

Qualitative Analysis of Environmental and Technical Practices Mobilized in North Africa: Case Study of a Moroccan Textile Company

Analyse Qualitative des Pratiques Environnementales et Techniques Mobilisées en Afrique du Nord: Etude de Cas d'une Entreprise du Textile Marocaine

Amina LAAROUSSI¹, Soumia BAKKALI¹, Souad AJANA¹, Omar CHERKAOUT²

¹Laboratoire de recherche en ingénierie (LRI), ERFISI, ENSEM, Université Hassan II, Casablanca, Maroc

²Laboratoire REMTEX, Casablanca, Maroc

Auteur correspondant, Amina LAAROUSSI

Adresse e-mail: amina.laaroussi@ensem.ac.ma

Abstract: Nowadays, the environmental issue is at the heart of all the concerns of public and private actors in Morocco. The interest resulting from this study is primarily scientific because few studies have been carried out on the issue of the environmental and technical practices mobilized within the framework of resource efficiency, focusing on the Moroccan textile industrial sector; and this through a case study of a textile company in Casablanca. The study is part of an approach to improving environmental performance in the Moroccan industrial environment. The results of the study led to the inference that the level of environmental and technical practices mobilized in the company concerned for the efficient use of resources is average. This level is explained by the lack on the one hand of an environmental culture, established within the company, aiming to adopt techniques allowing to improve resource efficiency, and on the other hand by the lack of awareness, training and involvement of human resources. Technical and managerial improvements have been proposed to optimize the excessive consumption of resources and reduce the generation of pollution from the company's activity to acceptable levels.

Keywords — Analyse; efficiency; resources; environment; performance; industrial.

Résumé: Aujourd'hui, la question environnementale est au cœur de toutes les préoccupations des acteurs publics et privés au Maroc. L'intérêt qui découle de cette étude est d'abord scientifique, car peu d'études ont été menées sur la question des pratiques environnementales et techniques mobilisées dans le cadre de l'efficacité des ressources, mettant l'accent sur le secteur industriel du textile Marocain; et ce à travers une étude de cas d'une entreprise du textile à Casablanca. L'étude s'inscrit dans une démarche de l'amélioration de la performance environnementale au milieu industriel Marocain. Les résultats de l'étude ont permis de déduire que le niveau des pratiques environnementales et techniques mobilisées dans l'entreprise concernée pour une utilisation efficace de ressources s'est avéré moyen. Ce niveau est expliqué par le manque d'une part d'une culture environnementale, instaurée au sein de l'entreprise, visant à adopter des techniques pour une efficacité de ressources, et d'autre part par le manque de sensibilisation, de formation et d'implication des ressources humaines. Des pistes d'amélioration techniques et managériales ont été proposées pour optimiser la consommation excessive des ressources et ramener la génération de pollutions de l'activité de l'entreprise à des niveaux acceptables.

Mots clés — Analyse; efficacité; ressources; environnement; performance; industriel.

1. INTRODUCTION

L'utilisation continue et l'abus des ressources naturelles par l'homme poussent les écosystèmes mondiaux au bord du gouffre. Plusieurs points de basculement globaux ont atteint le risque de changement environnemental abrupt ou irréversible [1]. Ces dernières années ont souligné l'importance de découpler la croissance économique et le développement social de l'exploitation des ressources et déchets.

Un des défis majeurs du 21^{ème} siècle semble être comment s'adapter d'une part au développement économique pour les pays développés, mais aussi pour les pays en voie de développement, et d'autre part à l'évolution continue du niveau de vie d'une population mondiale estimée à 10 milliards d'ici 2050 [2] dans un contexte de ressources naturelles limitées sans mettre en péril la durabilité de l'environnement mondial et local.

A la lumière d'un état environnemental alarmant, on constate que les pays en voie de développement ou bien les pays à revenus faibles sont les plus exposés à ce péril environnemental, social et économique. Le contexte actuel d'épuisement des ressources, de consommations très élevées et de population croissante au niveau international a poussé à la reconnaissance par de nombreux gouvernements du besoin d'utiliser les ressources de manière plus efficace.

Dans ce contexte, le Maroc est appelé à intervenir pour accompagner les secteurs industriels nocifs et énergivores, par le biais de sensibilisation, de formation, de contrôle et les faire inciter à instaurer un système de management environnemental (SME) et de valorisation des déchets. Les synthèses des études de SME et de l'ISO 14001 ont montré que l'implantation de SME selon les

directives de la norme ISO 14001 dans les entreprises permet l'amélioration continue de la performance environnementale de celles-ci [3].

Actuellement, les gouvernements se mobilisent pour une économie verte, et pour ce faire, le ministère délégué chargé de l'Environnement au Maroc (MDE) en collaboration avec l'Agence de Coopération Internationale Allemande (GIZ) ont lancé le processus d'élaboration du Programme National d'Efficacité des Ressources de l'Industrie [4]. Ce projet s'inscrit dans une démarche d'utilisation plus efficace des ressources naturelles dans l'industrie. Cette initiative invite les entreprises à intégrer les meilleures pratiques environnementales (BEP) et les meilleures techniques disponibles dans leur processus. L'efficacité des ressources prend non seulement une dimension écologique, mais également économique.

Dans ce cadre, nous nous sommes intéressés dans cet article à analyser les pratiques environnementales adoptées dans le milieu industriel Marocain; et ce à travers une étude de cas menée dans une entreprise manufacturière Marocaine de textile certifiée ISO 14001 et basée à Casablanca. Cette étude qualitative vise la réponse à nos questions de recherches suivantes:

- Comment l'adoption d'une stratégie d'utilisation efficace de ressources permet-elle d'améliorer la performance environnementale de l'entreprise?
- Quel est le niveau des pratiques environnementales et techniques mobilisées dans le processus opérationnel de l'entreprise du textile Marocaine pour une utilisation efficace de ressources?

2. ETAT DE L'ART

2.1 CONCEPT DE LA GESTION ENVIRONNEMENTALE

La gestion environnementale est devenue l'un des enjeux majeurs des relations internationales contemporaines. En outre, c'est un domaine de recherche et de pratique qui fait partie intégrante de tout discours sur l'économie, le social et la prise de décision en matière d'environnement. Elle consiste à essayer de prévenir les catastrophes écologiques et à apporter une aide en cas de crise environnementale. La majorité des travaux décrivent la gestion environnementale comme un système, qui consiste à organiser et gérer différentes initiatives environnementales visant à trouver des solutions aux divers problèmes écologiques qui touchent le monde. Le but principal de la gestion de l'environnement est de veiller à la planète dans un état sain, afin d'assurer l'avenir de l'humanité et de contribuer à préserver toutes les formes de vie.

Pour ce faire, les responsables environnement ont besoin de prendre en compte l'empreinte carbone de la génération humaine actuelle et de voir les méthodes pour minimiser tout dommage irréversible que nous laissons derrière nous [3]. L'une des principales études des responsables de l'environnement porte sur l'éco-efficacité des ressources possibles. Le conseil mondial des affaires sur le développement durable a défini les principaux éléments de l'éco efficacité [4]. Ces éléments englobent:

- ✓ La réduction de la quantité de matières premières utilisées pour produire des biens et offrir des services
- ✓ La réduction de l'intensité d'énergie des biens et services
- ✓ La réduction de la dispersion de substances toxiques
- ✓ L'amélioration du recyclage des matériaux
- ✓ L'optimisation de l'utilisation durable des ressources naturelles
- ✓ L'augmentation de la durabilité des produits
- ✓ L'augmentation du degré d'utilisation des biens et des services.

