

Diagnostic des impacts des pratiques de production plus propre et plus sûre

RAYMOND G., PIATYSZEK É., LAFOREST V.

École Nationale Supérieure des Mines de Saint Etienne, Centre Sciences, Information et Technologies pour l'Environnement, 158, Cours Fauriel 42023 Saint Etienne Cedex 2 France

Résumé

Face à l'augmentation des considérations environnementales actuelles, les industriels ont de plus en plus souvent recours à des pratiques de production plus propre. Ces pratiques, nombreuses et variées, sont génératrices de multiples effets bénéfiques tels la réduction des consommations d'eau, de matières premières et d'énergie, ou encore la minimisation des déchets. Néanmoins, l'impact global de leur mise en œuvre sur l'entreprise peut être difficilement appréhendable. Il semble donc utile d'aider les industriels à évaluer les impacts liés à la mise en œuvre de ces pratiques, et par conséquent à obtenir un outil de Production Plus Propre et Plus Sûre (4PS).

L'article proposé ici tente de répondre à cette problématique en développant une méthode de diagnostic des impacts de 4PS. Elle s'appuie sur l'utilisation de 38 indicateurs et 15 critères qui permettent de rendre compte de la situation, d'aider à la prise de décision, et de mesurer les évolutions suite à la mise en place d'une pratique de production plus propre. Développée et validée pour le secteur du traitement de surface, la méthode proposée contribue ainsi à répondre à la problématique des Meilleures Techniques Disponibles en aidant les industriels dans leur mise en place.

Mots clés : Production Plus Propre et Plus Sûre, Méthode de diagnostic, Indicateurs de 4PS, Traitement de surfaces.

Abstract

In face of increasingly environmental concerns, cleaner production practices are more and more implemented by industries. These numerous and various practices generate multiple benefits such as water, raw materials and energy consumption reduction, or waste minimization. Nevertheless, the overall impact of their implementation in the company cannot be easily grasped. Consequently, help corporate managers evaluating the impacts associated with cleaner production practices implementation seems useful. Through this approach, a cleaner and safer Production (CSP) process is obtained.

The current article attempts to address this problem by developing a CSP impacts diagnosis method. It relies on the use of 38 indicators and 15 criteria which help to take the situation into account, to support decision making, and to measure progress after cleaner production practice implementation. Developed and validated into the metal finishing industry, the diagnosis method contributes to answering the Best Available Techniques issue by assisting corporate managers in the choice of the above mentioned processes.

Keywords: Cleaner and Safer Production, Diagnosis method, CSP indicators, Metal finishing

1. Introduction

En France comme en Europe, la multiplication des recherches scientifiques, des communications internationales ou locales (Conférence de Rio en 1992, Sommet de Johannesburg en 2002, Grenelle de l'environnement en 2008...) ainsi que des textes législatifs (Directive européenne IPPC, Directive Cadre Eau, Directive européenne REACH) démontrent une volonté grandissante de prise en compte de ces considérations environnementales. Les législations française et européenne concernant les activités industrielles établissent des règles permettant de diminuer les pollutions et de réparer les

dommages causés à l'environnement par les entreprises. En outre, des mesures visant à promouvoir le développement d'activités industrielles plus respectueuses de l'environnement et l'adoption de pratiques de production plus propre sont également proposées.

Le programme des nations unies pour l'environnement a défini la production plus propre comme étant : « L'application continue d'une stratégie environnementale préventive intégrée aux processus, produits et services afin d'améliorer leur efficacité écologique et réduire les risques pour les humains et l'environnement »[1].

La mise en place de ces différentes stratégies de production plus propre engendre un impact positif sur l'entreprise et son environnement puisque les effets positifs suivants sont observés [2]:

- La réduction de la pollution de l'eau de 95% et de l'air de 5%
- Des économies d'eau de 65%, d'énergie de 8% et de matières premières de 67%
- La valorisation des déchets dans l'usine ou à l'extérieur (26%)
- La réduction des risques d'accidents de 21%
- L'amélioration des conditions de travail (20%)

Un nombre croissant de publications nationales et internationales, dans un large éventail de secteurs d'activité, confirment ces résultats [3,4]. Ces études suggèrent que la production plus propre est largement applicable et fournit des avantages tant environnementaux que concurrentiels [5].

Néanmoins, il existe une relative méconnaissance de l'ensemble des impacts qui peuvent résulter de l'introduction de ces nouvelles stratégies de production. En effet la production plus propre peut engendrer des modifications importantes au sein d'une entreprise. Comment alors en évaluer les impacts afin d'obtenir un procédé de Production à la fois Plus Propre mais également Plus Sûre (4PS)?

Les travaux de recherche proposés dans cet article ont pour objectif de développer et valider une méthode innovante pour le diagnostic des impacts liés à l'implantation de pratiques de 4PS au sein des entreprises. Dans le but de répondre à cet objectif, il paraît indispensable tout d'abord de réaliser un état des lieux concernant la production plus propre. Celui-ci permettra de dégager les enjeux réglementaires, d'en définir les caractéristiques et de mettre en évidence le manque d'adéquation des outils existants pour l'évaluation des impacts liés à l'implantation de pratiques de 4PS. La seconde partie de cet article, propose alors une nouvelle méthode de diagnostic basée sur une arborescence à 4 niveaux (système, sous-systèmes, critères, indicateurs). La démarche d'utilisation de cette méthode ainsi que les résultats de son application dans le secteur du traitement de surfaces seront présentés.

