaspillage de nombreuses ressources naturelles comme l'eau, l'énergie et les terres, et nuit finalement à l'environnement.[29] De plus, ce modèle ne gère pas efficacement les déchets accumulés chez les différents acteurs de la supply chain. Par conséquent, le concept de la supply chain circulaire a vu le jour. Ce dernier a la capacité de gérer l'accumulation de déchets et de fournir une méthodologie appropriée pour les minimiser. [30]

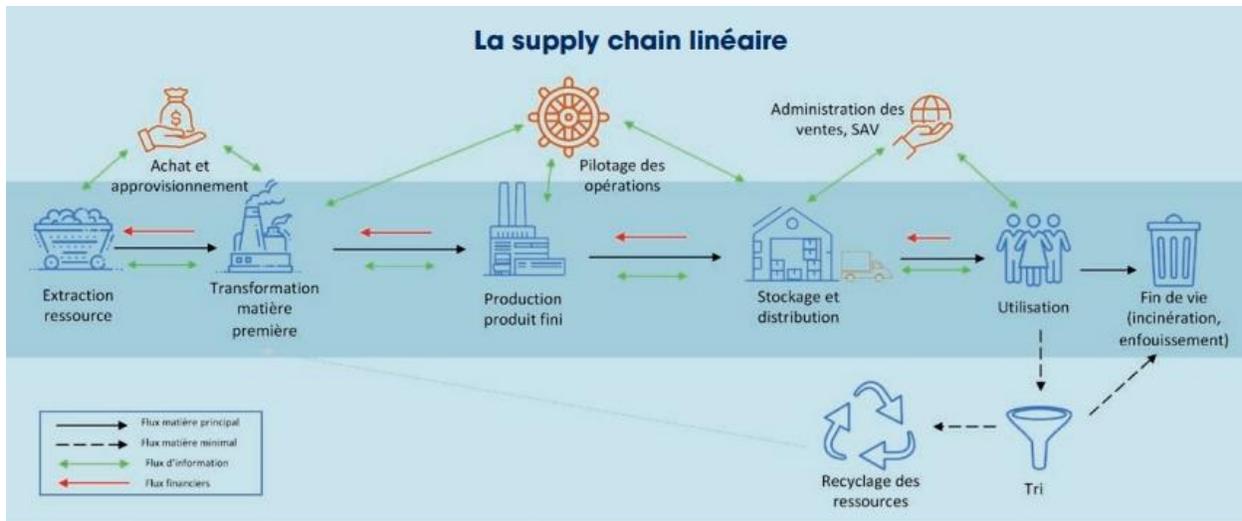


Figure 1. 4 - schéma supply chain linéaire, document [21]

La supply chain circulaire

La supply chain circulaire est une approche innovante et durable de la gestion des ressources, visant à minimiser les déchets et à maximiser l'utilisation des matériaux tout au long du cycle de vie des produits. Elle remplace le modèle linéaire traditionnel par un système fermé et régénératif, où les produits et matériaux sont continuellement réutilisés et recyclés. Cela réduit le besoin de nouvelles ressources naturelles et minimise le gaspillage. Ce concept repose sur l'intégration de divers partenaires, tels que les fournisseurs de matières premières, les fabricants, les distributeurs, les détaillants, les collecteurs de déchets, les manufacturiers et les recycleurs. La supply chain circulaire se concentre sur la gestion des produits en fin de vie pour leur réutilisation, réparation, réassemblage, remanufacture, recyclage et élimination des déchets.[31]

L'hypothèse courante est que si les pratiques et stratégies de gestion de la supply chain sont repensées et recentrées, elles peuvent jouer un rôle crucial dans la réalisation des objectifs de l'économie circulaire. Cependant la mise en œuvre de supply chains circulaires exige des engagements concrets. Traditionnellement, la cartographie des flux (supply chain design) et les systèmes informatiques (ERP, logiciels logistiques) étaient conçus pour une représentation linéaire. La transition vers une supply chain circulaire nécessite une révision fondamentale de ces systèmes. [31]

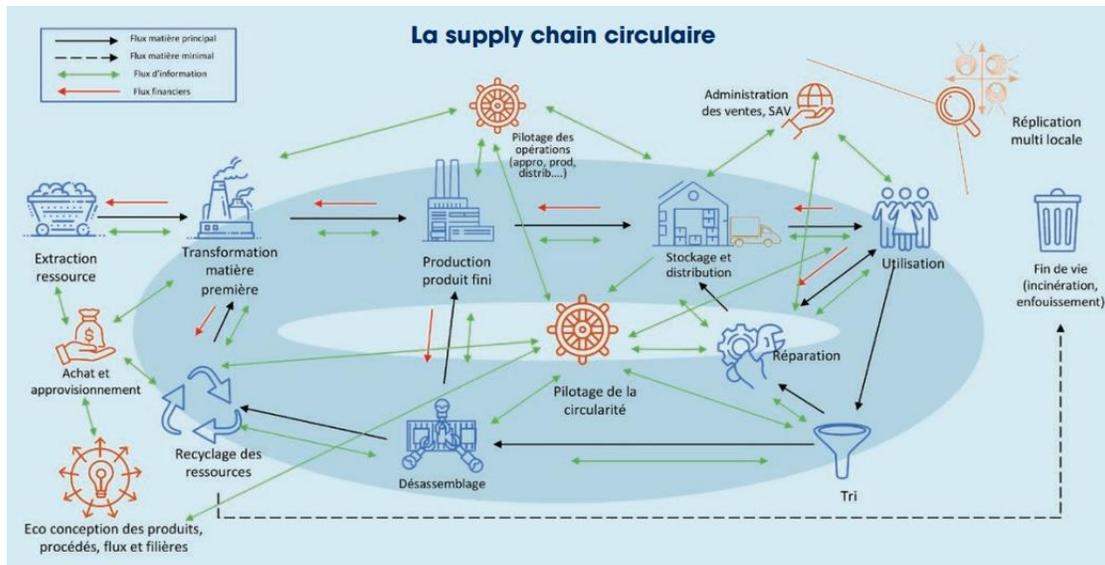


Figure 1. 5 - La supply chain circulaire [21]

Les travaux de Citwell et Soroa, soutenus par l'Institut national de l'économie circulaire, ont défini les clés de réussite politique pour accélérer le déploiement des supply chain circulaires dans l'industrie et l'économie. Ils soulignent l'importance de sensibiliser et mobiliser les acteurs, de développer des cadres politiques favorables et des incitations publiques, et de promouvoir l'innovation et la recherche à travers des investissements dans le développement de technologies et solutions circulaires. La supply chain circulaire, étant le cœur du système de l'économie circulaire, doit être intégrée comme outil stratégique de la planification écologique. [21]

La gestion de la supply chain circulaire (Circular supply chain management CSCM)

La gestion de la supply chain circulaire intègre la pensée circulaire dans la gestion de la chaîne d'approvisionnement et ses écosystèmes industriels et naturels environnants pour atteindre l'objectif de zéro déchet. Elle implique la configuration et la coordination des fonctions organisationnelles telles que le marketing, les ventes, la R&D, la production, la logistique, l'informatique, les finances et le service client, tant au sein qu'entre les unités commerciales et les organisations. L'objectif est de fermer, ralentir, intensifier, restreindre et dématérialiser les boucles de matériaux et d'énergie pour minimiser l'utilisation des ressources et les fuites de déchets et d'émissions. Cela améliore l'efficacité opérationnelle et génère des avantages concurrentiels [32].

La supply chain circulaire place la performance de la chaîne de valeur sur l'efficacité d'utilisation des ressources, afin de les préserver, les réallouer en permanence et optimiser leur usage. La supply chain circulaire n'est pas une simple extension de la chaîne d'approvisionnement linéaire. Elle repose sur des boucles de retour (logistique inversée, pièces de seconde main...), sur le soutien à

la prolongation de la durée de vie (maintenance préventive, réparation...), et sur l'intensification de l'usage (partage et économie de la fonctionnalité...). [22]

Le passage à celle-ci exige des changements significatifs dans les processus clés tels que la conception de produits, l'approvisionnement, la fabrication, la logistique et la gestion de l'information. Bien que certaines entreprises aient adopté des pratiques circulaires à un niveau micro, une approche vraiment circulaire nécessite une transformation holistique de toute la supply chain.

Tableau 1. 7 - Processus de la gestion de la supply chain circulaire [32]

Processus	Description
Conception des Produits/Services	La conception influence tout le cycle de vie du produit en intégrant des stratégies pour une gestion durable de la fin de vie et la réduction des déchets. Elle favorise la circularité des ressources avec des caractéristiques comme la modularité et la standardisation, ainsi que la collaboration efficace dans la chaîne d'approvisionnement.
Approvisionnement circulaire	Redéfinition des principes traditionnels d'approvisionnement pour privilégier l'acquisition de matériaux techniquement restauratifs et biologiquement régénératifs. Objectif : minimiser l'utilisation des matières premières et maximiser l'efficacité des ressources par la récupération et la réduction des déchets.
Production	Ce processus sert à adopter des pratiques de fabrication verte pour réduire l'impact environnemental et la consommation de ressources. Inclut la production propre, l'utilisation de matériaux respectueux de l'environnement et la réduction de la consommation d'énergie pour une efficacité matérielle accrue.
Logistique	Il sert à la révision des réseaux logistiques pour accroître la durabilité et la rentabilité. La logistique verte minimise la consommation d'énergie dans le transport et l'entreposage, optimise la logistique inverse pour le retour efficace des produits et explore les marchés secondaires pour la réutilisation des produits.

Consommation	Encouragement à une consommation durable par la sensibilisation aux produits circulaires et leurs avantages. Nécessite des produits conçus avec des caractéristiques comme la réparabilité et l'innovation, ainsi que des stratégies pour stimuler le retour des produits usagés et maintenir un système circulaire efficace.
Fin de vie et gestion des déchets	Maximisation de la valeur restante des produits par des pratiques de remanufacturation, remise à neuf, réaffectation et recyclage. Les systèmes de gestion des déchets intégrés et circulaires optimisent la récupération des ressources et le traitement des déchets, facilitant ainsi un processus de fin de vie efficace

Dans ce qui suit, nous nous focaliserons sur les deux processus que nous allons utiliser dans la suite de notre étude : l'approvisionnement circulaire et la gestion des déchets.

1. Approvisionnement Circulaire

Étant donné l'importance de l'approvisionnement dans le SCM, la méthode visant à associer les pratiques d'approvisionnement aux principes de l'économie circulaire (EC), autrement dit, l'approvisionnement circulaire (AC), revêt une importance cruciale pour orienter la SCM vers des objectifs circulaires.[33] L'approvisionnement circulaire constitue un concept relativement récent, dont la définition fait l'objet de divers débats et interprétations, comme illustré dans le tableau suivant :

Tableau 1. 8 - Les définitions de l'approvisionnement circulaire

Référence	Description	Focus
Van Geet, 2014	Approvisionnement circulaire = Économie circulaire + Approvisionnement public.[34]	Réutilisation Recyclage Réparation Réusinage Remanufacture Récupération
Green Deal, Circular Procurement, 2013	L'approvisionnement circulaire stimule et crée la demande pour des biens qui contribuent à l'économie circulaire.[35]	Promotion de l'économie circulaire.

<p>MVO Nederlands, 2015</p>	<p>Le fournisseur s'assure que les produits sont fabriqués conformément aux principes de l'économie circulaire et seront traités ultérieurement après utilisation, c'est-à-dire qu'ils sont réparables et peuvent être décomposés en composants et/ou matériaux à la fin de leur cycle de vie, qui peuvent être réutilisés.[12]</p>	<p>Recyclabilité et réutilisation des matériaux</p>
<p>Philips, 2016</p>	<p>L'approvisionnement circulaire consiste à faire des choix dès le début du processus de création, de sorte que les matériaux et les composants soient adaptés, en fin de vie, pour réparation, réusinage ou réutilisation.[36]</p>	<p>Sélection des composants et coopération dans la chaîne d'approvisionnement</p>
<p>Approvisionnement public circulaire dans les pays nordiques, 2017</p>	<p>L'achat de produits, services ou systèmes à prix compétitif qui prolongent la durée de vie, la rétention de valeur et/ou le recyclage non risqué de matériaux biologiques ou techniques, comparés à d'autres solutions pour un but similaire sur le marché.[37]</p>	<p>Création de valeur, bien-être social et amélioration environnementale grâce à des boucles de matériaux fermées et sûres</p>
<p>Commission européenne, 2017</p>	<p>L'approvisionnement circulaire peut être défini comme le processus par lequel les autorités publiques achètent des travaux, biens ou services qui cherchent à contribuer à des boucles énergétiques et matérielles fermées au sein des chaînes d'approvisionnement, tout en minimisant, et dans le meilleur des cas en évitant, les impacts environnementaux négatifs et la création de déchets tout au long de leur cycle de vie.[38]</p>	<p>Modèles d'approvisionnement circulaire : niveau système, niveau fournisseur et produit. Hiérarchie de l'approvisionnement circulaire : réduire, réutiliser, recycler et récupérer.</p>

En effet, l'AC met l'accent sur la coopération avec des fournisseurs afin de se procurer des matériaux ayant un impact circulaire. Le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) indique que :

"l'approvisionnement circulaire se produit lorsque l'acheteur acquiert des produits ou des services conformes aux principes de l'économie circulaire, soutenant l'évaluation de la conception, de la fabrication, de la vente, de la réutilisation et du recyclage des produits afin de maximiser leur valeur, tant en phase d'utilisation qu'en fin de vie" [37].

Dans cette étude, nous adoptons la définition de l'AC proposée par le PNUE (2021), car elle exprime de manière exhaustive la nature de l'approvisionnement en lien avec l'économie circulaire.

2. Gestion des déchets

La gestion des déchets consiste en une série d'opérations essentielles, allant de la collecte, du tri, du transport et du stockage, jusqu'à la valorisation et l'élimination des déchets, y compris le contrôle de ces processus. En intégrant les principes des "3R" (Réduire, Réutiliser, Recycler), cette gestion prend en compte la régulation des processus futurs de production et d'exploitation. Les déchets peuvent être obtenus sous différentes formes : solide, liquide et gazeuse, chacune nécessitant des méthodes de traitement et d'élimination spécifiques [39]. Voici les méthodes :

- Réduire consiste à minimiser la consommation ou l'utilisation de ressources dès le départ. Cela implique que les consommateurs évaluent la durabilité et la qualité des produits lors de l'achat, en cherchant à réduire les déchets par la préférence pour des articles avec moins de matériaux toxiques et des produits rechargeables.
- Réutiliser signifie utiliser des matériaux dans une forme différente de leur forme d'origine, plutôt que de les jeter après chaque usage. Par exemple, réutiliser des sacs en papier et en plastique, utiliser des serviettes en coton lavables plutôt que des essuie-tout jetables, et des bouteilles en verre comme contenants réutilisables.
- Recycler transforme les déchets en nouveaux produits ou ressources grâce à des procédés physiques et chimiques. Cela réduit la consommation d'énergie et évite l'utilisation de nouvelles ressources, préservant ainsi l'écosystème. Le recyclage inclut également le compostage des déchets organiques qui est une méthode de valorisation et de traitement biochimique en vue d'obtenir un amendement organique. Stable d'un point de vue biologique, hygiénique et riche en humus, le produit fini obtenu est appelé compost.

La traçabilité des déchets joue un rôle crucial dans ce processus, en permettant de suivre et de documenter le mouvement et l'élimination des matériaux de déchets. La traçabilité assure la conformité avec les règles et encourage la transparence, en suivant l'origine, le transit, le traitement et l'élimination finale des déchets. Cela soutient des pratiques de gestion des déchets responsables, identifie les inefficacités et aide à surveiller les impacts environnementaux.

La circularité dans la gestion des déchets

La circularité dans la gestion des déchets implique l'utilisation efficace des ressources et la réduction des déchets par des pratiques telles que la maintenance, la réparation, la réutilisation, la redistribution, la rénovation, le recyclage et l'enfouissement des déchets non recyclables. Les principes de l'économie circulaire doivent être intégrés dès la conception et la fabrication des produits. Des recommandations incluent l'amélioration de la responsabilité des producteurs, la réduction des émissions pendant le transport des déchets, et le développement de schémas de gestion ciblant les déchets toxiques et dangereux. Ces concepts permettent de maintenir des matériaux autrefois considérés comme des déchets dans l'économie en tant que ressources précieuses, conformément aux avancées technologiques et aux réglementations.

1.2. La méthodologie de résolution

Dans cette section nous abordons, le choix de la méthodologie DMAIC qui est été ensuite adoptée comme cadre de résolution de la problématique, en détaillant les outils utilisés dans chacune de ces cinq phases ; Définir, Mesurer, Analyser, Innover et Contrôler.[40]

Comparaison des méthodes de résolution de problèmes

Les méthodes de résolution de problème telles que PDCA, DMAIC, A3, 8D et bien d'autres sont proposent une approche bout en bout, allant de l'identification du problème, à sa résolution en passant par l'identification des causes racines, leur priorisation, etc. Elles peuvent être classées selon les deux critères suivants :

- La taille du problème à résoudre
- Le type de problème à résoudre : Processus d'amélioration continue ou problème unique.

Malgré leurs différences, toutes ces approches ont en commun de se baser sur une démarche scientifique et méthodologique pour résoudre un problème. En outre, les phases de chaque méthode coïncident entre elles, comme le résume le tableau ci-après :

Tableau 1. 9 - Tableau comparatif entre les différentes méthodes de résolution de problèmes

PDCA	DMAIC	A3	8D
Un guide pour un cycle simple et répétitif d'amélioration continue	Une technique de base de la méthodologie Six Sigma, le DMAIC déploie un système de techniques avec un accent sur les données et les statistiques pour résoudre les problèmes de processus.	Un modèle de résolution de problèmes, de gestion de projet et de communication pour l'amélioration opérationnelle. La force du A3 réside dans son approche standardisée de la documentation et de la communication.	Méthodologie de résolution de problèmes en huit étapes utilisée principalement pour identifier et éliminer les causes profondes des problèmes, en particulier dans les secteurs de la fabrication et de l'ingénierie.
Les étapes de résolution			
Préparer (Plan)	Définir	Clarifier le problème	Constituer l'équipe et collecter les informations
	Mesurer	Décomposer le problème	Décrire le problème
		Définir la cible	Définir les actions de contournement
Réaliser (DO)	Analyser	Analyser les causes racines	Analyser les causes racines

Chapitre 1. Etat de l'art

Vérifier (Check)	Améliorer	Développer les contre-mesures	Définir des actions correctives potentielles
Ajuster (Act)	Contrôler	Mettre en œuvre les contre-mesures	Mettre en œuvre des actions correctives
		Évaluer les résultats et les processus	Définir des actions préventives
		Standardiser le succès	Féliciter l'équipe

En analysant ces différentes méthodes, nous avons décidé d'éliminer la méthode A3 et la méthode 8D pour les raisons suivantes :

- Méthode 8D : Elle est utilisée pour identifier les causes racines des problèmes, ce qui n'est pas l'objectif de notre étude.
- Méthode A3 : C'est une méthodologie axée sur la documentation du projet et la communication avec les parties prenantes lorsque leur nombre est élevé, ce qui n'est pas le cas dans notre problématique.

Nous avons ensuite mené une analyse détaillée du DMAIC et du PDCA :

Tableau 1. 10 - Tableau comparatif entre la méthode DMAIC et PDCA

	DMAIC	PDCA
Approche	Structurée et rigoureuse	Flexible et itérative
Focus	Analyse des données et réduction de la variation	Apprentissage et adaptation organisationnelle
Utilisation	Amélioration de processus existants	Amélioration de processus existants et création de nouveaux processus
Avantages	Approche structurée et rigoureuse	Approche flexible et itérative
	Optimisation des performances	Convient à diverses situations
	Maintien des améliorations	Facilité de mise en œuvre
Inconvénients	Peut être trop rigide pour certaines organisations	Manque de structure et de rigueur pour les problèmes complexes
	Nécessite plus de temps et de ressources	Moins efficace pour optimiser les performances que DMAIC
	Moins adapté aux problèmes nécessitant une approche créative	Nécessite un engagement fort de la direction

Nous avons choisi la méthodologie DMAIC comme cadre de résolution de notre problématique car il s'agit d'une problématique vaste qui nécessite un cadre de résolution structuré basé sur l'analyse de données. Maurice Pillet décrit les étapes de la démarche comme suit :

1.2.1. La phase définir

La phase de "Définir" est composée de deux sous-étapes principales. La première consiste à choisir le sujet de travail le plus approprié dans le cadre de la stratégie de l'entreprise. Une fois ce sujet sélectionné, la seconde sous-étape vise à réaliser un état des lieux détaillé en posant des questions claires sur les objectifs, le périmètre, les intervenants et le planning du projet.[41] Les outils utilisés :

La méthode QQQQCP

La méthode QQQQCP permet de rassembler des informations détaillées sur le problème en posant ces six questions essentielles. Cela aide à mieux comprendre la nature, la portée et les implications du problème, afin de pouvoir ensuite identifier et mettre en œuvre des solutions appropriées.[42] En répondant sur Le sigle QQQQCCP (pour « Qui fait Quoi ?, Où ? Quand ? Comment ? Combien ? et Pourquoi ? »).

Tableau 1. 11 - Méthode QQQQCP [42]

QQQQCP (5W1H)	Description
Quoi (What)	Quel est le problème ou l'objet d'étude ? Quels sont les aspects spécifiques ou les caractéristiques du problème ?
Qui (Who)	Qui est impliqué dans le problème ? Qui est affecté par le problème ? Y a-t-il des acteurs clés ou des parties prenantes importantes liées au problème ?
Où (Where)	Où le problème se produit-il ? Où le problème a-t-il été détecté ou observé ?
Quand (When)	Quand le problème s'est-il produit ? Quand a-t-il été détecté ou signalé ? Est-ce que le problème se produit régulièrement, de manière sporadique ou à des moments précis ?

Comment (How)	Comment le problème se manifeste-t-il ? Comment le problème affecte-t-il les processus, les personnes ou les systèmes ? Comment le problème est-il mesuré ou évalué ?
Pourquoi (Why)	Pourquoi le problème se produit-il ? Quelles sont les causes ou les facteurs contributifs du problème ? Quelles sont les conséquences ou les impacts du problème ?

Diagramme dehors/ dedans

Le diagramme "Dedans/Dehors" est un outil visuel permettant de représenter les frontières et les interactions entre les différentes parties d'un système ou d'un processus. Il met en lumière les entrées, les sorties, ainsi que les flux entre les composants internes et externes, tout en illustrant les contraintes, les interfaces et les responsabilités de chaque élément. Cet outil facilite la communication et la compréhension des frontières et des interfaces, et aide à identifier les opportunités d'amélioration ainsi que les risques potentiels.[43]

Charte de projet

La charte de projet synthétise les principales conclusions de la phase "Définir" et constitue un document clé pour lancer et orienter le projet. Elle précise le problème ou l'opportunité d'amélioration, identifie les caractéristiques critiques pour les clients, établit l'état actuel et l'état souhaité, et met en place l'équipe de travail chargée de la mise en œuvre. La charte sert de référence pour le suivi, l'évaluation et la communication du projet, et peut être révisée au besoin pour assurer l'atteinte des objectifs dans les délais prévus.[43]

Diagramme de Gantt

Le diagramme de GANTT est un outil permettant de planifier le projet et de rendre plus simple le suivi de son avancement. Il permet de visualiser facilement le déroulement du projet, ainsi que de prévoir suffisamment à l'avance les actions à penser. Ce diagramme doit servir à atteindre les objectifs initialement fixés.[44]

1.2.2. La phase mesurer

Cette phase a pour but de rassembler diverses informations afin d'évaluer en profondeur la situation actuelle des performances des processus en utilisant des données chiffrées et des informations concrètes. Cela permet de quantifier précisément le problème et de comparer les résultats tout au long du projet. Cette phase divise en deux actions principales :

- Valider les processus de mesure : Il s'agit de s'assurer que la chaîne de mesure utilisée ne constitue pas déjà une source importante de variabilité. Pour ce faire, après avoir vérifié l'étalonnage de l'instrument, on s'assure également que la variabilité due aux défauts de répétabilité (plusieurs mesures effectuées par un même opérateur) et de reproductibilité (mesures effectuées par différents opérateurs) n'est pas excessive.
- Collecter des données pour évaluer la performance du processus : Avant d'apporter des modifications au processus, il est essentiel d'analyser la situation actuelle. Cela nécessite la collecte de données fiables sur lesquelles des tests statistiques seront réalisés.

Diagramme d'Ishikawa

Le diagramme d'Ishikawa, ou diagramme en arête de poisson, est un outil visuel conçu par Kaoru Ishikawa pour identifier les causes principales d'un problème en explorant les différentes causes possibles d'un événement ou phénomène. Utilisé souvent lors de sessions de brainstorming, il aide à analyser systématiquement les effets et les causes, et est aussi connu sous le nom de diagramme de cause à effet en raison de sa fonction et de sa forme, qui rappelle le squelette d'un poisson.

1.2.3. La phase analyser

Cette partie vise à analyser les données obtenues lors de l'étape précédente afin d'identifier des problèmes liés au processus et la recherche des causes profondes de ces problèmes. Par conséquent, cette étape agit comme un entonnoir pour les causes. Pour cela, on procède à deux types d'analyse:

- Une analyse descriptive des caractéristiques observées, afin de détecter d'éventuelles anomalies.
- Une analyse relationnelle, afin de comprendre la source des dysfonctionnements du processus.

Après avoir identifié les principales causes, il est désormais nécessaire de hiérarchiser ces causes pour déterminer celles sur lesquelles concentrer les efforts lors des prochaines étapes.

Aide multicritère à la décision et processus d'analyse hiérarchique AHP

« L'aide à la décision multicritère vise à fournir au décideur des outils qui permettront de progresser dans la résolution d'un problème de décision où plusieurs objectifs, souvent conflictuels, doivent être pris en compte. La divergence des objectifs nécessite la recherche d'une solution des meilleurs compromis possibles ».[45]

Les méthodes multicritères d'aide à la décision partent du principe que les solutions sont connues à l'avance. Le choix de la meilleure solution dépend de la manière dont le décideur exprime ses préférences, ce qui signifie que ces méthodes acceptent l'indifférence, contrairement aux méthodes

élémentaires. Issues de la recherche opérationnelle, les méthodes multicritères d'aide à la décision sont utiles pour évaluer, hiérarchiser et sélectionner entre les alternatives disponibles, qui sont caractérisées par de multiples attributs (Hwang et Yoon, 1981). Elles permettent d'utiliser des indicateurs environnementaux et sociaux qui ne peuvent pas être traduits en termes de coût.

1. Le Processus Hiérarchique Analytique (AHP)

Le Processus Hiérarchique Analytique (AHP) est une méthode multicritère d'aide à la décision (Partovi, 1994 ; Saaty, 1980 ; Seppala, Basson et Norris, 2001). Cette approche repose essentiellement sur des calculs complexes utilisant l'algèbre matricielle.[46] AHP structure un problème de décision en une hiérarchie reflétant les interactions entre ses divers éléments, en le décomposant de manière logique. Le processus descend d'un niveau supérieur à un niveau inférieur jusqu'à des comparaisons simples par paires de critères, avant de remonter pour la prise de décision .[47]

Cette méthode a été appliquée dans de nombreux domaines variés. Selon Saaty, elle a servi à des projets aussi divers que le rationnement de l'énergie, le conflit du Moyen-Orient, la planification des transports et l'élection présidentielle américaine de 1976, et les fluctuations des cours du pétrole en 1980.[48]

2. La procédure d'agrégation selon la méthode AHP comporte cinq étapes

Étape 01 : Décomposer le problème complexe en une structure hiérarchique

La construction de la hiérarchie repose sur trois hypothèses clés : la capacité à regrouper les entités en ensembles distincts, l'influence réciproque entre ces groupes, et l'indépendance des éléments au sein de chaque groupe. Ces principes sont essentiels pour établir une structure hiérarchique efficace et compréhensible.[49]

Pour structurer le problème, on commence par tous les éléments du problème, des plus généraux aux plus spécifiques, et on les organise en niveaux. Généralement, il y a trois niveaux :

- **Niveau 0** : Définir l'objectif cible.
- **Niveau 1** : Définir les critères de décision ou d'analyse.
- **Niveau 2** : Inclure les différentes solutions alternatives.

La structure de la hiérarchie dépend de la nature des décisions managériales et de la complexité du problème. La représentation hiérarchique peut varier selon l'analyste.

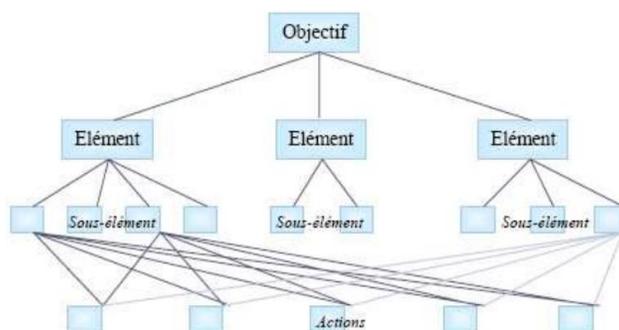


Figure 1. 6 - Structure hiérarchique d'un problème selon la méthode AH

Étape 02 : Comparaison par paire des éléments;

Une fois la hiérarchie établie, l'analyse de priorités est cruciale. Chaque élément à chaque niveau de la pyramide est évalué par une méthode de "Pair-Wise comparison", où deux éléments sont comparés pour déterminer leur importance relative vis-à-vis du décideur et de l'objectif du niveau supérieur. Cette approche permet de définir des préférences en utilisant une échelle de valeurs (1-9) basée sur la méthode AHP de Saaty. Cette échelle permet au décideur d'intégrer sa subjectivité et son expertise dans l'évaluation des éléments, en capturant les nuances des relations entre eux pour une prise de décision informée et éclairée.

Tableau 1. 12 - Echelle verbale des jugements [46]

Valeur numérique	Définition	Description
1	Également important	Les deux critères contribuent autant au critère père.
3	Légèrement plus important	L'expérience et l'appréciation personnelle favorisent légèrement un élément par rapport à un autre.
5	Fortement plus important	L'expérience et l'appréciation personnelle favorisent fortement un critère par rapport à un autre.
7	Très fortement plus important	Un critère est fortement favorisé et sa dominance est attestée dans la pratique.
9	Absolument plus important	Les preuves favorisant un critère par rapport à un autre sont aussi convaincantes que possible.

2, 4, 6, 8		Valeurs intermédiaires entre deux appréciations voisines
Valeurs Inverses	Utilisées pour montrer la dominance du second élément par rapport au premier.	Si x est la valeur du jugement quand C_i est comparé à C_j , alors $1/x$ est la valeur de jugement quand C_j est comparé à C_i .

Ainsi, à partir de cette échelle de valeurs, on complète une matrice de jugement M , à chaque niveau. Le nombre de matrices dépend du nombre d'éléments présents à chaque niveau. Le rang de la matrice de chaque niveau dépend du nombre d'éléments présents au niveau inférieur. [46]

Tableau 1. 13 - La matrice B des jugements relatifs du niveau (1)

Critère	C1	C2	...	Cm
C1	1	b_{12}		b_{1m}
C2	$1/b_{12}$	1		b_{2m}
...			1	
Cm	$1/b_{1m}$	$1/b_{2m}$		1

Pour le niveau (1) on note la matrice carrée des jugements $B = [b_{jl}]_{m \times m}$ où m est le nombre de critères.[46]

b_{jl} : le coefficient d'importance relative du critère C_j par rapport au critère C_l

Le décideur, de la même manière que précédemment, attribuait des coefficients d'importances relatives des actions potentielles par rapport à chaque critère. Pour chaque critère j est définie une matrice de jugements notée $D_j = [\Delta_{ik}(j)]_{n \times n}$ pour le niveau (2). [46]

Tableau 1. 14 - La matrice des jugements relatifs du niveau (2)

Actio n	a_1	a_2	...	a_n
------------	-------	-------	-----	-------

a_1	1	$\Delta_{12}(j)$		$\Delta_{1n}(j)$
a_2	$1/\Delta_{12}(j)$	1		$\Delta_{2n}(j)$
...			1	
a_n	$1/\Delta_{1n}(j)$	$1/\Delta_{2n}(j)$		1

Une fois la comparaison par paire effectuée, il est nécessaire de déterminer un vecteur de priorité pour classer les alternatives par ordre croissant ou décroissant. Ce classement prioritaire des éléments d'un niveau de la hiérarchie, qui contribue à l'accomplissement d'un objectif du niveau supérieur adjacent, est appelé "ordre de priorité".[46]

Étape 03 : Déterminer les priorités

Une fois les matrices comparatives créées, une mesure relative est dérivée pour chaque élément. Cette mesure, au niveau d'un critère fils par rapport à un critère père, constitue le poids du critère fils. Saaty propose une méthode basée sur la détermination des valeurs propres λ de la matrice des jugements pour définir ces poids.

Pour déterminer les poids à un niveau donné (matrice MMM), on procède comme suit:

- Résoudre l'équation $\det[M-\lambda I]=0$ pour trouver les valeurs propres de M
- Calculer le vecteur propre V correspondant à la plus grande valeur propre λ_{max} .

En résolvant le système $BV = \lambda_{max} IV$ (pour le niveau 1) et $D_j V = \lambda_{max} I V$ (pour le niveau 2), et en normalisant la matrice des jugements par colonne, puis en calculant la moyenne arithmétique de chaque ligne de la matrice normalisée, on obtient les poids des critères relatifs au niveau supérieur.

Étape 04 : Évaluer la cohérence des jugements

La cohérence des résultats doit également être vérifiée. Pour chacune des matrices de jugement B et D_j , on peut calculer un indice de cohérence. Pour une matrice donnée, on retient sa valeur propre maximale λ_{max} . L'indice de cohérence CI.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - K}{K - 1}, \quad k : \text{nombre d'éléments comparés}$$

Le ratio de cohérence est ensuite calculé en utilisant la formule $CR = \frac{RC}{RI}$

Où R.I est l'indice de cohérence obtenu par un grand nombre de simulations et dont les valeurs sont données dans table 10 ci-dessous.

Tableau 1. 15 - Les valeurs de l'indice de cohérence selon le nombre d'éléments comparés [46]

k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R.I	0,0	0,0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Étape 05 : Synthétiser les priorités.

Une fois que les priorités locales pour tous les critères de la hiérarchie ont été déterminées, l'AHP calcule un score d'évaluation globale pour chacune des alternatives identifiées. Le classement des actions peut être établi en calculant la moyenne pondérée des notes attribuées aux actions, en utilisant les poids des critères. Pour une action a_i , on note son poids global φ_i . [46]

$$\varphi_i = \sum_{j=1}^m \Psi_{ij} \times w_j$$

Le classement des actions est obtenu en triant les valeurs des poids globaux par ordre décroissant.

1.2.4. La phase innover

La phase d'amélioration du processus DMAIC vise à rechercher de nouvelles approches pour optimiser les processus, réduire les coûts et améliorer l'efficacité. Elle se concentre sur la créativité et l'exploration de méthodes alternatives pour mettre en œuvre ces nouvelles approches de manière efficace. L'objectif est d'identifier et de mettre en place des solutions qui génèrent des améliorations, des économies de coûts ou une productivité accrue. Les solutions sont choisies en fonction de leur faisabilité, répondant à la question : "Que devons-nous faire pour améliorer le processus ?". Cette phase repose sur le travail approfondi réalisé lors de la phase d'analyse. [43] Durant cette phase, nous avons utilisé ce concept :

Proof of concept dans le cadre de la mise en oeuvre des projets

Selon Jop van der Laan, un Proof of Concept (POC) est défini comme un processus créatif et une méthode d'analyse visant à prouver la faisabilité d'un concept de recherche dans une situation réelle, par opposition à un environnement de laboratoire. Ce concept a été initialement introduit par la NASA en 1967 pour démontrer la faisabilité des implémentations d'idées générées en laboratoire. Le POC a pour but de prouver que le concept peut fonctionner dans le monde réel, ce qui justifie la poursuite du développement de ce concept dans des contextes pratiques et commerciaux. [50] Le POC se compose de deux parties principales :

Processus Créatif : Cela implique l'implémentation d'un projet à partir d'un concept initial.

