

MÉDITERRANÉE

Alternatives de prévention
de la pollution dans le
**secteur de la chimie
discontinue**

productio

PROPRE



Centre d'activités régionales pour la production propre (CAR/PP)
Plan d'action pour la Méditerranée



Centre d'activités régionales
pour la production propre



Ministerio de Medio Ambiente
España



Generalitat de Catalunya
Departament de Medi Ambient
i Habitatge

Alternatives de prévention de la pollution dans le **secteur de la chimie discontinue**



Centre d'activités régionales pour la production propre (CAR/PP)
Plan d'action pour la Méditerranée



Centre d'activités régionales
pour la production propre



Ministerio de Medio Ambiente
España



Generalitat de Catalunya
**Departament de Medi Ambient
i Habitatge**

Remarque : Cette publication peut-être reproduite intégralement ou partiellement, à des fins éducatives et non-lucratives, sans consentement spécifique du Centre d'activités régionales pour la production propre (CAR/PP), à la stricte condition que l'origine des informations soit mentionnée. Le CAR/PP souhaite recevoir un exemplaire de toute publication pour laquelle ce matériel aurait servi de source. L'exploitation de ces informations n'est pas autorisée à des fins commerciales ou de vente sans le consentement écrit du CAR/PP.

Les dénominations utilisées dans cette publication et la présentation de documents dans cette même publication n'impliquent pas d'opinion de la part du CAR/PP concernant le statut juridique des pays, territoires ou zones, ou des autorités ou encore du respect de ses frontières et limites.

Si vous considérez qu'un point de l'étude peut faire l'objet d'une amélioration ou si vous détectez des imprécisions, nous vous remercions de bien vouloir nous en faire part.

Étude achevée en avril 2006.

Étude publiée setembre 2006.

Si vous souhaitez solliciter des copies de l'étude ou pour toute information supplémentaire, contactez :

Centre d'activités régionales pour la production propre (CAR/PP)

C/ París, 184 – 3^a planta

08036 Barcelona (Espagne)

Tél. : +34 93 415 11 12 – Fax : +34 93 237 02 86

E-mail : cleanpro@cprac.org

Site Internet : <http://www.cprac.org>

ÉQUIPE DE TRAVAIL ET DE RÉDACTION

Directrice de l'équipe	Esther Monfà	CAR/PP
Coordinateur technique	Rafael Beaux Codes	B&B Asesores
Collaborateurs	Rosa Beaux Romero Lorena Alegre Martínez Carles Blanco Gispert Ivette García Monterrubio Pedro L. Guerra Brito Beatriz Lacábex Juan J. Torres CAR/PP	B&B Asesores B&B Asesores B&B Asesores B&B Asesores B&B Asesores Cimas Consultores Sigmed21, SL. Frank Volkmer
Remerciements	Points focaux nationaux (PFN) des pays du Plan d'action pour la Méditerranée (PAM) Anne Burrell (Commission européenne) ASCAME (Association des Chambres de commerce de la Méditerranée) IHOBE, SA CEMA, SA	

TABLE DES MATIÈRES

0. RÉSUMÉ COMMENTÉ	13
1. INTRODUCTION	17
1.1. ANTÉCÉDENTS ET CHAMP D'APPLICATION.....	17
1.2. PORTÉE.....	18
1.3. OBJECTIFS.....	19
1.4. MÉTHODOLOGIE.....	19
1.5. CONTENU.....	20
2. SITUATION DE L'INDUSTRIE CHIMIQUE DANS LES PAYS DU PAM	23
2.1. SITUATION GLOBALE DU SECTEUR CHIMIQUE DANS LES PAYS DU BASSIN MÉDITERRANÉEN.....	23
2.2. SITUATION SPÉCIFIQUE DU SECTEUR CHIMIQUE DANS LES PAYS DU BASSIN MÉDITERRANÉEN.....	24
3. DESCRIPTION DES PRINCIPALES PHASES DE PROCESSUS ET DES OPÉRATIONS DE L'INDUSTRIE CHIMIQUE ET ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX ASSOCIÉS	53
3.1. STOCKAGE.....	55
3.2. CHARGEMENT ET DÉCHARGEMENT DES PRODUITS.....	58
3.3. PRODUCTION.....	58
3.3.1. Mesure, pesage et dosage.....	58
3.3.2. Transport interne des produits.....	59
3.3.3. Réaction et/ou formulation.....	59
3.3.4. Opérations de séparation, de purification et de conditionnement final.....	60
3.3.4.1. <i>Opérations de séparation et de purification</i>	60
3.3.4.2. <i>Conditionnement final</i>	65
3.4. NETTOYAGE DES INSTALLATIONS, DE L'ÉQUIPEMENT ET DES CONDUITES.....	67
3.5. CONDITIONNEMENT DES EAUX DE PROCÉDÉ.....	67
3.6. SYSTÈMES DE PRODUCTION D'ÉNERGIE, REFROIDISSEMENT, CHAUFFAGE ET RÉCUPÉRATION DE CHALEUR.....	68
3.7. INSTALLATIONS DE TRAITEMENT ET D'ÉPURATION DES EAUX RÉSIDUAIRES.....	69
3.8. INSTALLATIONS DE TRAITEMENT DES ÉMISSIONS ATMOSPHÉRIQUES.....	70
3.9. CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS.....	70
3.10. CONSOMMATION D'EAU.....	71
3.11. CONSOMMATION D'ÉNERGIE.....	71

4. GESTION ET CONTRÔLE DES ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX ET TECHNIQUES APPLIQUÉS	73
4.1. EAUX RÉSIDUAIRES : PRODUCTION ET GESTION	73
4.2. ÉMISSIONS ATMOSPHÉRIQUES : PRODUCTION ET GESTION	77
4.3. BRUIT ET VIBRATIONS.....	80
4.4. DÉCHETS : PRODUCTION ET GESTION	80
4.5. POLLUTION DES SOLS : PRODUCTION ET GESTION	84
4.6. CONSOMMATION D'EAU : PRODUCTION ET GESTION	85
4.7. CONSOMMATION D'ÉNERGIE : PRODUCTION ET GESTION.....	86
5. OPPORTUNITÉS DE PRÉVENTION DE LA POLLUTION (OPP).....	89
5.1. STRATÉGIES DE PROMOTION DE LA MINIMISATION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL À LA SOURCE	90
5.1.1. Optimisation des matières premières employées	90
5.1.2. Optimisation des techniques de production	91
5.1.3. Optimisation des systèmes de distribution	91
5.1.4. Promotion sectorielle de la production propre.....	91
5.1.5. Chimie verte et mesures de prévention de l'impact sur l'environnement.....	93
5.1.5.1. <i>Grandes lignes de la chimie verte</i>	93
5.1.5.2. <i>Les douze principes de la chimie verte</i>	94
5.1.5.3. <i>Exemples d'application de la chimie verte</i>	94
5.2. EXEMPLES D'OPPORTUNITÉS DE MINIMISATION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ...	96
5.2.1. OPP appliquées au stockage, à l'échantillonnage, au chargement et au déchargement de produits.....	98
5.2.2. OPP appliquées aux mesures, aux pesages, aux dosages, aux manipulations et aux transports internes de produits.....	100
5.2.3. OPP appliquées au processus de production : réaction et formulation	101
5.2.4. OPP appliquées aux opérations de séparation, de purification et de conditionnement final	103
5.2.5. OPP appliquées aux opérations de nettoyage	105
5.2.6. OPP appliquées aux systèmes de refroidissement.....	106
5.2.7. OPP destinées aux installations de traitement des eaux résiduares	107
5.2.8. OPP appliquées aux installations de traitement des émissions atmosphériques ...	108
5.2.9. OPP appliquées aux installations de gestion et de traitement des déchets	109
5.2.10. OPP appliquées aux bruits et vibrations	110
5.2.11. OPP appliquées à la consommation d'eau	111
5.2.12. OPP appliquées à la consommation d'énergie	112
5.2.13. OPP appliquées au traitement des eaux de procédé.....	114
5.2.14. OPP appliquées à la sensibilisation et la formation du personnel. Communication environnementale	114
5.2.15. OPP appliquées à la maintenance préventive	115
5.2.16. OPP appliquées à la mise en place d'un système de gestion environnementale (EMAS ou ISO 14 001).....	116

6. CAS PRATIQUES	117
6.1. MODIFICATION DE PROCESSUS.....	117
6.2. RÉCUPÉRATION ET RECYCLAGE À LA SOURCE.....	123
6.3. BONNES PRATIQUES.....	133
6.4. REMPLACEMENT DES MATIÈRES PREMIÈRES.....	154
6.5. NOUVELLES TECHNOLOGIES.....	161
6.6. ACTIONS VISANT À MINIMISER LES DÉCHETS ET LES ÉMISSIONS.....	163
6.7. PROCÉDURE DE MISE EN ŒUVRE D'UN PROGRAMME DE MINIMISATION DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT.....	170
6.7.1. Planification et organisation.....	170
6.7.2. Appréciation et diagnostic initial.....	172
6.7.3. Analyse du processus et des déchets et émissions produits.....	174
6.7.4. Création et évaluation des opportunités de minimisation.....	176
6.7.5. Mise en œuvre et contrôle des modifications.....	178
6.7.6. Mesure des progrès : programme et évaluation des projets.....	179
6.7.7. Maintenance du programme de minimisation des déchets et émissions.....	181
7. CONCLUSIONS	183
7.1. PROPOSITIONS GLOBALES.....	183
7.2. PROPOSITIONS PARTICULIÈRES.....	184
8. BIBLIOGRAPHIE	187
8.1. DOCUMENTS CONSULTÉS.....	187
8.2. SOURCES EN LIGNE.....	188

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1. Sous-secteurs de l'industrie chimique espagnole (source : FEIQUE).....	31
Tableau 2.2. Répartition des secteurs chimiques en Espagne (source, FEIQUE).....	32
Tableau 3.1. Émissions les plus courantes de l'industrie chimique communes aux différentes opérations.....	54
Tableau 3.2. Aspects environnementaux liés au stockage de produits.....	56
Tableau 3.3 Aspects environnementaux liés au chargement/déchargement des produits.....	58
Tableau 3.4. Aspects environnementaux liés à la mesure, au pesage et au dosage.....	59
Tableau 3.5. Aspects environnementaux liés au transport interne des produits.....	59
Tableau 3.6. Aspects environnementaux liés au chargement et au déchargement des produits.....	59
Tableau 3.7. Opérations de séparation et de purification.....	60
Tableau 3.8. Aspects environnementaux liés au tamisage.....	61
Tableau 3.9. Aspects environnementaux liés à la filtration.....	61
Tableau 3.10. Aspects environnementaux liés à la sédimentation.....	62
Tableau 3.11. Aspects environnementaux liés à la centrifugation.....	62
Tableau 3.12. Aspects environnementaux liés à la séparation par cyclone.....	63
Tableau 3.13. Aspects environnementaux liés à la distillation.....	63
Tableau 3.14. Aspects environnementaux liés à la décantation.....	64
Tableau 3.15. Aspects environnementaux liés à l'extraction.....	64
Tableau 3.16. Aspects environnementaux liés à la lixiviation.....	64
Tableau 3.17. Aspects environnementaux liés à la cristallisation.....	65
Tableau 3.18. Aspects environnementaux liés à l'absorption.....	65
Tableau 3.19. Aspects environnementaux liés à l'adsorption.....	65
Tableau 3.20. Aspects environnementaux liés au broyage et à la micronisation.....	66
Tableau 3.21. Aspects environnementaux liés à l'atomisation et au séchage.....	66
Tableau 3.22. Aspects environnementaux liés à l'emballage.....	66
Tableau 3.23. Aspects environnementaux liés aux opérations de nettoyage.....	67
Tableau 3.24. Aspects environnementaux liés au conditionnement de l'eau.....	67
Tableau 3.25. Aspects environnementaux liés aux opérations de production d'énergie, de refroidissement et de chauffage.....	69
Tableau 3.26. Aspects environnementaux liés aux installations de traitement et d'épuration des eaux résiduaires.....	70
Tableau 3.27. Aspects environnementaux liés aux installations de traitement des émissions atmosphériques.....	70
Tableau 3.28. Aspects environnementaux liés au conditionnement des déchets.....	71
Tableau 4.1. Techniques les plus courantes de traitement des eaux résiduaires.....	74
Tableau 4.2. Techniques de traitement des émissions atmosphériques.....	78
Tableau 4.3. Gestion des déchets en fonction de leur nature.....	81
Tableau 4.4. Techniques de traitement des sols pollués.....	85
Tableau 5.1. Exemples de solvants alternatifs.....	95
Tableau 5.2. Couleurs utilisées pour quantifier le bénéfice environnemental obtenu et le coût financier d'une BPE.....	97
Tableau 5.3. OPP appliquées au stockage, à l'échantillonnage, au chargement et au déchargement de produits.....	98
Tableau 5.4. OPP appliquées aux mesures, aux pesages, aux dosages, aux manipulations et aux transports internes de produits.....	100
Tableau 5.5. OPP appliquées au processus de production : réaction et formulation.....	101
Tableau 5.6. OPP appliquées aux opérations de séparation, de purification et de conditionnement final.....	104
Tableau 5.7. OPP appliquées aux opérations de nettoyage.....	105
Tableau 5.8. OPP appliquées aux systèmes de refroidissement.....	106
Tableau 5.9. OPP appliquées aux installations de traitement des eaux résiduaires.....	107
Tableau 5.10. OPP appliquées aux installations de traitement des émissions atmosphériques.....	108
Tableau 5.11. OPP appliquées aux installations de gestion et de traitement des déchets.....	109
Tableau 5.12. OPP appliquées aux bruits et vibrations.....	110
Tableau 5.13. OPP appliquées à la consommation d'eau.....	111
Tableau 5.14. OPP appliquées à la consommation d'énergie.....	112
Tableau 5.15. OPP appliquées au traitement des eaux de procédé.....	114
Tableau 5.16. OPP appliquées à la sensibilisation et la formation du personnel. Communication environnementale.....	114
Tableau 5.17. OPP appliquées à la maintenance préventive.....	115
Tableau 5.18. OPP appliquées à la mise en place d'un système de gestion environnementale (EMAS ou ISO 14 001).....	116
Tableau 6.1. Exemples d'opportunités de prévention de la pollution.....	177
Tableau 6.2. Critères d'évaluation des progrès dans le cadre du programme de minimisation.....	180

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Figure 0.1. Chiffre d'affaires de la production chimique dans le monde (source, FEIQUE)	14
Figure 1.1. Méthodologie de l'étude	19
Figure 2.1. Situation de l'industrie chimique en Bosnie-Herzégovine	27
Figure 2.2. Répartition sectorielle de la production chimique espagnole (source, FEIQUE)	32
Figure 2.3. Croissance de la production chimique française	34
Figure 2.4. Chiffre d'affaires de l'industrie chimique française	35
Figure 2.5. Investissements de l'industrie chimique française dans la R & D	35
Figure 2.6. Distribution des ventes (par produits) dans les chaînes de pharmacies en Israël	39
Figure 2.7. Répartition sectorielle de l'industrie chimique italienne	40
Figure 2.8. Émissions spécifiques de l'industrie chimique italienne	42
Figure 2.9. Distribution de la production industrielle tunisienne en 2002	51
Figure 3.1. Schéma des aspects environnementaux liés au stockage des produits	57
Figure 5.1. Schéma des opportunités de prévention de la pollution	96
Figure 6.1. Méthodologie pour la mise en œuvre d'un programme de minimisation des impacts sur l'environnement .	170
Figure 6.2. Exemple de schéma de processus	175

0. RÉSUMÉ COMMENTÉ

Le secteur chimique est considéré comme un secteur important pour l'économie de la plupart des pays du bassin méditerranéen, comme on peut le constater au vu des données de PIB communiquées par chaque pays. Cependant, les structures du secteur chimique varient d'un pays à l'autre.

Ceci, ainsi que l'hétérogénéité des informations reçues, rend difficile la comparaison entre les différents pays en ce qui concerne les sous-secteurs étudiés. Certains pays n'ayant pas examiné ces sous-secteurs individuellement, il nous a été impossible d'obtenir des données exclusivement liées à ces sous-secteurs.

Ce guide décrit les caractéristiques élémentaires et générales du secteur chimique, et par conséquent des entreprises consultées ; il est basé sur l'hétérogénéité des processus et les problèmes rencontrés dans le cadre de la rédaction de ce type de guide.

À partir des informations reçues, on constate que la majeure partie des entreprises des sous-secteurs chimiques des pays du sud de la Méditerranée sont des PME, même si certaines sont de grandes entreprises, parfois issues du secteur public.

La situation du secteur chimique en termes de gestion de l'environnement dépend de chaque pays, les obligations civiles et les infrastructures disponibles variant d'un pays à un autre. Les principaux coûts liés à la gestion de l'environnement sont les coûts relatifs à l'alimentation en eau, au traitement des eaux résiduaires et aux taxes correspondantes, ainsi que les dépenses afférentes à la gestion des déchets. Les autres coûts, notamment ceux liés aux taxes sur la consommation de l'eau, à la production de déchets ou d'émissions atmosphériques, ou encore les frais de traitement des émissions sont moins importants voire inexistantes.

Le coût du traitement et de la gestion des déchets est de plus en plus élevé et la législation est de plus en plus stricte, ce qui incite les entreprises à minimiser leurs déchets et à améliorer leur gestion de l'environnement. Ceci leur permet également d'augmenter leur productivité ainsi que la qualité de leurs produits (car les processus sont optimisés), tout en réduisant les coûts grâce à la minimisation des déchets à gérer ou à la diminution de leur dangerosité.

La présente étude est une étude sectorielle mais également un guide utile et pratique pour l'application des opportunités de prévention de la pollution dans ses différentes composantes.

L'INDUSTRIE CHIMIQUE DANS LE MONDE

D'après la FEIQUE (fédération patronale de l'industrie chimique espagnole), la situation générale de l'industrie chimique mondiale peut être décrite comme suit :

- Évolution du chiffre d'affaires

En 2004, l'économie mondiale a entamé une reprise solide ; dans le secteur chimique, cette récupération a été menée par les États-Unis et l'Asie du sud-est, au détriment de l'Europe, qui a connu une reprise moins marquée, principalement en raison d'une consommation moins dynamique. Le chiffre d'affaires mondial de l'industrie chimique atteignait cette année-là 1,768 milliards d'euros.

En 2005, le ralentissement estimé de la croissance du produit intérieur brut mondial (de 4,1 à 3,1 %), un résultat découlant principalement de l'augmentation du prix du pétrole brut, a entraîné le recul de la production chimique (croissance de 1,3 % aux États-Unis et de 2 % en Europe).

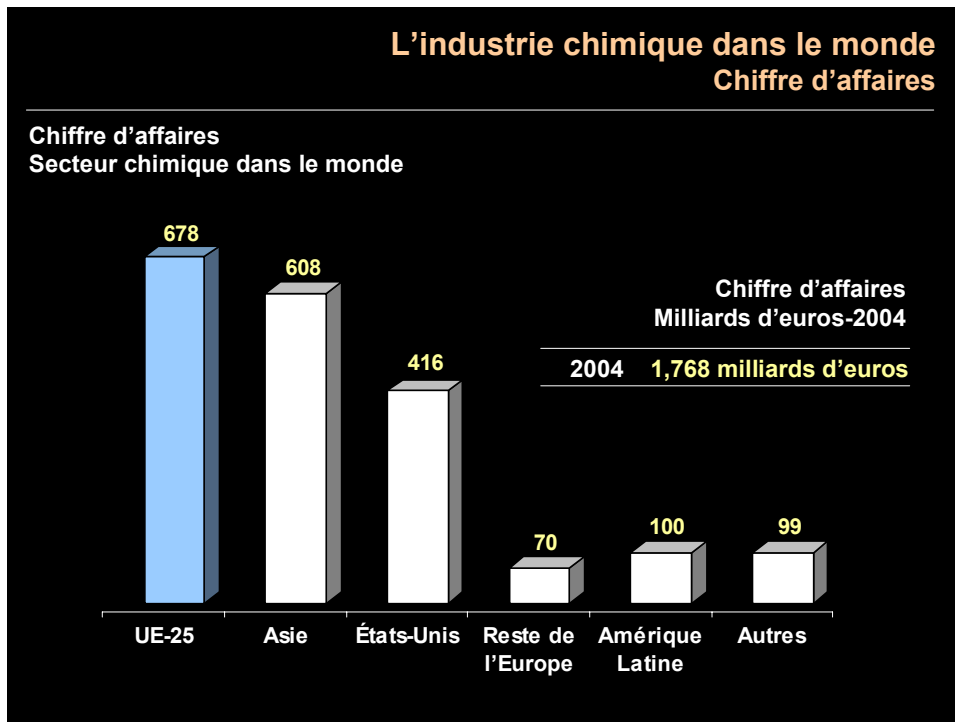


Figure 0.1. Chiffre d'affaires de la production chimique dans le monde (source, FEIQUÉ)

- Distribution de la production mondiale

Sur la base des chiffres de 2004, on constate que l'Europe des 25 regroupe le tiers de la production chimique mondiale. L'Asie, actuellement la deuxième zone de production, a été fortement aidée par la croissance de la Chine et des pays du sud-est de l'Asie. Les États-Unis, pour leur part, représentent aujourd'hui encore le quart de la production chimique mondiale. La production conjointe de ces trois zones représente 84 % de la production totale mondiale.

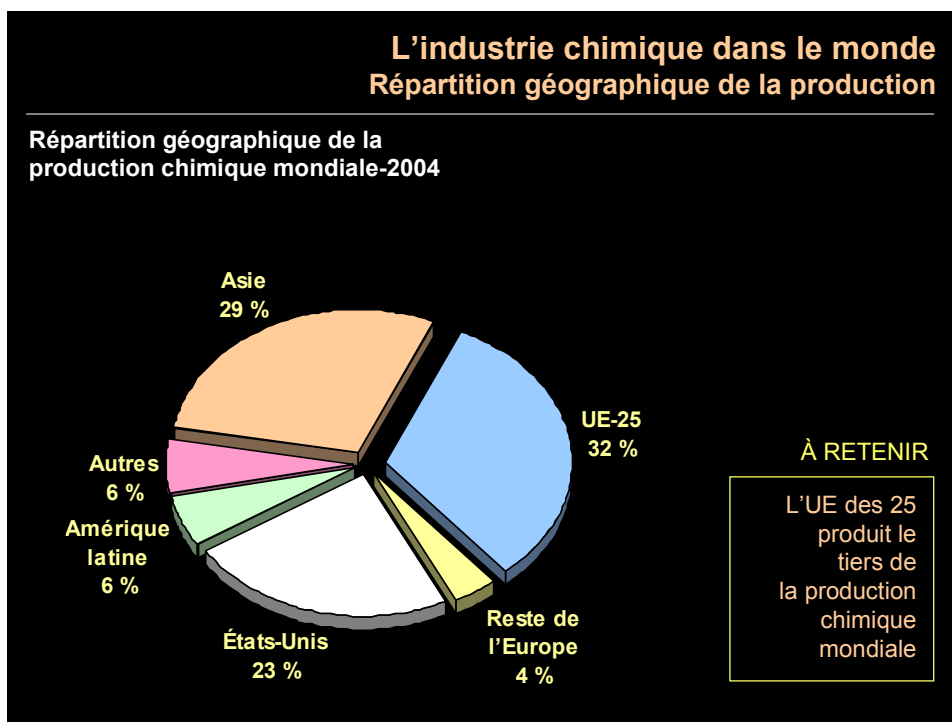


Figure 0.2 Répartition géographique de la production chimique mondiale (source, FEIQUÉ)

- Commerce international de produits chimiques

Les exportations et importations par zones, exprimées en pourcentage du total mondial pour l'année 2004, indiquent que le volume le plus élevé d'exportations et d'importations a été réalisé par l'Europe des 25.

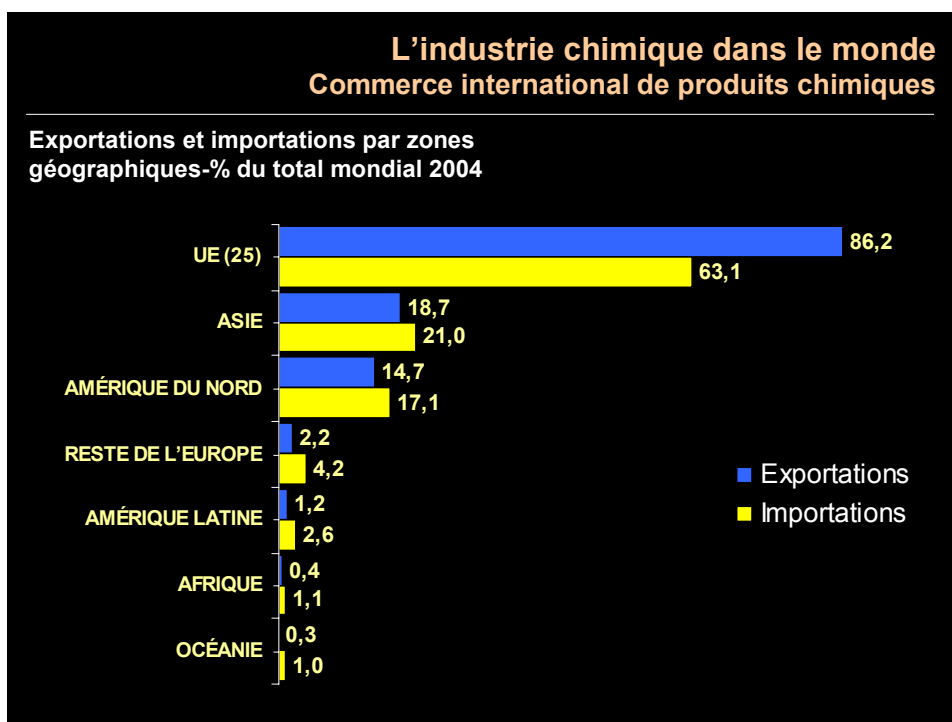


Figure 0.3 Commerce international de l'industrie chimique dans le monde (source, FEIQUÉ)

1. INTRODUCTION

1.1. ANTÉCÉDENTS ET CHAMP D'APPLICATION

La mise en place de l'**Étude sur la prévention et la réduction à la source de la pollution dans l'industrie chimique des pays du Plan d'action pour la Méditerranée (PAM)**, réalisée par le **Centre d'activités régionales de la production propre (CAR/PP)**, était l'une des recommandations des points focaux nationaux du CAR/PP.

Cette étude a été élaborée en collaboration avec des spécialistes de l'environnement et des processus chimiques industriels de la société de conseil environnemental B&B Asesores ainsi qu'avec la participation des points focaux nationaux des pays du PAM, qui nous ont fourni des informations. Concrètement, le chapitre décrivant les sous-secteurs chimiques des pays du PAM a été élaboré grâce à un questionnaire envoyé aux divers points focaux. La portée géographique du guide concerne les pays du PAM suivants :

- *Albanie*
- *Algérie*
- *Bosnie-Herzégovine*
- *Chypre*
- *Croatie*
- *Égypte*
- *Espagne*
- *France*
- *Grèce*
- *Israël*
- *Italie*
- *Liban*
- *Libye*
- *Malte*
- *Maroc*
- *Monaco*
- *Slovénie*
- *Syrie*
- *Tunisie*
- *Turquie*

À partir du questionnaire dûment complété, des informations supplémentaires et des commentaires fournis par chacun des pays, nous avons effectué une description de la situation des sous-secteurs chimiques de chaque pays, que nous avons comparés entre eux. Ces textes ont par la suite été envoyés à chaque pays concerné pour approbation.

Des données sur les consultations effectuées en vue de l'élaboration de l'étude seront incorporées pour informer clairement le lecteur sur la portée du guide ; ces données seront bibliographiques ou basées sur l'analyse des entreprises participantes.

L'étude ne contient pas de données sur Chypre, ce pays ne disposant pas de références sur les industries chimiques ou des informations nécessaires.

1.2. PORTÉE

Ce manuel s'adresse aux petites et moyennes entreprises qui appliquent des procédés de fabrication discontinus, par lots, et dont les activités sont associées à différents secteurs, très hétérogènes, aux problématiques environnementales communes.

La production discontinue comporte de nombreuses étapes, ce qui entraîne l'utilisation d'un grand nombre de machines et la production d'une large gamme de flux de déchets aux caractéristiques très variées. Le fait que ce manuel traite exclusivement de la chimie basée sur les procédés discontinus s'explique principalement par la grande variété de déchets, émissions et rejets produits dans ce secteur, ainsi que par une difficulté accrue liée au caractère discontinu des conséquences environnementales et à leur gestion.

Les principales caractéristiques du secteur sont les suivantes :

- travail en commun dans des installations utilisant des procédés discontinus, visant généralement plusieurs objectifs à la fois ;
- taille des entreprises (moyenne ou petite) ;
- production par lots ou « batch » comportant de nombreux chargements et déchargements d'équipement ;
- quantité élevée de matières premières et de produits fabriqués ;
- capacité à produire une grande variété de produits à grande échelle, de quelques kilos à plusieurs tonnes ;
- souplesse des opérations et capacité à répondre rapidement aux exigences du marché ;
- fréquence élevée des nettoyages en raison de la variation perpétuelle des processus, représentant en soit une source de pollution.

Bien que la chimie basée sur des procédés discontinus englobe une multitude de sous-secteurs très différents, nous avons souhaité nous concentrer sur l'établissement de mesures de prévention de la pollution et de bonnes pratiques dans le cadre de phases et d'opérations fondamentales communes (totalement ou en grande partie), à la majorité des sous-secteurs. Nous avons exclu les réactions chimiques de ces opérations étant donné l'énorme diversité et hétérogénéité des produits chimiques synthétiques.

La liste ci-dessous indique les sous-secteurs cibles de ce guide :

- fabrication de produits pharmaceutiques de base et laboratoires pharmaceutiques ;
- produits phytopharmaceutiques, biocides et engrais ;
- parfums et arômes ;
- colorants, pigments et peintures ;
- cosmétiques ;
- détergents / tensioactifs ;
- plastifiants, retardateurs de flammes ;
- additifs alimentaires ;
- fabrication d'autres produits chimiques, organiques et inorganiques, dans le cadre de procédés discontinus.

1.3. OBJECTIFS

Ce manuel a pour objectif de fournir un outil d'orientation utile dans le cadre de la minimisation de la pollution produite par le secteur de la chimie basée sur les procédés discontinus. Aussi, ce guide décrit et développe les points suivants :

- présentation de la situation de l'industrie chimique dans les pays du PAM ;
- description des principales phases des processus, opérations et processus auxiliaires associés à l'industrie chimique basée sur des procédés discontinus ;
- présentation des aspects environnementaux liés à ces activités et gestion/contrôle de ces aspects ;
- description des opportunités de prévention et de réduction de la pollution dans l'industrie chimique basée sur des procédés discontinus ;
- exposé de cas pratiques décrivant des opportunités de minimisation de la pollution ;
- réponses préconisées face à la nécessité d'introduire des mesures d'amélioration du « comportement environnemental » dans l'industrie chimique basée sur des procédés discontinus ;
- promotion des bonnes pratiques et des techniques de minimisation de la pollution à la source.

1.4. MÉTHODOLOGIE

La figure ci-dessous présente la méthodologie suivie pour la réalisation de notre étude :

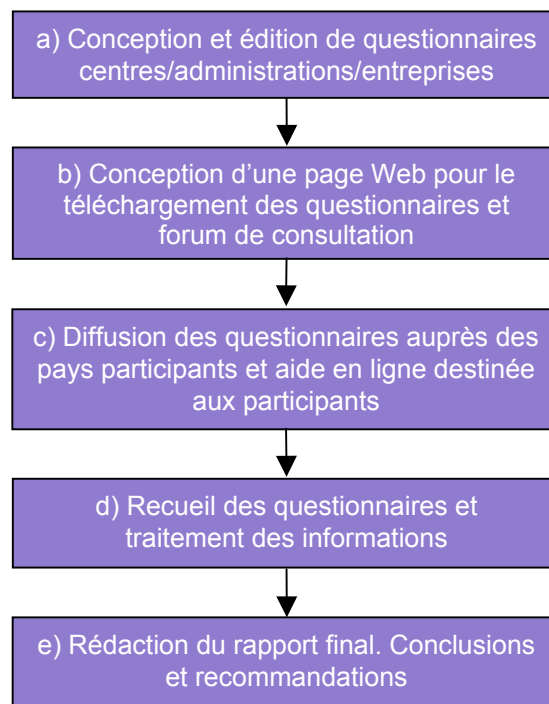


Figure 1.1. Méthodologie de l'étude

- a) Nous avons tout d'abord conçu deux types de questionnaires destinés chacun à deux types d'organisations différentes :

- Questionnaire à l'administration et aux centres associés : ministères de l'Industrie, de l'Environnement, centres technologiques de recherche ou universités. Comprend des questions sur la structure, la production, la consommation, les importations et les exportations du secteur chimique ainsi que sur les politiques de prévention de la pollution, des questions sur les produits et les actions de type production plus propre (bonnes pratiques, technologies plus propres, recyclage à la source, etc.).
 - Questionnaire aux entreprises : secteur de la chimie basée sur des procédés discontinus. Comprend principalement des questions sur les procédés et l'équipement.
- b) Une fois les questionnaires élaborés, un site Web a été créé ; celui-ci a permis aux participants de les télécharger au format Word, en trois langues différentes (anglais, français et espagnol) et de trouver une réponse à leurs éventuelles questions sur la façon dont le questionnaire doit être complété. La diffusion des questionnaires a également été réalisée par courrier électronique et postal dans tous les pays concernés.
- c) Dans le cadre de ce projet, plus de 350 contacts ont été établis avec des points focaux nationaux, des administrations publiques, des associations, des comités et des fédérations de l'industrie chimique, des sociétés, des centres et des agences de développement, des Chambres de commerce et d'industrie, des ambassades, des instituts statistiques et des entreprises originaires des pays cibles de l'étude. Nous avons ensuite reçu les questionnaires des pays, ce qui nous a permis de recueillir des informations suffisantes pour élaborer notre étude. Il convient de souligner les difficultés d'homogénéisation des données relatives à des pays aux cultures et aux ressources très différentes ; dans ce contexte, la collaboration des points focaux nationaux a été essentielle pour atteindre les objectifs visés.
- d) Une fois les questionnaires remplis et réceptionnés, nous avons procédé au traitement des données et à la rédaction du rapport final. Les informations fournies par les points focaux, contrastées et/ou complétées à l'aide des données de l'USDA/CEFIC, ont constitué la source d'informations principale pour décrire la situation de chaque pays. La philosophie de notre étude est de proposer un outil d'amélioration en matière de prévention de la pollution via des propositions pratiques applicables par les entreprises chimiques des pays du PAM.

La collaboration avec les points focaux nationaux s'est effectuée de la manière suivante :

- via le site Web ;
- via le questionnaire ;
- échange d'informations, exemples ;
- corroboration des informations.

Afin de remplir les questionnaires, les entreprises ont eu recours à des sources d'informations telles que les déclarations réglementaires d'émissions, rejets et déchets, les analyses et contrôles périodiques officiels, volontaires ou mis en place par l'entreprise elle-même, les factures, les registres, etc.

1.5. CONTENU

Le guide comprend 7 chapitres. Le premier est une introduction qui définit le champ d'application et la portée, les objectifs principaux, la méthodologie utilisée et le contenu du manuel.

Le deuxième chapitre décrit la situation globale et propre à l'industrie chimique basée sur des procédés discontinus dans les pays du PAM.

Le troisième chapitre définit les principales opérations communes au secteur de la chimie basée sur des procédés discontinus et identifie les aspects environnementaux les plus significatifs associés à ces opérations.

Le quatrième chapitre évoque les techniques de contrôle et de gestion applicables aux divers flux de déchets.

Le cinquième chapitre traite du point le plus important : il présente les stratégies de minimisation des impacts sur l'environnement et met en évidence les alternatives d'optimisation et de promotion de la production plus propre. Pour ce faire, nous avons élaboré des tableaux présentant de nombreux exemples d'application d'opportunités de prévention de la pollution pour chaque opération définie.

Le chapitre 6 présente des cas pratiques d'entreprises chimiques des différents pays du bassin méditerranéen ayant mis en place des actions de prévention de la pollution. Ce chapitre propose également une méthodologie afin d'introduire un programme de minimisation de l'impact sur l'environnement.

Enfin, le chapitre 7 expose les conclusions et les recommandations finales pour l'application de mesures de prévention de la pollution à la source.

Vous trouverez à la fin de ce manuel les références bibliographiques consultées ainsi que la liste des tableaux et des figures.

2. SITUATION DE L'INDUSTRIE CHIMIQUE DANS LES PAYS DU PAM

2.1. SITUATION GLOBALE DU SECTEUR CHIMIQUE DANS LES PAYS DU BASSIN MÉDITERRANÉEN

Nous avons regroupé les pays du Plan d'action pour la Méditerranée selon des critères bien précis détaillés ci-dessous :


- Pays du sud de la Méditerranée : ce groupe englobe l'Algérie, l'Égypte, le Liban, la Libye, le Maroc, la Syrie et la Tunisie, pays membres de la Ligue des États arabes. Même si les régimes politiques de ces pays sont différents, ils ont en commun une culture et des langues similaires, ce qui peut faciliter les actions conjointes et le transfert d'informations et d'expériences industrielles.
- Pays du nord de la Méditerranée : ce groupe englobe la France, la Grèce, l'Italie, Monaco et l'Espagne, des pays membres de l'Union européenne (à l'exception de Monaco, présent dans ce groupe en raison de sa situation géographique). Ces pays ont en commun le respect des normes de l'UE et l'adoption des mesures opportunes permettant la conformité avec les exigences de la législation européenne. Par ailleurs, Chypre, Malte et la Slovaquie, récemment entrés dans l'UE, font également partie de cette catégorie.
- Pays de l'est de la Méditerranée : ce groupe rassemble des pays ayant en commun l'introduction d'une norme similaire à celle de l'UE, comme c'est le cas pour les pays des Balkans : Bosnie-Herzégovine, Croatie et Albanie. La Turquie pourrait se joindre à ces nations à court ou moyen terme. Ces pays, candidats à l'entrée dans l'UE, ont entamé un processus d'adaptation basé sur leur date d'intégration dans l'Europe ; ce processus comprend la mise à jour de l'industrie interne et des conditions environnementales. Nous avons intégré Israël à ce groupe car même si le pays ne fait pas partie de l'UE, il a de nombreuses connexions avec elle, en partie dues aux caractéristiques similaires de ses industries et à ses engagements en matière de protection de la Méditerranée.

Le secteur chimique représente entre 10 et 30 % de la totalité du secteur industriel dans tous les pays du bassin méditerranéen.

La distribution entre les entreprises chimiques des divers pays méditerranéens varie fortement en raison des différences de population et du degré de développement industriel.

Le nombre d'entreprises chimiques varie également beaucoup en fonction du pays méditerranéen concerné.

2.2. SITUATION SPÉCIFIQUE DU SECTEUR CHIMIQUE DANS LES PAYS DU BASSIN MÉDITERRANÉEN

 ALBANIE	POPULATION : 3 413 904
	SUPERFICIE : 28 750 km ²


L'industrie chimique albanaise est principalement orientée vers la production de produits phytopharmaceutiques et chimiques pour le traitement des minéraux.

Au cours des années soixante-dix et quatre-vingt, afin d'obtenir l'indépendance économique du pays, le gouvernement albanaise n'a eu de cesse d'augmenter la production d'engrais dans les usines de Krujë et de Fier, installations de production d'azote et de phosphates à partir de roches de phosphates importées.

La production d'engrais azotés et phosphatés atteignait les 350 milliards de tonnes entre 1985 et 1990. L'absence de réserves et de matières premières, en particulier de gaz naturel, a entraîné l'arrêt de la production au milieu de l'année 1991. Certains économistes occidentaux ont estimé que les 3 millions de dollars nécessaires à la réhabilitation de l'installation principale de production de phosphates représentaient une facture trop élevée, la durée de vie des ressources locales en matières premières indispensables étant estimée à 3 à 5 ans dans des conditions normales d'exploitation. L'une des deux installations d'ammonium-urée avait prévu une réouverture en 1992 mais cela s'est avéré impossible dû à l'absence de réserves et d'équipements de protection de l'environnement.

L'unique installation de pesticides du pays n'a jamais interrompu la production de DDT et, en 1991, travaillait à moins de 10 % de sa capacité, dans des conditions médiocres et dangereuses pour l'environnement.

D'autres entreprises chimiques sont spécialisées dans la fabrication de plastique (Lushnjë) ou de caoutchouc (Durrës) ; une usine de peintures et de pigments est implantée à Tirana.


 ALGÉRIE	POPULATION : 32 338 700
	SUPERFICIE : 2 381 740 km ²

Le secteur industriel algérien représente une valeur ajoutée de 65 % du PIB national et contribue considérablement à l'économie du pays. La croissance de la valeur ajoutée pour l'industrie était de 1,9 % (taux moyen annuel 1990-2002). La stimulation de l'industrie chimique algérienne est due à l'utilisation des matières premières de l'industrie pétrolière, très développée. Le pays souhaite produire une industrie pétrochimique intégrée de poids afin de réduire sa dépendance aux importations et d'augmenter son volume de produits pétrochimiques et d'engrais en vue de les exporter.

Le secteur des hydrocarbures occupe une place importante en Algérie, et le pays en est dépendant (en 2003, les hydrocarbures représentaient 35 % du PIB, 96 % des exportations et 65 % des revenus budgétaires). Cette dépendance entraîne l'instabilité de la croissance économique et ne facilite pas la reprise de la production, une reprise qui permettrait de diversifier l'économie nationale en proposant des alternatives stables au secteur des hydrocarbures.