2. État des lieux de la production plus propre

2.1 Mise en œuvre et caractéristiques de la production plus propre

La nécessité d'appliquer les principes de précaution⁸¹ et de prévention⁸² et de développer et transférer les technologies propres a clairement émergé au cours du Sommet de la Terre réuni à Rio de Janeiro en 1992 : « *pour protéger l'environnement, des mesures de précaution doivent être largement appliquées par les États [...] l'adoption de mesures effectives visant à prévenir la dégradation de l'environnement* ». Cela s'est concrétisé, en France, au travers de textes législatifs, d'études à caractère réglementaire tels que les études déchets ou les bilans de fonctionnement décennaux. Ces textes imposent aux industriels la justification de la mise en œuvre de technologies propres.

Par conséquent l'État dispose de moyens de pression réglementaire et de mesures incitatives pour favoriser la mise en place de la production propre au sein des entreprises.

⁸¹ Principe selon lequel « l'absence de certitudes, compte tenu des connaissances scientifiques et techniques du moment, ne doit pas retarder l'adoption de mesures effectives et proportionnées visant à prévenir un risque de dommages graves et irréversibles à l'environnement à un coût économiquement acceptable » Article L110-1 du Code de l'environnement.

⁸² Principe selon lequel « il convient de prévenir et de corriger « par priorité à la source », les atteintes à l'environnement en utilisant les meilleures techniques disponibles » Article L.110-1 du code de l'environnement

La production propre est mise en œuvre au moyen de huit stratégies (

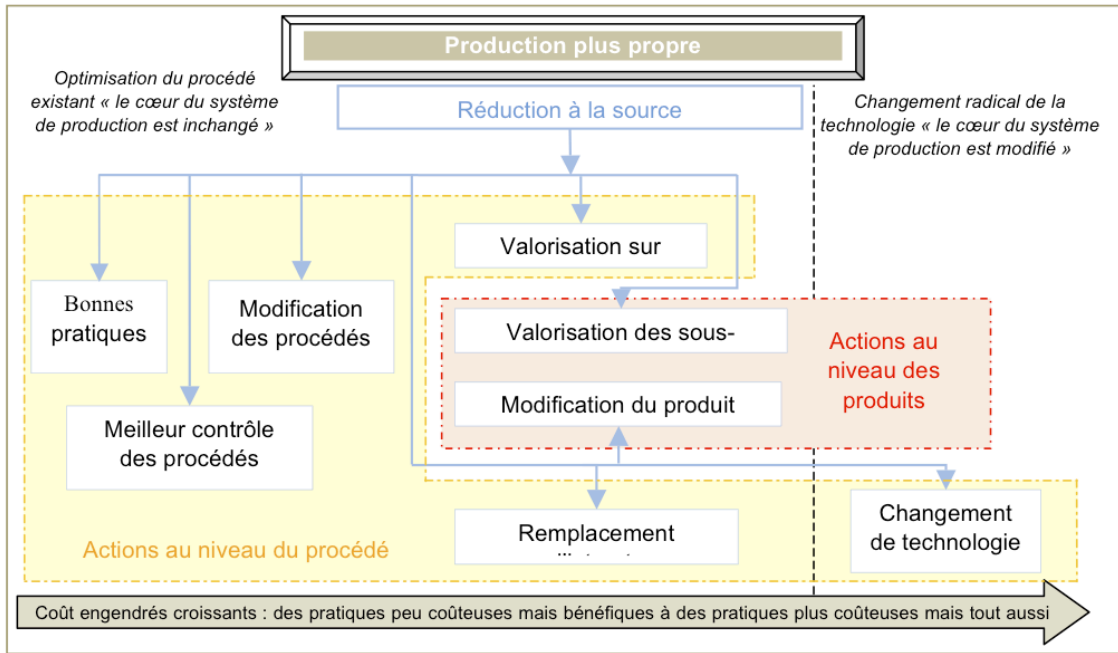


Figure 3)[1 et 4] :