Mode d'analyse : Analyse de la faisabilité et la rentabilité du prototype créé. Cette analyse vise à vérifier si le prototype répond aux exigences spécifiées, qui peuvent inclure des critères économiques, techniques et environnementaux. Nous abordons les deux concepts utilisés :

1. L'impact environnemental du projet :

L'impact environnemental désigne l'ensemble des effets qu'un projet, quelle que soit sa nature, peut avoir sur l'environnement. Cela inclut les impacts sur l'air, le sol, l'eau, les écosystèmes, ainsi que sur la santé humaine. Pour mesurer cet impact on fait appel à l'analyse du cycle de vie (ACV), qui est la méthode la plus complète pour analyser toutes les étapes du cycle de vie d'un produit, d'un service ou d'un procédé implémenté dans un projet, en prenant en compte tous les impacts environnementaux produits à chaque étape, de l'extraction des matières premières à la fabrication, au transport, à l'utilisation et à la fin de vie du produit.[51]

Cet impact est souvent relié avec l'empreinte carbone selon l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) il convient de tenir compte de plusieurs éléments, notamment les émissions directes de CO₂ (consommation énergétique, transport,...). la formule se présente comme suit :

$$\text{Émissions de CO}_2 = \text{Quantité consommée} \times \text{facteur d'émission}$$

En ce qui concerne les émissions de CO₂ liées au déplacement, la formule est :

$$\text{Émissions de CO}_2 = \text{Consommation d'énergie} \times \text{distance parcourue} \times \text{facteur d'émission}$$

2. La rentabilité d'un projet

La rentabilité d'un projet d'investissement consiste à évaluer si les revenus générés par le projet surpassent les coûts engagés, permettant ainsi de réaliser un bénéfice. Investir pour une entreprise signifie immobiliser des ressources financières sur une longue durée dans l'espoir de réaliser un gain économique à terme. Analyser l'efficacité économique du projet avant d'engager des fonds est donc essentiel. Ce calcul financier se fait par le retour sur investissement (RSI), ou ROI en anglais (return on investment), un ratio utilisé pour déterminer le pourcentage de recettes nettes générées par l'investissement par rapport à la mise de fonds initiale. Il est calculé comme suit :

$$RSI = \frac{\text{Gains nets issus du projet} - \text{Investissement}}{\text{Investissement}}$$

Ce calcul se fait sur plusieurs années, souvent sur la durée d'amortissement de l'immobilisation acquise. Il permet aussi de déterminer le seuil de rentabilité, c'est-à-dire le moment où les revenus générés couvrent les coûts de l'investissement initial, permettant ainsi l'autofinancement.[52]

1.2.5. La phase contrôler

La phase de contrôle est essentielle pour garantir la pérennité des améliorations apportées au processus. Elle vise à établir une structure solide pour maintenir le processus sous contrôle. En mettant en place des mécanismes de surveillance et de suivi réguliers, elle assure que les améliorations ne se dégradent pas avec le temps. Cette étape est cruciale pour garantir la durabilité des gains obtenus et le bon fonctionnement continu du processus. Le contrôle actif permet d'identifier rapidement tout signe de dégradation et de prendre des mesures correctives appropriées.[43]

Dans cette section, nous nous intéressons d'abord à la mesure de la performance et aux éléments qui lui sont liés. Ensuite, nous définissons les concepts relatifs aux tableaux de bord.

Definition de la performance

Le concept de performance intègre à la fois l'efficacité et l'efficience. L'efficacité se réfère à l'idée d'entreprendre et de mener une action à son terme, tandis que l'efficience concerne l'utilisation la plus économique possible des ressources pour atteindre cet objectif. Ainsi, la performance consiste à obtenir un résultat optimal en utilisant les ressources de manière efficiente. La performance est définie comme « un constat officiel enregistrant un résultat accompli à un instant T, toujours en référence à un contexte, à un objectif et un résultat attendu, et ce quel que soit le domaine ». Une définition plus récente, donnée par Liebetruith (2017), décrit la performance comme « le processus de quantifier l'efficience et l'efficacité d'une action ». [53] La performance est une notion relative, nécessitant des indicateurs pour être mesurée.

Indicateur de performance

Un indicateur de performance, ou Key Performance Indicator (KPI), est une mesure ou un ensemble de mesures ciblant un aspect critique de la performance globale de l'organisation. Ils sont conçus pour transmettre un maximum d'informations de manière succincte à travers des taux, des quotients, des pourcentages ou des moyennes. Ils permettent de suivre les données au fil du temps pour former des tendances en matière de performance et ainsi suivre l'atteinte des objectifs dans des tableaux de bord. [54]

Typologie du tableau de bord

Le tableau de bord est un outil de gestion qui synthétise les activités et les résultats de l'entreprise par processus. Il présente des indicateurs permettant de contrôler la réalisation des objectifs et de prendre des décisions en temps opportun. Selon une périodicité appropriée, il regroupe les tableaux

de bord en trois grandes catégories, différenciées par les KPI (indicateurs clés de performance) qu'ils utilisent, tels que les KPI financiers, d'activité, de rentabilité, etc. En exploitant ces KPI, les gestionnaires peuvent suivre les performances de leur entreprise et ajuster leur stratégie en conséquence.

L'outils technologique de visualisation des données Power BI

Microsoft Power BI est une suite d'outils d'analyse conçue pour explorer et interpréter les données d'entreprise, tout en facilitant le partage d'informations à travers des visualisations avancées. Les tableaux de bord, personnalisables ou prédéfinis, regroupent les principales métriques dans des vues claires et permettent des mises à jour en temps réel sur tous les appareils. Cette solution simplifie la création de rapports grâce à des outils intuitifs, unifiant ainsi un processus de reporting souvent fragmenté. Les rapports générés peuvent ensuite être partagés comme n'importe quel autre fichier ou chargés vers un service partagé.

Conclusion

En conclusion, cette première partie nous a permis de présenter les concepts théoriques fondamentaux essentiels pour aborder la problématique de notre étude. Nous avons exploré en détail l'économie circulaire, la supply chain management, la transition vers la supply chain circulaire ainsi que la méthodologie DMAIC. Cette dernière va nous permettre de structurer notre projet à travers différentes étapes : définir, mesurer, analyser, innover et contrôler. À chaque étape, nous utiliserons les outils mentionnés précédemment dans le développement du chapitre.

Chapitre 02 : Etat des lieux

Tout d'abord, ce chapitre vise à établir le contexte du projet en exposant les limites du modèle économique actuel et en soulignant la nécessité de passer à un modèle circulaire. Nous dresserons ensuite un état des lieux de l'économie circulaire en Algérie pour identifier les contraintes et le paysage local. Ensuite, nous présenterons l'organisme d'accueil, SLB, en abordant son organisation et ses objectifs en matière de développement et d'économie circulaire. Puis, nous diagnostiquerons la circularité au sein de SLB Algérie, en identifiant les pistes d'amélioration et en élaborant la première étape de la démarche DMAIC pour mieux cerner la problématique et ses différents paramètres.

2.1. Contexte du projet

Cette section vise à présenter le contexte du projet, à savoir les limites de l'économie linéaire et l'état de l'économie circulaire en Algérie.

2.1.1. L'économie circulaire comme réponse aux limites de l'économie linéaire

Notre modèle économique actuel, le modèle linéaire, est caractérisé par une utilisation croissante de matériaux pour une durée de vie réduite. En 2018, on estimait que plus de 100 milliards de tonnes de matières entraient dans notre économie, dont environ 90 % étaient extraites [55]. En 2023, Global Footprint Network⁵, à estimer que nous avons utilisé l'équivalent de 1,7 fois de ce que la Terre peut régénérer en un an [56].

Cette extraction massive des ressources naturelles entraîne un épuisement rapide des ressources. De nombreux éléments vitaux pour nos industries, comme l'or, l'argent, l'indium, l'iridium, le tungstène et bien d'autres, pourraient être épuisés d'ici cinquante ans [1]. De plus, le coût de production moyen des ressources est en croissance continue. En effet, malgré l'augmentation des dépenses dans le domaine de l'exploration et d'exploitation, la découverte de nouvelles réserves minières est difficile et faible [57]. Cette situation a conduit à une forte augmentation des prix des matières premières. D'un point de vue industriel, ce système expose les entreprises à de nombreux risques, tels que la volatilité des prix des ressources et les ruptures d'approvisionnement.

Ces perturbations s'intensifient d'autant plus sous l'effet de la croissance démographique et de l'amélioration du bien-être. D'ici 2030, la classe moyenne devrait s'agrandir de trois milliards de personnes, représentant la plus forte et la plus rapide hausse du revenu disponible jamais observée. Cette augmentation entraînera une demande croissante en matières premières [1]. Parallèlement, la durée de vie des produits se raccourcit encore plus, stimulée par l'appétit croissant des consommateurs pour la nouveauté, qui se traduit par un renouvellement plus fréquent de leurs achats.

⁵ *Global Footprint Network (GFN) est une organisation non gouvernementale (ONG) internationale qui promeut la durabilité grâce à l'utilisation de l'empreinte écologique, une mesure qui compare la demande humaine envers la nature avec la capacité de la Terre à régénérer les ressources et à absorber les déchets, y compris les émissions de carbone.*

En plus de l'épuisement des ressources, ce modèle a induit une réelle crise environnementale. En septembre 2023, une équipe de scientifiques a quantifié les neuf limites planétaires⁶ et a conclu que six des neuf limites ont été transgressées causant ainsi des changements environnementaux irréversibles à grande échelle. D'autre part, les dernières données de l'Administration nationale océanique et atmosphérique des États-Unis (NOAA) ont démontré que les niveaux des trois principaux gaz à effet de serre d'origine humaine responsables du réchauffement de la planète (le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane et l'oxyde nitreux), ont atteint des niveaux records en 2023. De plus, la concentration atmosphérique mondiale de CO₂, le principal gaz à effet de serre est 50 % de plus que le niveau avant la révolution industrielle [58].

Cette hausse des émissions de gaz à effet de serre a multiplié les phénomènes météorologiques extrêmes à l'échelle globale. Parmi ces phénomènes, le réchauffement climatique est l'une des crises environnementales les plus urgentes de notre époque. L'année 2023 a été de loin la plus chaude depuis le début des relevés mondiaux en 1850 et les dix années les plus chaudes de l'histoire enregistrées se sont toutes produites au cours de la dernière décennie (2014-2023).

Face à ces limites, une nouvelle approche émerge : l'économie circulaire. Ce modèle vise à découpler la croissance économique de l'utilisation des ressources et se présente comme une solution prometteuse pour diminuer les déchets et réduire les 40 % d'émissions de gaz à effet de serre qui ne peuvent être éliminées par la seule transition vers une énergie propre.

Le passage vers une économie circulaire revêt une importance cruciale pour les économies émergentes, car il est plus facile de concevoir la circularité au sein même de l'économie que de reconfigurer les modèles linéaires existants. Elle offre des avantages économiques et environnementaux à ces économies et contribue à réduire l'écart avec les économies développées. Cela est particulièrement vrai pour l'Algérie.

2.1.2. L'économie circulaire en Algérie, un état de lieux

L'objectif de cette partie est de dresser un état des lieux de l'économie circulaire en Algérie, en identifiant les opportunités, les menaces, les forces et les faiblesses susceptibles d'influencer son implantation. D'abord nous exposerons notre méthodologie de diagnostic. Ensuite, nous détaillerons les différentes étapes de l'analyse et présenterons les résultats obtenus. Cette démarche

⁶ *Les limites planétaires est un concept scientifique qui identifie neuf processus critiques du système Terre, chacun ayant une limite ou un seuil spécifique.*

nous permettra de cerner les contraintes imposées par la situation actuelle et de définir précisément notre champ d'action pour la suite de l'étude.

Méthodologie de diagnostic

Pour établir un diagnostic complet de l'économie circulaire en Algérie, nous avons combiné deux approches. Dans un premier temps, une étude bibliographique sur l'économie circulaire et la gestion des déchets en Algérie. Ensuite, une étude de terrain pour enrichir notre analyse. La figure ci-dessous présente notre démarche de diagnostic.

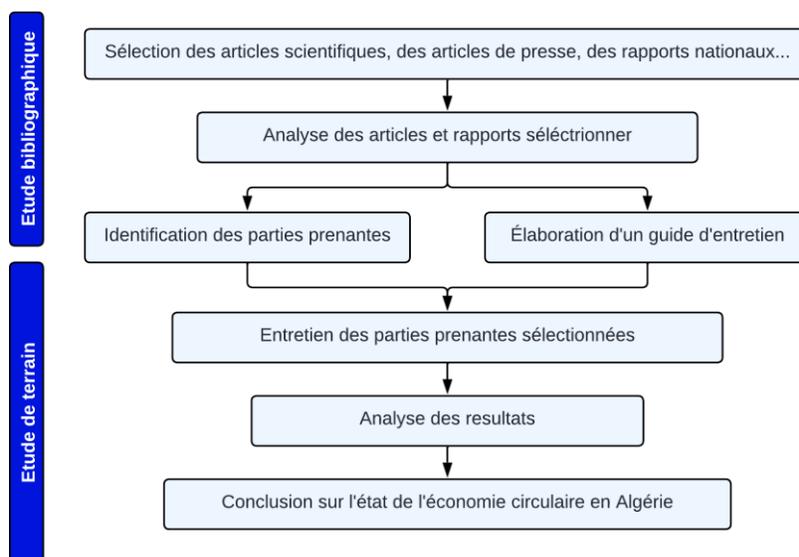


Figure 2. 1 - Démarche de diagnostic de l'économie circulaire en Algérie

Etude documentaire

L'étude bibliographique constitue une étape cruciale pour comprendre l'état actuel de l'économie circulaire en Algérie et situer cette compréhension dans un contexte international. Dans cette phase, nous avons identifié, collecté, traité et synthétisé des données informatives sur le sujet de l'économie circulaire et la gestion de déchets en Algérie à travers l'étude de sources fiables, de documents officiels et universitaires. Un tableau récapitulatif des documents consultés est présenté dans Annexe 2. 1.

L'analyse de ces différents articles et revues nous a montré que les recherches sur l'économie circulaire en Algérie sont encore à un stade préliminaire et ne sont pas suffisamment développées, elles se limitent souvent à des définitions conceptuelles et à quelques données sur la gestion des déchets et son cadre réglementaire. Pour pallier au manque de données et d'information, nous avons passé à une étude terrain.

Etude terrain

Dans cette partie nous avons identifié les parties prenantes dans l'économie circulaire en Algérie et nous avons mené des entretiens avec quelques-uns d'entre eux.

1. Identification des parties prenantes

La transition vers l'économie circulaire nécessite la réévaluation des modèles d'affaires des organisations et le changement dans les processus de production, de consommation et de gestion des déchets. Ces changements ne pourront s'opérer sans une modification significative dans la nature des liens entre l'ensemble des acteurs de la chaîne de valeur. Il est donc crucial de prendre en compte les besoins, les préoccupations et les perspectives de toutes les parties prenantes impliquées dans celle-ci.

5 catégories de parties prenantes ont été identifiées et analysées par rapport à leur rôle dans la transition de l'Algérie vers une économie circulaire. Elles sont illustrées dans le tableau ci-dessus.

Tableau 2. 1 - Listes des parties prenantes sur différents niveaux

Catégorie	Partie prenante	Roles
National	Le gouvernement algérien	<ul style="list-style-type: none">- Développement de la stratégie nationale d'économie circulaire.- Élaboration et mise en œuvre de la politique nationale de gestion des déchets.- Mise en place d'un cadre législatif et réglementaire pour l'économie circulaire.- Supervision des activités des autres acteurs impliqués dans le secteur.- L'investissement dans les projets d'économie circulaire et l'infrastructure nécessaire.- Les subventions et incitations.
	Agence Nationale des Déchets (AND)	<ul style="list-style-type: none">- Mise en œuvre de la stratégie nationale de gestion des déchets.- Coordination des efforts des différents acteurs.- Promotion de l'économie circulaire.- Soutien aux initiatives locales de gestion des déchets.
Local	Opérateurs économiques privés	<ul style="list-style-type: none">- Adoption des principes de l'économie circulaire- Travailler en collaboration avec les communes ou directement avec les producteurs de déchets.

Chapitre 2. Etat des lieux

		- Créer et gérer des centres de tri, de valorisation et de traitement des déchets.
Société civile et ONG	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)	- Sensibilisation du public à l'importance de la gestion des déchets - Promotion de pratiques durables - Implication dans des projets de collecte, de tri et de valorisation des déchets - Travail avec les communautés locales pour améliorer la gestion des déchets à l'échelle locale - Promotion de solutions participatives et adaptées aux besoins spécifiques des communautés.
Recherche et enseignement	CALEC DZ	- Organiser des formations et des conférences sur l'économie circulaire et l'entrepreneuriat vert. - Mener des recherches sur les technologies et les méthodes de gestion des déchets, en écoconception, écolabellisation et développement durable.
Coopération internationale	Nations unies	- Fournissent un soutien financier et technique à l'Algérie pour implémenter les infrastructures d'économie circulaire.

2. Déroulement des entretiens

Une série d'entretiens a été menée avec quelques parties prenantes soigneusement sélectionnées. L'objectif de cette approche participative est d'identifier l'état d'avancement des initiatives circulaires en Algérie, les défis rencontrés par l'État et les entreprises en Algérie dans ce sujet et les mécanismes du marché de recyclage. Ces informations nous permettront, dans la suite de notre projet, de proposer des solutions adaptées aux spécificités locales.

Nous avons sélectionné et mené des entretiens avec des profils variés : deux institutions gouvernementales, un réseau d'experts académiques en économie circulaire, une organisation non gouvernementale et les dix plus grandes entreprises de recyclage en Algérie (données fournies par l'AND).

Nous avons opté pour des entretiens semi-directifs, offrant à la fois une certaine flexibilité dans les réponses et une structuration autour de la question de recherche principale et de ses axes. Sur cette base, nous avons élaboré un guide d'entretien Annexe 2. 2 ,fondé sur les résultats de l'analyse documentaire, pour structurer nos entretiens. Ce guide a été enrichi progressivement à mesure que de nouvelles informations ont été recueillies lors des entretiens.

Les questions ont été structurées en trois parties principales, chacune traitant une thématique :

- Situation actuelle et perspectives : Cette section vise à identifier les stratégies actuelles mises en place par le gouvernement algérien et les facteurs qui le motivent à s'engager dans des démarches d'économie circulaire.
- Obstacles à l'Adoption de l'Économie Circulaire : Cette section identifie les principaux obstacles auxquels font face l'État et les entreprises pour adopter l'économie circulaire.
- Analyse de l'écosystème : L'analyse de l'écosystème se concentre sur l'état du marché du recyclage et l'identification des acteurs manquants.

Résultats du diagnostic

Nous avons examiné et analysé les données et les informations issues de l'étude bibliographique et les entretiens menés. Les principales conclusions ont été résumées dans trois grands thèmes : le rôle de l'État algérienne dans la mise en place de l'économie circulaire, les obstacles qui freinent l'adoption de l'économie circulaire par les entreprises algériennes et l'état du système de gestion des déchets en Algérie.

1. Le rôle de l'état algérienne dans la mise en place de l'économie circulaire

Suite à la persistance de la baisse des prix mondiaux du pétrole et aux nombreux chocs pétroliers, où les prix ont parfois chuté d'environ 70 % de leur valeur, comme le choc de 2014 [2], l'Algérie a mis en place un plan d'action comprenant un large éventail de réformes industrielles pour soutenir la transition vers une économie plus diversifiée. Cela offre à l'Algérie une occasion en or d'intégrer la circularité dans la conception de ses nouvelles initiatives industrielles et de reconfigurer les opérations des industries existantes, comme l'industrie du pétrole et du gaz, pour qu'elles soient plus circulaires.

Le passage à ce modèle économique est motivé par plusieurs paramètres. L'économie circulaire est le moyen ultime pour réaliser une croissance économique tout en respectant l'environnement et les objectifs du développement durable. Ce modèle présente de nombreux avantages pour l'Algérie, notamment la création d'emplois locaux et durables, le développement technologiques, la création d'entreprises innovantes et l'émergence de nouveaux marchés.

En 2019, des assises nationales pour l'économie circulaire organisées par le ministère de l'Environnement et des Energies Renouvelables (MEER) ont pris place. L'objectif de ces assises était l'examen de l'ensemble des recommandations émises durant les assises régionales préparatoires préalables [59]. A leur issue une stratégie nationale d'économie circulaire a été formulée et une feuille de route avec des objectifs chiffrée a été créée. Cependant cette initiative à été abandonnée avec l'arrivée du nouveau ministère, et en 2021, une rencontre sur l'économie circulaire pour le développement d'une feuille de route a été organisée par le ministère de l'industrie [60].

Ces initiatives font preuve d'une vision non déclarée pour l'adoption de l'économie circulaire au niveau de l'État. Il se trouve que chaque secteur travaille en silo pour le développement de

l'économie circulaire dans ce périmètre, cependant l'absence d'une stratégie nationale commune et le manque de collaboration font stagner l'avancement dans ce sujet, et la résistance au changement reste le plus grand obstacle pour l'état algérienne.

Nous avons résumé les résultats des entretiens sur la question du rôle de l'état algérienne dans l'économie circulaire dans 5 axes :

- **Stratégie** : La première étape dans la transition vers l'économie circulaire est la mise en place d'une stratégie nationale. Cette dernière doit être formulée après la consultation et en collaboration avec les différentes parties prenantes en organisant des assises régionales et nationales dans une approche Bottom up. Cette stratégie doit être déclinée en objectifs chiffrés à moyen et à long terme et chaque objectif sera par la suite décliné en plan d'action sectoriel dans une approche Top Down. En parallèle, des outils de mise en œuvre et d'évaluation des actions doivent être développés et des mécanismes de régulation, de contrôle, d'incitation et de communication doivent être établis pour assurer une bonne conduite du changement.
- **Régulation et Contrôle** : L'état joue un rôle crucial en tant que régulateur et contrôleur. Il est chargé de mettre en place des lois et des règlements spécifiques pour l'économie circulaire. L'État Algérien doit œuvrer à la création d'une loi unique encadrant l'économie circulaire, évitant ainsi la dispersion en textes sectoriels isolés. Ce cadre législatif est essentiel pour faciliter la mise en œuvre des actions nécessaires dans chaque secteur industriel.
- **Incitations et Soutien Financier** : Pour encourager les entreprises algériennes à adopter des pratiques d'économie circulaire, l'État doit mettre en place des mécanismes d'incitation. Cela peut inclure des subventions, des crédits d'impôt, et d'autres formes de soutien financier pour les entreprises qui investissent dans des technologies et des pratiques circulaires.
- **Coordination Intersectorielle** : Une coordination efficace entre les différents ministères et secteurs est nécessaire pour aligner les efforts sur une stratégie nationale cohérente. Une approche bottom-up est nécessaire pour impliquer tous les acteurs, y compris les citoyens, les entreprises, les universités et la société civile.
- **Renforcement des capacités** : Le développement de l'économie circulaire requiert des compétences spécifiques et une expertise technique. L'Etat doit créer des programmes de formation pour développer les compétences techniques et managériales nécessaires à l'économie circulaire.

2. Les obstacles qui freinent l'adoption de l'Économie Circulaire par les entreprises Algériennes

Les entretiens effectués ont mis en évidence les obstacles organisationnels, économiques et techniques qui freinent l'adoption de l'économie circulaire en Algérie, et ont souligné l'importance de l'innovation pour les surmonter.

- **Freins organisationnels** : Les métiers et processus des entreprises algériennes sont actuellement organisés de manière linéaire. Le basculement vers un modèle circulaire nécessite une réorganisation des différents processus et une redéfinition des métiers pour répondre aux exigences de ce modèle. De plus, la culture du travail en silo est dominante en Algérie, chaque département ou processus fonctionnant de manière indépendante. Cependant l'économie circulaire requiert une approche collaborative, étant donné la transversalité de ses principes, et donc nécessite un changement culturel au niveau des organisations.
- **Freins techniques** : Le premier frein technique concerne le flux de déchets. Les solutions technologiques qui permettent la réintégration des déchets dans un cycle technique ou biologique, nécessite la constitution de volumes importants de déchets homogènes. Actuellement, en Algérie, ces flux sont principalement générés par des acteurs informels qui s'occupent du tri et de la récupération de certains matériaux, et leur volume est très faible. Le deuxième frein concerne la conception en vue d'optimisation du potentiel de recyclabilité, qui nécessite une maturité et un certain niveau d'expertise au sein des entreprises.
- **Freins économiques** : Sauf pour certains matériaux phare à valeur élevée, l'utilisation des matières premières recyclées en Algérie peut avéré plus coûteuse que l'utilisation de la matière première vierge. Ceci est dû au fait que le recyclage de certains matériaux est plus cher et moins rentable que leur extraction (technologies coûteuses, processus complexes...). De plus, les produits fabriqués à base de matières recyclées peuvent être de qualité réduite. Le consommateur n'étant pas conscient de sa responsabilité environnementale, ne choisit généralement pas de subir ses coûts. Cela se traduit par une perte de marges des entreprises ou la perte d'un positionnement concurrentiel. En plus des surcoûts opérationnels, cette transition nécessite des investissements supplémentaires initiaux pour la recherche et le développement, la réorganisation des processus, la formation et l'acquisition d'expertise. D'autre part, l'absence de la demande des produits et des services adhérents aux principes de l'EC de la part des consommateurs, ne crée pas une dynamique de marché incitante pour ces entreprises et ne permet pas de justifier les surcoûts de l'EC.

Il est important de souligner que certaines initiatives d'économie circulaire ont été menées par certaines entreprises en Algérie. Cependant, en l'absence d'une stratégie nationale permettant de les intégrer dans le contexte national, leur ampleur reste minime et leur impact limité. De plus,

la mise en place d'une stratégie nationale pour l'économie circulaire, incluant les mécanismes de régulation, de contrôle, de communication et d'incitation nécessaires pour lever ces freins.

3. L'état du système de gestion des déchets en Algérie

Cette partie de l'analyse a été établie en grande partie à la base des données fournies par l'AND et la consolidation des différentes informations issues de notre étude bibliographique et les entretiens avec les parties prenantes. Elle traite, l'écosystème de la gestion de déchets en Algérie, le cadre légal de la gestion de déchets en Algérie, la composition de déchets et la capacité de traitement et de valorisation sur le marché.

L'écosystème de la gestion de déchets en Algérie

Durant nos entretiens, les parties prenantes interrogées ont souligné une défaillance majeure dans notre système de gestion de déchets. C'est l'absence de trois acteurs clés qui, selon eux, ne remplissent pas adéquatement leur rôle : les producteurs de déchets, les organismes de normalisation et les organes de régulation et de contrôle.

- Les producteurs de déchets : Il s'agit des citoyens, des entreprises et des commerces. Leur rôle dans la chaîne de gestion des déchets consiste à réduire la quantité de déchets générés, à effectuer un tri efficace et à mettre en œuvre les pratiques d'élimination adéquates. Le non-respect de ces responsabilités a un impact direct sur la quantité de déchets récupérables et, par conséquent, sur l'approvisionnement des filières de recyclage.
- Les organes de régulation et de contrôle : Ces entités ont la responsabilité de suivre et de surveiller le respect des réglementations en matière de gestion des déchets. Elles doivent veiller à ce que les producteurs de déchets assument leurs obligations et à ce que les filières de traitement et d'élimination des déchets soient exploitées dans le respect des normes environnementales.
- Les organismes de normalisation : Ces organismes sont chargés de définir et de développer des normes pour la gestion des déchets. Ils jouent un rôle essentiel dans l'harmonisation des pratiques et la promotion de l'excellence dans le secteur. Leur absence d'implication peut entraver le développement et la standardisation des bonnes pratiques, nuisant ainsi à l'efficacité globale de la gestion des déchets.

Cadre légal et institutionnel de la gestion des déchets en Algérie

Chapitre 2. Etat des lieux

A partir de 2001, le gouvernement Algérien a défini une stratégie nationale en matière de protection de l'environnement qui s'est traduite par le plan national d'action pour l'environnement et le développement durable (PNAE-DD) [61]. Le tableau ci-dessous résume l'ensemble de lois qui concerne la gestion des déchets en Algérie.

Tableau 2. 2 - Lois relatives au Développement Durable, à la Protection de l'Environnement et à la Gestion des Déchets. [61]

Loi	Intitulé/Contenu
La loi n°01-19 du 12/12/2001	Relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets. Elle définit les principes de base qui conduisent à une gestion intégrée des déchets, de leur génération à leur élimination.
La loi n°03-10 du 19/07/2003	Relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable. Elle consacre les principes généraux d'une gestion écologique rationnelle.
La loi n°04-20 du 25/12/2004	Relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable. Elle définit clairement les responsabilités de chacun des acteurs impliqués dans le domaine de la prévention au niveau des zones et des pôles industriels. La commune est la collectivité territoriale de base de l'Etat. Elle est dotée de la personnalité morale et de l'autonomie financière.
La loi n° 11-10 du 22/06/2011	La Commune exerce ses prérogatives dans tous les domaines de compétence qui lui sont dévolus par la loi. Elle concourt avec l'Etat, notamment, à l'administration et à l'aménagement du territoire, au développement économique, social et culturel, à la sécurité, ainsi qu'à la protection et l'amélioration du cadre de vie des citoyens.

Les deux lois les plus importantes sont :

La loi n°01-01 du 12 décembre 2001 : elle établit les bases nécessaires pour un système de gestion des déchets efficace et respectueux de l'environnement, en définissant les principes suivants :

- **La responsabilité des producteurs de déchets** : les producteurs de déchets sont tenus de prendre en charge la gestion de leurs déchets, en privilégiant la prévention, le tri, le recyclage et la valorisation.
- **La hiérarchie des déchets** : la gestion des déchets doit se faire selon une hiérarchie précise, qui privilégie la prévention à la production, puis le tri, le recyclage, la valorisation et l'élimination.
- **Le pollueur-payeur** : le principe du pollueur-payeur signifie que les producteurs de déchets doivent assumer les coûts de leur gestion.
- **L'information et la sensibilisation du public** : il est important d'informer et de sensibiliser le public sur les enjeux de la gestion des déchets et sur les gestes éco-responsables à adopter.

Le décret exécutif n° 06-104 du 28 février 2006 : Il fixe la nomenclature des déchets selon leur nature intrinsèque, c'est-à-dire la composition, l'origine et l'état. Cette codification permet d'identifier les différents types de déchets et de déterminer les modes de gestion appropriés. Nous avons principalement quatre classes [62] :

- Déchets ménagers et assimilés (DMA) : ce sont les déchets produits par les ménages.
- Déchets inertes : ce sont des déchets qui ne subissent aucune transformation physique, chimique ou biologique importante et qui ne peuvent pas porter atteinte à l'environnement ou à la santé humaine.
- Déchets spéciaux (DS): Tous les déchets issus d'activités industrielles, agricoles, de soins ou d'autres services, qui ne peuvent être gérés comme les déchets ménagers ou inertes en raison de leur composition.
- Déchets spéciaux dangereux (DSD): Sous-catégorie des DS, regroupant les déchets dont les constituants ou caractéristiques nocives présentent un risque pour la santé publique et/ou l'environnement.

Cependant, l'absence des mécanismes de régulation et de contrôle font que ces lois et décrets ne sont pas toujours respectés.

Cartographie des flux de déchets

On peut distinguer trois principaux producteurs de déchets : les industriels, les commerces et les ménages. Les déchets produits par les industriels sont classés comme déchets spéciaux et déchets spéciaux dangereux, et la loi exige leur traitement. Pour ce faire, une grande partie des industriels

trient leurs déchets pour homogénéiser les flux de matière. Cependant, il existe un nombre non négligeable d'industriels qui ne le font pas. Ces déchets sont ensuite collectés par des entreprises de collecte de déchets agréées par l'État et ils sont destinés à être traités ou valorisés.

Cependant, les parties prenantes interrogées mettent en lumière le manque de visibilité sur la destination finale réelle de ces déchets. Les entreprises incluent des clauses dans leurs contrats avec les entreprises de collecte, détaillant leurs exigences pour le traitement et la valorisation de leurs déchets. Toutefois, aucun mécanisme de suivi n'est mis en place pour garantir qu'il soit traité de manière adéquate. Ces clauses permettent aux entreprises de se dédouaner de toute responsabilité une fois les déchets collectés. Bien que les documents indiquent que tous les déchets sont correctement traités, en réalité, une partie importante ne l'est pas. Les entreprises se préoccupent peu de cette situation tant que la responsabilité ne leur incombe pas.

La situation des déchets provenant des ménages et des commerces est différente. Aucun tri n'est effectué à leur niveau ce qui complique leur tri ultérieur. Ce dernier est principalement réalisé par des collecteurs informels soit au niveau des poubelles publiques où bien les sites de décharges, il touche principalement les déchets plastiques et métalliques. Selon les personnes interrogées, bien que les volumes récupérés par le secteur de tri informel soient minimes par rapport aux volumes totaux de déchets, ils représentent environ 80% des flux d'entrée des processus de recyclage. Le reste des déchets est collecté par les autorités locales et mis dans les sites de décharges. Ces différents flux sont représentés dans la figure suivante.

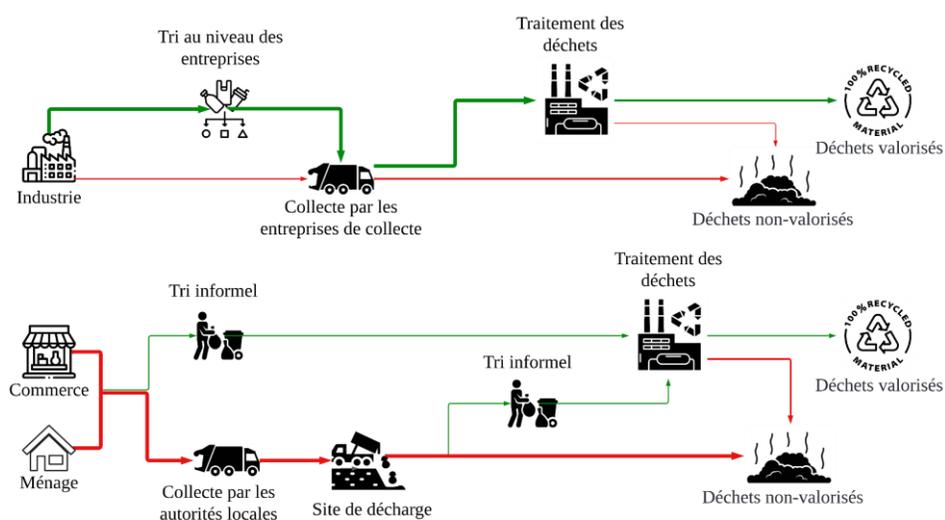


Figure 2. 2 - Schéma récapitulatif des flux de déchets en Algérie

Composition des déchets et leurs modes de traitement et de valorisation

La densité de population varie considérablement à travers le pays, étant plus élevée dans le nord et nettement plus faible dans le sud. Par conséquent, il existe une disparité significative dans la production de déchets entre les différentes régions du pays. La dernière campagne de

caractérisation des Déchets Ménagers et Assimilés (DMA) à l'échelle nationale effectuée par l'AND, montre que la fraction organique reste la plus prépondérante des DMA, représentant 53,61%, suivie par le plastique à 15,31%, et le papier/carton à 6,76%. Cette répartition est explicitée dans la figure suivante.