L'industrie chimique algérienne est dominée par Sonatrach, la compagnie pétrolière étatique responsable de la gestion de l'industrie pétrolière du pays et des industries associées. Sonatrach joue donc un rôle important dans l'industrie chimique, notamment par l'intermédiaire de sa filiale chimique, l'Entreprise Nationale d'Industrie Pétrochimique (ENIP). L'ENIP permet ainsi à Sonatrach de dominer les installations pétrochimiques et les usines de production d'engrais.

Depuis 2001, l'un des changements les plus significatifs en Algérie en matière de production plus propre et de respect de l'environnement a été l'élaboration du Plan national d'action pour l'environnement et le développement durable (PNAE-DD), dont l'objectif est l'intégration des problèmes environnementaux et socio-économiques dans un modèle global de développement national.

 BOSNIE- HERZÉGOVINE	POPULATION : 4 185 900
	SUPERFICIE : 51 129 km ²

La majeure partie de l'industrie chimique de l'ex-Yougoslavie est située en Bosnie-Herzégovine, Tuzla étant le centre industriel du pays avec ses mines de charbon et de sel, ses usines thermiques d'énergie électrique et une importante industrie chimique.

L'industrie chimique repose sur deux types de matières premières : les matières premières inorganiques telles que le sel ordinaire, le phosphate et la chaux, et les matières premières organiques, notamment les charbons et l'huile. L'industrie chimique bosniaque peut être divisée en deux catégories :

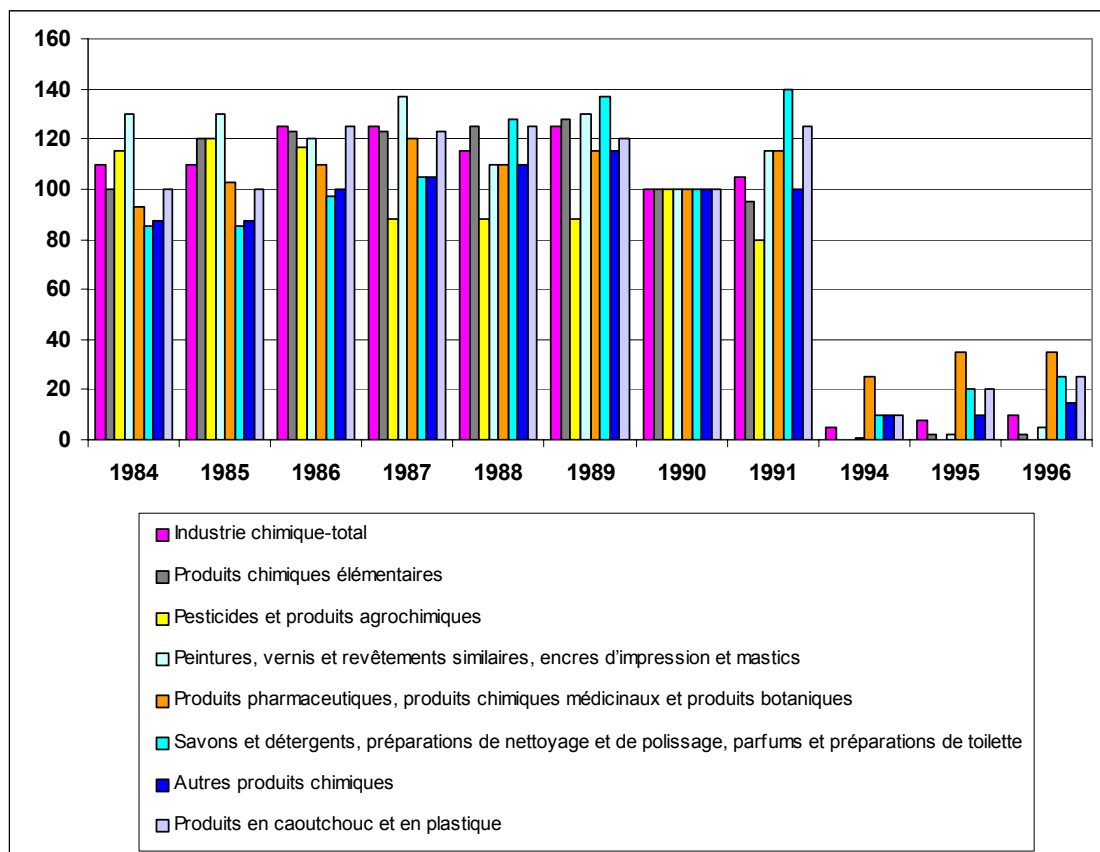
- a) Industrie chimique élémentaire
- b) Industrie chimique organique

Les matières premières inorganiques généralement employées pour les produits chimiques sont : les phosphates, utilisés pour fabriquer de l'acide phosphorique, des engrais, etc. ; la chaux, dans le cadre de la production du cyanure de calcium, qui sert également de base dans d'autres branches de l'industrie chimique. L'industrie du chlore exploite le sel ordinaire et produit de l'hydroxyde de sodium, de l'acide chlorhydrique et du PVC.

Les produits dérivés du sel étaient auparavant destinés à un marché yougoslave protégé et fermé. Les nécessités des clients et les distances de transport n'avaient pas d'importance. Même avant la guerre, les volumes produits étaient modestes, seulement quelques milliers de tonnes par an (à l'exception du nitrate d'ammonium et de l'acide nitrique, produits à hauteur de 20 000 et 100 000 tonnes par an, respectivement). Il convient de souligner que la production de détergents repose entièrement sur des fournisseurs étrangers. Les statistiques de l'année 1989 indiquent que 21 170 personnes étaient employées à cette époque dans l'industrie chimique bosniaque.

L'industrie chimique a été gravement affectée par la guerre car elle dépendait fortement du marché yougoslave protégé. En Serbie, les infrastructures, les systèmes de transport, les sources d'électricité et les fournisseurs de produits chimiques de base ont fait l'objet de dommages impressionnants. Par ailleurs, un nombre considérable de techniciens en chimie et d'ingénieurs ont émigré. En 1990, le pays a fabriqué 900 000 tonnes de produits chimiques pour seulement 95 000 tonnes en 1998.

Le graphique suivant présente la situation de l'industrie chimique avant, pendant et immédiatement après la guerre (volume guide 1990 = 100 %).




(Source : <http://enrin.grida.no/htmls/bosnia/soe/chemical/pressure.htm>)


Figure 2.1. Situation de l'industrie chimique en Bosnie-Herzégovine

Après la guerre, et en tant que composante du secteur élémentaire de l'industrie chimique, la production de soude électrolytique, de polyol, d'anhydride maléique et d'acide acétique par distillation sèche du bois et des engrais artificiels a été réhabilitée. Une importante entreprise de production de toluène diisocyanate n'a toujours pas repris ses activités mais elle est sur le point d'être privatisée. En outre, la production d'anhydride d'acide phtalique est actuellement en projet.

En raison des ravages de la guerre et du difficile processus de privatisation, les grandes entreprises nationales ont eu du mal à retrouver leurs capacités d'avant-guerre ; ainsi, le développement actuel de l'industrie chimique se concentre sur l'ouverture et le travail des petites et moyennes entreprises spécialisées dans la production et l'exportation de médicaments et de matériel médical, de peintures et de vernis, de surfactants, d'explosifs et accessoires associés (fusibles de sécurité, détonateurs), de plastique et de matériaux d'emballage.

 CHYPRE	POPULATION : 802 500
	SUPERFICIE : 9 251 km ²

Nous ne disposons pas de données sur ce pays.


 CROATIE	POPULATION : 4 456 000
	SUPERFICIE : 56 610 km ²

La Croatie, un pays à forte tradition industrielle, a été le foyer d'importants conglomérats industriels formés à l'époque communiste. Depuis la transition vers l'économie de marché, ces entreprises ont progressivement acquis une taille plus raisonnable, ce qui a entraîné une diminution du poids de l'industrie.

C'est le secteur industriel croate qui a été le plus affecté par la restriction des marchés, la crise économique générale de la fin des années 90 et la guerre. Même si le secteur a montré des signes de récupération ces dernières années, il reste à mettre en place la difficile restructuration de l'industrie lourde et des grands complexes industriels héritiers du passé. Malgré tout, la croissance industrielle a été relativement positive ces dernières années suite à l'augmentation des investissements. Ce secteur a un poids considérable dans l'économie, il représente 24 % du PIB et concentre 97 % du total des exportations. Les secteurs industriels croates les plus importants sont l'alimentaire, les boissons et le tabac, l'industrie chimique, pétrolière, métallurgique, électrique et du papier ; au sein de ces secteurs, le textile, la confection, le métal, l'électricité, le bois et les chantiers navals sont voués à l'exportation. Quatre-vingt pourcent de l'industrie étant située dans le centre du pays, soit dans le triangle Zagreb-Sisak-Karlovak, on peut dire que la majeure partie de la production industrielle est concentrée dans une zone restreinte.

L'industrie pétrochimique est relativement bien développée même si elle combine capacités excessives et retard technologique. L'industrie pharmaceutique, aujourd'hui privatisée, est l'une des plus fortes de la zone et son potentiel de recherche est conséquent, en particulier dans le domaine des produits vétérinaires, génériques et des matières premières. La production nationale de produits de parfumerie et de cosmétiques représente environ 20 % du marché et la consommation de ces articles est en pleine phase de croissance. Cependant, le secteur industriel chimique n'a pas de répercussions particulières sur l'économie du pays car il ne représente qu'un faible pourcentage du total des industries.

Concernant l'introduction d'actions écologiques dans l'industrie, soulignons le fait que certaines entreprises ont mis en place des mesures de réduction de la consommation de l'eau via la réutilisation des eaux résiduaires épurées dans le cadre de certaines opérations d'usine, ou via la substitution du système de refroidissement des compresseurs par un système fermé.


 ÉGYPTE	POPULATION : 73 389 300
	SUPERFICIE : 1 001 450 km ²
	NOMBRE D'ENTREPRISES CHIMIQUES : 35

La République arabe d'Égypte (RAE) dispose de ressources agricoles, de pêche, de pétrole et de gaz qui contribuent à l'obtention de revenus extérieurs. L'Égypte constitue un vaste marché à l'emplacement stratégique (tant du point de vue géographique que politique), le pays étant situé entre trois axes importants : les pays méditerranéens, l'Afrique et le Moyen-Orient.

L'activité principale du pays est l'agriculture, même si l'industrie et les services gagnent peu à peu du terrain. La sidérurgie et le textile sont deux grands secteurs industriels, tout comme le secteur de l'énergie ; le secteur de l'environnement connaît de bonnes opportunités. Le gouvernement égyptien a promu la protection de l'environnement via le Plan égyptien d'action pour l'environnement et il lutte contre la désertification et l'augmentation de la pollution (pollution industrielle, déchets urbains, déchets dangereux, pollution de l'eau et de l'atmosphère dans les grandes villes). La première phase de ce plan se concentre sur les projets liés au traitement des eaux, aux systèmes d'égouts et à la canalisation de l'eau. En outre, il convient de souligner que la loi égyptienne 4/94 sur la protection de l'environnement a été adoptée.

L'emploi dans le secteur secondaire représente 13 % de la population active, un chiffre qui a régulièrement évolué ces dernières années ; la contribution de ce secteur au PIB est de l'ordre de 32 %.

L'industrie chimique organique égyptienne s'est développée grâce au poids de l'industrie pétrolière, un secteur qui fournit les matières élémentaires, les matières premières et l'infrastructure de cette industrie. Ainsi, on constate une importance de plus en plus marquée d'autres secteurs comme les industries pharmaceutiques, le secteur des engrais, des polymères et d'autres produits chimiques. D'autres secteurs, notamment le secteur cosmétique, sont majoritairement importés d'Europe. Cependant, avec ses 50 entreprises chimiques, le secteur chimique manufacturier égyptien est encore modeste.

 ESPAGNE	POPULATION : 42 100 000
	SUPERFICIE : 504 782 km ²
	NOMBRE D'ENTREPRISES CHIMIQUES : 3 744

Le développement rapide du pays au cours des 25 dernières années du XX^e siècle a permis à l'Espagne d'être aujourd'hui la huitième économie mondiale des pays de l'OCDE. En outre, le pays a fait de gros efforts de développement et d'introduction d'une politique environnementale cohérente et conforme aux directives européennes.

Les communautés autonomes affectant directement la Méditerranée sont la Catalogne, le Pays Valencien, Murcie, l'Andalousie et les îles Baléares ; La Rioja, Navarre et Aragon, via l'Èbre, ont aussi une incidence indirecte. De grands complexes industriels à forte concentration d'industries chimiques sont installés dans cette zone.

L'industrie des produits chimiques fait partie des principales industries du pays. En 2001, le secteur manufacturier du raffinage et les produits chimiques ont permis à l'Espagne d'obtenir des revenus de 40,108 milliards d'euros.

Si l'on exclut les entreprises du secteur qui n'emploient pas de salariés (CNAE 24), 86 % des 3 744 entreprises de l'industrie chimique espagnole comptent moins de 50 personnes. Ce pays, aux côtés de l'Italie, présente proportionnellement le plus grand nombre de PME d'Europe. L'activité des entreprises du secteur chimique génère actuellement 10 % du Produit Industriel Brut de l'économie espagnole.

Le secteur chimique est le deuxième plus grand exportateur derrière l'automobile, et on estime qu'il continuera de vouer près de la moitié de sa production aux marchés étrangers.

Tableau 2.1. Sous-secteurs de l'industrie chimique espagnole (source : FEIQUE)

SOUS-SECTEURS DE L'INDUSTRIE CHIMIQUE ESPAGNOLE – 2003		
CHIMIE ÉLÉMENTAIRE	Gaz industriels Colorants et pigments Chimie inorganique Chimie organique Engrais Matières premières plastique et caoutchouc Fibres chimiques	38 %
CHIMIE DE LA SANTÉ HUMAINE, ANIMALE ET VÉGÉTALE	Phytoprotecteurs Matières premières pharmaceutiques Produits pharmaceutiques de spécialité Produits zoosanitaires de spécialité	28 %
CHIMIE DESTINÉE À L'INDUSTRIE ET À LA CONSOMMATION FINALE	Peintures, teintures, émaux et vernis Détergents, savons et prod. de nettoyage Parfumerie et cosmétique Autres produits chimiques	34 %

Au total, la production de l'industrie chimique espagnole atteignait 32,120 milliards d'euros en 2003 et 33,951 milliards en 2004. Plus de 3 700 entreprises travaillent dans ce secteur, qui génère près de 140 000 emplois directs et plus de 500 000 emplois si l'on englobe les activités indirectement liées à ce secteur. Soulignons que 87 % des industries espagnoles de production du secteur emploient moins de 50 personnes, ce qui fait de l'Espagne, aux côtés de l'Italie, le pays disposant du plus grand nombre de PME chimiques. Au niveau national, la Catalogne représente 47,3 % de la production du secteur chimique, suivie de Madrid (15,9 %), du Pays Valencien (7,4 %), de l'Andalousie (6,8 %) et du Pays Basque (5,1 %). Le tableau ci-dessous indique le poids de chaque sous-secteur de l'industrie chimique espagnole en fonction de sa production.

Tableau 2.2. Répartition des secteurs chimiques en Espagne (source, FEIQUE)

Chimie en Espagne	Chimie élémentaire	Chimie fine de la santé humaine, animale et végétale	Chimie fine destinée à l'industrie et à la consommation finale
Éléments inclus	Gaz industriels Colorants et pigments Chimie inorganique Chimie élémentaire organique Engrais Matières premières plastique et caoutchouc Fibres chimiques	Produits phytopharmaceutiques Matières premières pharmaceutiques Produits pharmaceutiques de spécialité Produits zoosanitaires de spécialité	Peintures, teintures, émaux et vernis Détergents, savons et prod. de nettoyage Parfumerie et cosmétique Autres produits chimiques
Pourcentage 2003	38,0 %	28 %	34 %

Comme nous pouvons le voir dans le tableau comparatif sur la croissance des secteurs chimiques en Espagne depuis 1977, les secteurs spécifiques, notamment celui de la chimie fine organique, sont en pleine croissance au détriment de la chimie élémentaire. Ceci montre une tendance à l'augmentation de la complexité et de la valeur ajoutée de ces secteurs.

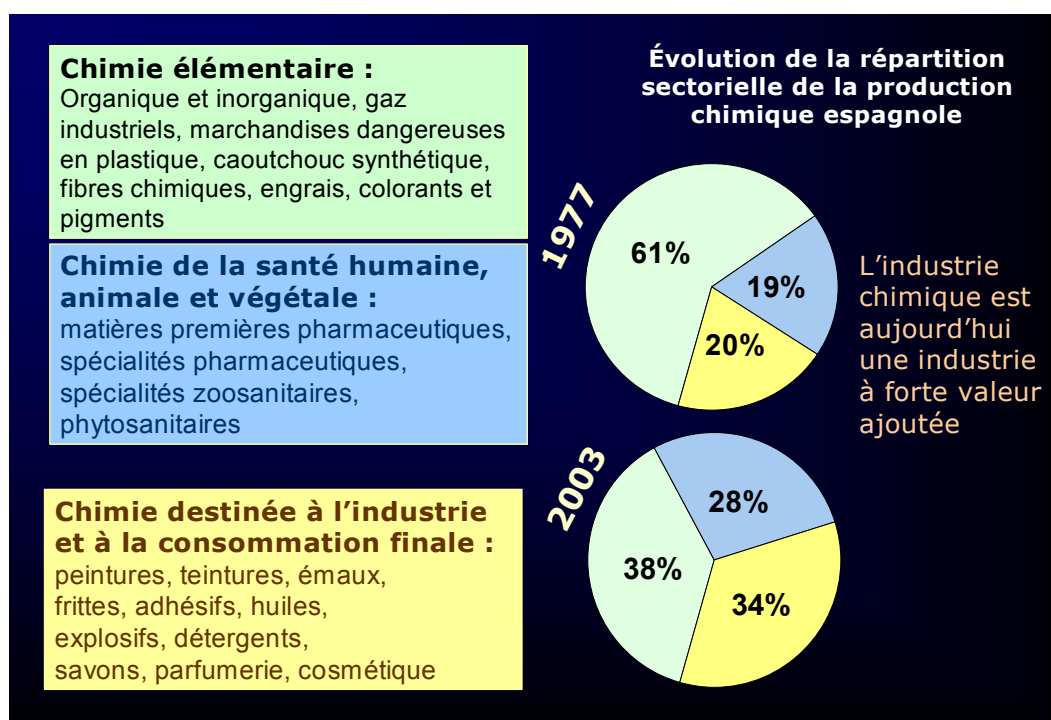
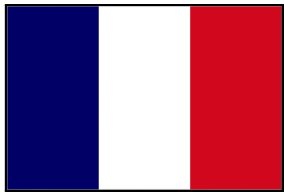


Figure 2.2. Répartition sectorielle de la production chimique espagnole (source, FEIQUE)

Si le secteur de la CFO en Espagne est constitué de grandes multinationales dotées d'unités de chimie fine, 90 % des entreprises du secteur sont des PME. Les secteurs de la chimie fine organique, qui se sont séparés d'autres secteurs chimiques plus clairs, sont très importants et leur valeur stratégique est immense proportionnellement à leur taille.

Nous avons souligné certains points de l'économie des sous-secteurs de la CFO, mais ceci ne signifie pas que nous considérons qu'ils appartiennent au même groupe.

 FRANCE	POPULATION : 60 000 000
	SUPERFICIE : 547 030 km ²
	NOMBRE D'ENTREPRISES CHIMIQUES : 1 190

La France est le plus grand pays d'Europe occidentale et la quatrième économie industrialisée occidentale. Elle possède d'importantes ressources agricoles, une vaste et solide base industrielle ainsi qu'une main-d'œuvre hautement qualifiée. L'industrie manufacturière est fortement diversifiée et constitue la source principale des revenus des exportations. La valeur ajoutée de l'industrie en général contribue à 26 % du Produit Intérieur Brut.

L'industrie chimique française, (produits pharmaceutiques inclus) est la cinquième du monde derrière les États-Unis, le Japon, l'Allemagne et la Chine. Le pays est également le troisième exportateur mondial de produits chimiques et pharmaceutiques, 59 % de ses ventes étant destinés au marché international.

Le graphique ci-après indique la croissance de la production chimique française.

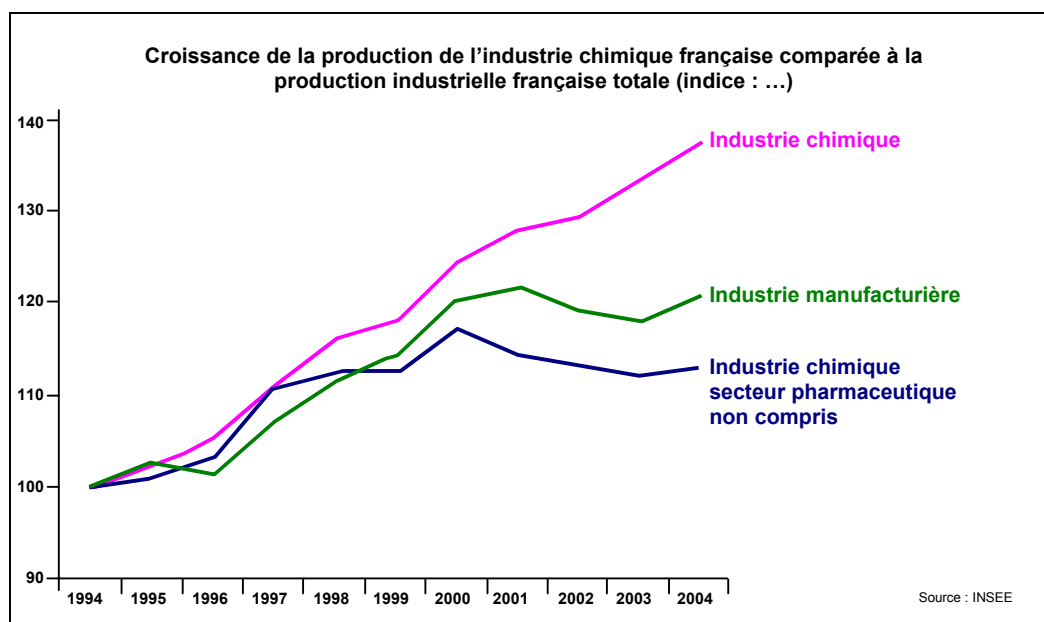


Figure 2.3. Croissance de la production chimique française

La production chimique, produits pharmaceutiques non compris, a enregistré au cours de la période 1994-2004 une croissance moyenne inférieure à celle de la production de fabrication totale : + 1,2 % par an de 1994 à 2004 pour les produits chimiques et 1,9 % pour l'industrie manufacturière. L'ensemble de l'industrie chimique, produits pharmaceutiques compris, a progressé de 3,2 % par an au cours de la même période.

En 2004, le chiffre d'affaires de l'industrie chimique française s'est élevé à 93,7 milliards d'euros.

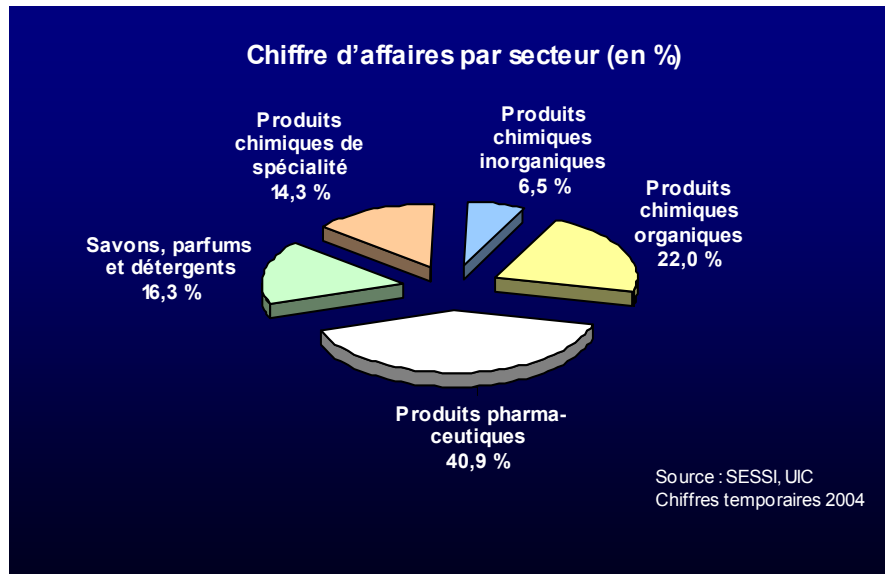


Figure 2.4. Chiffre d'affaires de l'industrie chimique française

L'industrie chimique française englobe la chimie élémentaire (organique et inorganique), la chimie fine, la chimie de spécialité et les produits pharmaceutiques. Le pays produit donc une vaste gamme de produits, qui vont des substances chimiques industrielles, aux plastiques, engrais, solvants, cosmétiques et produits pharmaceutiques. Étant donné la taille de ses entreprises et la diversité de ses produits, l'industrie chimique française est très hétérogène et repose sur un grand nombre de petites et moyennes entreprises.

Une autre grande caractéristique de cette industrie est sa tendance à investir dans la recherche et le développement en vue de renouveler et d'améliorer ses produits : plus de 30 000 molécules sont produites et commercialisées par les entreprises chimiques françaises, notamment des produits inorganiques et organiques basiques, des médicaments, des engrais, des plastiques, des arômes, des colles, des cosmétiques, etc.

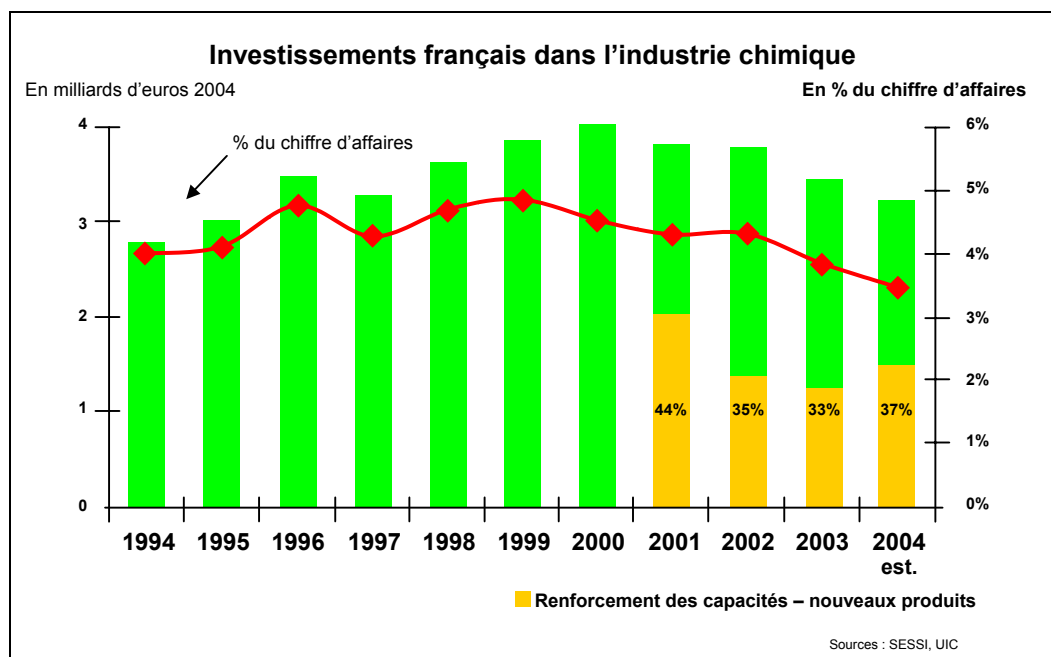



Figure 2.5. Investissements de l'industrie chimique française dans la R & D

Ces quatre dernières années, les investissements de l'industrie chimique française dans la R & D ont diminué de façon régulière. Ainsi, en 2004, ces dépenses (produits pharmaceutiques compris) ont diminué de presque 4 % par rapport à 2003.

La politique environnementale se caractérise depuis quelques années par une prévention de la pollution à la source et une législation stricte, ce qui a permis au pays de progresser en matière de diminution de l'impact des activités industrielles sur l'environnement. Par ailleurs, le secteur de la chimie a mis en place plusieurs actions et initiatives volontaires de recyclage et de valorisation.

À souligner, également, en matière de sécurité et d'environnement, le programme de responsabilité et de développement durable adopté depuis 1990. Conformément à cet engagement de progrès, l'industrie chimique française fait des efforts importants et continus pour garantir la protection de l'environnement et donc améliorer la sécurité et la protection sanitaires.

Enfin, signalons que l'industrie chimique française investit 28 % de ses investissements totaux dans la protection de l'environnement et la gestion des risques (données de 2003), un chiffre qui était de seulement 20 % en 2001. Grâce à cet effort, l'industrie chimique nationale est aujourd'hui le premier secteur industriel de France en matière de gestion des risques, de sécurité et de protection de l'environnement.

 GRÈCE	POPULATION : 11 100 000
	SUPERFICIE : 131 940 km ²
	NOMBRE D'ENTREPRISES CHIMIQUES : 1 128


Si l'économie grecque a connu une croissance importante, supérieure à la moyenne prévue pour l'UE, l'industrie tarde cependant à se développer et dispose d'infrastructures insuffisantes.

Le taux annuel de la croissance du PIB grec est de 4,2 %. La valeur de l'industrie représente 22,3 % du PIB, 22 % de la population active et plus de 50 % des exportations grecques. Le secteur secondaire représente 28 % de la répartition sectorielle de la valeur ajoutée, dont le taux de croissance annuel moyen dans ce secteur est de 2,3 %.

Le tissu industriel grec se caractérise par la présence d'unités industrielles aux dimensions réduites par rapport aux critères européens. Les secteurs les plus importants, ceux de la consommation, des textiles, des chaussures, de l'agroalimentaire, des boissons et du tabac, utilisent principalement des matières premières locales.

La production chimique englobe les détergents, les produits chimiques destinés au traitement des eaux, les phytosanitaires, les produits pharmaceutiques et les cosmétiques. Signalons que, pour l'année 2002, la production du secteur des produits chimiques a connu une évolution de 9,2 % d'après le Service national de statistiques grec.

Du point de vue de l'environnement, les entreprises du secteur doivent absolument se centrer sur un développement durable. Il convient de souligner que l'industrie chimique grecque a suivi le concept de développement technologique international en matière de prévention et de contrôle de la pollution, son principal objectif étant l'intervention à la source.

 ISRAËL	POPULATION : 6 560 500
	SUPERFICIE : 20 770 km ²
	NOMBRE D'ENTREPRISES CHIMIQUES : 400

Le secteur industriel israélien représente 35 % de la répartition sectorielle de la valeur ajoutée ; le taux annuel de croissance du PIB national est de 4,3 %. Le pays exporte aussi bien des produits chimiques organiques que des produits inorganiques.

L'industrie chimique israélienne a développé une vaste gamme d'activités, notamment dans les domaines suivants : potassium, brome et magnésium de la Mer Morte, phosphates et ses dérivés (Negev), pétrochimie, polymères, pesticides, produits pharmaceutiques, chimie agricole, chimie fine, saveurs et arômes et biotechnologies.

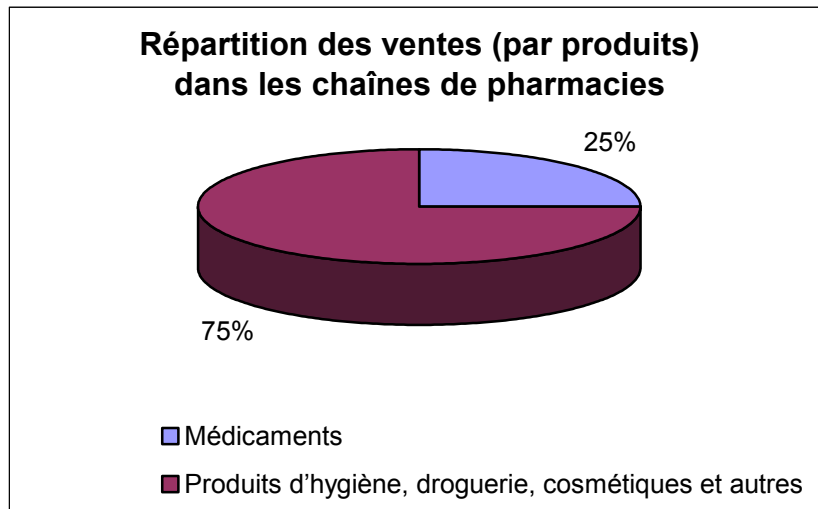
L'industrie chimique joue un rôle très important dans l'économie du pays. Au total, près de 400 entreprises israéliennes se consacrent à la production et à la commercialisation des produits chimiques. Toutefois, il convient de noter que 90 % de l'ensemble des produits chimiques sont produits et commercialisés par 22 grandes entreprises. En 1999, les ventes de produits chimiques (produits pétrochimiques et distillés compris) ont rapporté 7,94 milliards de dollars, pour 8,36 milliards de dollars en 2000. Les exportations ont permis de rapporter 3,45 milliards de dollars en 1999 et 3,66 milliards de dollars en 2000. Le secteur chimique représente 14 % de la production industrielle totale et 17 % du total des exportations (des chiffres dépassés uniquement par le secteur de l'électronique).

Dans les années quatre-vingt dix, la croissance de l'industrie chimique israélienne était de 8,4 %, l'Europe atteignant 3 %, les États-Unis, 2,1 % et le Japon, 1,8 %. La croissance annuelle des ventes de produits chimiques du pays (en dollars) atteignait seulement 3 % en 1999 et 5 % en 2000, la moyenne mondiale pour 1999 étant de 12 %. L'industrie chimique israélienne emploie près de 25 000 personnes.

En moyenne, l'industrie chimique investit 4 % de ses ventes dans la R & D. Cependant, on note que les industries pharmaceutiques et des biotechnologies investissent 12 % dans ce même domaine. Les investissements relativement importants de ces secteurs de l'industrie chimique dans la R & D et l'étroite collaboration entre les universités et l'industrie laissent à penser que la croissance de l'industrie chimique ne s'arrêtera pas là.

L'industrie spécialisée dans l'exportation respecte les critères internationaux rigoureux en matière de qualité et d'environnement. Il faut néanmoins garder à l'esprit qu'une entreprise chimique prospère nécessite bien plus qu'une « bonne » chimie pour avancer. Pour preuve, les entreprises performantes combinent cette « bonne » chimie avec le génie chimique, la production, la formulation, la gestion de la propriété intellectuelle, le marketing et la gestion.

Le marché israélien des produits pharmaceutiques a augmenté de 5 à 10 % ces dernières années. La production locale est importante, particulièrement en ce qui concerne l'élaboration de médicaments génériques. Les deux plus grandes entreprises de ce secteur sont Teva, qui produit par ailleurs des médicaments éthiques protégés par brevet et Agis Group, spécialisée dans la production de principes actifs, de cosmétiques et de produits d'hygiène. Ces deux entreprises destinent une large part de leur production à l'exportation. On peut donc dire que le volume de fabrication de produits pharmaceutiques en Israël est considérable, proportionnellement à la faible demande nationale et qu'il est principalement orienté vers le marché extérieur.




Source : Association pharmaceutique d'Israël

Figure 2.6. Distribution des ventes (par produits) dans les chaînes de pharmacies en Israël

Dans le domaine de l'environnement, les autorités israéliennes considèrent le traitement et la réutilisation des eaux résiduaires comme une priorité nationale. Les eaux résiduaires produites par l'industrie représentent environ 17,5 % (68 millions de mètres cubes) du total des eaux résiduaires. Toutes les usines industrielles sont dans l'obligation légale de traiter leurs eaux résiduaires de façon adéquate avant de les déverser dans les réseaux d'assainissement municipaux. Le modèle de règlement municipal interdit que le rejet des eaux résiduaires, que ce soit en raison de ses caractéristiques ou de son volume, porte préjudice au système d'assainissement, aux flux de déchets ou à leur épuration. Par conséquent, de nombreuses usines sont aujourd'hui équipées d'installations de traitement préalable des eaux résiduaires.

Les sites nationaux d'enfouissement des déchets sont dans l'obligation de traiter les déchets solides à l'aide des dernières technologies disponibles, et ce à chaque étape du traitement. Celui-ci comprend le contrôle de la pollution de l'eau. Aussi, le pays a cessé d'implanter de nouveaux sites d'enfouissement et la demande dans ce secteur s'oriente davantage vers l'entretien de l'équipement ainsi que vers l'amélioration et la modernisation des installations existantes.

 <p>ITALIE</p>	POPULATION : 58 000 000
	SUPERFICIE : 301 230 km ²
	NOMBRE D'ENTREPRISES CHIMIQUES : 1 770 entreprises – plus de 10 employés
	PRODUCTION DE PRODUITS CHIMIQUES : 70 milliards d'euros en 2004

L'Italie est un pays fortement industrialisé qui occupe le 5^e rang économique mondial.

L'industrie chimique italienne est un secteur important pour l'économie nationale ; il représente en effet 6 % du total de la production industrielle. La répartition sectorielle de la production chimique italienne s'organise comme suit :

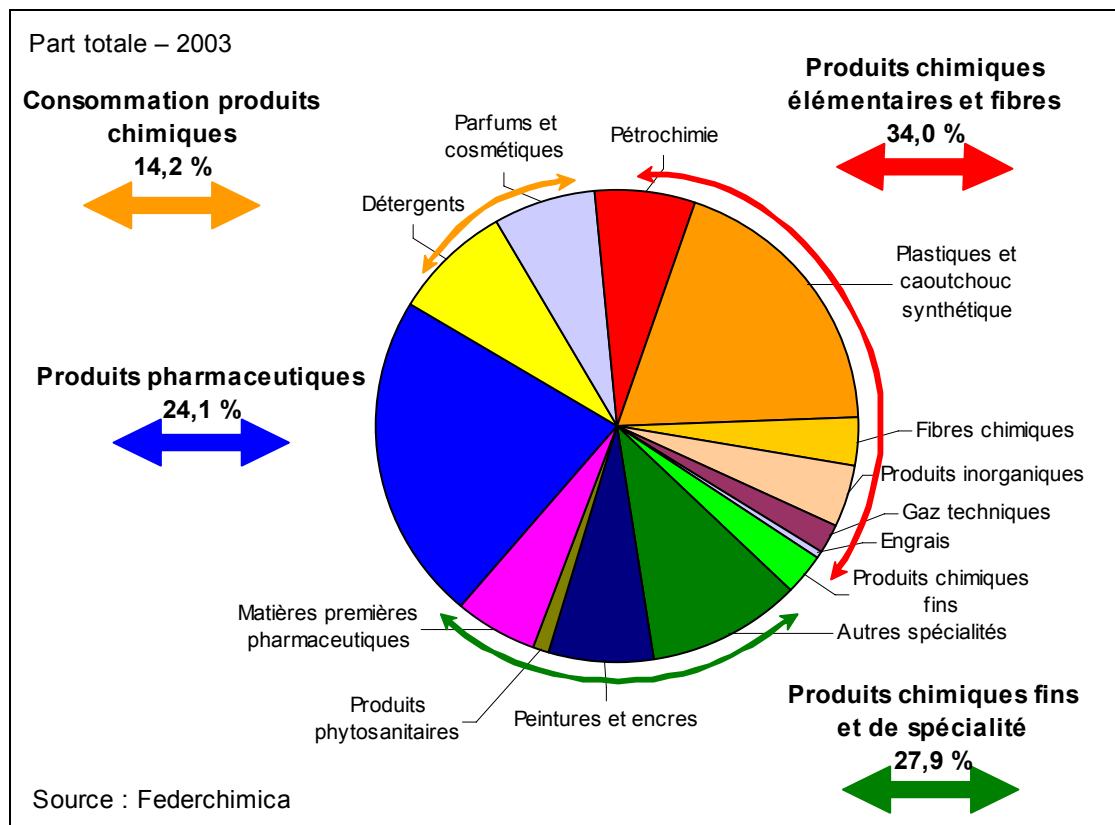


Figure 2.7. Répartition sectorielle de l'industrie chimique italienne

La section suivante présente quelques données sur la portée du secteur industriel en Italie.

- Production :
 - 48 milliards d'€ en 2004 (70 milliards d'euros produits pharmaceutiques compris) ;
 - 40^e pays producteur en Europe avec 12 % de l'ensemble de la production chimique.

- Exportations
 - 18 milliards d'€ en 2004 ;
 - parallèlement au secteur des produits pharmaceutiques, le secteur industriel italien connaît sa plus forte croissance depuis 1998, soit depuis l'introduction des taux de change fixes ; 3^e secteur national d'exportation ;
 - excédent commercial significatif et établi dans le secteur des détergents et des cosmétiques (plus d'1 milliard d'€ en 2004) ainsi que dans la peinture, les revêtements et les colles (450 millions d'€) ;
 - numéro un mondial dans le domaine des principes actifs pour les médicaments génériques ;
 - croissance de l'excédent commercial avec les pays extracommunautaires.