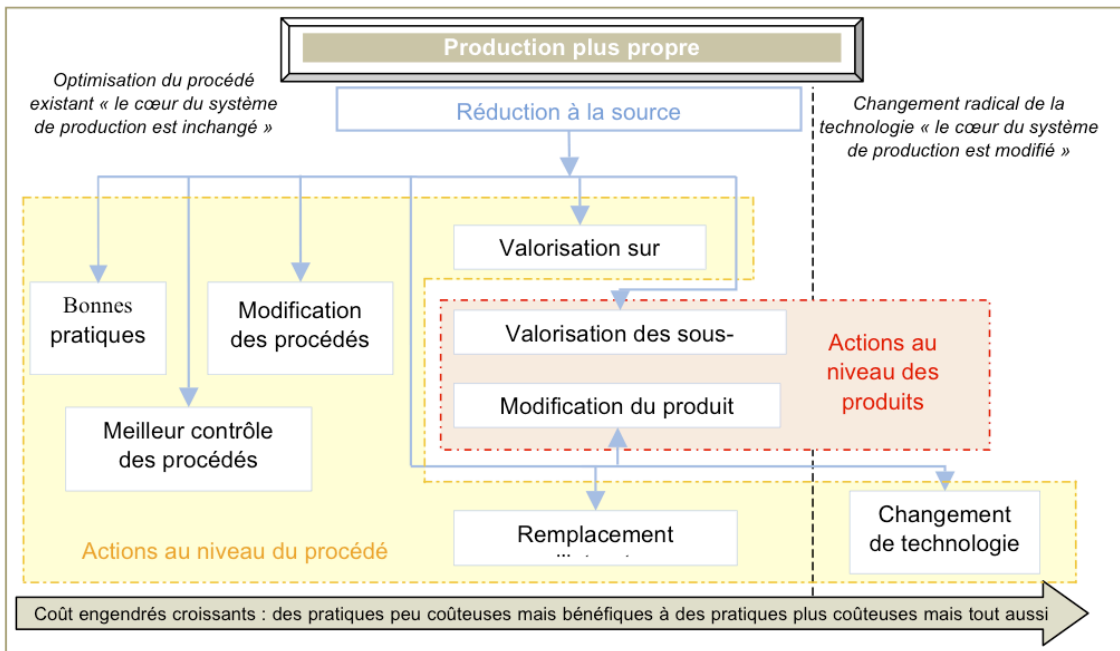


Figure 3: Stratégies de production propre adapté de [LAFOREST et al., 2005a] [CARPP, 2002]

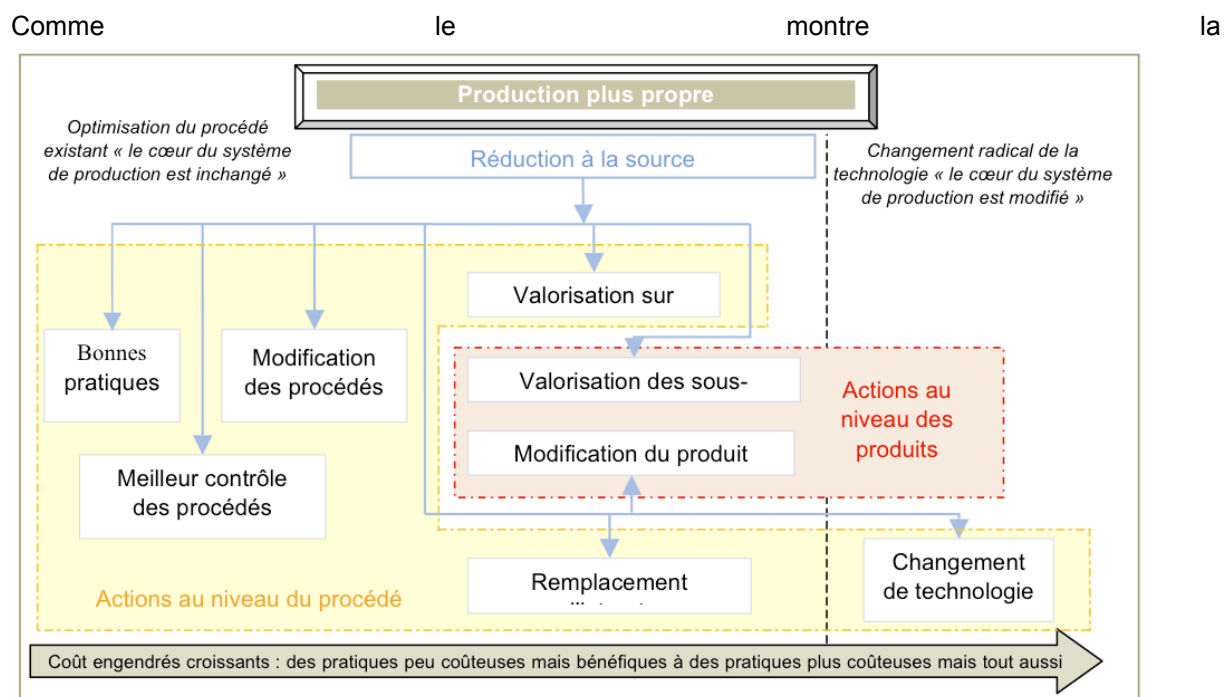


Figure 3 la mise en œuvre de ces stratégies permet pour une majorité d'entre-elles d'optimiser le procédé existant. D'autres stratégies modifient radicalement le cœur du système de production en remplaçant la technologie de production. Plus la stratégie est positionnée à droite sur la figure, plus les coûts liés à sa mise en place sont conséquents.