L'implication du Maroc dans la mondialisation nécessite non seulement des initiatives courageuses, des réformes structurantes, des projets sociaux et économiques, mais aussi une mise à niveau du tissu économique. A cet effet, pour pouvoir s'imposer au marché international et booster les exportations, les entreprises Marocaines doivent toutes s'aligner à intégrer des préoccupations environnementales dans leur gestion quotidienne afin de protéger leur existence et de renforcer leur compétitivité [5]. Actuellement, le ministère de l'Énergie de Mines et de l'Environnement au Maroc, s'apprête à lancer l'élaboration d'un projet de loi portant Code de l'environnement. Le but étant d'améliorer l'accès à l'information afin de mieux assurer le respect des normes environnementales. Sur ce volet, le Maroc a connu un rythme soutenu du renforcement de son arsenal juridique environnemental qui s'est traduit par des progrès considérables. Il se caractérise par l'adoption des lois à caractère horizontal ayant comme objectif la mise en valeur et la protection de l'environnement ainsi que les études d'impact sur l'environnement [6].

Dans l'optique d'intégrer des préoccupations environnementales dans les pratiques industrielles pour réduire et maîtriser les impacts environnementaux, le système de management classique des entreprises est appelé à évoluer pour faire apparaître un nouveau type de management : le management environnemental. Ce nouveau type de management s'exerce dans les entreprises à travers un ensemble de méthodes de gestion, d'organisation et de dispositifs de contrôle environnemental. Ces derniers se regroupent généralement sous l'appellation de Système de Management Environnemental (SME) [7]. Aujourd'hui, ce système s'impose ainsi, puisqu'il peut s'appliquer à toutes sortes d'institutions telles que l'industrie et tous les services comme le transport, les banques...etc.

2.2 PROMOTION DU SYSTEME DE MANAGEMENT ENVIRONNEMENTAL

De nos jours, il est connu que la performance de toute entreprise, quelle que soit sa taille ou sa nature, passe par l'adoption d'un système de management qui respecte les directives de base relatives au concept du développement durable et de ses composantes environnementales, socioculturelle et économique. Une panoplie de systèmes existe, permettant de répondre aux exigences spécifiques de chaque entreprise, et chaque système contient son indicateur défini par un organisme international ISO (International standard organisation).

La norme internationale ISO 14001 est reconnue comme le système de gestion de l'environnement le plus utilisé, dans de plusieurs organisations de tous les secteurs de plusieurs pays ([8], [9]). Des auteurs comme (Molina-Azorin, J.F et al [10]), par le biais d'une analyse documentaire, suggèrent que la norme ISO 14001 présente des avantages marquants sur le plan organisationnel et humain, sur les clients et les résultats opérationnels. D'ailleurs, l'entreprise multinationale américaine IBM (International Business Machines), était la première entreprise dont le SME a fait l'objet d'un enregistrement mondial pour sa mise en œuvre d'ISO 14001, tant pour la production que pour le développement de ses produits [11]. A travers le déploiement du SME mondial d'IBM, et l'ISO 14001 qui le sous-tend, l'entreprise américaine a pu parvenir à une performance environnementale soutenue entre 1990 et 2014 dont voici quelques exemples :

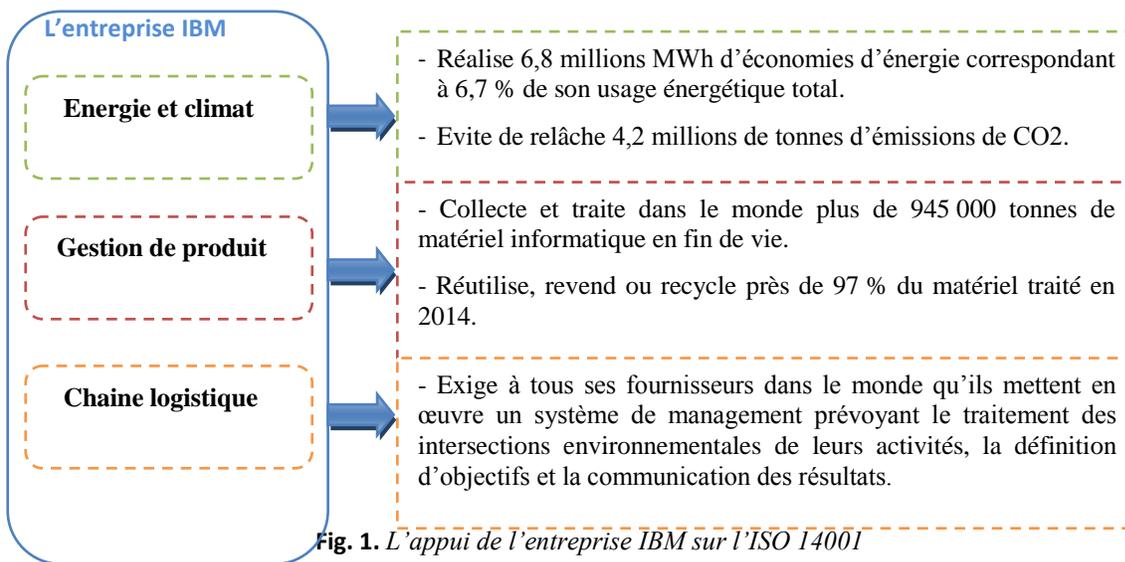


Fig. 1. L'appui de l'entreprise IBM sur l'ISO 14001

En globalité, les motivations internes d'une organisation à la mise en œuvre de la norme ISO 14001 donnaient de meilleurs résultats que les motivations externes. Ce système de management environnemental aurait pour but de favoriser la prise en compte des préoccupations environnementales depuis le sommet de l'organisation jusqu'aux activités opérationnelles [12].

La norme ISO 14001 repose sur le principe d'amélioration continue de la performance environnementale par la maîtrise des impacts environnementaux liés à l'activité de l'entreprise. Celle-ci prend un double engagement de respect de la conformité réglementaire et de progrès continu.

La norme ISO 14001 est fondée sur 17 exigences, organisées selon le modèle de « la roue de Deming ». Ce dernier est aussi appelé modèle (PDCA), ce qui peut se traduire en français par : Planifier – Agir – Vérifier – Réagir. La norme permet de structurer la démarche de mise en place d'un système de management environnemental. Concernant les relations entre le modèle (PDCA) avec le cadre de l'édition 2015 de la norme ISO14001 présentées dans la figure 1 [13].

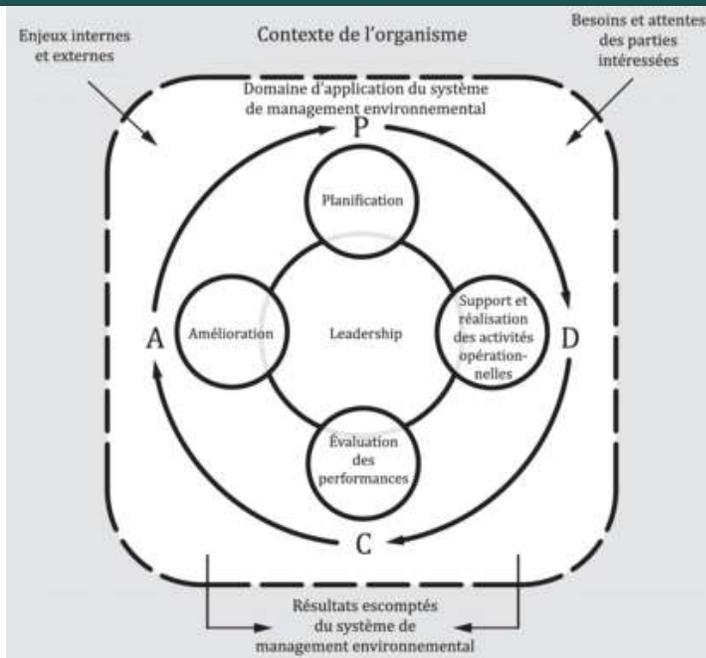


Fig. 2. Relation entre le PDCA et la norme ISO 14001:2015
 Cadre normatif international (source : ISO 14001:2015)

Le système de management propose un cadre structuré et clair qui permet à une organisation de mettre en œuvre sa politique environnementale, d'établir des objectifs et processus pour respecter les engagements de sa politique et de prendre des actions nécessaires pour améliorer sa performance environnementale.