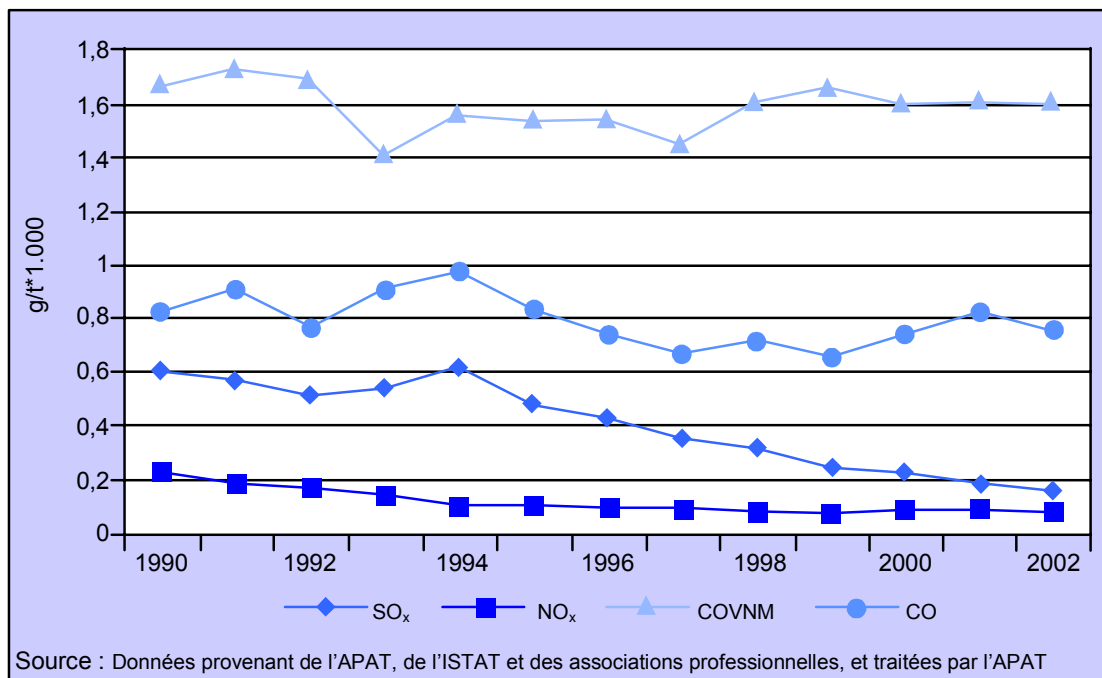
- Main-d'œuvre :
 - 133 000 employés en 2004 (206 000 si l'on inclut l'industrie des produits pharmaceutiques) ;
 - valeur ajoutée par employé la plus élevée de l'industrie italienne ;
 - pour chaque employé de l'industrie chimique, deux autres emplois sont indirectement générés dans l'économie (total de 500 000 employés).

- Entreprises :
 - présence importante des petites et moyennes entreprises (42 %) ;
 - plus de 1 700 entreprises emploient plus de 10 personnes.

Les entreprises italiennes sont majoritairement implantées dans le nord du pays, plus spécifiquement en Lombardie, deuxième région européenne du secteur chimique. On y trouve principalement des petites et moyennes entreprises très actives dans le domaine de la chimie élémentaire, mais surtout dans la chimie fine et la chimie de spécialité ainsi que dans les produits chimiques de consommation (avec plus de la moitié de la main-d'œuvre et de la production).

Les industries sont concentrées à proximité des zones urbaines, ce qui génère une forte pression sur l'environnement liée à l'importante densité de population dans ces noyaux.


Ces dernières années, l'industrie chimique italienne a introduit des mesures de réduction de l'impact sur l'environnement. Par exemple, dans le cadre des émissions dans l'atmosphère de l'industrie chimique, des indicateurs spécifiques d'émissions ont été mis en place (masse émise par unité de masse produite) ; ces indicateurs permettent d'observer l'évolution des émissions de polluants tels que le SO_x, le NO_x, les COV, le CO, etc. Le graphique ci-dessous présente le taux de réduction de l'ensemble des polluants depuis 1990 ; on constate que la réduction la plus importante peut être attribuée au SO_x et au NO_x (75 et 66 % respectivement) et que les COV et le CO présentent une diminution moindre (4,4 et 8 % respectivement).



Émissions spécifiques de l'industrie chimique

Figure 2.8. Émissions spécifiques de l'industrie chimique italienne

Pour terminer, soulignons que la santé, la sécurité et l'environnement sont des domaines de gestion dans lesquels l'industrie chimique italienne doit fortement s'engager. L'Italie participe donc au programme Responsible Care d'engagement dans le progrès. Il convient de signaler que bon nombre des engagements fixés ont déjà été respectés et que de nombreux objectifs établis ont été atteints au niveau national et international.

 LIBAN	POPULATION : 3 707 500
	SUPERFICIE : 10 400 km ²

L'économie libanaise est principalement orientée vers les services. Les principaux secteurs en expansion sont la banque et le tourisme, tous deux à l'origine de la croissance élevée du PIB libanais (presque 5 %) ces dernières années. Pour sa part, l'industrie contribue à 21 % du PIB, si bien que le taux de croissance du secteur industriel est resté négatif ces dernières années (- 1,2 %).

L'industrie libanaise est constituée à plus de 90 % d'unités industrielles, de petites entreprises employant moins de 10 personnes. Les grandes entreprises du secteur chimique sont implantées dans les zones industrielles et sont majoritairement spécialisées dans la production de produits chimiques inorganiques et phytosanitaires, que le Liban exporte.

La plupart des usines industrielles ne sont pas équipées d'installations de contrôle de la pollution et déversent leurs effluents pollués dans les eaux du littoral et les eaux superficielles. Le flux des eaux résiduaires et l'élimination illégale des déchets solides dangereux menacent gravement les eaux superficielles et souterraines. Par ailleurs, ces usines rejettent leurs déchets industriels solides et libèrent des émissions dans l'atmosphère de façon incontrôlée.


Le gouvernement libanais a préparé une proposition de loi sur l'infrastructure du ministère de l'Environnement afin de préciser sa fonction, son mandat et son organisation, et dont les quatre principes politiques généraux sont les suivants :

- développement harmonieux de l'ensemble des régions ;
- protection via la prévention ;
- principe du pollueur-payeur ;
- intégration des politiques environnementales dans d'autres politiques de développement par secteurs.

Un centre libanais de la production propre (PP) a été créé ; ses principaux objectifs sont les suivants :

- augmenter la compétitivité des industries ;
- réduire les impacts des processus de production industriels sur l'environnement ;
- promouvoir les investissements dans la PP (systèmes de gestion de l'environnement, audits énergétiques, etc.) ainsi que le développement et le transfert des technologies.

Le CDR (Conseil du développement et de la reconstruction) développe actuellement des projets de gestion et de traitement des déchets solides, notamment des sites d'incinération, des unités de broyage et des centres de tri des déchets industriels. Enfin, des réseaux de canalisations et de distribution des eaux ainsi que des installations de prétraitement et de traitement des eaux résiduaires ont été réhabilités ou implantés.

 LIBYE	POPULATION : 5 658 900
	SUPERFICIE : 1 759 540 km ²

Ces dernières années, le taux de croissance du PIB s'est révélé très élevé en Libye (environ 10 %) ; le secteur industriel est l'un des secteurs qui contribue le plus à cette croissance, avec 49 % de la valeur ajoutée sectorielle.

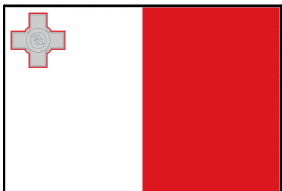
Grâce à son industrie pétrolière, la Libye est parvenue à créer une industrie chimique relativement développée. Outre les combustibles minéraux, elle exporte des produits chimiques organiques (selon les instituts statistiques libyens du commerce extérieur, ces exportations représentaient 2,7 % du total des exportations en 1999).

Marsa El-Brega est le centre principal de la production pétrochimique ; on y produit de l'éthanol, de l'ammonium et de l'urée. Ce complexe est exploité par la compagnie nationale pétrochimique (Napectco). Il existe une installation de production de méthanol à Al-Burayqah et un petit complexe pétrochimique à Abu-Kammash.

On prévoit la mise en place d'un projet à Ras Lanouf ; ce projet, développé par Ras Lanuf Oil et la compagnie de traitement du gaz (Rasco) a pour objectif la production de divers produits chimiques dont le benzène, le butadiène et le butane-1, entre autres.

Par conséquent, l'industrie la plus significative est la plus proche du cœur économique du pays, soit les hydrocarbures, les raffineries de pétrole, la construction de gazoducs et la liquéfaction du gaz naturel. Les industries pétrochimiques et l'industrie chimique d'Aboukamash, ainsi que l'usine d'engrais de Sirte constituent d'autres installations industrielles importantes.

Traditionnellement, les usines chimiques sont de petites entreprises qui fabriquent des biens de consommation simples tels que les produits chimiques élémentaires.


 MALTE	POPULATION : 400 000
	SUPERFICIE : 316 km ²

La croissance de l'économie maltaise a été modérée ces dernières années, ses taux annuels de croissance du PIB s'élevant à environ 1,5 %. Le secteur manufacturier représente approximativement 26 % de la distribution sectorielle de la valeur ajoutée, mais il perd progressivement du poids face aux services. Le secteur chimique représente 3,6 % du secteur manufacturier. L'industrie chimique n'est donc pas une activité nationale très significative.

Il faut cependant souligner la place croissante du secteur de la chimie fine, qui représente plus de 10 % du nombre total des entreprises étrangères implantées à Malte. Ceci s'explique par la campagne de promotion lancée par le gouvernement maltais en vue d'attirer des entreprises chimiques au capital étranger. Les produits fabriqués par ce secteur sont les stéroïdes, les oligopeptides, les principes actifs des produits pharmaceutiques génériques, les antibiotiques et les produits chimiques destinés aux médicaments délivrés sous ordonnance.

La liste qui suit illustre cette politique d'attraction des investisseurs dans le secteur de la chimie fine.

- Amino Chemicals Ltd (filiale de DiPharma), qui produit des API (principes actifs pharmaceutiques) pour tous les principaux marchés, États-Unis compris.
- Arrow Malta Ltd, implantée à Malte en 2000.
- Pharmamed Ltd, fabricant de produits pharmaceutiques génériques.
- Cardinal Health Ltd, implantée en 1995.
- Baxter Malta, qui fait partie de Baxter International Inc.
- Phoenicia Organics Ltd, qui produit des marqueurs pour les oligopeptides applicables au secteur des biotechnologies.
- Medichem, fabricant de principes actifs pharmaceutiques qui vient de s'implanter dans le pays.

 MAROC	POPULATION : 31 064 100
	SUPERFICIE : 446 550 km ²
	NOMBRE D'ENTREPRISES CHIMIQUES : 2 041

Le taux annuel de croissance du PIB marocain a atteint 3,5 %. L'industrie représente un taux de croissance annuel moyen de 3,2 % de la valeur ajoutée et 30 % de la distribution sectorielle de cette même valeur.


Le tissu industriel représente environ un tiers du PIB marocain depuis les années quatre-vingt. Sa structure actuelle est toujours marquée par les effets de la politique industrielle post-colonialiste de substitution des importations par la production locale et le protectionnisme face à la concurrence internationale. Cependant, l'ouverture de l'économie marocaine aux marchés internationaux oblige peu à peu le pays à reconvertir, restructurer et moderniser son secteur industriel.

De manière générale, le secteur industriel marocain se caractérise par sa forte concentration géographique (on le trouve principalement dans les grandes villes, surtout à Casablanca et dans les zones industrielles de Safi et de Jorf Lasfar) et par l'importance de l'industrie lourde (notamment l'industrie pétrochimique). Les statistiques du ministère de l'Industrie et du Commerce confirment la dimension des industries chimiques et parachimiques au sein de la structure industrielle marocaine. Celle-ci est constituée de quatre sous-secteurs : le raffinage du pétrole, les phosphates et autres produits miniers transformés, l'industrie du ciment et l'industrie pharmaceutique. L'industrie de transformation des phosphates et d'autres produits miniers est stable depuis quelques années en raison d'une bonne intégration verticale dans l'industrie minière nationale. En revanche, Samir, l'entreprise numéro un du secteur du raffinage du pétrole, traverse des difficultés car elle est incapable de concurrencer les prix du pétrole brut raffiné importé. Si le marché marocain pratique actuellement une politique de protection face à la concurrence internationale, le pays s'est engagé à s'ouvrir à partir de 2008.

L'industrie chimique marocaine, à l'instar de son homologue tunisienne, est dominée par la production de phosphates, (le Maroc possède près des deux tiers des réserves mondiales de roches de phosphate). Les principaux produits élaborés sont l'acide phosphorique et les engrais à base de phosphates. L'extraction, le traitement et la distribution des phosphates sont effectués par l'OCP (Office Chérifien des Phosphates), qui relève de l'État. D'autres secteurs importants du secteur chimique sont les produits pharmaceutiques, dont la production est la plus importante du continent africain derrière l'Afrique du Sud, ainsi que les cosmétiques et la production de caoutchouc.

Dans le domaine pharmaceutique, le Maroc compte les dix plus grands groupes pharmaceutiques du monde. Il s'agit d'un secteur qui a connu depuis le début des années quatre-vingt-dix un processus de concentration dû aux fusions et acquisitions mises en place dans le pays ces dernières années. Actuellement, il existe 26 laboratoires dans le pays et la production locale, qui respecte les critères internationaux de qualité, répond à 80 % de la demande.

Enfin, soulignons qu'en matière d'environnement, le Maroc s'est engagé à mettre en place une politique environnementale basée sur les différents concepts du développement durable, et à considérer la protection de l'environnement comme un facteur clé du développement économique et social du pays. Sur le plan juridique, le Maroc est prêt à aligner ses lois sur les critères européens et il est actuellement en pleine phase de réalisation d'actions liées à l'éducation environnementale et à la sensibilisation à l'écologie.

 MONACO	POPULATION : 32 100 habitants (recensement 2 000)
	SUPERFICIE : 2,01 km ²
	NOMBRE D'ENTREPRISES CHIMIQUES : 23

Monaco est un petit pays dont l'économie repose principalement sur les secteurs financier, commercial et touristique, qui constituent 25 % de ses revenus annuels.


Le secteur industriel du pays s'est considérablement développé au XX^e siècle. Ces seules 20 dernières années, près de 200 000 m² voués à l'industrie ont été aménagés. Monaco compte environ 70 petites et moyennes entreprises industrielles.

On peut dire aujourd'hui que l'industrie de Monaco est diversifiée : elle compte un grand nombre d'entreprises spécialisées dans divers secteurs et 23 d'entre elles font partie de l'industrie chimique, pharmaceutique, parapharmaceutique et cosmétique, ce dernier secteur jouant un rôle de poids dans le pays.

Les industries des médicaments de base (procédés chimiques et biologiques) jouent un rôle important. La taille moyenne de ces industries, au nombre de 3, oscille entre 1 720 et 4 000 m². Elles emploient de 10 à 70 personnes. Les centres de production sont principalement installés dans des zones urbaines avec des installations chimiques de 1 à 4 usines. Leur capacité de production varie entre 1 et 330 t par an. Les produits fabriqués sont généralement des principes actifs destinés à la synthèse de produits pharmaceutiques ou cosmétiques.

En ce qui concerne les aspects environnementaux les plus significatifs, soulignons que Monaco dispose d'un incinérateur dans ses installations de traitement des déchets solides. Par ailleurs, les eaux résiduaires produites sont collectées et incorporées aux eaux urbaines. Cependant, toutes les entreprises monégasques du secteur séparent les eaux résiduaires et les déchets solides issus des processus industriels avant de les remettre à des prestataires de services spécialisés et de les traiter dans des usines en dehors de Monaco.

Le gouvernement monégasque fournit des aides ou des subventions aux entreprises dans le but d'améliorer et de promouvoir les aspects environnementaux dans le secteur, et plus particulièrement en vue d'obtenir la certification de gestion de l'environnement via la norme internationale ISO 14 001. Ajoutons que l'une des usines chimiques nationales dispose d'un système de gestion de l'environnement certifié (EMAS ou ISO 14 001).

 SLOVÉNIE	POPULATION : 1 997 590
	SUPERFICIE : 20 300 km ²
	NOMBRE D'ENTREPRISES CHIMIQUES : 619 grandes, 44 moyennes et 523 petites

La Slovaquie est actuellement l'un des pays européens en transition les plus prospères et ses entreprises se sont tournées vers une économie de marché avec une gestion économique et sociale relativement correcte.

Le taux de croissance annuel moyen de la valeur ajoutée pour l'industrie est d'environ 3 % et le pourcentage de la valeur ajoutée dans la répartition sectorielle correspondant à l'industrie est de 38 %. Par ailleurs, le taux de croissance annuel du PIB est de 4,6 % et 29,7 % du total de la population active travaillent dans le secteur de l'industrie.

Le secteur industriel slovaque est bien développé et il est principalement situé au nord de Bratislava, dans la région de Stredozemie. Bon nombre des industries slovaques existent depuis plus de 100 ans, notamment celles des secteurs de la métallurgie, des meubles, du papier, des chaussures, des articles de sport et du textile. L'industrie slovaque a trouvé en la Yougoslavie de l'après-guerre un marché ouvert à tous types de produits et des entreprises « socialisées » ont été créées, parfois sans prendre en compte les critères de rentabilité ou d'efficacité des coûts.

L'industrie chimique et pharmaceutique produit des substances chimiques élémentaires, des phytosanitaires, des peintures et des vernis, des détergents et des fibres synthétiques. Les plus grandes entreprises du secteur sont les entreprises productrices de médicaments LEK (qui appartiennent au groupe Sandoz) et KRKA. Le secteur destine principalement ses exportations à l'Allemagne, à la Croatie, à la Russie, à la Pologne, à l'Italie et à l'Autriche.


La Slovaquie possède d'importantes entreprises du secteur de l'industrie chimique spécialisées dans les encres, les cires, les colorants et les pigments, les phytosanitaires ou les produits phytopharmaceutiques et les biocides (herbicides, insecticides, fongicides), les produits pharmaceutiques et cosmétiques, les principes pharmaceutiques actifs et les produits de la santé animale, les arômes, les colorants et les huiles essentielles, les gaz industriels, les résines, les adhésifs, les agents d'hygiène et de propreté, les surfactants, les tannins, les vernis, l'acide paracétique, le H₂O₂, Pb₄, CO₂, les amidons, les dextrines, les esters, etc. Il n'existe pas d'industrie du sous-secteur des additifs. Les installations, qui peuvent atteindre 15 m³, fonctionnent par « batch » ou en semi-continu et on les trouve principalement au centre, au sud et à l'est du pays.

Concernant les aspects environnementaux, nous ne disposons pas de données sur les installations de traitement des eaux résiduaires industrielles. Cependant, conformément à la directive IPPC, à l'engagement de progrès et à la loi, la quasi-totalité des producteurs d'eaux résiduaires est dans l'obligation de disposer d'une installation de traitement. L'ensemble des entreprises chimiques du pays a mis en place ce type d'installation et certaines effectuent les séparations dans les usines de traitement municipales.

Par ailleurs, toutes les entreprises sont dans l'obligation de réaliser des analyses de tous les types de déchets qu'elles produisent et de classer ceux-ci conformément à la loi. Les déchets inertes industriels sont éliminés dans des décharges autorisées alors que les déchets dangereux ou les déchets contenant des substances dangereuses doivent être collectés et gérés par des entreprises titulaires d'une licence d'État autorisant le traitement de ce type de déchets. La Slovaquie disposant d'une seule décharge réservée à l'élimination des déchets dangereux et industriels, les autres déchets sont exportés vers d'autres sites d'élimination.

La Chambre de commerce et d'industrie est responsable de la majorité des questions liées à la directive IPPC. La capitale, Ljubljana, accueille l'Institut national de chimie, chargé de la promotion de la production plus propre (PP) auprès des entreprises.

Données de base pour l'année 2003
Nombre d'entreprises : 619 (52 grandes, 44 moyennes et 523 petites)
Nombre d'employés : 25 177
Revenus : 3,319 milliards d'euros
Exportations : 50,7 % des entreprises
Revenu des entreprises spécialisées dans les exportations : 2,229 milliards d'euros
Bénéfices après prélèvements fiscaux : 309 millions d'euros
Pertes : 17 millions d'euros
Valeur ajoutée : 1,072 milliards d'euros
Valeur ajoutée par employé : 43 607 d'euros


 SYRIE	POPULATION : 18 222 700
	SUPERFICIE : 185 180 km ²

L'industrie syrienne représente 8,9 % de la croissance de la valeur ajoutée et 29 % de la distribution sectorielle de cette valeur. Ces dernières années, le taux de croissance annuel du PIB a été de l'ordre de 3,5 %.

Depuis l'obtention de son indépendance, la Syrie s'est efforcée de développer sa capacité industrielle et d'augmenter la valeur de son industrie extractive, notamment celle des industries minière et pétrolière. Depuis 1980, le pays présente une croissance industrielle significative ainsi qu'une expansion de la demande de produits chimiques. Les industries utilisant des produits chimiques produits localement ou importés sont les industries du raffinage du pétrole, des mines de phosphate, de la production de ciment, des textiles et de la production de substances chimiques pour l'agriculture (par exemple, les pesticides et les engrais). La Syrie continue de développer son industrie chimique et l'un de ses récents projets est la construction de la première usine de chlore-alcali à Alep, un projet approuvé en 2001.

Le pays est le cinquième plus grand exportateur de roche phosphatique avec une production de plus de 2,5 millions de tonnes par an, dont 70 % sont destinés à l'exportation. Une large part de cette production est transformée en engrais phosphatés et en acide phosphorique. Outre les engrais phosphatés, la Syrie produit également de l'ammonium, de l'urée et des engrais azotés tels que le nitrate d'ammonium et le nitrate de calcium, destinés à la consommation locale.

La capacité de production de l'usine de soufre exploitée en collaboration avec la raffinerie de Homs est de 150 t/jour. La Syrie transforme une partie de sa production de soufre en acide sulfurique, dont la consommation a atteint les 318 000 tonnes en 2000. Près de 78 % de cet acide sont consommés dans le cadre de l'élaboration d'engrais. Malgré l'importance de son industrie des engrais, le pays doit encore en importer près de 500 000 tonnes chaque année.

 TUNISIE	POPULATION : 9 936 700
	SUPERFICIE : 163 610 km ²
	NOMBRE D'ENTREPRISES CHIMIQUES : 213

La croissance économique de la Tunisie a toujours dépendu du pétrole, de l'agriculture, des phosphates et du secteur touristique. En 1986, l'État a mis en œuvre un programme de libéralisation des prix et de réduction des tarifs, ce qui a permis au pays de devenir une économie de marché.

L'industrie tunisienne représente 4,6 % de la croissance de la valeur ajoutée, avec une participation de 30 % à la répartition sectorielle du PIB et une création de 22 959 postes liés à l'industrie en 2002. Le taux annuel de croissance du PIB est d'environ 5,8 %.

Le secteur chimique (industries du plastique non comprises), qui représente 10 % de l'industrie tunisienne, est l'un des secteurs manufacturiers qui a connu le plus grand développement ces dernières années avec une activité principalement tournée vers l'exportation.

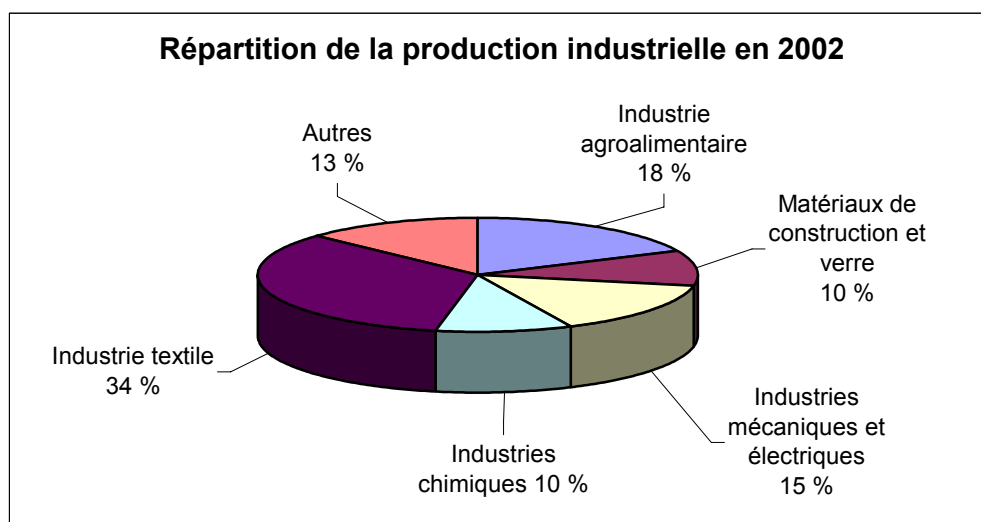



Figure 2.9. Distribution de la production industrielle tunisienne en 2002

Les principaux problèmes environnementaux du pays sont liés à la consommation de l'eau et de l'énergie ainsi qu'à la production de déchets solides. Pour trouver une solution à ces problèmes, le x^e Plan de développement (2000-2006) fixe les secteurs prioritaires d'intervention, soit principalement le traitement des déchets et l'épuration des eaux résiduaires industrielles.

 TURQUIE	POPULATION : 72 320 000
	SUPERFICIE : 780 580 km ²
	NOMBRE D'ENTREPRISES CHIMIQUES : 1 093

La Turquie compte aujourd'hui une importante base industrielle qui représente 25,6 % du PIB. Le pays met en évidence son fort potentiel dans ce domaine et ses opportunités d'attrait significatives vis-à-vis de l'industrie étrangère. La diminution du poids de l'agriculture dans l'économie turque coïncide avec l'expansion rapide des secteurs industriels et des services. L'industrie représente 18,2 % des emplois.

Les principaux secteurs industriels turcs sont ceux liés aux activités de production manufacturière telles que l'industrie textile, numéro un des exportations, et l'industrie chimique.

Dans le secteur chimique, il convient de citer certains sous-secteurs comme la production pharmaceutique, qui présente l'une des plus fortes croissances du pays avec des taux annuels de 6-7 %, ou encore celui des engrais. L'industrie agrochimique, industrie clé pour la Turquie, laisse également présager de grandes réalisations en raison du vaste potentiel agricole du pays. Le secteur des cosmétiques et de la parfumerie est un secteur largement importateur qui touche aussi bien les produits manufacturés que les matières premières et l'équipement. Citons également la forte capacité de production des secteurs des colorants et des pigments, des phytosanitaires et des biocides, des médicaments de base, des fragrances et des arômes, des additifs et des surfactants, qui comptabilisent au total 45 436 employés.

Le secteur environnemental est considéré comme hautement prioritaire par le gouvernement turc. La rapide industrialisation du pays a entraîné des problèmes environnementaux complexes, avec des répercussions sur l'environnement ainsi que sur la prestation des services publics correspondants : gestion des déchets solides, alimentation en eau potable, traitement des eaux résiduaires et distribution de l'énergie. Parallèlement à cela, le développement de la production industrielle est également à l'origine de dérèglements écologiques, liés notamment à l'accentuation de la pollution atmosphérique et de l'eau ainsi qu'à l'augmentation des déchets solides industriels. On constate des insuffisances au niveau des systèmes de traitement des eaux résiduaires (réseaux d'égouts et usines de traitement), des investissements dans les décharges publiques ou les centres de traitement des déchets.

Le ministère de l'Environnement, fondé en 1991, a mis en évidence l'importance des questions environnementales. Il est actuellement en phase d'adoption rapide de lois sur l'environnement comparables à celles des pays de l'Union européenne. En outre, il est à l'origine de la loi sur l'environnement et a créé la Fondation turque pour l'environnement.

3. DESCRIPTION DES PRINCIPALES PHASES DE PROCESSUS ET DES OPÉRATIONS DE L'INDUSTRIE CHIMIQUE ET ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX ASSOCIÉS

L'industrie chimique a des répercussions sur l'environnement dans les domaines de l'eau, de l'air et des sols. Les types de polluants produits par une usine chimique dépendent de la nature des matières premières utilisées, des processus de production et des processus auxiliaires, de l'équipement, de l'organisation des tâches (qu'il s'agisse de tâches d'entretien ou de production), etc.

En outre, les émissions polluantes d'une installation peuvent énormément varier au cours d'une même journée ou au sein d'une équipe en fonction de l'opération ou de la phase du processus concernée. Par exemple, dans le cas des procédés par « batch » (discontinus ou par lots) dans des récipients fermés, les émissions de polluants vont plutôt avoir lieu au début et à la fin (lors du chargement, du déchargement et des opérations de transfert). Le tableau ci-dessous présente les émissions courantes et communes aux différentes opérations.

Tableau 3.1. Émissions les plus courantes de l'industrie chimique communes aux différentes opérations

TYPES D'ÉMISSIONS	SOURCES DES ÉMISSIONS
Gaz, composés volatils et particules	<p>Sources d'émissions ponctuelles : cheminées de processus et d'activités auxiliaires tels que les chaudières, les événements (des unités de distillation, des cuves de stockage, des réacteurs, etc.), les opérations de chargement et de déchargement (de matières premières, de procédés, etc.).</p> <p>Sources d'émissions diffuses : pompes, valves, échantillonnages, fermetures mécaniques, cuves ouvertes, déversoirs, etc.</p> <p>Émissions secondaires : épurateurs d'eaux résiduelles, tours de refroidissement, égouts et bouches d'égout, déversements, fuites, etc.</p>
Eaux résiduelles, déchets liquides	Équipement de lavage à solvants/à l'eau, échantillons, produits chimiques résiduels, produits de purification/cristallisation, eaux de lavage des gaz (laveurs), eau de refroidissement, courants de vapeur, pompes sous vide, fuites, rejets, solvants usés, nettoyage des sols, huiles usées, etc.
Déchets solides	Catalyseurs usés, filtres usagés, boues, boues d'épuration, produits hors spécifications, produits/matières premières périmés, matériaux d'emballage, résines et charbon usés, etc.
Pollution des sols	Rejets au sol (sans canalisation), fuites, déversements, zones de stockage, conduites souterraines, conduites aériennes, zones de chargement et de déchargement sans cuvette de rétention, etc.

Outre la production de polluants, il faut également tenir compte d'autres aspects environnementaux associés à l'industrie chimique, notamment les aspects liés à la consommation des ressources, et en particulier l'eau et l'énergie.

L'industrie chimique utilise et produit une quantité énorme de produits chimiques extrêmement variés, ce qui rend le secteur encore plus complexe. La principale caractéristique des secteurs étudiés dans ce guide est qu'ils produisent des petites quantités de façon discontinue, permettant ainsi la fabrication de divers produits dans une même usine. En outre, ce secteur inclut des sous-secteurs complexes aux activités très diversifiées qui n'ont que peu à voir les uns avec les autres.

On constate que le secteur chimique est intégré par de nombreux sous-secteurs aux procédés bien différenciés. D'une part, on trouve la chimie élémentaire, dédiée à la fabrication de produits (principalement dérivés du pétrole) et à l'obtention de produits inorganiques (notamment les acides inorganiques et leurs dérivés ou les gaz industriels). La fabrication de polymères, de matières premières plastiques, de caoutchouc, de latex synthétiques et de fibres artificielles et synthétiques fait également partie de la chimie élémentaire.

Le deuxième sous-secteur est celui de la chimie de transformation, que l'on peut diviser en quatre branches principales d'activité : l'**agrochimie**, qui fabrique des produits destinés à l'agriculture, essentiellement des engrais et des produits phytosanitaires ; la **chimie industrielle**, qui englobe les produits semi-élaborés et les produits finis destinés à d'autres industries ; la **chimie fine**, qui fabrique des produits à la structure hautement complexe et à forte valeur ajoutée, et qui demandent des techniques synthétiques élaborées ; et enfin la **chimie de consommation**, qui fabrique les produits finaux directement destinés à l'utilisateur.

Si l'hétérogénéité du secteur se manifeste également dans le cadre de la mise en place d'une ligne de processus de production unique, il est possible de définir un système d'opérations communes pour l'ensemble du secteur :

- stockage des matières premières, produits intermédiaires et finis ;
- chargement et déchargement des matières premières et des produits chimiques ;
- production :
 - dosage et pesage des matières,
 - chargement et déchargement des réacteurs ou des mélangeurs,
 - transport interne des produits,
 - réaction ou formulation,
 - séparation et purification,
 - conditionnement final ;
- opérations auxiliaires :
 - nettoyage,
 - conditionnement des eaux de procédé,
 - systèmes de refroidissement,
 - systèmes de chauffage,
 - traitement des eaux résiduaires,
 - traitement des émissions de gaz,
 - conditionnement des déchets.

Ces différentes opérations sont décrites ci-après.

3.1. STOCKAGE

Dans les usines chimiques, les produits chimiques, qu'il s'agisse de matières premières ou auxiliaires, de produits intermédiaires ou finis, sont déposés de manière ordonnée dans des zones spécifiques. Les opérations réalisées à l'occasion du stockage sont les suivantes :

- chargement et déchargement des produits ;
- transport des produits ;
- dépôt et/ou arrimage des produits ;
- prélèvement d'échantillons.

Le tableau ci-après décrit les aspects environnementaux les plus significatifs associés aux opérations de stockage.

Tableau 3.2. Aspects environnementaux liés au stockage de produits

ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX	
Émissions dans l'atmosphère	Émissions diffuses de composés organiques volatils et de gaz Émissions de particules Émissions dues aux ruptures ou au mauvais état des conteneurs, des bidons et des emballages Émissions des cuves, des valves, des pompes et des tuyaux
Rejets dans l'eau	Rejets accidentels Rejets des cuves, des valves, des pompes et des tuyaux Fuites des dépôts souterrains
Production de déchets	Résidus de produits, déversements Produits périmés, obsolètes et hors spécifications Matériaux d'emballage (plastiques, cartons, étiquettes, rubans adhésifs, etc.) Conteneurs, bidons et emballages déchirés et/ou vides
Pollution des sols	Déversements accidentels sur des sols sans revêtement Rejets des cuves, des valves, des pompes et des tuyaux Fuites des dépôts souterrains

L'entreposage des produits dans le dépôt doit répondre à un ensemble de conditions :

- établissement de zones séparées pour les produits inflammables, toxiques, corrosifs, comburants, les gaz, etc. ;
- respect des distances de sécurité permettant un accès facile aux produits ;
- respect des distances séparant les produits des bâtiments, des unités de processus et des chaudières ;
- les produits doivent être étiquetés et facilement identifiables ;
- les récipients réservés aux substances liquides doivent être équipés de cuvettes de rétention de taille adaptée ;
- le dépôt doit être équipé de telle façon que les déversements n'affectent pas le reste des locaux (systèmes de drainage) ;
- le prélèvement d'échantillons doit être effectué dans une cabine à flux laminaire ;
- séparer les déchets incompatibles et les installer à distance les uns des autres dans le dépôt :
 - oxydants-réducteurs,
 - acides basiques,
 - déchets sensibles à l'eau des prélèvements ou des conduites.

Le schéma suivant illustre le stockage des matières premières.

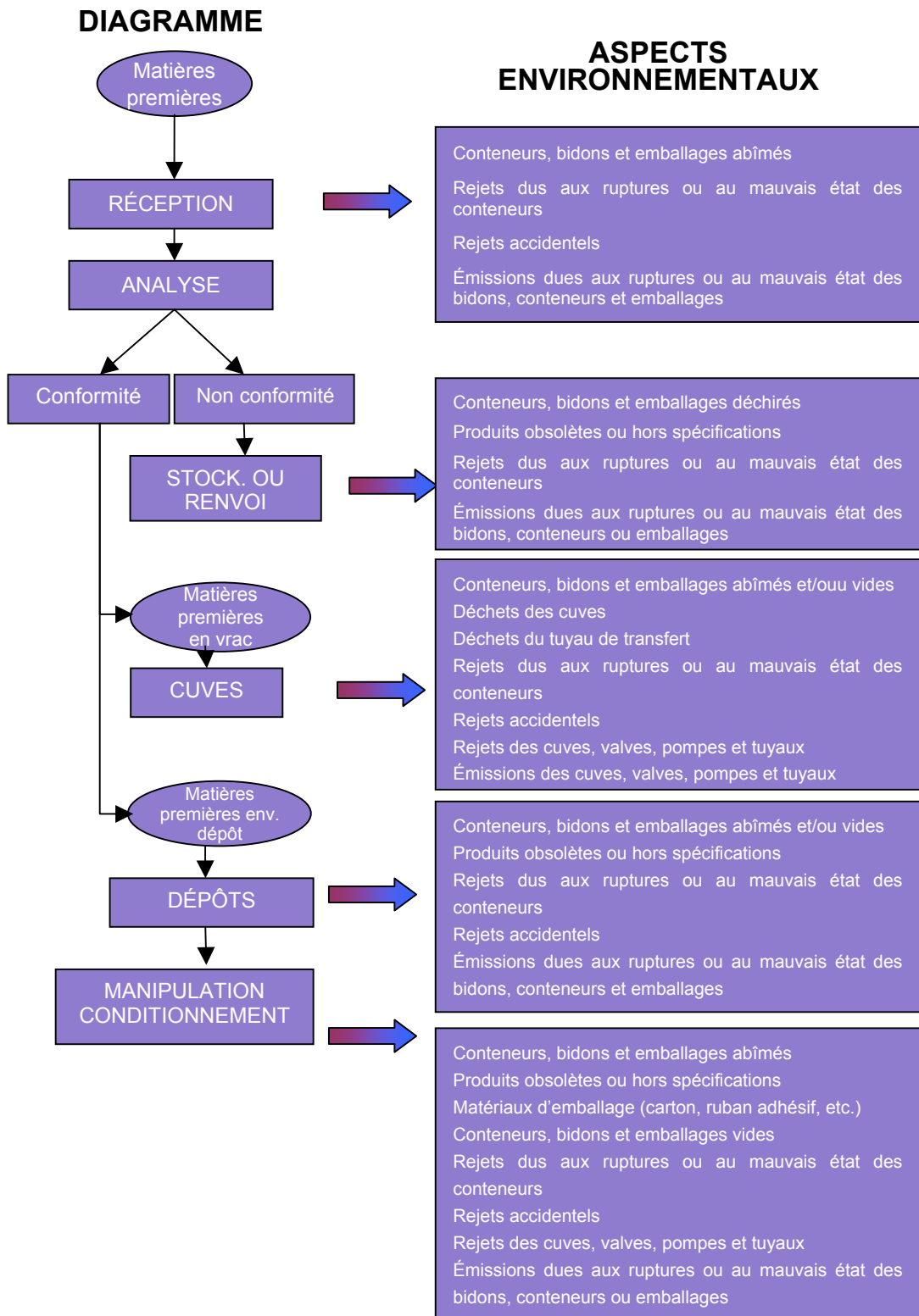


Figure 3.1. Schéma des aspects environnementaux liés au stockage des produits

3.2. CHARGEMENT ET DÉCHARGEMENT DES PRODUITS

Les opérations de chargement et de déchargement des produits ont lieu dans différentes zones de l'usine chimique et comptent plusieurs processus :

- transfert entre les unités de transport et le dépôt ou vice-versa ;
- transfert entre les unités de stockage et les installations de procédé ;
- transfert entre des récipients fixes ou mobiles, lors de diverses phases du processus.

Le tableau ci-après récapitule les aspects environnementaux les plus significatifs liés à ces opérations.

Tableau 3.3 Aspects environnementaux liés au chargement/déchargement des produits

ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX	
Émissions dans l'atmosphère	Émissions diffuses de composés organiques volatils et de gaz Émissions de particules
Rejets dans l'eau	Déversements accidentels
Production de déchets	Résidus de produits, déversements
Pollution des sols	Déversements accidentels sur des sols sans revêtement

3.3. PRODUCTION

L'implantation et la conception de l'équipement et des installations dans l'usine de production favorisent le bon acheminement des matières, minimisent les pertes d'énergie, les déversements, les émissions, les erreurs et les accidents. Une structure qui facilite le nettoyage et le transport par gravité ou sur de courtes distances constitue un élément très important garantissant des procédés corrects.

De la même manière, le local de production doit être équipé d'une bouche d'égout permettant de collecter les éventuels déversements, de récupérer facilement le produit et/ou de l'envoyer vers l'installation d'épuration des eaux résiduaires, ainsi que d'une bouche de ventilation et d'extraction des gaz et des composés volatils permettant un transfert vers l'installation de traitement des émissions.

3.3.1. Mesure, pesage et dosage

Cette opération consiste à préparer les quantités précises de produit pour en alimenter des réacteurs ou des mélangeurs. Cette préparation s'effectue par pesage ou par mesure volumétrique (liquides), et les adjonctions, ou le dosage, peuvent être manuelles ou automatiques.

Le tableau ci-après récapitule les aspects environnementaux les plus significatifs liés à ces opérations.

Tableau 3.4. Aspects environnementaux liés à la mesure, au pesage et au dosage

ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX	
Émissions dans l'atmosphère	Émissions diffuses de composés organiques volatils et de gaz Émissions de particules
Rejets dans l'eau	Déversements
Production de déchets	Résidus de produits, déversements

3.3.2. Transport interne des produits

Le transport interne de produits chimiques entre les différentes unités s'effectue de deux façons :

- via des conduites (liquides et gaz) ;
- via des récipients mobiles, déplaçables jusqu'aux unités de production (liquides et solides).

Le tableau ci-après récapitule les aspects environnementaux les plus significatifs liés à ces opérations.

Tableau 3.5. Aspects environnementaux liés au transport interne des produits

ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX	
Émissions dans l'atmosphère	Émissions diffuses de composés organiques volatils et de gaz Émissions de particules
Rejets dans l'eau	Déversements
Production de déchets	Résidus de produits, déversements
Pollution des sols	Déversements accidentels sur des sols sans revêtement

3.3.3. Réaction et/ou formulation

La réaction ou la formulation constitue une étape fondamentale de la production chimique dans les installations recourant à des procédés discontinus. Bien que ce guide n'ait pas pour objectif d'analyser les opérations, les bonnes pratiques environnementales et les aspects environnementaux spécifiquement liés aux procédés de synthèse ou de formulation, nous pouvons toutefois mentionner quelques aspects environnementaux communs à ces opérations.