Comme il a été dit, la littérature regorge de cas de mise en œuvre de la production plus propre. Par exemple, Giannetti *et al.* (2008) montrent que la mise en œuvre de pratiques de production propre dans une PME de dorure sur bijoux, a abouti à la réutilisation des chutes de métaux, contribuant ainsi à une réduction de 42% des déchets métalliques. D'autres effets comme la diminution de 35% de la consommation des eaux de rinçage du procédé de dorure électrolytique ou encore de 36% de l'énergie consommée par ce procédé ont été constatés après la mise en place de nouvelles procédures de contrôle et de vidange des bains [6]. Rennings *et al.* (2001) observe que la production propre a également des effets favorables sur d'autres perspectives tels que l'emploi (augmentation moyenne des emplois de 18% [7]) ou encore sur la vie de l'entreprise (Dépassement d'habitudes routinières, réexamen des procédés et des procédures) [8]. Pourtant l'utilisation de pratiques de production propre génère également d'autres types de répercussions moins favorables que les précédentes. Prenons le cas de la substitution des matières premières par des matières premières moins toxiques qui semble être une action souvent intéressante, il est indispensable de faire preuve de prudence afin que la qualité du produit ne soit pas modifiée et qu'ainsi la diminution des déchets soit effective.

Ces constats font donc émerger une caractéristique importante de la production plus propre : son aspect multi-impact.

Une autre caractéristique de la production plus propre qui ressort de cette analyse est le caractère tant quantitatif (consommation d'eau, et d'énergie...) que qualitatif (qualité du produit, image de l'entreprise...) de ses impacts.

2.2. Analyse des méthodes d'évaluation environnementales existantes

De nombreuses méthodes d'évaluation des impacts sont disponibles dans la littérature scientifique [9, 10,11 et 12]. Quinze méthodes d'évaluation et de diagnostic applicables aux entreprises ont été étudiées et analysées. La figure 2 positionne ces méthodes en fonction de l'angle d'approche (site / produit), de la nature des impacts étudiés (locaux / globaux) et selon l'aspect mono ou multi-impact.

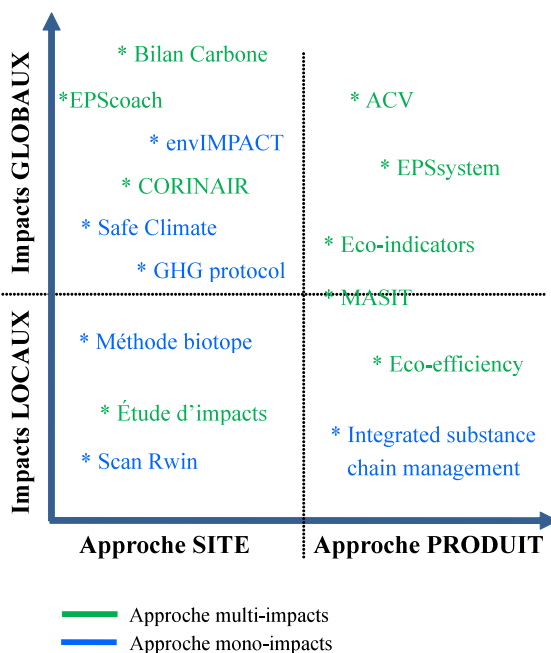


Figure 4 : Positionnement de 15 méthodes d'évaluation des impacts

Comme l'illustre la figure 2, certaines méthodes d'évaluation environnementale sont basées sur une approche mono-impact comme la méthode Biotope par exemple. Or les méthodes mono-impacts ne considèrent qu'un seul aspect : l'effet sur la biodiversité dans le cas de la méthode biotope. Dans un contexte de développement durable et de mise en œuvre de la 4PS il est de plus en plus nécessaire d'associer des critères économiques et sociaux à l'évaluation des impacts environnementaux [13, 14]. Ces méthodes sont donc à écarter pour l'évaluation des impacts liés aux pratiques de production plus propre.

D'autre part, quelques méthodes s'intéressent aux impacts globaux. Ces méthodes se révèlent être peu adaptées puisque l'objectif est l'estimation des impacts résultant de modifications (bonnes pratiques, modification des procédés...) sur l'entreprise et donc à une échelle locale.

La figure 1 propose également des méthodes basées sur une approche orientée produit. Elles consistent en général, en un inventaire des entrants et des sortants d'un système de produits le long de son cycle de vie [13 et 15]. Pour ce faire, elles nécessitent beaucoup d'informations qui ne sont pas toujours facilement accessibles et sont coûteuses en termes de temps [10]. Sur la base de ces constats, les méthodes d'évaluation basées sur une approche produit semblent inadaptées pour l'évaluation rapide et simple des impacts liées aux pratiques de 4PS.

Sur l'ensemble des méthodes d'évaluation des impacts environnementaux étudiées, seule la méthode « Étude d'impacts » s'intéresse à la fois aux impacts locaux, en ayant une approche site et concernant de multiples impacts. Cette étude, imposée en France de manière réglementaire dans le code de l'environnement (Livre V - Titre I^{er}) pour l'élaboration des demandes d'autorisation à exploiter des ICPE, doit permettre pour chacune des thématique de pollution (eau , air, bruit, déchets...) de connaître la situation avant la mise en service de l'installation, ses caractéristiques et ses effets directs sur l'environnement, les mesures prises pour en atténuer les effets et la situation prévisible après mise en service [16, 17]. Bien que cette étude permette d'appréhender les divers impacts environnementaux de l'entreprise, elle reste essentiellement descriptive et qualitative (pas de quantification des impacts). Par conséquent cette étude n'est pas adaptée à l'évaluation des impacts des pratiques de 4PS qui sont à la fois qualitatifs et quantitatifs.

