



**HAL**  
open science

## Évaluation des impacts liés à la mise en oeuvre de stratégies de production plus propre et plus sûre

Gaëlle Raymond, Eric Piatyszek, Valérie Laforest

► **To cite this version:**

Gaëlle Raymond, Eric Piatyszek, Valérie Laforest. Évaluation des impacts liés à la mise en oeuvre de stratégies de production plus propre et plus sûre. Galvano Organo, 2009, n°782, 5p. emse-00399853

**HAL Id: emse-00399853**

<https://hal-emse.ccsd.cnrs.fr/emse-00399853v1>

Submitted on 29 Jun 2009

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

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

# Évaluation des impacts liés à la mise en œuvre de stratégies de production plus propre et plus sûre

Gaëlle RAYMOND, Éric PIATYSZEK, Valérie LAFOREST

## Introduction

Dans le domaine du traitement de surface, la législation environnementale de plus en plus contraignante (arrêté du 30 juin 2006, DCE, IPPC, REACH...) oblige les industriels à reconsidérer leur outil de production et évoluer vers de nouvelles stratégies d'optimisation en vue de prévenir et de réduire à la source la génération et la nocivité des polluants. La capacité de ces stratégies de « Production Propre » à diminuer les pressions anthropiques, à améliorer les processus de production, et à générer des bénéfices n'est plus à démontrer [1-3]. Cependant elles peuvent avoir une incidence sur la qualité, la sécurité, ou encore l'organisation de l'outil de production. Appréhender les divers impacts liés à la mise en place de pratiques de production propre (substitution de formulations au chrome VI par du chrome III, mise en place de rinçages par aspersion, achat d'un électrolyseur...), est important pour maîtriser l'outil de production. La présente étude propose une méthodologie et un outil pour l'évaluation des impacts liés à la mise en œuvre de pratiques de Production Plus Propre et Plus Sûre (4PS). Cet outil permet un état des lieux de l'atelier de traitement de surface vis-à-vis de critères de 4PS. D'autre part, il éclaire l'industriel dans le choix de pratiques de production propre adaptées à ses objectifs.

## Méthodologie d'évaluation des impacts liés à la mise en place de pratiques de 4PS

La méthodologie proposée est structurée en quatre étapes (Figure 1) qui sont décrites successivement dans les paragraphes suivants.

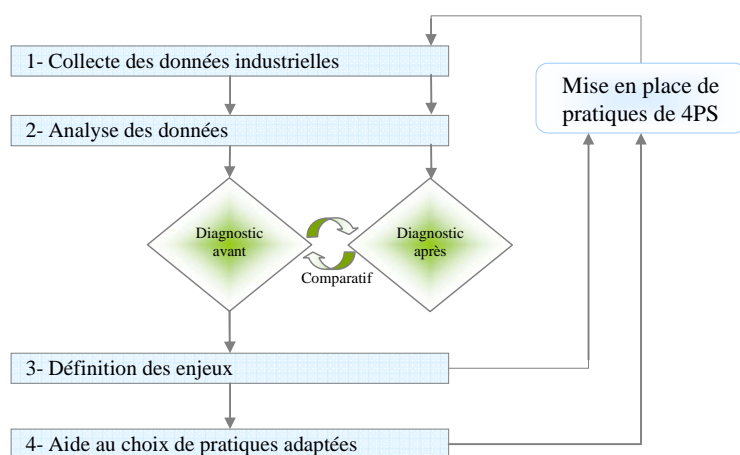


Figure 1 : Méthodologie d'évaluation des impacts de la 4PS

### Étape 1 : Collecte des données industrielles

La collecte des données repose essentiellement sur des entretiens avec l'industriel, des visites d'ateliers, des enquêtes auprès des opérateurs et sur les documents internes de ces ateliers (fiches de bain, fiches de données de sécurité...). Ce recueil de données de terrain est réalisé tant au niveau des chaînes de traitement, que de l'entreprise elle-même avec notamment une **grille de recueil des données** conçue à cet effet. Ces informations sont de

plusieurs types (par exemple : volume des bains, température, pH des rejets, odeurs, phrases de risque des produits...). L'objectif principal de cette collecte est de connaître les caractéristiques des différents bains, le déroulement des opérations, le fonctionnement global de l'entreprise, et les flux de matière et d'énergie mis en jeu.