Le secteur industriel Marocain est parmi les secteurs les plus concernés par la bonne gestion environnementale. Dans l'optique de résorber le retard enregistré dans la maîtrise de la gestion de l'environnement et de s'aligner avec les perspectives de mise à niveau environnementale, le royaume a lancé plusieurs programmes d'envergure [14] notamment :

- Le Programme National d'Assainissement Liquide et d'Épuration des Eaux Usées ;
- Le Programme National des Déchets Ménagers ;
- Le programme National de Valorisation des Déchets;
- Le Programme de Lutte Contre la Pollution Industrielle ;
- Le Programme National de l'Air.

Au Maroc, beaucoup de stratégies sectorielles orientées vers une augmentation de la performance des secteurs concernés ont vu le jour; telles que la stratégie nationale portuaire 2030, la vision touristique 2020, la stratégie du développement de la compétitivité logistique 2030, le Plan d'accélération industrielle 2020. Pourtant, la particularité est que toutes ces stratégies intègrent la dimension environnementale et sociale comme étant des objectifs prioritaires avec des indicateurs de résultats bien définis. Le tableau ci-dessous résume les principaux objectifs environnementaux liés à ces stratégies qui touchent le secteur industriel ([4], [15], [16], [17], [18]).

Tableau 1: Principaux objectifs visant à promouvoir l'environnement incluant le secteur industriel Marocain

STRATEGIES	OBJECTIS LIES A L'AMELIORATION DE LA PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE
------------	-------------------------------------------------------------------

Plan d'accélération industrielle 2014-2020	- Créer de métiers verts ; - Assurer l'émergence d'une industrie performante et compétitive.
Synthèse de la stratégie dans le secteur de l'éclairage public. ADEREE 2015	- Réduire l'intensité énergétique du secteur de 2,5% par an à horizon 2030 ; - Éviter 320 millions de tonnes d'émissions de CO2 entre 2014 et 2030 dans tous les secteurs (industriel, bâtiment, transport et agriculture et pêche) ; - Augmenter le confort, la qualité de vie et de la santé de la population marocaine.
Formation dans le cadre du processus d'élaboration du Programme National D'Efficacité des Ressources de l'Industrie au Maroc (PNERI) 2016-2020	- Former les formateurs, décideurs, et représentants des ONG qui sont confrontés à un contexte similaire de réflexions ; - Former les consultants sur les meilleures pratiques environnementales (BEP) et sur les meilleures techniques disponibles (BAT) liées à l'efficacité des ressources en vue d'une meilleure gestion d'efficacité des ressources à une échelle nationale pour d'élaboration du PNERI.
Stratégie Nationale du Développement Durable 2017-2030	- Intégrer la dimension du développement durable dans toutes les stratégies nationales. Cette stratégie porte sur 7 axes stratégiques majeurs et 132 objectifs environnementaux liés à tous les secteurs clés.
Energies Renouvelables 2030	- Augmenter la part des énergies renouvelables de 42% en 2020 à 52% en 2030 ; - Réduction de 32 % des émissions de GES à l'horizon 2030 ; - Diminuer la consommation de l'énergie à 15% d'ici 2030.
Efficacité Énergétique 2030	- Réduire la consommation énergétique nationale de 25% à horizon 2030.

Trois secteurs économiques apparaissent comme prioritaires par rapport aux potentiels d'efficacité des ressources, développement économique, les plus polluants et plus grands consommateurs de ressources naturelles:

- Secteur Textile et du Cuir (7% de la production industrielle) ;
- Secteur Agro-alimentaire (27% de la production industrielle) ;
- Secteur Chimie Parachimie (45% de la production industrielle).

2.3 LA PERFORMANCE ENVIRONNEMENTAL ET L'EFFICACITE DE RESSOURCES AU MILIEU INDUSTRIEL

La performance d'une organisation se mesure par rapport aux objectifs fixés. La performance est favorable si elle atteint les objectifs déterminés. L'écart entre les objectifs souhaités et les résultats provient d'une modification volontaire (décision) ou non volontaire (événement externe). La bonne gestion de la performance se caractérise par une performance optimale, équilibrée et durable.

Dans l'optique d'une évaluation de la performance environnementale, les entreprises ont besoin de modèles de mesure. Malgré que ces modèles soient nombreux, la majorité d'entre eux peuvent difficilement être utilisés par les entreprises parce qu'ils font appel à des modèles mathématiques et économétriques. La phase de la mesure devient de plus en plus difficile du fait que les entreprises ne sont plus en mesure de définir quel aspect il faut prendre en considération [19]. Ainsi, Neely [20] suppose que la solution optimale par rapport à ces ambiguïtés est que chaque entreprise élabore sa propre méthode de mesure de la performance. En dégageant les aspects qui semblent les plus significatifs pour elle, selon les objectifs visés et construire par le fait même ses propres indicateurs de mesure.

Afin de garantir le maintien d'une bonne performance environnementale, l'entreprise doit passer par l'adoption d'une bonne stratégie d'utilisation de ressources. Cette bonne utilisation, offre d'importantes opportunités économiques, réduit les coûts et augmente la compétitivité. L'efficacité de ressources permet d'améliorer la performance environnementale globale de l'entreprise et aussi de contribuer à stratégies du pays comme la stratégie nationale du développement durable au Maroc. L'utilisation des ressources peut être considérée efficace, lorsque l'entreprise arrive à mobiliser de bonnes pratiques environnementales et techniques; permettant d'optimiser les flux, réduisant les gaspillages, changer les modes de consommation, remplacer de matériaux critiques par d'autres matériaux (substitution), concevoir un produit tenant compte des possibilités d'utilisation ultérieure, etc. Plusieurs entreprises industrielles Marocaines se sont engagées dans la stratégie d'efficace de ressources. En prenant l'exemple de l'entreprise

industrielle CIMENTS DU MAROC, installée à Laayoune, a mis en place un parc éolien; elle couvre 60% des besoins en énergie de son usine de broyage et de conditionnement. Et aussi le modèle de l'entreprise Marocaine SONASID opérant dans le secteur de la métallurgie, assure le recyclage et le traitement des eaux, des sous-produits et des déchets générés par son activité.

2.4 CONTEXTE DE L'ETUDE

Durant cette dernière décennie, pleinement consciente de la nécessité de préserver l'environnement et de répondre aux impératifs écologiques. Le Maroc a engagé un important chantier de réformes pour mettre en place le fondement d'un développement économique durable, en accordant une grande importance au pilier environnemental. Par ailleurs, les industries génèrent des pressions sur l'environnement (pollution de l'eau, de l'air et du sol par les émissions, rejets et résidus de production, prélèvement de ressources renouvelables et épuisement de ressources non renouvelables...). L'impact environnemental d'une activité industrielle est fonction de l'intensité de la demande de ressources et est lié à la fois aux entrées et sorties des procédés de fabrication. Dans cette perspective, le gouvernement marocain incite en particulier tous les acteurs industriels à s'engager dans les démarches de protection de l'environnement.