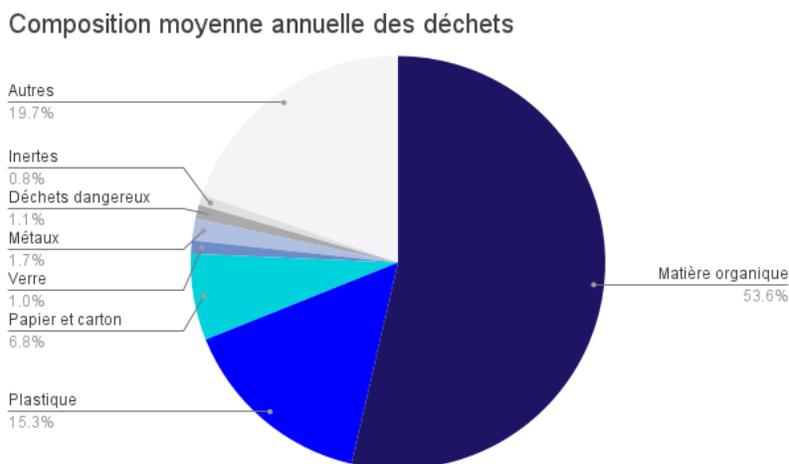


Figure 2. 3 - Composition des déchets à l'échelle nationale en 2020 (source de données : AND)
[63]

Étant donné que notre étude porte sur les déchets industriels, nous nous sommes concentrés dans notre analyse sur les déchets spéciaux et les déchets spéciaux dangereux (DS/DSD). La loi impose aux entreprises leur prise en charge soit à travers la valorisation ou bien le traitement.

1. Valorisation des DS/DSD

La valorisation consiste à transformer ces déchets en matières premières secondaires ou en sous-produits utilisables, tout en respectant les normes environnementales et de sécurité. En Algérie, la valorisation des déchets DS/DSD connaît une dynamique croissante. Ce paysage est dominé par les métaux ferreux. La figure ci-dessous présente les quantités de déchets valorisées par catégorie.

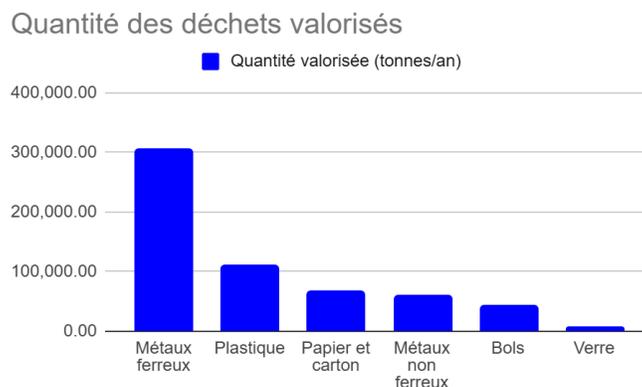


Figure 2. 4 - Quantité des déchets valorisés par matériau en Algérie en 2020 (source de données : AND) [63]

Plus de 500 entreprises exercent cette activité en Algérie, couvrant les catégories de déchets présentées dans la figure ci-dessous.

Nombre des Opérateurs par rapport à Type des déchets

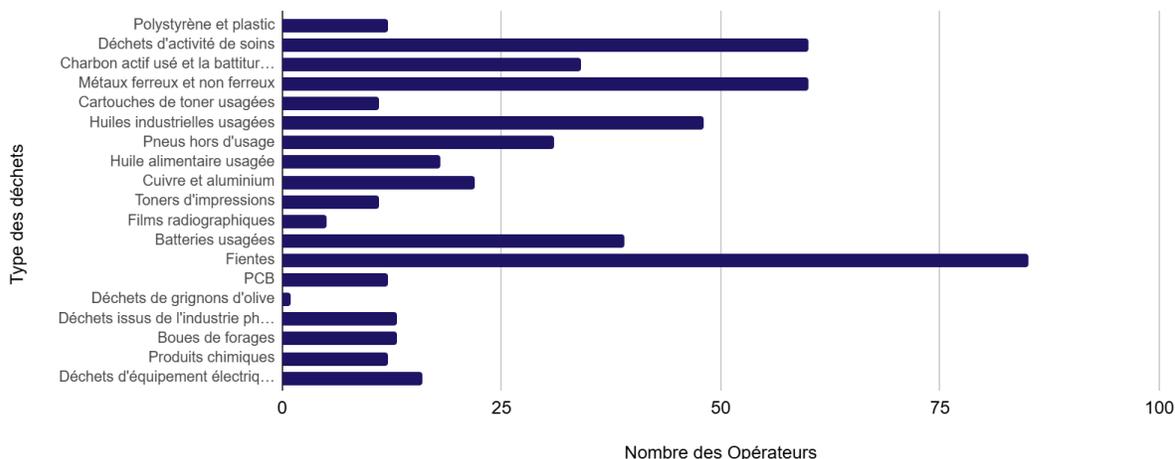


Figure 2. 5 - Nombre des opérateurs agréés spécialisée dans le domaine des DS/DSD en 2020 (source de données : AND) [63]

En outre, les processus et les technologies de valorisation utilisées par ces entreprises restent basiques et peu développées, ceci est dû à plusieurs obstacles. Premièrement, le caractère incertain du marché du recyclage dissuade les entreprises d'investir dans des solutions innovantes, car les risques financiers sont jugés trop élevés. Deuxièmement, l'absence de tri des déchets à la source entraîne un manque de flux de matières premières homogènes, ce qui rend l'investissement dans des technologies avancées peu rentables. Enfin, l'immaturité de certains marchés pour les matériaux recyclés limite la demande pour ces produits, ce qui les décourage d'autant plus.

2. Elimination des déchets

L'élimination des DSD par les entreprises peuvent se faire sur deux niveaux :

- Traitement en interne : Les entreprises peuvent traiter ou éliminer les DSD dans des installations algériennes, à condition qu'elles soient autorisées et agréées par le ministère de l'Environnement et qu'elles respectent les réglementations en vigueur et les normes environnementales.
- Sous-traitance : Les entreprises peuvent confier le traitement des DSD à des organismes étrangers si aucune installation nationale n'est capable de le faire. Cette option est soumise à des conditions strictes et à l'obtention d'une autorisation préalable.

Le traitement des DSD en Algérie est principalement assuré par des entreprises privées algériennes spécialisées dans ce domaine. Deux modes de traitement principaux sont utilisés :

- Incinération : Ce procédé consiste à brûler les déchets à haute température pour les détruire complètement. Il est utilisé pour les déchets incinérables présentant un faible pouvoir calorifique.
- Banalisation : Cette technique consiste à traiter les déchets par des procédés physico-chimiques pour les rendre inertes et non dangereux. Elle est utilisée pour les déchets non incinérables ou présentant un pouvoir calorifique élevé.

Le nombre des installations de traitement et le types de déchets traités par chacune est résumé dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2. 3 - Nombre des installations privées d'éliminations des DSD en Algérie

Type d'installation	Nombre	Type de déchets traités
Incinérateur	3	Déchets industriels (les boues, les emballages contaminés, et les résines)
	10	Déchets d'activités de soins (Déchets coupants, piquants, tranchants)
Banaliseur	7	Déchets d'activités de soins (Déchets coupants, piquants, tranchants)

Cependant, la réglementation algérienne relative aux lois et restrictions en matière de traitement et de récupération des déchets spéciaux dangereux reste instable. Par conséquent, l'investissement dans des installations de traitement ou de récupération de ces déchets présente un risque élevé.

Analyse SWOT

A l'issue des entretiens effectués, nous avons réalisé une analyse SWOT résumant toutes les informations pertinentes sur l'état de l'économie circulaire en Algérie, notamment en utilisant les données collectées de l'AND. Les résultats sont présentés dans la figure suivante:

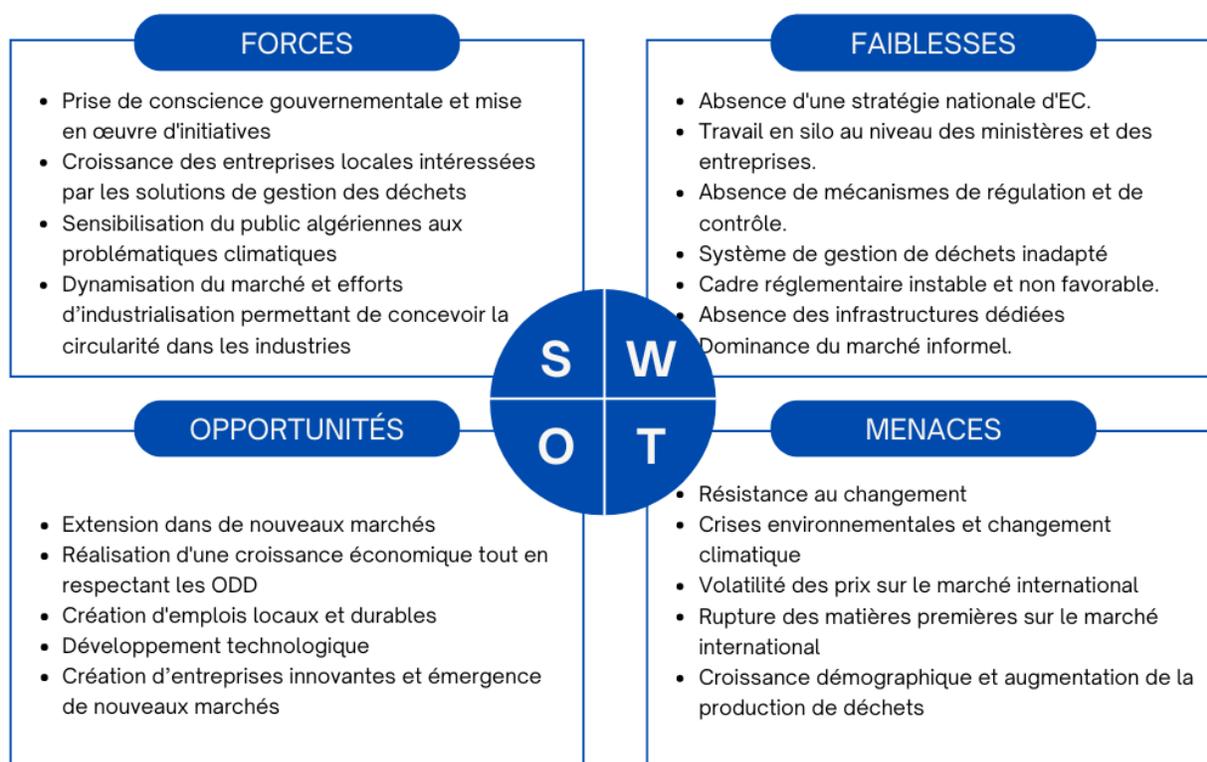


Figure 2. 6 - Matrice SWOT

2.2. SLB et Circularité

Dans cette section, nous aborderons la multinationale SLB en détaillant son organisation, sa structure ainsi que ses segments opérationnels dans le monde et au sein de l'entité SLB Algérie, l'une des filiales du groupe North Africa GeoMarket (NAG). Ensuite, nous procéderons à un diagnostic pour l'évaluation de la circularité au sein de l'entreprise. Enfin, nous présenterons l'application de la première étape, "Définir", de la méthodologie DMAIC.

2.2.1. L'industrie pétrolière, gazière et parapétrolière : Dynamique et circularité

L'industrie pétrolière et gazière s'occupe des activités d'exploration, d'extraction, de raffinage et du transport du pétrole et du gaz. Ça chaîne est divisée en trois segments :

- Partie amont : Elle concerne l'exploration et l'extraction de pétrole brut et de gaz naturel, elle comprend le forage, la construction de puits, la séparation et le stockage.
- Partie intermédiaire : Elle concerne le transport et le stockage du pétrole brut et du gaz naturel avant qu'ils ne soient raffinés et transformés. Elle comprend les pipelines et toutes les infrastructures nécessaires au transport de ces ressources.
- Partie aval : Elle concerne les activités liées au raffinage, le marketing, la vente et la distribution du pétrole et du gaz.

Cette industrie joue un rôle pivot dans l'économie mondiale, d'ailleurs la demande mondiale du pétrole et du gaz est considérée comme un indicateur clé de la santé économique. Cette demande est en constante augmentation, stimulée par une forte demande en énergie, notamment pour les activités industrielles et en particulier dans les pays non membres de l'OCDE⁷ tels que la Chine, l'Inde et le Moyen-Orient. Selon le rapport mensuel du marché pétrolier (MOMR) de l'OPEP⁸ de mai 2024, la demande mondiale de pétrole devrait atteindre 104,5 millions de barils par jour (mb/j) en 2024, reflétant une augmentation de 2,2 mb/j par rapport à l'année précédente [12].

⁷ L'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) est une organisation intergouvernementale d'études économiques, dont les pays membres sont pour la plupart des pays développés.

⁸ L'organisation des pays exportateurs de pétrole (OPEP) est une organisation intergouvernementale regroupant 13 pays. Son objectif principal est d'harmoniser les politiques pétrolières de ses pays membres et de garantir la stabilité des marchés pétroliers.

Les prix du marché sont régulés en partie par l'OPEP et ils fluctuent en fonction de l'offre et de la demande de pétrole. Depuis quelques années, le prix du pétrole connaît une forte volatilité, avec une chute importante depuis la pandémie de coronavirus. Cela a conduit les entreprises pétrolières à réduire les coûts de leurs activités d'exploration, entraînant une diminution du nombre de nouvelles découvertes de puits de pétrole.

Ce marché rassemble des entreprises de tailles et de structures variées. Il inclut des compagnies nationales appartenant aux États, comme Sonatrach en Algérie et Saudi Aramco en Arabie Saoudite, et des compagnies multinationales privées telles que ExxonMobil, Shell, BP, Total, et Chevron Texaco.

D'autre part, l'industrie parapétrolière regroupe l'ensemble d'entreprises de services pétroliers et gaziers qui réalisent, pour le compte des compagnies pétrolières et gazières, les travaux d'étude et de construction nécessaires à l'exploitation des gisements d'hydrocarbures. Elle se situe donc dans la partie amont de la chaîne de l'industrie pétrolière et gazière. Ces sociétés exercent des activités variées, allant de la réalisation d'études sismiques à la construction d'unités de raffinage, en passant par la conception d'équipements et d'outils de forage. Elles sont impliquées dans le forage des puits et la conception et réalisation de plateformes. De plus, elles fournissent aux compagnies pétrolières du personnel et du matériel que ces dernières ne possèdent pas pour des raisons de limitation des coûts.

Malgré la récente consolidation du secteur des services pétroliers et gaziers, marquée par une réduction drastique du nombre d'entreprises à travers le monde, due à la faiblesse persistante des prix du pétrole, des acteurs majeurs du secteur continuent de se démarquer. Parmi ces acteurs majeurs, on trouve les géants américains Schlumberger, Halliburton, Weatherford et Transocean, ainsi que des intervenants internationaux de premier plan comme Technip, Wood, Aker et Petrofac.

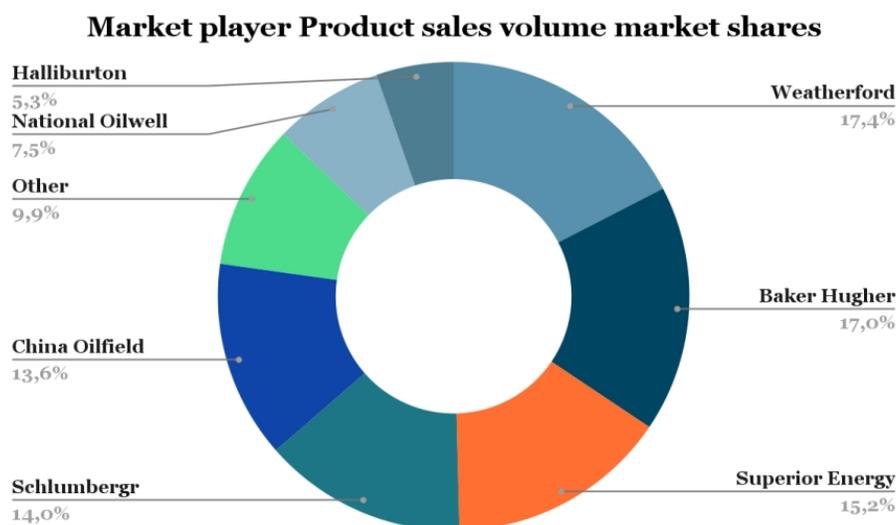


Figure 2. 7 - Part de marché des acteurs du secteur parapétrolier [13]

L'économie algérienne repose essentiellement sur les hydrocarbures, qui constituent le pilier de son économie. La production de pétrole algérienne devrait connaître une augmentation notable, passant de 1,53 million de barils par jour en 2024 à 1,81 million de barils par jour d'ici 2029, soit un taux de croissance annuel composé de 3,41 % sur la période de projection (2024-2029). Plusieurs facteurs stimulent cette croissance, notamment l'augmentation des pipelines de gaz naturel, l'augmentation de la capacité de raffinage et les plans visant à améliorer la production de pétrole. Malgré le manque d'investissements gouvernementaux, le secteur pétrolier et gazier connaît des changements significatifs dans la législation qui devraient encourager les entreprises multinationales et locales à devenir plus compétitives et à dynamiser le marché.

Le secteur en amont demeure le segment le plus important de l'industrie pétrolière et gazière algérienne et devrait continuer à dominer le marché. Plusieurs entreprises d'exploitation et de prospection du pétrole et du gaz sont présentes en Algérie, notamment : le groupe SONATRACH, le groupement Berkine, SONATRACH ANADARKO, BONATTI SPA, KCA Deutag Drilling GmbH, TOTAL E&P Algérie et BP Exploration Algérie. Ces entreprises reposent sur d'autres entreprises parapétrolières, qui sont : SLB ex Schlumberger, Expro, Haliburton, ENSP filiale de SONATRACH et Weatherford.

Au cours des dernières années, l'industrie pétrolière et gazière a été appelée à réfléchir à la protection de l'environnement. La gravité des crises environnementales et du changement climatique découlant de la production de pétrole et de gaz a eu de graves répercussions sur de nombreuses sociétés. Les grandes compagnies pétrolières sont accusées de semer la confusion sur les questions environnementales mondiales et font face à des problèmes de confiance de la part

des décideurs et du public. Cette perception négative s'appuie sur plusieurs éléments de preuve, tels que la marée noire de Santa Barbara en 1969 en Californie et la catastrophe de Deepwater Horizon dans le Golfe du Mexique en 2010. Ces catastrophes environnementales ont incité le public à exiger à la fois une amélioration mesurable des performances et une plus grande transparence en matière de développement durable.

Par conséquent, les industries pétrolière et gazière, comme d'autres industries, ont redéfini leur stratégie sur la base du développement durable. Aujourd'hui, la majorité d'entreprises dans ce secteur adoptent des politiques visant à la protection de l'environnement et intègrent des solutions intelligentes et innovantes pour la gestion des risques d'exploitation, la gestion des sites contaminés et la gestion de la qualité de l'air et du changement climatique.

Récemment, beaucoup d'attention a été portée à l'économie circulaire dans l'industrie pétrolière et gazière, comme solution pour accélérer l'atteinte des objectifs du développement durable. L'économie circulaire dans ce secteur permet de réduire les déchets produits tout au long de la chaîne de valeur, principalement le gaz et l'eau. De nombreuses entreprises comme Aramco, la plus grande compagnie pétrolière et gazière au monde, en ont adopté les principes de l'économie circulaire. Aramco a entrepris l'une des plus grandes initiatives de récupération assistée du pétrole (EOR) au carbone au Moyen-Orient, où le CO₂ capté à son usine de gaz de Hawiyah est injecté dans un réservoir de pétrole du champ d'Uthmaniyah pour en augmenter la productivité.

2.2.2. SLB, la transition vers un modèle circulaire

Présentation de SLB

Fondée en France en 1926 par les frères Conrad et Marcel Schlumberger, SLB, anciennement Société de Prospection Électrique (SPE), puis Schlumberger, est le fruit de plus de 15 années de recherche sur la résistivité électrique des sols pétrolifères. Aujourd'hui, SLB s'impose comme un leader mondial dans la fourniture de technologies pour la caractérisation des réservoirs, le forage, la production et le traitement dans l'industrie pétrolière et gazière.

Présente dans plus de 120 pays, l'entreprise propose une gamme complète de produits et services, de l'exploration à la production, à une clientèle diversifiée regroupant des acteurs majeurs tels que ExxonMobil, Saudi Aramco et Chesapeake. Elle met à disposition de ses clients des technologies et des solutions d'information de pointe pour optimiser l'extraction d'énergie et la récupération des hydrocarbures, garantissant ainsi une performance durable des réservoirs.

Chapitre 2. Etat des lieux

Fort de ses 99 000 employés issus de plus de 160 nationalités, SLB opère à travers quatre bureaux exécutifs principaux situés à Paris, Houston, Londres et La Haye.

Organisation de SLB

En 2020, face aux nouvelles réalités de l'industrie énergétique, SLB a entrepris une transformation organisationnelle majeure. La structure actuelle s'articule autour de cinq bassins géographiques stratégiques : Les Amériques, L'Asie, La Russie et l'Asie centrale, L'Afrique du Nord et le Moyen-Orient, L'Atlantique offshore. Ces bassins, regroupant des régions aux besoins technologiques similaires, sont subdivisés en 30 GeoUnits. Une GeoUnit correspond à un pays ou à un ensemble de pays gérés au sein d'un bassin donné.

Cette nouvelle structure de SLB se caractérise par une approche plus régionalisée et agile, permettant à l'entreprise de mieux répondre aux besoins de ses clients et d'optimiser ses performances. La carte ci-dessous représente la répartition des bassins ainsi que les GeoUnits de SLB :



Figure 2. 8 - Carte des bassins et des GeoUnits de SLB (SLB Private)

Afin de mieux gérer ses activités, la compagnie s'est organisée en divisions et chaque division englobe plusieurs Business Lines. SLB compte exactement 4 divisions qui sont : Digital and Integration, Reservoir Performance, Production Systems et Well Construction. Ces dernières se

Chapitre 2. Etat des lieux

divisent par la suite en 16 business Lines. Le tableau suivant représente la répartition des Business Line (BL) de chaque division.

Divisions	Digital & Integration	Reservoir Performance	Production Systems	Well Construction
	London	Paris	Houston	Houston
Business Lines	Digital Geoscience Solutions Seismic and Geoscience	Reservoir Performance Evaluation Wireline evaluation services, downhole testing and reservoir sampling & analysis	Well Production Systems Completions and downhole artificial lift systems	Well Construction Measurement Drilling data acquisition
	Digital Operations Solutions Drilling and Production Automation		Surface Production Systems Wellheads and surface production pumps	Well Construction Drilling Directional drilling and bits
	Integrated Well Construction Integrated Well Construction Project Management	Reservoir Performance Intervention Coiled tubing, surface testing, slickline, perforating and wireline intervention	Subsea Production Systems Subsea equipment and processing	Well Construction Fluids Drilling fluids and well cementing
	Integrated Reservoir Performance Production, Recovery, and Asset Performance Management	Reservoir Performance Stimulation Sand management and stimulation	Midstream Production Systems Process facilities and production technologies	Well Construction Equipment Drilling Rigs and equipment, Pressure control equipment

Figure 2. 9 - Les divisions et Business Line de l'activité de SLB (source : SLB Private)

SLB NAF

SLB North Africa (NAF) est une GeoUnit du bassin Middle East & North Africa (MENA), regroupant les pays d'Afrique du Nord où SLB opère. Cette GeoUnit englobe l'Algérie, le Maroc, la Tunisie, la Libye et le Tchad.

Ce GeoMarket représente un chiffre d'affaires important pour SLB en raison de la richesse de la région en pétrole et en gaz naturel. De plus, la GeoUnit compte des clients majeurs dans chacun de ces pays, tels que SONATRACH, la National Oil Corporation (NOC), la Société de Recherches et d'Exploration des Pétroles en Tunisie (SEREPT), British Petroleum (BP), TOTAL, et d'autres encore.

SLB North Africa

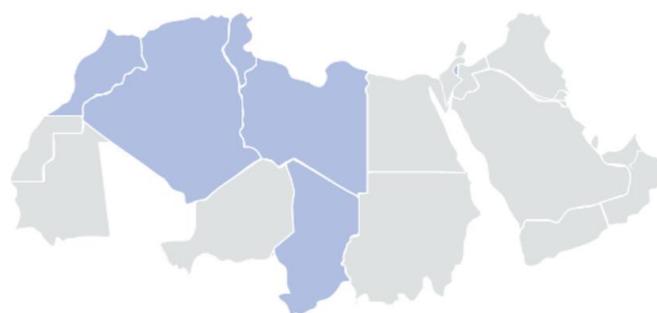


Figure 2. 10 - SLB North Africa GeoUnit, source : documents internes à SLB

La durabilité au sein de SLB

En octobre 2022, Schlumberger a effectué un rebranding d'entreprise, adoptant le nom SLB et modifiant son logo pour refléter la courbe de ses objectifs de réduction des émissions de CO₂ et neutralité carbone, comme illustré dans la figure. Ce changement symbolise l'évolution de l'entreprise vers une orientation plus durable.

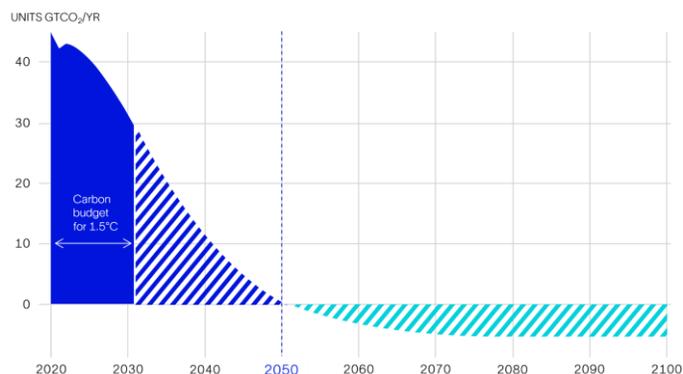


Figure 2. 11 - La courbe du budget carbone globale

Cet engagement envers la durabilité peut être facilement perçu par les initiatives entreprises par SLB au cours des trois dernières années :

- Création d'une activité « Nouvelles Énergies » dédiée à l'exploration et au développement de solutions à faible émission de carbone.
- Engagement historique à atteindre la neutralité carbone sur l'ensemble de sa chaîne de valeur, une première pour une société de services pétroliers.
- Lancement d'un portefeuille de « Technologies de Transition » conçues pour réduire les émissions issues des opérations pétrolières et gazières.
- Création de « SLB End-to-End Emissions Solutions (SEES) », une activité spécialisée dans l'élimination des émissions de méthane.

Les efforts durables de SLB se concentrent sur trois domaines : Action climatique, Personnes et Nature.

Action climatique : L'entreprise a mis en place une feuille de route pour réduire les émissions liées aux 3 scopes et soutient ses clients dans leur transition vers une activité décarbonée.

Le plan d'action global de SLB repose sur quatre piliers fondamentaux :

- Objectif net Zéro émissions : SLB s'engage à atteindre l'objectif de zéro émission nette d'ici 2050.

- Décarbonisation : SLB réduit activement les émissions de ses activités tout en accompagnant ses clients dans la décarbonisation de leurs opérations et en évitant des émissions supplémentaires de gaz à effet de serre.
- Nouvelles solutions énergétiques : SLB investit dans un portefeuille diversifié et croissant de technologies dans le domaine des nouvelles énergies, telles que l'hydrogène, le lithium, le stockage d'énergie, la capture et le stockage du carbone (CSC).
- Approche globale : SLB s'attaque aux émissions de scope 1, 2 et 3 par le biais de diverses initiatives.

Personnes : L'entreprise reconnaît que chacun a un droit égal à un avenir durable, de ce fait, elle accorde une grande importance aux personnes en agissant de manière éthique et en garantissant leur sécurité et en respectant leurs droits. L'entreprise favorise la diversité et l'inclusion, génère des impacts positifs sur le plan social et économique, et investit localement pour soutenir les communautés d'accueil.

Nature : SLB a pour objectif de faire progresser la durabilité environnementale en minimisant l'impact sur la biodiversité et en préservant les ressources naturelles. Afin d'atteindre cet objectif, elle s'engage dans une démarche d'économie circulaire.

La Circularité au sein de SLB

SLB reconnaît l'importance de la conservation des ressources et promeut activement la circularité au sein de ses opérations. Cette approche va au-delà de la simple prolongation de la durée de vie des équipements. Il s'agit d'une stratégie holistique englobant la gestion responsable des ressources, des pratiques de maintenance optimisées et une conception innovante des produits, le tout visant à minimiser les déchets et à maximiser l'efficacité des ressources tout au long du cycle de vie. En se basant sur:

- **Un engagement envers la gestion responsable des ressources** : SLB s'efforce d'utiliser moins de matières premières et de ressources critiques dans le développement de ses technologies. Cela permet non seulement de réduire son empreinte environnementale, mais aussi de créer une supply chain plus durable.
- **Optimisation de la maintenance pour une durée de vie prolongée** : La fonction de gestion du cycle de vie des technologies (TLM) joue un rôle crucial dans la mise en œuvre de la circularité. Le TLM se concentre sur la maintenance basée sur l'état, en s'éloignant des programmes traditionnels basés sur le temps. Cela permet d'optimiser les activités de

maintenance en fonction de l'état réel des équipements et des conditions de fonctionnement.

- **Conception pour la longévité et l'adaptabilité** : SLB conçoit ses technologies en tenant compte de la modularité. Cela permet de reconfigurer les actifs selon les besoins, évitant ainsi la nécessité de fabriquer des variantes supplémentaires. De plus, en se concentrant sur l'efficacité des actifs, l'entreprise vise à maximiser la disponibilité et la redistribution mondiale de ses équipements au sein de son réseau. Cela réduit le besoin de nouvelles productions lors des changements de niveaux d'activité.
- **Priorité à la réutilisation et à la redistribution** : Au-delà de la prolongation de la durée de vie des équipements individuels, SLB accorde une priorité à la réutilisation et à la redistribution au sein de son réseau mondial. Cela garantit que les actifs soient utilisés à leur plein potentiel, minimisant le besoin de fabrication supplémentaire.

L'adoption de la circularité par SLB s'aligne parfaitement avec son objectif plus large de créer une planète durable et équilibrée. En adoptant ces principes, l'entreprise se positionne également comme leader responsable dans le secteur parapétrolier [14].

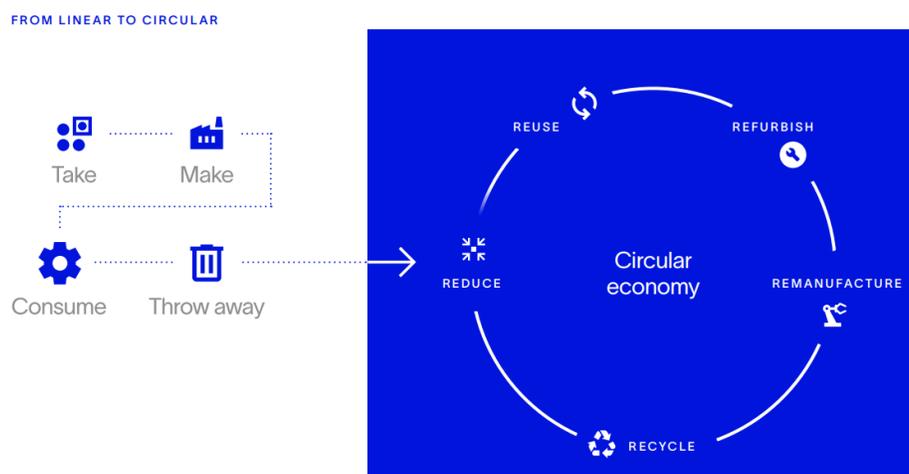


Figure 2. 12 - Stratégie de circularité de SLB (SLB Sustainable report 2023)

SLB Algérie

Présente en Algérie depuis 1955, SLB s'est imposée comme un acteur majeur de l'industrie pétrolière et gazière du pays. Son expertise et son engagement ont contribué de manière significative au développement de cette industrie. En tant que fournisseur principal de services pétroliers à Sonatrach, la compagnie nationale des hydrocarbures, SLB Algérie contribue à hauteur de plus de 60 % au chiffre d'affaires de la GeoUnit NAF (North Africa GeoMarket).

Chapitre 2. Etat des lieux

L'entreprise opère en Algérie à travers deux entités légales distinctes : COPS (Compagnie des Opérations Pétrolières Schlumberger) et SPS (Services Pétroliers Schlumberger). Cette organisation lui permet de proposer une large gamme de services à ses clients, couvrant l'ensemble de la chaîne de valeur de l'exploration et de la production pétrolière et gazière :

- Installation des bases opérationnelles
- Études géologiques et sismiques
- Construction des puits
- Test des puits
- Importation des équipements requis

Implantée à Alger, dans la zone d'activités de Chéraga, SLB Algérie dispose d'un réseau dense de 11 bases opérationnelles réparties stratégiquement dans les principales zones d'hydrocarbures : Hassi Messaoud, Ain Amenas, Hassi Berkine et Ain Salah. Cette présence rapprochée permet à SLB d'offrir à ses clients une réactivité et une efficacité remarquables. La localisation des différents types d'installations de SLB est représentée sur la figure ci-dessous.

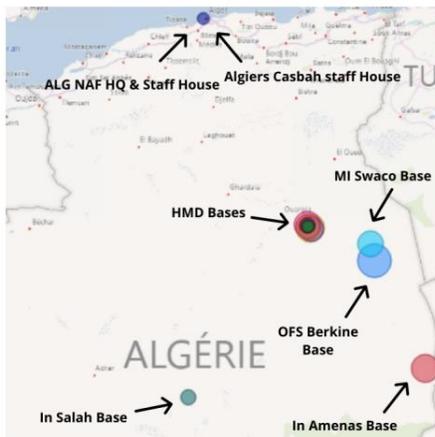


Figure 2. 14 - Zone de présence SLB Algérie

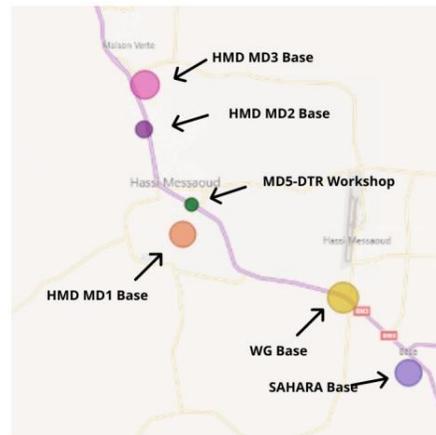


Figure 2. 13 - Les bases à Hassi Messaoud

La gestion des bases opérationnelles de SLB est assurée par le sous-département Facility Management du département Supply Chain de l'entreprise. Elles sont conçues pour assurer une organisation optimale des activités, et elles se composent de quatre espaces fonctionnels :

- Ateliers : Les ateliers sont utilisés pour préparer le matériel avant qu'il ne soit déployé sur le terrain.