L'état des lieux des méthodes d'évaluation existantes montre la non-existence de méthodes adaptées à l'évaluation de l'ensemble des impacts liés aux pratiques de production propre. Nous proposons donc une nouvelle méthode de diagnostic/ d'évaluation des impacts qui est développée dans le secteur du traitement de surfaces.

3. Méthode de diagnostic des impacts

3.1. Élaboration de la méthode de diagnostic

La méthode de diagnostic proposée a été élaborée à partir d'une analyse systémique d'une installation de traitement de surface avec le modèle MADS/MOSAR. En effet, cette analyse a été indispensable à l'appréhension de la complexité du système que constitue l'entreprise. Elle a conduit à la définition d'une arborescence à quatre niveaux représentée dans le tableau 1.

Tableau 1 : Arborescence à 4 niveaux

Indicateurs	Critères	Sous-système	Système	
<ul style="list-style-type: none"> • Mesure du bruit à l'extérieur de l'atelier • Niveau d'odeur extérieur • Excès de risque individuel • Indice de risque 	Population	Social	Environnement	
<ul style="list-style-type: none"> • Température des rejets • pH des rejets • Charge toxique et polluante rejetée dans l'eau • Suivi de charge toxique et polluante rejetée dans l'eau • Indice de biodégradabilité des rejets dans l'eau 	Eau	Écosystème		
<ul style="list-style-type: none"> • Charge toxique, métallique et polluante rejetée dans l'air • Suivi de charge toxique et polluante rejetée dans l'air 	Air			
<ul style="list-style-type: none"> • Indice de dangerosité pour un effet de toxicité due à un liquide • Indicateur de gestion des déchets solides 	Sol			
<ul style="list-style-type: none"> • Gain en clientèle 	Client	Économique		
<ul style="list-style-type: none"> • Mesure du bruit à l'intérieur de l'atelier • Niveau d'odeur à l'intérieur de l'atelier 	Environnement de travail	Opérateurs		Entreprise
<ul style="list-style-type: none"> • Niveau global de risques • Taux de fréquence des accidents et arrêts du travail • Indice de dangerosité pour un effet de flux thermique • Indice de dangerosité pour un flux de surpression 	Sécurité			
<ul style="list-style-type: none"> • Indicateur d'intensité énergétique • Indicateur d'intensité de matière première 	Approvisionnement			
<ul style="list-style-type: none"> • Entraînement • Rapport de dilution des bains • Consommation spécifique • Indicateur d'intensité déchets de production • Indicateur d'utilisation déchet 	Production	Opérations		
<ul style="list-style-type: none"> • Taux de renouvellement de l'équipement 	Entretien			
<ul style="list-style-type: none"> • Quantité de réactifs utilisés • Indicateur d'intensité boues 	Détoxication			
<ul style="list-style-type: none"> • Valeur ajoutée • Taux de productivité apparente du travail 	Perspective financière	Stratégie		
<ul style="list-style-type: none"> • Taux de satisfaction du client (ou taux de rebuts) • Caractéristiques anticorrosion 	Perspective client			
<ul style="list-style-type: none"> • Productivité opérationnelle • Taux d'utilisation de l'équipement 	Processus internes			
<ul style="list-style-type: none"> • Taux de formation du personnel • Taux de présentisme 	Perspective organisationnelle			

L'analyse des systèmes (entreprise et son environnement) pouvant être impactés lors de l'introduction d'une modification a permis de définir six sous-systèmes cibles potentielles de cette implantation. Dans le but de caractériser ces sous-systèmes, quinze critères de production propre ont été définis. Par exemple, le sous-système « écosystème » est caractérisé par trois critères que sont l'eau, l'air et le sol. Ces critères constituent le cœur de la méthode élaborée puisque les impacts liés aux pratiques de 4PS sont évalués par rapport à ces critères. L'utilisation du jugement d'expert et de la méthode hiérarchique multicritère (MHM) a permis de déterminer l'importance relative (poids) de chaque critère à la performance globale de l'entreprise.

Enfin, 38 indicateurs de 4PS listés dans la colonne de gauche alimentent les quinze critères de 4PS. Ces indicateurs ont été identifiés dans la littérature et par le biais d'études de cas sur sites industriels, puis sélectionnés via une analyse multicritère. Ils sont calculés à partir de données (ou paramètres) directement tirés du terrain.

La méthode de diagnostic construite est basée à la fois sur des indicateurs qualitatifs et quantitatifs, adopte une approche site en se focalisant sur l'entreprise elle-même et son environnement proche, cible les impacts locaux puisque les indicateurs sont calculés à partir de données du terrain. La méthode permet donc bien de diagnostiquer les impacts relatifs à l'introduction d'une pratique de 4PS.