Aujourd'hui, la dimension environnementale est ainsi devenue un grand défi pour les industries marocaines, amenées à intégrer la problématique de leur impact sur la nature et les ressources, dans leurs pratiques quotidiennes. A cet effet, plusieurs entreprises manufacturières Marocaines certifiées ISO 14001 se sont engagées dans des projets intégrant la dimension environnementale, en incluant toutes leurs activités et d'autres sont en voie de certification. De nos jours, beaucoup de stratégies de conception et d'instauration d'un système global de minimisation d'impact sur l'environnement sont apparues [citer au tableau 1].

3. METHODOLOGIE ET DEMARCHE DE L'ETUDE

3.1 DEMARCHE DE RECHERCHE

Notre démarche de recherche s'aligne avec la stratégie du lancement du Programme National D'Efficacité des Ressources de l'Industrie au Maroc pour une dynamique de transition vers une économie verte. Pour atteindre notre objectif de recherche, nous avons adopté une stratégie de recherche spécifique couvrant tous les aspects du phénomène observé (l'efficacité de ressources dans les entreprises industrielles). Cette stratégie de recherche peut se résumer en deux phases fondamentales : la première concerne l'étude de cas multi-sites que nous avons présentée en détail dans un travail antérieur et qui est en cours de publication.

Ce dernier s'inscrit sur l'analyse des résultats d'une enquête par questionnaire adressée aux secteurs industriels Marocain, portant sur l'intégration de pratiques de management environnementale dans le processus opérationnel pour l'amélioration de la performance environnementale de l'entreprise. La seconde phase constitue un prolongement de la première étude de cas, mais elle est axée sur un aspect spécifique de la recherche. En s'appuyant sur une étude de cas dans un secteur industriel d'envergure au Maroc.

Dans cet article, notre démarche repose sur la seconde phase de notre stratégie de recherche. L'étude repose sur l'hypothèse d'un lien entre les pratiques environnementales et techniques mobilisées et l'amélioration de la performance environnementale de l'industrie Marocaine, à travers une utilisation efficace de ressources.

3.2 CHOIX DU SECTEUR D'ETUDE

À l'instar d'autres secteurs économiques, l'industrie consomme beaucoup d'énergie et des ressources [21], [22]. Elle génère également des émissions qui, si elles ne sont pas gérées de façon adéquate, peuvent polluer l'eau, le sol et l'air. Dans notre travail de recherche, nous avons opté pour une étude de cas d'entreprise opérante dans le secteur des industries de textile et de cuir (ITC). C'est une activité potentielle en termes d'efficacité des ressources sur toute la chaîne de valeur [23]. Le choix du secteur est fondé sur la base d'une analyse à trois critères:

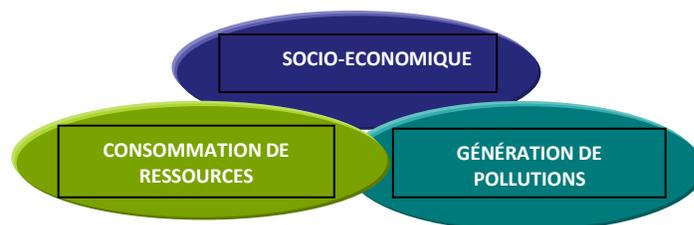


Fig.3 Critères du choix de secteur d'étude

A. CRITÈRE SOCIO-ECONOMIQUE

Le (ITC) est un secteur moteur de l'économie nationale, plusieurs indicateurs tendent à le confirmer. Ce secteur occupe la première place dans le secteur industriel qu'en termes d'emploi d'après les statistiques de l'enquête de l'observatoire marocain des industries [24].

L'activité du secteur textiles et cuir est fortement orientée sur le marché extérieur. Du coup, pour pouvoir s'imposer au marché international et booster les exportations, les entreprises Marocaines sont fortement recommandées à intégrer les préoccupations environnementales dans leurs pratiques. La région du grand Casablanca absorbe le plus grand pourcentage d'industrie (ITC) avec 48,6% d'entreprises et la main d'œuvre avec 39,5%. Selon le Haut-commissariat au Plan (HCP) l'industrie du textile et du cuir contribue pour 20%, en moyenne, à la valeur ajoutée des industries de transformation et occupe près de 42% de l'emploi industriel.

B. CRITÈRE CONSOMMATION DE RESSOURCES

Les activités du secteur textile sont grandes consommatrice d'eau et utilise une variété de produits chimiques toxiques dans les procédés de teinture, lavage et d'impression. Ceux-ci génèrent des déchets liquides contenant des polluants substantiels; sous forme de matières organiques et en suspension. L'utilisation des produits chimiques ne nuisent pas seulement à l'eau, mais à l'écosystème dans son ensemble.

C. CRITÈRE GÉNÉRATION DE POLLUTIONS

L'impact environnemental du secteur textile et de l'habillement est considérable durant la production des matières premières naturelles telles que la soie, la laine, le coton, le lin. Également, la Filature, tissage et confection industriels impactent négativement la qualité de l'air et de bruit. Quant aux procédés de teinture, lavage, blanchiment et l'impression sont quelques-uns des plus sales de l'industrie textile; rejettent dans l'atmosphère de nombreux agents volatils, particulièrement nocifs pour la santé et pour l'environnement.

3.3 TYPE DE RECHERCHE : RECHERCHE QUALITATIVE DE TYPE ETUDE DE CAS

Notre méthodologie de recherche se positionne dans une posture épistémologique constructiviste [24]. Une recherche à travers une étude de cas qui vise à retranscrire une réalité sur la gestion environnementale industrielle en reprenant le modèle des usages de la recherche-intervention.

3.4 RECUEIL DE DONNEES

La collecte de données s'est basée principalement sur trois sources à savoir:

- Des visites de site industriel;
- Des contacts directs avec des dirigeants et des responsables (qualité, Hygiène sécurité et environnement, production et maintenance);
- Des recherches documentaires comprenant des documents internes et de flux de production.

3.5 METHODE D'ANALYSE CHOISIE

L'émergence de méthodes formelles visant à quantifier et analyser les flux de matières dans les entreprises remonte à moins d'un demi-siècle. Ces méthodes ont pris plusieurs aspects visant à différents objectifs [25] par exemple l'empreinte environnementale qui se focalise sur l'analyse entrées/sorties utilisée dans l'étude et la modélisation des économies, l'analyse du cycle de vie des produits ou encore l'étude des impacts sur la biosphère [26].

Dans le cadre d'analyse des pratiques environnementales et techniques mobilisées dans le processus opérationnel de notre étude de cas, nous avons opté pour le choix de la méthode d'Analyse du Cycle de Vie (ACV). C'est une méthode d'évaluation normalisée (ISO 14040 et 14044) permettant de compléter la connaissance de la durabilité du système. C'est-à-dire de réaliser un bilan environnemental multi-étape et multicritère d'un système (procédé, produit, service ou entreprise) sur l'ensemble de son cycle de vie [27].