- Espace de travail : Composé de plusieurs bureaux, cet espace est dédié aux activités administratives et de gestion.
- Stockage : Les installations de stockage comprennent des entrepôts et Yards pour le stockage du matériel, des produits et des équipements de l'entreprise.
- Hébergement : L'hébergement comprend des chambres pour les employés

2.2.3. Diagnostic de la circularité de la supply chain de SLB et présentation de la problématique

1. Supply Chain de SLB Algérie

SLB orchestre ses opérations mondiales grâce à une supply chain solide et performante, gérée par l'entité Planning Supply Chain (PSC). Cette supply chain joue un rôle central en coordonnant les fonctions de soutien communes aux différents segments de l'entreprise. La supply chain de SLB assume des responsabilités étendues, notamment :

- **Suivi et coordination des flux physiques, financiers et informationnels** : Cela englobe l'ensemble des activités, depuis l'approvisionnement en matières premières et équipements jusqu'à la livraison des services aux clients.
- **Gestion des activités en amont et en aval** : La PSC s'assure que les matières premières et les équipements nécessaires soient disponibles au bon moment et au bon endroit pour soutenir les opérations des clients.
- **Optimisation des processus de la supply chain** : La PSC recherche en permanence des moyens d'améliorer l'efficacité et la rentabilité de la supply chain, tout en maintenant la qualité et la fiabilité.

La supply chain de Slb se compose de trois départements principaux :

Achats et approvisionnements (P&S) : Ce département est divisé en deux sous-fonctions, en premier Sourcing, qui s'occupe de l'identification des fournisseurs, et Procurement, qui gère l'exécution des contrats.

Global Distribution : Ce département est responsable de la fourniture et du suivi des commandes. Il est composé de trois sous-fonctions:

- Import/export, qui gère et suit les opérations d'importation et d'exportation d'équipements et de produits nécessaires à l'activité des business lines.

- Transport domestique, qui optimise le transport local, en particulier le transfert des équipements et des produits des bases vers les chantiers où se déroulent les opérations
- Materials Management, qui gère les flux matériels et les stocks de l'entreprise.

Facility Management : Ce département assure l'optimisation des ressources et la gestion efficace des installations au sein de l'entreprise. Il est responsable de diverses fonctions clés comme montré dans l'organigramme au-dessous, allant de la gestion des coûts des installations à la maintenance des infrastructures et l'allocation des ressources.

Le département Facility Management s'engage activement dans la gestion de la durabilité en s'assurant que toutes les installations respectent les normes environnementales et de sécurité.

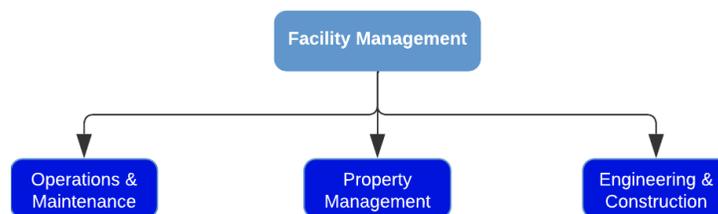


Figure 2. 15 - Les fonctions du département de Facility (source : SLB Private)

2. Système de Gestion des déchets au sein SLB

La stratégie de SLB en matière de gestion des déchets se concentre avant tout sur la minimisation des déchets à la source. Cela signifie que l'objectif principal est d'éviter la production de déchets en premier lieu. Lorsque la génération de déchets est inévitable, SLB privilégie la réutilisation et le recyclage.

La procédure de gestion des déchets (Waste Management Procedure WMP)

SLB s'engage à minimiser l'impact environnemental de ses opérations en mettant en place une procédure de gestion des déchets sur ses bases. Cette procédure, en accord avec la Politique QHSE Globale et les Normes Environnementales SLB, vise à la ségrégation, la minimisation et l'élimination de manière responsable tous les déchets générés.

La WMP s'applique à tous les processus et flux de déchets sous contrôle direct de SLB. Elle prend également en compte les déchets générés par les sous-traitants, en fonction de leur volume, de leur type et de leur impact sur les opérations de SLB.



Figure 2. 16 - Processus globale de gestion des déchets au sein HMD

Le Chef de Site désigne le personnel chargé de la mise en œuvre, du développement et du maintien de la WMP. Cela comprend la définition des procédures de stockage, de transport et d'élimination pour chaque type de déchet. Le tableau en Annexe 2. 3 résume les rôles et les responsabilités.

La procédure de gestion des déchets (WMP) définit la classification des déchets au sein de SLB. Elle catégorise les déchets de l'entreprise sur deux niveaux. Le premier niveau de classification concerne la dangerosité : déchets dangereux (Hazardous) et déchets non dangereux (Non-hazardous). Le deuxième niveau de classification concerne l'état physique : déchets liquides et déchets solides.

Ces deux niveaux sont représentés dans la figure ci-dessous.

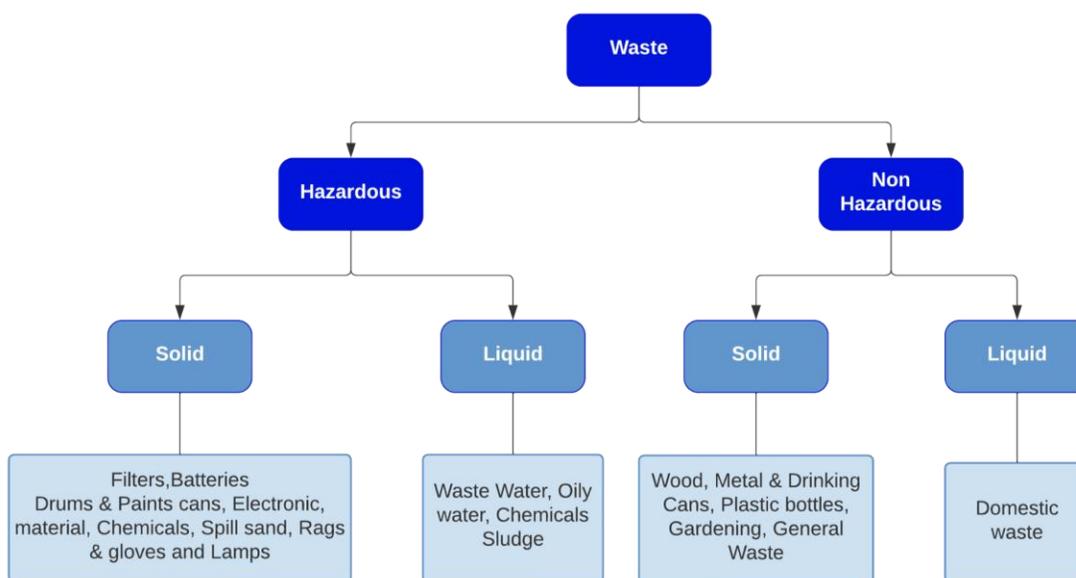


Figure 2. 17 - Organigramme de classification déchets des bases

Tri et stockage des déchets

Le tri et la ségrégation des déchets constituent une étape essentielle de la gestion des déchets chez SLB. Cette pratique permet de maximiser les possibilités de recyclage, de minimiser la possibilité de contamination des déchets non dangereux par des déchets dangereux et de réduire les coûts de manipulation, de traitement et d'élimination des déchets. Sur les sites, les pratiques suivantes de ségrégation des déchets sont employées :

- Dans les zones de stockage des déchets non dangereux, les déchets recyclables sont séparés des autres déchets. Tous les déchets sont triés selon leur méthode d'élimination ou de recyclage. Les poubelles sont clairement marquées avec le nom du type de déchet (plastiques, aliments, etc.) et identifiées par un code couleur standardisé (bleu pour le papier, jaune pour le plastique, etc.).



Figure 2. 18 - code couleur des déchets non dangereux

- Les déchets dangereux sont stockés dans une zone désignée, séparée des déchets non dangereux. Les conteneurs scellés en métal ou en plastique (fûts) servent de premier confinement et sont placés dans un système de confinement secondaire pour prévenir les déversements accidentels. Ces conteneurs sont étiquetés avec des symboles HAZMAT et des identifications en français et en anglais, sans abréviations ni formules. Les fiches de données de sécurité sont disponibles pour consultation.

Suivi des Déchets

Tous les déchets générés par le site doivent être suivis depuis leur production jusqu'à leur élimination finale. Des procédures seront mises en œuvre pour suivre les types et les quantités de déchets produits, ainsi que les méthodes de manipulation et d'élimination utilisées pour les gérer.

L'objectif du Système de Suivi des Déchets est d'enregistrer, pour chaque déchet généré et géré, les informations suivantes : Type de déchet, Volume (quantité) de déchet, Méthode de manipulation ou d'élimination utilisée, Lieu d'élimination finale (par exemple, décharge spécifique, entreprise de recyclage ou prestataire de traitement des déchets).

Cependant, en raison de la complexité du marché algérien et du manque de digitalisation au niveau des différents impliqués dans la gestion de déchets de SLB Algérie, la procédure de suivi n'est pas mise en œuvre.

Prestataires de services de gestion des déchets

SLB confie à des prestataires externes la collecte, le transport, le traitement et la valorisation de ses déchets. Le responsable HSE NAF est chargé d'évaluer les entreprises de collecte de déchets avant de faire appel à leurs services. Cette évaluation s'effectue à l'aide d'une liste de contrôle spécifique à SLB, qui couvre des aspects tels que les autorisations réglementaires, les procédures de collecte, la gestion des déchets dangereux et la performance environnementale.

Seules les entreprises répondant aux critères de SLB sont retenues pour la collecte des déchets. Quant à la sélection des entreprises de traitement et de valorisation, elle incombe à l'entreprise de collecte sélectionnée, qui elle-même s'assure que ses partenaires de traitement et de valorisation respectent les exigences de SLB en matière de processus de traitement et de valorisation, ainsi que les réglementations en vigueur.

1. Diagnostic et constats sur la circularité au sein de SLB Algérie

En collaboration avec les équipes supply chain (sourcing et facility) et HSE de SLB Algérie, et en analysant leurs processus sous l'angle de la circularité, nous avons identifié un certain nombre de défaillances qui freinent l'adoption d'un modèle circulaire au sein de l'entreprise.

Afin de structurer notre analyse et d'identifier les causes profondes de ces défaillances, nous avons utilisé le diagramme d'Ishikawa, également connu sous le nom de diagramme cause-effet. Cet outil nous a permis de catégoriser les causes racines en quatre dimensions principales : Main d'œuvre, Matière, Méthode et Milieu.

- **Main-d'œuvre** : Cette dimension regroupe les facteurs humains qui influencent la mise en œuvre de l'économie circulaire.
- **Matière** : Cette dimension fait référence aux aspects des matériaux utilisés qui rendent leur circularité difficile.
- **Méthode** : Cette dimension englobe les processus et les procédures mis en place pour l'approvisionnement, la gestion des déchets et le suivi des déchets.
- **Milieu** : Cette dimension représente l'environnement de SLB Algérie et les différentes parties externes qui entrent en jeu dans la gestion des déchets.

Tableau 2. 4 - Analyse 4Ms

Chapitre 2. Etat des lieux

Les 4M	Causes racines
Main-d'œuvre	<ul style="list-style-type: none">- Manque de conscience et de sensibilisation concernant la durabilité et la circularité.- Manque de motivation et d'implication des collaborateurs dans la démarche circulaire.- Priorité donnée à d'autres tâches plutôt qu'à la procédure WMP.- Mauvaise communication et coordination.
Matière	<ul style="list-style-type: none">- Utilisation excessive de matériaux non durables ou difficiles à recycler- Usage unique donc un approvisionnement excessif
Méthode	<ul style="list-style-type: none">- Manque de planification et d'intégration de la circularité dans les processus et la prise de décision opérationnelles (approvisionnement, consommation, gestion de déchets ...)- Absence des mécanismes de suivi et de contrôle interne pour la mise en œuvre de la procédure WMP.- Absence d'un système de suivi et de contrôle des flux de déchets après la collecte- Absence d'analyse et de reporting de la performance des flux de déchets.- Absence de vision et d'objectifs en matière de gestion des déchets.
Milieu	<ul style="list-style-type: none">- Infrastructures inadéquates pour la gestion et la valorisation de certains déchets dangereux produits par SLB.- Accès limité aux informations sur la destination, le traitement et la valorisation des déchets après la collecte.- Réglementations et politiques publiques peu incitatives à l'économie circulaire.

Ces différents points ont été résumés dans le diagramme ishikawa dans la figure ci-dessous.

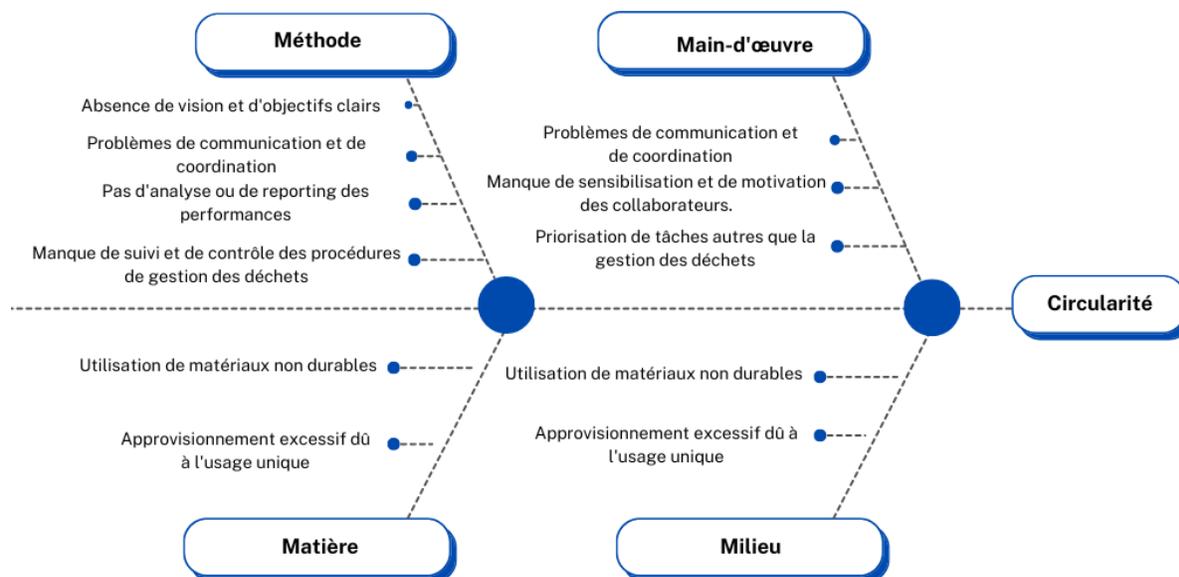


Figure 2. 19 - Diagramme d'ishikawa

2. Énoncé de la problématique

En octobre 2022, SLB a effectué un rebranding, en devenant la première société de services pétroliers à s'engager vers la neutralité carbone et en modifiant son logo pour refléter cet objectif. Ce changement symbolise l'évolution de l'entreprise vers une orientation plus durable englobant toute sa chaîne de valeur.

C'est dans ce contexte que SLB Algérie cherche aujourd'hui à multiplier les initiatives visant à atteindre les objectifs du développement durable et réduire ses déchets, en introduisant de nouveaux modèles comme l'économie circulaire.

Et donc, partant de ce constat, **Comment SLB Algérie pourrait-elle opérer sa transition vers un modèle d'économie circulaire ?**

Cette question peut être déclinée en deux sous-questions :

- Quel est le potentiel de l'économie circulaire de SLB Algérie ?
- Quelles projets de l'économie circulaire pourraient être entrepris par SLB Algérie pour réduire ses déchets et son impact environnemental ?

En explorant ces deux axes de réflexion, SLB Algérie sera en mesure d'identifier les leviers stratégiques et les actions concrètes nécessaires pour opérer une transition réussie vers un modèle d'économie circulaire, générant ainsi des bénéfices économiques et environnementaux significatifs.

En nous appuyant sur notre analyse et étude bibliographique, nous avons conclu que la méthodologie DMAIC est le cadre le plus pertinent pour structurer et résoudre cette problématique. La phase définir, qui est la première étape de cette méthodologie, sera approfondie dans ce qui suit.

2.3. Cadrage de la problématique

Dans cette partie, nous allons développer la première étape de l'approche DMAIC; Définir. L'objectif est de bien identifier et délimiter la problématique qui va être traitée dans le cadre de cette étude.

Pour ce faire, nous allons commencer par une analyse QQQQCCP. La réponse aux questions proposées par cet outil va nous permettre de cerner les différents paramètres de la problématique étudiée : les parties prenantes, les actions passées qui ont conduit au projet, l'endroit, le moment, la manière et la raison d'être du projet. Par la suite nous déterminerons le périmètre du projet et notre champ d'action. Enfin, nous identifierons les activités et les processus générateurs de déchets concernés par notre projet.

Pour assurer la bonne gestion de ceci, nous analyserons les risques et les limites, et nous mettrons en place des actions pour les prévenir. Et nous mettrons en place un planning pour cadrer l'axe temporel du projet. Le livrable de cette première étape est une charte de projet qui résumerait ces informations.

2.3.1. Analyse QQQQCCP et périmètre du projet

Afin d'identifier la problématique à résoudre et de bien cerner ses différents paramètres, nous avons utilisé l'analyse "QQQQCCP". Le résultat de l'analyse est présentés dans le table 1 ci-dessous :

Tableau 2. 5 - Analyse QQQQCCP

Quoi ?	<p>SLB Algérie cherche aujourd'hui à multiplier les initiatives visant à réduire ses déchets, en introduisant de nouveaux modèles comme l'économie circulaire.</p> <p>Et donc, partant de ce constat, comment SLB Algérie pourrait-elle opérer sa transition vers un modèle d'économie circulaire ?</p> <ul style="list-style-type: none">- Quel est le potentiel de l'économie circulaire de SLB Algérie ?- Quels projets de l'économie circulaire pourraient être entrepris par SLB Algérie pour réduire ses déchets et son impact environnemental ?
Où ?	<p>Notre étude se portera principalement sur les bases de SLB qui comportent les activités génératrices de déchets principales : MD1, MD2, MD3 (Base 2 et Base 3), Wester&Géco, Caméron , Berkine base et In-amenas Base.</p>

Chapitre 2. Etat des lieux

Quand ?	Depuis la transformation de SLB en octobre 2022, vers une orientation plus durable, devenant ainsi la première société de services pétroliers à s'engager vers la neutralité carbone et le développement durable, en englobant toute sa chaîne de valeur.
Qui ?	Les acteurs principaux de SLB concerné par la transition vers l'économie circulaire sont : <ul style="list-style-type: none">- Le département Supply Chain- Le département Hygiene, Safety and Environment (HSE)- Le département Facility Management
Combien ?	<ul style="list-style-type: none">- Ressources matérielles : matériel informatique, Standards, Documents, Bases de données.- Ressources temporelles : durée de stage
Comment	<ol style="list-style-type: none">1. Observation:<ul style="list-style-type: none">- Échanges avec le manager Supply Chain NAF, le manager Supply Chain Algérie, Manager HSE NAF (Environmental champion), Manager Sustainability NAF, Manager Facility Algérie, les équipes HSE, les équipes Facility, l'équipes Supply Chain.- Consultation des différentes revues académiques et documents de l'entreprise.2. Description et cartographie du processus de gestion des déchets3. Définition des paramètres à mesurer4. Collecte des données5. Analyse des données6. Identification de projets
Pourquoi	Développer une feuille de route stratégique pour SLB Algérie basée en grande partie sur une étude quantitative supportée par une étude qualitative, afin de soutenir sa transition vers l'économie circulaire.

Ensuite, nous avons défini le périmètre de notre étude en nous basant sur les échanges avec les différentes parties prenantes. Cette démarche nous a permis de clarifier les limites du champ d'action. Les résultats de cette analyse sont présentés dans la figure 1 ci-après :

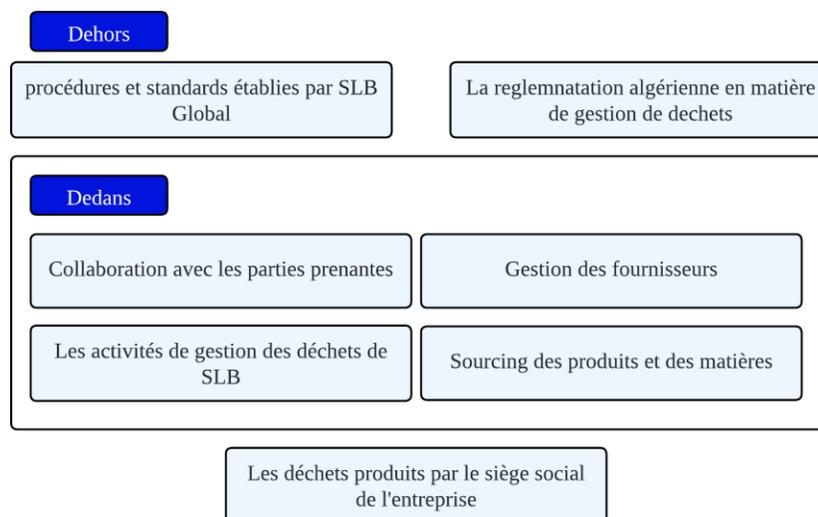


Figure 2. 20 - Digramme dedans/dehors

2.3.2. Identification des déchets et leurs flux

Le manque de visibilité sur les déchets générés par les différentes activités de SLB constituait un obstacle pour notre étude. Pour remédier à ce problème, une démarche méthodique de collecte de données a été initiée. Cette démarche consiste à rassembler des informations sur les déchets de SLB provenant de diverses sources, notamment :

- Documents internes de SLB : Nous nous sommes basés essentiellement sur les procédures de gestion de déchets annuelles (WMP) de chaque base, et les déclarations de déchets dangereux annuelles établies par SLB.
- Discussions avec les équipes de terrain : L'objectif de recueillir des informations sur les réalités quotidiennes des déchets générés sur les bases opérationnelles de SLB.

Les données collectées ont ensuite été triées et catégorisées selon deux axes principaux :

- Type de déchet : Cette catégorisation a permis d'identifier les différents types de déchets générés par SLB, tels que les déchets spéciaux et les déchets spéciaux dangereux.
- Activité opérationnelle : Cette catégorisation a permis de lier les types de déchets générés aux activités spécifiques de SLB qui les produisent.

La combinaison de ces informations est représentée dans Annexe 2. 4. Nous avons établis par la suite un schéma de la figure ci-dessous qui permet de visualiser les flux de déchets au sein de SLB.

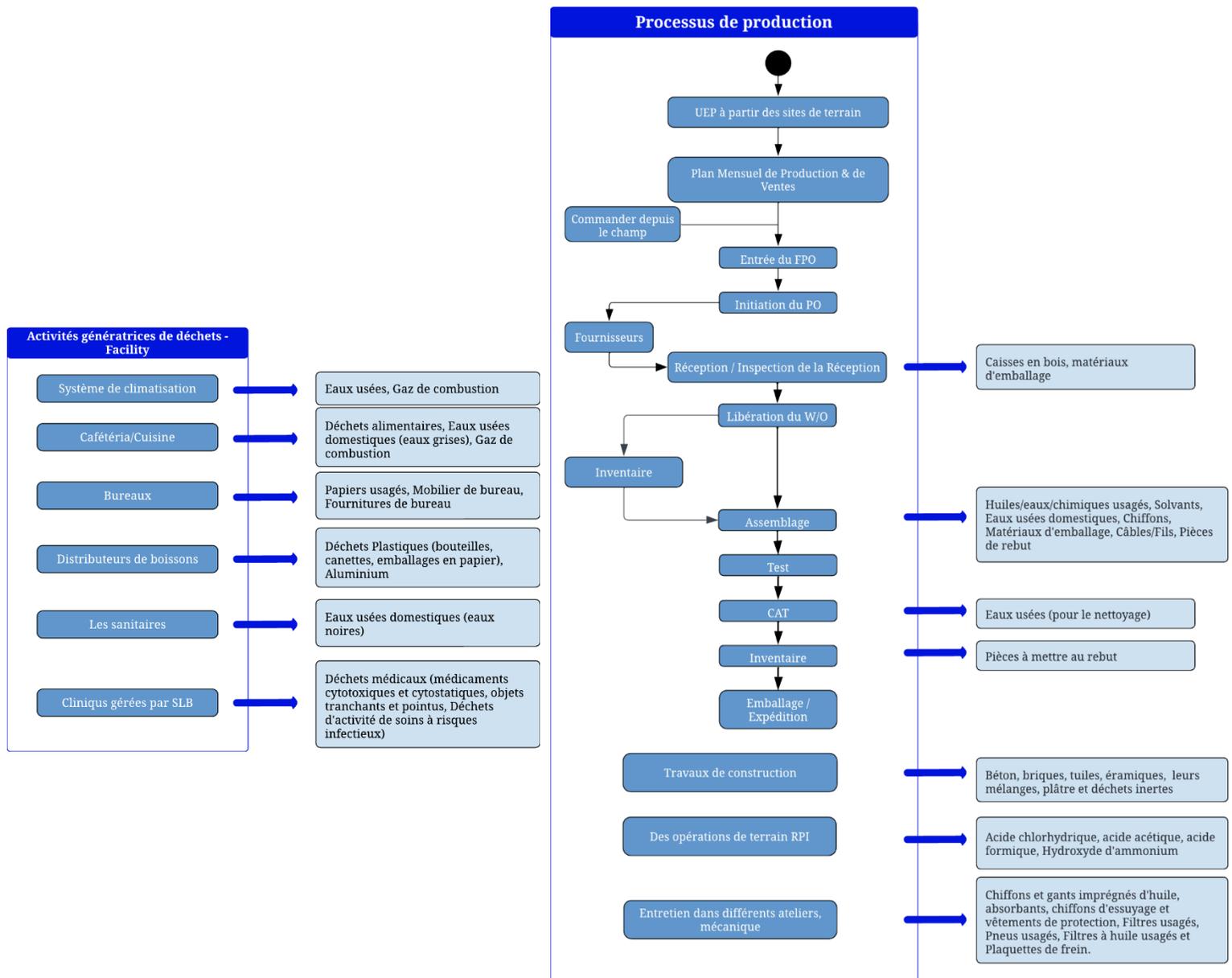


Figure 2. 21 - Les processus et les activités génératrices de déchets chez SLB

2.3.3. Gestion du projet

Dans cette partie nous avons procédé à l'identification des risques et contraintes du projet, les délais de chaque phase du DMAIC et les parties prenantes.

Chapitre 2. Etat des lieux

1. Les risques et contraintes

L'identification des risques et des contraintes du projet est une étape impérative pour mettre en place des stratégies d'atténuation et de contournement efficaces.

Les risques

Une discussion avec le manager a permis de recenser les risques explicités dans le table 3 ci-dessous. Une analyse approfondie de ces risques a été menée et des stratégies pour les remédier ont été mises en place.

Tableau 2. 6 - Risques du projet et stratégies d'atténuation

Risques	Moyens d'y remédier
Dépassement des délais préalablement fixés	Fixation d'objectifs réalisables et de deadlines claires pour ces objectifs
Non-coopération des personnes concernées	- Se soutenir de l'implication des managers. - Sensibilisation des équipes quant au contexte mondiale et régionale du projet et son importance. - Inclusion et participation des différentes équipes dans les différentes phases du projet et leur sollicitation à rythme fréquent.
Non-atteinte de l'objectif ou non-pertinence des plans d'action	- Exploration de nouvelles pistes d'amélioration - Analyse des causes pouvant faire échouer le plan

Les contraintes

Les contraintes sont les facteurs sur lesquels nous ne pouvons pas agir. Dans notre projet, nous devons faire face aux difficultés suivantes :

- Manque de données nécessaires/données erronées ou difficiles à accéder.
- Confidentialité de certaines plateformes et impossibilité d'accéder.
- Manque de coordination et le chevauchement des objectifs des différentes parties prenantes (HSE, Supply Chain, Facility).
- Les contraintes imposées par la réglementation algérienne, le manque d'infrastructures et d'investissement dans le domaine de gestion des déchets, l'instabilité du marché de tri, collecte et recyclage de déchets dominée par les pratiques informelles.

- Les projets d'implémentation de l'économie circulaire sont vastes et complexes, impliquant divers départements et nécessitant une collaboration étroite ainsi qu'une durée de réalisation étendue.

Charte de projet

La charte du projet Annexe 2. 5 et le diagramme de Gantt Annexe 2. 6 posent les jalons et les objectifs clés du projet, définissent son déroulement de manière claire et précise, et permettent ainsi aux membres de l'équipe d'avoir une vision commune et une orientation claire.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons d'abord dressé un état des lieux de l'économie circulaire en Algérie. Puis, nous avons présenté l'entreprise d'accueil ainsi que ses stratégies en matière de durabilité et circularité. Ensuite nous avons étudié la structure de la supply chain de SLB en se concentrant sur l'approvisionnement ainsi que les procédures de gestion des déchets.

Cette analyse approfondie a mené à un diagnostic complet de la circularité de la supply chain de SLB Algérie. Nous avons ainsi pu identifier les points à améliorer. Enfin, nous avons défini le cadre de notre étude en précisant son périmètre et ses objectifs. Cela nous permettra d'approfondir l'étude dans le prochain chapitre.

Chapitre 03 : Solutions proposées

Dans ce chapitre, nous allons dérouler les quatre phases de la démarche DMAIC, à savoir : mesurer, analyser, innover et contrôler.

Premièrement, nous mesurerons les paramètres du système de gestion des déchets. Ensuite, nous analyserons ces données afin d'identifier les types de déchets exploitables. Par la suite, nous les hiérarchisons pour déterminer ceux qui sont prioritaires.

À l'issue de la phase d'analyse, nous entamerons la phase d'innovation, où nous proposerons des projets stratégiques pour l'implémentation de l'économie circulaire dans la supply chain de SLB. Enfin, nous discuterons des moyens de suivi et de contrôle de ces initiatives.

3.1. Mesurer et Analyser

La phase de mesure et d'analyse est une étape clé de la démarche DMAIC. Elle a pour objectif de collecter les données nécessaires pour l'évaluation des performances actuelles du processus de gestion des déchets. Dans le cadre de notre projet, nous avons élaboré un plan détaillé de collecte de données. Ensuite, nous avons mené une analyse comparative des quantités, des coûts et de la fréquence de collecte des déchets, afin d'affiner notre réflexion. Enfin, nous avons appliqué une méthode d'aide à la décision multicritère pour sélectionner le type de déchet prioritaire.

3.1.1. Mesure et traitements des attributs de performance du processus de gestion des déchets

Le processus de gestion des déchets

Nous avons commencé par comprendre le processus de génération et de gestion de déchet de SLB en effectuant des entretiens avec les employés impliqués dans ces processus. Nous avons discuté avec:

- L'équipe d'approvisionnement (Sourcing) : Sur les processus de gestion de contrat avec l'entreprise de collecte des déchets.
- Les équipes HSE et les équipes Facility Management : Sur les différentes étapes de processus de gestion de déchets de SLB dans les différentes bases, les standards SLB global à respecter et la réglementation à suivre.

A l'issue de ces discussions nous avons établi la cartographie du processus de gestion des déchets illustrée dans la figure ci-dessous, en utilisant le standard BPMN 2.0.

Chapitre 3. Solutions proposées

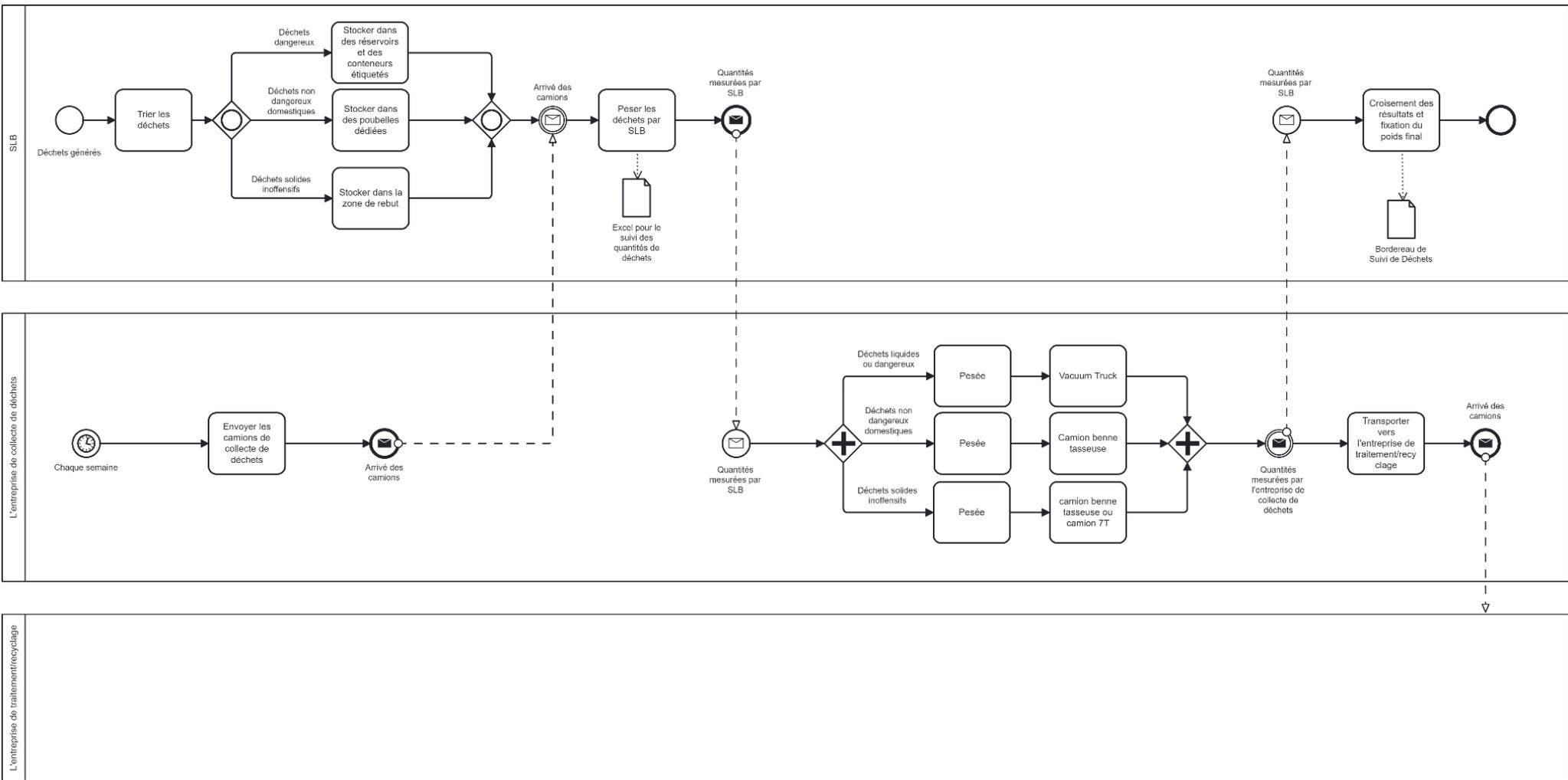


Figure 3. 1 - Figure Cartographique de processus de gestion des déchets

Détermination des paramètres à mesurer

Pour identifier les paramètres, nous avons établi une réunion avec l'équipe HSE et l'équipe facility. Cela a abouti au choix de trois variables principales:

- Variables continues : Quantité de déchets générés mensuellement et coût de la gestion des déchets.
- Variables discrètes : Nombre de rotation effectuées par les camions de collecte.

Nous avons également organisé des enquêtes et des réunions avec eux pour identifier les sources potentielles de données : Plateformes de SLB, déclarations de déchets, procédures, bases de données...ext. L'objectif est de collecter les données qui nous permettront d'évaluer la performance actuelle de ces opérations, et d'identifier les catégories de déchets ayant le plus grand potentiel de circularité pour la suite de notre étude.