3.2. Démarche de diagnostic des impacts

La démarche de diagnostic proposée est composée de trois étapes (figure 3):

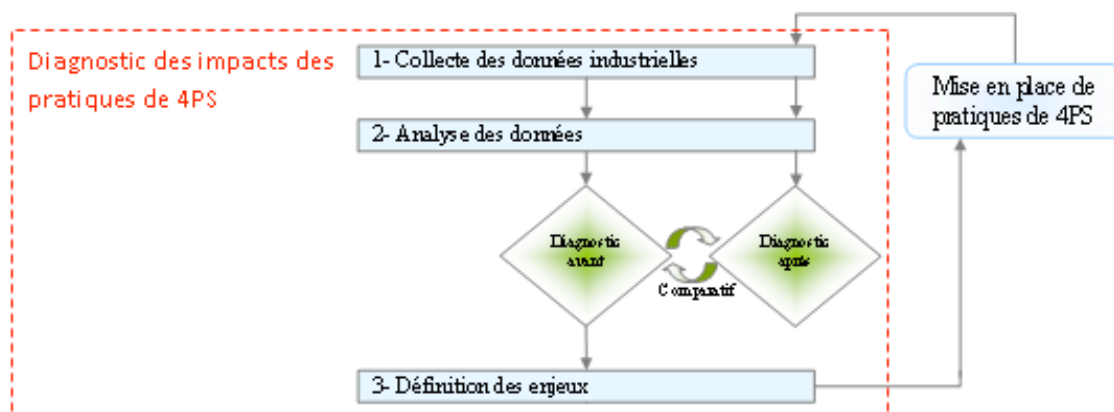


Figure 5: Schéma de la démarche d'utilisation de la méthode de diagnostic des impacts des pratiques de 4PS

- Une **collecte des données industrielles** dont l'objectif principal est de connaître le déroulement des opérations, le fonctionnement global de l'entreprise, et les flux de matière et d'énergie mis en jeu. Elle repose sur des entretiens avec l'industriel, des visites d'ateliers, et sur la consultation des documents internes de ces ateliers (fiches de bain, fiches de données de sécurité, bilan de fonctionnement...etc.). Pour ce faire, une fiche de recueil des données a été conçue à cet effet.
- L'**analyse des données recueillies** permet de calculer les 38 indicateurs via l'utilisation d'un tableau de bord. Cet outil est construit à partir de l'arborescence à 4 niveaux. Les indicateurs sont comparés à une échelle qui leur est spécifique, pour les transformer en une note sur l'intervalle [0-10]. Cette note est alors agrégée avec les notes des autres indicateurs alimentant le même critère par le biais d'une moyenne arithmétique. Le résultat de cette moyenne constitue la performance de l'entreprise au niveau de ce critère. Les résultats sont alors visualisés sur un diagramme radar appelé *profil d'impact* de l'entreprise. Ce diagramme représente la performance de chaque critère par rapport à la performance «maximale». Cette performance maximale est atteinte si tous les indicateurs de l'ensemble des critères ont la valeur maximale de leurs échelles respectives.
- D'autre part, la performance globale de l'entreprise est déterminée : il s'agit de la somme pondérée des performances au niveau de chaque critère.
- La **définition des enjeux** est une discussion entre les différents acteurs (donneurs d'ordre, experts...) basée sur le diagnostic obtenu. Cette discussion a pour objectif :

- la validation des choix déjà engagés par le chef d'entreprise,
- la mise en évidence des points perfectibles et des pistes d'amélioration,
- l'établissement des priorités en matière d'amélioration à réaliser ou envisager.

La décision n'étant pas uniquement rationnelle puisque « *les motivations et raisons pour agir sont établies en fonction de croyances, de normes, et de valeurs...* »[18], il en résulte que cette étape bien que permettant de cibler les impacts prédominants de l'entreprise laisse l'industriel libre dans son choix ou non de mise en place de pratiques de 4PS.

Après la mise en place d'une pratique de production propre un second diagnostic peut être réalisé. Il consiste en la réitération des étapes 1 et 2 avec les données liées à la nouvelle configuration de l'entreprise. Ainsi l'étude comparative des 2 niveaux d'impacts (en amont et en aval) de l'implantation de la pratique de 4PS permet :

- De vérifier que la pratique de production propre a bien les effets escomptés.
- D'évaluer les impacts de cette pratique au niveau des autres critères.
- De déterminer l'impact de la mise en œuvre de la pratique sur la performance globale de l'entreprise. Pour ce faire un indice de performance est déterminé. Cet indice correspond au ratio de la différence entre performances finale (diagnostic aval) et initiale (diagnostic amont) et de la performance finale.

$$I_{\text{Perf}} = \frac{\text{Perf}_{\text{finale}} - \text{Perf}_{\text{initiale}}}{\text{Perf}_{\text{finale}}} \quad (1)$$

- D'identifier les éventuels nouveaux enjeux pour l'industriel. De cette façon l'outil peut s'intégrer dans une démarche d'amélioration continue pour la mise en place de pratiques de 4PS au sein de l'entreprise.

3.3. Exemple d'application

La méthode de diagnostic des impacts liés à la mise en œuvre de pratiques de 4PS a été testée et validée pour des installations de traitements de surface par voie aqueuse. Les résultats de la mise en œuvre de la méthode pour un exemple de remplacement d'intrant sont proposés ci-dessous.