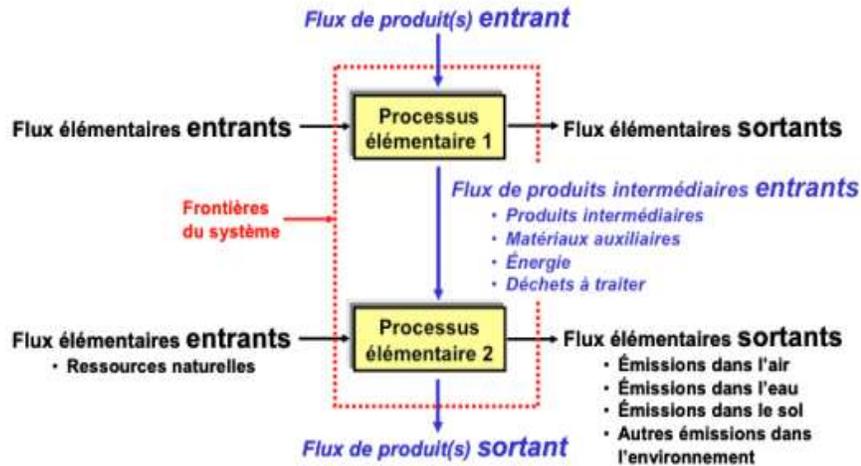


Fig.4 Frontières et processus élémentaires d'un système de produits [27]

Dans une ACV, la figure 5 représente “ l'arbre des processus “; elle schématise sous la forme d'un diagramme chaque processus et décrit les flux échangés dans le système. Sa finalité est de connaître et pouvoir comparer les impacts environnementaux d'un système, de l'extraction des matières premières nécessaires à sa fabrication à son traitement en fin de vie (mise en décharge, recyclage...) tout au long de son cycle de vie. L'ACV se décline en quatre étapes d'après la norme ISO 14040 et 14044 à savoir :

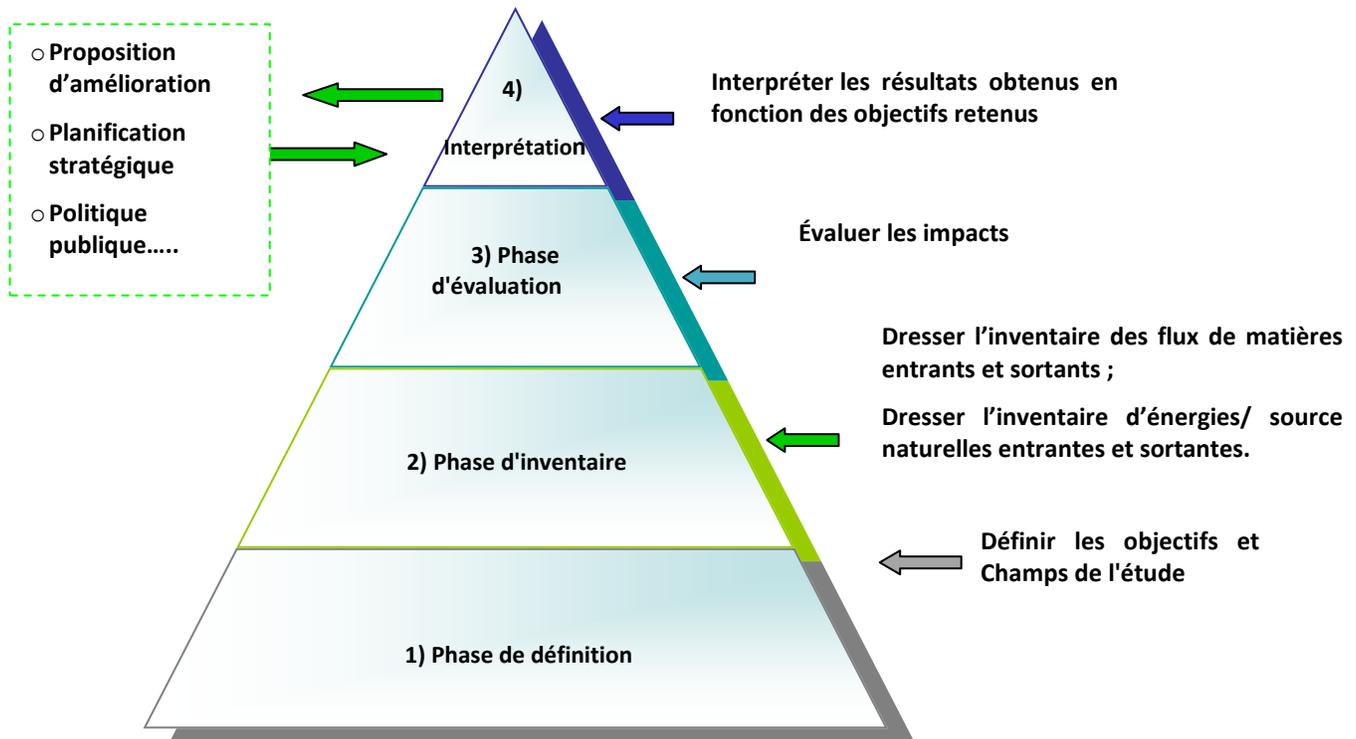


Fig.5 Etapes d'analyse du cycle de vie

D'après la norme ISO 14040 14044, l'ACV est une compilation et évaluation des intrants, des extrants et des impacts environnementaux potentiels d'un système de produits au cours de son cycle de vie [27].

3.6 CHOIX DE L'ENTREPRISE MANUFACTURIÈRE

La question de l'environnement est au cœur des préoccupations de l'entreprise sélectionnée, elle s'inscrit dans une démarche environnementale veillant au respect des normes. La politique environnementale de la société s'oriente vers l'aboutissement à la certification ISO 14001.

Par ailleurs, l'industrie textile et cuir constitue une industrie aux activités industrielles nombreuses. Une meilleure connaissance des usages et des besoins en ressource, qui dépendent des procédés, des matières traitées et des produits finis et semi-finis fabriqués s'impose afin de garantir une gestion optimale de l'énergie et des dépenses énergétiques et une maîtrise des impacts environnementaux.

Le champ de l'étude est centré sur l'activité «Ennoblement». Ce choix se justifie par la grande consommation d'eau, de l'énergie thermique et des produits chimiques de ce genre d'activité.

L'étude consiste dans un premier temps à effectuer une analyse de l'état des lieux de l'atelier d'ennoblissement qui compte 3 domaines d'intervention (processus teinture, processus impression et processus finissage). Dans notre champ d'études, nous nous sommes focalisés sur le processus de teinture de la société dans le but de concevoir une connaissance et d'identifier les pratiques environnementales et techniques mobilisées dans le cadre de l'efficacité de ressources. Dans un second temps, nous nous sommes intéressés dans l'étude à réaliser un inventaire de la consommation en ressources (matière textile, eau, énergie et produits chimiques...) et d'analyser son processus.

4. RESULTATS DE L'ETUDE

4.1 AFFINEMENT DE L'ANALYSE DE L'ACTIVITÉ ENNOBLISSEMENT TEXTILE

4.1.1 DEFINITION D'ENNOBLISSEMENT

L'activité ennoblissement est le nom générique des différentes phases techniques et de finitions décoratives qui vont donner la valeur ajoutée de l'étoffe, pendant et après sa fabrication, en modifiant son aspect, son toucher et ses propriétés. Dans cette activité, trois grands domaines d'intervention s'effectuent, quelle que soit la famille de textiles :

- 1.La préparation des fils
- 2.La coloration : teinture et impression textile
- 3.Les apprêts mécaniques et chimiques.

Par ailleurs, notre champ d'études se limite au second domaine d'intervention (processus teinture).

4.1.2 ANALYSE DE L'ETAT DES LIEUX / INVENTAIRE DES FLUX

Après une analyse des procédés de traitement du flux teinture s'est avéré que ces traitements consomment de l'eau, des produits chimiques, des produits auxiliaires et de l'énergie thermique sous forme vapeur et de l'énergie électrique.