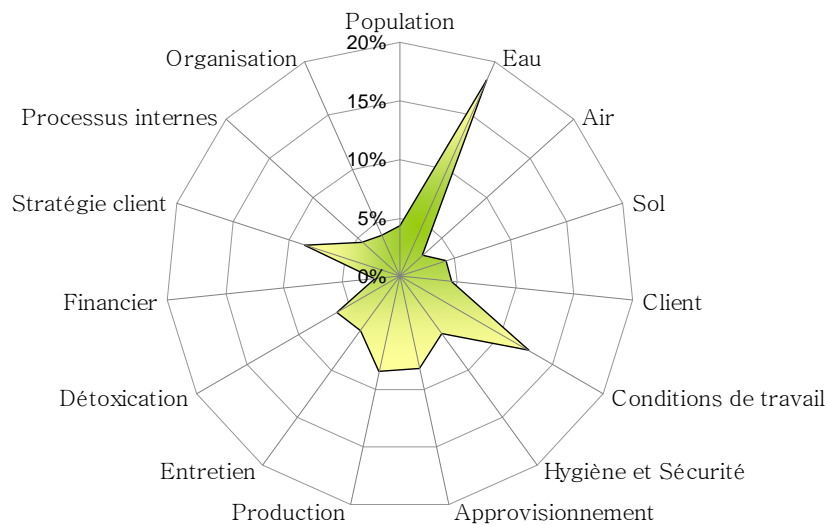
### *Étape 2 : Analyse des données - diagnostic de l'entreprise*

Les données sont utilisées pour le calcul de 30 indicateurs de 4PS permettant de quantifier les différents impacts de l'entreprise. Ces indicateurs alimentent 15 critères de production plus propre et plus sûre décrits dans le tableau 1. Ces critères ont été pondérés via une enquête réalisée auprès de différents experts de la profession [4]. L'analyse des données aboutit à un **diagnostic de l'entreprise**.

**Tableau 1 :** Critères de 4PS

<b>Critères de 4PS</b>	<b>Définition</b>
Eau	Il s'agit du milieu «eau» en tant que ressource et milieu récepteur. Les indicateurs qui renseignent ce critère sont physico-chimiques (consommation spécifique, indice de biodégradabilité des rejets...).
Air	Il concerne le milieu récepteur «air». Le traitement de surface n'est pas une source importante d'émission atmosphérique; Il convient néanmoins de surveiller les émissions locales [5]. Les indicateurs sont physico-chimiques (charge toxique et métallique rejetée dans l'air).
Sol	Il concerne le milieu récepteur «sol». La pollution des sols est essentiellement due aux écoulements, fuites et débordements accidentels [6]. Les indicateurs sont donc des indicateurs de risque (indice de dangerosité ...).
Population	Il s'agit du milieu social dans lequel l'entreprise évolue : individus (riverains) ou groupes d'individus (associations écologistes, entreprises voisines) [7]. Les indicateurs portent sur les nuisances (Bruit, Odeur) et le risque.
Client	Il est question du respect du cahier des charges du client via des indicateurs de qualité (caractéristiques anticorrosion) et de satisfaction (taux de satisfaction).
Hygiène et sécurité	Il concerne les risques pour les opérateurs (niveau global de risque, taux de fréquence des accidents du travail...) [8].
Conditions de travail	Il s'agit du milieu environnant dans lequel évolue l'opérateur à son poste de travail (bruit, présentéisme...).
Entretien	Il est question des opérations de maintenance de l'appareil de production ainsi que de l'ensemble de l'installation (taux d'utilisation de l'équipement...)
Production	Il s'agit des opérations de production. Critère renseigné par différents types d'indicateurs : de fonctionnement (rapport de dilution, entraînement...), de risques (indices de dangerosité...), d'éco-efficacité (intensité déchets...).
Détoxification	Il s'agit des opérations de traitement des effluents aqueux et gazeux et des déchets [6]. Les indicateurs sont physico-chimiques (pH et température des rejets, tonnage des boues...)
Approvisionnement	Il concerne les opérations d'approvisionnement et les risques liés au stockage (intensité matière première, niveau global de risques...)
Financier	Il est question des ressources financières (valeur ajoutée, taux de renouvellement de l'équipement...)
Stratégie clients	Il s'agit de la capacité de l'entreprise à fidéliser le client (taux de satisfaction du client, productivité opérationnelle, respect des délais...)
Processus internes	Il concerne les performances de l'entreprise au niveau des processus d'innovation, de production et de service après vente. Les indicateurs sont financiers (productivité, taux d'utilisation de l'équipement, budget R&D...) et de qualité.
Organisation	Il concerne les performances en matière d'organisation. Les indicateurs sont liés aux ressources humaines de l'entreprise (compétence des individus, motivation, capacité à innover...)