La société A réalise du traitement de surface à des fins décoratives et techniques (amélioration de la tenue à la corrosion, amélioration des caractéristiques électriques et mécaniques) dans divers secteurs d'activité : électronique, mobilier médical, électroménager, robinetterie, décolletage, emboutissage, automobile, téléphonie et aéronautique. Pour ce faire elle utilise de nombreux produits chimiques toxiques, dont notamment du chrome hexavalent (CrVI). Soucieuse de ses impacts environnementaux, elle a remplacé un bain de passivation au chrome hexavalent par un bain de passivation au chrome trivalent (CrIII). Les résultats du diagnostic de l'installation réalisé en amont et en aval de ce remplacement sont présentés sur la figure 4.

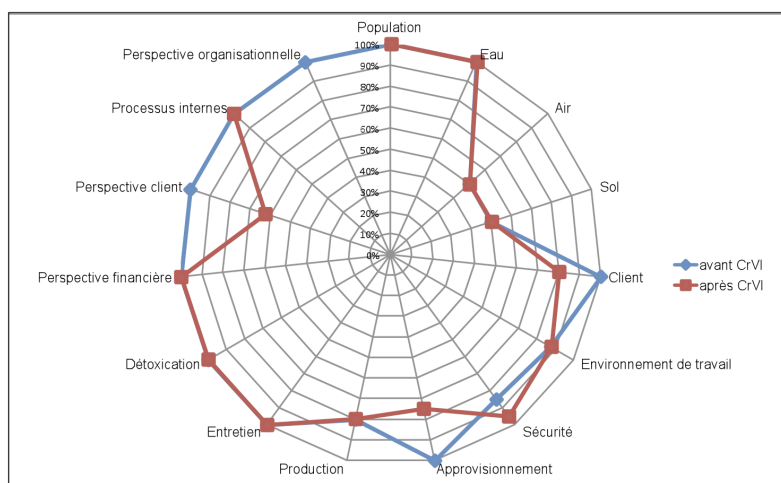


Figure 6 : Profil d'impact de la société A

L'analyse du profil d'impact montre qu'avant le remplacement d'intrant, la société A présente une assez bonne performance sur la majorité des critères de production plus propre et plus sûre. En effet, dix critères sur quinze sont à la valeur maximale que peut prendre ce critère. Les critères Production, Sécurité et Environnement de travail ont par ailleurs une performance supérieure à 80% par rapport à la performance maximale. Seuls, deux critères apparaissent moins performants : critères air et sol. Le diagnostic amont permet ainsi à l'industriel d'envisager ces deux critères moins performants comme des futurs enjeux. En ce sens, il constitue une première étape d'aide à la décision en matière de mise en œuvre de pratiques de 4PS.

Suite à la mise en place du bain de passivation au chrome trivalent, il y a une modification visible du profil d'impact puisque les critères Perspective Clients, Clients, Sécurité et Approvisionnement ont évolué sensiblement.

Dans le but de connaître l'impact de la mise en œuvre du bain de passivation au chrome III sur la performance globale de l'entreprise, l'indice de performance I_{Perf} a été calculé :

$$I_{Perf} = \frac{1,88 - 1,75}{1},88 = -6,9\% \quad (2)$$

Le calcul de l'indice montre que la performance globale de l'entreprise a diminué de l'ordre de 7% après le remplacement du bain de passivation au CrVI puisque $I_{Perf} < 0$. Ce résultat confirme le fait que l'implémentation d'une pratique peut avoir un impact localement positif (dans cet exemple sur le critère sécurité) mais que cette pratique génère une perte de performance à l'échelle globale de l'entreprise.

La validité de l'information apportée par ce diagnostic a été confirmée puisque les profils d'impacts présentés aux responsables des ateliers étudiés, qu'ils soient façonniers ou intégrés, leur ont paru à la fois clairs et conforme à la vision qu'ils avaient de leurs principaux impacts. D'autre part, la mise en œuvre de la méthode a été relativement aisée.

Conclusions et perspectives

Cet article a proposé une méthode de diagnostic innovante, méthode qui intervient notamment dans une méthodologie globale d'évaluation des impacts liés à l'implantation de pratiques de 4PS au sein d'une entreprise. La méthode de diagnostic repose sur l'utilisation de 38 indicateurs de 4PS renseignant 15 critères. Elle est mise en œuvre par le biais de l'utilisation de deux outils principaux :

- une grille de collecte des données pour le recueil des paramètres de calcul des 38 indicateurs au niveau de l'installation
- un tableau de bord pour le calcul des impacts au niveau des critères, ainsi que l'affichage des résultats sous forme de diagramme radar.

L'intérêt de la méthode de diagnostic et des outils développés, est une meilleure connaissance pour l'industriel des impacts de son entreprise, connaissance prenant en compte à la fois les impacts environnementaux, à caractère sociaux, économiques ainsi que les risques. Le caractère innovant de la méthode vient du fait qu'elle a été développée sur la base d'une analyse systémique. Cela permet de vérifier lors du diagnostic aval, que la pratique de 4PS mise en œuvre a bien les effets escomptés. De plus, d'éventuels nouveaux enjeux peuvent être identifiés. Enfin, la représentation sous forme de diagramme radar permet une compréhension aisée des impacts et des enjeux.