L'atelier de teinture de l'entreprise est équipé d'un parc machine composé de :

- 18 machines de teinture;
- 2 rame à huile de 5 compartiments pour sécher et stabiliser la dimension des tissus et traite 7-8 T/ jour;
- Séchoir équipé de 3 compartiments ou le tissu circule entre 2 tapis perforés : traite 7-8 T par jour.

L'atelier de teinture est doté d'un parc machine :

- Capacité de production de 6740 kg par cycle de tissus;
- Consommation à peu près de 46,3 m³ d'eau osmosée pour un seul remplissage. Bien qu'au cours d'un procédé classique chaque machine est amenée à faire plusieurs remplissages en eau osmosée;
- Les machines de l'atelier de teinture avec indication (HT) peuvent travailler sous haute pression et haute température jusqu'à 130°C.

A. BILAN DES RESSOURCES CONSOMMEES

Afin de bien cerner la démarche du calcul de l'inventaire, un calcul « à la main » a été effectué pour chiffrer les consommations (en matière, en énergie et en eau). Le tableau ci-dessous fournit plus de détails chiffrés par rapport à l'origine de la source et sa consommation annuelle.

Tableau 2 : Bilan des ressources consommées dans le processus du flux teinture

CONSOMMATION DE RESSOURCES	ORIGINE DE RESSOURCES	CONSOMMATION /An
CONSOMMATION EN MATIERES	Matières textiles (en maille fine, chaîne trame et en indémaillable)	2160 T/an des tissus à peu près
	Colorants utilisés	40,8 T/an
	Produits chimiques de base utilisés	1440 T/an
	Produits auxiliaires utilisés	96 T/an
CONSOMMATION ENERGETIQUE	Énergie électrique	2 419 200 Kwh/an pour l'alimentation des machines électriques et l'éclairage.
	Énergie thermique (Fuel lourd)	1728 T/an
CONSOMMATION D'EAU	Eau potable de ville (Lydec)	34 560 m3/an pour l'usage courant
	Eau de forage produite	331 776 m3/an
	Eau osmosée produite	259 200 m3/an
	Eau osmosée consommée par les chaudières	15 552 m3/an
	Eaux usées issues de l'unité de prétraitement de l'eau par osmose inverse	92 97,28 m3/an

D'après les résultats du bilan détaillé réalisé, on peut déduire que :

- la matière la plus traitée est le Polyester à 75%
- la classe de colorants la plus utilisée est celle des colorants dispersés à 85%
- le produit chimique de base le plus consommé est le sel (Na₂SO₄ et NaCl) à 44%
- le produit auxiliaire le plus consommé est le dispersant à 33%.

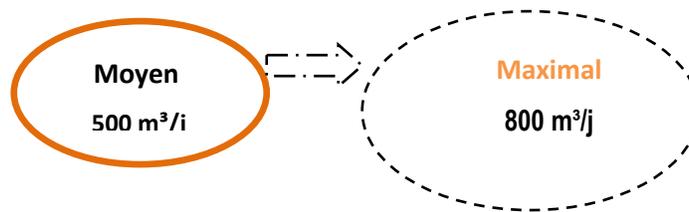
L'entreprise possède de:

- Trois chaudières à vapeur pour alimenter l'atelier de teinture et l'atelier de finissage (laveuse);
- Quatre chaudières à huile pour alimenter le séchoir de l'atelier de teinture et les deux rames de l'atelier finissage et le séchoir de l'impression.

En effet, les chaudières consomment en moyenne 6 T/Jour soit (1728 T/an) consommés que par l'atelier de teinture. En effet l'atelier de teinture consomme 78 m³ de vapeur par jour sachant qu'une tonne de fuel produit 13 Tonnes de vapeur d'eau. On peut déduire que le procédé utilisé par l'atelier de teinture dépend de la composition de la matière et de la nuance à réaliser.

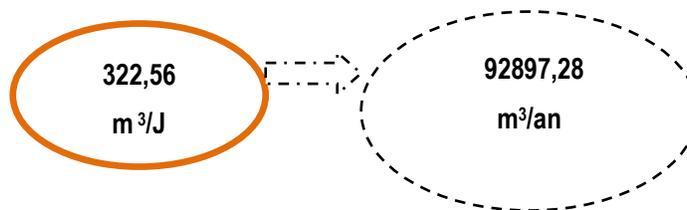
B. BILAN DES REJETS LIQUIDES

La production des rejets liquides industriels par l'atelier de teinture est estimée à :



Ces rejets sont rejetés sans prétraitement dans le réseau d'assainissement de la Lydec dont le **1/3 sont des eaux chaudes ($T > 70^{\circ}\text{C}$)**. L'unité génère également des rejets liquides sanitaires qui sont rejetés dans le même réseau.

Par ailleurs, l'unité de prétraitement de l'eau par osmose inverse rejette en moyenne :



5. DISCUSSION ET RECOMMANDATION

5.1 REGARDS SUR LES PRATIQUES ENVIRONNEMENTALES ET TECHNIQUES MOBILISEES EN ENTREPRISE

Les pratiques environnementales et techniques peuvent être classées en deux catégories: actif (proactif ou prévention) et passif (réactif ou contrôle). Les pratiques actives incluent toutes les pratiques qui modifient la structure du processus et adoptent des ressources plus respectueuses de l'environnement afin de réduire l'impact environnemental. Ces pratiques sont considérées souvent une valeur ajoutée pour l'entreprise puisqu'ils réduisent les coûts en diminuant l'utilisation des matériaux, les déchets et en optimisant la consommation d'énergie et de l'eau [28].

En revanche, les pratiques passives impliquent l'ensemble de l'approche en bout de chaîne qui reconnaît et élimine les émissions causées par le processus de production, sans aucune intervention structurelle [29]. Comme il n'y a pas d'intervention structurelle, ces pratiques pourraient être classées comme des activités de niveau opérationnel. En outre, les pratiques passives sont souvent imposées par des exigences externes du marché, du gouvernement. D'après une analyse du processus de l'entreprise étudiée, s'est avérée que le niveau des pratiques environnementales et techniques mobilisées pour une utilisation efficace de ressources est moyen.

L'étude établie nous a permis d'identifier que la société est consommatrice des ressources (eau, énergie, produits chimiques) et génère des déchets et principalement des eaux usées. Le volume de ces derniers dépend des opérations de traitement (prétraitement, teinture et finissage) de la matière textile et du nombre des rinçages qui suivent chaque traitement. La charge polluante de ces eaux usées augmente avec la quantité des produits chimiques utilisés par l'atelier de teinture. Le tableau ci-dessous fournit plus de détails chiffrés sur la consommation annuelle de l'atelier de teinture de l'entreprise en comparaison avec les chiffres de référence par rapport à une activité similaire [30].

Tableau 3 : Tableau comparatif des chiffres de consommation annuelle de l'atelier de l'entreprise avec les chiffres de référence

CONSOMMATION DE RESSOURCES	FOURCHETTES DE CONSOMMATIONS ANNUELLE	CHIFFRES DE REFERENCE
Colorants	18,5 g/kg de MT	de 18 à 36 (g/kg MT)

Produits auxiliaires textiles	44,4 g/kg de MT	de 80 à 130 (g/kg MT)
Produits chimiques de base	666 g/kg de MT dont 291 g de sel.	de 95 à 125 (g/kg MT)
Énergie électrique	1,12 Kwh/kg de MT	d'environ 1 à 2 (kWh/kg MT)
L'eau	86,6 L/ kg de MT	d'environ 63 à 85 (l/kg MT)

Sur la base des fourchettes de consommations de l'atelier de teinture de la société, on peut conclure que la société est pratiquement dans les normes sauf la consommation des produits chimiques qui dépasse largement le seuil toléré en comparaison avec une activité similaire [30].