Les résultats du diagnostic sont visualisés sur diagramme radar appelé **profil d'impact de l'entreprise** (figure 2). Il représente l'impact global de l'entreprise calculé à partir des indicateurs de 4PS.



**Figure 2 :** Exemple de profil d'impact d'une entreprise

Le profil d'impact présenté à titre d'exemple montre que l'enjeu majeur pour l'industriel serait le critère eau puisqu'il est de l'ordre de 1/5 de l'impact global de l'entreprise. Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que :

- «L'eau est la matière première pour la constitution des bains de pré-traitement, de traitement et de finition. C'est aussi l'élément incontournable pour le rinçage» [9-10].
- L'eau est considérée comme un vecteur de pollution souvent responsable du transfert de pollution d'un milieu à l'autre.

Le profil d'impact est donc un **référentiel précis** et **concis**, constituant un cadre initial dont la fonction essentielle est de mettre en valeur les enjeux pour les industriels.

### *Étape 3 : Définition des enjeux*

La définition des enjeux est une étape clef de la méthodologie proposée car elle est une base de discussion entre les différents acteurs (donneurs d'ordre, experts...). 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.

Par exemple d'après le profil d'impact précédent, il semble que les actions à mener pour améliorer les performances environnementales de l'entreprise doivent prioritairement s'intéresser à la diminution des impacts sur le milieu « eau ».

**La définition des enjeux permet de cibler les impacts prédominants de l'entreprise mais laisse l'industriel libre de mettre en place des pratiques de 4PS.**

Dans le cas où une pratique de 4PS est mise en place, un 2<sup>nd</sup> diagnostic de l'atelier après l'implémentation est nécessaire. Une étude comparative des deux profils d'impacts (avant et après l'implémentation) permet :

- de vérifier que la pratique de production propre a bien les effets escomptés,
- d'évaluer les impacts de cette pratique afin de vérifier qu'il n'y a pas eu de transfert de pollution,

- 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 œuvre de pratiques de 4PS au sein de l'entreprise.

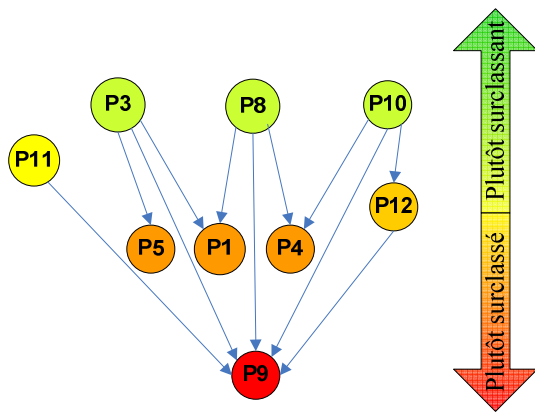
#### Étape 4 : Aide au choix de pratiques adaptées

Il s'agit de sélectionner les pratiques de production propre répondant au mieux aux enjeux définis ainsi qu'à la volonté des décideurs. Pour cela l'**outil d'aide au choix** (tableur Excel) basé sur la méthode d'analyse multicritère ELECTRE I permet de comparer différentes pratiques de 4PS. Actuellement l'outil dispose de 86 pratiques appliquées dans le secteur du traitement de surface. Celles-ci ont été évaluées par rapport aux 15 critères définis à l'étape 2, sur la base d'une expertise. Cette évaluation aboutit à l'attribution d'une note de chaque pratique pour chacun des critères (figure 3).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1	Critères de 4PS			Eau	Air	Sol	Population	Client	Hygiène et sécurité	
2										
3	Poids			0,65	0,13	0,21	0,27	0,22	0,3	
4	Echelle			0-10	3-7	3-7	2-8	3-7	2-8	
5										
6	Tableau 1b: Pratiques de production propre et leur évaluation aux yeux des critères									
7	emplacement d'intrant (RI)	Pratiques			Notes					
8										
9		Substitution des couches de conversion/passivation au chrome (VI) par des revêtements de conversion au chrome (III) (Cr2O4,2-)		Pratique 1	7,5	7	6	6,5	4	8
10		Chromage à Froid		Pratique 2	7,5	6	5	2	6	6,5
11		Substitution du chromage hexavalent par le chromage trivalent à base de chlorures (Cr)		Pratique 3	7,5	7	6	6,5	4	8
12		rinçage chimique ou procédé de lancy		Pratique 4	7,5	5	5	5	5	2
13		substitution dégraissages aux solvants chlorés par dégraissage aqueux ou solvants pétroliers		Pratique 5	7,5	6	4	6,5	4	6,5
	substitution des formulations de bain de zincage cyanuré en bain de zincage		Pratique 6	10	7	7	8	6	8	