La méthode de diagnostic proposée contribue aux écotechnologies en proposant une approche novatrice puisque contrairement aux autres types de méthodes développées au niveau de la Commission Européenne qui se basent sur une logique traditionnelle dans laquelle l'évolution se fait par la réglementation, la méthode de diagnostic des impacts des pratiques de 4PS ne se positionne pas en situation de contrôle. Ainsi l'antagonisme entre performance environnementale et productivité généré par les contraintes exercées par la réglementation n'existe plus.

Pour conclure, cet article a montré l'intérêt de l'utilisation de la méthode de diagnostic. Cependant elle ne tient actuellement pas compte de la sensibilité des cibles potentielles lors de l'évaluation des impacts. Un travail de caractérisation de la sensibilité de l'environnement proche de l'entreprise a déjà initié dans ce sens [21]. En perspective, il conviendrait de s'orienter vers la caractérisation de la sensibilité des cibles à l'intérieur de l'entreprise (opérateurs, opérations, stratégies) dans le but d'en

tenir compte lors du diagnostic des impacts des pratiques de 4PS. Ce travail fera l'objet d'un prochain article.

Remerciements

Cet outil est développé dans le cadre d'un projet ADEME avec le soutien du Cluster Environnement (Région Rhône-Alpes) et la participation de 2 PME de traitement de surfaces SFTS et GALVALOIRE.

Bibliographie

- [1] UNEP; Cleaner production;2008; 2001.
- [2] MAES M.; Technologies propres et sobres - l'économie émergente; pp 348; octobre 1996.1996.
- [3] Unnikrishnan S.,Hegde D. S.; An analysis of cleaner production and its impact on health hazards in the workplace; Environment International; 32; 1 pp 87-94; 1.2006.
- [4] Van Berkel R.; Cleaner production uptake in small to medium sized enterprises; Waste and Recycle Conference; 2002.
- [5] Howgrave-Graham A.,Van Berkel R.; Assessment of cleaner production uptake: method development and trial with small businesses in Western Australia; Journal of Cleaner Production; 15; pp 787-797; 2007.
- [6] Giannetti B. F., Bonilla S. H., Silva I. R. and Almeida C. M. V. B.; Cleaner production practices in a medium size gold-plated jewelry company in Brazil: when little changes make the difference; Journal of Cleaner Production; In Press, Corrected Proof; pp 66;
- [7] Rennings K.,Zwick T.; The employment impact of Cleaner Production on the firm level - Empirical evidence from a survey in five European countries; IJIM; pp 41; mars 2001.2001.
- [8] CARPP; Alternatives de prévention de la pollution à la source dans le secteur du traitement de surfaces; pp 158; mai 2000 révisé en 2002.2002.
- [9] ADEME; Association de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie;2007; 2007.
- [10] El Bouazzaoui I.; L'empreinte écologique à l'échelle 'micro': Un outil d'évaluation environnementale et de communication sur l'efficacité de l'entreprise dans sa démarche continue de réduction des impacts de ses activités industrielles.2008.
- [11] Fijal T.; An environmental assessment method for cleaner production technologies; Journal of Cleaner Production; 15; 10 pp 914-919; 2007.
- [12] Personne M.,Brodhag C.; Évaluation des performances environnementales des PME; (Tech. ing., Environ.); A8; noG5100 pp G5100.1-G5100.5; 1282-9080; janvier 1998.1998.
- [13] Benoit V.; Analyse technique, économique, environnementale et sociale de trois filières de production d'hydrogène par la méthode Multicriterial Analysis for Sustainable Industrial Technologies (MASIT); pp 89; novembre 2002.2002.
- [14] Roussat N.; Optimisation des stratégies de gestion du contenu "matières premières et énergie" des déchets produits et utilisés sur un territoire urbanisé. Application aux déchets de démolition du Grand Lyon; pp 1-283; 23/10/2007.2007.
- [15] Weidenhaupt A.,Meier M. A.; Analyse du cycle de vie . Application aux systèmes de dépollution; (Tech. ing., Environ.); G 5810; pp 1-14; ISSN 1282-9080; 2000.
- [16] Agora 21,ARMINES; Glossaire pour le developpement durable;4 avril 2002.2002.
- [17] AIDA; La réglementation des activités à risques;2009.
- [18] Desthieux G.; Approche systémique et participative du diagnostic urbain : processus de représentation cognitive du système urbain en vue de l'élaboration d'indicateurs géographiques; n°3216 pp 237; <http://library.epfl.ch/theses/?nr=3216>; 21 avril 2005.2005.
- [19] Laforest V.,Cikankowitz A.; Contextes législatifs et institutionnels français: application au secteur du traitement de surface;2006.
- [20] EAURMC; Agence de l'eau Rhône - Méditerranée - Corse;2009.
- [21] Cikankowitz A. ; Raymond G. ; Piatyszek É.; Laforest V.; Évaluation et intégration de la sensibilité intrinsèque des milieux récepteurs dans une méthodologie d'évaluation des performances environnementales ; Déchets Sciences et Techniques ; n° 55 ; 2009