Tableau 3.6. Aspects environnementaux liés au chargement et au déchargement des produits

ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX	
Émissions dans l'atmosphère	Émissions diffuses de composés organiques volatils et de gaz
Rejets dans l'eau	Déversements Eaux résiduelles renfermant des résidus de produits
Production de déchets	Résidus de produits, déversements
Consommation d'énergie	Conditions extrêmes de pression et de température, vide

3.3.4. Opérations de séparation, de purification et de conditionnement final

L'obtention d'un produit ou d'un mélange de produits précis lors de l'étape de réaction ou de formulation est suivie d'une série d'opérations de séparation, de purification et de conditionnement final.

3.3.4.1. Opérations de séparation et de purification

Les opérations associées à la séparation et à la purification varient en fonction du type de technologie et du domaine d'application. Ainsi, il existe des technologies mécaniques et des technologies de diffusion correspondant à divers types de séparation. Le tableau ci-dessous présente ces technologies et leurs applications.

Tableau 3.7. Opérations de séparation et de purification

OPÉRATION		APPLICATION
Séparations mécaniques	Tamassage	Séparation solide-solide
	Filtration	Séparation solide-gaz
		Séparation solide-liquide
	Sédimentation	Séparation solide-liquide
		Séparation liquide-liquide
	Centrifugation	Séparation solide-liquide
		Séparation solide-gaz
Séparation liquide-liquide		
Séparation cyclonique	Séparation solide-gaz	
Séparations par diffusion	Distillation	Séparation liquide-liquide
	Décantation	Séparation liquide-liquide
	Extraction	Séparation des solutés par dissolution
	Cristallisation	Séparation solide-liquide
	Absorption	Séparation gaz-gaz
	Adsorption	Séparation gaz-gaz
	Lixiviation	Séparation solide-liquide

La section qui suit propose une brève description des opérations de séparation et de leurs impacts les plus significatifs sur l'environnement.

TAMISAGE : opération destinée à séparer les particules d'un mélange solide en fonction de leur taille. Elle consiste à faire passer les petites particules à travers une grille criblée d'orifices d'une taille donnée.

Les principaux aspects environnementaux liés au tamisage sont décrits ci-après.

Tableau 3.8. Aspects environnementaux liés au tamisage

ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX	
Émissions dans l'atmosphère	Émissions de particules Bruits et vibrations
Rejets dans l'eau	Eaux résiduelles renfermant des résidus des produits tamisés générés à l'occasion du nettoyage de l'équipement
Production de déchets	Résidus de produits tamisés déposés dans les machines Résidus de produits tamisés ne présentant pas le diamètre de particule adapté et ne pouvant être réutilisés dans le procédé
Énergie	Consommation d'énergie

FILTRATION : la filtration est une opération de séparation solide-fluide basée sur la rétention des particules dont la taille est supérieure à une valeur donnée via une grille filtrante. Cette opération permet de réutiliser le solide dans la suspension à filtrer, de diminuer l'aspect trouble d'un liquide ou d'éliminer les particules en suspension dans un gaz.

Les principaux aspects environnementaux de la filtration dépendent de la finalité de celle-ci. En fonction du procédé, les flux de déchets obtenus sont les fluides filtrés ou les solides retenus.

Tableau 3.9. Aspects environnementaux liés à la filtration

ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX	
Émissions dans l'atmosphère	Gaz filtrés COV des solvants utilisés
Rejets dans l'eau	Eaux mères de la filtration, si la fraction liquide est aqueuse Eaux de lavage des filtres renfermant des résidus de produits chimiques Effluents résiduels du filtrage et du lavage des gaz par voie humide (solutions basiques ou acides avec sels dissous)
Production de déchets	Gâteau de filtration ou résidus de solides retenus dans les filtres Filtres et matières absorbantes (celluloses, terres de filtration, synthétiques) renfermant des résidus de produits chimiques Solvants organiques du filtrage, si la fraction liquide est un solvant

SÉDIMENTATION : opération de séparation solide-liquide ou liquide-liquide au cours de laquelle les particules se séparent en raison de la différence de densité entre les deux phases présentes. L'objectif de la sédimentation est de concentrer les particules solides ou d'obtenir un liquide sans particule solide.

Les principaux aspects environnementaux de la sédimentation dépendent de la finalité de celle-ci.

Tableau 3.10. Aspects environnementaux liés à la sédimentation

ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX	
Émissions dans l'atmosphère	Évaporation du liquide, si celui-ci est volatil
Rejets dans l'eau	Liquide à séparer si l'on souhaite épaissir un solide Eaux résiduelles renfermant des résidus de produits chimiques
Production de déchets	Quantités considérables de boues

CENTRIFUGATION : cette opération consiste à séparer deux phases de densité relativement similaire en créant un champ de force centrifuge via un système mécanique de rotation. Il existe différents dispositifs de centrifugation permettant d'effectuer des séparations spécifiques :

- Centrifugeurs : il s'agit de filtres centrifuges utilisés pour séparer les solides d'un liquide. Ils produisent des fractions résiduelles solides et liquides qui, en fonction de leur composition, sont destinées à divers emplois.
- Cyclones : dispositifs statiques dans lesquels un mélange de particules en suspension dans un gaz est soumis à une force centrifuge par action de sa propre énergie cinétique.

Le tableau ci-après récapitule les principaux aspects environnementaux liés aux centrifugeurs et aux cyclones.

Tableau 3.11. Aspects environnementaux liés à la centrifugation

ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX	
Émissions dans l'atmosphère	Bruits et vibrations de l'équipement Émissions de COV des solvants utilisés
Eaux résiduelles	Eaux mères de la centrifugation, si la fraction liquide est aqueuse Eaux de nettoyage de l'équipement
Production de déchets	Matière solide déposée sur le revêtement intérieur ou dans le tambour du centrifugeur Solvants organiques de la centrifugation, si la fraction liquide est un solvant
Énergie	Consommation énergétique élevée, particulièrement dans les opérations d'accélération

SÉPARATION CYCLONIQUE : le cyclone est l'un des dispositifs les plus courants dans le cadre des opérations de séparation des particules solides d'un courant gazeux. On peut également recourir à ce système pour séparer solides et liquides. La structure de l'équipement est d'une grande simplicité, celui-ci étant équipé de parties mobiles et ne demandant que peu d'entretien. L'utilisation des forces centrifuges au lieu des forces de gravité augmente considérablement la vitesse de sédimentation des particules, ce qui permet d'obtenir une meilleure séparation.

Tableau 3.12. Aspects environnementaux liés à la séparation par cyclone

ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX	
Émissions dans l'atmosphère	Bruits et vibrations de l'équipement Émissions de particules fines
Production de déchets	Particules volumineuses

DISTILLATION : séparation de deux composants ou plus d'un mélange liquide en exploitant la différence entre les diverses pressions de vapeur. L'opération consiste à chauffer le liquide jusqu'à ce que ses composants les plus volatils se transforment en vapeur, puis à refroidir cette vapeur afin de récupérer les composants sous forme liquide par condensation. Le principal objectif de la distillation est l'obtention du composant le plus volatil sous forme pure. Cette opération permet également le processus inverse, à savoir le transfert des polluants de poids moléculaire élevé dans les queues de distillation et la récupération de la fraction distillée.

Le tableau ci-après décrit les principaux aspects environnementaux liés à la distillation.

Tableau 3.13. Aspects environnementaux liés à la distillation

ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX	
Émissions dans l'atmosphère	Émissions dans l'atmosphère des produits distillés, si ceux-ci présentent une volatilité élevée et que le système de refroidissement n'est pas efficace Vapeurs de distillation non condensées et gaz non condensables Vapeur d'eau des tours des systèmes de refroidissement en circuit fermé Évaporation de COV dans les opérations de nettoyage aux solvants
Eaux résiduelles	Eau de refroidissement chaude issue des circuits de refroidissement ouverts Eaux contenant des résidus de produits chimiques des opérations de nettoyage à l'eau ou à la vapeur
Déchets	Têtes, queues (si fonctionnement en continu) ou fonds de distillation (si fonctionnement en discontinu) avec charge organique élevée Solvants sales issus des opérations de nettoyage
Énergie	Consommation énergétique élevée due au chauffage du liquide à distiller
Ressources	Consommation d'eau élevée si fonctionnement avec des circuits de refroidissement ouverts

DÉCANTATION : la décantation consiste à séparer les composants contenant différentes phases (par exemple, deux liquides qui ne se mélangent pas, un mélange solide-liquide, etc.) s'il existe une différence significative entre les densités des phases. La séparation s'effectue en versant la phase supérieure (moins dense) ou inférieure (plus dense).

Tableau 3.14. Aspects environnementaux liés à la décantation

ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX	
Émissions dans l'atmosphère	Évaporation de liquide, si celui-ci est volatil
Eaux résiduaires	Si l'un des liquides à séparer est un déchet indésirable

EXTRACTION : séparation basée sur la dissolution d'un ou plusieurs composants d'un mélange (liquide ou composants faisant partie d'un solide) dans un solvant sélectif. On fait la distinction entre l'extraction solide-liquide et l'extraction liquide-liquide. Dans le cas de l'extraction liquide-liquide, il est important que les liquides ne soient pas miscibles.

Les opérations d'extraction peuvent produire deux types d'effluents selon que l'on soit en présence d'une fraction organique ou aqueuse. Le tableau suivant décrit les principaux aspects environnementaux liés à l'extraction liquide-liquide.

Tableau 3.15. Aspects environnementaux liés à l'extraction

ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX	
Émissions dans l'atmosphère	Émissions de COV des solvants utilisés
Eaux résiduaires	Solutions aqueuses salines Eaux contenant des résidus de solvants organiques
Production de déchets	Solvants organiques sales, avec d'autres solvants organiques dissous Interphases aqueuses contenant des résidus de solvants organiques

LIXIVIATION : la lixiviation est l'extraction solide-liquide où le composant extrait du solide est réutilisable.

Le tableau suivant décrit les principaux aspects environnementaux liés à la lixiviation.

Tableau 3.16. Aspects environnementaux liés à la lixiviation

ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX	
Émissions dans l'atmosphère	Émissions de COV des solvants utilisés
Eaux résiduaires	Liquide extracteur après séparation de l'élément souhaité
Déchets	Solide épuisé

CRISTALLISATION : formation de particules solides cristallines au sein d'une phase homogène, habituellement une formation de solides cristallins dans des solutions liquides sursaturées. On utilise la cristallisation pour obtenir un degré de pureté bien précis du produit.

Le tableau ci-après décrit les principaux aspects environnementaux de la cristallisation.

Tableau 3.17. Aspects environnementaux liés à la cristallisation

ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX	
Émissions dans l'atmosphère	Bruits et vibrations de l'équipement Émissions de COV des solvants utilisés
Production d'eaux résiduelles	Eaux mères de procédé Eaux de nettoyage de l'équipement
Énergie	Consommation énergétique élevée

ABSORPTION : cette opération consiste à mettre un gaz en contact étroit avec un liquide afin que celui-ci dissolve des composants du gaz bien précis. L'opération inverse est la désorption (stripping), où un gaz dissous dans un liquide est entraîné par un gaz inerte.

Le tableau qui suit décrit les principaux aspects environnementaux liés à l'absorption.

Tableau 3.18. Aspects environnementaux liés à l'absorption

ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX	
Émissions dans l'atmosphère	Dans le cas du stripping, gaz inerte avec élément absorbé

ADSORPTION : élimination de certains composants d'une phase fluide par l'intermédiaire d'un solide qui les retient. L'adsorption est un phénomène de surface, seuls les solides présentant une surface spécifique élevée sont considérés comme de bons adsorbants : charbon actif, gel de silice, etc.

Le tableau suivant décrit les principaux aspects environnementaux liés à l'adsorption.

Tableau 3.19. Aspects environnementaux liés à l'adsorption

ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX	
Émissions dans l'atmosphère	Gaz, vapeur d'eau ou air utilisé pour la régénération
Eaux résiduelles	Liquide
Déchets	Solides adsorbants colmatés (régénération)

3.3.4.2. Conditionnement final

L'objectif des opérations de conditionnement final est de faire en sorte que le produit final réponde aux conditions requises d'humidité, de taille de particule, de présentation, etc.. Cette section propose une description des opérations de conditionnement les plus courantes.

BROYAGE : opération dont l'objectif est de réduire la taille des éléments constitutifs d'un solide, en soumettant les morceaux de matière à des épreuves de compression, d'impact, de coupe, de cisaillement et de friction.

MICRONISATION : type de broyage qui permet d'obtenir un solide très fin.

Le tableau suivant recense les principaux aspects environnementaux liés au broyage et à la micronisation.

Tableau 3.20. Aspects environnementaux liés au broyage et à la micronisation

ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX	
Émissions dans l'atmosphère	Bruits et vibrations de l'équipement Émission de particules
Eaux résiduaires	Eaux de nettoyage de l'équipement
Déchets	Résidus de produit dans l'équipement

SÉCHAGE : réduction de la teneur en eau ou de tout autre liquide contenu dans un solide.

ATOMISATION : type de séchage qui consiste à mettre brusquement en contact une suspension de solide (sous forme de particules) avec de l'air chaud à haute température, dans un système à cyclone. L'eau contenue dans le solide est soudainement vaporisée et on obtient un solide hautement poreux.

Le tableau qui suit décrit les principaux aspects environnementaux liés au séchage et/ou à l'atomisation.

Tableau 3.21. Aspects environnementaux liés à l'atomisation et au séchage

ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX	
Émissions dans l'atmosphère	Bruits et vibrations de l'équipement Émissions de COV des solvants utilisés
Eaux résiduaires	Eaux de nettoyage de l'équipement
Déchets	Résidus de produits dans l'équipement Solvants organiques évaporés puis condensés
Énergie	Consommation énergétique élevée

EMBALLAGE : opération qui consiste à placer le produit dans le récipient le mieux adapté à sa commercialisation, à son transport et à son utilisation. Le type d'emballage et d'opération dépend de la nature du produit, c'est-à-dire de son caractère solide, liquide ou gazeux.

Le tableau suivant recense les principaux aspects environnementaux liés à cette opération.

Tableau 3.22. Aspects environnementaux liés à l'emballage

ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX	
Émissions dans l'atmosphère	Émission de particules Émission de gaz Émissions de COV des solvants utilisés
Eaux résiduaires	Eaux de nettoyage de l'équipement
Déchets	Résidus de produits dans l'équipement
Énergie	Consommation énergétique élevée, en particulier dans les opérations d'accélération

3.4. NETTOYAGE DES INSTALLATIONS, DE L'ÉQUIPEMENT ET DES CONDUITES

Ces fabrications multiples exigent un système de nettoyage garantissant l'absence de toute trace du produit fabriqué antérieurement avant de passer à la production suivante. Certains secteurs, notamment le secteur pharmaceutique, imposent une vigilance particulière quant au fait que les résidus de produits actifs ne puissent influencer sur les produits de la fabrication suivante, limitant généralement la quantité de produits rémanents à moins de 10 pièces par million de pièces produites dans le processus suivant, ce qui implique des opérations de nettoyage parfaitement établies. Le nettoyage des installations est donc une opération importante dans ce secteur.

Le nettoyage des réacteurs, des centrifugeurs et des tamis s'effectue à l'aide d'eau, de soude, d'acide chlorhydrique, d'acétone, de solvants spécifiques et de vapeur en fonction de l'équipement ou des substances à nettoyer. On termine généralement par un rinçage à l'eau ou, si l'équipement doit être sec, en passant un solvant organique. Le nettoyage terminé, les eaux sont transférées dans l'unité de traitement des eaux résiduaires de l'usine.

Le tableau ci-après décrit les aspects environnementaux courants liés aux opérations de nettoyage.

Tableau 3.23. Aspects environnementaux liés aux opérations de nettoyage

ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX	
Émissions dans l'atmosphère	Émissions diffuses de composés organiques volatils, notamment si des solvants ont été utilisés pour le nettoyage
Eaux résiduaires	Eaux résiduaires contenant des résidus de produits et d'agents utilisés lors du nettoyage (détergents, solvants, etc.) Déversements
Déchets	Résidus de produit solide, des nettoyages à sec Déversements

3.5. CONDITIONNEMENT DES EAUX DE PROCÉDÉ

La majeure partie des industries chimiques basées sur des procédés discontinus doit appliquer un traitement de conditionnement de l'eau qui sera utilisée dans les différents procédés. Les techniques les plus courantes sont la décalcification et/ou la désionisation via l'utilisation de résines d'échange ionique et l'osmose inverse.

Le tableau qui suit décrit les aspects environnementaux généralement liés au conditionnement.

Tableau 3.24. Aspects environnementaux liés au conditionnement de l'eau

ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX	
Eaux résiduaires	Eaux résiduaires à forte teneur saline Déversements
Déchets	Membranes usagées Déchets d'emballage des réacteurs et des additifs
Énergie	Consommation énergétique élevée en fonction des techniques de conditionnement utilisées

3.6. SYSTÈMES DE PRODUCTION D'ÉNERGIE, REFROIDISSEMENT, CHAUFFAGE ET RÉCUPÉRATION DE CHALEUR

La production d'énergie est l'une des opérations auxiliaires indispensables dans l'industrie chimique.

Les combustibles les plus couramment utilisés dans la production d'énergie sont le gazole ou le fioul ainsi que le gaz naturel, que ce soit pour la production d'énergie thermique (sous forme d'eau chaude ou de vapeur) ou d'énergie électrique (équipements de refroidissement, fonctionnement des équipements, éclairage, ventilation, etc.). Dans certains cas, l'électricité est produite sur place, dans des installations de cogénération, qui utilisent généralement du gaz naturel comme source d'énergie.

Dans le cadre du refroidissement de l'équipement, l'eau est la ressource la plus utilisée pour refroidir les fluides et les agents de réaction ou de formulation, via des systèmes d'échange de chaleur. On utilise des tours de refroidissement pour le refroidissement de l'eau.

En règle générale, les systèmes de refroidissement sont adoptés seulement quand la chaleur résiduelle a été minimisée et que toutes les possibilités de réutilisation énergétique ont été exploitées.

On a parfois recours à des températures de refroidissement inférieures à zéro degré, notamment pour contrôler des réactions très exothermiques ou pour condenser des composés très volatils. Pour obtenir des températures inférieures à zéro, on procède au refroidissement par compression à l'aide de saumures ou de glycols refroidis ; pour obtenir des températures inférieures à - 40°C, on procède à un refroidissement à l'azote liquide.

Le chauffage s'effectue à l'aide de vapeur/d'eau chaude ou d'huile thermique par le biais d'échangeurs de chaleur. Produire la source de chaleur demande évidemment une source d'énergie primaire, qu'il s'agisse de combustible fossile pour générer de la vapeur dans la chaudière ou d'énergie électrique pour chauffer l'huile thermique. La chaleur résiduelle résultant des opérations de chauffage est réutilisée dans le cadre d'autres opérations nécessitant une chaleur moindre.

Comme nous l'avons vu, l'équipement le plus utilisé en matière de refroidissement et de chauffage est l'échangeur de chaleur. Du point de vue technique comme environnemental, ce type d'équipement doit être conçu conformément aux critères suivants :

- conception adaptée à un échange de chaleur efficace ;
- construction adéquate afin de prévenir la pollution du liquide de refroidissement par le fluide de processus ;
- sélection du matériau adéquat pour un transfert thermique efficace, une résistance à la corrosion en présence d'eau et en fonction du milieu du procédé ;
- possibilité d'utiliser les dispositifs mécaniques du nettoyage.

Le tableau suivant décrit les aspects environnementaux généralement liés à ces opérations.

Tableau 3.25. Aspects environnementaux liés aux opérations de production d'énergie, de refroidissement et de chauffage

ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX	
Émissions dans l'atmosphère	Émissions de gaz réfrigérants, d'ammoniaque, de CFC Émissions de particules Émissions de gaz à effet de serre Émissions de SO ₂ , CO, CO ₂ provenant des chaudières
Eaux résiduaires	Rejets des eaux de refroidissement et issues des chaudières, purges
Déchets	Huile thermique épuisée
Énergie	Consommation énergétique élevée en vue de produire la source de chaleur et/ou de froid
Ressources	Consommation d'eau Consommation de combustibles fossiles non renouvelables en vue de produire la source de chaleur et/ou de froid
Sols	Dépôts enterrés de combustibles (fioul)

3.7. INSTALLATIONS DE TRAITEMENT ET D'ÉPURATION DES EAUX RÉSIDUAIRES

La grande majorité des usines du secteur chimique dispose d'installations de traitement des eaux résiduaires en bout de ligne. En raison de la grande diversité des eaux résiduaires produites par ce secteur, les traitements reçus sont également très variés en fonction des polluants spécifiques présents dans les eaux.

Il est parfois impossible de procéder à un traitement *in situ* de certains effluents, ce qui oblige à une gestion externe en tant que déchets.

Le tableau ci-après présente les aspects environnementaux liés à l'épuration des eaux.

Tableau 3.26. Aspects environnementaux liés aux installations de traitement et d'épuration des eaux résiduaires

ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX	
Émissions dans l'atmosphère	Émissions diffuses de COV
Eaux résiduaires	L'effluent résiduaire lui-même
Déchets	Production de déchets solides ou pâteux résultant de l'épuration (boues d'épuration)
Énergie	Consommation élevée en fonction de la technique d'épuration employée
Sols	Déversements accidentels sur des sols sans revêtement Rejets des cuves, des valves, des pompes et des tuyaux Débordements causés par des pluies torrentielles Fuites des dépôts enterrés

3.8. INSTALLATIONS DE TRAITEMENT DES ÉMISSIONS ATMOSPHÉRIQUES

Les installations de traitement des émissions atmosphériques des industries du secteur chimique sont très variées : elles dépendent du ou des composés émis. Les émissions les plus courantes sont celles de gaz acides (acide chlorhydrique, sulfhydrique, etc.) d'alcalins (ammoniaque), de composés organiques volatils, de particules, etc. La technologie appliquée varie donc en fonction des caractéristiques de l'émission.

Les aspects environnementaux liés aux installations de traitement du gaz sont également très variés ; le tableau qui suit en présente quelques exemples.

Tableau 3.27. Aspects environnementaux liés aux installations de traitement des émissions atmosphériques

ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX	
Émissions dans l'atmosphère	L'émission de gaz et de particules elle-même
Eaux résiduaires	Eaux du lavage du gaz
Déchets	Déchets solides des filtres de particules
Énergie	Consommation d'énergie
Ressources	Consommation d'eau

3.9. CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS

L'industrie chimique produit divers types de déchets, solides, aqueux et des solvants usés. Le traitement *in situ* des déchets n'est pas très fréquent dans les industries du secteur chimique et on procède généralement à une gestion externe de ces déchets.

Cependant, certaines opérations de gestion, notamment l'incinération et la réutilisation énergétique, peuvent être mises en place dans l'usine même. Ceci s'applique plus particulièrement aux déchets à haut pouvoir calorifique de type solvants. L'incinération et d'autres opérations, par exemple le séchage thermique de certains déchets en vue de minimiser leur volume, et par conséquent de

réduire les coûts de leur gestion externe, engendrent des aspects environnementaux à prendre en compte.

Tableau 3.28. Aspects environnementaux liés au conditionnement des déchets

ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX	
Émissions dans l'atmosphère	Émissions de composés organiques volatils Émissions de particules Émissions de gaz
Eaux résiduelles	Déversements, nettoyage de l'équipement Eaux de lavage du gaz de l'installation d'incinération
Déchets	Le déchet traité lui-même
Énergie	Consommation d'énergie
Sols	Déversements accidentels sur des sols sans revêtement Rejets des cuves, des valves, des pompes et des tuyaux Fuites des dépôts enterrés

3.10. CONSOMMATION D'EAU

L'eau est la ressource la plus consommée dans l'industrie chimique. Les sources d'obtention de cette ressource sont variées et vont de l'exploitation d'aquifères (puits) à la consommation directe de l'eau du réseau de distribution. En outre, bon nombre des procédés de l'industrie chimique incorporent de l'eau dans le produit final.

En règle générale, l'eau consommée dans l'industrie chimique est issue des opérations suivantes :

- nettoyage ;
- refroidissement ;
- processus lui-même (formulations ou synthèses en milieu aqueux) ;
- équipements auxiliaires : pompes à vide à anneau liquide, condensateurs d'eau en circuit ouvert, éjecteurs, etc. ;
- fabrication de produits en base aqueuse (incorporation dans le produit final).

Les aspects environnementaux de la consommation de l'eau sont liés aux impacts produits par la consommation même des divers milieux hydriques exploités.

3.11. CONSOMMATION D'ÉNERGIE

La majeure partie des opérations décrites dans les sections précédentes implique une consommation d'énergie.

Toutefois, la plus forte consommation énergétique est liée aux opérations requérant des températures élevées et aux étapes de refroidissement.

Les aspects environnementaux de la consommation énergétique sont liés aux impacts produits par la consommation même des ressources énergétiques non renouvelables.

4. GESTION ET CONTRÔLE DES ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX ET TECHNIQUES APPLIQUÉS

Dans le chapitre précédent, nous avons décrit les diverses opérations et étapes des processus les plus courants dans le secteur chimique. Nous avons vu que chacune de ces opérations se répercute sur l'environnement, sous forme d'émissions atmosphériques, de rejets des eaux résiduelles, de déchets ou de consommation des ressources et de l'énergie.

Dans ce chapitre, nous allons analyser la gestion et le contrôle mis en place par les industries du secteur en réponse aux impacts associés à chacun des aspects environnementaux. Nous détaillerons également les meilleures techniques disponibles (MTD) applicables en la matière.

4.1. EAUX RÉSIDUELLES : PRODUCTION ET GESTION

Les industries du secteur chimique produisent des courants d'eaux résiduelles issus de diverses sources :

- eaux de procédé ;
- laveuses ;
- colonnes de désionisation ou équipements réservés aux traitements spécifiques de l'eau (biocides, chaux, inhibiteurs de corrosion, etc.) ;
- lavage des filtres entraînant des résidus de particules solides ;
- désinfection ou lavage de l'équipement ;
- lavage de l'infrastructure ou des déversements ;
- queues de distillation ;
- pompes à vide à anneau liquide ;
- eaux pluviales polluées et déversements.

Une bonne gestion de la production des eaux résiduelles passe d'abord par la prévention ou la minimisation des rejets et par la canalisation, dans la mesure du possible, des déversements accidentels. Aussi, il convient de souligner que la principale option consiste à minimiser les sources de production des eaux résiduelles, en réduisant au maximum la consommation de l'eau et en essayant d'optimiser la production en vue d'éviter les lavages.

Les émissions d'eaux fortement polluées représentent 10-30 % du total des eaux résiduelles. La charge polluante du reste de l'eau est généralement assez faible. L'une des techniques de référence permettant de réduire l'impact sur l'environnement dans ce secteur est la ségrégation des divers courants en vue d'appliquer le traitement le plus adapté à chacun d'eux. Il s'agit d'introduire un traitement personnalisé de chaque courant avant le traitement centralisé de l'effluent commun.

Le traitement le plus répandu est l'homogénéisation ainsi que le traitement physico-chimique et biologique, même s'il faut parfois appliquer des traitements spécifiques avant ou après le traitement principal afin d'éliminer certains déchets des eaux résiduelles qui n'ont pas été détruits au cours de l'épuration. Ainsi, toute activité biocide des produits ou des composés non biodégradables des eaux

doit être traitée de façon spécifique avant leur entrée dans la station d'épuration des eaux résiduaires (EDAR) afin de ne pas affecter la biomasse de la station d'épuration. Il est parfois nécessaire de retraiter les eaux déjà traitées dans la station, en raison de la présence de polluants de type sels, couleur, DCO réfractaire, etc.

Le traitement adéquat des eaux résiduaires de l'industrie chimique exige donc la mise en place des opérations suivantes :

- séparation des courants pollués et des courants non pollués ;
- identification de chaque flux séparé ;
- détermination des technologies de traitement les mieux adaptées à chaque effluent.

Le tableau ci-dessous indique les meilleures technologies disponibles les plus couramment utilisées dans le traitement des eaux résiduaires ainsi que leur application la plus adéquate.

Tableau 4.1. Techniques les plus courantes de traitement des eaux résiduaires

TECHNIQUE	APPLICATIONS	OBSERVATIONS
Sédimentation	DCO solide Solides en suspension Métaux lourds non dissous Granulats	<ul style="list-style-type: none"> • Prétraitement afin de séparer les solides en suspension facilement décantables • Clarification des eaux de procédé : solides en suspension ou floccs
Dégrossissage	Séparation des solides volumineux	<ul style="list-style-type: none"> • Prétraitement au cours duquel on utilise divers dispositifs de dégrossissage équipés d'orifices de différentes tailles : grilles, filtres rotatifs, tamis statiques, etc.
Filtration	DCO non dissoute Solides en suspension Métaux lourds non dissous	<ul style="list-style-type: none"> • Séparation des solides plus fins que la sédimentation • Risque de colmatage des filtres si les solides sont trop fins
Flottation	DCO non dissoute Solides en suspension Métaux lourds non dissous Huiles et graisses	<ul style="list-style-type: none"> • Séparation des huiles, graisses et solides flottants • Induction d'air via la cavitation en vue d'accélérer la flottation • Parfois, ajout de réactifs chimiques (coagulants et floculants) afin de favoriser la flottation • Les matières séparées sont récupérables
Traitement physico-chimique : floculation coagulation et précipitation	DCO non dissoute ou coagulable Solides en suspension Métaux lourds	<ul style="list-style-type: none"> • Précipitation des métaux • Élimination de la matière en suspension via l'ajout de floculants et de coagulants • Technique idéale pour les débits élevés en raison d'un coût relativement peu élevé • Le rendement de la diminution des solides en suspension peut dépasser 90 % ; la diminution de la DCO est plus faible car seule la DCO insoluble est éliminée • Coût d'exploitation parfois élevé en raison de la consommation de réactifs

TECHNIQUE	APPLICATIONS	OBSERVATIONS
Microfiltration / Ultrafiltration	Dispersion de solides Émulsions Faibles concentrations de solides en suspension DCO non dissoute	<ul style="list-style-type: none"> • Capacité de séparation des particules colloïdales • Permet de réutiliser le perméat ; la quantité de déchets est très faible (moins de 5 %) • La sélection des membranes doit s'effectuer en fonction de l'eau à traiter • Le rendement d'élimination des solides en suspension atteint quasiment 100 % ; la DCO non dissoute reste inchangée
Oxydation chimique avancée (peroxydes, Fenton, ozonation, etc.)	DCO DCO réfractaire AOX Phénols Composés actifs	<ul style="list-style-type: none"> • Grande capacité d'élimination des polluants via H₂O₂ + sels de fer ou UV, O₃, O₃ + UV, Cl₂, ClO₂, OCl⁻, eau supercritique, O₂, etc. • Dans certains cas, les conditions de réaction sont extrêmes • Capables d'éliminer la DCO réfractaire
Nanofiltration / Osmose inverse	DCO DCO réfractaire AOX Phénols Composés actifs Sels	<ul style="list-style-type: none"> • Séparation des ions par perméation à travers une membrane • Requiert généralement une microfiltration préalable • Permet de réutiliser l'eau de sortie • Le rejet est relativement important (> à 30 %), ce qui produit un déchet à gérer de façon adaptée • Pressions de fonctionnement et consommation énergétique élevées
Adsorption sur charbon actif	DCO DCO réfractaire AOX COV Composés actifs	<ul style="list-style-type: none"> • Capacité d'élimination des odeurs, de la couleur, des composés non biodégradables et toxiques • Bonne technique d'affinage mais qui s'avère onéreuse dans le cadre de l'élimination de grandes concentrations de charge polluante
Échange ionique	Composés ioniques Métaux	<ul style="list-style-type: none"> • Substitution des ions polluants dans les résines • La régénération des résines produit un flux de déchets à forte teneur en sels
Extraction	DCO DCO réfractaire AOX	<ul style="list-style-type: none"> • Transfert d'un polluant à un solvant avec possibilité de récupération
Distillation / rectification	DCO DCO réfractaire AOX COV	<ul style="list-style-type: none"> • Transfert des polluants volatils à la phase vapeur : il faut prévoir la condensation ou le traitement des volatils • Utilisation restreinte en fonction des caractéristiques des eaux • Consommation énergétique élevée
Évaporation sous vide	Métaux DCO non volatile Sels	<ul style="list-style-type: none"> • Évaporation de l'eau pour concentrer le déchet : n'élimine pas le déchet mais réduit son volume de 4 à 20 fois selon l'effluent concerné • Permet très fréquemment de réutiliser le distillat • S'applique à des débits faibles, atteignant 100 m³/jour maximum
Stripping	COV AOX Ammoniacque	<ul style="list-style-type: none"> • Élimination de volatils organiques et inorganiques par transfert à la phase gaz via diffusion d'air • Cette technique doit être mise en place de façon que les polluants entraînés par l'air puissent être correctement traités

TECHNIQUE	APPLICATIONS	OBSERVATIONS
Traitement biologique anaérobie	DBO DCO AOX biodégradables Azote total Sulfates	<ul style="list-style-type: none"> Élimination de la DBO par microorganismes sans oxygène Procédé très sensible aux variations Réduction de sulfates à sulfures par le biais de sulfites Possibilité de récupération énergétique par combustion du biogaz produit Adapté aux débits élevés Installations complexes et très onéreuses
Traitement biologique aérobie	DBO DCO AOX biodégradables Phosphore et phosphates	<ul style="list-style-type: none"> Élimination de la DBO par microorganismes en présence d'oxygène Parfaitement adapté à l'élimination des composés biodégradables Très vaste champ d'application en termes de débit Sensible aux rejets de toxiques
Bioréacteur à membranes (BRM)	DBO DCO AOX biodégradables Phosphore et phosphates	<ul style="list-style-type: none"> Combine les technologies de l'oxydation biologique et de la filtration par membranes. Par rapport au traitement biologique conventionnel, cette technique implique une augmentation de rendement : elle permet de multiplier par 5 la capacité de biomasse du réacteur biologique (jusqu'à 20 g/l). Le rendement, en termes de réduction des solides en suspension, est équivalent à celui de la micro/ultrafiltration. Les installations sont beaucoup plus compactes que celles du traitement biologique conventionnel, elles permettent d'éliminer l'étape de la décantation. Permet de réutiliser l'eau. Élimination de la DBO par microorganismes en présence d'oxygène. Parfaitement adapté à l'élimination des composés biodégradables. Très vaste champ d'application en termes de débit. Sensible aux rejets de toxiques.
Nitrification / dénitrification	Azote total Ammoniaque	<ul style="list-style-type: none"> Étape complémentaire d'un système biologique utilisé pour éliminer l'ammonium Destruction des composés azotés par des microorganismes spécifiques
Traitement physico-chimique et ségrégation des courants salins et déchargement direct dans la mer	Courants à forte concentration saline : Cl ⁻ > 2 500 mg/l Conductivité > 6 000 µS/cm Sulfates > 1 000 mg/l	<ul style="list-style-type: none"> Il s'agit d'une technique efficace si elle est adaptée à l'emplacement géographique et si la charge polluante est compatible avec le milieu récepteur. Elle est particulièrement recommandée dans le cas des saumures, des rejets d'osmose et d'autres courants salins avec faible présence d'autres polluants. Meilleur fonctionnement des EDAR en raison de la diminution des sels.

TECHNIQUE	APPLICATIONS	OBSERVATIONS
Récupération de courants acides et alcalins	Courants acides ou alcalins	<ul style="list-style-type: none"> • S'il s'agit de gaz, les courants sont collectés et recyclés dans des scrubbers et séparés des eaux une fois proches de la saturation. Dans les autres cas, les courants sont soumis à une collecte sélective. • Si les courants sont purs, possibilité de les commercialiser sous forme de solutions présentant diverses concentrations. • Réutilisation dans d'autres procédés en vue d'ajuster le pH. • Évite l'apparition de sels dans les eaux résiduelles.

4.2. ÉMISSIONS ATMOSPHÉRIQUES : PRODUCTION ET GESTION

Les processus et opérations du secteur chimique produisent des émissions de gaz, de composés volatils et de particules sous forme diffuse ou canalisée. Par conséquent, les entreprises du secteur chimique doivent tenir compte des éléments suivants :

- Intervention de différents polluants organiques volatils et d'oxydes d'azote dans le cycle des oxydants photochimiques. Ce procédé contribue fortement à la formation et à l'entretien de niveaux d'ozone troposphérique significatifs (smog photochimique).
- Capacité de participation de certains polluants organiques dans le cadre des procédés de réduction de la couche d'ozone stratosphérique.
- Constatation de la toxicité aiguë ou chronique de différentes espèces polluantes (notamment les biphényles polychlorés (PCB), les dioxydes, les hydrocarbures aromatiques polycycliques, le benzène, les nitrates de peroxyacétyle (PAN), les nitriles, les chlorobenzènes, l'acroléine, etc.)
- Odeurs, COV non toxiques mais présentant un seuil de détection très bas, comme les mercaptans, ce qui peut s'avérer très important dans un sous-secteur tel que celui des fragrances et des arômes.
- Augmentation de la concentration de gaz à effet de serre (CO₂, CFC, méthane et ozone) responsables du réchauffement global de la planète et du changement climatique.
- Émission d'oxydes d'azote et de dioxyde de soufre qui, en réaction avec la vapeur d'eau de l'atmosphère, produisent les acides responsables des pluies acides.
- Émission de CFC responsables de la destruction de la couche d'ozone stratosphérique qui offre une protection contre les rayons solaires ultraviolets.
- Émission de particules formant des aérosols susceptibles d'être polluants ou dangereux.

Une gestion correcte des émissions passe d'abord par la prévention et la minimisation des émissions puis par la canalisation, dans la mesure du possible, des émissions diffuses.

La première mesure de minimisation des émissions dans l'atmosphère consiste à mettre en place une caractérisation précise des émissions. Ceci implique l'identification des débits des différents courants (débit maximum, minimum et moyen), de leur périodicité et de leur fréquence. Un autre facteur important est l'identification des polluants contenus dans ces émissions, la température, l'humidité, la présence de poussières, etc. ainsi que l'association de tous ces paramètres avec les différents processus de l'entreprise. Tous ces paramètres permettent de sélectionner la technologie ou séquence de technologies la plus adaptée afin de réduire les émissions.

En ce qui concerne les émissions de particules, constatées lors du broyage, de la micronisation, de l'emballage, etc., on utilise des systèmes de contention interne des particules qui minimisent ou

évitent totalement les émissions. Ainsi, il est parfois possible de réutiliser et de retraiter des substances à valeur ajoutée.

On utilise par conséquent des systèmes et des équipements fermés, équipés d'évents contrôlés, des systèmes de transport pneumatique par le vide ou à pression à partir des silos ou des séchoirs, filtrant l'air des systèmes de transport pneumatique. Le broyage, la micronisation, l'emballage ou toute autre opération produisant une grande quantité de poussière s'effectuent à l'aide de systèmes quasiment fermés dans des locaux à air filtré. Dans le cas des principes actifs pharmaceutiques et des biocides, on utilise des filtres absolus et des filtres HEPA, spécialement conçus pour contenir et désactiver ce type de produits.

Le tableau ci-dessous indique les meilleures technologies disponibles pour le traitement des gaz et des particules et leur application à différents polluants.