Les niveaux d'analyses de données

Pour avoir plus de visibilité sur la variabilité des paramètres sélectionnés, nous mesurons le processus de gestion des déchets par base (MD1, MD2, MD3, Cameroun, In Amenas, et Wester&geco). En parallèle, nous examinerons les processus par type de déchets (déchets dangereux provenant des business lines, dangereux provenant des activités de Facility et non dangereux). Toutes les procédures relatives à cette étape sont résumées dans le plan de collection de données Annexe 3. .

Traitement des données

L'étape de traitement permet de vérifier que nos données sont bien significatives et représentatives pour s'assurer de la fiabilité des analyses. Par conséquent, dans ce qui suit, nous allons présenter les problèmes rencontrés.

2. Normalisation des données

Lors du traitement des bases de données des déchets, nous avons remarqué que les données brutes présentaient des variations importantes dans les unités de mesure (kilogrammes, litres, mètre cube, tonnes ...) et les formats de saisie. Pour garantir la cohérence et la comparabilité des données, nous avons appliqué un processus de normalisation. Ce processus inclut les étapes suivantes:

- Uniformisation des unités de mesure : Conversion de toutes les données en kilogrammes. Cette conversion est effectuée en utilisant des facteurs de conversion appropriés, par exemple, la densité pour convertir les litres en kilogrammes.

item code	U/M	Designations (Waste Description)		item code	U/M	Designations (Waste Description)
1	L	USED OIL	➔	1	KG	USED OIL
2	KG	PLASTIC		2	KG	PLASTIC
8	M3	CONTAMINATED SAND		8	KG	CONTAMINATED SAND
7	U	BIGBAG		7	KG	BIGBAG
10	M	Cable en metal		10	KG	Cable en metal

Figure 3. 2 - Exemple de conversion des unités

- Harmonisation des formats de saisie : Mise en forme homogène des dates, des nombres et des catégories pour assurer une lecture uniforme.

item	U/M	Designations (Waste Description)	23-oct	23-nov	23-déc	janv-2	fev-24	mars-2	avr-24
1	L	USED OIL	200	0	1000	450	1000	0	0
2	KG	PLASTIC	20	20	20	12	20	0	0
3	M3	METAL	25	10	25.2	100	0	150	0
4	U	WOOD	120,2	15	0	35	0	410.5	0

Figure 3. 3 - Exemple de différentes mises en forme

3. Traitement des valeurs manquantes

Nous avons identifié des dates sans aucune quantité de déchets collectés. D'après la réponse du facility manager, dans certains cas, les fournisseurs mélangent plusieurs types de déchets non dangereux en un seul voyage lorsque les quantités sont minimales, afin d'optimiser le nombre de collectes. Par conséquent, SLB n'a pas de visibilité sur la quantité exacte de certains déchets générés pendant ce mois mais plutôt une quantité cumulée.

Waste	U/Measure	23-oct.	23-nov.	23-déc.
Bois	Kg	120	15	✘
Cable en metal	M	100	200	✘
Pneus	Kg	15	✘	✘
Carton	Kg	15	25	15

Figure 3. 4 - Exemple des valeurs manquantes

4. Consolidation des données

Afin d'avoir une visibilité globale sur les déchets générés par toutes les bases de SLB, nous avons opté pour la consolidation des différents tableaux que nous avons. Cela nous permet d'obtenir les quantités totales générées par SLB chaque mois.

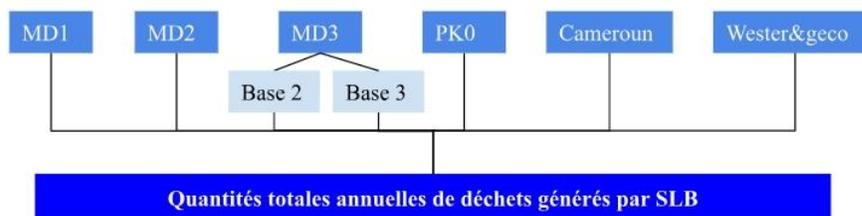


Figure 3. 5 - Schéma présentant la consolidation des données

3.1.2. Etude comparative des quantités, des coûts et de nombre de rotation de collectes des déchets

Pour bien cadrer notre étude, nous avons réalisé une analyse afin de déterminer sur quels types de déchets nous pouvons travailler et quels sont ceux qui sont les plus importants en termes de coûts et de volumes. Cette analyse nous a également permis d'identifier les types de déchets prioritaires que nous devons traiter en premier lieu.

1. Analyse des quantités déchets

Sélection des types des déchets pertinents pour l'étude

Notre première étape d'analyse consiste à identifier les types de déchets sur lesquels nous allons travailler. Pour faire ceci, nous avons classé les déchets présents au sein de SLB par catégories. Les trois catégories utilisées dans cette analyse sont :

- **Déchets non dangereux** : Ce sont les déchets qui ne présentent pas de risques spécifiques pour la santé humaine ou l'environnement.
- **Déchets dangereux provenant des activités de Facility** : Il s'agit des déchets générés par les opérations de facility et qui nécessitent un traitement avant la valorisation en raison de leur nature potentiellement nuisible.
- **Déchets dangereux provenant des Business lines**: Ce sont les déchets dangereux résultant des activités de SLB, nécessitant une attention particulière en raison de leur impact potentiel sur l'environnement et la sécurité. Ces déchets peuvent inclure des substances toxiques, corrosives ou inflammables qui présentent un potentiel élevé de pollution et de dangerosité. Leur traitement nécessite des technologies et des installations spécifiques de haut niveau.

Nous avons illustrer la répartition de ces trois types de déchets dans la figure 5 qui met en évidence leurs proportions respectives.

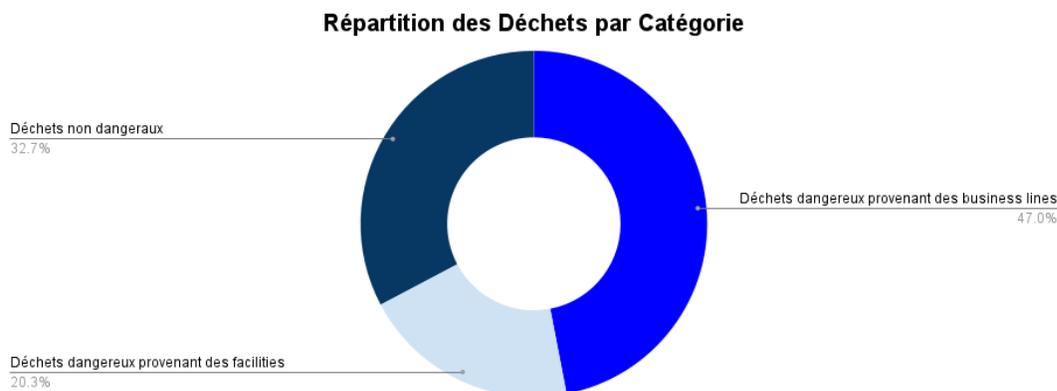


Figure 3. 6 - Les pourcentages indiquent les parts respectives des différentes catégories de déchets

En se basant sur notre diagnostic du système et du marché de gestion des déchets en Algérie, nous avons décidé d'écarter les déchets dangereux des lignes de business pour deux raisons :

- Absence d'infrastructures et de technologies de valorisation de ces déchets sur le marché algérien.
- L'absence d'un cadre législatif précis et approprié pour réguler le traitement des déchets dangereux en Algérie crée un environnement d'incertitude réglementaire et rend l'investissement dans la valorisation de ces déchets extrêmement risqué. Par conséquent, nous ne pourrions pas proposer des projets d'investissement pour la valorisation de ces déchets pour SLB.

Cependant, les déchets dangereux provenant des activités de facility sont des déchets qui peuvent être valorisés grâce à des technologies disponibles sur le marché algérien, ce qui facilite leur intégration dans un modèle d'économie circulaire.

Sélection des bases pertinentes pour l'étude

Dans le cadre de la sélection des bases, il est essentiel d'identifier celles qui génèrent le plus de déchets et celles qui en génèrent le moins. Une réduction de la production de déchets dangereux est généralement attribuable à un arrêt d'activité de la base, tandis qu'une diminution de la génération de déchets non dangereux indique la présence d'une structure administrative restreinte, dépourvue de bureaux, ce qui se traduit par une quantité minimale, voire nulle, de déchets de facilities.

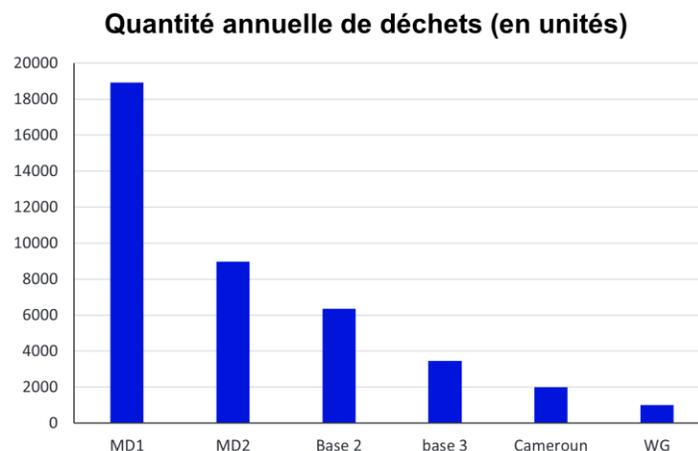


Figure 3. 7 - Quantités Annuelles de Déchets Générées par les Activités de Facility pour 2023

Les bases Wester&geco et Cameroun, ne seront pas prises en compte dans notre étude car les quantités de déchets générées en 2024 sont minimales et leur collecte se fait en un seul voyage. Cela entraîne un mélange des déchets, empêchant ainsi une visibilité sur ce qui est réellement produit sur le site. Nous nous sommes donc concentrés sur **MD1, MD2, Base 2 et Base 3**.

2. Analyse de nombre de collectes de déchets par base

Dans cette partie de l'analyse, nous mettrons en évidence la variabilité significative dans le nombre de rotations pour chaque type de camion (Mise à disposition benne tasseuse, Mise à disposition camion-citerne, Mise à disposition camion 7T) pour la collecte et le transport afin d'évaluer le coût de gestion des déchets des installations sur les quatre bases principales. Les graphiques ci-dessous illustrent les tendances, reflétant des variations dans les fréquences de collecte.

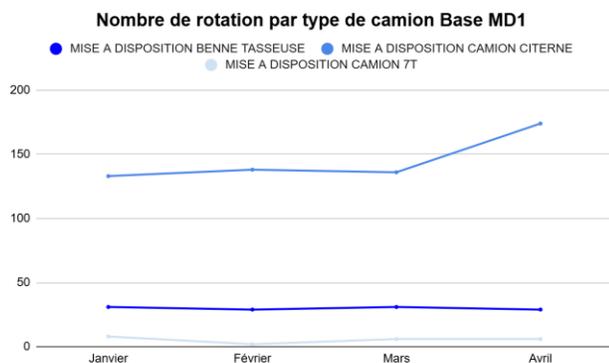


Figure 3. 8 - Évolution Mensuelle des nombres de rotations effectuées par Type de Camion pour MD1 en 2024

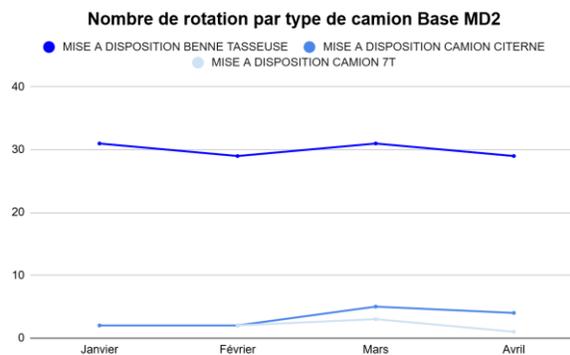


Figure 3. 9 - Évolution Mensuelle des nombres de rotations effectuées par Type de Camion pour MD2 en 2024

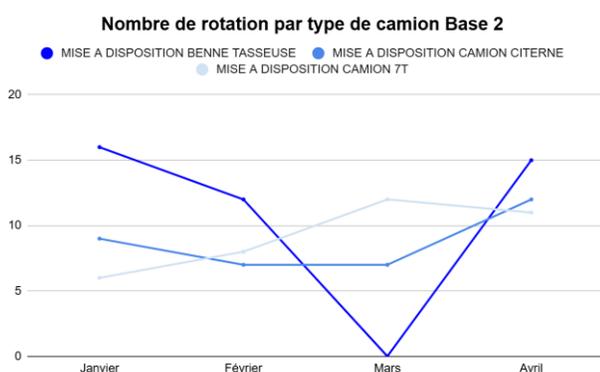


Figure 3. 10 - Évolution Mensuelle des nombres de rotations effectuées par Type de Camion pour la Base 2 en 2024

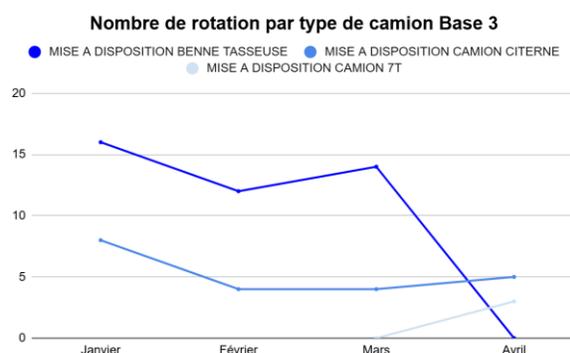


Figure 3. 11 - Évolution Mensuelle des nombres de rotations effectuées par Type de Camion pour la Base 3 en 2024

L'évolution mensuelle du nombre de rotations effectuées révèle une fréquence de collecte stable pour les deux premières bases MD1 et MD2. En revanche on remarque des fluctuations dans les rotations de la base 01 et la base 2.

SLB négocie avec l'entreprise de collecte un nombre de rotations par mois défini pour chaque type de camion et subit des coûts supplémentaires en cas de dépassement de ce nombre (un coût de réactivité). Cela démontre que la planification des collectes n'est pas optimale et que les coûts ne sont pas maîtrisés.

3. Analyse des coûts de collecte de déchets

Pour réaliser une analyse des coûts de gestion des déchets, nous évaluerons les dépenses de l'entreprise en tenant compte de divers facteurs. La collecte et le transport des déchets sont sous-

Chapitre 3. Solutions proposées

traités à des fournisseurs, chaque type de déchet ayant une fréquence de collecte bien déterminée comme illustré en haut. Le paiement aux fournisseurs se fait mensuellement, en fonction des rotations effectuées. Ces fournisseurs utilisent trois types de camions, chacun ayant son propre coût journalier et un coût supplémentaire de réactivité. Pour mieux illustrer globalement le budget mensuel consacré aux déchets, nous présenterons ci-dessous une figure détaillant les coûts associés à chaque type de camion, les coûts associés à chaque base, ainsi que les dépenses par mois pour cette gestion des déchets. Cette analyse permettra d'identifier les principales sources de dépenses.

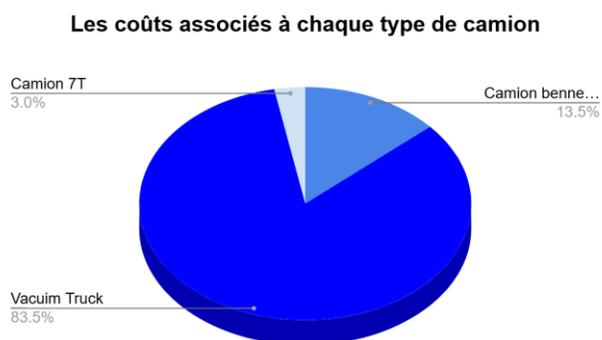


Figure 3. 12 - Répartition des coûts de gestion des déchets par type de camion

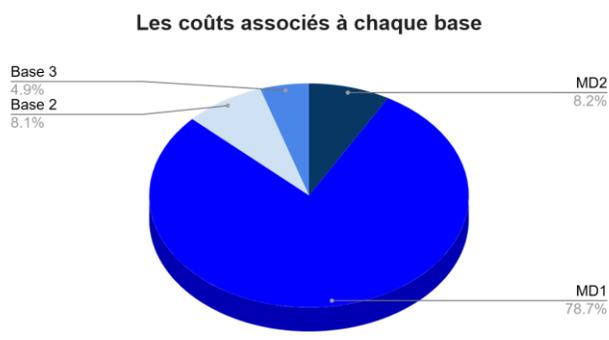


Figure 3. 13 - Répartition des coûts de gestion des déchets par base

Les coûts de gestion des déchets sont largement dominés par le Vacuim Truck, en raison du fait que ce type de camion est le plus coûteux à exploiter. En ce qui concerne les bases, MD1 est la plus coûteuse en termes de gestion des déchets, principalement en raison du volume très élevé de déchets générés à cet emplacement. Pour les dépenses mensuelles des quatre bases, le graphique ci-dessous montre l'évolution des coûts total de janvier à avril 2024.

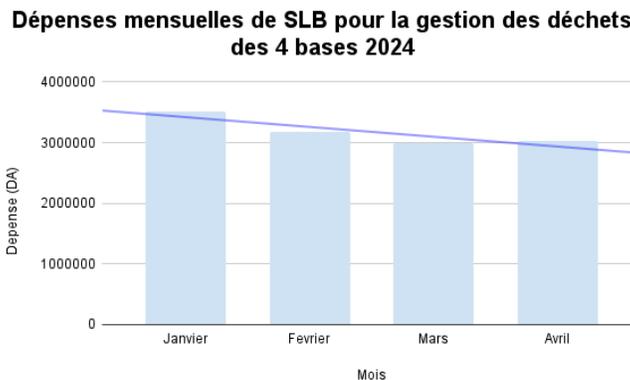


Figure 3. 14 - Dépenses mensuelles de SLB pour la gestion des déchets des 4 bases

3.1.3. Hiérarchisation des déchets prioritaires pour la gestion circulaire

Pour implémenter l'économie circulaire dans la gestion des déchets, il est essentiel de déterminer les déchets prioritaires à valoriser et à recycler pour réduire les impacts environnementaux et économiques liés à leur gestion actuelle et de construire un projet faisable qui permet de les transformer en ressources. Pour cela, nous allons utiliser l'analyse multicritère de décision (AMD) pour hiérarchiser les différents types de déchets en fonction de plusieurs critères clés.

En utilisant l'analyse multicritère AMD, nous pouvons identifier les déchets qui présentent le plus grand potentiel circulaire, ainsi que ceux qui nécessitent une gestion plus efficace. Cette approche permet de prendre des décisions éclairées concernant le projet d'économie circulaire à proposer.

Étape 01: Construction d'un profil pour chaque déchet

Les déchets de l'entreprise présentent plusieurs caractéristiques, qui diffèrent d'un déchet à une autre. Pour que cela soit plus simple, nous les avons classées dans le tableau.

Ce tableau reprend, pour chaque déchet, le type de déchets, les quantités générées sur un horizon d'une année depuis avril 2023 jusqu'au avril 2024, les impacts environnementaux liés à la gestion actuelle des déchets, les coûts liés à leur gestion.

Nous retenons ainsi dans notre étude les déchets non dangereux et les déchets dangereux des facilities, ainsi que les quatre bases suivantes :

- HMD MD1 Base
- HMD MD2 Base
- HMD MD3 Base (Base 2 et Base 3)

Tableau 3. 1 - Profiling des déchets

Déchet	Type de déchet	Bases concernées	Processus / Activité de génération	Quantité annuelle	Coût par rotation
Huile usagée	Dangereux	MD1, MD2	Cuisine	14000 L	15000 DA
Plastique	Non dangereux	MD1, MD2, Base 2, Base 3	Bouteilles d'eau, livraisons, différents lieux de travail et hébergements	3340 Kg	6500 DA

Chapitre 3. Solutions proposées

Métal	Non dangereux	MD1, MD2, Base 2	Tous les secteurs	3315 Kg	5000 DA
Bois	Non dangereux	MD1, MD2, Base 2, Base 3	Tous les secteurs et l'entrepôt	11084 Kg	6500 DA
Tube en caoutchouc	Dangereux	Base 2, Base 3	Facilité	220 Kg	15000 DA
Big bag	Non dangereux	Base 3	Cimenterie en vrac	501 U	6500 DA
Carton	Non dangereux	MD1, MD2	Différents lieux de travail et hébergement	382 Kg	6500 DA
Batterie	Dangereux	MD2	tous les business lines	135 Kg	15000 DA
Déchets alimentaires	Non dangereux	MD1	Restaurant de MD1	7612,3 Kg	6500 DA

Étape 02: Construction des critères de décision

Les critères sélectionnés couvrent les aspects clés à prendre en compte pour identifier les déchets prioritaires dans une perspective d'économie circulaire. Les critères ont été choisis de manière à pouvoir caractériser les différents types de déchets de manière exhaustive et pertinente. Le développement s'est appuyé sur deux sources principales :

- Revue de littérature : Une partie des critères provient d'études similaires menées par des chercheurs comme Jingzheng Ren (2022).
- Analyse approfondie : L'autre partie résulte d'une analyse poussée des caractéristiques des déchets et état des lieux du système d'économie circulaire Algérien.

Ces critères ont ensuite été validés par les personnes ayant une implication directe dans la gestion des déchets et l'implémentation de l'économie circulaire. Cette validation a permis d'assurer que les critères retenus sont adaptés aux réalités opérationnelles et aux objectifs de durabilité.

Tableau 3. 2 - l'ensemble des critères retenus

Critère	Description	Type
Quantité annuelle	Quantité totale de déchets générés annuellement	Quantitatif

Chapitre 3. Solutions proposées

Coût	Coût associé à chaque collecte, transport et traitement par le sous-traitant	Quantitatif
Impact environnemental	Effet des déchets sur l'environnement (pollution, émission de GES, etc.)	Qualitatif
Potentiel de valorisation circulaire	Niveau de réutilisation, reproduction ou recyclabilité du déchet dans une boucle fermées	Qualitatif
Présence des technologies et réglementation conformité	Existence et disponibilité de technologies pour traiter et valoriser les déchets	Qualitatif
	Niveau de réglementation et d'exigences légales liées à la gestion du type de déchet	Qualitatif

Étape 03: Choix de méthode

Hiérarchisation des déchets prioritaires pour une gestion circulaire : Une approche par analyse multicritère de décision

- La méthode AHP permet de définir les objectifs, sélectionner les critères pertinents et leur attribuer des valeurs numériques. En d'autres termes, la méthode AHP possède une valeur intrinsèque indépendamment du résultat final obtenu.
- Elle prend en compte à la fois les critères qualitatifs et quantitatifs.
- Elle permet également de mesurer la cohérence des jugements utilisés pour déterminer les priorités et de les réévaluer en cas d'incohérence.
- L'AHP offre une flexibilité dans les niveaux, car l'ajout de critères à une structure bien hiérarchisée ne perturbe pas sa performance globale.

Étape 04: Construction de la hiérarchie

La structure hiérarchique des éléments du problème est illustrée dans la figure ci-dessous. Nous avons établi trois niveaux hiérarchiques :

- Le niveau 0 représente l'objectif (Sélection du type de déchet adapté pour un projet d'économie circulaire).
- Le niveau 1 compare les critères par rapport à l'objectif.
- Le niveau 2 compare les alternatives par rapport à chaque critère.

Chaque analyse vise à identifier le meilleur critère et la meilleure alternative en fonction du niveau hiérarchique supérieur.

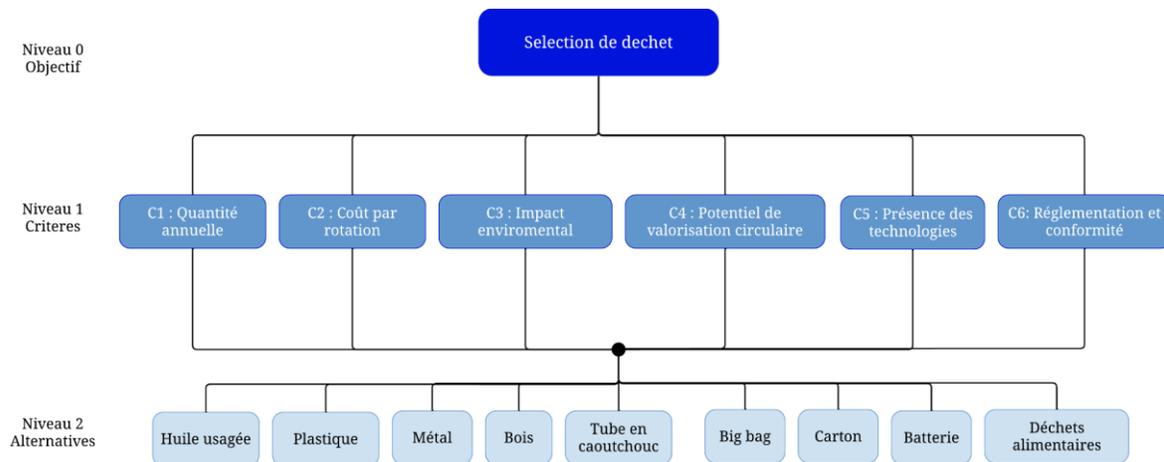


Figure 3. 15 - La structure hiérarchique du problème de sélection de déchet

Étape 05 : Détermination des poids des critères

Les poids des critères ont été évalués par l'équipe de facility management et HSE specialist. Il a été demandé à chacune des équipes directement concernées, d'attribuer pour chaque critère un poids d'importance sur un échelle de 1 à 9 afin de pouvoir faire une l'échelle verbale des jugements, proposée par Saaty pour les comparaisons des critères. Ce formulaire comprend également les buts poursuivis par l'étude et les informations que nous l'entendons obtenir. Nous avons récolté ces données en se basant sur un formulaire d'évaluation des critères. Ces résultats sont ensuite transférés dans une matrice de décision qui permet de visualiser les poids moyens des critères. Comme montré la figure suivante :

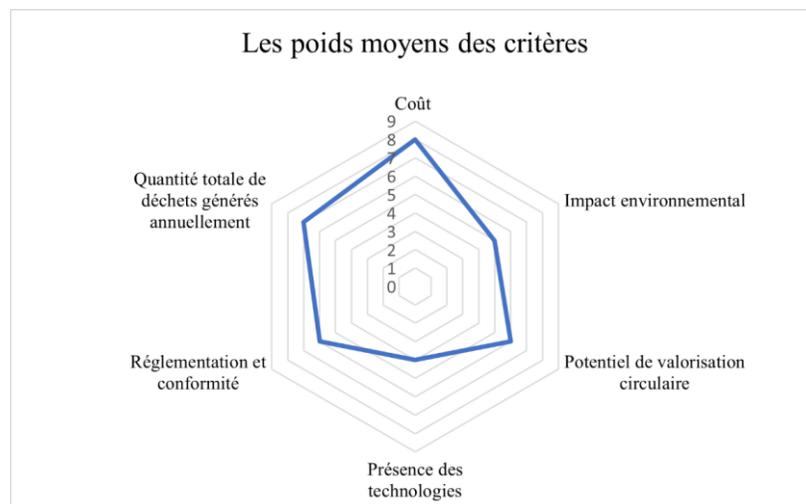


Figure 3. 16 - Poids moyen des critères

Etape 06 : Comparaison par paire des éléments

Niveau 1 :

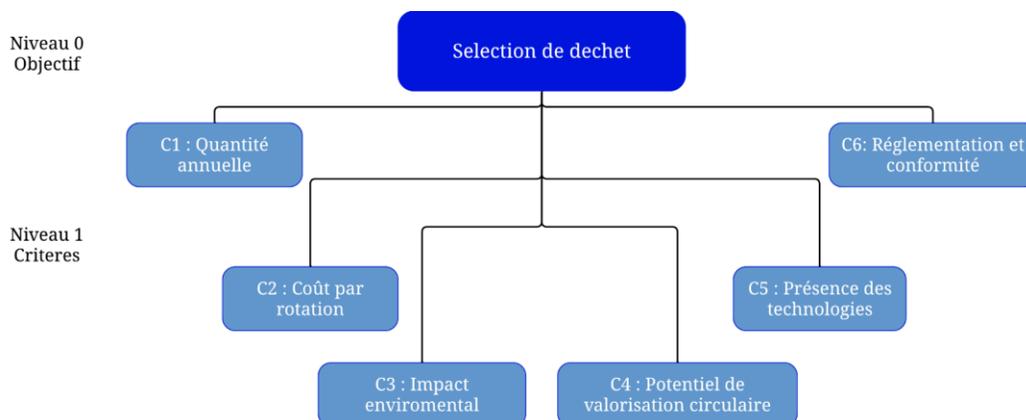


Figure 3. 17 - Le 1er niveau de la hiérarchie

Il s'agit de classer les critères par rapport à l'objectif global. Pour cela, une matrice B est construite où chaque élément (j,l) représente un jugement ou une comparaison entre deux critères, C_j et C_l . La valeur de cette comparaison, b_{jl} , est une valeur de l'échelle de 1 à 9. Ainsi, $b_{jl} = 1/ b_{lj}$ et $b_{jj}=1$. Les responsables ont exprimé les importances relatives qu'ils accordent aux critères, ce qui est présenté dans la matrice $B = [b_{jl}] 6 \times 6$.

Tableau 3. 3 - Matrice des jugements relatifs des critères

Critère / Critère	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	1	1/2	3	4	7	5
C2	2	1	5	3	6	8
C3	1/3	1/5	1	2	4	7
C4	1/4	1/3	1/2	1	3	6
C5	1/7	1/6	1/4	1/3	1	2
C6	1/5	1/8	1/7	1/6	1/2	1

Les poids attribués aux critères lors de cette étape sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 3. 4 - Poids des critères – AHP

Critères	%
Quantité annuelle	27,53
Coût	38,09
Impact environnemental	14,83
Potentiel de valorisation circulaire	11,65
Présence des technologies	4,68
Réglementation et conformité	3,21

Le coût et la quantité totale de déchets générés annuellement représentent plus de 50 % du poids total des critères. Cela indique qu'ils sont les critères les plus importants

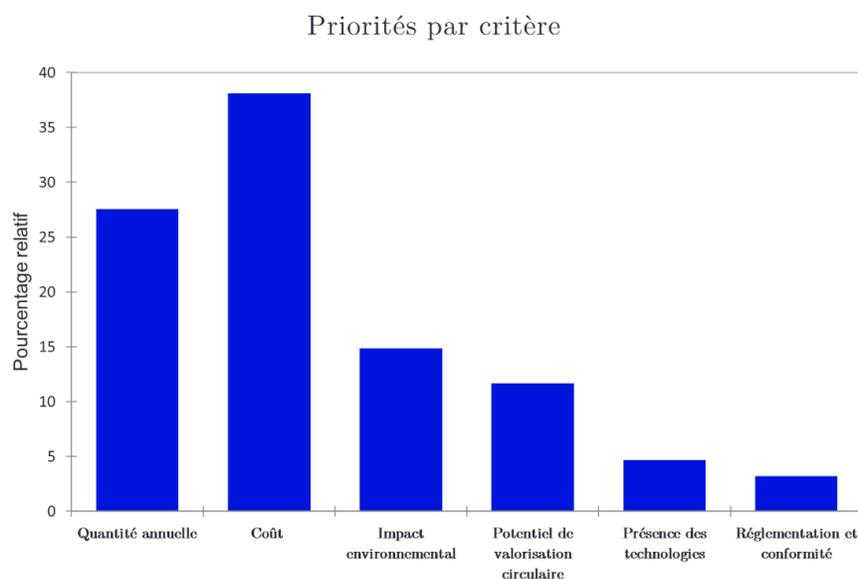


Figure 3. 18 - Priorité par critères

Etape 07: Comparaison des alternatives par paire

Il s'agit de définir un vecteur des priorités des alternatives (déchets) par rapport à chaque critère (Coût par rotation, Quantité annuelle, Impact environnemental, Potentiel de valorisation circulaire, Présence des technologies et Réglementation et conformité).

Pour les critères quantitatifs, nous utilisons les valeurs réelles. Les critères concernés sont : coût par rotation et quantité annuelle. Pour les critères qualitatifs (Impact environnemental, Potentiel

Chapitre 3. Solutions proposées

de valorisation circulaire, Présence des technologies et Réglementation et conformité). Nous avons donc déterminé des variables linguistiques qui vont, elles, permettre aux décideurs d'évaluer les performances de chaque alternative (déchet) par rapport à ces critères. L'évaluation de ces déchets peut s'avérer difficile. C'est pourquoi nous avons utilisé une échelle d'évaluation afin de mesurer l'importance relative de chaque fournisseur par rapport à ce critère. L'échelle de Lickert Annexe 3. s'est avérée la plus adéquate car elle permet de prendre en compte tous les cas de figure possibles. Elle comporte cinq niveaux :

5= très bon ; 4= bon ; 3= moyen ; 2=faible ; 1= très faible

Nous avons soumis cette échelle au environnement champion, en lui demandant d'évaluer les déchets par rapport à certains critères qualitatifs (Impact environnemental et réglementation et conformité), pour les autres critères qualitatifs (potentiel de valorisation circulaire et présence des technologies) nous les avons évalués nous-mêmes grâce à l'état des lieux du marché algérien d'économie circulaire et de gestion des déchets déjà établi.

Nous explicitons les comparaisons par paire des déchets selon différents critères dans Annexe 3. .

- Priorité du Niveau 2

Les vecteurs de poids obtenus à la suite des comparaisons par paire des déchets, Huile usagée HU, Plastique P, Métal m, Bois B, Tube en caoutchouc TEC, Big bag BB, Carton C, Batterie B, Déchets alimentaires DA par rapport aux critères à l'aide d'un solveur qui sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau 3. 5 - Tableau de poids obtenus à la suite des comparaisons par paire des déchets

Crit./Alt.	HU	Pl	M	B	TEC	BB	C	Bt	DA	IC	RC
Quantité annuelle	9,60	2,89	2,89	5,85	0,59	0,59	0,59	0,59	3,93	0,09	5,96
Coût	6,88	3,29	0,97	3,29	6,88	3,29	3,29	6,88	3,29	0,00	0,26
Impact environnemental	3,17	1,07	0,63	1,58	0,71	0,94	0,73	0,43	5,59	0,06	4,10
Potentiel de valorisation circulaire	1,56	1,20	0,70	0,44	1,67	0,57	1,04	0,40	4,07	0,30	20,81
Présence des technologies	0,86	0,45	0,33	0,16	0,84	0,25	0,21	0,50	1,07	0,09	5,89
Réglementation et conformité	0,69	0,23	0,14	0,34	0,15	0,20	0,16	0,09	1,21	0,06	4,10

Etape 08 : Synthèse des priorités

Une fois arrivé au niveau le plus bas (niveau 2), il faut remonter dans la hiérarchie pour déterminer l'importance relative des alternatives par rapport à l'objectif global (niveau 0). Nous allons comparer les scores globaux pour déterminer la priorité de la sélection des déchets en utilisant la formule mentionnée dans l'état de l'art. Les résultats obtenus sont présentés sur la figure suivante :

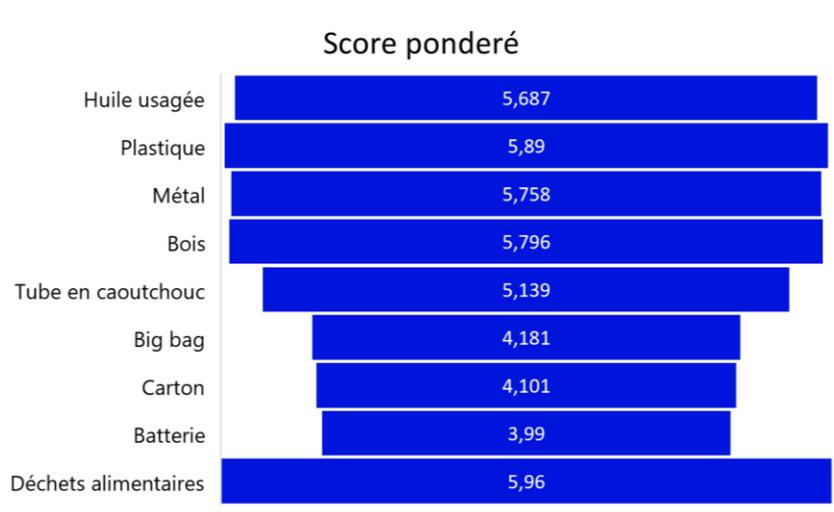


Figure 3. 19 - Classement des déchets

Le tableau présente les scores pondérés pour différents types de déchets, démontrant que les déchets alimentaires se distinguent en tant que solution privilégiée avec le score pondéré le plus élevé. Cette évaluation multicritère suggère que, parmi les alternatives examinées, les déchets alimentaires sont considérés comme ayant le meilleur potentiel de projet d'économie circulaire. Par conséquent, nous allons entreprendre notre démarche en priorisant ce type de déchets.