5.2 PROPOSITION DE TECHNIQUES ET PISTES D'AMELIORATION

L'étude diagnostique sur l'utilisation des ressources nous a permis d'identifier des pistes d'amélioration pour optimiser la consommation excessive des ressources et réduire la génération de pollutions à des niveaux acceptables de l'activité d'ennoblissement.

Nous avons proposé des bonnes pratiques environnementales et techniques à mettre en place pour réduire la consommation des ressources d'une part et la pollution d'autre part. Ces actions sont classées ainsi :

5.2.1 MISE EN PLACE DES BONNES PRATIQUES ENVIRONNEMENTALES ET TECHNIQUES

- ✓ Assurer la prise de conscience de l'environnement qui doit être incluse dans les programmes de formation ;
- ✓ Appliquer de bonnes pratiques de maintenance et de nettoyage ;
- ✓ entreposer tout produit chimique selon les instructions du fabricant figurant dans les fiches de données de sécurité (FDS);
- ✓ Mettre en place des mesures pour éviter le gaspillage de produits chimiques et de bains de traitement. En cas de déversements accidentels, des procédures de confinement doivent avoir été mises en place ainsi que des moyens pour nettoyer et éliminer les produits en toute sécurité. Il doit être impossible que des produits déversés accidentellement puissent rejoindre les eaux de surface ou les réseaux d'assainissement ;
- ✓ Mettre en application un système de surveillance des substances à l'entrée et en sortie (à la fois sur site et au niveau du procédé), y compris d'une part les alimentations en matières premières textiles, produits chimiques, combustibles, électricité et en eau, et d'autre part les sorties de produits, eaux usées, émissions gazeuses, boues, déchets solides et sous-produits. Une parfaite connaissance de tout ce qui entre et sort du procédé est subordonnée à l'identification des priorités pour améliorer la performance environnementale ;
- ✓ Mettre en place des procédures de production parfaitement documentées pour éviter le gaspillage des ressources par des pratiques de travail inappropriées ;
- ✓ Collecter séparément les déchets solides inévitables et utiliser des conteneurs de grande capacité ou des conteneurs consignés ;
- ✓ Installer des systèmes de récupération de la chaleur des effluents gazeux ;
- ✓ Séparer les flux d'eau chaude et d'eau froide afin de récupérer la chaleur des rejets chauds.

5.2.2 OPTIMISATION DE LA CONSOMMATION D'EAU DANS LES OPERATIONS TEXTILES

L'optimisation consiste à mettre en place les mesures de bonne gestion sur la réduction de la consommation d'eau. D'une manière plus technique, les traitements du textile représentent une activité reconnue comme étant très grande consommatrice d'eau. De nombreuses actions, dont les mesures de bonne gestion économique, concernent la réduction de la consommation d'eau. Cette action a pour but de récapituler les facteurs les plus importants pour une utilisation optimale de l'eau.

A. CONTROLE DE LA CONSOMMATION D'EAU

Avant d'entamer tout programme destiné à éviter un gaspillage de l'eau superflu, la première condition à remplir consiste à réunir les informations sur l'installation et sur les volumes consommés dans les différents procédés. Ce type de suivi devrait en réalité entrer dans le cadre d'un plus vaste programme incluant la collecte des informations sur les caractéristiques, la composition, les quantités et les sources de tous les flux rejetés.

B. REDUCTION DE LA CONSOMMATION D'EAU

La réduction de la consommation d'eau peut se faire à travers :

- ✓ L'amélioration des pratiques de travail ;
- ✓ La réduction du rapport de bain ;
- ✓ L'amélioration de l'efficacité du lavage ;
- ✓ L'association des procédés.

C. REUTILISATION DE L'EAU

Les procédés ne permettent pas facilement de recycler l'eau. Pour essayer de réutiliser de l'eau usée dans des opérations des traitements humides, il faut disposer de moyens de stockage de l'eau usée réutilisable.

Certaines mesures d'économie d'énergie sont directement liées à des mesures d'atténuation des impacts environnementaux des activités de production. Par exemple, la réduction des quantités d'eau mises en œuvre dans les bains chauffés jusqu'à 120°C, le recyclage de l'eau après récupération des calories aboutissent à la fois à des économies d'eau et d'énergie. La réduction de la consommation d'énergie entraînera également la réduction des émissions atmosphériques liées à la combustion.

5.2.3 OPTIMISATION DES RESSOURCES EN ENERGIE

Pour aider l'atelier de teinture de l'entreprise à optimiser ses ressources, nous avons opté de s'intéresser à la récupération de l'énergie thermique des eaux usées chaudes évacuées par cet atelier. Ces eaux chaudes représentent le 1/3 des eaux usées de l'atelier de teinture. En effet, au cours d'un procédé de teinture des matières en polyester, les machines travaillent sous pression à 135°C. Lorsque le cycle de teinture est terminé, le bain doit être refroidi au moins à 80°C avant toute ouverture et vidange de la machine. La conséquence est la production d'un effluent à une température supérieure à la limite prescrite par la norme (30°C), qu'il faudra refroidir avant la mise à l'égout. Ceci met en évidence l'intérêt de récupération de cette énergie thermique pour préchauffer l'eau d'appoint des futurs procédés de teinture. L'utilisation d'un échangeur thermique reste la solution adéquate à ce type de problème.

A. PRINCIPAUX AVANTAGES ENVIRONNEMENTAUX DE LA SOLUTION PROPOSEE

Le passage des eaux usées chaudes (70-80°C) évacuées par l'atelier de teinture à travers l'échangeur thermique qui va diminuer la température du rejet à 30°C et la rendre conforme à la température d'évacuation dans le réseau d'assainissement de la LYDEC. La chaleur évacuée par le refroidissement des eaux usées est récupérée à l'aide d'échangeurs thermiques eau/eau pour chauffer l'eau qui va servir pour la teinture.

En effet, cette économie va contribuer à réduire la consommation d'énergie et par conséquent la réduction des émissions liées à la production d'énergie, constituant ainsi les principaux avantages environnementaux.

B. AVANTAGES ECONOMIQUES

La solution de réduction de la consommation d'énergie thermique proposée aura un atout sur la réduction du coût global qui sera chiffré en économie annuelle totale en faveur de l'entreprise.

5.2.4 ACTIONS DE SENSIBILISATION ET FORMATION

Pour réussir l'intégration efficace, rapide et pérenne de ces actions, il est nécessaire de les accompagner par une organisation de séances de sensibilisation et un programme de formation du personnel opérant dans l'activité, sur les techniques d'utilisation efficace des ressources et de prévention de la pollution dans les processus de production de l'activité d'ennoblissement. Et d'autre part, il est intéressant de se lancer dans une démarche participative en impliquant tous les niveaux hiérarchiques et tous les acteurs concernés.

6. CONCLUSION

L'analyse de cette étude de cas d'entreprise, nous a permis de mettre la main sur les flux opérationnels de l'activité teinture du secteur textile. A travers la réalisation de l'état des lieux, le bilan des ressources consommées et l'analyse des procédés de traitement du flux présélectionnée. Cette analyse nous a permis de concevoir une connaissance et d'identifier les pratiques environnementales et techniques mobilisées dans le cadre de l'efficacité de ressource dans un secteur d'activité d'envergure comme le textile au Maroc. Dans le cadre de notre type de recherche qui suit le modèle des usages de la recherche-intervention, des pistes d'amélioration techniques et managériales en faveur de l'activité de l'entreprise ont été proposées pour optimiser la consommation excessive des ressources et réduire la génération de pollutions à des niveaux acceptables et maîtrisées.