Tableau 4.2. Techniques de traitement des émissions atmosphériques

TECHNIQUE	APPLICATIONS	OBSERVATIONS
Séparateurs	Particules organiques et inorganiques sèches ou humides	<ul style="list-style-type: none"> • Séparation par gravité applicable uniquement en prétraitement
Cyclones	Bonne capacité d'atteindre PM ₁₀ ou même PM ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Séparation par gravité et force centrifuge • Économique et efficace • Séparation dans des conditions sèches et humides
Filtre électrostatique (ESP)	Excellent rendement pour poussière jusqu'à PM _{2,5} Mélanges inflammables Neiges acides	<ul style="list-style-type: none"> • Séparation par champ électrique • Grands volumes d'opération • Coûts élevés
Filtre par sacs	Poussière jusqu'à < PM _{2,5}	<ul style="list-style-type: none"> • Filtre à tissu • Limité par la température du gaz et le caractère abrasif des particules
Filtres HEPA	Capacité d'élimination des particules submicroniques entre PM _{0,12} et PM _{0,3}	<ul style="list-style-type: none"> • Filtres en fibre de verre haute densité • Obligatoires dans certains secteurs
Membranes	COV	<ul style="list-style-type: none"> • Membranes sélectives permettant la perméation de certains composés. Récupération de 99 % du solvant, qui peut être récupéré via la condensation • Le courant gazeux ne doit pas renfermer de poussière
Absorption avec ou sans réaction chimique : Scrubber	< PM _{2,5} Composés inorganiques NH ₃ HCl HF H ₂ S SO _x COV	<ul style="list-style-type: none"> • Système d'absorption à contre-courant qui permet de transférer le polluant de la phase gaz dans la phase liquide dans une colonne à garnissage. La présence du garnissage garantit l'efficacité du contact entre le gaz pollué et la dissolution de lavage • Les polluants éliminés dépendent de la solution utilisée • Récupération du polluant absorbé • Adapté aux gaz inorganiques mais efficacité limitée dans le cas des COV

TECHNIQUE	APPLICATIONS	OBSERVATIONS
Adsorption : charbon actif, zéolithes, alumine, etc.	COV Odeurs Dioxines H ₂ S Hg	<ul style="list-style-type: none"> Élimination des composés toxiques et dangereux. Utile dans le cas des petits débits et des faibles concentrations de COV exemptes de poussière Applicable au traitement des émissions des stations d'épuration ou des émissions ponctuelles, par exemple le chargement de dépôts L'adsorbant peut être régénéré via de la vapeur ou de l'azote
Condensation et cryocondensation	COV	<ul style="list-style-type: none"> Liquation par refroidissement des composés volatils. Selon la température, les fluides réfrigérants vont de l'eau à l'azote liquide. Applicable à des petits débits fortement concentrés Permet de valoriser les solvants condensés
Traitements biologiques : biofiltres, bioscrubbing	NH ₃ H ₂ S Composés organiques Odeurs Composés inorganiques	<ul style="list-style-type: none"> Dégradation biologique des composés à faibles concentrations. Le flux à traiter doit être régulier et sa composition doit être homogène. Le rendement oscille entre 70 et 95 %, même s'il est à souligner que cette technique est uniquement applicable aux substances biodégradables et non aux COV halogénés
Oxydation thermique	COV Composés organiques Substances toxiques	<ul style="list-style-type: none"> Oxydation par combustion des composés organiques. Efficacité supérieure à 99 % en ce qui concerne la diminution des COV, ce qui permet une application aux flux à haute concentration de ce type de composés. La température de travail s'élève à 850 °C mais en présence de solvants halogénés, elle doit atteindre 1 000 °C pour empêcher la formation de PCDD et de PCDF Possibilité de récupérer la chaleur
Oxydation catalytique	COV Composés organiques Substances toxiques Odeurs	<ul style="list-style-type: none"> Oxydation des composés organiques à température relativement basse (400 °C) en présence d'un catalyseur. L'efficacité d'élimination des COV est supérieure à 98 % Le travail s'effectuant à une température moins élevée, la consommation énergétique est inférieure à celle de l'oxydation thermique et les risques de formation de substances indésirables (CO, NO_x, dioxines, etc.) sont moindres. Cependant, il faut tenir compte des coûts de substitution du catalyseur
Réduction sélective catalytique	NO _x	<ul style="list-style-type: none"> Réduction de NO_x à N₂ avec ammoniaque et lits catalytiques de Pt, Va-Ti (WO₃) ou zéolithes+ Fe, Cu
Réduction sélective non catalytique	NO _x	<ul style="list-style-type: none"> Réduction de NO_x à N₂ avec ammoniaque ou urée
Incinération	COV	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation de certains composés organiques comme combustible Permet les économies d'autres combustibles et la récupération énergétique ainsi que la production d'électricité ou de vapeur

4.3. BRUIT ET VIBRATIONS

La majorité des industries du secteur chimique ne produit pas énormément d'émissions sonores vers l'extérieur car la plupart des opérations bruyantes, par exemple le broyage ou la centrifugation ont lieu au sein même des installations et, dans de nombreux cas, dans des zones isolées. Il n'en reste pas moins que ces émissions ont un impact sur les conditions sanitaires du lieu de travail ; il convient donc d'établir les mesures de protection nécessaires pour le personnel concerné.

Toutefois, dans l'industrie chimique, certains points d'émissions sonores vers l'extérieur sont relativement courants, notamment les compresseurs, les tours de refroidissement et les systèmes de ventilation/extraction des hangars de production, les systèmes d'épuration des émissions, les stations d'épuration des eaux résiduaires. En fonction de leur proximité avec les noyaux urbains ou les zones résidentielles, ces points peuvent poser problème en termes de bruit.

Un autre de ces points, mais cette fois diffus, est le bruit produit par la circulation des camions, lors de la réception des matières premières mais également au moment de la sortie des produits finis ; la circulation continue des camions peut entraîner des niveaux de pollution sonore élevés.

Ainsi, le bruit peut s'avérer significatif dans certaines installations chimiques implantées dans des sites proches de zones habitées.

La liste qui suit présente une série de mesures préventives :

- isolation acoustique et antivibratoire de l'équipement ;
- contrôles des niveaux de bruit autour de l'installation ;
- installation d'écrans acoustiques et de barrières végétales ;
- contrôle des niveaux de bruit à l'intérieur de l'établissement ;
- limitation de la programmation d'opérations bruyantes la nuit.

4.4. DÉCHETS : PRODUCTION ET GESTION

Les déchets produits dans l'industrie chimique sont solides ou liquides, ces derniers pouvant être aqueux ou non aqueux (solvants résiduels et huiles).

Les déchets solides sont produits dans bon nombre de sections de l'usine, du dépôt aux ateliers en passant par le processus de production lui-même. La nature de ces déchets est très variée : matériaux d'emballage, récipients, résidus de produits chimiques (de dépôt, de production, de laboratoire), boues de la station d'épuration, déchets issus du conditionnement des eaux de service (résines d'échange, par exemple), des chiffons sales, déchets inertes ou assimilables à des déchets domestiques, etc.

La nature des liquides aqueux gérés en tant que déchets empêche généralement leur traitement dans l'installation conventionnelle de traitement des eaux résiduaires de l'usine. Il peut s'agir d'eaux à charge organique très élevée qui dépasserait la capacité de traitement actuel, d'eaux à charge non biodégradable ou encore d'eaux toxiques à forte teneur en sels. Ces eaux sont issues de la formulation ou de la synthèse (eaux mères), d'opérations telles que la centrifugation, de certains types de nettoyages, de fluides réfrigérants, etc.

Les solvants résiduels proviennent des opérations de production mais également de la formulation ou de la synthèse, de la centrifugation, du séchage des produits et de la condensation postérieure du solvant. Il s'agit donc généralement de solvants épuisés.

Il existe plusieurs modes de gestion des déchets :

- valorisation interne ;
- valorisation externe ;
- traitement interne ;
- traitement externe.

Parmi les exemples de valorisation (interne ou externe) il convient de citer la récupération des récipients, le recyclage des solvants, des huiles d'atelier et de la ferraille, la régénération des catalyseurs usés et enfin la récupération des eaux de nettoyage via des techniques de filtration par membrane.

Les traitements des déchets *in situ* renvoient généralement à des techniques visant la réduction du volume de déchets et, par conséquent, une économie des coûts de gestion. Citons par exemple le séchage thermique des déchets solides à forte teneur en eau (boues d'épuration, notamment) ou encore les technologies de concentration appliquées aux déchets aqueux (osmose, évaporation sous vide).

Les déchets sont parfois traités en externe, via le traitement le mieux adapté à chaque cas. La gestion externe des déchets, y compris le transport, doit être effectuée par des transporteurs et des gestionnaires autorisés par l'administration.

Le tableau ci-dessous propose un résumé des divers types de gestion, conformément à la nature du déchet.

Tableau 4.3. Gestion des déchets en fonction de leur nature

DÉCHET	POINT DE PRODUCTION	MÉTHODE DE GESTION
Déchets d'acides et de bases inorganiques (par exemple : acide sulfurique, chlorhydrique, nitrique, hydroxyde de calcium, hydroxyde de sodium)	Divers procédés de fabrication et formulation	<ul style="list-style-type: none"> • Valorisation : régénération et recyclage des acides et des bases • Traitement physico-chimique • Récupération de l'acide via la filtration par membrane • Minimisation du déchet via l'application de l'évaporation sous vide
Déchets de sels et de solutions salines sans contenu de métaux lourds (sulfates, chlorures, nitrates, etc.)	Eaux mères des procédés Régénération des résines d'échange Rejets de l'osmose	<ul style="list-style-type: none"> • Valorisation : régénération des sels inorganiques par évaporation, séchage, lavage et purification • Récupération des bases via la filtration par membrane • Minimisation du déchet via l'évaporation sous vide • Dépôt contrôlé du sel solide stabilisé dans le site d'enfouissement
Déchets de sels et de solutions salines contenant des métaux lourds	Eaux mères des procédés Régénération des résines d'échange Rejets de l'osmose	<ul style="list-style-type: none"> • Valorisation : recyclage et récupération des métaux par électrodéposition ou précipitation physico-chimique. Régénération des sels inorganiques par évaporation, séchage, lavage et purification • Dépôt contrôlé du sel solide dans le site d'enfouissement avant la stabilisation • Minimisation du déchet via l'application de technologies de concentration, notamment l'évaporation sous vide ou la filtration par membrane

DÉCHET	POINT DE PRODUCTION	MÉTHODE DE GESTION
Eaux mères et eaux de nettoyage (eaux contenant des sels, des tensioactifs, des substances organiques)	Procédés de fabrication, réaction et formulation Nettoyage de l'équipement	<ul style="list-style-type: none"> • Valorisation : récupération des tensioactifs via l'application de technologies de filtration par membrane • Minimisation du déchet via l'application de l'évaporation sous vide • Traitement physico-chimique et biologique
Solvants non halogénés	Liqueurs mères de fabrication, réaction et formulation Queues de distillation Nettoyage et dégraissage de l'équipement.	<ul style="list-style-type: none"> • Valorisation : régénération, récupération et réutilisation des solvants via des technologies de rectification et de distillation. • Valorisation énergétique : utilisation en tant que combustible, le cas échéant • Incinération des déchets des solvants
Solvants halogénés	Liqueurs mères de fabrication, réaction et formulation Queues de distillation Nettoyage et dégraissage de l'équipement	<ul style="list-style-type: none"> • Valorisation : régénération, récupération et réutilisation des solvants des technologies de rectification et de distillation. • Incinération des déchets des solvants halogénés
Huiles et lubrifiants, minéraux ou synthétiques, chlorés	Ateliers, entretien, moteurs et équipement	<ul style="list-style-type: none"> • Valorisation : régénération externe des huiles. • Incinération des déchets des huiles halogénées
Huiles et lubrifiants, minéraux ou synthétiques, non chlorés	Ateliers, entretien, moteurs et équipement	<ul style="list-style-type: none"> • Valorisation : régénération externe des huiles • Incinération des déchets associés aux huiles
Gâteaux de filtration, substances absorbantes et chiffons de nettoyage (contenant des composés halogénés ou non halogénés)	Filtration et séparation	<ul style="list-style-type: none"> • Valorisation : régénération des produits absorbants • Stabilisation et dépôt contrôlé des gâteaux et des substances absorbantes • Incinération
Catalyseurs contenant Ag, Au, Pd, Pt, etc.	Réaction, oxydation catalytique des émissions gazeuses	<ul style="list-style-type: none"> • Valorisation : récupération des catalyseurs • Récupération et recyclage des métaux • Stabilisation et dépôt dans un site d'enfouissement contrôlé
Catalyseurs contenant des métaux de transition dangereux et autres substances toxiques	Réaction, oxydation catalytique des émissions gazeuses	<ul style="list-style-type: none"> • Valorisation : récupération des catalyseurs • Récupération et recyclage des métaux • Stabilisation et dépôt dans un site d'enfouissement contrôlé
Catalyseurs contenant de l'acide phosphorique	Réactions de synthèses organiques	<ul style="list-style-type: none"> • Valorisation : récupération des catalyseurs • Récupération de l'acide via des technologies de séparation par membrane

DÉCHET	POINT DE PRODUCTION	MÉTHODE DE GESTION
Produit non conforme (matière première, produit final, produit semi-fini)	Dépôt, procédé	<ul style="list-style-type: none"> • Valorisation interne : recyclage • Stabilisation et dépôt dans un site d'enfouissement contrôlé
Résines d'échange ionique	Adéquation des eaux de procédé Traitement des eaux résiduaire.	<ul style="list-style-type: none"> • Valorisation : recyclage des résines usées. • Stabilisation et dépôt dans un site d'enfouissement contrôlé • Incinération
Charbon actif	Adéquation des eaux de procédé. Traitement des eaux résiduaire Traitement des gaz résiduels	<ul style="list-style-type: none"> • Valorisation : régénération et recyclage du charbon actif usé par désorption • Stabilisation et dépôt dans un site d'enfouissement contrôlé • Incinération
Boues du traitement des effluents	Traitement des eaux résiduaire	<ul style="list-style-type: none"> • Minimisation via le séchage thermique des boues en vue de réduire le volume du déchet • Valorisation externe : utilisation agricole des boues compostables • Dépôt dans un site d'enfouissement contrôlé
Palettes en bois, emballages en plastique, métal, verre, papier et carton	Dépôt, procédé, emballage, renvois	<ul style="list-style-type: none"> • Valorisation interne ou externe des emballages • Recyclage et réutilisation des matériaux : bois, plastique, métal, verre, carton, papier, etc. • Dépôt dans un site d'enfouissement contrôlé
Emballages des substances dangereuses	Dépôt, procédé, emballage, renvois	<ul style="list-style-type: none"> • Récupération, régénération et réutilisation des emballages avant lavage du contenu • Dépôt dans un site d'enfouissement contrôlé • Incinération
Câbles électriques, ferraille	Ateliers, entretien	<ul style="list-style-type: none"> • Recyclage et récupération des métaux • Dépôt dans un site d'enfouissement contrôlé
Piles, batteries, accumulateurs, etc.	Ateliers, entretien, bureaux	<ul style="list-style-type: none"> • Récupération des batteries, des piles, etc. par un gestionnaire autorisé • Stabilisation et dépôt dans un site d'enfouissement contrôlé
Toners et cartouches d'encre	Bureaux	<ul style="list-style-type: none"> • Recyclage des toners via un gestionnaire autorisé • Stabilisation et dépôt dans un site d'enfouissement contrôlé
Déchets alimentaires	Cuisines, restaurant	<ul style="list-style-type: none"> • Compostage • Dépôt dans un site d'enfouissement contrôlé
Gravats	Démolitions, chantiers	<ul style="list-style-type: none"> • Remplissage des terrains • Dépôt dans un site d'enfouissement contrôlé

4.5. POLLUTION DES SOLS : PRODUCTION ET GESTION

Les usines du secteur chimique disposent souvent d'installations adaptées à la contention des déversements qui surviennent lors du chargement des cuves, du lavage des zones de fabrication et d'autres rejets non contrôlés ou dus à l'arrosage par la pluie ou par les eaux anti-incendie. Les différents types d'installations concernées sont énumérés ci-après :

- base en asphalte ou en béton avec couches imperméables de produit d'étanchéité ou peintures imperméables ;
- cuvettes de rétention dans le parc de cuves ;
- grilles de protection dans les zones présentant des risques de déversement, avec sorties d'eau vers la station d'épuration ;
- fermetures des chantiers et des dévers empêchant la sortie de liquides dans des sols imperméabilisés avec revêtements adaptés aux liquides susceptibles d'être déversés ;
- bassins de rétention des eaux contre les incendies et des pluies torrentielles.

Même si les entreprises disposent d'installations de prévention de la pollution des sols, elles doivent procéder à une dépollution en cas de contamination.

Il existe toute une série de méthodes de traitement ou de techniques de dépollution applicables à divers polluants, lesquelles sont indiquées dans le tableau suivant.

Tableau 4.4. Techniques de traitement des sols pollués

TECHNIQUE	APPLICATIONS	OBSERVATIONS
Stripping	COV	<ul style="list-style-type: none"> Techniques d'extraction par fluide (à l'air ou à l'air et à la vapeur)
Lavage	Polluants solubles dans l'eau	<ul style="list-style-type: none"> Techniques d'extraction par fluide (à l'eau)
Traitement chimique	Composés organiques et organochlorés	<ul style="list-style-type: none"> Technique d'oxydation utilisant de l'O₂ et de l'H₂O₂
Traitement électrochimique	Métaux lourds (Cu, Pb, Zn, As, etc.) et composés organiques	<ul style="list-style-type: none"> Introduction d'électrodes dans le sol afin de créer des champs électriques favorisant le déplacement des polluants
Bioremédiation	Polluants organiques PBC, organohalogénés Hydrocarbures	<ul style="list-style-type: none"> Techniques microbiologiques dans des conditions aérobies et anaérobies
Phytoremédiation	Métaux lourds (Cu, Pb, Ni, Zn, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation de végétaux fixateurs pour la stabilisation, l'accumulation ou l'extraction des métaux lourds
Incinération	Hydrocarbures polyaromatiques, PBC, chlorophénols, etc.	<ul style="list-style-type: none"> Techniques de traitement thermique à haute température (1 000 °C)
Désorption thermique	COV, métaux volatils (Hg)	<ul style="list-style-type: none"> Techniques de traitement thermique à des températures comprises entre 250 et 550 °C
Techniques d'isolation	Sols très pollués dans des cas extrêmes	<ul style="list-style-type: none"> Scellement, encapsulage, isolation via imperméabilisants, vitrification du sol, etc.

4.6. CONSOMMATION D'EAU : PRODUCTION ET GESTION

Dans la section 3.10, nous avons présenté les sources les plus significatives de consommation et d'utilisation de l'eau dans une usine chimique (nettoyages, refroidissement, procédé lui-même, équipement auxiliaire et besoins intrinsèques du produit). En règle générale, la majorité des industries procède à un contrôle de la consommation de l'eau, via la lecture des compteurs de la compagnie d'approvisionnement et/ou des compteurs eux-mêmes, si l'usine extrait son eau directement à partir d'un puits.

Outre le contrôle quantitatif de l'eau consommée, il est très important d'effectuer un contrôle qualitatif des paramètres de l'eau, avant son utilisation dans les procédés mais également dans le cadre de sa réutilisation (dans un procédé, des nettoyages, etc.) ou de son rejet résiduel.

Il arrive également qu'on mesure la consommation réelle de l'eau dans certains procédés et nettoyages afin d'identifier les points de consommation les plus importants et de proposer des mesures de rationalisation des coûts. L'une des techniques de gestion de cette consommation dans les opérations de nettoyage pourrait être l'optimisation des techniques et des systèmes de nettoyage associée à la réutilisation de l'eau usée une fois celle-ci conditionnée par filtration. Quant aux eaux non réutilisables issues des procédés et des nettoyages, elles seraient envoyées vers une station d'épuration.

À souligner également, les cas où les systèmes de refroidissement fonctionnent en circuit ouvert, ce qui implique une consommation importante d'eau. Un fonctionnement en circuit fermé est alors recommandé afin de réduire cette consommation.

4.7. CONSOMMATION D'ÉNERGIE : PRODUCTION ET GESTION

La principale source de consommation énergétique dans les industries du secteur chimique est généralement celle des chaudières de production de vapeur et d'eau chaude. Les autres sources importantes de consommation d'énergie sont énumérées ci-après :

- production de froid ;
- chauffage des fluides thermiques ;
- production de vapeur et d'eau chaude ;
- production de vide ;
- consommation des moteurs, pompes, agitateurs, broyeurs, centrifugeurs, etc. ;
- éclairage, chauffage, etc.

La liste qui suit présente les mesures pouvant être mises en place dans les installations afin de contrôler et de gérer la consommation d'énergie de façon rationnelle :

- Conception efficace d'un point de vue énergétique des installations et de l'équipement et utilisation de sources d'énergie renouvelable.
- Acquisition de machines efficaces d'un point de vue énergétique.
- Exploitation maximum du chauffage, de l'éclairage et de la ventilation naturelle.
- Promotion de l'utilisation rationnelle de l'énergie, via l'extinction des machines, des équipements, de l'éclairage, etc., non utilisés.
- Minimisation des pertes de chaleur ou de froid au niveau des zones de travail et de l'équipement (refroidissement, chaudières, tuyaux, réacteurs, etc.).
- Isolation de l'ensemble des conduites et de l'équipement utilisant de la vapeur, de l'eau chaude ou des fluides de refroidissement.
- Implantation de systèmes automatiques de contrôle et d'évaluation permettant d'enregistrer la consommation d'énergie de plusieurs machines afin de mettre en œuvre des mesures de réduction de la consommation.
- Étude de la possibilité de récupération de la chaleur à partir de gaz chauds, de vapeur ou d'eau chaude.
- Remplacement des combustibles de type fioul ou gazole par du gaz naturel. La combustion du gaz naturel est la plus propre de toutes les combustions de combustibles fossiles : elle produit 40 % de moins de dioxyde de carbone que celle du charbon et 25 % de moins que les produits dérivés du pétrole. En outre, elle n'entraîne aucune émission de particules solides ou de cendres et les émissions d'oxydes d'azote sont inférieures à celles des autres combustibles fossiles.
- Étude de l'installation d'une usine de coproduction afin de produire de l'énergie électrique.

Nous avons vu que les chaudières de production de vapeur et d'eau chaude sont l'un des dispositifs consommant le plus d'énergie. Les recommandations générales présentées ci-après permettent d'atteindre une efficacité optimale dans ce domaine :

- La récupération et la recirculation des condensats du courant de vapeur représentent d'importantes économies énergétiques dans une usine chimique. Les condensats peuvent également être utilisés sous forme d'eau chaude dans le processus ou comme eau de revaporisation.
- L'installation de chaudières de taille adaptée entraîne une réduction des pertes thermiques.

- Le contrôle de l'oxygène permet l'obtention d'une combustion adéquate. Il faut pour cela aligner le mélange d'air (O_2) sur la combustion du combustible. Le remplacement des combustibles solides (charbon) et liquides (fioul, gazole) par du gaz naturel comme bonne pratique environnementale dans la production d'énergie est un facteur important.
- La réalisation de purges nécessaires permet d'éviter l'augmentation excessive de la concentration de sels et la formation d'incrustations empêchant le bon échange de chaleur.
- La réalisation d'un traitement de l'eau d'entrée en éliminant les solides non dissous et les ions tels que le calcium permet d'éviter les dépôts et l'encrassement des tuyaux.
- L'utilisation de l'eau préchauffée issue du refroidissement de produits plus chauds tels que l'eau d'entrée est préconisée.
- La récupération la chaleur des fumées de combustion est conseillée.

5. OPPORTUNITÉS DE PRÉVENTION DE LA POLLUTION (OPP)

Le meilleur moyen de réduire les émissions, les rejets et les déchets en général dans l'industrie est la prévention à la source. L'application de techniques de prévention de la pollution améliore l'efficacité des processus et augmente les bénéfices, tout en minimisant l'impact de l'activité sur l'environnement. La minimisation à la source peut être effectuée de multiples façons, via la réduction des entrées de matières premières et auxiliaires, la reconception du procédé, la réutilisation des produits secondaires, l'amélioration de la gestion, la réutilisation des ressources (par exemple, l'eau), l'augmentation de l'efficacité énergétique, le remplacement des produits toxiques et dangereux par des produits moins nocifs, etc.

Par conséquent, la mesure principale du plan d'amélioration environnementale est la prévention de la pollution à la source, qui regroupe les éléments organisationnels, opérationnels et technologiques nécessaires à la diminution de la quantité ou de la dangerosité des flux de déchets associés au processus de production via la réduction ou le recyclage à la source. Les principes généraux des bonnes pratiques environnementales sont donc basés sur ce que l'on appelle les trois R :

- Réduire : éviter de produire l'impact sur l'environnement.
- Récupérer : réutiliser chaque fois que possible.
- Recycler : soumettre une matière usée à un processus afin de pouvoir la réutiliser.

Enfin, les impacts produits sur l'environnement doivent faire l'objet d'une prise en charge adaptée.

L'utilisation des techniques de prévention de la pollution implique de nombreux avantages que ne proposent pas les solutions en bout de ligne, soit l'application de technologies de traitement final. La liste ci-dessous présente une série de bénéfices directs et indirects de la prévention.

Bénéfices directs :

- réduction des coûts de traitement interne et de gestion externe des flux de déchets ;
- réduction des coûts de production liés à l'amélioration du rendement et de l'efficacité du procédé ;
- économies dues à la réutilisation des produits et des ressources ;
- réduction des coûts dérivés du non-respect des limites légales d'émissions ;
- réduction des émissions secondaires, par exemple dans les installations de traitement ;
- pénétration sur des marchés exigeants sur le plan de la production propre, jusque là interdits ;
- minimisation de l'impact sur l'environnement ;
- apport d'un composant pédagogique important sensibilisant fortement les employés ;
- augmentation de la sécurité dans l'usine en ce qui concerne la protection de l'environnement ;

Bénéfices indirects :

- réduction potentielle des coûts futurs liés aux éléments suivants :
- réparations ;

- responsabilités juridiques ;
- respect des réglementations à venir ;
- amélioration des relations avec la collectivité et meilleure image auprès d'elle (riverains, etc.) ;
- amélioration de l'ambiance de travail associée à une meilleure communication interne et à la formation sur le respect de l'environnement ;
- réduction des coûts sociaux ;
- amélioration de la santé publique.

L'implantation d'un programme de minimisation de l'impact sur l'environnement, dont vous trouverez le détail au point 6.7. de ce guide, constitue un outil très utile pour l'identification des opportunités de minimisation et l'application des mesures d'amélioration environnementale.

Les ressources énumérées ci-après complètent l'introduction d'un programme de minimisation et de bonnes pratiques, et contribuent à créer une culture environnementale au sein de l'industrie :

- l'introduction d'un système de gestion de l'environnement, incluant la structure organisationnelle, les procédures, les responsabilités, les pratiques et les ressources définissant la politique environnementale et la façon de mettre celle-ci en place ;
- l'analyse du cycle de vie (ACV), qui sert à identifier, classer et quantifier les charges polluantes et les ressources matérielles et énergétiques associées à un produit, à un procédé ou à une activité du début à la fin ;
- l'audit environnemental, qui consiste à évaluer systématiquement, périodiquement, et de façon documentée et objective le système de gestion et le comportement d'une entreprise vis-à-vis de l'environnement.

5.1. STRATÉGIES DE PROMOTION DE LA MINIMISATION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL À LA SOURCE

La prévention de la pollution peut intervenir à n'importe quelle phase de développement d'un processus. En règle générale, les changements réalisés lors de la phase de recherche et développement ont des répercussions plus importantes. Les modifications effectuées lors des phases de conception et au cours des opérations peuvent toutefois aboutir à des résultats significatifs.

En raison de l'importance des investissements technologiques et de la durée de vie utile relativement longue des équipements utilisés dans une installation chimique, la prévention de la pollution s'avère difficile à appliquer lors des premières étapes, excepté lorsqu'il s'agit de la conception d'un nouveau processus. En outre, les fabricants de produits chimiques de spécialité sont soumis aux spécifications des clients et des organismes régulateurs, ce qui limite la flexibilité des changements. Malgré ces restrictions, de nombreuses opportunités de prévention de la pollution peuvent être appliquées par le biais de modifications apportées aux installations et processus existants.

En se penchant sur le secteur chimique de manière plus concrète, la mise en œuvre des opportunités de minimisation des impacts environnementaux générés par une activité industrielle passe par l'établissement d'une série de stratégies visant à atteindre un modèle de production plus propre.

5.1.1. Optimisation des matières premières employées

L'emploi de substances dangereuses pour l'environnement au sein du processus implique des coûts relatifs à la sécurité et à l'hygiène du travail, ainsi que des coûts associés à la gestion des déchets. Par conséquent, l'une des stratégies phares consiste à choisir les matières les plus appropriées du

point de vue écologique. La liste ci-dessous énumère une série de critères à appliquer, dans la mesure du possible, pour appuyer cette stratégie :

- utiliser des matières premières plus propres permettant d'éviter les émissions ayant lieu lors du stockage, de la manipulation, du processus ou bien au cours de leur élimination en tant que déchet ;
- encourager l'utilisation de matières issues de sources renouvelables ;
- promouvoir l'utilisation de matières premières élaborées à partir de critères environnementaux propres (en veillant, par exemple, à ce que l'énergie employée soit une énergie « propre ») ;
- utiliser des matières recyclées, des sous-produits, des produits hors spécifications, etc., issus du processus lui-même ou provenant d'un processus tiers ;
- utiliser des matières recyclables au sein du processus (emballage final, par exemple) ;
- réduire l'utilisation de matières.

5.1.2. Optimisation des techniques de production

Ce facteur stratégique consiste à définir des pratiques de production propre visant à rendre le processus le plus respectueux possible vis-à-vis de l'environnement. Entre autres, les critères devant régir l'implantation de cette stratégie sont les suivants :

- concevoir les processus en évitant l'utilisation de substances dangereuses et en minimisant l'emploi de matières auxiliaires ;
- veiller à ce que les processus soient les plus efficaces possibles afin d'éviter la formation de sous-produits indésirables ;
- éviter les fuites et pertes au cours du processus ;
- concevoir les processus en tenant compte de la production de déchets la plus infime qui soit ;
- concevoir le processus en incluant un nombre d'étapes le plus limité possible ;
- réduire la consommation d'énergie ou bien employer des énergies plus propres issues de sources renouvelables ;
- rechercher des opportunités de recyclage *in situ* des déchets.

5.1.3. Optimisation des systèmes de distribution

L'application de cette stratégie vise à assurer un transport des produits le plus efficace possible. Les critères rattachés à cette stratégie sont les suivants :

- utiliser des matériaux d'emballage consignés ou réutilisables lorsque le type de produit le permet ;
- optimiser la méthode de stockage, le transport et la logistique de distribution.

5.1.4. Promotion sectorielle de la production propre

Dans certains pays étudiés dans ce guide, des initiatives ont été entreprises par l'industrie chimique elle-même en vue de promouvoir la prévention et la minimisation de la pollution. À titre d'exemple, le secteur chimique espagnol a mis au point un programme volontaire d'amélioration appelé **Engagement de progrès** dans le cadre du programme international Responsible Care définissant des codes de conduite de pratiques environnementales responsables. Ce secteur s'engage donc à

mener à bien ses opérations en améliorant en continu la sécurité et la protection de la santé et de l'environnement tout en évaluant périodiquement les optimisations apportées et leur évolution.

Le dispositif Engagement de progrès a pour objectif de :

- promouvoir et produire une amélioration continue de la part des entreprises en matière de sécurité, de santé et d'environnement ;
- établir des objectifs d'amélioration qualitatifs et quantitatifs permettant de faire le point sur les progrès réalisés ;
- faire preuve à la société d'un comportement approprié du secteur du point de vue individuel et collectif ;
- améliorer la crédibilité de l'industrie et améliorer la confiance de la société en présentant publiquement les résultats obtenus ;
- fournir aux entreprises un outil de gestion afin qu'elles puissent améliorer en continu la sécurité et la protection de la santé et de l'environnement dans l'exercice de leurs activités ;

Au cours de la période 1993-2003, les entreprises ayant adhéré au programme ont réussi, en moyenne et par unité produite, à réduire les rejets polluants dans les eaux de 82 % et les émissions de 52 %.

En matière de sécurité, le taux de fréquence des accidents (nombre d'accidents ayant entraîné un arrêt de travail par million d'heures travaillées) a chuté de 45 % au cours de cette même période. En moyenne, ce taux est six fois inférieur à celui enregistré par l'ensemble des activités industrielles.

À diverses occasions, les différents sous-secteurs chimiques ont conclu avec l'administration des accords volontaires de réduction des émissions. Ceux-ci ont permis la définition d'objectifs de minimisation et ont démontré la possibilité de mettre en œuvre un développement durable significatif accompagné d'une gestion correcte des ressources et des émissions.

Par exemple, le sous-secteur de la chimie fine pharmaceutique, représenté par l'AFAQUIM (Association espagnole de fabricants de produits de chimie fine), maintient depuis de nombreuses années un accord volontaire auprès du ministère de l'Environnement de Catalogne avec lequel trois accords de collaboration visant à réduire les émissions ont d'ores et déjà été signés. L'AFAQUIM a effectué d'importants investissements en matière d'environnement et a dépassé les objectifs fixés par les accords en réussissant une excellente minimisation des impacts du secteur sur l'environnement. Elle a ainsi démontré la possibilité de parvenir à un développement durable associé à une gestion correcte des ressources et des émissions.

En conséquence de l'effort d'innovation et d'investissement du secteur et de la collaboration du ministère de l'Environnement, les résultats atteints en termes de réalisation des objectifs du premier accord ont été de 50 % en ce qui concerne la charge organique et de 76 % pour les matières en suspension.

Ces données étant exprimées en valeur absolue, cette amélioration a été, en réalité, encore plus significative, s'expliquant par la croissance globale enregistrée par le secteur (supérieure à 10 % sur ces trois années). Il convient également de souligner la réduction des flux et l'application de « synthèses vertes » découlant de remplacements de solvants chlorés ou bien de l'application de biotechnologies alternatives en milieu aqueux, qui se sont traduites par d'importantes réductions quant à l'utilisation de solvants.

Le deuxième accord signé pour la période 1998-2001 a élargi ses objectifs en matière de production de déchets et d'implantation de systèmes de gestion environnementale en adhérant au système EMAS de gestion et d'audit environnementaux et aux systèmes ISO 14 000. Des valorisations de

l'ordre de 93 % ont été atteintes et un pourcentage élevé des entreprises du secteur est désormais doté de systèmes de gestion environnementale.

L'accord volontaire chimique conclu avec le Gouvernement basque constitue un autre exemple espagnol, s'appliquant cette fois-ci à toute l'industrie chimique. Le CIMAS (Observatoire international pour la citoyenneté et l'environnement durable) s'est chargé de la signature de l'accord et s'occupe actuellement de son suivi.

Cet accord volontaire signé électroniquement en 2003 à Bilbao regroupe 28 entreprises du secteur chimique et repose sur un triple objectif.

Tout d'abord, les entreprises signataires doivent optimiser leurs émissions, leurs rejets dans l'air et dans l'eau, minimiser la production de déchets et/ou accroître la valorisation de ces derniers. Ensuite, les entreprises doivent être certifiées par le biais d'un système de gestion environnementale ISO 14 001 ou EMAS et pour finir, elles doivent atteindre les objectifs fixés par la directive relative à la prévention et au contrôle intégré de la pollution (directive IPPC 96/61).

Les résultats enregistrés en 2004 ont été les suivants :

- améliorations environnementales : réduction de la consommation de matières premières par adoption de mesures d'amélioration de processus (57 tonnes non consommées), réduction des substances rejetées dans l'atmosphère ou dans l'eau au moyen de l'implantation de mesures de prévention (53 tonnes de différentes substances non rejetées) et réduction de la production de déchets (284 tonnes) ;
- amélioration en termes de gestion ou de démarches : 1 installation certifiée ISO 14 001.

L'un des facteurs clés de ces accords réside dans l'engagement d'aller au-delà des résultats exigés par la législation et ce, aussi bien au niveau des entreprises que de l'administration. À cet effet, une collaboration entre les entreprises et le ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement du Gouvernement basque a vu le jour. Celle-ci vise à favoriser un climat reposant sur les consensus et les échanges de propositions s'avérant très enrichissant pour les deux parties. Pour les entreprises, les accords se convertiront en un cadre de référence stable à long terme, intégré à la stratégie environnementale basque pour le développement durable (2002-2020).

La satisfaction moyenne du secteur relative aux accords est de 7,2 sur 10.

5.1.5. Chimie verte et mesures de prévention de l'impact sur l'environnement

Le concept de chimie verte offre un cadre à la prévention de la pollution liée aux activités chimiques. Concrètement, la chimie verte a pour but de concevoir des produits ou des procédés permettant de réduire ou d'éliminer l'utilisation ou la synthèse de substances dangereuses.

En proposant des alternatives caractérisées par une compatibilité environnementale accrue par rapport aux produits ou procédés actuellement disponibles, dont le niveau de danger est important et qui sont utilisés aussi bien par le consommateur qu'au sein des applications industrielles, la chimie verte vise à encourager la prévention de la pollution à l'échelle moléculaire.

5.1.5.1. Grandes lignes de la chimie verte

Les technologies de chimie verte peuvent être classées selon une ou plusieurs grandes lignes :

- l'utilisation de voies synthétiques alternatives se basant sur les principes de la chimie verte ;
- l'utilisation de conditions de réaction alternatives reposant sur les principes de la chimie verte ;

- la conception de substances chimiques affichant, par exemple, une toxicité inférieure par rapport aux substances actuellement disponibles, ou intrinsèquement plus sûres en ce qui concerne leur potentiel d'accidents.

La chimie verte représente une voie extrêmement efficace en matière de prévention de la pollution grâce à la mise en pratique de solutions scientifiques innovantes visant à pallier les problèmes environnementaux réels à travers des programmes volontaires de collaboration.

5.1.5.2. Les douze principes de la chimie verte

La philosophie de la chimie verte se résume en douze principes de base :

1. Mieux vaut prévenir la pollution que traiter les déchets après leur production.
2. Les méthodes de synthèse de produits chimiques doivent être conçues dans le but de maximiser l'incorporation dans le produit de toutes les matières utilisées dans le processus.
3. La synthèse de produits chimiques doit utiliser et produire des substances faiblement ou non toxiques pour la santé humaine et l'environnement.
4. Les produits chimiques doivent être conçus de façon à préserver leur fonctionnalité et efficacité tout en minimisant leur toxicité.
5. Il faut supprimer ou minimiser l'utilisation de substances auxiliaires ou utiliser des substances inoffensives lorsque cela s'avère nécessaire.
6. Il faut minimiser les besoins en énergie en évaluant leurs répercussions sur l'économie et l'environnement. Les méthodes de synthèse doivent être menées à bien à température et pression ambiantes.
7. Lorsque la technologie et les moyens financiers le permettent, les matières premières utilisées et les ressources naturelles consommées doivent être renouvelables plutôt qu'épuisables.
8. Les processus basés sur des réactions directes ont la priorité sur ceux faisant appel à des réactions intermédiaires.
9. Les réactifs catalytiques doivent être les plus sélectifs possibles afin d'éviter la formation de sous-produits indésirables et doivent être utilisés en lieu et place des réactifs stœchiométriques.
10. Les produits chimiques doivent être conçus de façon à pouvoir se dissocier en produits de dégradation inoffensifs à la fin de leur durée d'utilisation dans le but d'éviter leur persistance dans l'environnement.
11. Les méthodologies analytiques doivent permettre un contrôle du processus en temps réel afin de détecter les éventuelles formations de substances nocives.
12. Les substances et la forme sous laquelle elles sont utilisées dans un procédé chimique doivent être choisies de façon à minimiser le risque potentiel d'accidents chimiques, et notamment de fuites, d'explosions et d'incendies.

5.1.5.3. Exemples d'application de la chimie verte

MODIFICATION DE PROCESSUS

La chimie verte s'applique majoritairement aux nouveaux processus, développés dès le départ en respectant les principes de cette philosophie et en recherchant l'équilibre entre efficacité et sécurité vis-à-vis de l'environnement et des personnes. Ainsi, les réactifs efficaces tels que le phosgène ou les solvants ininflammables comme le dichlorométhane (on ne peut plus adaptés du point de vue de la réaction), présentent une toxicité qui doit être prise en compte.

Au sein des processus déjà mis en place, des problèmes peuvent survenir au moment de leur remplacement par des technologies « vertes ». Ceux-ci doivent donc être analysés avant d'être envisagés. C'est le cas du secteur de la fabrication de produits pharmaceutiques dont toute modification de processus se voit obligée de respecter une réglementation complexe établie par les autorités sanitaires, ce qui représente un obstacle sérieux à son application.

PROCESSUS ALTERNATIF ENZYMATIQUE CONTRE SYNTHÈSE CHIMIQUE

Le remplacement des méthodes classiques d'hydrolyse par des méthodes enzymatiques représente une excellente technique due à la faible consommation de solvants et au nombre plus limité d'étapes de synthèse. Les processus impliquant plusieurs étapes de protection de groupes réactifs, les synthèses visant à insérer le radical souhaité, la déprotection des groupes initialement bloqués en vue d'éviter des réactions secondaires et, parfois, la séparation de l'isomère actif au moyen de diverses étapes supplémentaires peuvent être réalisés par le biais d'enzymes appropriées. Cette technique fait appel à un faible nombre d'étapes et permet l'obtention directe de l'élément intermédiaire voulu avec le radical dans la position souhaitée et l'isomère recherché.

REMPACEMENT DES MATIÈRES PREMIÈRES ET AUXILIAIRES

Comme indiqué dans les principes de la chimie verte, la synthèse de produits chimiques doit utiliser et produire des substances faiblement ou non toxiques pour la santé humaine et l'environnement. Il convient donc de remplacer les solvants habituels par des solvants de toxicité inférieure. Les matières premières employées et les ressources naturelles consommées doivent être, de préférence, renouvelables lorsque la technologie et les moyens financiers le permettent. L'utilisation de l'eau en tant que milieu réactif ou l'emploi de gaz inoffensifs comme le CO₂ supercritique permet d'éviter la toxicité ou de pallier la difficulté relative à l'élimination d'autres solvants.

Utilisation de l'eau en tant que solvant au sein des réactions chimiques

- Réactions de Diels-Alder dans l'eau
- Réactions enzymatiques en solution aqueuse
- Réactions organiques liées à la présence de métaux dans l'eau

Fluides supercritiques

- Procédés chimiques en phase gazeuse et dense
- Catalyse en milieu CO₂ supercritique

Solvants alternatifs de moindre toxicité

Tableau 5.1. Exemples de solvants alternatifs

Solvant	Substitut de toxicité inférieure
Benzène	Toluène
Diméthylformamide	1-Méthyl-2-pyrrolidone
2-Méthoxyéthanol	1-Méthoxy-2-propanol
n-Hexane	2,5-Diméthylhexane

5.2. EXEMPLES D'OPPORTUNITÉS DE MINIMISATION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL

Afin de servir de guide aux industries du secteur, cette section présente des exemples d'aspects environnementaux et les mesures de bonnes pratiques qui leur sont associées dans le but de minimiser leur impact.

Bien que cette liste d'exemples ne soit pas exhaustive, ceux-ci sont suffisamment généraux pour être utiles et pouvoir, dans la majorité des cas, être mis en place au sein des industries chimiques. Naturellement, chaque usine présente des conditions spécifiques qui doivent être prises en compte lors de l'évaluation et de la conception de ses propres opportunités de prévention de la pollution.