Le but est de proposer une solution qui permet de valoriser ces quantités de déchets alimentaires et les transformer en ressources.

Conclusion de l'analyse :

À l'issue de notre analyse du marché de recyclage en algérie et l'audit des des déchets de SLB, cinq constats ont été identifiés :

- Les déchets dangereux liés aux activités des Business Lines sont exclus du périmètre en raison de l'absence d'un cadre législatif adéquat. Cette situation rend les investissements dans la valorisation de ces déchets risqués.

- Les déchets dangereux liés aux activités des Facilities sont des déchets pour lesquels il existe des solutions de valorisation en Algérie.
- Un grand volume des déchets de SLB Algérie, ne sont pas produits par SLB, c'est le résultat de la consommation des produits et des services approvisionner.
- SLB Algérie manque de visibilité sur le respect des conditions de traitement et de recyclage de ces déchets. Elle ne dispose que de contact avec les collecteurs de déchets, sans aucun suivi de la destination finale de ces produits.
- Les déchets de restauration représentent un grand potentiel de valorisation en termes de volumes, circularité, impact environnemental, réglementation et coûts.

3.2. Innover et contrôler

Après avoir complété les trois premières étapes de la démarche DMAIC, nous sommes en mesure d'évaluer le potentiel de l'économie circulaire pour SLB Algérie et de proposer des stratégies et des projets pour soutenir sa transition vers ce modèle économique.

Dans cette partie, nous présenterons trois projets potentiels que SLB pourrait entreprendre. Étant donné l'ampleur de ces projets, nous fournirons les grandes lignes directrices pour leur réalisation et les moyens de les contrôler. Il appartiendra ensuite aux équipes de SLB d'explorer ces projets plus en détail.

3.2.1. Le potentiel d'implémentation de l'économie circulaire chez SLB Algérie

Malgré que le potentiel et l'impact de l'économie circulaire est souvent plus facilement perceptible dans les entreprises de fabrication de biens, en raison de leur contrôle sur le cycle de vie de leurs produits, il existe comme même des opportunités importantes pour les entreprises de services comme SLB. A l'issue de notre analyse trois grands projets ont été identifiée :

- Projet d'approvisionnement circulaire.
- Projet de traçabilité de la gestion des déchets.
- Projet de conception d'une supply chain circulaire pour les déchets de restauration.

3.2.2. Projet d'approvisionnement circulaire

1. Synthèse du projet

SLB génère actuellement environ 74 000 kg de déchets par an dans ses installations, dont une grande partie n'est ni valorisée ni intégrée dans des boucles circulaires. Contrairement aux entreprises manufacturières, les déchets de SLB proviennent principalement de la consommation de biens approvisionnés. Par conséquent, son champ d'action pour cette catégorie se limite aux pratiques d'approvisionnement.

Pour minimiser la génération de déchets, leur impact, et maximiser leur potentiel de réintégration, il est essentiel de modifier les processus d'approvisionnement en intégrant des critères et des principes circulaires. Cette transformation vise à passer d'une supply chain linéaire à une supply chain circulaire.

Ce projet permet aussi à SLB de se positionner de manière proactive dans l'écosystème national de l'économie circulaire en Algérie. En diffusant le concept auprès de ses fournisseurs et en les encourageant à adopter des pratiques d'économie circulaire, SLB pourrait dynamiser le marché algérien tout en intégrant la circularité dans ses approvisionnements.

2. Risques potentiels et stratégies d'atténuation

- **Retour en investissement** : Le retour en investissement des approvisionnements circulaires est un concept complexe qui doit être considéré dans une perspective à long terme. L'intégration des pratiques et des exigences circulaires augmente la charge du travail et génère des coûts supplémentaires aux produits achetés. De plus, les bénéfices ne sont pas directement traduits en profits financiers.
- **Résistance interne** : L'adoption de nouveaux processus d'approvisionnement peut rencontrer une résistance interne au sein de l'équipe approvisionnement, qui peut préférer s'en tenir aux méthodes traditionnelles. Cette réticence peut s'expliquer par un manque de sensibilisation aux enjeux environnementaux.
- **Résistance externe** : L'adoption de pratiques d'économie circulaire peut susciter des hésitations chez les fournisseurs, en particulier lorsqu'elles impliquent des coûts supplémentaires ou des modifications importantes de leurs processus.
- **Maturité du marché** : L'adoption des approvisionnements circulaires est freinée par plusieurs facteurs liés à la maturité du marché, notamment la disponibilité limitée de produits et de services circulaires et le manque d'expertise nécessaire pour leur conception.

Tableau 3. 6 - Les Stratégies d'atténuation des risques du projet1

Risque	Stratégies d'atténuation
Retour en investissement	Calcul du coût de cycle de vie lors des approvisionnements
Résistance interne	Mise en place d'un plan de formation
Résistance externe	Mettre en oeuvre des mécanismes d'incitation financière
Maturité du marché	L'investissement et la création de partenariats

3. Objectifs du projet

Les objectifs du projet sont :

- Intégrer les principes de l'économie circulaire dans les missions d'approvisionnements.
- Élargir le rôle de l'approvisionneur pour englober toutes les phases du cycle de vie du produit.
- Minimiser les approvisionnements (approvisionner moins)
- Minimiser l'utilisation des matériaux dans les produits achetés (approvisionner mieux)
- Maximiser les matériaux récupérés (approvisionner mieux, utiliser mieux et plus longtemps)
- Optimiser l'utilisation des produits (utiliser mieux et plus longtemps).
- Prolonger la durée de vie des produits (utiliser mieux et plus longtemps)

4. La solution

Afin d'intégrer la circularité dans le processus d'approvisionnement, nous proposons un cadre de travail qui le divise en trois phases distinctes : pré-approvisionnement, approvisionnement et post-approvisionnement. À chaque phase, nous incluons les principes de l'économie circulaire en donnant la priorité à la réflexion à long terme et en considérant les impacts sur l'ensemble du cycle de vie des produits lors des approvisionnements.

Phase 01 : Pré-approvisionnement

La phase de pré-approvisionnement constitue l'opportunité la plus significative d'optimiser la circularité au sein des approvisionnements de SLB. C'est à ce moment-là que les approvisionneurs examinent toutes les étapes du cycle de vie du produit et élaborent des critères d'approvisionnement

Au cours de cette phase, les approvisionneurs doivent prendre en considération les critères suivants:

- Déterminer si un approvisionnement est nécessaire ou pas.
- Quel modèle commercial circulaire utiliser.
- Veille de marché et communication avec les fournisseurs pour partager les exigences de SLB en termes de circularité.

Pour ensuite établir l'analyse du Coût du Cycle de Vie (CCV), une méthodologie qui identifie tous les coûts associés à un produit ou à un service tout au long de sa durée de vie. Ceci permet aux approvisionneurs de comprendre les implications financières à long terme au-delà du simple prix d'approvisionnement initial. Cette approche favorise la circularité en comparant les coûts des produits standards non circulaires avec ceux des produits circulaires, permettant ainsi d'évaluer

les bénéfices potentiels, notamment les économies directes sur les coûts de possession et de maintenance à long terme, ainsi que les avantages environnementaux.

Le Coût total du Cycle de Vie (CCV) peut comprendre deux catégories de coûts : le Coût total de possession (TCO) et les Coût des Externalités positives ou négatives monétisables. La figure ci-dessous illustre la logique de l'analyse.

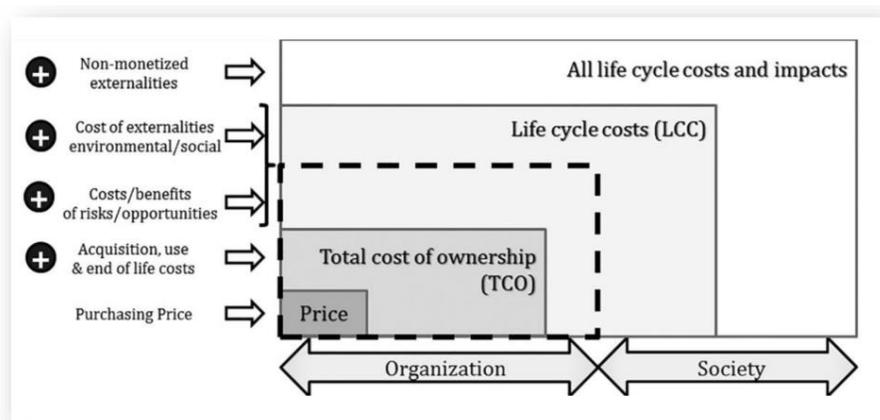


Figure 3. 20 - Vue d'ensemble de coût de cycle de vie

Le Coût total de possession (TCO) comprenant :

- Prix d'approvisionnement et tous les coûts associés (par exemple, livraison, installation, assurance, coûts de main-d'œuvre)
- Coûts d'exploitation (par exemple, maintenance, pièces de rechange, énergie...)
- Coûts de fin de vie (par exemple, élimination, déclassement)

Externalités positives ou négatives monétisables comprenant :

- Au niveau organisationnel : l'évaluation des coûts liés aux avantages des risques et / ou à l'atténuation et à la réalisation des bénéfices
- Au niveau sociétal : le coût des externalités environnementales et sociétales sont les impacts qui ne sont pas directement traduits en coûts financiers mais qui affectent la société et l'environnement.

Phase 02 : Approvisionnement

La phase d'approvisionnement intègre les résultats de la phase précédente. Au cours de cette phase, l'objectif est de prendre de meilleures décisions pour s'assurer que :

- Les processus de fabrication des produits approvisionnés utilisent une quantité réduite de ressources et de matériaux non renouvelables.
- La durée de vie utile des produits approvisionnés est prolongée.

Chapitre 3. Solutions proposées

- Les principes de l'économie circulaire (réutilisabilité, recyclabilité...) sont pris en considération lors de la conception des produits approvisionnés.

Ces critères doivent être pris en considération sur trois niveaux d'exigences :

- **Niveau système** : il concerne les méthodes contractuelles que SLB peut utiliser pour assurer la circularité de ses approvisionnements.
- **Niveau des fournisseurs** : concerne les moyens mis en place par les fournisseurs de SLB pour intégrer la circularité dans leurs propres systèmes et processus, afin de garantir que les produits et services qu'ils proposent répondent aux critères d'approvisionnement circulaire de SLB.
- **Niveau produit** : Concerne les spécifications circulaires imposées par SLB sur les produits.

Les recommandations pour l'implémentation de la circularité dans le processus d'approvisionnement de SLB sur les trois niveaux sont résumées dans le tableau Annexe 3. .

Phase 03 : Post-approvisionnement

La phase post-approvisionnement se focalise sur la gestion des produits après leur durée de fin de vie initiale. L'équipe d'approvisionnement devrait envisager des stratégies pour une utilisation plus longue des produits afin de maximiser leur valeur intrinsèque en mettant en œuvre les actions suivantes :

- Veiller à ce que les produits soient couverts par une garantie.
- Explorer les possibilités de réutilisation par d'autres organisations ou départements à la fin de la première vie d'un produit.
- Assurer une récupération et un recyclage appropriés des produits en fin de vie, permettant le retour des composants ou des matériaux à l'économie.

Méthodologie de mise en place du projet :

Étant donnée la large gamme de produits approvisionnée par SLB, le projet est de grandes ampleurs et nécessite un temps considérable. Pour faciliter sa mise en place en propose la démarche présenter dans la figure suivante :

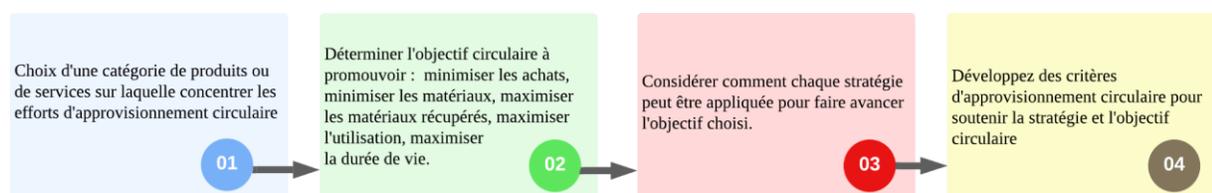


Figure 3. 21 - La méthodologie de mise en place du projet

Pour compléter cette méthodologie et cadrer sa mise en œuvre, nous avons mis en place un guide qui propose pour chaque objectif circulaire des questions directrice. Le guide est présenté dans Annexe 3. .

KPI à suivre

Dans la dernière étape, nous proposons de suivre l'indicateur de circularité appelé "C". C est égal au pourcentage de la valeur économique d'un produit qui provient de matériaux recirculés (recyclés, remanufacturés, réutilisés, etc). Il est conçu spécifiquement pour mesurer la circularité des produits individuels. La métrique de circularité varie entre 0 et 1 (ou 0 % à 100 % de pièces recirculées). La définition peut être opérationnalisée comme suit :

$$C = \frac{\text{Valeur économique des composants recirculés}}{\text{Valeur économique totale des composants}}$$

3.2.3. Projet de traçabilité de la gestion des déchets

1. Synthèse du projet

SLB Algérie externalise la collecte, le transport et le traitement des déchets. Elle s'en charge uniquement de leur tri sur ses bases. Les contrats précisent les méthodes de traitement et de valorisation, mais SLB ne reçoit aucun rapport sur les quantités valorisées ni sur leur destination finale. Cette absence de traçabilité empêche SLB de garantir le traitement de déchets conformément aux réglementations algériennes, d'optimiser la planification des collectes et de maîtriser les coûts et la performance de son système de gestion des déchets. En conséquence, il est difficile de définir des objectifs de circularité.

Pour remédier à cette situation, nous proposons un projet de traçabilité des déchets. Ce projet permettra à SLB de retracer l'ensemble des acteurs impliqués dans le traitement et la valorisation de ces déchets et les coûts associés. Les données recueillies seront utilisées par la suite pour évaluer les pratiques des sous-traitants, fixer des objectifs de circularité et proposer des axes d'amélioration.

2. Risques potentiels

- Les collecteurs de déchets peuvent ne pas coopérer pleinement en raison de pratiques non conformes parmi leurs sous-traitants, ce qui limite la transparence sur les risques.
- Les entreprises de collecte, de traitement et de valorisation des déchets accusent un retard important en matière de digitalisation. Elles manquent d'outils informatiques et de systèmes d'information adaptés, ce qui freine le partage des données et compromet la qualité et la fiabilité des informations.

3. Objectifs du projet

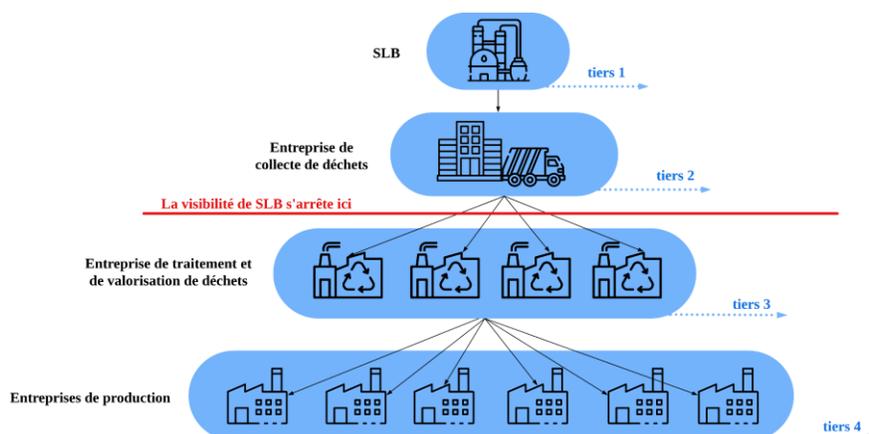
- Se conformer rigoureusement aux réglementations algériennes en matière de gestion des déchets.
- Collecter des rapports de retours détaillant les unités de traitement et de valorisation, les processus et les quantités de déchets traités.
- Avoir une visibilité et une traçabilité de l'ensemble des flux de déchets SLB, depuis leur production jusqu'à leur valorisation ou élimination finale.
- Définir des objectifs quantifiables et mesurables de circularité.

4. La solution

A. Analyse du processus de partage d'information dans la supply chain de gestion des déchets

Dans un premier temps, nous avons créé un mapping de la chaîne de gestion des déchets de SLB. Cette démarche nous a permis d'identifier les différents acteurs dans chaque niveau.

Figure 3. 22 - Mapping de la chaîne de gestion des déchets de SLB



Ensuite nous avons procédé à l'analyse du processus de partage d'information entre les différents niveaux, en adoptant une approche Top Down ensuite Bottom Up. L'objectif étant d'identifier quelles informations sont partagées entre les différents niveaux hiérarchiques et quelles informations sont manquantes. Cette analyse nous a permis d'identifier les points faibles dans les processus de partage d'information et de données.

Les informations partagées entre les différents niveaux dans les deux sens sont résumées dans le tableau 3.7 et le tableau 3.8 ci-dessous.

Tableau 3. 7 - Les informations partagées dans le processus top down

	Les informations partagées	Comment
Tiers1 - Tiers2	SLB communique à l'entrepris de collecte ses exigences en matières de : - Modes et fréquences de collecte de déchets. - Modes de traitement et valorisation pour chaque déchets.	Contrat
Tiers 2 - Tiers3	Aucune visibilité sur les données et les informations partagées.	/
Tiers 3 - Tiers 4	Aucune visibilité sur les données et les informations partagées.	/

Tableau 3. 8 - Les informations partagées dans le processus Bottom Up

	Les informations partagées	Comment

Chapitre 3. Solutions proposées

Tiers 4 - Tiers 3	Aucune visibilité sur les données et les informations partagées.	/
Tiers 3 - Tiers 2	Aucune visibilité sur les données et les informations partagées.	/
Tiers 2 - Tiers 1	<ul style="list-style-type: none"> - Seules les données sur les quantités de déchets collectées sont communiquées par l'entreprise de collecte à SLB. - Aucune traçabilité sur les opérations de traitement ou de valorisation utilisées et les volumes de matières recyclées. 	Rapport mensuel

L'analyse précédente nous a permis d'identifier les informations manquantes qui doivent être partagées entre les différents niveaux. Ils sont résumés dans le tableau 3. 9 et le tableau 3. 10 ci-dessous.

Tableau 3. 9 - Les informations manquantes qui doivent être partagées dans le processus Top Down

	Les informations manquantes qui doivent être partagées
Tiers 1- Tiers 2	/
Tiers 2 - Tiers 3	L'entreprise de collecte doit communiquer aux entreprises de traitement et de valorisation de déchets les exigences de SLB par rapport aux modes de traitement et de valorisation de déchets.
Tiers 3 - Tiers 4	Les entreprises de traitement et de valorisation de déchets doivent communiquer l'origine de la matière recyclée et ses caractéristiques.

Tableau 3. 10 - Les informations manquantes qui doivent être partagées dans le processus Bottom Up

	Les informations partagées
Tiers 4 - Tiers 3	/
Tiers 3 - Tiers 2	Les entreprises de traitement et de valorisation doivent partager avec l'entreprise de collecte les données sur : <ul style="list-style-type: none"> - Les processus de traitement et de valorisation utilisés pour les déchets de SLB.

Chapitre 3. Solutions proposées

	<ul style="list-style-type: none">- Les volumes de déchets valorisées- Les volumes de matières recyclées à base de déchets de SLB.- Les volumes incinérés/ non valorisés.- Billan environmental
Tiers 2 - Tiers 1	<p>L'entreprise de collecte doit partager avec SLB :</p> <ul style="list-style-type: none">- La destination des déchets (entreprises de traitement et valorisation de déchets).- Preuve de conformité de l'entreprise (l'agrément)- Les processus de traitement et de valorisation utilisés pour les déchets de SLB.- Les volumes de déchets valorisées- Les volumes de matières recyclées à base de déchets de SLB.- Les volumes incinérés/ non valorisés.- Billan environmental

Afin de remédier au problème de remontée des données et des informations, l'entreprise de collecte, en tant qu'intermédiaire direct avec SLB, doit en assumer la responsabilité. SLB, pour sa part, doit veiller à ce que son contrat avec l'entreprise de collecte comporte des clauses garantissant cette obligation.

B. Conception d'un tableau de bord pour la traçabilité des déchets

Les données collectées du processus Bottom Up seront organisées dans une table transactionnelle (Figure 3. 23) qui sera partagée entre les trois départements concernés afin d'être analysées en vue de la prise de décision.

- Département HSE : Il utilisera ces données pour surveiller la conformité des différents prestataires aux réglementations environnementales et pour identifier et atténuer les risques HSE liés à la gestion des déchets.
- Département Supply Chain : Ces données permettront de piloter la performance des fournisseurs et suivre la mise en place des approvisionnements circulaires.
- Département Facility : Ces données permettront au département facility d'optimiser la gestion des déchets en ciblant les actions prioritaires.

Chapitre 3. Solutions proposées

Base	Unite	Déchet	Type de déchet	Processus de valorisation/ traitement	Date	Type de camion	Coût par collecte (DA)	Unité de transformation
MD1	L	Huile usagée	Dangereux	Raffinage	01/01/2024	Vacuum Truck	15000	0,85
MD1	Kg	Plastique	Non Dangereux	Recyclage	01/02/2024	Camion Benne Tasseuse	6000	1
MD1	Kg	Métal	Non Dangereux	Fusion et refonte	01/03/2024	Camion 7T	5000	1
MD1	Kg	Bois	Non Dangereux	Recyclage	01/04/2024	Camion 7T	5000	1
MD1	Kg	Contaminé dangereux (métal, plastique)	Dangereux	Incineration	01/05/2024	Vacuum Truck	15000	1
MD1	Kg	Déchets électriques	Dangereux	Site d'enfouissement	01/06/2024	Vacuum Truck	15000	1
MD1	Kg	Chiffon contaminé	Dangereux	Incineration	01/07/2024	Vacuum Truck	15000	1
MD1	M3	Sable contaminé	Dangereux	Incineration	01/08/2024	Vacuum Truck	15000	1600
MD1	Kg	Carton	Non dangereux	Recyclage	01/09/2024	Camion Benne Tasseuse	6000	1
MD1	Kg	Déchets alimentaires	Non Dangereux	Compostage	01/10/2024	Camion Benne Tasseuse	6000	1
MD1	L	Huile usagée	Dangereux	Raffinage	01/11/2024	Vacuum Truck	15000	0,85
MD1	Kg	Plastique	Non Dangereux	Recyclage	01/12/2024	Camion Benne Tasseuse	6000	1
MD1	Kg	Métal	Non Dangereux	Fusion et refonte	01/01/2024	Camion 7T	5000	1
MD1	Kg	Bois	Non Dangereux	Recyclage	01/02/2024	Camion 7T	5000	1
MD1	Kg	Contaminé dangereux (métal, plastique)	Dangereux	Incineration	01/03/2024	Vacuum Truck	15000	1
MD1	Kg	Déchets électriques	Dangereux	Site d'enfouissement	01/04/2024	Vacuum Truck	15000	1
MD1	Kg	Chiffon contaminé	Dangereux	Incineration	01/05/2024	Vacuum Truck	15000	1
MD1	M3	Sable contaminé	Dangereux	Incineration	01/06/2024	Vacuum Truck	15000	1600
MD1	Kg	Carton	Non Dangereux	Recyclage	01/07/2024	Camion Benne Tasseuse	6000	1
MD1	Kg	Déchets alimentaires	Non Dangereux	Compostage	01/08/2024	Camion Benne Tasseuse	6000	1
MD1	L	Huile usagée	Dangereux	Raffinage	01/09/2024	Vacuum Truck	15000	0,85
MD1	Kg	Plastique	Non Dangereux	Recyclage	01/10/2024	Camion Benne Tasseuse	6000	1
MD1	Kg	Métal	Non Dangereux	Fusion et refonte	01/11/2024	Camion 7T	5000	1
MD1	Kg	Bois	Non Dangereux	Recyclage	01/12/2024	Camion 7T	5000	1
MD1	Kg	Contaminé dangereux (métal, plastique)	Dangereux	Incineration	01/01/2024	Vacuum Truck	15000	1
MD1	Kg	Déchets électriques	Dangereux	Site d'enfouissement	01/02/2024	Vacuum Truck	15000	1
MD1	Kg	Chiffon contaminé	Dangereux	Incineration	01/03/2024	Vacuum Truck	15000	1
MD1	M3	Sable contaminé	Dangereux	Incineration	01/04/2024	Vacuum Truck	15000	1600
MD1	Kg	Carton	Non Dangereux	Recyclage	01/05/2024	Camion Benne Tasseuse	6000	1
MD1	Kg	Déchets alimentaires	Non Dangereux	Compostage	01/06/2024	Camion Benne Tasseuse	6000	1
MD2	L	Huile usagée	Dangereux	Raffinage	01/07/2024	Vacuum Truck	15000	0,85
MD2	KG	Plastique	Non Dangereux	Recyclage	01/08/2024	Camion Benne Tasseuse	6000	1
MD2	KG	Métal	Non Dangereux	Fusion et refonte	01/09/2024	Camion 7T	5000	1
MD2	KG	Bois	Non Dangereux	Recyclage	01/10/2024	Camion 7T	5000	1
MD2	KG	Câble	Dangereux	Incineration	01/11/2024	Vacuum Truck	15000	1

Figure 3. 23 - Table transactionnelle

Afin de faciliter l'analyse de ces données, nous avons développé une structure BI que nous avons mise en place à l'aide de l'outil Power BI. La première étape consiste à définir les KPIs. Nous en avons sélectionné 4, comme indiqué dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3. 11 - Les indicateurs de performance

KPI	Definition	Frequence
Taux de valorisation des déchets	Pourcentage de la quantité de déchets valorisés par rapport à la quantité totale de déchets collectés.	Mensuelle
Quantité totale de déchets générées	la quantité totale de déchets générés	Mensuelle
Coût de gestion déchet par Kg	Coût total de gestion des déchets divisé par le poids total des déchets collectés	Mensuelle
Coût total direct de gestion des déchets	Nombre de rotations multiplié par le coût journalier	Mensuelle

Après avoir sélectionné les KPIs, nous avons construit le dictionnaire de données présenté en Annexe 3. . Ce dictionnaire permet d'avoir une vision globale des données disponibles et de sélectionner celles qui sont nécessaires. Pour structurer toutes les données, nous avons décidé de

créer un Data Mart en appliquant le processus ETL. Notre choix de construire ce Data Mart sur Power BI repose sur ses performances élevées et sa facilité d'utilisation.

Extraction

Nous avons extrait les données brutes de deux fichiers Excel : une table transactionnelle de collecte de déchets et une table transactionnelle de rotation des camions. Ces données sont actualisées automatiquement à une fréquence mensuelle, en adéquation avec la fréquence d'analyse et de reporting.

Transformation

Après l'extraction, des données brutes nous les avons transformées. Tout d'abord nous les avons nettoyées en éliminant les incohérences et les valeurs manquantes. Ensuite nous les avons normalisées en adaptant leurs formats pour assurer la cohérence.

En ce qui concerne la construction du modèle, nous avons opté pour un modèle en étoile pour simplifier la structure des données. Ce modèle est constitué de deux tables de faits :

- Collecte mensuelle : Elle contient les données sur les quantités collectées, valorisées et non valorisées ainsi que le processus de génération de chaque déchet et l'entreprise responsable de son gestion par mois.
- Rotations : Elle contient les données sur le nombre de rotations effectuées par chaque type de camion chaque mois.

Ces tables de fait sont liée à une:

- Table Date : Elle été générée à l'aide d'un code DAX. Elle regroupe toutes les dates en un seul emplacement central. Son objectif principal est de faciliter les analyses croisées et de rendre notre datamart plus flexible.
- Table Déchets : Elle spécifie pour chaque déchet, sa dangerosité et les processus de valorisation.
- Table Transport : Elle spécifie pour chaque type de camion le coût de collecte par rotation.

Le schéma du data mart est explicité dans la figure ci-dessous.

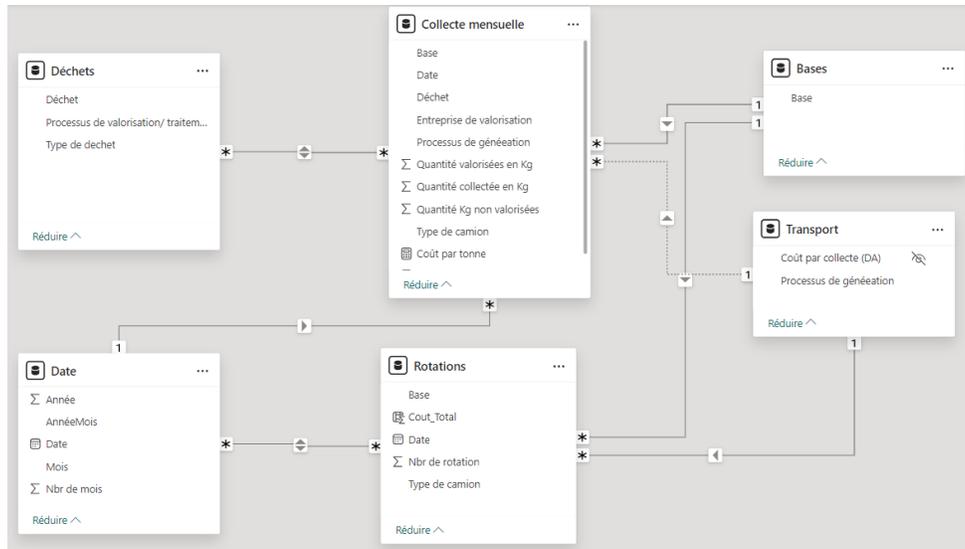


Figure 3. 24 - Représentation du modèle de données sur POWER BI

Après le chargement du modèle, on passe à la conception du tableau de bord. Nous avons décidé de diviser en deux parties : la première concerne la traçabilité et la circularité des déchets tandis que la deuxième partie se focalise sur la gestion des coûts. Les deux présentent des visualisations qui mettent en lumière la performance de la gestion des déchets au sein de SLB, facilitant ainsi la prise de décision.

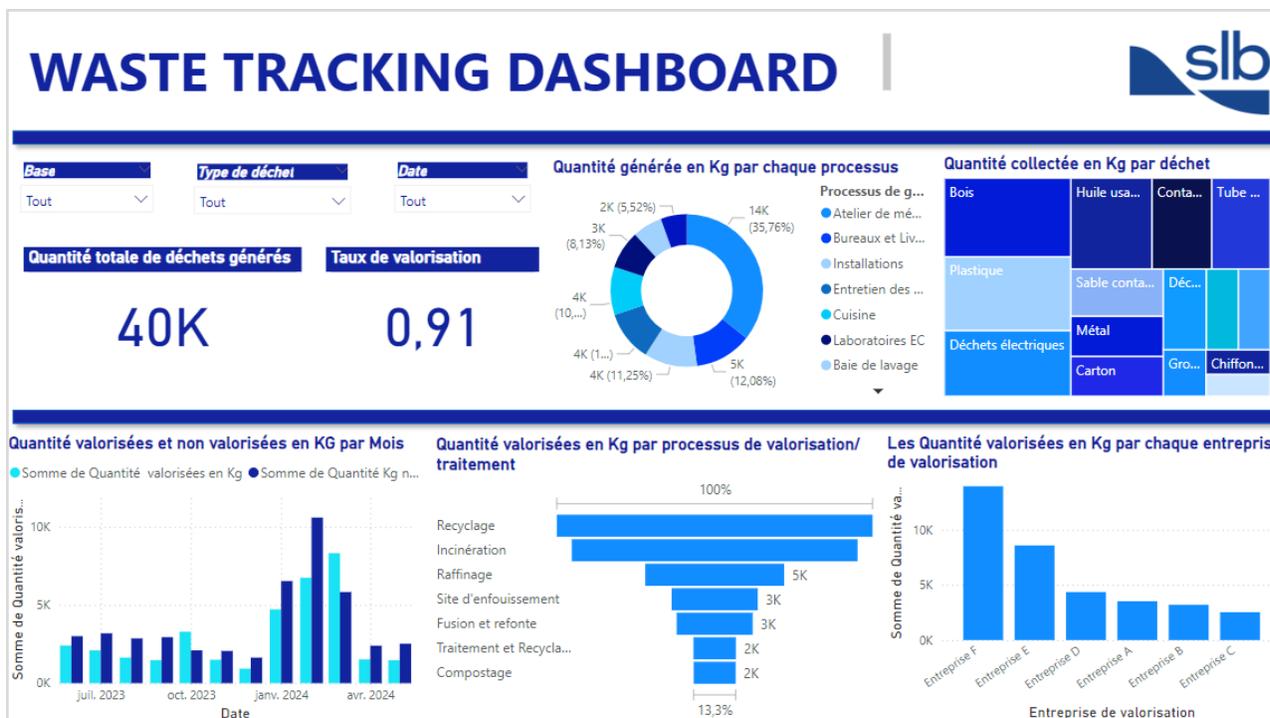


Figure 3. 25 - Tableau de bord de suivi de la gestion des déchets

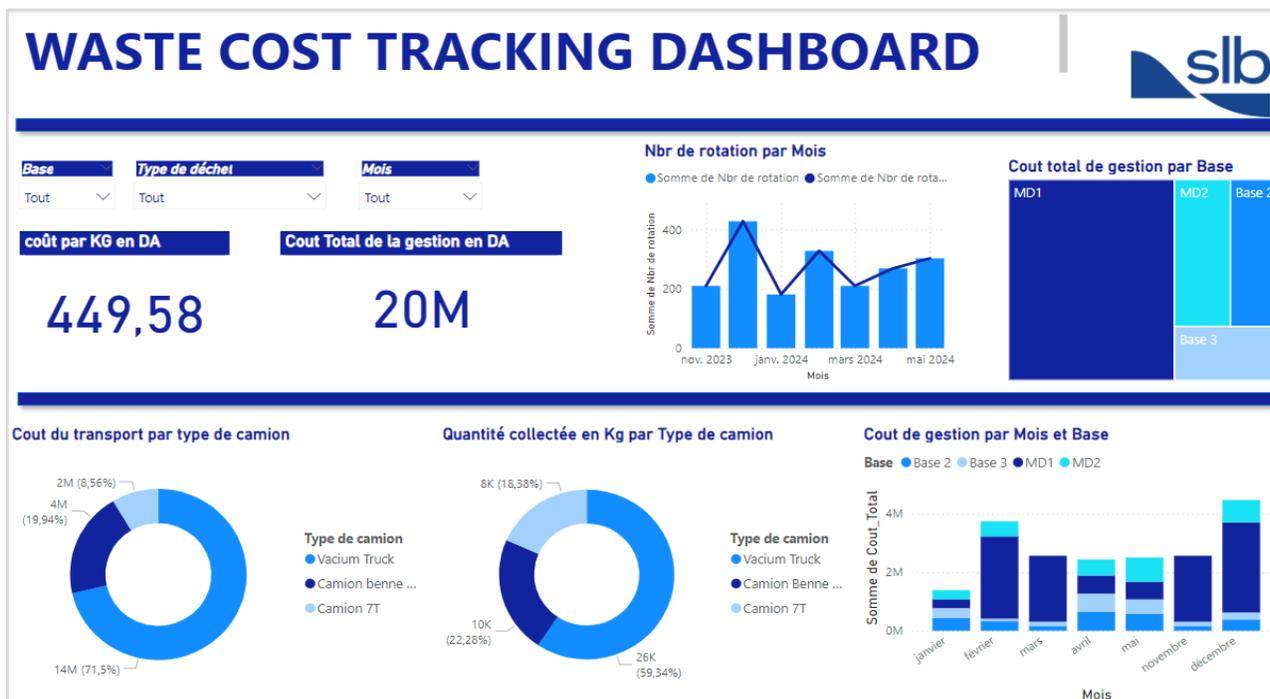


Figure 3. 26 - Tableau de bord de suivi des coûts de gestion des déchets

C. Proposition d'un référentiel pour la mise en place des plans d'amélioration

Afin d'optimiser la gestion des déchets dans le cadre de l'économie circulaire, nous proposons d'adopter le modèle des 9R (Refuser, Réduire, Réutiliser, Réparer, Rénover, Réhabiliter, Recycler, Récupérer et Revaloriser) comme cadre de référence pour l'élaboration d'un plan d'amélioration. Ce modèle permettra de mettre en place des stratégies ciblées en cas de détection d'anomalies sur le tableau de bord, telles qu'une augmentation inhabituelle de la production de certains types de déchets. Un aperçu du plan est présenté sur la figure X et le détail se trouve en annexe.