Ces pistes d'amélioration proposées sont souvent liées les unes aux autres, et atteindre l'une d'entre elles peut entraîner la réussite automatique des autres. L'action en elle-même ne suffit pas; elle doit aller de pair avec une bonne gestion environnementale, une sensibilisation à travers un programme de formation du personnel opérant dans l'activité.

REMERCIEMENTS

Cet article s'inscrit dans le cadre d'une thèse portant sur l'amélioration de la performance environnementale financée par le centre national pour la recherche scientifique et technique (CNRST) et projet PHC Maghreb. Nous remercions également toute l'équipe de l'entreprise d'accueil pour leur collaboration, accompagnement et esprit d'équipe.

REFERENCES

- [1] *Notre-planete.info, Changement climatique : les conséquences, 2019.* [Online] Available : https://www.notre-planete.info/terre/climatologie_meteo/changement-climatique-consequences.php (December 5, 2019)
- [2] *Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2050 : Les conséquences de l'inaction, OECD, 2020.* [Online] Available : <https://www.oecd.org/fr/env/indicateurs-modelisation-perspectives/49884240.pdf> (janvier 1, 2020)
- [3] F., Mário, R., Margarida, "Sustainable practices in SMEs: reducing the ecological footprint," *Journal of Business Strategy*, Vol.2, 2019.
- [4] Programme National d'Efficacité des Ressources de l'Industrie au Maroc (PNERI), MANUEL DE FORMATION À L'USAGE DU FORMATEUR, GIZ, Rabat, Maroc, 2016.
- [5] *Changements climatiques pour les petites et moyennes entreprises (PME), la chambre de commerce du Canada et Pollution Probe, Ottawa, p.50, 2006.*
- [6] Evaluation environnementale. [Online] Available : [<https://www.environnement.gov.ma/fr/lois-et-reglementations/textes-juridiques?id=109>] (septembre 25, 2020)
- [7] EL MAZOUZI, J., Rachid BOUTANNOURA, R. and SBITI, M., "La responsabilité sociale de l'entreprise chez la pme dans le contexte marocain," *International Journal of Innovation and Applied Studies*. Vol. 16 N°2 , pp. 456-466, 2016.
- [8] *Guide de gestion environnemental pour l'entreprise, 2020.* [Online] Available : http://www.grobec.org/pdf/documentaire/Guide_de_gestion_environnementale.pdf (février 2, 2020)
- [9] L. M. , Fonseca, "ISO 14001:2015. An improved tool for sustainability", *Journal of Industrial Engineering and Management*, Vol. 8, N°1, pp. 37-50, 2015.
- [10] J.J., Tari, J.F., Molina-Azorín, and I. Heras. "Benefits of the ISO 9001 and ISO 14001 standards: A literature review," *Journal of Industrial Engineering and Management*, Vol. 5, N°2, 2012.
- [11] ISO actualités, *IBM s'appuie sur ISO 14001 pour le développement durable 2015.* [Online] Available : <https://www.iso.org/fr/news/2015/11/Ref2015.html> (septembre 29, 2020)
- [12] O. El Gueddar, F.A. Rahmouni, A. Sahib-Eddine, and A. Aajjane, "Companies between Environmental management system and Sustainable development: the case of Sidi Bennour COSUMAR Company," *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 9, N°2, pp. 998-1010, 2010.
- [13] *Systèmes de management environnemental — Exigences et lignes directrices pour son utilisation, ISO 14001:2015* [Online] Available : <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14001:ed-3:v1:fr> (Mai 6, 2020)
- [14] *Le Maroc classé à la 54 ème position par le Rapport des universités américaines de Yale et de Columbia ayant trait à l'indice de performance environnementale, 2020.* [Online] Available : <http://www.environnement.gov.ma/fr/jme/134-actualites/1740-le-maroc-classe-a-la-54emeposition-par-le-rapport-des-universites-americaines-de-yale-et-de-columbia-ayant-trait-a-l-indice-de-performance-environnementale>, (Juillet 8, 2020).

- [15] A., Harbal, F., Khihel, "La question environnementale au Maroc : Etat des lieux et actions menées," Colloque International de Kénitra, 27-28 Décembre, Kénitra, Maroc, 2017.
- [16] *Plan d'accélération industrielle, Maroc*. 2020.
[Online] Available: <http://www.mcinet.gov.ma/fr/content/pland%E2%80%99acceleration-industrielle> (Juin 9, 2020)
- [17] *Stratégie Nationale d'Efficacité Energétique à l'horizon 2030*, Agence nationale pour le développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique. [Online] Available : http://www.architectesmeknestafilalet.ma/documentation_telechargements/Efficacit%C3%A9%20energetique/Synthese_Sstrategie_nationale_dEE.pdf (Juin 9, 2020)
- [18] *Stratégie énergétique nationale, Cluster solaire*. [Online] Available: <https://www.clustersolaire.ma/fr/strategie-energetique-nationale> (Juin 9, 2020)
- [19] A., Turki. "Comment mesurer la performance environnementale?" *Revue internationale de gestion*. Vol 4, pp. 68-77, 2009.
- [20] A., Neely, "The performance measurement revolution: Why now and what next?," *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 19, N°2, p. 205-228, 1999.
- [21] A., MRANI, GIZ, Resource Efficiency in Industry: Experiences & Perspectives from the Moroccan German Technical Cooperation, International conference sustainable industrial areas: Be part of the climate solution, 2017.
Philip G. Jordan, Industrial Energy Consumption, in *Solar Energy Markets*, Science Direct, 2014.
- [22] A., Laaroussi, S., Bakkali, O. Cherkaoui, "Role of industries and higher school of engineering towards green industrialization and green economy: Morocco case study". *The Eurasia Proceedings of Educational & Social Sciences (EPESS)*, Vol 7, pp. 67–71, 2017.
- [23] *Industrialisation et compétitivité globale du Maroc*, Institut royal des études stratégiques, 2014.
- [24] J.L. Moigne, "Le contrat social des épistémologies constructivistes," *les épistémologies constructivistes*, Cairn, pp. 113–122, 2012.
- [25] Y., Zhang, "Urban metabolism: A review of research methodologies, Environmental Pollution", *Vertigo, Revue Electronique en Science de l'Environnement* 178, pp. 463 – 473, 2013.
- [26] B., Ribon, D., Badariotti, R., Kahn, "Fondements des analyses de flux de matières et d'énergie et typologies d'applications pour la gouvernance des territoires et des et des organisations". *Vertigo, Revue Electronique en Science de l'Environnement*, Vol 18, N°2, 2018.
- [27] ISO 14040. *Management environnemental — Analyse du cycle de vie — Principes et cadre*, 2006.
- [28] S., Rothenberg, F., Pil, J., Maxwell. Lean, green, and the quest for superior environmental performance. *Prod. Oper. Manag.* Vol 10, N°3, pp.228-243, 2001.
- [29] A., Galeazzo, A., Furlan, A., Vinelli, "Understanding environmental-operations integration: The case of pollution prevention projects," *International Journal of Production Economics*, Vol 153, pp. 149 – 160, 2014.
- [30] BREF TEXTILE, les meilleures techniques disponibles, p. 238, 2002.