Les opportunités de prévention de la pollution les plus significatives sont présentées et classées ci-après en fonction du schéma suivant.

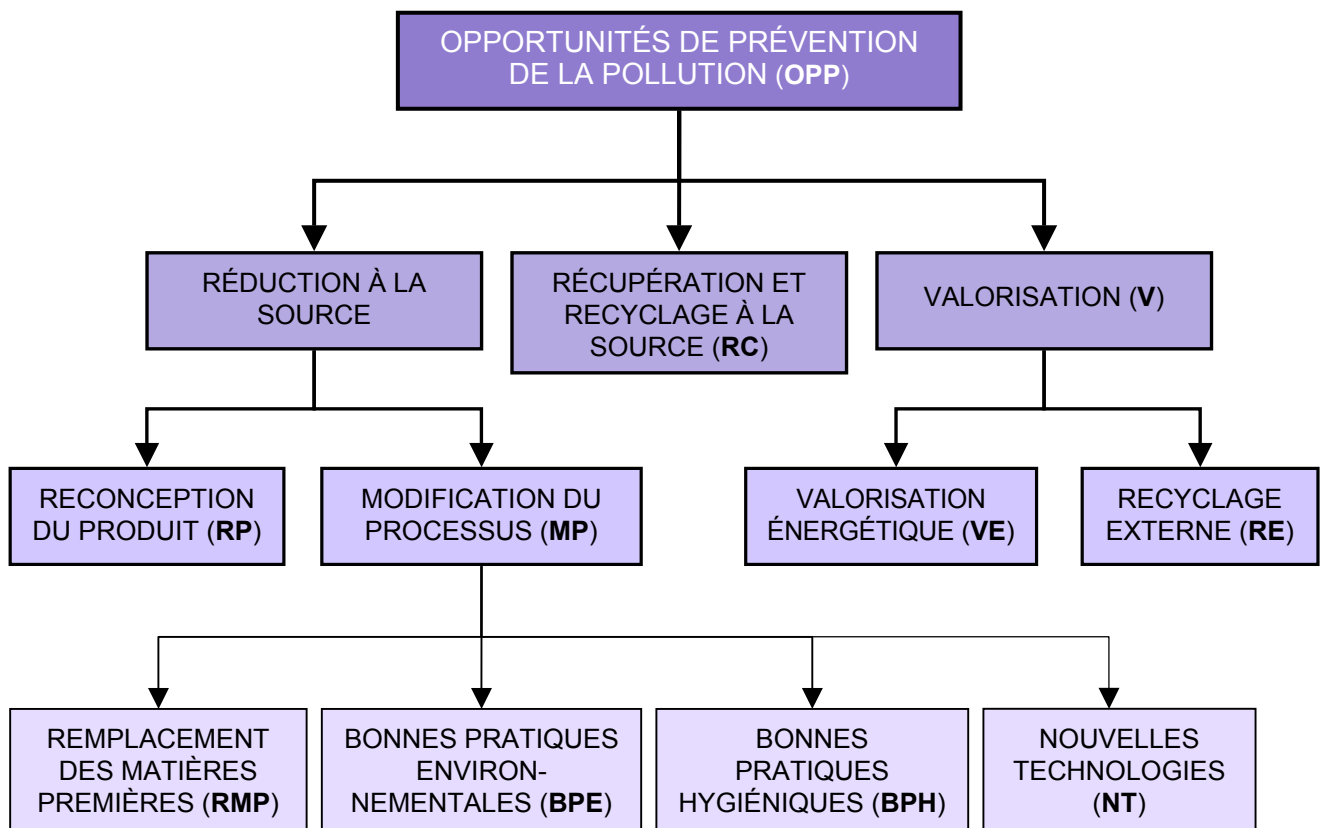


Figure 5.1. Schéma des opportunités de prévention de la pollution

Il convient également de souligner que certaines opportunités décrites peuvent être classées dans plusieurs catégories mentionnées précédemment et, par conséquent, peuvent avoir des répercussions positives sur plusieurs vecteurs, ce qui se traduit par l'obtention des bénéfices environnementaux suivants :

- diminution de la consommation d'eau ;
- diminution de la consommation d'énergie ;
- diminution de la consommation de matières premières ;
- diminution de la charge polluante des eaux résiduaires ;

- diminution des émissions atmosphériques (nous avons besoin pour cela de davantage d'informations) ;
- diminution de la quantité de déchets produits ;
- améliorations apportées au système d'épuration;
- augmentation de la productivité ;
- améliorations de l'efficacité des opérations de nettoyage ;
- bénéfices économiques ;
- améliorations environnementales diverses.

L'emplacement considéré comme le plus approprié a été choisi suivant les cas et au regard de ces synergies.

Pour quantifier le bénéfice environnemental et le coût financier, un système de couleurs expliqué dans le tableau ci-dessous a été utilisé.

Tableau 5.2. Couleurs utilisées pour quantifier le bénéfice environnemental obtenu et le coût financier d'une BPE

COULEUR	BÉNÉFICE ENVIRONNEMENTAL	COÛT FINANCIER
Vert	Excellent	Faible
Jaune	Bon	Moyen
Orange	Modéré	Élevé

Les opportunités de prévention de la pollution classées par opérations/installations sont décrites ci-après.

5.2.1. OPP appliquées au stockage, à l'échantillonnage, au chargement et au déchargement de produits

Tableau 5.3. OPP appliquées au stockage, à l'échantillonnage, au chargement et au déchargement de produits

PROBLÈME POTENTIEL/ ASPECT VISÉ	CLASSIFICATION DE LA SOLUTION PROPOSÉE	SOLUTION PROPOSÉE	BÉNÉFICES ENVIRONNEMENTAUX, ÉCONOMIQUES ET/OU SOCIAUX OBTENUS	BÉNÉFICE ENVIRONNEMENTAL	COÛT FINANCIER
Général	Bonnes pratiques de gestion environnementale	Respecter les conditions de stockage des différentes matières : stocker les produits et matériaux en fonction de critères de disponibilité, de dégradation, de compatibilité et de danger. Isoler les produits (inflammables, cancérigènes, pestilentiels) du reste en les entreposant selon les normes établies et ranger les produits inertes entre les produits incompatibles.	Limitation de la dégradation des produits ainsi que des fuites accidentelles tout en minimisant les effets des accidents. Conservation des outils et des installations. Un stockage correctement géré et ordonné se traduit par une réduction de la production de déchets et, par conséquent, par une diminution du coût associé à leur traitement ou à leur élimination.		
		Assurer une identification parfaite des éléments stockés.			
		Évaluer les impacts pouvant découler des éventuels accidents et prendre les mesures de prévention nécessaires.			
Émissions diffuses de composés organiques volatils et de particules	Adéquation des installations et des équipements et application des bonnes pratiques de gestion environnementale	Effectuer les transvasements par le biais d'un système le plus clos possible : au moyen de conduites, que ce soit par pompage, gravité ou transport (solides) afin d'éviter les émissions.	Limitation des émissions fugaces de composés volatils.		
		Effectuer le remplissage des cuves de stockage par le bas afin d'éviter les évaporations de composés volatils.			
		Maintenir les récipients contenant des substances volatiles fermés hermétiquement.			
Déversements	Adéquation des installations et des équipements	Disposer de cuvettes de rétention aussi bien au niveau des cuves fixes que des conteneurs mobiles et des bidons.	Minimisation des effets des déversements accidentels.		
		Ne pas nettoyer les déversements à l'eau. Utiliser des matériaux absorbants appropriés.	Économie relative à la gestion des déchets.		
Produits périmés	Bonnes pratiques de gestion	Gérer les stocks de façon appropriée en appliquant les concepts du « juste à temps » pour l'approvisionnement et la méthode PEPS pour la gestion de l'entrepôt.	Limitation de la dégradation des produits et de la production de déchets qui en découle. Diminution du capital investi dans les stocks (actif).		
		Gérer les achats de façon appropriée : ne pas effectuer d'achats inutiles.			

Matériaux d'emballage	Bonnes pratiques de gestion environnementale	Utiliser des emballages consignés.	Limitation de la production de déchets d'emballages. Économie réalisée sur les matériaux d'emballage.		
		Exiger aux fournisseurs une diminution de la quantité des emballages et faire de même avec les emballages expédiés, à condition que cette action ne nuise pas à la sécurité du produit.			
Type d'emballage utilisé pour les approvisionnements	Bonnes pratiques de gestion	<p>Les petits récipients augmentent la fréquence des chargements, des déchargements, des transvasements mais aussi la quantité de déchets de matières non utilisables laissée dans le récipient.</p> <p>Utiliser des conteneurs plus grands ou bien conserver les produits en vrac si ces derniers sont utilisés en grandes quantités.</p> <p>Utiliser des cuves de stockage. Être directement approvisionné par le biais de canalisations.</p>	<p>Minimisation du risque d'émissions fugaces et de déversements accidentels et limitation de la production de déchets.</p> <p>Économie financière relative au transport.</p> <p>Minimisation de l'impact environnemental découlant du transport (émissions, consommation de carburant, bruit, etc.).</p>		

5.2.2. OPP appliquées aux mesures, aux pesages, aux dosages, aux manipulations et aux transports internes de produits

Tableau 5.4. OPP appliquées aux mesures, aux pesages, aux dosages, aux manipulations et aux transports internes de produits

PROBLÈME POTENTIEL/ ASPECT VISÉ	CLASSIFICATION DE LA SOLUTION PROPOSÉE	SOLUTION PROPOSÉE	BÉNÉFICES ENVIRONNEMENTAUX, ÉCONOMIQUES ET/OU SOCIAUX OBTENUS	BÉNÉFICE ENVIRONNEMENTAL	COÛT FINANCIER
Général	Bonnes pratiques de gestion	Évaluer les impacts découlant des éventuels accidents et prendre les mesures de prévention nécessaires.	Prévision des conséquences des éventuels accidents et minimisation de leur impact environnemental.		
Émissions diffuses de composés organiques volatils et de particules	Adéquation des installations et bonnes pratiques de gestion	Effectuer le pesage dans des hottes à flux laminaire et réaliser le dosage du volume par le biais de canalisations et par pompage.	Minimisation du risque d'émissions fugaces, de déversements, de fuites ou autres émissions.		
		Doser les produits dans un espace le plus confiné possible : au moyen de conduites, que ce soit par pompage, gravité ou transport (solides).			
		Mettre en place des systèmes de dosage mécaniques en vue d'exploiter au maximum les ressources.	Efficacité accrue de la consommation de produits.		
		Transporter les solides dans des récipients clos.			
Déversements	Adéquation des installations et des équipements	Disposer de cuvettes de rétention aussi bien au niveau des cuves fixes que des conteneurs mobiles et des bidons.	Minimisation des effets des déversements accidentels.		
		Programmer une maintenance préventive efficace des tuyauteries et des conduites en vue d'éviter les fuites et les déversements.	Économie relative à la gestion des déchets.		
		Ne pas nettoyer les déversements à l'eau. Utiliser des matériaux absorbants appropriés.	Limitation du passage des déchets d'un milieu faiblement dispersé à un autre qui l'est davantage et, par conséquent, de confinement plus difficile.		
		Minimiser les transports internes de récipients et leurs distances de déplacement.			

5.2.3. OPP appliquées au processus de production : réaction et formulation

Tableau 5.5. OPP appliquées au processus de production : réaction et formulation

PROBLÈME POTENTIEL/ ASPECT VISÉ	CLASSIFICATION DE LA SOLUTION PROPOSÉE	SOLUTION PROPOSÉE	BÉNÉFICES ENVIRONNEMENTAUX, ÉCONOMIQUES ET/OU SOCIAUX OBTENUS	BÉNÉFICE ENVIRONNEMENTAL	COÛT FINANCIER
Général	Reconception du processus lors de la phase de R & D	Plus les étapes du processus sont nombreuses, plus la source d'erreur est importante. Veiller à ce que toutes les étapes soient indispensables.	Une conception correcte du processus, c'est-à-dire se basant sur le nombre d'étapes le plus limité possible, permet de minimiser le risque d'erreur et de production de déchets.		
	Conception des installations du site	Agencer les équipements en réduisant la longueur des tuyauteries et les déplacements de produits.	Diminution du risque de fuites, d'égouttements, etc.		
	Bonnes pratiques de gestion	Évaluer les impacts découlant des éventuels accidents et prendre les mesures de prévention nécessaires.	Prévision des conséquences des éventuels accidents et minimisation de leur impact sur l'environnement.		
		Réparer les petites fuites de vapeur et de substances non dangereuses présentes sur les conduites dans un délai maximum d'une semaine à compter de son signalement par un opérateur de l'usine.	Économie d'énergie. Élimination de 10 % des pertes mensuelles. Installations plus propres. Diminution des émissions de COV.		
Émissions de gaz	Adéquation des installations et des équipements	Canaliser les points d'émission des différents équipements de production de manière à n'obtenir qu'un seul et unique point sur lequel le système de traitement des gaz sera appliqué.	La concentration des émissions en un seul et unique point favorise le traitement de ces dernières.		
	Reconception du processus lors de la phase de R & D	Reconception du processus afin d'éviter l'émission de gaz : bannir tout travail sous pression et à haute température.	Minimisation de l'impact des émissions de gaz.		

Émissions de composés volatils	Adéquation des installations et des équipements	Récupérer les émissions et procéder à la condensation des composés volatils. Étudier la possibilité de réutiliser les solvants récupérés dans le condensateur.	Minimisation à la source de l'impact des émissions de composés volatils. Économie relative à la consommation de solvants.		
	Reconception du processus lors de la phase de R & D	Réaliser le processus en milieu aqueux au lieu de faire appel aux solvants volatils.	Minimisation de l'impact des émissions de COV découlant de l'utilisation de solvants.		
		Utiliser des solvants affichant une pression de vapeur élevée afin d'éviter les émissions.			
		Remplacer les solvants halogénés par des solvants de toxicité inférieure.			
		Travailler à des températures proches de la température ambiante : les températures élevées favorisent l'évaporation de composés volatils.			
Production de déchets	Bonnes pratiques de gestion environnementale	Acheter des matières premières de niveau de pureté élevé.	Diminution de la production de déchets et de produits indésirables.		
		Réutiliser au maximum les solvants.	Économie relative à la consommation de matières premières.		
		Trier les déchets.	Limitation du mélange de produits dangereux résiduels avec des produits peu dangereux ou inoffensifs .		
		Séparer les solvants de nature différente.	Limitation du passage des polluants d'un milieu faiblement dispersé à un autre qui l'est davantage (passage d'un milieu solide à un milieu liquide, par exemple).		
		Isoler les déchets liquides des déchets solides.			
Formation de sous-produits indésirables	Reconception du processus lors de la phase de R & D	Augmenter le rendement du processus en vue de réduire la formation de sous-produits.	Limitation de la formation de déchets. Augmentation de la capacité de production du processus et bénéfice environnemental associé. Économie relative à la consommation d'énergie.		
		Utiliser des produits de niveau de pureté élevé.			
		Un fonctionnement à des températures élevées peut entraîner l'apparition de composés lourds (goudrons) qui encrassent les équipements : Un fonctionnement à des températures plus faibles et l'utilisation des échangeurs de chaleur intermédiaires afin d'éviter des températures ponctuellement trop élevées sont recommandés.			

Déversements	Adéquation des installations et des équipements	Disposer de cuvettes de rétention aussi bien au niveau des cuves fixes que des conteneurs mobiles et des bidons.	Minimisation des effets des déversements accidentels.	Yellow	Green
		Programmer une maintenance préventive efficace des tuyauteries et des conduites en vue d'éviter les fuites et déversements.	Économie relative à la gestion des déchets.	Orange	Green
		Ne pas nettoyer les déversements à l'eau. Utiliser des matériaux absorbants appropriés et acheminer les déversements vers la station d'épuration lorsque leur récupération est possible.	Limitation du passage des déchets d'un milieu faiblement dispersé à un autre qui l'est davantage et, par conséquent, de confinement plus difficile.	Yellow	Green
Production d'eaux résiduelles de procédé	Reconception des opérations et bonnes pratiques	Mener à bien la formulation ou la synthèse dans une quantité d'eau la plus faible possible.	Minimisation à la source de la production d'eaux résiduelles.	Green	Green
		Utiliser des unités de filtration par membrane en vue de récupérer l'eau pouvant être réutilisée pour la formulation.	Économie relative à la consommation d'eau et aux coûts d'épuration.	Green	Orange
	Bonnes pratiques de gestion environnementale	Séparer, dans la mesure du possible, les flux de déchets du processus : le mélange des flux de produits résiduels peuvent être un frein à la réutilisation, au recyclage et au traitement. Éviter la pollution des eaux de pluie en utilisant des réseaux différents pour les eaux résiduelles et les eaux pluviales ou en faisant appel à des équipements couverts ainsi qu'à des bacs d'écoulement et de drainage séparés.	La séparation des flux de déchets favorise leur réutilisation, leur recyclage et leur traitement.	Green	Yellow

5.2.4. OPP appliquées aux opérations de séparation, de purification et de conditionnement final

Les opérations de purification et de séparation comprennent : la cristallisation, le tamisage, la filtration, la centrifugation, l'extraction et l'absorption.

Le conditionnement final inclut les opérations suivantes : le broyage, l'atomisation, la micronisation, le séchage et l'emballage.

Tableau 5.6. OPP appliquées aux opérations de séparation, de purification et de conditionnement final

PROBLÈME POTENTIEL/ ASPECT VISÉ	CLASSIFICATION DE LA SOLUTION PROPOSÉE	SOLUTION PROPOSÉE	BÉNÉFICES ENVIRONNEMENTAUX, ÉCONOMIQUES ET/OU SOCIAUX OBTENUS	BÉNÉFICE ENVIRONNEMENTAL	COÛT FINANCIER
Général	Bonnes pratiques de gestion	Évaluer les impacts découlant des éventuels accidents et prendre les mesures de prévention nécessaires.	Prévision des conséquences des éventuels accidents et minimisation de leur impact environnemental.		
Traces de produit	Bonnes pratiques opératoires	Éviter la présence de traces de produit dans les équipements : nettoyer et récupérer correctement les traces de produit présentes.	Amélioration du rendement du processus et minimisation des déchets.		
Émissions diffuses de composés organiques volatils et de particules	Adéquation des installations et des équipements	Récupérer les émissions et procéder à la condensation des composés volatils. Étudier la possibilité de réutiliser les solvants récupérés dans le condensateur.	Minimisation à la source de l'impact des émissions de composés volatils. Économie relative à la consommation de solvants.		
	Bonnes pratiques de gestion	Effectuer le pesage dans des hottes à flux laminaire et réaliser le dosage du volume par le biais de canalisations et par pompage.	Minimisation du risque d'émissions fugaces, de déversements, de fuites ou autres émissions. Efficacité accrue quant à la consommation de produits.		
		Doser les produits dans un espace le plus confiné possible : au moyen de conduites, que ce soit par pompage, gravité ou transport.			
		Mettre en place des systèmes de dosage mécaniques en vue d'exploiter au maximum les ressources.			
		Transporter les solides dans des récipients clos.			
Émissions de poussières de produits solides	Adéquation des installations et des équipements	Travailler dans des systèmes clos : transport pneumatique confiné, locaux fermés et équipés d'un système de circulation d'air, récupération des solides par le biais de filtres et laveurs de produits solides adaptés.	Limitation des transvasements de déchets solides vers un milieu plus dispersé.		
		Installer un système d'aspiration locale dans les zones de broyage, de micronisation, etc. L'air utilisé pour l'aspiration doit être filtré ou nettoyé par voie humide.			
Gâteaux de filtration, milieux filtrants, résines, charbon actif, etc.	Bonnes pratiques environnementales d'exploitation	Gérer les déchets conformément à la réglementation environnementale.	Respect de la législation : -limitation des sanctions.		

5.2.5. OPP appliquées aux opérations de nettoyage

Tableau 5.7. OPP appliquées aux opérations de nettoyage

PROBLÈME POTENTIEL/ ASPECT VISÉ	CLASSIFICATION DE LA SOLUTION PROPOSÉE	SOLUTION PROPOSÉE	BÉNÉFICES ENVIRONNEMENTAUX, ÉCONOMIQUES ET/OU SOCIAUX OBTENUS	BÉNÉFICE ENVIRONNEMENTAL	COÛT FINANCIER
Eaux résiduelles contenant des traces de produits et d'agents de nettoyage usés (détergents, dissolvants, etc.)	Bonnes pratiques environnementales d'exploitation et adéquation des installations et des équipements	Planifier la production et/ou l'utilisation des équipements par lignes de produit afin de minimiser les opérations de nettoyage.	<p>Minimisation de la production d'eaux résiduelles.</p> <p>Économie d'eau et diminution des coûts d'épuration des eaux résiduelles générées lors des opérations de nettoyage.</p> <p>Diminution du volume final des rejets.</p> <p>Réduction des dépenses en eau.</p> <p>Un nettoyage efficace se traduit par une économie des ressources et des agents de nettoyage tout en évitant la production de déchets, d'eaux résiduelles et d'émissions.</p>		
		Ne pas utiliser une quantité excessive de produits chimiques et de solvants lors des opérations de nettoyage.			
		Utiliser des produits de nettoyage biodégradables.			
		Utiliser des équipements de nettoyage à eau à haute pression pour l'entretien des surfaces en installant des embouts régulateurs de pression sur les tuyaux ou en faisant appel à des unités mobiles d'eau à faible débit et forte pression.			
		Utiliser des unités NEP (nettoyage en place ou CIP [cleaning-in-place]) pour les équipements permettant un nettoyage avec une faible consommation de liquide de lavage. Ces unités fonctionnent sur l'emplacement même de l'équipement par le biais de diffuseurs à pression qui recyclent les liquides de lavage sans avoir à démonter les pièces et permettent de contrôler la consommation d'eau. Les équipements sont munis de boules qui distribuent la substance de nettoyage sous pression (détergent, alcool et dissolvant en fonction du produit à nettoyer) puis l'eau sous pression. Le séchage se fait à l'air ou en réchauffant l'enveloppe des réacteurs. L'eau est acheminée vers un réservoir ou vers la station d'épuration.			
		Réutiliser l'eau de lavage pour d'autres nettoyages en procédant d'abord à une filtration tangentielle sur membrane pour la conditionner.			
		Disposer d'une station d'épuration capable d'absorber les déversements inévitables découlant des opérations de nettoyage.			

PROBLÈME POTENTIEL/ ASPECT VISÉ	CLASSIFICATION DE LA SOLUTION PROPOSÉE	SOLUTION PROPOSÉE	BÉNÉFICES ENVIRONNEMENTAUX, ÉCONOMIQUES ET/OU SOCIAUX OBTENUS	BÉNÉFICE ENVIRONNEMENTAL	COÛT FINANCIER
Eaux résiduelles contenant des traces de produits et d'agents de nettoyage usés (détergents, dissolvants, etc.)	Bonnes pratiques hygiéniques	Isoler, récupérer et nettoyer : réduction du volume et de la charge polluante des eaux résiduelles générées par les échappements et déversements.	Réduction de la pollution, valorisation des produits déversés, minimisation des besoins en eau ou en produits de nettoyage.		
Traces de déchets solides	Adéquation des installations et des équipements	Faire appel à des systèmes de nettoyage par aspiration et récupération mécanique avant d'utiliser l'eau ou les solvants.	Limitation du passage d'un déchet solide dans un milieu plus dispersé.		
Émission de composés organiques volatils, tout particulièrement lorsque des solvants ont été utilisés lors du nettoyage.	Adéquation des installations et des équipements et application des bonnes pratiques	Récupérer les émissions et procéder à la condensation des composés volatils. Étudier la possibilité de réutiliser les solvants récupérés dans le condensateur.	Minimisation à la source de l'impact des émissions de composés volatils.		
		Ne pas utiliser de solvants halogénés lors des opérations de nettoyage.	Économie relative à la consommation de solvants.		

5.2.6. OPP appliquées aux systèmes de refroidissement

Tableau 5.8. OPP appliquées aux systèmes de refroidissement

PROBLÈME POTENTIEL/ ASPECT VISÉ	CLASSIFICATION DE LA SOLUTION PROPOSÉE	SOLUTION PROPOSÉE	BÉNÉFICES ENVIRONNEMENTAUX, ÉCONOMIQUES ET/OU SOCIAUX OBTENUS	BÉNÉFICE ENVIRONNEMENTAL	COÛT FINANCIER
Amélioration de l'efficacité	Adéquation des installations et des équipements	Mettre la plus grande surface d'eau possible en contact avec l'air circulant dans les tours de refroidissement.	Économie d'énergie.		
Production d'eaux résiduelles Consommation excessive d'eau	Bonnes pratiques environnementales BPE	Recycler l'eau de refroidissement du processus dans la mesure du possible.	Économie d'eau.		
Émissions de chlorofluorocarbures (CFC)	BPE/Changement de produit	Utiliser des réfrigérants autres que les CFC tels que l'ammoniaque, l'hydrochlorofluorocarbure (HCFC), le glycol, le bromure de lithium, etc.	Élimination de l'émission de CFC contribuant à l'effet de serre.		

5.2.7. OPP destinées aux installations de traitement des eaux résiduaires

Tableau 5.9. OPP appliquées aux installations de traitement des eaux résiduaires

PROBLÈME POTENTIEL/ ASPECT VISÉ	CLASSIFICATION DE LA SOLUTION PROPOSÉE	SOLUTION PROPOSÉE	BÉNÉFICES ENVIRONNEMENTAUX, ÉCONOMIQUES ET/OU SOCIAUX OBTENUS	BÉNÉFICE ENVIRONNEMENTAL	COÛT FINANCIER
Production d'eaux résiduaires	Reconception de processus et des opérations et application des bonnes pratiques environnementales	Éviter le déversement des eaux résiduaires non épurées.	Minimisation des coûts relatifs à l'épuration des déversements.		
		Éviter la production d'eaux résiduaires à la source en envisageant la minimisation des flux de déchets.	Respect de la législation : limitation des sanctions et des nuisances sur le milieu.		
		Recycler et appliquer un traitement préalable approprié sur toutes les eaux possibles.	Limitation des répercussions sociales et des retombées sur l'image de l'entreprise liées aux déversements polluants.		
Traitement des eaux résiduaires	Bonnes pratiques environnementales d'exploitation	Détailler correctement la composition et le volume de tous les flux d'eaux résiduaires.	Limitation des rejets mal épurés ne répondant pas à la législation en vigueur.		
		Séparer les eaux ne pouvant être acheminées à la station d'épuration et leur appliquer un traitement ou une gestion spécifique.	Limitation des impacts sur le milieu récepteur.		
	Étudier la viabilité et l'optimisation des traitements et des installations d'épuration.	Optimisation de la qualité des eaux résiduaires épurées.			
	Reconception du processus lors de la phase de R & D	Étudier la possibilité de remplacer les agents chimiques usés (solvants, métaux lourds, etc.) par des agents de toxicité ou de persistance inférieure.	Limitation du rejet de substances toxiques dans les eaux résiduaires. Possibilité de réutiliser les eaux épurées.		
Émission de composés volatils et de gaz	Reconception du processus lors de la phase de R & D	Éviter l'emploi de solvants ou, lorsque cela s'avère impossible, les séparer du milieu aqueux au cours des différentes phases du processus.	Réduction à la source de l'émission de polluants.		
	Adéquation des installations et des équipements	Réaliser l'oxygénation des eaux dans des bassins fermés munis d'une évacuation des gaz et des composés volatils traités ultérieurement de façon appropriée (filtres à charbon actif, par exemple).	Limitation de l'impact découlant de l'émission de composés volatils lorsque leur séparation du milieu aqueux s'est finalement avérée impossible.		
Production de déchets solides	Bonnes pratiques environnementales d'exploitation et adéquation des installations et des équipements	Minimiser les déchets produits au cours de l'épuration des eaux : appliquer des systèmes de déshydratation des boues.	Réduction du volume de déchets générés et économie financière par rapport à la gestion finale de ces derniers.		
		Gérer les déchets produits de façon appropriée, conformément à la législation en vigueur, en donnant priorité à leur réutilisation, à leur emploi en tant que sous-produits (destinés aux applications agricoles par exemple) ou à leur valorisation.			

5.2.8. OPP appliquées aux installations de traitement des émissions atmosphériques

Tableau 5.10. OPP appliquées aux installations de traitement des émissions atmosphériques

PROBLÈME POTENTIEL/ ASPECT VISÉ	CLASSIFICATION DE LA SOLUTION PROPOSÉE	SOLUTION PROPOSÉE	BÉNÉFICES ENVIRONNEMENTAUX, ÉCONOMIQUES ET/OU SOCIAUX OBTENUS	BÉNÉFICE ENVIRONNEMENTAL	COÛT FINANCIER
Production d'émissions atmosphériques	Reconception du processus lors de la phase R & D	Éviter les émissions à la source en éliminant l'emploi de solvants volatils au cours des différentes phases du processus.	Minimisation à la source des émissions de polluants.		
	Adéquation des installations et des équipements	Confiner, condenser et réutiliser les solvants autant que possible.	Économie relative à la consommation de matières premières, minimisation à la source des éventuels émissions et valorisation interne des solvants.		
		Utiliser des systèmes de confinement interne des poussières et de récupération de ces dernières : cyclones, nettoyeurs de poussière et filtres.	Limitation de l'émission de poussières dans le milieu. Retraitement et commercialisation de ces fines.		
	Bonnes pratiques environnementales d'exploitation	Travailler au sein de systèmes et équipements fermés équipés d'évents commandés et utiliser des systèmes de transport pneumatique (vide ou pression) depuis les sècheurs en filtrant l'air.	Élimination de l'émission de poussières dans le milieu.		
Production d'eaux résiduaires	Bonnes pratiques environnementales d'exploitation	Récupérer autant que possible l'eau utilisée dans les tours de lavage des gaz afin de la réintroduire dans le circuit. Les purges réalisées dans le circuit doivent être envoyées vers la station d'épuration ou bien être gérées de manière appropriée.	Minimisation de la production d'eaux résiduaires et économie d'eau.		
Production de déchets solides	Bonnes pratiques environnementales d'exploitation	Gérer de manière appropriée les déchets générés en donnant priorité à leur réutilisation : régénérer le charbon actif présent dans les filtres par exemple.	Réduction du volume de déchets générés et économie financière quant à leur gestion finale.		

5.2.9. OPP appliquées aux installations de gestion et de traitement des déchets

Tableau 5.11. OPP appliquées aux installations de gestion et de traitement des déchets

PROBLÈME POTENTIEL/ ASPECT VISÉ	CLASSIFICATION DE LA SOLUTION PROPOSÉE	SOLUTION PROPOSÉE	BÉNÉFICES ENVIRONNEMENTAUX, ÉCONOMIQUES ET/OU SOCIAUX OBTENUS	BÉNÉFICE ENVIRONNEMENTAL	COÛT FINANCIER
Général	Bonnes pratiques environnementales d'exploitation	Séparer et conditionner différents conteneurs pour chaque type de déchet en tenant compte de leur niveau de danger.	Une gestion correcte des déchets se traduit par une économie financière.		
		Réutiliser les déchets dans la mesure du possible.	Minimisation de la production de déchets.		
		Étudier la possibilité de vendre le déchet en tant que sous-produit ou envisager sa valorisation.	Valorisation interne des déchets.		
		Gérer et traiter les emballages de déchets dangereux, les chiffons et autres matériaux imprégnés comme s'il s'agissait de déchets dangereux.	Valorisation interne ou externe des déchets accompagnée d'une économie financière quant à leur gestion.		
		Gérer les produits de nettoyage mis au rebut et contenant des produits chimiques comme s'il s'agissait de déchets dangereux.	Respect de la législation relative à la gestion des déchets.		
		Fermer correctement les récipients contenant des déchets dangereux tels que les solvants afin d'éviter les émissions de COV.	Minimisation des émissions diffuses de composés volatils.		
	Bonnes pratiques environnementales de gestion	Utiliser des éléments contenant des matériaux recyclés comme les plastiques et le papier.	Minimisation de la production de déchets.		
		Utiliser des produits dont les emballages affichent un niveau de recyclage élevé.	Respect de la législation relative à la gestion des déchets.		
		Gérer les éléments mis au rebut par le biais de « sacs de sous-produits » (solvants usés).	Valorisation des déchets.		
		Refuser les matériaux se transformant en déchets toxiques ou dangereux en fin de vie tels que les éléments organochlorés (PVC, CFC).	Élimination de la production de déchets toxiques et dangereux. Limitation du mélange de produits résiduels dangereux avec des produits inoffensifs.		
		Trier ou séparer des déchets en général.	Isoler les déchets liquides des déchets solides.		
		Gérer en externe les déchets non valorisables en interne en faisant appel à des transporteurs spécialisés.	Inertisation du potentiel de danger des déchets ou possibilité de dépôt des déchets dans des décharges autorisées.		

5.2.10. OPP appliquées aux bruits et vibrations

Tableau 5.12. OPP appliquées aux bruits et vibrations

PROBLÈME POTENTIEL/ ASPECT VISÉ	CLASSIFICATION DE LA SOLUTION PROPOSÉE	SOLUTION PROPOSÉE	BÉNÉFICES ENVIRONNEMENTAUX, ÉCONOMIQUES ET/OU SOCIAUX OBTENUS	BÉNÉFICE ENVIRONNEMENTAL	COÛT FINANCIER
Général : production de bruit et de vibrations	Bonnes pratiques environnementales d'exploitation	Isoler les sources de bruit en les confinant dans des espaces fermés (mise en place de compresseurs placés dans un local fermé et isolé, par exemple). Installer des barrières acoustiques.	Minimisation de la production de bruit.		
		Limiter le temps de fonctionnement des équipements au temps juste nécessaire permet d'éviter l'émission de bruit.			
		Utiliser des équipements et des outils moins bruyants et les débrancher lorsqu'ils ne sont pas utilisés.			
Général : production de bruit et de vibrations	Bonnes pratiques environnementales de gestion	<p>Définir un programme de contrôle du bruit et des vibrations comprenant au minimum les points suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - révision initiale et régulière des niveaux de bruit ; - relevé initial et régulier de la capacité auditive des employés exposés au bruit ; - application de mesures préventives : isolation et confinement des sources de bruit, utilisation d'équipements de protection individuelle, etc. 	Respect de la réglementation environnementale, de la sécurité et de l'hygiène du travail en termes de bruit et de vibrations.		

5.2.11. OPP appliquées à la consommation d'eau

Tableau 5.13. OPP appliquées à la consommation d'eau

PROBLÈME POTENTIEL/ ASPECT VISÉ	CLASSIFICATION DE LA SOLUTION PROPOSÉE	SOLUTION PROPOSÉE	BÉNÉFICES ENVIRONNEMENTAUX, ÉCONOMIQUES ET/OU SOCIAUX OBTENUS	BÉNÉFICE ENVIRONNEMENTAL	COÛT FINANCIER
Consommation excessive d'eau	Bonnes pratiques environnementales d'exploitation et adéquation des installations et des équipements	Inventorier les consommations d'eau afin d'encourager leur économie dans différents secteurs.	Connaissance des points à forte consommation d'eau avant d'envisager leur économie. Possibilité de réutiliser les eaux résiduaires au sein de processus spécifiques, comme les opérations de rinçage préalable, par exemple.		
		Faire vérifier régulièrement l'état des récipients et des robinets par le personnel de maintenance afin d'éviter les fuites.	Minimisation générale des pertes et de la consommation d'eau.		
		Faire appel à des services d'inspection des installations de plomberie en vue de détecter la présence de fuites ou de défauts de canalisation.			
		Éviter l'ouverture inutile des robinets dans les laboratoires.			
		Automatiser les systèmes de nettoyage des équipements.			
		Réaliser le nettoyage des équipements au moyen d'appareils de lavage haute pression.			
		Nettoyer le revêtement de sol au moyen de balayeuses automatiques.			
		Installer des dispositifs de limitation de pression et des diffuseurs afin de diminuer la consommation d'eau.			
		Récupérer l'eau des opérations de nettoyage en vue de les réutiliser pour les mêmes opérations ou pour la production.			
		Remplacer les pompes à vide à anneau liquide par des pompes sèches.			
		Mettre en place des procédures visant à minimiser la consommation d'eau industrielle afin de réaliser des économies sur les quantités employées et de faciliter les opérations d'assainissement.			

5.2.12. OPP appliquées à la consommation d'énergie

Tableau 5.14. OPP appliquées à la consommation d'énergie

PROBLÈME POTENTIEL/ ASPECT VISÉ	CLASSIFICATION DE LA SOLUTION PROPOSÉE	SOLUTION PROPOSÉE	BÉNÉFICES ENVIRONNEMENTAUX, ÉCONOMIQUES ET/OU SOCIAUX OBTENUS	BÉNÉFICE ENVIRONNEMENTAL	COÛT FINANCIER
Consommation excessive d'énergie électrique	Bonnes pratiques environnementales d'exploitation et adéquation des installations et des équipements	Enregistrer les consommations électriques des différents équipements afin de promouvoir leur économie dans différents secteurs.	Économie d'énergie électrique.		
		Exploiter au maximum la lumière naturelle.			
		Installer des interrupteurs à minuterie dans les espaces où le travail n'est pas permanent afin que la lumière ne reste pas allumée.			
		Nettoyer périodiquement les systèmes d'éclairage afin de supprimer tout élément pouvant nuire à l'intensité lumineuse.			
		Réaliser des audits énergétiques dans l'entreprise afin de fixer des objectifs de réduction.			
		Mettre en place des contrôles de qualité dans le cadre de la démarche d'économie d'énergie.			
Efficacité énergétique des installations et des équipements : pertes de chaleur, consommation excessive d'énergie	Bonnes pratiques environnementales d'exploitation et adéquation des installations et des équipements	Évaluer la variable énergie lors du choix de nouveaux équipements.	Amélioration générale de l'efficacité énergétique des processus et des installations.		
		Optimiser les processus pour éviter les pertes d'énergie.			
		Isoler les tuyauteries, les cuves, les échangeurs et tout autre équipement pour éviter les pertes de chaleur.			
		Utiliser les flux de chaleur en sortie de procédé pour réchauffer la propre alimentation de ce dernier en faisant appel à des échangeurs de chaleur.			
		Utiliser des énergies propres et/ou des combustibles à haute efficacité.			
		Calorifuger les cuves renfermant des fluides chauds.			
		Étalonner et entretenir les machines de manière préventive.	Minimisation des pertes de chaleur et économie de combustible.		
		Récupérer la chaleur résiduaire des fumées de chaudière et la réutiliser pour le préchauffage de l'eau : une augmentation de la température de l'eau de 7 °C équivaut à une économie de 1 % de la quantité de combustible consommée par la chaudière.			
		Contrôler l'excès d'air lors de la combustion.		Amélioration de l'efficacité du combustible entraînant la réduction de sa consommation et la minimisation de l'émission de gaz toxiques.	

PROBLÈME POTENTIEL/ ASPECT VISÉ	CLASSIFICATION DE LA SOLUTION PROPOSÉE	SOLUTION PROPOSÉE	BÉNÉFICES ENVIRONNEMENTAUX, ÉCONOMIQUES ET/OU SOCIAUX OBTENUS	BÉNÉFICE ENVIRONNEMENTAL	COÛT FINANCIER
Efficacité énergétique des installations et des équipements : pertes de chaleur, consommation excessive d'énergie	Bonnes pratiques environnementales d'exploitation et adéquation des installations et des équipements	Contrôler le pourcentage de CO présent dans les fumées en introduisant un mélange air-fioul optimal.			
		Remplacer le fioul par du gaz naturel. Le gaz naturel offre en effet un rendement important tout en offrant un meilleur contrôle de la combustion.	Diminution des émissions de SOx et NOx.		
		Utiliser, dans la mesure du possible, des énergies provenant de sources renouvelables : énergie solaire thermique et photovoltaïque.	Élimination du besoin de combustibles fossiles nécessaires à leur fonctionnement. Diminution des émissions de SOx et NOx. Production de bruit nulle. La distribution de l'énergie produite ne requiert pas de grandes infrastructures.		
	Bonnes pratiques environnementales : chaudières à vapeur, distribution de la vapeur	Isoler correctement les flux de vapeur. Une isolation inadaptée ou inexistante des flux de vapeur représente la plus grande source de pertes de chaleur dans l'industrie chimique. En outre, elle entraîne une condensation excessive sur les lignes, ce qui a des répercussions sur la qualité de la vapeur et la productivité des machines.	Économie d'énergie.		
		Récupérer les produits condensés des flux de vapeur pour les réintroduire dans le circuit. Ceci représente la source d'économie d'énergie la plus importante d'une usine chimique. Ces produits peuvent également être utilisés en tant qu'eau chaude nécessaire au déroulement du processus.			
		Le système de distribution de la vapeur doit parcourir la plus petite distance dans les tuyauteries, dont le diamètre doit être le plus petit possible, la condensation la plus faible qui soit, et dans lesquelles la chute de pression doit être la plus infime possible.	Minimisation des pertes de chaleur.		
		Régler automatiquement les purges de la chaudière en fonction de la conductivité et récupérer les produits condensés et de revaporisation.	Économie d'eau et d'énergie.		
		Utiliser des chaudières à lit fluidisé pour bénéficier d'une combustion efficace.	Économie d'énergie.		