Tableau 3. 12 - Plan d'amélioration basé sur le modèle des 9Rs

Type de Déchet	Classification des Déchets	Stratégie de gestion des déchets	Spécifier 9R
Déchets Solides			
Palettes	Non-dangereux	Réutiliser, Réparer	Réparer les palettes endommagées au lieu de les jeter, ce qui permet de prolonger leur utilisation. Utiliser les palettes pour plusieurs cycles de transport ou de stockage, prolongeant ainsi leur durée de vie utile.
Papier	Non-dangereux	Refuser, Réduire, Recycler	Imprimer les documents importants Vérifier avant d'imprimer Utiliser les deux côtés Envoyer aux entreprises de recyclage
Bouteilles d'eau en plastique	Non-dangereux	Refuser, Réduire, Recycler	Préférer les distributeurs d'eau en gros Envoyer aux entreprises de recyclage
Gobelets en plastique	Non-dangereux	Réduire	Préférer les gobelets en céramique ou recyclés pour le café
Pneus usagés	Non-dangereux	Recycler	Envoyer aux entreprises de recyclage
Huiles usagées	Dangereux	Récupérer, Refabriquer	Réutilisation pour d'autres applications industrielles Valorisation énergétique

Chapitre 3. Solutions proposées

Cartouches d'imprimante	Dangereux	Réduire	Éviter les impressions inutiles Acheter des cartouches remplissables
Carton	Non-dangereux	Réutiliser, Recycler	Utiliser des cartons recyclés pour l'emballage Réutiliser les boîtes Envoyer aux entreprises de recyclage
Verre	Non-dangereux	Réutiliser	Réutiliser les contenants vides en verre pour des projets artisanaux, prolongeant ainsi leur durée de vie utile.
Câbles de débardage	Non-dangereux	Recycler	Collectés comme métal de récupération
Batteries au plomb-acide	Dangereux	Recycler	Échange avec le fournisseur pour des nouvelles batteries
Caisses d'expédition en bois	Non-dangereux	Repenser, Réutiliser, Recycler	Utiliser la taille appropriée Utiliser pour les outils ou l'envoi d'articles Utiliser le bois comme palettes Envoyer aux entreprises de recyclage du bois

3.2.4. Projet de conception d'une supply chain circulaire pour les déchets de restauration

1. Synthèse du projet

En phase de mesure et d'analyse de notre étude, nous nous sommes appuyés sur la méthode AHP pour prioriser les déchets à traiter. Cette analyse a ressorti les déchets alimentaires comme résultat. Dans ce qui suit, nous développerons un proof of concept afin de démontrer la faisabilité et la rentabilité de la gestion circulaire de la supply chain.

SLB génère en moyenne 7 613 kg de déchets alimentaires par an sur sa base MD1, qui assure la restauration de l'ensemble du personnel des différents sites. La figure 19 illustre l'évolution mensuelle de la production de déchets alimentaires sur une période de 12 mois, de mai 2023 à mai 2024.

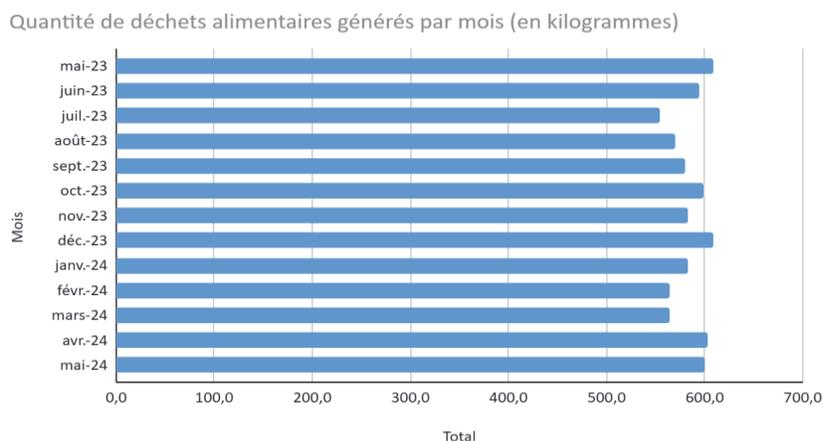


Figure 3. 27 - Tendence de la production de déchets alimentaires

La gestion de ces déchets est externalisée à un prestataire responsable de leur collecte et de leur transport vers des centres d'enfouissement. Cette gestion, représente un coût mensuel d'environ 180 000 DA pour l'entreprise et pose des défis environnementaux considérables.

Face à ce constat, SLB ambitionne de boucler la boucle en adoptant une approche de gestion circulaire de ces déchets. L'objectif est de transformer ces déchets en une ressource, générant ainsi des revenus tout en minimisant l'empreinte écologique de l'entreprise. Pour concrétiser cette ambition, nous proposons la mise en place d'une supply chain circulaire pour la gestion des déchets alimentaires en boucle fermée.

2. Objectives

- La mise en place d'un proof of concept de la supply chain circulaire en boucle fermée pour montrer la faisabilité de ces initiatives.
- Réduction de l'impact environnemental.
- Génération de revenus.
- Renforcement de l'image de marque de SLB.

3. La solution

Notre projet propose une solution simple et efficace qui permet de collecter et trier les déchets alimentaires sur le site de la base MD1. Ensuite les intégrer directement sur la machine de compostage automatique et eco friendly installée sur site qui permettra de transformer les déchets en engrais organique de haute qualité en seulement 24 heures, réduisant ainsi l'empreinte carbone et les coûts de collecte et de transport. Les engrais produits nourriront les initiatives de plantation

Chapitre 3. Solutions proposées

menées par SLB, contribuant ainsi à la durabilité et à l'autosuffisance de l'entreprise. Ils pourront également être vendus aux agriculteurs locaux, générant des revenus supplémentaires pour SLB.

Cette solution en boucle fermée élimine le recours à la sous-traitance et simplifie la gestion administrative pour le département de facility management. De plus, elle garantit une traçabilité complète des déchets.

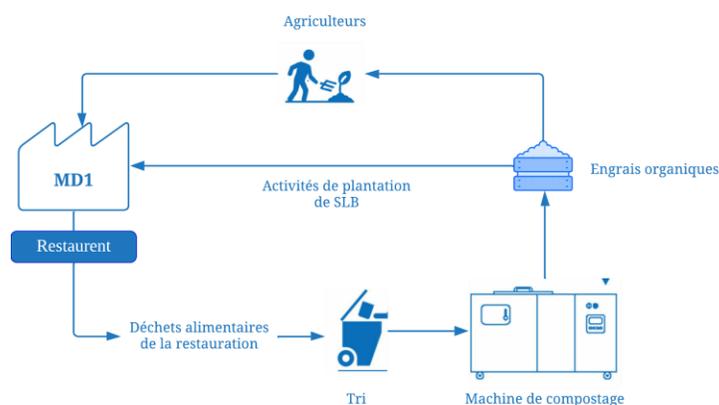


Figure 3. 28 - Supply chain circulaire

Moyens techniques et méthodologies

Lorsque des déchets organiques sont ajoutés dans la machine, l'humidité est détectée par le capteur d'humidité, ce qui déclenche l'activation du chauffage et la chauffe du réservoir de compostage. Ainsi, l'eau contenue dans les déchets organiques s'évapore et est évacuée dans l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau par le système d'échappement. Étant donné que les déchets organiques contiennent 70-80 % d'eau, nous obtenons une réduction de volume de 70-80 % à ce stade. En même temps, nos micro-organismes spéciaux décomposent les déchets organiques en compost, et ce processus se réalise en 24 heures. C'est ainsi que nous obtenons une réduction de volume de 80 %. Le processus est complètement silencieux car il n'implique ni concassage ni broyage. La fiche technique de la machine est présentée ci-dessous.

Tableau 3. 13 – Fiche technique de la machine

Importé de	Chine
Capacité quotidienne	10-20 kg/24h

Matériaux de fabrication	Acier inoxydable, composants électroniques
Méthode de traitement	Fermentation microbienne
Taux de compostage	20%
Produit final	Engrais organique
Installation	Au sol
Poids	60 Kg
Personnel requis	1
Processus	Automatisé
Température	45-75°C
Durée de vie estimée	100 000 heures
Impact environnemental	Aucun
Estimation du prix	2 000 000 DA

Caractéristiques et avantages

- Nous pouvons transformer de 10 à 20 kg de déchets par jour en engrais organique en moins de 24 heures.
- Transforme tout type de déchets organiques en compost : les épluchures de fruits et légumes ainsi que les restes de repas en compost.
- Le compostage est un processus entièrement naturel et biologique.
- Silencieux, sans odeur et sans émission de gaz nocifs.
- PLC (contrôleur logique programmable) avec écran tactile.
- Réduction de volume de 80 % des déchets alimentaires et compost de haute qualité représentant 20 % du volume initial.

Analyse de la rentabilité du projet :

Une analyse de la rentabilité du projet de gestion circulaire des déchets alimentaires à la base MD1 de SLB a été menée afin de déterminer le retour sur investissement (RSI) celui-ci en évaluant les coûts et les avantages potentiels. Le calcul du RSI repose sur la formule suivante :

$$RSI = \frac{\text{Gains nets issus du projet} - \text{Investissement}}{\text{Investissement}}$$

1. Gains nets issus du projet

Les gains nets du projet comprennent les économies réalisées sur la gestion des déchets, les revenus générés par la vente d'engrais organique et/ou économie réalisée grâce à l'utilisation d'engrais organique.

- **Économies sur la gestion des déchets** : Actuellement, SLB dépense environ 288 000 DA par an pour la collecte et le transport des déchets alimentaires vers des centres d'enfouissement. Le projet de compostage permettra de réduire ce coût en transformant les déchets alimentaires en engrais organique sur site.
- **Revenus générés par la vente/ économie réalisée grâce à l'utilisation d'engrais organique** : Le projet prévoit la production annuelle de 1,46 tonne d'engrais organique. En supposant un prix de vente/ achat de 4 200 DA par 100 kg, les revenus générés par la vente d'engrais ou les économies réalisées s'élèveraient à environ 70 000 DA par an.

2. Investissement

L'investissement initial du projet comprend le coût d'achat de la machine de compostage, son installation et la maintenance initiale.

- **Achat de la machine de compostage** : Le coût est estimé à 2 000 000 DA.
- **Installation et maintenance initiale** : Les coûts sont estimés à 20 000 DA.

3. Calcul du RSI

En utilisant les valeurs estimées ci-dessus, le RSI du projet peut être calculé comme suit :

$$RSI = \frac{((288\,000 + 70\,000) \times 10 - 2\,020\,000)}{2\,020\,000}$$
$$RSI = 77,22\%$$

Le projet présente un RSI de 77,22%. Cela signifie qu'il devrait générer un retour sur investissement positif dans un délai relativement court.

Analyse comparative des impacts environnementaux :

1. Bilan environnemental de la gestion actuelle de déchet

Pour calculer les émissions de CO₂ liées à l'enfouissement des déchets alimentaires, nous allons diviser le calcul en deux parties :

Collecte et transport des déchets vers les centres d'enfouissement

- Distance parcourue par le camion par mois : un camion de collecte moyen parcourt une distance moyenne de 88,9 km pour chaque trajet aller-retour jusqu'au site d'enfouissement, 4 fois par mois.

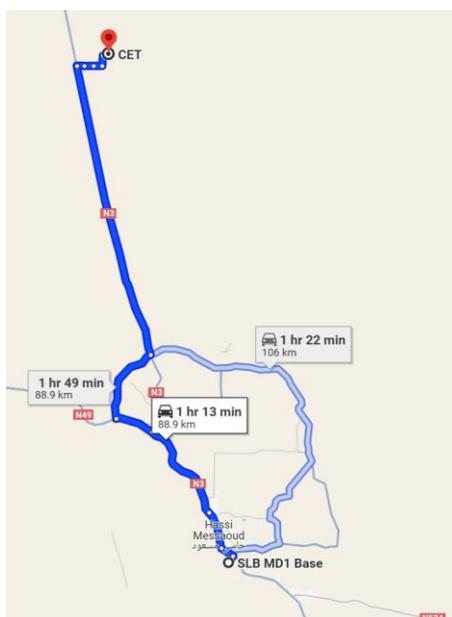


Figure 3. 29 - Distance entre centre d'enfouissement technique et la base MD1 de SLB

- Consommation de carburant : en moyenne, le camion consomme 33 l/ 100 km de diesel. Donc, pour une seule rotation, le camion consomme 58,7 L de carburant.
- Émissions de CO₂ annuellement :

$$\begin{aligned} \text{Émissions de CO}_2 &= \text{litre de carburant} \times 2,5 \text{ kg CO}_2/\text{litre} \times \text{nombre de rotation par an} \\ \text{Émissions de CO}_2 &= 7044 \text{ Kg CO}_2 / \text{an} \end{aligned}$$

Décomposition des déchets dans le site d'enfouissement

Chapitre 3. Solutions proposées

Le facteur de conversion typique utilisé est que 1 kg de déchets alimentaires émet environ 0,5 kg équivalent CO₂. Cela prend en compte à la fois le méthane produit et son potentiel de réchauffement global sur une période de 100 ans

$$\text{Émissions de CO}_2 = \text{quantité consommée} \times \text{facteur d'émission}$$

$$\text{Émissions de CO}_2 = 7613 \text{ kg} \times 0,5 \frac{\text{kg CO}_2 \text{ eq}}{\text{kg de déchets alimentaires}}$$

$$\text{Émissions de CO}_2 = 3806,5 \text{ kg CO}_2 \text{ eq}$$

En additionnant les émissions :

$$\text{Le total des émissions/an} = 10850,5 \text{ kg CO}_2/\text{an}.$$

2. Bilan environnemental de la machine

Même si le processus de compostage en soi n'a pas d'impact direct sur l'environnement, la consommation d'énergie de la machine de compostage peut avoir un impact indirect.

Fabrication	Transport	Importée de Chine, impact lié au transport maritime
Utilisation	Energie	Consomme 1 kW de puissance pour fonctionner
	Impact Opérationnel	Réduction des déchets organiques, création de compost
Emission	Émissions	Pas d'émission directe de gaz nocifs, mais consommation d'énergie électrique
Maintenance	Frequence	Entretien régulier pour assurer le bon fonctionnement
	Consommable	Remplacement de pièces usées, énergie pour les opérations de maintenance
Fin de vie	Recyclage	Métal recyclable, mais composants électroniques nécessitent un traitement spécifique
	Dechets	Gestion des déchets électroniques et des matériaux non recyclables

Tableau 3. 14 - Bilan environnemental de la machine

Chapitre 3. Solutions proposées

Selon la norme ISO 14001 de 2015, l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) est reconnue comme la méthode la plus aboutie pour mesurer les impacts environnementaux. Cette méthode évalue toutes les étapes du cycle de vie d'une machine : l'acquisition, l'utilisation et la fin de vie.

1. Phase d'acquisition

Pour le transport maritime, le facteur d'émission courant est de 0.016 kg CO₂/tonne-km selon la Base Carbone de l'ADEME France. La distance maritime entre Yixing, Chine, et Alger, Algérie, est d'environ 17,000 km. La masse des matériaux de la machine est de 60 kg, auxquels s'ajoutent 40 kg de matériaux d'emballage, soit un total de 100 kg (0.1 tonne).

Calcul emission carbone :

Emission carbone

$$= \text{Masse(tonnes)} \times \text{Distance(Km)} \times \text{Facteur d'émission (kg CO}_2\text{/tonne)}$$
$$\text{Emission carbone} = 27,2 \text{ Kg}$$

2. Phase d'Utilisation

L'objectif ici est d'identifier la consommation énergétique pendant la durée de vie de la machine. La machine consomme 1 kW de puissance et chaque cycle de traitement dure 24 heures. La durée de vie estimée de la machine est de 10 ans.

Calculer la consommation annuelle :

$$\text{Consommation énergétique annuelle} = 24 \text{ kWh/jour} \times 365 \text{ jours} = 8760 \text{ kWh/an}$$

Calculer les émissions de CO₂ associées : En utilisant un facteur d'émission moyen de 0.5 kg CO₂/kWh pour l'Algérie

$$\text{Émissions annuelles de CO}_2 = 8760 \text{ kWh/an} \times 0,5 \text{ kg CO}_2\text{/kWh} = 4380 \text{ kg CO}_2\text{/an}$$

3. Phase de fin de vie

Supposons 80% des matériaux recyclables (48 kg recyclables, 12 kg à traiter) :

$$\text{Recyclage} : 48 \text{ kg} \times 0.5 \text{ kg CO}_2\text{/kg} = 24 \text{ kg CO}_2$$

$$\text{Traitement des déchets} : 12 \text{ kg} \times 2 \text{ kg CO}_2\text{/kg} = 24 \text{ kg CO}_2$$

En additionnant les émissions de chaque phase, le total des émissions de CO₂ est :

$$\text{Le total des émissions/ an} = 4455,2 \text{ kg CO}_2\text{/an.}$$

Tableau 3. 15 - Tableau de comparaison d'émissions

Total des émissions de la machine	Total des émissions de la gestion actuelle
4455,2 kg CO₂/an	10850,5 kg CO₂/an

Ainsi, la machine de compostage réduit considérablement les émissions de CO₂, ce qui en fait une option plus respectueuse de l'environnement selon les normes ISO 14001:2015. Adopter cette solution permettrait non seulement de diminuer les émissions de gaz à effet de serre mais aussi de valoriser les déchets alimentaires en produisant du compost, contribuant ainsi à un cycle de vie plus circulaire et écologique.

Conclusion

À travers ce chapitre, nous avons collecté, traité et analysé les données du système de gestion des déchets de SLB afin d'évaluer sa maturité en termes de circularité. Sur la base de cette évaluation, nous avons proposé des stratégies et des projets concrets qui permettront à SLB d'intégrer les principes d'économie circulaire dans sa supply chain. Nous avons décrit trois projet :

- Projet d'approvisionnement circulaire : En amont de la supply chain, nous visons à cibler la source des déchets en intégrant le cycle de vie complet du produit lors des processus d'approvisionnement.
- Projet de traçabilité de la gestion des déchets : Ce projet inclut la création d'un tableau de bord permettant de suivre la performance de la gestion des déchets, leur traçabilité et les coûts associés, ainsi qu'un plan d'amélioration basé sur le modèle des 9Rs de l'économie circulaire pour leurs gestion.
- Projet de conception d'une supply chain circulaire pour les déchets de restauration : Ce projet a impliqué la réalisation d'un proof of concept visant à démontrer la faisabilité de la mise en œuvre d'une supply chain circulaire en boucle fermée pour les déchets alimentaires.

Conclusion générale et perspectives

L'économie circulaire constitue une solution prometteuse pour atténuer l'impact environnemental substantiel des activités pétrolières. En optimisant l'utilisation des ressources, en mettant en œuvre des stratégies de recyclage et de réutilisation, ainsi qu'en développant des innovations circulaires.

SLB, en tant que leader mondial, se doit d'adopter un modèle économique plus durable et circulaire. Cela implique la minimisation des déchets, de la consommation énergétique et des émissions polluantes. Adopter l'économie circulaire ne représente pas seulement un défi pour SLB, mais également une opportunité significative d'améliorer sa performance environnementale et économique.

Cette étude a exploré le potentiel de l'économie circulaire pour SLB Algérie. Elle s'appuie sur un état des lieux de l'économie circulaire dans le pays, réalisé à travers des entretiens avec différentes parties prenantes. Cette approche nous a permis de mener une analyse SWOT pour évaluer les forces, faiblesses, opportunités et menaces de ce concept dans le pays, et de comprendre le système de gestion des déchets en Algérie. Nous avons également mené un état des lieux de l'entreprise d'accueil pour mieux cerner l'environnement dans lequel elle évolue et déterminer la maturité de ses stratégies de circularité. Dans ce cadre, nous avons établi un diagnostic qui a révélé les obstacles à l'adoption d'un modèle circulaire au sein de l'entreprise notamment le manque de planification et d'intégration de la circularité dans les processus et la prise de décision opérationnelles (approvisionnement, consommation, gestion de déchets ...). Pour remédier à ces dysfonctionnements nous avons structuré notre travail en plusieurs phases clés :

Notre étude débute par une phase de mesure visant à comprendre le processus de génération et de gestion des déchets chez SLB. Nous avons établi une cartographie détaillée de ce processus, identifiant ainsi les paramètres clés pour évaluer sa performance, tels que la quantité de déchets, les coûts de gestion et le nombre de rotations de collecte par camion. Ensuite, un plan de collecte de données a été élaboré, détaillant les méthodes, les mesures et les documents nécessaires. Les données collectées ont ensuite été traitées (nettoyage, normalisation, consolidation) pour constituer une base de données complète.

Dans la phase d'analyse, nous avons sélectionné les types de déchets à étudier, parmi les trois catégories existantes (dangereux provenant des facilités et des Business lines et non dangereux).

Conclusion générale et perspectives

Les bases de SLB sont ensuite priorisées en fonction de la quantité de déchets générée, c'est-à-dire en fonction de leur importance. Enfin, nous avons appliqué la méthode AHP pour identifier le déchet le plus prioritaire à intégrer dans un projet de supply chain circulaire. Cette méthode prend en compte des critères à la fois qualitatifs et quantitatifs. L'analyse a mis en évidence un manque de visibilité sur la traçabilité des déchets chez SLB Algérie. L'entreprise ne dispose d'aucune information sur le traitement et le recyclage effectifs des déchets collectés, car elle n'a de contact qu'avec les collecteurs et ne connaît pas leur destination finale. Une grande partie des déchets de SLB Algérie provient de la consommation des produits et services fournis par ses partenaires plutôt que d'être directement produits par SLB.

Dans la section "Innover et contrôler", nous avons évalué le potentiel de l'économie circulaire pour SLB Algérie, identifiant ainsi les opportunités et défis associés à son adoption. Sur cette base, nous avons proposé trois projets potentiels que SLB pourrait entreprendre :

- Premier projet : Nous avons présenté un plan stratégique pour la transformation de SLB vers un approvisionnement circulaire. Ce plan vise à intégrer les principes de l'économie circulaire dans les missions d'approvisionnement et à élargir le rôle de l'approvisionneur pour englober toutes les phases du cycle de vie du produit.
- Deuxième projet : Nous avons établi une analyse des différentes parties prenantes impliquées dans la supply chain des déchets pour identifier les informations partagées et manquantes à différents niveaux. Notre solution comprend un tableau de bord sur la traçabilité des déchets et un autre pour les coûts liés à leur gestion, dans le but d'obtenir plus de visibilité et d'optimiser ces coûts. La deuxième partie de la solution est un plan d'amélioration basé sur les piliers de l'économie circulaire, appelé le modèle des 9R, qui présente des stratégies de gestion adaptées aux déchets générés au niveau des bases de SLB, afin de remédier aux problèmes identifiés.
- Troisième projet : Nous avons conçu un proof of concept pour une supply chain circulaire en boucle fermée, visant à démontrer dans ce concept est faisable, nous avons établie une solution qui permet de valoriser les déchets alimentaires et de les réintégrer dans la chaîne de valeur. L'objectif est de réduire l'impact environnemental, de générer des revenus et de renforcer l'image de marque de SLB. Nous avons établi un bilan environnemental ainsi qu'un bilan financier détaillant le retour sur investissement

Conclusion générale et perspectives

Ces projets constituent une première étape prometteuse vers l'adoption de l'économie circulaire dans le secteur pétrolier algérien. Cependant, le champ d'action de SLB reste limité et, si les initiatives de SLB et d'autres entreprises dans d'autres secteurs sont encourageantes, leur impact significatif est freiné par l'absence d'une stratégie nationale inclusive. En effet, l'économie circulaire s'inscrit dans une dimension macroéconomique et implique la collaboration de divers acteurs au sein d'un écosystème global.

Dans le cadre de notre étude, nous avons été contraints par le périmètre d'action limité de SLB Algérie. Cela nous a empêché d'analyser en profondeur les déchets dangereux générés par les principales lignes d'activité de l'entreprise, qui constituent les plus importants contributeurs aux impacts environnementaux. Pour remédier à cette limitation, il serait nécessaire que SLB au niveau mondial s'engage dans des initiatives de recherche et développement (R&D) portant sur ses produits et ses processus.

Bibliographie

- [1] World Economic Forum, « Towards Circular Economy Report ». 2014.
- [2] S. Mehibel, M. A. Oughlissi, R. H. Boudjana, K. Menna, et A. Haffar, « Oil Price Shocks Pass-through Into Inflation In Algeria: Assessing The Relative Importance Of The Transmission Channels Using Structural Var-x », *Cah. CREAD*, vol. 39, n° 3, Art. n° 3, 2023.
- [3] « 9-etude-obsolescence-web.pdf ». Consulté le: 21 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://repairtogether.be/wp-content/uploads/2020/03/9-etude-obsolescence-web.pdf>
- [4] P. Ekins *et al.*, *Resource Efficiency: Potential and Economic Implications Summary for Policymakers*. 2016. doi: 10.13140/RG.2.2.18978.43204.
- [5] « The Business Opportunity of a Circular Economy | springerprofessional.de ». Consulté le: 4 juillet 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.springerprofessional.de/en/the-business-opportunity-of-a-circular-economy/18700960>
- [6] « (PDF) CONSTRUCTING A GREEN CIRCULAR SOCIETY ». Consulté le: 5 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/325417234_CONSTRUCTING_A_GREEN_CIRCULAR_SOCIETY
- [7] « (PDF) Exploring the role of independent retailers in the circular economy: a case study approach ». Consulté le: 5 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/323809440_Exploring_the_role_of_independent_retailers_in_the_circular_economy_a_case_study_approach
- [8] *L'économie circulaire - Rémy Le Moigne - 2ème édition - Librairie Eyrolles*. Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.eyrolles.com/Entreprise/Livre/l-economie-circulaire-9782100773442/>
- [9] « (PDF) The Circular Economy: Case Studies about the Transition from the Linear Economy ». Consulté le: 5 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/333223330_The_Circular_Economy_Case_Studies_about_the_Transition_from_the_Linear_Economy
- [10] C. Ezvan, « Promesses et défis de l'économie circulaire », *Études*, vol. Avril, n° 4, p. 41-51, 2020, doi: 10.3917/etu.4270.0041.
- [11] *COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy*. 2015. Consulté le: 5 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52015DC0614>
- [12] « What is the circular economy? | Chatham House – International Affairs Think Tank ». Consulté le: 5 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.chathamhouse.org/2021/06/what-circular-economy>
- [13] « presspb2017d10_en.pdf ». Consulté le: 5 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur:

- https://unctad.org/system/files/official-document/presspb2017d10_en.pdf
- [14] « circular_economy_14_march.pdf ». Consulté le: 5 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/circular_economy_14_march.pdf
- [15] M. Geissdoerfer, P. Savaget, N. Bocken, et E. Hultink, « The Circular Economy – A new sustainability paradigm? », *J. Clean. Prod.*, vol. 143, p. 757-768, févr. 2017, doi: 10.1016/j.jclepro.2016.12.048.
- [16] J. Korhonen, A. Honkasalo, et J. Seppälä, « Circular Economy: The Concept and its Limitations », *Ecol. Econ.*, vol. 143, p. 37-46, janv. 2018, doi: 10.1016/j.ecolecon.2017.06.041.
- [17] « Circular economy principles: Eliminate waste and pollution ». Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/eliminate-waste-and-pollution>
- [18] « Circular economy principle: Circulate products and materials ». Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circulate-products-and-materials>
- [19] « Regenerate nature ». Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/regenerate-nature>
- [20] L. Batista, M. Bourlakis, Y. Liu, P. Smart, et A. Sohal, « Supply chain operations for a circular economy », *Prod. Plan. Control*, vol. 29, n° 6, p. 419-424, avr. 2018, doi: 10.1080/09537287.2018.1449267.
- [21] « news-43317-etude-supply-chain-circulaire-citwell.pdf ». Consulté le: 28 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-43317-etude-supply-chain-circulaire-citwell.pdf>
- [22] A. P. S. Loomba et K. Nakashima, « Enhancing value in reverse supply chains by sorting before product recovery », *Prod. Plan. Control*, vol. 23, n° 2-3, p. 205-215, févr. 2012, doi: 10.1080/09537287.2011.591652.
- [23] V. Anca, « Logistics and Supply Chain Management: An Overview », *Stud. Bus. Econ.*, vol. 14, n° 2, p. 209-215, août 2019, doi: 10.2478/sbe-2019-0035.
- [24] R. Lummus, R. Vokurka, et K. L. Alber, « Strategic Supply Chain Planning », *Prod. Inventory Manag. J.*, vol. 39, p. 49-58, sept. 1998.
- [25] J. Mentzer *et al.*, « Définir le Supply Chain Management », *Logistique Manag.*, vol. 9, janv. 2001, doi: 10.1080/12507970.2001.11516750.
- [26] D. Lambert, *Supply Chain Management: Processes, Partnerships, Performance, Chapter 1 Supply Chain Management*. 2014. doi: 10.1007/978-3-8349-6515-8_29.
- [27] E. Baumann, « Modèles d'évaluation des performances économique, environnementale et sociale dans les chaînes logistiques », These de doctorat, Lyon, INSA, 2011. Consulté le: 29 mai 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://theses.fr/2011ISAL0037>
- [28] « (1) Maturity levels of material cycles and waste management in a context of green supply chain management: an innovative framework and its application to Brazilian cases | Request PDF ». Consulté le: 4 juillet 2024. [En ligne]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/282543804_Maturity_levels_of_material_cycles

- _and_waste_management_in_a_context_of_green_supply_chain_management_an_innovative_framework_and_its_application_to_Brazilian_cases
- [29] E. Manavalan, M. Thanigai Arasu, et J. Kandasamy, « Chapter 14 - Sustainable supply chain management in manufacturing industries », in *Sustainable Manufacturing*, K. Gupta et K. Salonitis, Éd., in Handbooks in Advanced Manufacturing. , Elsevier, 2021, p. 367-389. doi: 10.1016/B978-0-12-818115-7.00010-9.
- [30] T. Johnsen, M. Howard, et J. Miemczyk, *Thomas E. Johnsen, Mickey Howard & Joe Miemczyk (2014) Purchasing & supply chain management: a sustainability perspective. Routledge, ISBN-10: 0415690870.* 2014.
- [31] I. J. Orji et F. Ojadi, *The Circular Supply Chain: Basic Principles and Techniques.* Boca Raton: CRC Press, 2022. doi: 10.1201/9781003252016.
- [32] I. J. Orji et F. Ojadi, *The Circular Supply Chain: Basic Principles and Techniques.* Boca Raton: CRC Press, 2022. doi: 10.1201/9781003252016.
- [33] « ccri-circular-procurement-strategies-for-circular-criteria-FR.pdf ». Consulté le: 28 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://canadiancircularcities.ca/p2p-network/Documents/ccri-circular-procurement-strategies-for-circular-criteria-FR.pdf>
- [34] C. van Geet, « Circular Economy + Green Public Procurement = », 2014.
- [35] « 07-THE-NETHERLANDS-Fact-Sheets.pdf ». Consulté le: 22 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://switchmed.eu/wp-content/uploads/2020/12/07-THE-NETHERLANDS-Fact-Sheets.pdf>
- [36] Philips 2016, « “We are embracing circular procurement as a key driver of the circular economy” », Philips. Consulté le: 22 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <http://www.philips.com/a-w/about/company/suppliers/supplier-sustainability/our-programs/circular-procurement.html>
- [37] F. Pollice et A. Batocchio, « The new role of Procurement in a circular economy system ».
- [38] « Green Public Procurement - European Commission ». Consulté le: 22 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: https://green-business.ec.europa.eu/green-public-procurement_en
- [39] J. Kanagaraj, T. Senthilvelan, R. C. Panda, et S. Kavitha, « Eco-friendly waste management strategies for greener environment towards sustainable development in leather industry: a comprehensive review », *J. Clean. Prod.*, vol. 89, p. 1-17, févr. 2015, doi: 10.1016/j.jclepro.2014.11.013.
- [40] *Les fiches outils - Focus du Lean Six Sigma - Romain Hennion , Anissa... - Librairie Eyrolles.* Consulté le: 25 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.eyrolles.com/Entreprise/Livre/les-fiches-outils-focus-du-lean-six-sigma-9782212563726/>
- [41] « Six sigma - Comment l'appliquer. - M.Pillet - 2e édition - Éditions Eyrolles ». Consulté le: 25 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.editions-eyrolles.com/Livre/9782212557107/six-sigma>
- [42] « (1) (PDF) Using 5W-1H and 4M Methods to Analyse and Solve the Problem with the Visual Inspection Process - case study ». Consulté le: 25 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/326713601_Using_5W-

- 1H_and_4M_Methods_to_Analyse_and_Solve_the_Problem_with_the_Visual_Inspecti
on_Process_-_case_study
- [43] « Lean Six Sigma For Dummies, 4th Edition [Book] ». Consulté le: 25 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.oreilly.com/library/view/lean-six-sigma/9781119796718/>
- [44] « guide-planif-suivi-projet.pdf ». Consulté le: 25 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <http://www.mathdesc.fr/documents/MSPProject/guide-planif-suivi-projet.pdf>
- [45] V. Mousseau, « A general framework for constructive learning preference elicitation in multiple criteria decision aid », mars 2005. Consulté le: 25 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://hal.science/hal-00958059>
- [46] Y. Panneton, « Développement d'une méthode d'évaluation de la probabilité d'occurrence des résultats indésirables des projets de construction sociosanitaires par une approche multicritère », masters, École de technologie supérieure, 2010. Consulté le: 25 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://espace.etsmtl.ca/id/eprint/1080/>
- [47] A. Chabani et K. Benabdallah, « Construction d'une méthodologie innovante pour l'amélioration de la performance du processus achats indirects de danone Djurdjura Algérie », Thesis, 2015. Consulté le: 25 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <http://repository.enp.edu.dz/jspui/handle/123456789/9864>
- [48] « (1) (PDF) Cross-border shipment route selection utilizing analytic hierarchy process (AHP) method ». Consulté le: 25 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/323905554_Cross-border_shipment_route_selection_utilizing_analytic_hierarchy_process_AHP_method/figures?lo=1&utm_source=bing&utm_medium=organic
- [49] R. Bedja et I. Djaout, « Sélection multicritère de fournisseurs basée sur les méthodes AHP et ANP Application : Kraft Foods Algérie ».
- [50] « Thesis_Jop_van_der_Laan_final_version.pdf ». Consulté le: 26 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: https://studenttheses.uu.nl/bitstream/handle/20.500.12932/45257/Thesis_Jop_van_der_Laan_final_version.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [51] J. Goumard, « Qu'est-ce que l'impact environnemental d'un produit ou d'un projet ? », Carbo. Consulté le: 4 juillet 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.hellocarbo.com/blog/calculer/impact-environnemental/>
- [52] Rémy, « Comment analyser la rentabilité d'un projet d'investissement ? », Mindset Finance. Consulté le: 4 juillet 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://mindsetfinance.fr/comment-analyser-la-rentabilite-dun-projet-dinvestissement/>
- [53] M. Salgado, « Analyse des fondamentaux de la performance et de sa valorisation », juin 2013. Consulté le: 3 juillet 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://hal.science/hal-00842228>
- [54] A. Fernandez, *Les tableaux de bord du manager innovant: une démarche en 7 étapes pour faciliter la prise de décision en équipe*. in Management. Paris: Eyrolles, 2018.
- [55] A. Brown *et al.*, « The CIRCULARITY GAP report », 2018.
- [56] « Past Earth Overshoot Days - #MoveTheDate of Earth Overshoot Day », Earth Overshoot Day. Consulté le: 30 mai 2024. [En ligne]. Disponible sur:

- <https://overshoot.footprintnetwork.org/newsroom/past-earth-overshoot-days/>
- [57] R. Schodde, « Recent Trends and Outlook for Global Exploration ».
- [58] T. Stein, « No sign of greenhouse gases increases slowing in 2023 », NOAA Research. Consulté le: 15 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://research.noaa.gov/2024/04/05/no-sign-of-greenhouse-gases-increases-slowing-in-2023/>
- [59] H4VVJ1qqc7, « ASSISES NATIONALES SUR L'ECONOMIE CIRCULAIRE : Des recommandations contenues dans les 7 enjeux majeurs | Indjazat.com ». Consulté le: 19 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.indjazat.com/assises-nationales-sur-leconomie-circulaire-des-recommandations-contenues-dans-les-7-enjeux-majeurs/>
- [60] « Industrie: une rencontre sur l'économie circulaire pour une feuille de route réaliste ». Consulté le: 20 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.aps.dz/economie/123878-industrie-une-rencontre-sur-l-economie-circulaire-pour-une-feuille-de-route-realiste>
- [61] « rapport DMA2.pdf ». Consulté le: 11 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://and.dz/site/wp-content/uploads/rapport%20DMA2.pdf>
- [62] *JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE CONVENTIONS ET ACCORDS INTERNATIONAUX - LOIS ET DECRETS ARRETES, DECISIONS, AVIS, COMMUNICATIONS ET ANNONCES*. [En ligne]. Disponible sur: <https://and.dz/site/wp-content/uploads/D%C3%A9cret-executif-n%C2%B006-104.pdf>
- [63] « rapport DMA2.pdf ». Consulté le: 26 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://and.dz/site/wp-content/uploads/rapport%20DMA2.pdf>
- [64] N. Dorbane et N. Hachemi, « L'ECONOMIE CIRCULAIRE, UNE NOUVELLE APPROCHE DE GESTION DES DECHETS. QUELLES POSSIBILITES D'APPLICATION EN ALGERIE? », *Rev. Tadamsa Unegmu*, vol. 3, n° 1, p. 20-35, janv. 2023.
- [65] « (PDF) LA GESTION DES DECHETS ET LE DEVELOPPEMENT D'UNE ECONOMIE CIRCULAIRE EN ALGERIE : ETAT DES LIEUX ». Consulté le: 11 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/331792047_LA_GESTION_DES_DECHETS_ET_LE_DEVELOPPEMENT_D'UNE_ECONOMIE_CIRCULAIRE_EN_ALGERIE_ET_AT_DES_LIEUX
- [66] « JECDD-2022-Volume-2-N°1-PDF.pdf ». Consulté le: 11 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.calec-dz.org/wp-content/uploads/2022/05/JECDD-2022-Volume-2-N%C2%B01-PDF.pdf>
- [67] S. Bouguern, « An Overview of Sustainable Manufacturing in the Algerian Industry Context- Practices, Barriers, Enablers, and Opportunities », vol. 14, p. 180-199, janv. 2024.
- [68] S. Hemidat *et al.*, « Solid Waste Management in the Context of a Circular Economy in the MENA Region », *Sustainability*, vol. 14, n° 1, Art. n° 1, janv. 2022, doi: 10.3390/su14010480.