Figure 3: Extrait de l'outil d'aide au choix

- ➔ L'utilisateur choisi les pratiques à comparer et attribue des poids aux critères, dans la fourchette [0-1], en fonction de ses enjeux. Par exemple si l'enjeu majeur pour l'industriel est la diminution de la pollution de l'eau et qu'il ne peut pas faire un gros investissement, il lui suffit d'attribuer des poids plus importants sur ces 2 critères tout en diminuant les exigences sur les autres critères.
- ➔ Ainsi l'outil sélectionne les pratiques dites «surclassantes», c'est-à-dire meilleures sur une majorité de critères. Pour cet exemple il s'agit des pratiques ayant un bon effet sur la diminution de la pollution de l'eau (critère EAU) tout en présentant un investissement faible (critère FINANCIER). Le **graphe de résultat**, établi sur la base des résultats de surclassement, représente les différentes pratiques sélectionnées par l'utilisateur et les liens de surclassement entre elles (Figure 4). Ce graphe montre que sur les 12 pratiques comparées avec l'outil d'aide au choix, 9 d'entre elles semblent correspondre au choix de l'utilisateur. Parmi elles trois se démarquent : P3, P8 et P10.



**Figure 4 :** Graphe de résultats des surclassements

Dans le but d'affiner le choix du décideur, l'outil permet d'accéder à l'expertise qui a conduit à l'attribution des notes et donc de connaître les impacts réels des pratiques envisagées.

L'outil d'aide au choix d'une pratique de production plus propre n'a pas vocation de remplacer les décideurs ou les experts, mais plutôt d'éclairer leur choix en fonction de l'importance qu'ils accordent aux différents critères. Une étude de faisabilité technique et économique est alors indispensable pour vérifier que la mise en œuvre de la pratique de 4PS est cohérente avec la stratégie et les moyens de l'entreprise.

## Conclusion

Il est indéniable qu'avec la sévèrisation de la législation, la pérennité de l'industrie du traitement de surface en France et en Europe doit passer par la mise en œuvre de technologies innovantes et performantes. La maîtrise de cette implémentation nécessite des outils spécifiques d'aide à la décision. La méthodologie et l'outil d'évaluation des impacts proposés ici répondent précisément à cet objectif en réalisant un diagnostic de l'installation, en identifiant les enjeux, et en proposant des pratiques adaptées à ces enjeux.

## 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.

## Références

- [1] Kjaerheim G.; Cleaner production and sustainability; Journal of Cleaner Production; volume 13; p 10; 2003.
- [2] Van Berkel R.; Cleaner production and eco-efficiency initiatives in Western Australia 1996 -2004; Journal of Cleaner Production; volume 15; p 14; 2007.
- [3] Giannetti B., Bonilla S., Silva I. et Almeida C.; Cleaner production practices in a medium size gold-plated jewellery company in Brazil: when little changes make the difference; Journal of Cleaner Production; p 6; 2007
- [4] Raymond G., Piatyszek E. et Laforest V.; Réduction des impacts environnementaux des ateliers de traitement de surfaces: Application de stratégies de production plus propres et plus sûres; rapport projet ADEME; p 40; 2008.
- [5] Prévention et réduction intégrées de la pollution : Document de référence sur les meilleures techniques disponibles pour le traitement de surface des métaux et matières plastiques; 2005.
- [6] Arrêté du 30 juin 2006 relatif aux installations de traitement de surface soumises à autorisation au titre de la rubrique 2565 de la nomenclature des installations classées; JO n°205 ; 2006.
- [7] Dassens A.; Méthode pour une approche globale de l'analyse des risques en entreprise; thèse.sci ; p 280;2007.
- [8] Fayolle R., Courtois B. and Rottier R.; Ateliers de traitement thermique, hygiène et sécurité; Cahier de notes documentaires - hygiène et sécurité du travail; n°183; p15; 2001.
- [9] Laforest V.; Technologies Propres: Méthode de minimisation des rejets et de choix des procédés de valorisation des effluents: Application aux ateliers de traitement de surface; thèse.sci ; p 218; 1999.
- [10] Renaudat E.; Traitement de surfaces: impacts et solutions; Décision environnement; volume 86; p 3; 2000.