5.2.13. OPP appliquées au traitement des eaux de procédé

Tableau 5.15. OPP appliquées au traitement des eaux de procédé

PROBLÈME POTENTIEL/ ASPECT VISÉ	CLASSIFICATION DE LA SOLUTION PROPOSÉE	SOLUTION PROPOSÉE	BÉNÉFICES ENVIRONNEMENTAUX, ÉCONOMIQUES ET/OU SOCIAUX OBTENUS	BÉNÉFICE ENVIRONNEMENTAL	COÛT FINANCIER
Consommation excessive d'énergie	Bonnes pratiques environnementales d'exploitation et adéquation des installations et des équipements	Un mauvais traitement de l'eau utilisée pour l'alimentation peut entraîner des pertes de chaleur significatives découlant de la formation de dépôts dans les chaudières à vapeur, les échangeurs de chaleur, les enveloppes des réacteurs, les conduites, etc. Par conséquent, les eaux de procédé doivent subir un traitement approprié : décalcification, désionisation, osmose inverse, etc.	Minimisation des pertes de chaleur.		
		Les paramètres tels que la dureté, l'alcalinité et le pH doivent être impérativement contrôlés.			

5.2.14. OPP appliquées à la sensibilisation et la formation du personnel. Communication environnementale

Tableau 5.16. OPP appliquées à la sensibilisation et la formation du personnel. Communication environnementale

PROBLÈME POTENTIEL/ ASPECT VISÉ	CLASSIFICATION DE LA SOLUTION PROPOSÉE	SOLUTION PROPOSÉE	BÉNÉFICES ENVIRONNEMENTAUX, ÉCONOMIQUES ET/OU SOCIAUX OBTENUS	BÉNÉFICE ENVIRONNEMENTAL	COÛT FINANCIER
Général	Bonnes pratiques environnementales et hygiéniques	Le personnel doit avoir connaissance des incidences environnementales associées aux processus et au poste de travail de chacun. Il convient donc d'organiser des cours, des séminaires, des conférences, etc. afin de former, motiver et sensibiliser les employés.	Amélioration de l'efficacité des processus Prévention des risques du travail et hygiène industrielle.		
		Les employés doivent être conscients des risques associés à leur poste de travail et savoir comment utiliser de façon correcte les équipements de protection disponibles. Ils doivent également maîtriser la signalisation relative à la sécurité.			
		Encourager le travail en équipe et le partage de l'information en ce qui concerne la réalisation des tâches habituelles et contribuer ainsi à l'objectif global de prévention.			
		Réaliser des campagnes d'information parmi les employés pour la promotion de l'économie d'énergie.	Économie d'énergie.		

5.2.15. OPP appliquées à la maintenance préventive

Tableau 5.17. OPP appliquées à la maintenance préventive

PROBLÈME POTENTIEL/ ASPECT VISÉ	CLASSIFICATION DE LA SOLUTION PROPOSÉE	SOLUTION PROPOSÉE	BÉNÉFICES ENVIRONNEMENTAUX, ÉCONOMIQUES ET/OU SOCIAUX OBTENUS	BÉNÉFICE ENVIRONNEMENTAL	COÛT FINANCIER
Général	Bonnes pratiques environnementales Bonnes pratiques hygiéniques	Concevoir un programme de maintenance préventive comprenant : - l'inventaire des équipements ; - la fiche relative à l'état de chaque machine ; - l'historique des pannes et des incidents	Limitation des arrêts de production accidentels : minimisation de la probabilité de production de non-conformités et de déchets. Économie de matières premières.		
		Instructions techniques et procédures écrites de la marche à suivre.	Limitation de la production de produits hors spécifications.		
		Identification des non-conformités et propositions de mesures correctives.	Minimisation du risque d'accident.		
		Suivi et contrôle des processus et activités.	Limitation de la pollution. Prévention des pannes avant qu'elles puissent entraîner des pertes de production, être source de pollution ou bien nuire à la santé des employés.		
		Plan d'urgence et communication.			

5.2.16. OPP appliquées à la mise en place d'un système de gestion environnementale (EMAS ou ISO 14 001)

Tableau 5.18. OPP appliquées à la mise en place d'un système de gestion environnementale (EMAS ou ISO 14 001)

PROBLÈME POTENTIEL/ ASPECT VISÉ	CLASSIFICATION DE LA SOLUTION PROPOSÉE	SOLUTION PROPOSÉE	BÉNÉFICES ENVIRONNEMENTAUX, ÉCONOMIQUES ET/OU SOCIAUX OBTENUS	BÉNÉFICE ENVIRONNEMENTAL	COÛT FINANCIER
Politique environnementale générale de l'entreprise	Bonnes pratiques environnementales	Procéder à l'intégration de cette politique dans le cadre de la gestion de la qualité et de la prévention des risques du travail.	Soutien à la mise en place de bonnes pratiques environnementales. Amélioration de l'image de l'entreprise. Mise en place de meilleures techniques disponibles économiquement viables. Obtention d'une certification environnementale auprès d'une entité agréée.		
		Effectuer une évaluation environnementale initiale servant de diagnostic.			
		Détecter les aspects environnementaux significatifs.			
		Définir la réglementation applicable en matière d'environnement.			
		Définir les objectifs environnementaux à atteindre.			
		Définir la politique environnementale de l'entreprise.			
		Améliorer la formation ainsi que la communication interne et externe.			
		Élaborer un manuel de gestion de l'environnement mis à la disposition des parties intéressées.			
		Élaborer un programme de gestion de l'environnement établissant les données économiques, les délais et les responsables des mesures proposées.			
		Disposer d'un registre concernant la documentation papier et numérique.			
		Mener à bien des actions correctives et préventives.			
		Réaliser des audits environnementaux.			

6. CAS PRATIQUES

6.1. MODIFICATION DE PROCESSUS

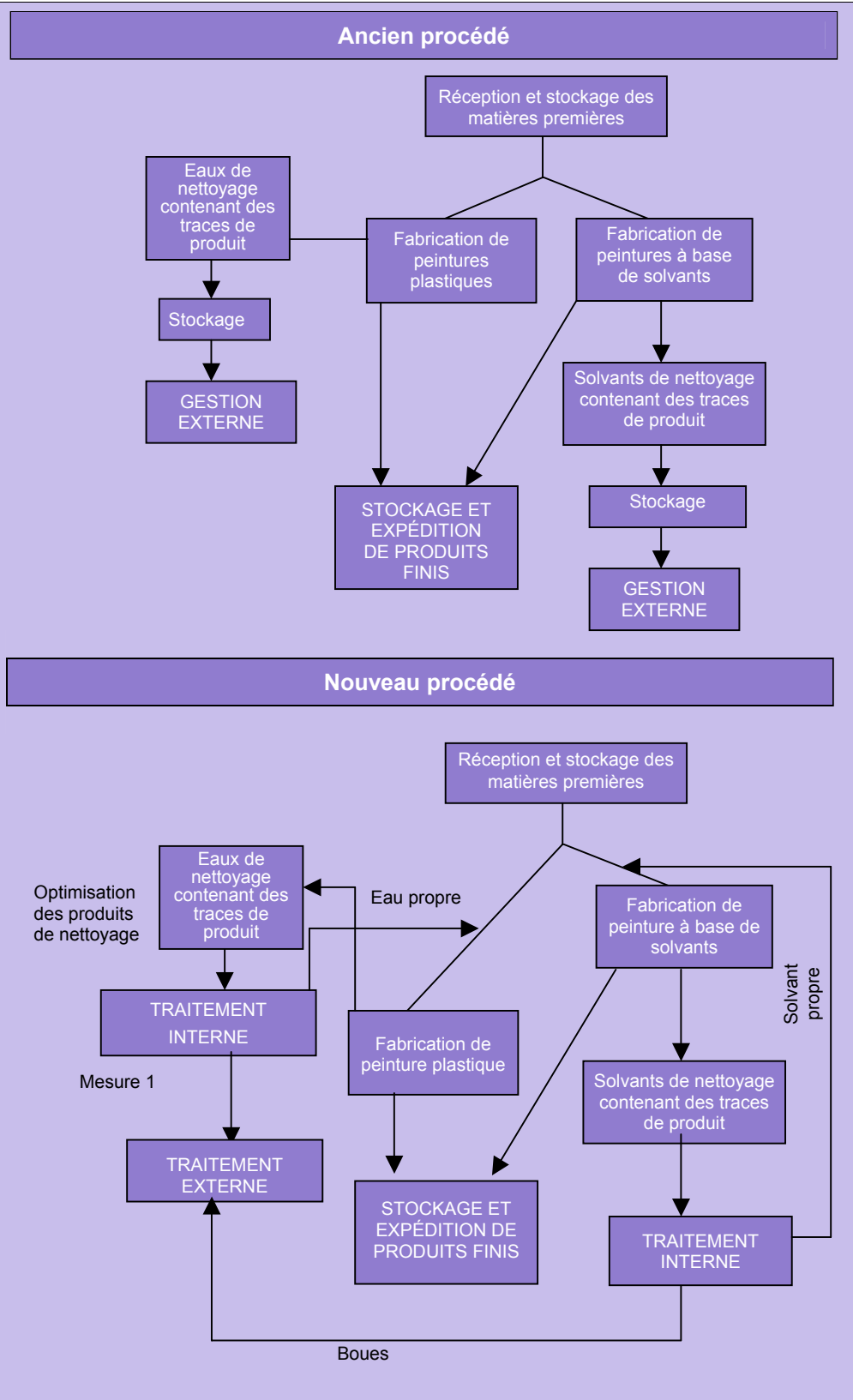
CAS PRATIQUE 1	
Entreprise	Elastogran, SA
Pays (localisation)	Espagne (Rubí, Barcelone)
Secteur industriel	Chimie - Fabrication de systèmes polyuréthanes pour l'industrie automobile, la construction et autres
Thème du projet	<u>Modification de processus</u> : améliorations apportées au système de nettoyage : système NEP (nettoyage en place)
Considérations sur l'environnement	<p>Elastogran, SA se consacre au développement et à la fabrication de systèmes polyuréthanes et à la commercialisation de matières premières de polyuréthane et de granulés de polyuréthane thermoplastique. Les marchés auxquels ces produits s'adressent sont principalement l'automobile, la construction, l'industrie du froid, le mobilier, l'industrie de la chaussure et les revêtements.</p> <p>Le processus de production est de type discontinu et se base principalement sur le mélange de matières premières (polyols ou isocyanates) et autres matières auxiliaires (catalyseurs, produits d'expansion, ignifugeants, colorants et additifs) en vue d'obtenir des composants de polyuréthane liquides (polyols et isocyanates formulés). Ceux-ci sont à leur tour utilisés par les entreprises de transformation pour produire du polyuréthane. L'ensemble des composants formulés est appelé système polyuréthane. Occasionnellement, un système peut contenir trois ou plusieurs composants suite à l'incorporation d'additifs auxiliaires.</p> <p>Pour obtenir les deux composants formulés, l'entreprise utilise des récipients de mélange (réacteurs) de différentes capacités. Le processus de dosage et de mélange est hautement automatisé et géré au moyen d'un automate programmable.</p> <p>Après réalisation du mélange et obtention du produit liquide formulé, ce dernier est stocké et envoyé au client.</p> <p>Le système utilisé auparavant pour nettoyer les réacteurs était entièrement manuel et employait de l'eau sous pression. La faible solubilité des produits dans l'eau se traduisait par des besoins quantitatifs élevés afin d'assurer un nettoyage total des réacteurs. Les eaux de nettoyage étaient récupérées dans des conteneurs et traitées en tant que déchet.</p>

Antécédents	<p>Fidèle à ses engagements reflétés dans sa politique de qualité et environnementale, ELASTOGRAN, SA a entrepris l'adéquation et la rationalisation du système de nettoyage.</p> <p>L'action s'est orientée vers les axes suivants :</p> <ul style="list-style-type: none">- diminution de la quantité d'eau utilisée pour les opérations de nettoyage des installations ;- réutilisation la plus importante possible des produits résultant du nettoyage.
Résumé de l'action	<p>Cette action a pour objectif de remplacer l'eau de nettoyage de la plupart des processus par des polyols réutilisables.</p> <p>Elle consiste à installer un système automatisé de nettoyage commandé (automate programmable) composé de têtes rotatives placées à l'intérieur des récipients de mélange. Ces derniers sont reliés à 2 réservoirs de polyols chauffés.</p> <p>Après le nettoyage, les polyols employés sont stockés dans des conteneurs différents suivant le type de produit et sont réutilisés en tant que matière première pour la fabrication ultérieure de produits identiques.</p>
Diagramme	<p>Le diagramme illustre le processus de nettoyage automatisé. À gauche, un réservoir cylindrique est étiqueté "Réservoir polyol nettoyage". Une conduite le relie à un réacteur de mélange central, qui est un grand récipient avec une tête rotative et deux pales. Une autre conduite relie le réacteur de mélange à un conteneur rectangulaire à droite, étiqueté "Polyol à recycler".</p>

Bilans		Ancien procédé	Nouveau procédé
		<u>Bilan de matières</u>	
	Production	24 239 t/an	37 565 t/an
	Déchets d'eau de nettoyage à traiter	77 860 l/an	31 120 l/an
	Déchets d'eau/tonne	3,21 l/t	0,82 l/t
	Déchets d'eau	100 %	25 %
	<u>Bilan économique</u>		
	Coût de l'eau	70,07 €/an	37,34 €/an
	Coût de gestion des déchets des eaux de nettoyage	25 140,00 €/an	12 567,00 €/an
	<u>Économie</u>		
	Économie relative à la consommation d'eau	32,73 €/an	
	Économie relative à la gestion des déchets des eaux de nettoyage	12 483,00 €/an	
	<u>Économie totale</u>	12 515,73 €/an	
	<u>Investissements réalisés sur les installations</u>	36 061,00 €	
	<u>Amortissement de l'investissement</u>	2,9 ans	
Conclusions	<p>La mise en œuvre de ce projet a conduit à la réduction d'environ 75 % du volume de déchets issus du nettoyage des récipients de mélange et à une diminution de la consommation d'eau utilisée à cet effet. Par ailleurs, l'automatisation du système a permis d'améliorer la qualité du nettoyage.</p> <p>Cette action de prévention de la pollution à la source est le fruit de la politique environnementale d'Elastogran, SA, intégrée au système d'amélioration continue amorcé par l'entreprise en 1997.</p> <p>En 2001, l'entreprise a réalisé un diagnostic environnemental des opportunités de minimisation (DEOM) en collaboration avec le Centre pour l'Entreprise et l'Environnement ce qui lui a permis d'obtenir la certification EMAS la même année.</p>		

CAS PRATIQUE 2	
Entreprise	PINTURAS JALLUT IBÉRICA SL
Pays (localisation)	Espagne (Polinyà, Barcelone)
Secteur industriel	Fabrication de peintures, vernis et revêtements similaires
Thème du projet	<u>Modification de processus</u> : réduction et recyclage à la source des eaux et des solvants de nettoyage
Considérations sur l'environnement	Lors du processus de fabrication de peintures plastiques, d'émaux et de vernis, les flux de déchets générés au cours de l'opération de nettoyage sont, entre autres, les solvants sales renfermant des traces de pigments et de résines ainsi que les eaux usées contenant des solvants et/ou des traces de pigments. Ces déchets de nettoyage (solvants et eaux) doivent être traités en externe en tant que déchets industriels liquides. En ce qui concerne le solvant sale, un pourcentage de ce dernier d'ores et déjà distillé était retourné à l'entreprise en vue d'être réutilisé au cours de l'opération de nettoyage.
Antécédents	L'entreprise Pinturas Jallut Ibérica a décidé d'effectuer un diagnostic environnemental des opportunités de minimisation (DEOM) en collaboration avec le Centre pour l'Entreprise et l'Environnement dans le but de réduire la production de ces déchets (entre autres) et, par la suite, de recycler à la source les déchets présents après la mise en œuvre des actions de réduction.
Résumé de l'action	<p>L'entreprise a optimisé le processus de nettoyage en menant à bien une série d'actions visant à réutiliser aussi bien l'eau que les solvants employés au cours de l'opération décrite ci-dessus.</p> <p>L'optimisation du processus de nettoyage à l'eau a été obtenue :</p> <ul style="list-style-type: none"> • par l'installation de tuyaux à embout commandé reliés à des groupes haute pression de contrôle du débit d'eau, ce qui a permis une réduction de la quantité d'eau utilisée au cours du nettoyage des installations servant à la fabrication de peintures plastiques ; • en complément de cette action de réduction à la source, un équipement de traitement physicochimique a été mis en place (floculation – coagulation et décantation) pour les eaux de nettoyage afin de permettre leur récupération et réutilisation dans le processus. <p>L'optimisation du processus de nettoyage à base de solvants appliqué sur les installations destinées à la fabrication d'émaux et de vernis a été envisagée à travers une solution possible de recyclage à la source. Un équipement de distillation a donc été installé pour la récupération des solvants et leur réutilisation ultérieure dans le processus.</p> <p>Grâce à cette action, l'entreprise a enregistré une réduction de 100 % des flux de déchets découlant des eaux et des solvants de nettoyage. Ceci s'est traduit par l'apparition de deux nouveaux flux de déchets, à savoir les boues provenant du traitement physicochimique et celles issues de la récupération des solvants.</p>

Diagrammes



Bilans			
	Ancien procédé	Nouveau procédé	
	<u>Bilan de matière de l'opération de nettoyage</u>		
	Consommation d'eau	150 t/an	20 t/an
	Consommation de solvants	7 t/an	1 t/an
	Consommation de réactifs pour le traitement physicochimique des eaux résiduaires	0 t/an	2 t/an
	Eaux résiduaires gérées en externe	150 t/an	0 t/an
	Solvant sale géré en externe	7 t/an	0 t/an
	Production de boues provenant du traitement physicochimique des eaux	0 t/an	30 t/an
	Production de déchets par distillation des solvants	0 t/an	2 t/an
	<u>Bilan économique de l'opération de nettoyage</u>		
	Coût de consommation d'eau	161,37 €/an	21,52 €/an
	Coût de consommation de solvants	6 310,63 €/an	1 262,13 €/an
	Coût de gestion des eaux résiduaires	18 030,36 €/an	1 923,24 €/an
	Coût de gestion des solvants en tant que déchets liquides	2 103,54 €/an	0 €/an
	Coût de gestion des boues provenant du traitement physicochimique des eaux résiduaires	0 €/an	6 310,63 €/an
	Coût de gestion des déchets provenant de la distillation des solvants	0 €/an	1 442,43 €/an
	<u>Économies</u>		15 645,97 €/an
	<u>Investissements</u>		
	Tuyaux à embout commandé reliés à un groupe haute pression, récupérateur de solvants et unité de traitement physicochimique	50 611,23 €	
	<u>Amortissement de l'investissement</u>		3,23 ans
	Conclusions	<p>L'intégration des alternatives de réduction et de recyclage à la source a permis à l'entreprise d'optimiser les cycles de l'eau et des solvants employés lors des opérations de nettoyage. L'adoption d'équipements permettant une économie de la quantité d'eau utilisée s'est traduite par une conception optimale (sans surdimensionnement) de l'équipement destiné au traitement physicochimique.</p> <p>Cette action représente l'exemple type de la façon dont il est possible de combiner les actions de minimisation visant à optimiser les processus, à réduire la consommation de matières et de ressources, ainsi qu'à diminuer les flux de déchets générés.</p>	

6.2. RÉCUPÉRATION ET RECYCLAGE À LA SOURCE

CAS PRATIQUE 3	
Entreprise	Tintas K+E, SA
Pays (localisation)	Espagne (Vilanova del Vallès, Barcelone)
Secteur industriel	Fabrication d'encre et de vernis destinés aux arts graphiques
Thème du projet	<u>Récupération et recyclage à la source</u> : récupération de solvants de nettoyage au moyen de la distillation sous vide
Considérations sur l'environnement	Les industries qui fabriquent des encres préparées en phase solvant organique consomment des quantités importantes de solvants. Ceux-ci sont utilisés aussi bien dans le processus de fabrication des encres, en tant que matières premières, que lors des opérations de nettoyage des machines et des appareils de fabrication. Les solvants sales, contenant des traces de pigments et de résines, sont considérés comme des déchets spéciaux.
Antécédents	<p>Avant la mise en œuvre de ce projet, Tintas K+E, SA stockait le solvant sale jusqu'à l'obtention d'un volume suffisant qui était collecté par un gestionnaire de déchets externe qui en récupérait une partie. Ceci entraînait des coûts importants et la destruction finale de plus de 70 % du solvant qui, une fois traité en externe, n'affichait pas la qualité minimum requise pour être réutilisé au cours des opérations de nettoyage réalisées au sein de l'entreprise.</p> <p>Outre la mise en place de mesures visant à réduire la consommation de solvants dans le processus de fabrication et de nettoyage, Tintas K+E, SA a décidé de mettre en œuvre ce projet en raison de l'économie de solvant pur que cela pouvait représenter (cette action garantissant une qualité satisfaisante du solvant récupéré) et de la réduction des coûts associés au traitement des solvants sales par des entreprises extérieures.</p>
Résumé de l'action	<p>Installation d'un système de distillation sous vide compact dans le but de récupérer le solvant en continu. Quatre-vingt-dix pour cent du solvant sale utilisé au cours des opérations de nettoyage des installations est introduit dans le système de distillation. Les 10 % restants doivent être traités en tant que déchets spéciaux de par leur composition.</p> <p>Le solvant sale, composé de solvants contenant des traces de pigments et de résines, est tout d'abord stocké dans un premier réservoir dans lequel a lieu une décantation des solides. Il est ensuite envoyé dans le bouilleur de l'appareil. Le bouilleur est équipé d'un système de jauge qui détecte le niveau de boues accumulées. Lorsque la limite maximum prédéterminée est atteinte, le procédé est arrêté et l'on procède au nettoyage. Le solvant propre récupéré est stocké dans un second réservoir depuis lequel il sera redistribué vers les différents points de consommation.</p> <p>Grâce au système de recyclage à la source actuel, la quantité de solvant pur devant être incorporée au solvant distillé en vue de nettoyer les installations représente environ 30 % de la quantité totale de solvant employé lors des opérations de nettoyage. Auparavant, le solvant pur incorporé représentait environ 87 % de la quantité totale de solvant employé lors du nettoyage.</p>

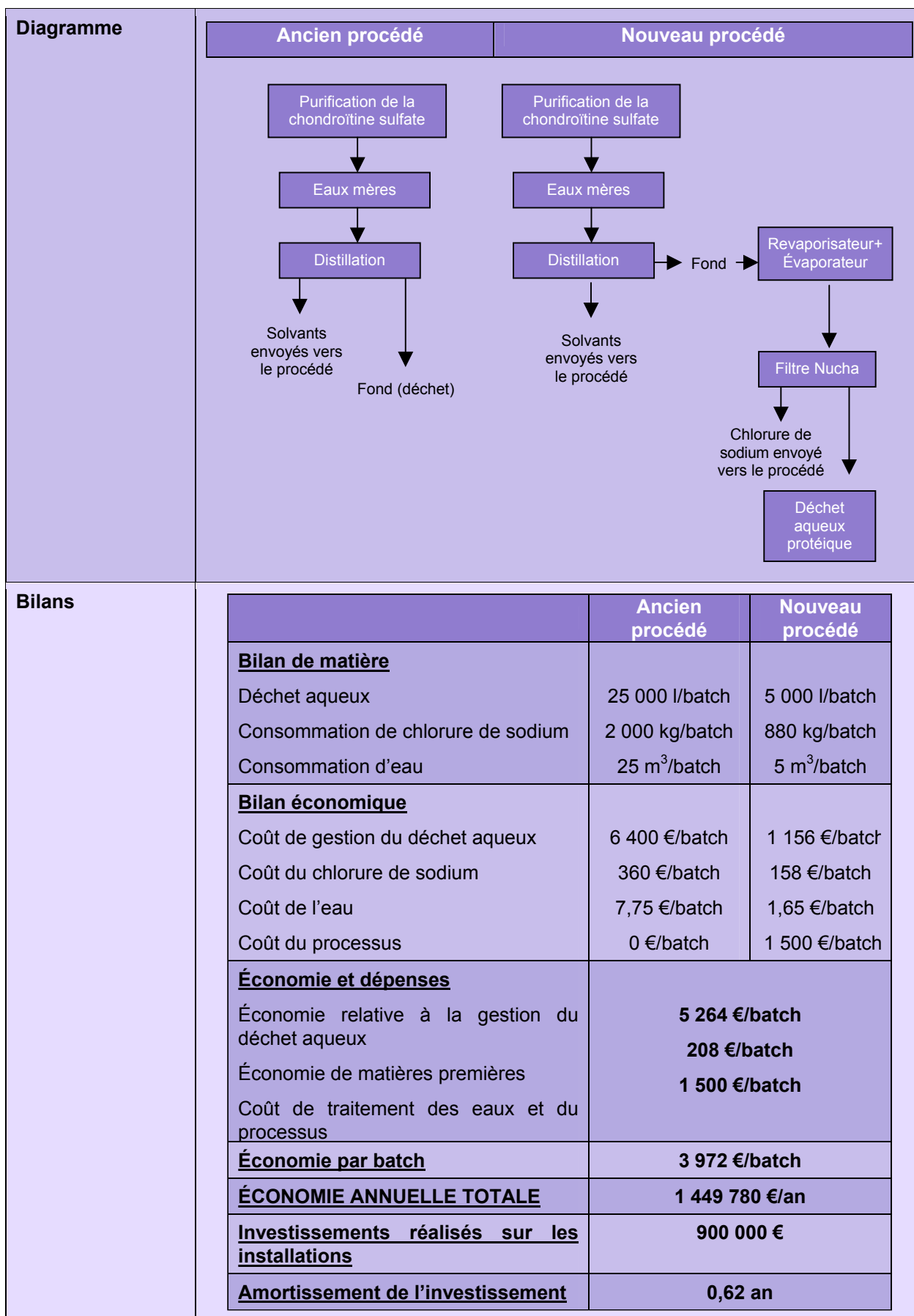
<p>Diagramme</p>																																													
<p>Bilans</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Ancien procédé (1992)</th> <th>Nouveau procédé (1996)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3"><u>Bilan de matière</u></td> </tr> <tr> <td>Solvant sale récupéré à la source</td> <td>-</td> <td>56 221 kg/an</td> </tr> <tr> <td>Solvant sale récupéré en externe</td> <td>21 280 kg/an</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Déchets envoyés vers le dépôt final</td> <td>58 590 kg/an</td> <td>18 740 kg/an</td> </tr> <tr> <td>Solvant pur destiné au nettoyage</td> <td>69 230 kg/an</td> <td>18 740 kg/an</td> </tr> <tr> <td colspan="3"><u>Bilan économique</u></td> </tr> <tr> <td>Coût du solvant pur</td> <td>50 762,93 €*</td> <td>13 741,11 €</td> </tr> <tr> <td>Coût de la récupération à la source</td> <td>-</td> <td>11 713,52 €</td> </tr> <tr> <td>Coût de la récupération par un gestionnaire</td> <td>5 115,82 €</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Coût de la mise en dépôt finale</td> <td>19 015,18 €</td> <td>5 631,60 €</td> </tr> <tr> <td><u>Coût total</u></td> <td>74 893,93 €</td> <td>31 086,23 €</td> </tr> <tr> <td><u>Investissement</u></td> <td>-</td> <td>82 068,20 €</td> </tr> <tr> <td><u>Amortissement de l'investissement</u></td> <td>-</td> <td>1,9 an</td> </tr> </tbody> </table> <p>* Valeur majorée du prix actuel de solvant pur, soit environ 0,73 €/kg.</p>				Ancien procédé (1992)	Nouveau procédé (1996)	<u>Bilan de matière</u>			Solvant sale récupéré à la source	-	56 221 kg/an	Solvant sale récupéré en externe	21 280 kg/an	-	Déchets envoyés vers le dépôt final	58 590 kg/an	18 740 kg/an	Solvant pur destiné au nettoyage	69 230 kg/an	18 740 kg/an	<u>Bilan économique</u>			Coût du solvant pur	50 762,93 €*	13 741,11 €	Coût de la récupération à la source	-	11 713,52 €	Coût de la récupération par un gestionnaire	5 115,82 €	-	Coût de la mise en dépôt finale	19 015,18 €	5 631,60 €	<u>Coût total</u>	74 893,93 €	31 086,23 €	<u>Investissement</u>	-	82 068,20 €	<u>Amortissement de l'investissement</u>	-	1,9 an
	Ancien procédé (1992)	Nouveau procédé (1996)																																											
<u>Bilan de matière</u>																																													
Solvant sale récupéré à la source	-	56 221 kg/an																																											
Solvant sale récupéré en externe	21 280 kg/an	-																																											
Déchets envoyés vers le dépôt final	58 590 kg/an	18 740 kg/an																																											
Solvant pur destiné au nettoyage	69 230 kg/an	18 740 kg/an																																											
<u>Bilan économique</u>																																													
Coût du solvant pur	50 762,93 €*	13 741,11 €																																											
Coût de la récupération à la source	-	11 713,52 €																																											
Coût de la récupération par un gestionnaire	5 115,82 €	-																																											
Coût de la mise en dépôt finale	19 015,18 €	5 631,60 €																																											
<u>Coût total</u>	74 893,93 €	31 086,23 €																																											
<u>Investissement</u>	-	82 068,20 €																																											
<u>Amortissement de l'investissement</u>	-	1,9 an																																											
<p>Conclusions</p>	<p>Le projet de minimisation mené à bien par Tintas K+E, SA permet de garantir la qualité du solvant récupéré se traduisant, d'une part, par une économie importante quant à la consommation de solvant pur et, d'autre part, par la réduction de la quantité de déchets envoyés vers le dépôt final. Ceci entraîne une diminution considérable de leurs coûts environnementaux. La mise en place de ce type de pratique contribue à l'obtention de processus de fabrication plus respectueux de l'environnement.</p>																																												

CAS PRATIQUE 4	
Entreprise	Detervic, S.A
Pays (localisation)	Espagne (Vic, Barcelone)
Secteur industriel	Chimie
Thème du projet	<u>Récupération et recyclage à la source</u> : minimisation des déchets aqueux et économie des ressources par le biais d'un recyclage à la source
Considérations sur l'environnement	<p>L'entreprise DETERVIC, SA se consacre à la fabrication et à la commercialisation de savons, détergents et autres produits de nettoyage et de brillantage pour l'industrie.</p> <p>Le processus de production de DETERVIC, SA consiste à introduire des réactifs chimiques dans les mélangeurs, en fonction de la formulation spécifique du produit à fabriquer, puis à agiter le mélange aussi longtemps que nécessaire pour chaque formulation. Cette opération est immédiatement suivie du conditionnement du produit dans des conteneurs de distribution.</p> <p>À l'issue de l'adjonction des produits chimiques dans les mélangeurs, ces derniers sont nettoyés, entraînant ainsi la production d'eaux résiduelles traitées en tant que déchet spécial.</p>
Antécédents	<p>Comme indiqué ci-dessus, l'entreprise DETERVIC, SA générait des déchets liquides dont l'eau était le principal composant, le reste étant principalement constitué de divers produits entraînés et retenus dans les mélangeurs. Ce problème a conduit DETERVIC, SA à chercher une solution permettant d'améliorer la situation environnementale et économique de l'entreprise tout en réduisant la consommation de ressources naturelles.</p> <p>L'action s'est orientée vers les axes suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • disposer d'un processus permettant la réutilisation de l'eau contenue dans les déchets ; • minimiser la quantité de déchets traités en externe après séparation de la phase aqueuse ; • disposer d'une période de retour sur investissement et d'un coût de traitement les plus faibles possibles. <p>Étant donné que les technologies faisant appel aux principes de membrane et d'évaporation sous vide constituent une alternative aux techniques traditionnelles d'épuration des eaux résiduelles, DETERVIC, SA a décidé d'envisager la possibilité de mettre en place un processus répondant à ces caractéristiques.</p>
Résumé de l'action	<p>L'action a été scindée en deux phases :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La première phase consistait à mettre en place un système d'épuration impliquant un procédé d'ultrafiltration tangentielle capable de traiter 2 m³/jour. Cette technique de filtration sélective recourt à des membranes semi-perméables qui permettent la séparation des particules solides de très faible diamètre avec un rendement et une réutilisation de l'eau utilisée lors des opérations de nettoyage de l'ordre de 85 %. Le déchet le plus concentré, produit lors de l'ultrafiltration, est considéré comme un déchet spécial traité en externe.

	<ul style="list-style-type: none"> La seconde phase reposait sur le traitement du déchet concentré généré lors de l'ultrafiltration au moyen d'une installation d'évaporation sous vide d'une capacité de traitement de 150 l/jour. Cette phase permet la minimisation de 95 % du déchet concentré et, par conséquent, la réutilisation de 95 % de l'eau obtenue lors du processus d'évaporation. <p>L'ensemble de l'action s'est donc traduit par une minimisation de 99 % des déchets aqueux et par la réutilisation dans le processus du même pourcentage d'eau.</p>																																																
<p>Diagramme</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%; text-align: center;">ANCIEN PROCÉDÉ</th> <th style="width: 33%; text-align: center;">NOUVEAU PROCÉDÉ 1^{re} PHASE</th> <th style="width: 33%; text-align: center;">NOUVEAU PROCÉDÉ 2^e PHASE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Eaux de nettoyage</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;">Gestion externe</div> </td> <td style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Eaux de nettoyage</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Ultrafiltration tangentielle</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="text-align: center;">→</div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Réutilisation de 85 % de l'eau dans le processus</div> </td> <td style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Concentré traité en externe, 15 %</div> <div style="text-align: center;">→</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Évaporateur sous vide</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="text-align: center;">↑</div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Réutilisation de l'eau dans le processus</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;">Concentré traité en externe, 5 %</div> </td> </tr> </tbody> </table>	ANCIEN PROCÉDÉ	NOUVEAU PROCÉDÉ 1 ^{re} PHASE	NOUVEAU PROCÉDÉ 2 ^e PHASE	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Eaux de nettoyage</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;">Gestion externe</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Eaux de nettoyage</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Ultrafiltration tangentielle</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="text-align: center;">→</div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Réutilisation de 85 % de l'eau dans le processus</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Concentré traité en externe, 15 %</div> <div style="text-align: center;">→</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Évaporateur sous vide</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="text-align: center;">↑</div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Réutilisation de l'eau dans le processus</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;">Concentré traité en externe, 5 %</div>																																										
ANCIEN PROCÉDÉ	NOUVEAU PROCÉDÉ 1 ^{re} PHASE	NOUVEAU PROCÉDÉ 2 ^e PHASE																																															
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Eaux de nettoyage</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;">Gestion externe</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Eaux de nettoyage</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Ultrafiltration tangentielle</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="text-align: center;">→</div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Réutilisation de 85 % de l'eau dans le processus</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Concentré traité en externe, 15 %</div> <div style="text-align: center;">→</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Évaporateur sous vide</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="text-align: center;">↑</div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Réutilisation de l'eau dans le processus</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;">Concentré traité en externe, 5 %</div>																																															
<p>Bilans</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;"></th> <th style="width: 20%; text-align: center;">Ancien procédé</th> <th style="width: 20%; text-align: center;">Nouveau procédé</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3"><u>Bilan de matière</u></td> </tr> <tr> <td>Consommation d'eau</td> <td style="text-align: center;">424 m³/an</td> <td style="text-align: center;">3,2 m³/an</td> </tr> <tr> <td>Déchets aqueux traité en externe</td> <td style="text-align: center;">424 m³/an</td> <td style="text-align: center;">3,2 m³/an</td> </tr> <tr> <td colspan="3"><u>Bilan économique</u></td> </tr> <tr> <td>Coût de l'eau</td> <td style="text-align: center;">176,4 €/an</td> <td style="text-align: center;">1,33 €/an</td> </tr> <tr> <td>Coûts de gestion des déchets aqueux</td> <td style="text-align: center;">90 000 €/an</td> <td style="text-align: center;">1 120 €/an</td> </tr> <tr> <td>Coût du transport des déchets aqueux</td> <td style="text-align: center;">10 800 €/an</td> <td style="text-align: center;">96 €/an</td> </tr> <tr> <td>Coût de l'énergie</td> <td style="text-align: center;">0 €/an</td> <td style="text-align: center;">22 952 €/an</td> </tr> <tr> <td colspan="3"><u>Économies et dépenses</u></td> </tr> <tr> <td>Économie relative à l'achat de l'eau</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">175,07 €/an</td> </tr> <tr> <td>Économie relative à la gestion des déchets aqueux</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">99 584 €/an</td> </tr> <tr> <td>Coût de l'énergie</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">22 952 €/an</td> </tr> <tr> <td><u>Économie totale</u></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">76 807,07 €/an</td> </tr> <tr> <td><u>Investissements réalisés sur les installations</u></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">79 100,90 €</td> </tr> <tr> <td><u>Amortissement de l'investissement</u></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">1,03 an</td> </tr> </tbody> </table>		Ancien procédé	Nouveau procédé	<u>Bilan de matière</u>			Consommation d'eau	424 m ³ /an	3,2 m ³ /an	Déchets aqueux traité en externe	424 m ³ /an	3,2 m ³ /an	<u>Bilan économique</u>			Coût de l'eau	176,4 €/an	1,33 €/an	Coûts de gestion des déchets aqueux	90 000 €/an	1 120 €/an	Coût du transport des déchets aqueux	10 800 €/an	96 €/an	Coût de l'énergie	0 €/an	22 952 €/an	<u>Économies et dépenses</u>			Économie relative à l'achat de l'eau	175,07 €/an		Économie relative à la gestion des déchets aqueux	99 584 €/an		Coût de l'énergie	22 952 €/an		<u>Économie totale</u>	76 807,07 €/an		<u>Investissements réalisés sur les installations</u>	79 100,90 €		<u>Amortissement de l'investissement</u>	1,03 an	
	Ancien procédé	Nouveau procédé																																															
<u>Bilan de matière</u>																																																	
Consommation d'eau	424 m ³ /an	3,2 m ³ /an																																															
Déchets aqueux traité en externe	424 m ³ /an	3,2 m ³ /an																																															
<u>Bilan économique</u>																																																	
Coût de l'eau	176,4 €/an	1,33 €/an																																															
Coûts de gestion des déchets aqueux	90 000 €/an	1 120 €/an																																															
Coût du transport des déchets aqueux	10 800 €/an	96 €/an																																															
Coût de l'énergie	0 €/an	22 952 €/an																																															
<u>Économies et dépenses</u>																																																	
Économie relative à l'achat de l'eau	175,07 €/an																																																
Économie relative à la gestion des déchets aqueux	99 584 €/an																																																
Coût de l'énergie	22 952 €/an																																																
<u>Économie totale</u>	76 807,07 €/an																																																
<u>Investissements réalisés sur les installations</u>	79 100,90 €																																																
<u>Amortissement de l'investissement</u>	1,03 an																																																

Conclusions	<p>La mise en œuvre de ce projet a permis la réduction de 421,8 m³/an de la consommation d'eau du procédé industriel. De même, la quantité de déchets aqueux considérés comme des déchets dangereux et générés au cours des opérations de nettoyage des mélangeurs de produits chimiques, a elle aussi été réduite de 421,8 t/an. En outre, cette action a permis à l'entreprise d'atteindre les objectifs fixés intégrés dans ses plans d'amélioration continue ISO 14 001.</p> <p>Cette action est le fruit du diagnostic environnementale des opportunités de minimisation (DEOM) mené à bien par l'entreprise en collaboration avec le Centre pour l'Entreprise et l'Environnement (CEMA) au cours de l'année 2002.</p>
--------------------	--

CAS PRATIQUE 5	
Entreprise	BIOIBÉRICA, SA
Pays (localisation)	Espagne (Palafolls, Barcelone)
Secteur industriel	Fabrication de produits pharmaceutiques
Thème du projet	<u>Recyclage à la source</u> : installation d'équipements permettant la réutilisation du chlorure de sodium utilisé dans le processus de fabrication.
Considérations sur l'environnement	<p>L'entreprise BIOIBERICA, SA se consacre à la fabrication de produits pharmaceutiques, notamment la chondroïtine sulfate et l'héparine. Le processus de production employé repose sur plusieurs étapes comprenant la réception des matières premières et les étapes d'extraction et de purification.</p> <p>Lors de ces phases, plusieurs matières et produits chimiques sont utilisés protéines, solvants organiques, chlorure de sodium, eau, etc. Ceux-ci entraînent l'apparition de flux de déchets aqueux contenant des solvants.</p> <p>Les flux de déchets issus du processus ont un impact significatif sur l'environnement, en particulier les eaux mères produites lors de la phase de purification de la chondroïtine sulfate. Ce flux de déchet est traité en interne par le biais d'une colonne de distillation permettant la récupération des solvants. Ce procédé entraîne la formation d'un flux appelé « fond de distillation » et dont la composition est issue du mélange de chlorure de sodium, d'eau et de protéines. Ce flux est très compliqué à traiter dans la mesure où la concentration élevée de sels solubles rend l'inertisation ou le dépôt final relativement difficile.</p>
Antécédents	<p>Comme expliqué précédemment, BIOIBERICA, SA génère un flux aqueux salin, le fond de distillation, provenant de la colonne de distillation chargée du traitement des déchets générés lors du processus de purification de la chondroïtine sulfate. En 2002, l'entreprise a envisagé la minimisation de ce flux de déchets et, parallèlement, a décidé d'introduire une série de modifications destinées à l'amélioration du processus de production.</p> <p>L'action s'est orientée vers les axes suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • réduire la consommation de matières premières ; • réduire la quantité de déchets produits lors du traitement de distillation des eaux mères (processus de rectification) ; • réutiliser le chlorure de sodium ; • réduire la consommation d'eau utilisée dans le processus.
Résumé de l'action	<p>Les déchets produits lors du processus de distillation des eaux mères (fonds de distillation) sont traités dans un évaporateur sous vide muni d'un revaporisateur à circulation forcée, afin d'éviter le dépôt du chlorure de sodium sur les parois de l'appareil et ce, jusqu'à l'obtention du point d'ébullition du chlorure de sodium. Dès lors, le produit est envoyé vers un filtre de type Nucha dans lequel les cristaux de chlorure de sodium sont retenus pour ensuite être minutieusement nettoyés afin d'éviter leur redissolution.</p> <p>Cette action permet de réutiliser l'eau et le chlorure de sodium dans le processus. Le déchet contenant des protéines est traité par destruction. Toutefois sa valorisation est actuellement à l'étude.</p>