Annexe

Annexe 2. 1 - Sources et Types d'Informations sur l'Économie Circulaire et la Gestion des Déchets en Algérie.....	143
Annexe 2. 2 - Le Guide d'entretien.....	144
Annexe 2. 3 - Role et responsabilite base MD1/MD2/MD3 (SLB Private WMP Rev 2024)....	145
Annexe 2. 4 – Processus / Activité générateurs des déchets.....	146
Annexe 2. 5 – Charte de projet	149
Annexe 2. 6 - Diagramme de Gantt.....	150
Annexe 3. 1 - Plan de collecte de données.....	150
Annexe 3. 2 - Echelle de Likert	151
Annexe 3. 3 - Comparaison des alternatives sur le critère Quantité annuelle.....	152
Annexe 3. 4 - Des alternatives sur le critère Coût	152
Annexe 3. 5 - Des alternatives sur le critère Impact environnemental	153
Annexe 3. 6 - Des alternatives sur le critère Potentiel de valorisation circulaire.....	153
Annexe 3. 7 - Des alternatives sur le critère Présence des technologies.....	154
Annexe 3. 8 - Des alternatives sur le critère Réglementation et conformité	154
Annexe 3. 9 - Liste de contrôle objectif approvisionnement.....	155
Annexe 3. 10 - Recommandations pour l'implémentation de la circularité pour chaque niveau d'exigences	156
Annexe 3. 11 - Dictionnaire de données.....	158
Annexe 3. 12 - Fiche technique de la machine.....	159

Etat des lieux

Annexe 2. 1 - Sources et Types d'Informations sur l'Économie Circulaire et la Gestion des Déchets en Algérie

Ouvrage	Source	Types d'informations recueillies
“L'économie circulaire, une nouvelle approche de gestion des déchets. Quelles possibilités d'application en Algérie ?” [64]	Revue Tadamsad-Unegmu, Volume 3, n° 1 (2023), pp.20-35	- Etat des lieux de la gestion des déchets.
“La gestion des déchets et le développement d'une économie circulaire en Algérie : état des lieux.” [65]	Laboratoire « LABMAT » ENP Oran, 2019	- Etat des lieux de la gestion des déchets.
“Journal de l'Economie Circulaire et Développement Durable” [66]	RéseauAlgérien d'Économie Circulaire - Université Boumerdès. Volume 2021, Volume 2022 et Volume 2023	- Etat de l'économie circulaire en Algérie . - Etat des lieux de la gestion des déchets. - Les projets d'économie circulaire en Algérie
“A framework for circular economy (CE) implementation to drive sustainable industrial growth in the Algerian manufacturing sector” [67]	Journal of Economic Growth and Entrepreneurship JEGE Spatial and entrepreneurial development studies laboratory Year : 2024 Vol.7 No.1 pp:57-66	- Caractéristiques et spécificités du modèle d'affaires des entreprises algériens et ses implications sur l'adoption de l'économie circulaire.
“Solid Waste Management in the Context of a Circular Economy in the MENA Region” [68]		- Analyse du positionnement de l'Algérie en termes de gestion des déchets dans la région du moyen orient et l'afrique du nord.

Annexe

“Rapport sur l'état de gestion de déchets” [61]	Agence Nationale des déchets, 2020	- Cadre législatif de gestion des déchets en Algérie. - Données sur les déchets générés en Algérie. - état des lieux sur la gestion des déchets en Algérie.
Journal officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire [62]	le Gouvernement de la République Algérienne démocratique et populaire	- Conventions et accords internationaux - lois et décrets arrêtés, décisions, avis, communications et annonces.

Annexe 2. 2 - Le Guide d'entretien

Partie 01: Situation actuelle et perspectives

Avez-vous des connaissances sur le concept de l'économie circulaire ?

Actuellement en Algérie, au niveau de l'État ou du gouvernement, y a-t-il des discussions concernant l'économie circulaire ?

Le gouvernement algérien a-t-il mis en place une stratégie/ vision ou un plan d'action pour mettre en œuvre l'économie circulaire ?

Est-ce que le gouvernement algérien a établi des objectifs ou des jalons spécifiques en matière d'économie circulaire ?

Le gouvernement algérien a-t-il mis en place des cadres législatifs ou réglementaires pour soutenir les pratiques d'économie circulaire en Algérie ?

Quels sont les secteurs qui possèdent un potentiel considérable pour l'économie circulaire en Algérie.

Quels sont les secteurs prioritaires pour l'État algérienne ?

Partie 02 : Les motivations à l'origine des démarches d'économie circulaire

Quelles sont les facteurs clés qui ont conduit l'État algérienne à s'engager d'une démarche d'économie circulaire ?

Quelles sont les facteurs clés qui peuvent conduire les entreprises en Algérie à s'engager dans une démarche d'économie circulaire ?

Partie 03 : Les motivations à l'origine des démarches d'économie circulaire

Quels sont les principaux obstacles à l'adoption de l'économie circulaire que fait face à l'État algérienne ?

Quels sont les principaux obstacles à l'adoption de l'économie circulaire auxquels font face les entreprises ?

Obstacles organisationnels : linéarité des processus, manque d'expertise et de formation, fonctionnement en silo et manque de collaboration inter/exter organisation.

Obstacles techniques : Tri et séparation, transformation et valorisation,

Obstacles économiques : surcoûts, incertitudes et risques liés aux investissements, faible de demande.

Partie 04 : Analyse de l'écosystème

Quel est le rôle du marché de recyclage dans l'économie circulaire ?

Quels sont les acteurs manquants dans ce marché actuellement et quelles sont les répercussions de leurs absences ?

Annexe 2. 3 - Role et responsabilite base MD1/MD2/MD3 (SLB Private WMP Rev 2024)

Action	Responsable
Obtention de tous les permis applicables	Responsable Facility Algérie
Audit des prestataires de gestion des déchets	Responsable Environnement NAF
Signature et collecte des bordereaux de transfert de déchets	Superviseur d'installation de MD1/MD2/MD3
Copie des reçus de déchets et des factures associées	Superviseur d'installation de MD1/MD2/MD3
Téléchargement des reçus de déchets dans RCTS	Responsable HSE MD1/MD2/MD3
Rapport aux autorités sur les déchets générés sur le site	Responsable Facility Algérie
Échantillonnage, analyse, surveillance des eaux usées	Superviseur d'installation de MD1/MD2/MD3
Maintenance du système de traitement des eaux usées	Superviseur d'installation de la

Annexe

	Base
Installations de stockage des déchets et procédures de manipulation sur site.	Responsable HSE et Superviseur d'installation WS
Procédures de collecte et de transfert des déchets	Responsable Environnement NAF, Équipe HSE
Détails du ou des systèmes de drainage sur site, raccordements au réseau municipal (ville) d'eaux de surface et/ou d'eaux usées (selon le cas)	Superviseur d'installation de MD1/MD2/MD3
Description des processus de traitement et d'élimination des différents types de déchets, y compris les eaux usées, sur site et hors site	Responsable HSE et Superviseur d'installation WS
Assurance de la conformité des fournisseurs et entrepreneurs environnementaux	Responsable Environnement NAF
Déclaration annuelle des déchets dangereux et spéciaux aux autorités locales	Superviseur d'installation de MD1/MD2/MD3
Documents enregistrés dans RCTS	Responsable HSE
Nettoyage mensuel des séparateurs	Superviseur d'installation de MD1/MD2/MD3

Annexe 2. 4 – Processus / Activité générateurs des déchets

Activité /processus	Liste de déchets
Ateliers	<ul style="list-style-type: none"> - Déchets de cuivre, bronze et laiton - Chiffons, absorbants, et gants imprégnés d'huile - vêtements de protection (combinaisons, casques) contaminés par des substances dangereuses (SD) - Filtres usagés (y compris les filtres non spécifiés dans une autre section) - Pneus usagés (déchets spéciaux) - Filtres à huile usagés (SD) - Plaquettes de frein (sans amiante) (déchets spéciaux) - Verre (domestique et ménager)

Annexe

Laboratoires EC	- Déchets de cuivre, bronze et laiton (S) - Plomb (S)
Activités WC, RPI et RPS	- OBM (boues à base d'huile)
Baie de lavage	- Boues de puisard
Atelier de mécanique	- Boues de puisard - Chiffons, absorbants et gants imprégnés d'huile - Chiffons d'essuyage et vêtements de protection (combinaisons, casques) contaminés par des substances dangereuses (SD) - Filtres usagés (y compris les filtres non spécifiés dans une autre section) - Pneus usagés (déchets spéciaux) - Filtres à huile usagés (SD) - Plaquettes de frein (sans amiante) (déchets spéciaux)
Bureaux et Livraisons	- Emballages en plastique
Cuisine	- Huiles de cuisson et autres graisses alimentaires (SP) - Déchets de boulangerie, pâtisserie et confiserie (matières impropres à la consommation ou à la transformation) (déchets spéciaux)
Mélange et Opérations RPI	- Acide chlorhydrique (SD) - Autres acides (acide acétique) (SD) - Autres acides (acide formique) (SD) - Hydroxyde d'ammonium (SD)
Travaux de verdissement, jardinage et paysagisme	- Déchets biodégradables (déchets de jardin)
Entretien des installations	- Verre (domestique et ménager) - Béton

	<ul style="list-style-type: none"> - Briques - Tuiles et céramiques - Mélanges de béton, briques, tuiles et céramiques - Autres déchets de construction en matériaux de plâtre - Tous autres déchets inertes de construction non listés ci-dessus
Travaux de construction	<ul style="list-style-type: none"> - Béton - Briques - Tuiles et céramiques - Mélanges de béton, briques, tuiles et céramiques - Autres déchets de construction en matériaux de plâtre - Tous autres déchets inertes de construction non listés ci-dessus
Installations	<ul style="list-style-type: none"> - Emballages en métal (non contaminés par des substances dangereuses) - Emballages en verre - Matériaux en plastique (domestique) - Bois (domestique) - Peintures, encres, colles et résines contenant des substances dangereuses (SD) - Tubes fluorescents et autres déchets contenant du mercure (SD) - Aluminium (S) - Plomb (S) - Équipements mis au rebut contenant des chlorofluorocarbures, HCFC ou HFC (par exemple, compresseur de climatisation contenant du R22) - Déchets médicaux (objets tranchants et coupants) (SD) - Déchets médicaux (médicaments cytotoxiques et cytostatiques) (SD)
Toutes les lignes de métier	<ul style="list-style-type: none"> - Vieux véhicules en fin de vie - Cartouches d'imprimantes - Carburant usagé, huile et diesel - Ferraille contaminée par des substances dangereuses - Câbles contenant des hydrocarbures - Goudron ou d'autres substances dangereuses - Piles alcalines (autres que les piles au plomb et Ni-Cd) - Piles au plomb et Ni-Cd (SD)

<p>Tous les segments</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Contenants d'emballage vides contenant des résidus de substances dangereuses ou contaminés par de tels résidus - Palettes - Papier - Bouteilles d'eau en plastique - Ferraille (métux ferreux) - Caisses d'expédition en bois et emballages
--------------------------	--

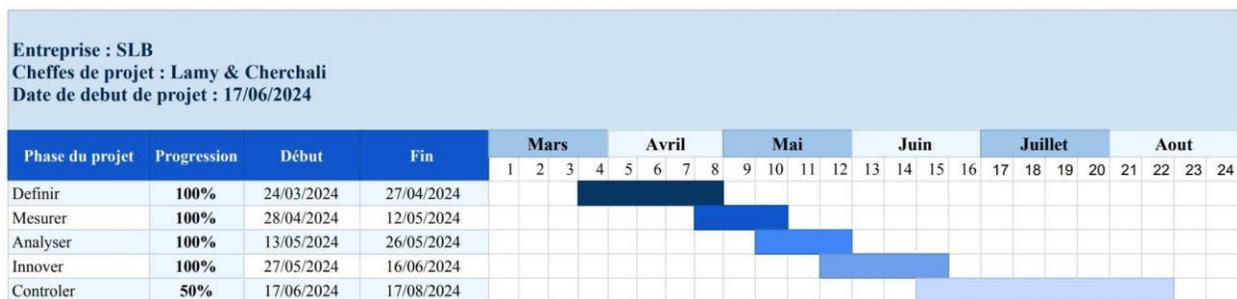
Annexe 2. 5 – Charte de projet

<p style="text-align: center;">Charte de Projet</p>	
<p>Titre de projet : Conception d'une Closed Loop Supply Chain pour soutenir la transition stratégique de SLB vers une Économie Circulaire</p>	
<p style="text-align: center;">Perimetre de projet</p>	
<p>In scope</p>	<p>Out of scope</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Collaboration avec les parties prenantes - Gestion des fournisseurs - Les activités de gestion des déchets de SLB - Sourcing des produits et des matières 	<ul style="list-style-type: none"> - Les déchets produits par le siège social de l'entreprise - Procédures et standards établies par SLB Global - La réglementation algérienne en matière de gestion de déchets
<p style="text-align: center;">Formulation du problème</p>	
<p>SLB a entrepris une transformation significative en adoptant une orientation plus durable. Dans ce cadre, SLB Algérie cherche à intensifier ses initiatives de réduction des déchets en intégrant de nouveaux modèles, tels que l'économie circulaire. Ainsi, il s'agit de formuler des projets potentiels qui permettent d'intégrer des stratégies et principes d'économie circulaires dans ses opérations.</p>	
<p>Impact du projet</p>	<p>Client</p>

Annexe

<ul style="list-style-type: none"> - Réduction de l'empreinte environnementale - Optimisation des ressources - Réduction des coûts - Partenariats et collaborations - Amélioration de l'image de marque 		SLB Algérie (Ex Schlumberger)		
Equipe du projet		Phase de projet	Date de debut	Date de fin
Fonction	Nom	Définir	24/03/2024	27/04/2024
Project Manager	Yan Lamy	Mesurer	28/04/2024	12/05/2024
Project Leader	Cherchali Mahmoud	Analyser	13/05/2024	26/05/2024
Project Team	Boussadouna Maroua	Innovover	27/05/2024	16/06/2024
Project Team	Benzaamouche Lila	Controller	17/07/2024	17/08/2024

Annexe 2. 6 - Diagramme de Gantt



Solution proposée

Annexe 3. 1 - Plan de collecte de données

Données	Définition opérationnelle et procédures
---------	---

Métrique	Type de la donnée	unité de mesure	sources
Poids / volume de déchets	Continue	- KG - L - m^3	- Le contrat de collecte de déchets avec l'entreprise de collecte. - Déclaration annuelle des déchets dangereux. - Procédure de gestion de déchets (WMP) de chaque base. - Les rapports annuels de l'entreprise de gestion des déchets.
Coûts de gestion	Continue	Dinar algérien	- Rapport de loyer mensuel des services de l'entreprise de collecte.
Nombre de collectes effectuées.	Discrète	Nombre entier	- Rapport de loyer mensuel des services de l'entreprise de collecte. - Le contrat de collecte de déchets avec l'entreprise de collecte.
Références (comment)			- Par base - Par type de déchets
Les bonne pratiques de collecte de données			- Une bonne compréhension du processus - Consultation du prossel pour les problèmes et les anomalies rencontré dans les données
Ordre de la collecte de données			1. Collecte des volumes/ Poids 2. Collecte des coûts
Saisie de la donnée			Saisie sur excel

Annexe 3. 2 - Echelle de Likert

Les échelles de satisfaction de Likert sont des outils de mesure psychométrique largement utilisés dans divers domaines, notamment les sciences sociales, le marketing, et la psychologie. Nommées d'après le psychologue organisationnel Rensis Likert en 1930, ces échelles permettent de quantifier objectivement les sentiments, les attitudes, et les niveaux de consensus des individus.

L'échelle de Likert, parfois appelée échelle de satisfaction, est conçue pour mesurer les perceptions subjectives des individus. Elle est couramment utilisée dans les études de marché et les recherches

Annexe

en sciences sociales pour obtenir une évaluation quantifiée des concepts intangibles ou abstraits, tels que la satisfaction ou l'accord avec une déclaration donnée.

Une échelle de satisfaction de Likert est définie comme une échelle ordonnée où les répondants choisissent parmi plusieurs options celle qui correspond le mieux à leur opinion. Par exemple, une échelle typique pourrait comprendre les choix suivants :

- Pas du tout satisfait
- Peu satisfait
- Neutre
- Assez satisfait
- Très satisfait

Structure de l'Échelle

Pas du tout d'accord	Pas d'accord	Ni pas d'accord, ni d'accord	D'accord	Tout à fait d'accord
1	2	3	4	5

Annexe 3. 3 - Comparaison des alternatives sur le critère Quantité annuelle

Alternatives	Huile usagée	Plastique	Métal	Bois	Tube en caoutchouc	Big bag	Carton	Batterie	Déchets alimentaires
Huile usagée	1,00	9	9	3	9	9	9	9	2
Plastique	0,11	1,00	1	1/3	7	7	7	7	1/2
Métal	0,11	1,00	1,00	1/3	7	7	7	7	1/2
Bois	0,33	3,00	3,00	1,00	9	9	9	9	3
Tube en caoutchouc	0,11	0,14	0,14	0,11	1,00	1	1	1	1/7
Big bag	0,11	0,14	0,14	0,11	1,00	1,00	1	1	1/7
Carton	0,11	0,14	0,14	0,11	1,00	1,00	1,00	1	1/7
Batterie	0,11	0,14	0,14	0,11	1,00	1,00	1,00	1,00	1/7
Déchets alimentaires	0,50	2,00	2,00	0,33	6,99	6,99	6,99	6,99	1,00

Annexe 3. 4- Des alternatives sur le critère Coût

Annexe

Alternatives	Huile usagée	Plastique	Métal	Bois	Tube en caoutchouc	Big bag	Carton	Batterie	Déchets alimentaires
Huile usagée	1,00	2	9	2	1	2	2	1	2
Plastique	0,50	1,00	3	1	1/2	1	1	1/2	1
Métal	0,11	0,33	1,00	0,33	0,11	0,33	0,33	0,11	0,33
Bois	0,50	1,00	3,00	1,00	0,5	1	1	0,5	1
Tube en caoutchouc	1,00	2,00	9,01	2,00	1,00	2	2	1	2
Big bag	0,50	1,00	3,00	1,00	0,50	1,00	1	0,5	1
Carton	0,50	1,00	3,00	1,00	0,50	1,00	1,00	0,5	1
Batterie	1,00	2,00	9,01	2,00	1,00	2,00	2,00	1,00	2
Déchets alimentaires	0,50	1,00	3,00	1,00	0,50	1,00	1,00	0,50	1,00

Annexe 3. 5 - Des alternatives sur le critère Impact environnemental

Alternatives	Huile usagée	Plastique	Métal	Bois	Tube en caoutchouc	Big bag	Carton	Batterie	Déchets alimentaires
Huile usagée	1,00	5,00	4,00	3,00	6,00	4,00	5,00	6,00	0,17
Plastique	0,20	1,00	2,00	0,50	2,00	1,00	2,00	3,00	0,17
Métal	0,25	0,50	1,00	0,33	0,50	0,50	1,00	2,00	0,17
Bois	0,33	2,00	3,03	1,00	3,00	2,00	2,00	3,00	0,25
Tube en caoutchouc	0,17	0,50	2,00	0,33	1,00	0,50	1,00	2,00	0,14
Big bag	0,25	1,00	2,00	0,50	2,00	1,00	1,00	2,00	0,17
Carton	0,20	0,50	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	2,00	0,17
Batterie	0,17	0,33	0,50	0,33	0,50	0,50	0,50	1,00	0,13
Déchets alimentaires	5,99	5,99	5,99	4,00	6,99	5,99	5,99	8,00	1,00

Annexe 3. 6 - Des alternatives sur le critère Potentiel de valorisation circulaire

Annexe

Alternatives	Huile usagée	Plastique	Métal	Bois	Tube en caoutchouc	Big bag	Carton	Batterie	Déchets alimentaires
Huile usagée	1,00	0,25	0,5	1	5	2	5	6	0,14
Plastique	4,00	1,00	2	3	0,33	3	0,5	3	0,17
Métal	2,00	0,50	1,00	2	0,2	2	0,33	1	0,17
Bois	1,00	0,33	0,50	1,00	0,25	0,5	1	0,5	0,14
Tube en caoutchouc	0,20	3,03	5,00	4,00	1,00	3	2	6	0,2
Big bag	0,50	0,33	0,50	2,00	0,33	1,00	0,5	3	0,17
Carton	0,20	2,00	3,03	1,00	0,50	2,00	1,00	5	0,2
Batterie	0,17	0,33	1,00	2,00	0,17	0,33	0,20	1,00	0,14
Déchets alimentaires	7,14	5,88	5,88	7,14	5,00	5,88	5,00	7,14	1,00

Annexe 3. 7 - Des alternatives sur le critère Présence des technologies

Alternatives	Huile usagée	Plastique	Métal	Bois	Tube en caoutchouc	Big bag	Carton	Batterie	Déchets alimentaires
Huile usagée	1,00	3	5	7	1	3	5	1	1
Plastique	0,33	1,00	2	3	0	3	3	1	0,33
Métal	0,20	0,50	1,00	3	0,25	2	2	1	0,25
Bois	0,14	0,33	0,33	1,00	0,14	1	1	0,50	0,14
Tube en caoutchouc	1,00	3,03	4,00	7,14	1,00	3	5	1	0,50
Big bag	0,33	0,33	0,50	1,00	0,33	1,00	1,00	1,00	0,33
Carton	0,20	0,33	0,50	1,00	0,20	1,00	1,00	1,00	0,20
Batterie	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Déchets alimentaires	2,00	3,03	4,00	7,14	2,00	3,03	5,00	1,00	1,00

Annexe 3. 8 - Des alternatives sur le critère Réglementation et conformité

Alternatives	Huile usagée	Plastique	Métal	Bois	Tube en caoutchouc	Big bag	Carton	Batterie	Déchets alimentaires
Huile usagée	1,00	5,00	4,00	3,00	6,00	4,00	5,00	6,00	0,17
Plastique	0,20	1,00	2,00	0,50	2,00	1,00	2,00	3,00	0,17
Métal	0,25	0,50	1,00	0,33	0,50	0,50	1,00	2,00	0,17
Bois	0,33	2,00	3,03	1,00	3,00	2,00	2,00	3,00	0,25
Tube en caoutchouc	0,17	0,50	2,00	0,33	1,00	0,50	1,00	2,00	0,14
Big bag	0,25	1,00	2,00	0,50	2,00	1,00	1,00	2,00	0,17
Carton	0,20	0,50	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	2,00	0,17
Batterie	0,17	0,33	0,50	0,33	0,50	0,50	0,50	1,00	0,13
Déchets alimentaires	5,99	5,99	5,99	4,00	6,99	5,99	5,99	8,00	1,00

Annexe 3. 9 - Liste de contrôle objectif approvisionnement

Objectif	Questions
Minimiser les approvisionnements	1. Avons-nous vraiment besoin du produit?
	2. Possédons-nous déjà le produit?
	3. Pouvons-nous éviter de posséder le produit ou simplement accéder à sa fonction/valeur?
	4. Si nous pouvons payer pour accéder au produit et ne pas le posséder, le fournisseur paiera-t-il pour l'entretien/la réparation?
	5. Si nous possédons le produit, le fournisseur fournira-t-il un support de réparation?
	6. Le fournisseur reprendra-t-il le produit? Le produit est-il recyclable localement?
	7. Y a-t-il un potentiel pour une seconde vie en interne ou en externe pour le produit et/ou ses pièces?
	8. Le produit peut-il être facilement démonté pour faciliter la réutilisation du produit et/ou de ses pièces?
Minimiser le total des matériaux	1. Quels sont les matériaux utilisés dans le produit? Peuvent-ils être minimisés, récupérés ou réutilisés?
	2. Le produit ou l'actif peut-il être partagé en interne? Externement?
	3. L'actif peut-il être réutilisé, mis à niveau, rénové ou remanufacturé?
	4. Combien de déchets sont générés comme sous-produit de l'actif? Peuvent-ils être réduits ou réutilisés?
Maximiser les matériaux récupérés	1. Où le produit a-t-il été fabriqué? Est-il recyclable?
	2. Le produit peut-il être fabriqué avec du contenu recyclé?
	3. Pouvez-vous acheter un produit d'occasion?
	4. Pouvez-vous acheter un produit rénové ou remanufacturé?
	5. Le fournisseur peut-il reprendre le produit pour être réutilisé?

Annexe

	6. Les matériaux peuvent-ils être récupérés et réutilisés comme intrants dans le même processus ou dans un autre processus?
	7. Le produit a-t-il été fabriqué avec des sources d'énergie renouvelables?
	8. Le produit est-il conçu pour un démontage ou une déconstruction faciles?
Maximiser l'utilisation du produit	1. Pouvez-vous partager le produit/l'actif en interne ou avec d'autres gouvernements?
	2. Pouvez-vous partager le produit/l'actif en externe avec le public ou d'autres organisations?
	3. Pouvez-vous prêter ou louer le produit ou l'actif pour une période déterminée?
	4. Quelqu'un d'autre peut-il utiliser le produit ou l'actif lorsque vous n'en avez plus besoin?
Maximiser la durée de vie du produit	1. L'actif peut-il être réutilisé, mis à niveau, rénové ou remanufacturé?
	2. Le produit ou l'actif peut-il être partagé en interne? Externement?
	3. Incluez-vous ou pouvez-vous inclure une clause de réparation et d'entretien avec le contrat?
	4. Le produit inclut-il une garantie étendue?
	5. Le produit est-il upgradable?
	6. L'actif est-il construit de manière modulaire pour permettre une réparation?

Annexe 3. 10- Recommandations pour l'implémentation de la circularité pour chaque niveau d'exigences

Niveau	Recommandation	
Systeme	La mise en place des contrats de reprise de fournisseur	Ces contrats doivent définir les responsabilités du fournisseur en matière de reprise des produits (la collecte, le transport, le traitement, la réutilisation, la refabrication ou le recyclage...), les responsabilités de SLB en matière de reprise des produits (la préparation des produits pour la reprise et le paiement des coûts de reprise...) et le processus de reprise des produits (les

		étapes à suivre par SLB et le fournisseur).
	Système de service produit	Plutôt que d'acheter le produit, SLB peut acheter le service et payer pour chaque utilisation sans devenir propriétaire du produit. Pour ce faire, SLB doit déterminer quels produits peuvent être proposés en tant que service, identifier et collaborer avec des fournisseurs qui offrent ces solutions, et élaborer des contrats de service précis incluant les conditions de maintenance, de réparation et de remplacement.
	Location / location longue durée	SLB loue ou financé la location du produit pour une durée déterminée (accès, par propriété). Le bailleur (la société de location) est propriétaire du produit et est responsable de son entretien, de sa réparation et, potentiellement, de sa remise à neuf ou de son élimination appropriée en fin de vie. SLB bénéficiera de l'utilisation du produit sans avoir à se soucier de la possession à long terme et de son élimination.
Fournisseur	Conception pour le démontage	Le fournisseur peut établir une conception pour le démontage en concevant des produits modulaires avec des fixations non permanentes, en utilisant des matériaux recyclables et en fournissant des manuels de démontage. SLB peut encourager cela en incluant des critères de démontage dans les appels d'offres, en formant des partenariats stratégiques et en offrant des incitations financières, en suivant les performances avec des audits réguliers.
	Garantir la disponibilité des pièces détachées	Le fournisseur garantit la disponibilité des pièces détachées pendant une période donnée. Cela permet aux utilisateurs de réparer facilement les produits en cas de besoin et d'en prolonger la durée de vie.
Produit	Modulaire	Privilégier les produits conçus avec des modules interchangeables. Cela facilite la réparation, la mise à niveau et le remplacement de pièces individuelles ce qui prolonge la durée de vie du produit.
	Recyclable	Privilégier les produits recyclables en fin de vie.
	Éco-conçu	Privilégier les produits éco-conçu, c'est-à-dire les produits qui prennent en compte leur impact environnemental tout au long de leur cycle de vie.

	À base de matières recyclés	Privilégier les produits fabriqués à la base des matériaux proviennent de sources recyclées.
	Biosourcé	Privilégier les produits fabriqués à partir de matériaux renouvelables d'origine végétale ou animale.
	Réparable	Privilégier les produits conçus pour être facilement réparés en cas de panne. Cela permet de prolonger sa durée de vie et d'éviter son remplacement prématuré.
	Reconditionné	Privilégier l'achat des produits réparés, rénover sur le marché.
	Avec une période de garantie	Prolonger les garanties

Annexe 3. 11 - Dictionnaire de données

Table	Attribut	Signification	Domaine
Dechets Collecte mensuelle	Base	Site de la collecte	Chaîne de caractères
	Déchet	nom de déchet	Chaîne de caractères
	Processus de valorisation/traitement	Méthode utilisée pour valoriser ou traiter le déchet	Chaîne de caractères
	Type de déchet	Catégorie spécifique de déchet	Chaîne de caractères
	Date	Date de la collecte	Date
	Unité	Unité de mesure pour la transformation des déchets	Chaîne de caractères
	Unité de transformation	Valeur de transformation	Entier
	Quantite collecte	Quantité de déchet collecté	Réel
	Quantité collectée en Kg	Quantité de déchet collecté, en kilogrammes	Réel

	Quantité valorisées en Kg	Quantité de déchet valorisé, en kilogrammes	Réel
	Quantité Kg non valorisées	Quantité de déchet non valorisé, en kilogrammes	Réel
	Type de camion	Catégorie de camion utilisé pour la collecte	Chaîne de caractères
	Entreprise de valorisation	L'entreprise chargée du traitement de valorisation des déchets	Chaîne de caractères
	Coût par collecte (DA)	Coût par collecte, en dinars algériens	Réel
Rotations	Base	Nom de la base	Chaîne de caractères
	Cout_Total	Coût total des rotations	Réel
	ID rotations	Identifiant unique pour chaque rotation	Entier
	Date	Date de la rotation	Date
	Nbr de rotation	Nombre de rotations effectuées	Entier
	Type de camion	Catégorie de camion utilisé pour les rotations	Chaîne de caractères

Annexe 3. 12 - Fiche technique de la machine

Importé de	Chine
Capacité quotidienne	10-20 kg/24h
Matériaux de fabrication	Acier inoxydable, composants électroniques
Méthode de traitement	Fermentation microbienne

Taux de compostage	20%
Produit final	Engrais organique
Installation	Au sol
Poids	60 Kg
Personnel requis	1
Processus	Automatisé
Température	45-75°C
Durée de vie estimée	100 000 heures
Impact environnemental	Aucun
Estimation du prix	2 000 000 DA