Conclusions	La mise en œuvre de ce projet a permis la réduction de 408,8 t/an de la consommation de chlorure de sodium ainsi qu'une réduction de 7 300 m ³ /an du déchet associé à la fabrication de chondroïtine sulfate. Ceci représente une diminution de 80 % de ce déchet très difficile à gérer et à traiter. En outre, la compagnie étudie actuellement la possibilité de transformer le déchet protéique en sous-produit, ce qui entraînerait l'élimination totale du flux de déchets généré auparavant. Cette action s'inscrit dans les plans d'amélioration environnementale et dans la politique de protection du milieu naturel de la zone dans laquelle cette entreprise est implantée. Cette politique fut lancée suite à l'incorporation au système de gestion de l'environnement ISO 14 001 en 1997 et à la certification EMAS obtenue en 1999.
--------------------	--

CAS PRATIQUE 6	
Entreprise	CPQ IBÉRICA, SA
Pays (localisation)	Espagne (Mollet del Vallès, Barcelone)
Secteur industriel	Fabrication de produits chimiques
Thème du projet	<u>Récupération et recyclage à la source</u> : réutilisation des eaux de nettoyage industriel
Considérations sur l'environnement	<p>La fabrication de ces produits auxiliaires pour l'industrie (émulsions de coupe, détergents, lubrifiants, etc.) s'effectue en « batch », c'est-à-dire en discontinu. La procédure de changement de produit au cours de la fabrication implique un nettoyage minutieux de toute la ligne de production entraînant l'exécution d'opérations de nettoyage intermédiaires afin de garantir l'élimination des traces de produits et éviter la pollution des opérations ultérieures.</p> <p>Ces opérations de nettoyage se traduisent par la production d'eaux résiduares à charge polluante élevée au regard de la DCO et des matières en suspension (MES).</p>
Antécédents	<p>L'entreprise a effectué un diagnostic environnemental des opportunités de minimisation, en collaboration avec le Centre d'initiatives pour la production propre (CIPP), qui a mis en évidence la possibilité d'appliquer des mesures d'amélioration des eaux résiduares issues des opérations de nettoyage.</p> <p>Les facteurs qui ont incité l'entreprise CPQ Ibérica, SA à réaliser cet investissement ont été les suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • le besoin de remplir les objectifs de qualité environnementale fixés par l'entreprise ; • la possibilité d'éliminer dans sa totalité la production d'eaux résiduares issues des opérations de nettoyage des équipements.
Résumé de l'action	<p>Il s'agit d'une modification de processus consistant à installer une unité de microfiltration tangentielle pour le traitement des eaux issues des opérations de nettoyage intermédiaires.</p> <p>Les eaux de nettoyage passent à travers un filtre à fentes qui sert à éliminer les particules solides dont la taille est supérieure à 1 mm. L'eau filtrée est ensuite acheminée vers l'appareil de microfiltration dans lequel a lieu la séparation des particules dont la taille est supérieure à 0,1 microns, entraînant une réduction de la quantité de MES et de la DCO.</p> <p>Les eaux provenant des opérations de nettoyage traitées par ce système de microfiltration peuvent être réutilisées dans le même processus.</p> <p>La microfiltration de ces eaux produit un concentré (mélange des différents produits) qu'il est actuellement impossible de récupérer. Il convient donc de procéder à son traitement en faisant appel à un gestionnaire de déchets autorisé.</p>

<p>Diagramme</p>	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">ANCIEN PROCÉDÉ</th> <th style="width: 50%;">NOUVEAU PROCÉDÉ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <pre> graph TD Eau --> Réacteurs Réacteurs --> Eaux_résiduelles[Eaux résiduelles] Eaux_résiduelles --> Traitement Traitement --> Rejet </pre> </td> <td> <pre> graph TD Eau --> Réacteurs Réacteurs --> Eaux_résiduelles[Eaux résiduelles] Eaux_résiduelles --> Microfiltration Microfiltration --> Réacteurs Microfiltration --> Traitement_externe[Traitement en externe] </pre> </td> </tr> </tbody> </table>		ANCIEN PROCÉDÉ	NOUVEAU PROCÉDÉ	<pre> graph TD Eau --> Réacteurs Réacteurs --> Eaux_résiduelles[Eaux résiduelles] Eaux_résiduelles --> Traitement Traitement --> Rejet </pre>	<pre> graph TD Eau --> Réacteurs Réacteurs --> Eaux_résiduelles[Eaux résiduelles] Eaux_résiduelles --> Microfiltration Microfiltration --> Réacteurs Microfiltration --> Traitement_externe[Traitement en externe] </pre>																																
ANCIEN PROCÉDÉ	NOUVEAU PROCÉDÉ																																					
<pre> graph TD Eau --> Réacteurs Réacteurs --> Eaux_résiduelles[Eaux résiduelles] Eaux_résiduelles --> Traitement Traitement --> Rejet </pre>	<pre> graph TD Eau --> Réacteurs Réacteurs --> Eaux_résiduelles[Eaux résiduelles] Eaux_résiduelles --> Microfiltration Microfiltration --> Réacteurs Microfiltration --> Traitement_externe[Traitement en externe] </pre>																																					
<p>Bilans</p>	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Ancien procédé</th> <th>Nouveau procédé</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Consommation de matières et d'énergie</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>- Eau</td> <td>529 m³/an</td> <td>53 m³/an</td> </tr> <tr> <td>- Augmentation de la puissance installée</td> <td></td> <td>5,5 kW</td> </tr> <tr> <td>Coûts du processus</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>- Eau</td> <td>2 143,30 €/an</td> <td>63,62 €/an</td> </tr> <tr> <td>- Augmentation de la consommation d'énergie</td> <td></td> <td>552,22 €/an</td> </tr> <tr> <td>Coût environnemental</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>- Gestion des déchets</td> <td>900,36 €/an</td> <td>1 500,60 €/an</td> </tr> <tr> <td>Coût total (en €/an)</td> <td>3 043,66 €/an</td> <td>2 116,45 €/an</td> </tr> <tr> <td>Économies (en €/an)</td> <td colspan="2">927,22 €/an</td> </tr> <tr> <td>Investissement (en €)</td> <td colspan="2">42 617,05 €</td> </tr> </tbody> </table>			Ancien procédé	Nouveau procédé	Consommation de matières et d'énergie			- Eau	529 m ³ /an	53 m ³ /an	- Augmentation de la puissance installée		5,5 kW	Coûts du processus			- Eau	2 143,30 €/an	63,62 €/an	- Augmentation de la consommation d'énergie		552,22 €/an	Coût environnemental			- Gestion des déchets	900,36 €/an	1 500,60 €/an	Coût total (en €/an)	3 043,66 €/an	2 116,45 €/an	Économies (en €/an)	927,22 €/an		Investissement (en €)	42 617,05 €	
	Ancien procédé	Nouveau procédé																																				
Consommation de matières et d'énergie																																						
- Eau	529 m ³ /an	53 m ³ /an																																				
- Augmentation de la puissance installée		5,5 kW																																				
Coûts du processus																																						
- Eau	2 143,30 €/an	63,62 €/an																																				
- Augmentation de la consommation d'énergie		552,22 €/an																																				
Coût environnemental																																						
- Gestion des déchets	900,36 €/an	1 500,60 €/an																																				
Coût total (en €/an)	3 043,66 €/an	2 116,45 €/an																																				
Économies (en €/an)	927,22 €/an																																					
Investissement (en €)	42 617,05 €																																					
<p>Conclusions</p>	<p>La décision de réaliser cet investissement et de modifier le processus de nettoyage ne répond pas à des considérations d'ordre économique mais plutôt à la volonté d'atteindre les objectifs de qualité environnementale fixés par l'entreprise.</p> <p>L'action menée par l'entreprise CPQ Ibérica, SA a non seulement permis de diminuer les rejets de manière significative mais aussi d'enregistrer une économie financière.</p> <p>De cette manière, pour les seules opérations de nettoyage des réacteurs, l'entreprise a réduit sa consommation d'eau d'environ 90 %.</p>																																					

6.3. BONNES PRATIQUES

CAS PRATIQUE 7	
Entreprise	SENIGRUP, SL
Pays	Terrassa (Vallès occidental) Barcelone, Espagne
Secteur industriel	Fabrication de produits chimiques destinés à la maintenance industrielle
Thème du projet	<u>Bonnes pratiques environnementales</u> : réutilisation des eaux de nettoyage contenant des traces de produit
Considérations sur l'environnement	<p>SENIGRUP fait appel à un système de production en discontinu adopté en vue de permettre l'obtention d'une grande variété de produits chimiques (savons, détergents et produits de nettoyage et brillantage). Ce système de production est rattaché à une série d'opérations de nettoyage des réacteurs, des réservoirs et des installations générales (nécessaire afin de garantir la qualité de produit requise).</p> <p>Les opérations de nettoyage sont effectuées par le biais de tuyaux équipés d'un embout commandé (débit réduit haute pression). Bien qu'une attention particulière soit portée à la consommation d'eau, les eaux produites représentent la quasi-totalité des eaux résiduelles générées par l'entreprise.</p>
Antécédents	<p>L'entreprise a réalisé un diagnostic environnemental des opportunités de minimisation, en collaboration avec le Centre d'initiatives pour la production propre (CIPP), qui a mis en évidence la possibilité d'obtenir un rejet zéro et des améliorations environnementales correspondantes.</p> <p>SENIGRUP SL a mis en place un système d'assurance de la qualité fixant des objectifs d'amélioration continue aussi bien en termes de qualité des produits que de qualité de l'environnement.</p>
Résumé de l'action	<p>Les actions menées à bien suite à ce diagnostic ont non seulement entraîné une réduction des flux de déchets produits par l'entreprise, mais également une amélioration de leur gestion. Ces actions se sont répercutées aussi bien sur le coût d'épuration de ces déchets que sur la qualité des produits.</p> <p>Après étude des processus de production, analyse des matériaux et bilan des éventuelles solutions et options d'amélioration visant à réduire les flux de déchets, les actions suivantes ont été mises en œuvre en tenant compte de la qualité exigée pour les produits finaux :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Réutilisation des eaux contenant des traces de produits issues des opérations de nettoyage des réacteurs en mettant l'accent sur : <ol style="list-style-type: none"> a) L'organisation de l'ordre de fabrication des lots par familles de produits afin d'éliminer le besoin de nettoyage du réacteur entre chaque production. b) La mise en bidons des eaux de nettoyage en vue de réutiliser ces dernières sur les lots fabriqués ultérieurement. On recalcule alors les quantités de matières premières à ajouter en incorporant la quantité d'eaux résiduelles récupérées pouvant être introduite



	<p>dans la formule et ce, en fonction de la viscosité des produits à élaborer. Ces eaux seront incorporées en tant que matière première ou ajoutées en fin de processus en fonction de la viscosité des eaux et du produit.</p> <p>c) La gestion en externe des eaux résiduares issues du nettoyage des lots fabriqués en faible quantité et/ou occasionnellement.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Tri à la source des différentes sortes de déchets (récipients, emballages, matériaux absorbants) permettant l'élévation du potentiel de valorisation. 3. Rationalisation et optimisation de l'entrepôt : établir et identifier les zones de stockage afin d'optimiser les conditions, ce qui permet d'éviter toute détérioration de l'emballage ou du produit ainsi que de réduire les risques d'incendie, de confusion, de fuite et/ou de déversement de produits. 4. Les actions précédentes ont été accompagnées de stages de formation du personnel de l'entreprise. La mise en place de bonnes pratiques s'est traduite par une hausse de la qualité suivie d'une diminution des déchets produits. <p>À elle seule, cette nouvelle stratégie de recyclage à la source a permis de ramener à 10 % la quantité des eaux résiduares aboutissant à l'extérieur du circuit fermé et devant être traitées en externe en tant que déchet liquide.</p>
<p>Diagramme</p>	<p>Le diagramme compare deux flux de processus :</p> <ul style="list-style-type: none"> Ancien procédé : Réception → Production → Expédition. Les eaux résiduares issues du nettoyage sont rejetées dans les égouts. Nouveau procédé : Réception → Production → Expédition. Les eaux résiduares issues du nettoyage sont stockées en bidons pour réutilisation, réincorporées dans le produit, ou gérées en externe. <pre> graph TD subgraph Ancien_procedé [Ancien procédé] direction LR R1[Réception] --> P1[Production] P1 --> E1[Expédition] P1 --> N1[Nettoyages] N1 --> RE[Rejet dans les égouts] end subgraph Nouveau_procedé [Nouveau procédé] direction LR R2[Réception] --> P2[Production] P2 --> E2[Expédition] P2 --> N2[Nettoyages] N2 --> S[Stockage en bidons pour réutilisation] S --> R2 N2 --> RI[Réincorporation dans le produit] RI --> P2 N2 --> GE[Gestion externe] end </pre>

Bilans		Ancien procédé	Nouveau procédé
	Consommation d'eau (valeur exprimée en base 1 en 1998)		1
Prix unitaire (en tenant compte des taxes associées au captage et à l'assainissement)		0,31 €/m ³	0,20 €/m ³
Estimation du coût		104,90 €/an	51,25 €/an
Production d'eaux résiduares issues du nettoyage des installations		1	0,10
Estimation du coût en tenant compte du traitement du déchet liquide		14 376,21 €/an	1 436,42 €/an
Investissements réalisés sur les installations	Négligeable		
Économie découlant des bonnes pratiques	53,66 €/an		
Conclusions	<p>Grâce à de simples modifications de la procédure de nettoyage et, surtout, grâce à l'application de bonnes pratiques identifiées et recommandées par le diagnostic environnemental des opportunités de minimisation, l'entreprise SENIGRUP SL a atteint un niveau de rejet zéro accompagné d'une réduction du coût relatif à la gestion environnementale.</p> <p>Ces actions ont permis de corriger les paramètres pris en compte par les taxes sur l'assainissement, ce qui a entraîné une baisse des coûts associés à l'eau.</p> <p>Ces actions font partie intégrante des objectifs établis dans la politique environnementale de l'entreprise, définie parallèlement à la politique de qualité, de façon à intégrer les concepts de qualité et de protection de l'environnement au système de gestion de l'entreprise.</p>		

CAS PRATIQUE 8	
Entreprise	KAO CORPORATION, SA
Pays (localisation)	Espagne (Barberà del Vallès, Barcelone)
Secteur industriel	Chimie - Fabrication d'arômes et de fragrances
Thème du projet	<u>Bonnes pratiques environnementales</u> : réduction des effluents par amélioration des procédures de nettoyage des équipements et réacteurs
Considérations sur l'environnement	<p>La qualité des produits et leur coût constituent les deux facteurs les plus importants au sein d'un marché exigeant et compétitif comme celui des arômes et fragrances.</p> <p>Le processus de fabrication des arômes et fragrances requiert un nettoyage minutieux à l'eau des installations mais aussi des réacteurs. L'opération se fait en deux étapes : à l'eau, puis à la vapeur d'eau, entraînant ainsi la production d'effluents à forte DCO.</p>
Antécédents	<p>Les coûts très élevés imputables à l'épuration des eaux résiduelles issues des opérations de nettoyage et au traitement en externe (obligatoire) ont des répercussions considérables sur le prix final des produits finis.</p> <p>La solution adoptée par Kao Corporation a consisté à minimiser le flux de déchet à travers la mise en œuvre de bonnes pratiques à très faible investissement.</p>
Résumé de l'action	<p>Cette action s'est déroulée en plusieurs phases, de 1992 à 1994. Après avoir révisé les paramètres de conception des procédés et analysé les améliorations possibles ainsi que les répercussions éventuelles de ces dernières sur la qualité du produit fini (essais pilotes obligatoires), les actions concrètes ci-dessous ont été mises en place :</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Élimination de l'un des quatre nettoyeurs utilisés pour chaque fabrication b) Récupération du produit condensé issu de la vaporisation finale en vue de le réutiliser pour l'opération de nettoyage suivante c) Réduction du temps de vaporisation de 20 % d) Organisation de l'ordre de fabrication par familles de produits <p>Ces actions ont été complétées par des formations et la diffusion d'informations à l'ensemble du personnel impliqué dans le processus, afin d'exposer l'objectif de ces modifications et la manière de les mettre en œuvre. La rationalisation des opérations de nettoyage des réacteurs s'est également traduite par un gain de temps au niveau de la fabrication des produits et, par conséquent, par une augmentation de la capacité réelle de production.</p>

Bilans	Valeurs exprimées en base 1 en 1991		
		Anciennes procédures de nettoyage (1992)	Procédures de nettoyage actuelles
	Bilan d'eau et d'énergie		
	- Eau	1	0,75
	- Vapeur	1	0,75
	Production de déchets (en kg de déchets/tonne de produits)	1	0,50
	Bilan économique		
	- Déchets de nature générale (en €/an)	1	0,50
	- Gestion des déchets (en €/kg de déchets)	1	0,73
	- Disponibilité de l'usine	1	1,06
	Coût total de la gestion des déchets (en €/kg de produits)	1	0,3775
	Économie découlant de la minimisation des déchets		165 066 €/an
	Bénéfice dû à l'augmentation de la capacité de production		33 013 €/an
	Bénéfices totaux		198 079 €/an
	Investissement		Négligeable
	Amortissement de l'investissement		Immédiat
Conclusions	<p>Les résultats de l'ensemble des actions menées à bien ont eu une influence considérable sur le bilan économique et environnemental de ce centre de production.</p> <p>Il convient de souligner l'importance d'une réflexion sur le « pourquoi » des procédures appliquées (appelées bonnes pratiques). Celle-ci permet en effet une amélioration des processus de production entraînant une réduction significative des dépenses liées à la production d'effluents à forte DCO, sans la contrepartie d'investissements importants (excepté pour la formation/information du personnel de l'usine et l'exécution des essais pilotes).</p> <p>Comme dans la plupart des cas, on observe également une augmentation de la production (6 %) due à la diminution du temps nécessaire au nettoyage entre chaque fabrication.</p>		

CAS PRATIQUE 9	
Entreprise	BAKELITE HERNANI, SA
Pays (localisation)	Espagne (Hernani, Guipúzcoa)
Secteur industriel	Chimie - Fabrication de résines synthétiques
Thème du projet	<u>Bonnes pratiques d'exploitation appliquées en production</u> : réduction des effluents par amélioration des procédures de nettoyage des équipements et réacteurs
Considérations sur l'environnement	<p>Cette entreprise se consacre principalement à la fabrication de résines synthétiques employées dans différents secteurs comme celui de l'agglomération du bois et des fibres textiles, le secteur de la fabrication d'équipements ménagers pour les cuisines et salles de bain, le secteur de l'automobile et celui de la fonderie.</p> <p>L'entreprise est propriétaire de 2 centres de production implantés au Pays basque. Le premier est situé à Hernani (Guipúzcoa) et l'autre à Lantarón (Alava).</p> <p>Le centre d'Hernani, dans lequel est installée l'unité de récupération du phénol, produit principalement des résines phénoliques solides (résines novolaques) et deux types de composés dérivés de ces dernières : composés en poudre et poudres à mouler.</p> <p>L'entreprise est certifiée ISO 9 000 et est en passe d'obtenir la certification de gestion environnementale ISO 14 001.</p>
Antécédents	<p>En 1995, un projet sur l'incidence de l'activité de l'entreprise sur l'atmosphère a mis en évidence le besoin de modifier l'incinérateur d'effluents provenant de la distillation des résines afin de respecter les limites fixées par la législation sur les émissions atmosphériques. Compte tenu du coût élevé de la modification nécessaire et de l'ancienneté des équipements, l'entreprise a opté pour une solution permettant de séparer et de réutiliser certains des composés contenus dans les eaux.</p>
Résumé de l'action	<p>Après une étape de décantation préalable, les eaux issues de la distillation des résines sont envoyées dans une tour d'absorption dans laquelle le phénol contenu dans les eaux (50 000 ppm) est extrait de la phase aqueuse au moyen d'un solvant sélectif.</p> <p>Le phénol et le solvant sont ensuite séparés dans une tour de distillation.</p> <p>À la fin du processus, on obtient un phénol d'une pureté de 99 % réutilisé en tant que matière première. Le solvant est quant à lui réintroduit dans le processus d'absorption et les eaux à faible teneur en phénol sont déversées dans un collecteur industriel.</p> <p>Une seconde tour de distillation a été installée pour récupérer le méthanol contenu dans les eaux afin d'en réduire davantage la charge polluante. Cette phase du processus est actuellement à l'essai.</p>

Photos					
	Figure 1. Photo de l'usine		Figure 2. Photo de l'usine		
Bilans	Consommation annuelle de matières/impacts annuels	Avant mise en œuvre du projet	Après mise en œuvre du projet	Réduction	Indicateur (après mise en œuvre du projet)
	Consommation de phénol	6 991 t	6 778 t	3 %	0,87 kg de phénol/kg de résine produite
	Volume d'eaux résiduaires	3 624 m ³	3 404 m ³	6 %	0,44 kg d'eau/kg de résine produite
Bilan économique annuel		Coût unitaire	Coût total	Indicateurs (après mise en œuvre du projet)	
Investissement (en €/an)		432 728,72 €	432 728,72 €	0,018 €/kg de résine produite	
Coûts supplémentaires annuels			26 000,83 €		
- Coût de financement (5 % de l'investissement)			18 631 €		
- Maintenance (2 % de l'investissement)			7 452,55 €		
Réduction des coûts annuels			140 820,90 €		
- Économie relative aux coûts des matières		0,66 € x 213 365 kg	140 820,90 €		
Économie totale annuelle			114 974,52 €		
Amortissement de l'investissement			3,24 ans		

Conclusions	Bénéfices : <ul style="list-style-type: none">- économies annuelles d'environ 120 000 euros ;- réduction de la consommation de matières premières ;- réduction du volume et de la charge polluante des eaux déversées dans le collecteur.
--------------------	--

CAS PRATIQUE 10	
Entreprise	ENERGIA PORTATIL, SA
Pays (localisation)	Espagne (Oñati, Guipúzcoa)
Secteur industriel	Chimie - Fabrication de piles sèches électriques, de lanternes, de dioxyde de manganèse électrolytique (EMD) - Conception et fabrication de machines spéciales
Thème du projet	<u>Bonnes pratiques d'exploitation appliquées en production</u> : réutilisation des gaz rejetés par le four
Considérations sur l'environnement	<p>L'élaboration du dioxyde de manganèse électrolytique fait appel au processus suivant :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Séchage du dioxyde de manganèse naturel dans un four rotatif à gaz naturel 2. Broyage du dioxyde de manganèse naturel mélangé à du charbon végétal 3. Réduction du MnO_2 dans un four rotatif afin d'obtenir du MnO et du CO_2 4. Dissolution du minerai réduit (MnO_2) par ajout d'acide sulfurique à 80 °C en vue d'obtenir du $MnSO_4$ 5. Séparation des impuretés par aération (oxydation) et décantation 6. Dépôt par électrolyse du dioxyde de manganèse électrolytique dans des cuves à anodes en titane et à cathodes en plomb 7. Extraction du MnO_2 présent dans les cuves à électrolyse 8. Passage au broyeur <p>Ce processus de production est rattaché aux consommations d'énergie suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Charbon : lors du broyage du dioxyde de manganèse naturel - Gaz naturel : alimente le four utilisé pour le séchage du dioxyde de manganèse naturel ainsi que le four permettant la réduction de ce dernier - Électricité : destinée à l'entraînement des machines et mécanismes - Vapeur : destinée au chauffage de la cuve à électrolyse <p>L'entreprise bénéficie des certifications ISO 9 002 et ISO 14 001 (Aenor).</p>
Antécédents	<p>Au cours des dernières années, l'entreprise a porté ses efforts sur la recherche technologique en vue d'adapter son processus de production. Les résultats ont mis en évidence la possibilité d'augmenter la productivité, de réduire les consommations de matières premières et d'énergie, ainsi que d'améliorer la qualité du produit final grâce à un choix optimal des paramètres des différentes étapes de production et à l'adéquation des technologies sur lesquelles elles reposent.</p> <p>Ce projet s'inscrit dans le cadre de ces améliorations prévoyant une hausse de 50 % de la capacité de production.</p>

	<p>Les améliorations apportées aux énergies seront intégrées à l'ensemble des procédés séchage-broyage-réduction du dioxyde de manganèse naturel.</p> <p>Actuellement, le séchage du minerai s'effectue à l'intérieur d'un four rotatif fonctionnant au gaz naturel et a lieu avant l'étape de réduction. Les gaz chauds (880 °C) générés dans les fours de réduction du minerai sont directement expulsés et ne sont, par conséquent, pas réutilisés dans le processus. La consommation annuelle d'énergie dans les deux fours est la suivante :</p> <p>Gaz naturel..... 12 800 000 te (PCS) = 1 152 tep</p>
<p>Résumé de l'action</p>	<p>L'amélioration réalisée consiste à réacheminer les gaz chauds (880 °C) produits par les fours de réduction en vue de les réutiliser lors du séchage du minerai.</p> <p>La recirculation des gaz chauds conduit aux améliorations relatives à l'efficacité énergétique (amélioration du rendement) et environnementale suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - diminution de la consommation de gaz naturel du four de séchage grâce à la récupération des gaz chauds issus du four de réduction ; - diminution des émissions (de nature générale) découlant directement de l'amélioration énergétique. <p>Réductions des émissions :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réduction des émissions de CO₂..... 566,37 t/an - Réduction des émissions de NOx..... 1 305 kg/an - Réduction des émissions de SO₂..... 2,61 kg/an <p>Consommation annuelle d'énergie :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gaz naturel..... 9 900 000 te (PCS) = 891 tep

Bilans	Consommation annuelle de matières/impacts annuels	Avant mise en œuvre du projet	Après mise en œuvre du projet	Réduction
	Consommation de gaz naturel	1 152 tep/an	891 tep/an	22,66 %
	Émissions de CO ₂	2 499,84 t/an	1 933,47 t/an	22,66 %
	Émissions de NOx	5 760 kg/an	4 455 kg/an	22,66 %
	Émissions de SO ₂	11,52 kg/an	8,91 kg/an	22,66 %
Bilan économique annuel	Coût unitaire		Coût total	
Investissement			39 066 €	
Coûts annuels supplémentaires - Financement (4 %)			1 563 €	
Réduction des coûts annuels - Économie relative à la consommation de gaz naturel	0,021746 € x 2 900 000 te (PCP)		63 063 €	
Économies totales annuelles			63 063 €	
Amortissement de l'investissement			0,64 an	
Conclusions	<p>Bénéfices :</p> <ul style="list-style-type: none"> - réduction de la consommation d'énergie nécessaire au four de séchage ; - réduction des émissions de gaz polluants : 566,37 t/an pour le CO₂, 1 305 kg/an pour les NOx et 2,61 kg/an pour le SO₂ ; - réduction du coût annuel de l'énergie de 63 063 €. 			

CAS PRATIQUE 11	
Entreprise	HUNOLT, SA
Pays (localisation)	Espagne (Beasain, Guipúzcoa)
Secteur industriel	Chimie - Fabrication d'encre d'imprimerie : impression offset, impression heatset, héliogravure, flexographie, impression sécurisée (papier-monnaie, timbres, passeports, billets de loterie, etc.)
Thème du projet	<u>Bonnes pratiques d'exploitation appliquées en production</u> : utilisation d'emballages de plus grande capacité
Considérations sur l'environnement	<p>Les principaux processus de production destinés à la fabrication d'encre liquide reposent sur l'agitation et le broyage dans un broyeur à axe horizontal. En revanche, l'élaboration d'encre grasse implique l'agitation puis le broyage dans un broyeur tricylindre à axe vertical.</p> <p>La capacité technologique de l'entreprise puise ses forces dans l'actualisation de ses connaissances, dans l'application et l'adaptation des technologies en fonction des besoins du client, dans l'expérience professionnelle et dans la recherche de nouvelles solutions technologiques. Les encres destinées à la fabrication des billets en euro constituent l'une des dernières innovations en date. L'internationalisation de la compagnie se confirme par des ventes dans plus de 20 pays. Les ventes à l'étranger représentent 40 % du chiffre d'affaires.</p> <p>Cette entreprise garantit la qualité de ses produits et services par le respect des systèmes de gestion de la qualité ISO 9 001.</p>
Antécédents	De par la nécessité d'élaborer un plan de prévention des emballages, la compagnie a étudié la possibilité de mettre en place des actions visant à réduire la consommation des emballages dans le cadre de la distribution des produits finaux aux clients.
Résumé de l'action	<p>La distribution des encres implique l'utilisation d'emballages de petites tailles tels que les emballages de 1 à 2,5 kg et les bidons de 20-25 litres.</p> <p>Après consommation par le client, ces emballages doivent être déposés chez un gestionnaire autorisé, s'il s'agit de contenants ayant renfermé des déchets dangereux. Cette situation se traduit par des coûts de traitement et de transport élevés et par une consommation importante d'emballages différents.</p> <p>Compte tenu du besoin d'élaborer un plan de prévention des emballages, l'entreprise a opté pour la distribution des encres dans des emballages de plus grande capacité tels que les bidons de 200 litres et les conteneurs.</p> <p>Les conteneurs employés sont classés en 2 catégories :</p> <ul style="list-style-type: none"> - ADR : ces conteneurs, en raison du type d'encre qu'ils renferment, doivent être vérifiés tous les 2 ans et demi. Si l'inspection est satisfaisante, le conteneur est de nouveau utilisé pour la même période. Si celui-ci ne répond pas aux exigences, il devra être traité en tant que déchet dangereux. - NON ADR : ne requièrent aucune inspection. <p>Ces deux catégories de conteneurs sont renvoyées par le client après consommation du produit.</p> <p>En seulement 5 ans, ce nouveau système a été appliqué à 25 % de la distribution.</p>

Photos



Figure 1. Emballages de petites tailles de 1 à 2,5 kg



Figure 2. Bidons de 20-25 litres



Figure 3. Conteneur ADR de 1 000 litres



Figure 4. Conteneur non ADR de 1 000 litres

Bilans	Consommation annuelle de matières/impacts annuels	Avant mise en œuvre du projet	Après mise en œuvre du projet	Réduction	Indicateurs (après mise en œuvre du projet)
	Consommation de petits emballages (1 à 2,5 kg)	318 t	265 t	17 %	0,13 kg emballage/litre
	Consommation de bidons (20-25 l)	146 t	99 t	32 %	0,07 kg emballage/litre
Bilan économique annuel		Coût unitaire	Coût total	Indicateurs (économie)	
Investissement			199 344 €		
- Bidons de 200 l		18,63 € x 600 bidons	11 178 €	0,09 €/litre	
- Conteneurs de 1 000 l (non ADR)		510,9 € x 340 conteneurs	173 706 €	0,51 €/litre	
- Conteneurs de 500 l (ADR)		108,2 € x 17 conteneurs	1 839 €	0,22 €/litre	
- Conteneurs de 1 000 l (ADR)		360,60 € x 35 conteneurs	12 621 €	0,36 €/litre	
Coûts annuels supplémentaires			58 456 €		
- Conteneurs de 1 000 l (ADR) conservés		510,90 € x 515 conteneurs	26 056 €	0,51 €/litre	
- Bidons de 20-25 l		2,70 € x 12 000 bidons	32 400 €	0,12 €/litre	
Réduction des coûts annuels			198 862 €		
- Économie relative aux coûts des petits emballages (1-2,5 kg)		0,60 € x 199 549 emballages	119 549 €		
- Économie relative aux coûts des bidons de 20-25 L		2,70 € x 29 375 bidons	79 313 €	0,12 €/litre	
Économies totales annuelles			140 406 €		
Amortissement de l'investissement			1,42 an		

Conclusions	Bénéfices : <ul style="list-style-type: none">- réduction de 100 tonnes de la consommation d’emballages ;- augmentation de la productivité de 562,2 tonnes grâce à la distribution des encres dans de plus grands conteneurs ;- amélioration des conditions de travail due à la simplification du conditionnement et de la manipulation des produits.
--------------------	---

CAS PRATIQUE 12	
Entreprise	A&B LABORATORIOS DE BIOTECNOLOGÍA, SA
Pays (localisation)	Espagne (Beasain, Guipúzcoa)
Secteur industriel	Chimie - Entreprise à caractère technologique et innovant qui fonctionne en tant que centre de recherche en vue de répondre aux besoins de maintenance industrielle, en faisant appel à des produits alternatifs aux produits chimiques habituels par l'application de technologies propres et de la biotechnologie.
Thème du projet	<u>Bonnes pratiques d'exploitation appliquées en production</u> : élimination des matières premières à faible consommation et augmentation de la compétitivité des produits ; chimie verte
Considérations sur l'environnement	<p>A&B affiche la volonté de progresser en termes de recherche, d'innovation, d'écoconception et de réalisation d'analyse du cycle de vie (ACV) dans le but d'introduire le concept de « produits propres » et de biotechnologie industrielle au sein des entreprises en leur fournissant des écoproduits élaborés après sélection de souches naturelles non pathogènes de microorganismes spécialisés. Ceci permet d'éviter la production de déchets polluants tout en favorisant la dépollution biologique. L'objectif technologique de cette entreprise est de produire des microorganismes (bactéries) et des enzymes pour le secteur chimique par fermentation, lyophilisation, centrifugation ou dessiccation suivie de l'activation de ces substances. Dans un avenir proche (2-3 ans), cette entreprise prétend rassembler les techniques et posséder la capacité de production nécessaire pour relever le défi de produire des microorganismes pour les secteurs de l'industrie agricole, agroalimentaire pharmaceutique, phytopharmaceutique, métallurgique, etc.</p> <p>A&B Laboratorios de Biotecnología, SA tient à mettre l'accent sur la satisfaction du client en se basant sur un développement et un progrès durables, tout en renforçant ses avantages compétitifs, au sein d'une stratégie de gestion menée par les cadres supérieurs de l'entreprise selon la méthodologie de l'EFQM (Fondation européenne pour le management de la qualité). Celle-ci constitue un véritable modèle d'excellence entrepreneuriale et sert de référence en vue d'évaluer et d'améliorer en continu le système de gestion intégrale, conformément aux normes internationales ISO 9 001:00 et ISO 14 001:96.</p> <p>Cette entreprise dispose d'un personnel hautement qualifié qui a acquis une solide expérience en matière de projets de recherche, de développement et d'innovation (R & D & I) en collaboration avec les centres technologiques et les organismes publics pour la réalisation d'activités de conception et de développement industriel. En outre, elle travaille depuis plus de 10 ans sur des bioprocédés.</p> <p>Parmi les équipements actuellement disponibles, il convient de citer : les turbo-agitateurs, les mélangeurs, les conditionneuses, les pompes de transfert, les réservoirs de chauffage, les appareils de dilution, de décalcification, etc. Pour ce qui est des équipements de laboratoire, elle dispose d'instruments de mesure de base destinés à l'assurance qualité et à la recherche.</p>

Antécédents	<p>Le département Achats et Stockage ainsi que le département Technique ont constaté l'existence de quantités de matières premières de faible consommation et à rotation peu élevée, se traduisant par des stockages prolongés qui supposent un risque de péremption et de transformation possible de ces matières premières en déchets dangereux. En outre, une partie de l'entrepôt a été occupée par ces éléments, rendant cette zone inutilisable pour le stockage d'autres matières premières et entraînant la présence importante de biens immobilisés. C'est ainsi qu'est née l'idée de remplacer ces matières premières de faible consommation par des matières de consommation régulière ou des mélanges aux propriétés similaires.</p>
Résumé de l'action	<p>Le département Technique a réalisé une étude approfondie des propriétés des matières premières dans le produit final en s'appuyant sur les informations techniques données par les fournisseurs (fiches techniques, fiches de caractéristiques et feuilles de sécurité). En tenant compte de la finalité du produit sur le marché, de l'expérience du département Technique et des informations obtenues après consultations des départements Technique des fournisseurs, l'entreprise a procédé à une première sélection de matières premières alternatives de consommation régulière pouvant, à elles seules ou après mélange, remplacer la matière employée jusque là. L'entreprise a alors mis au point des formules pilotes alternatives ne contenant plus la matière première à éliminer. Ces formules font l'objet d'expériences et d'essais en laboratoire et leurs propriétés sont ensuite soumises à une vérification finale auprès des clients.</p> <p>Après réalisation de cette étude, le département Technique procède à la validation finale et met en place les nouvelles formulations.</p> <p>En outre, la philosophie de l'entreprise, encourageant l'utilisation de technologies propres et la sécurité du produit final, confère au produit des performances accrues en termes d'efficacité, de potentiel d'exploitation et d'amélioration environnementale.</p> <p>Outre le contrôle initial des entrepôts, l'élaboration de programmes informatiques intelligents a permis d'optimiser les fabrications et de contrôler les stocks.</p> <p>L'établissement de ces programmes conduit à l'optimisation du processus en limitant les transvasements inutiles et en minimisant la production de déchets.</p> <p>Ces actions se traduisent par une augmentation des ventes de produits auxquels elles s'appliquent et par une augmentation de la compétitivité de l'entreprise grâce à l'amélioration des propriétés de ses produits.</p> <p>Les substances remplacées et les substances alternatives proposées et mises en place sont répertoriées dans la figure 1.</p> <p>Le remplacement des éléments anticorrosifs, contenus dans les graisses destinées à la maintenance industrielle, par des produits davantage biodégradables et moins nocifs pour l'environnement permet l'obtention de produits plus propres et plus compétitifs. Tel est le cas de la graisse écologique MT 139 élaborée à base de composants totalement inertes vis-à-vis de l'environnement et entièrement adaptée aux espaces à ciel ouvert sensibles aux conditions climatiques dans lesquels sont disposés les machines ou servant de voie de circulation.</p>

	<p>La première étape reposait sur la centralisation des informations relatives au processus afin de constituer une base de données sous MS Access (regroupant, par exemple, les quantités fabriquées pour chaque produit et les quantités de matières premières associées, les coûts de fabrication de chaque produit, le type d'emballage, etc.). Après étude de ces informations, des limites minimales de stock ont été fixées et les ordres de fabrication ont été optimisés en tenant compte, pour chaque produit, des coûts de main-d'œuvre, de la rotation des matières premières impliquées, de la possibilité de stockage, etc. (À titre d'exemple, l'entreprise a constaté que le produit A était plus rentable si l'on en fabriquait 3 000 litres par trimestre au lieu de 1 000 litres par mois. Pour le produit B, au contraire, il apparaissait plus rentable d'en fabriquer 500 litres par mois que 1 500 litres par trimestre). En outre, l'analyse approfondie du type d'emballage utilisé et de sa rotation a conduit à l'optimisation du conditionnement (auparavant réalisé « à vue de nez » par l'introduction d'une petite quantité dans chaque emballage), une diminution du nombre de transvasements et de déchets d'emballages a été constatée.</p> <p>Le programme informatique recueille les données de chaque journée et est automatiquement réajusté lorsque les décalages sont trop importants (en dehors des plages fixées). L'ensemble du personnel de production et des entrepôts a pris part à ce projet qui s'est avéré positif et enrichissant, outre le fait d'avoir amélioré les conditions de travail par optimisation du processus.</p>
--	---

Tableau	Substance éliminée/remplacée	Usage classique	Problématique	Alternative mise en place dans les produits A et B
	ÉTHYLÈNEGLYCOL	Antigel	Produit nocif	Propylèneglycol
	CHLORURE DE BENZALKONIUM	Bactéricide	Faible activité en présence de matière organique	Chlorure de tétraalkylammonium
	ADDITIF ANTICORROSION	Fluides de coupe	Substance utilisée dans un seul produit	Additif anticorrosion multifonctionnel utilisable dans plusieurs applications
	SOLVANT AROMATIQUE (mélange de toluène et xylène)	Dégraissage et nettoyage	Possibilité d'allergie, produit nocif par inhalation et irritant par contact	Solvants ayant subi un hydrotraitement
	D-LIMONÈNE (TERPÈNE D'ORANGE)	Dégraissage et nettoyage	Dangereux pour l'environnement, allergène, irritant pour la peau et les yeux	Formulations de détergents en milieu aqueux et de solvants alcoolisés facilement biodégradables
	GLUTARALDÉHYDE	Désinfectants	Produit extrêmement toxique	Mélange de désinfectants non toxiques à action synergique
	NITRITE DE SODIUM	Anticorrosif	Production possible de nitrosamines toxiques pour les utilisateurs	Anticorrosifs solubles synthétiques

Figure 1 : Substances utilisées et substances alternatives

Bilans	Consommation annuelle de matières/impacts annuels	Avant mise en œuvre du projet	Après mise en œuvre du projet	Réduction
	Éthylèneglycol	1 250 kg	0 kg	100 %
	Chlorure de benzalkonium	662 kg	0 kg	100 %
	Solvant aromatique	327 kg	0 kg	100 %
	Additif anticorrosion	1 915 kg	0 kg	100 %
	D-limonène (terpène d'orange)	11 934 kg	5 822 kg	43,78 %
	Glutaraldéhyde	1 299 kg	773 kg	59,5 %
	Nitrite de sodium	50 kg	0 kg	100 %
	Produits alternatifs	0 kg	14 329 kg	- 100 %
	Volume de déchets (emballages métalliques dangereux)	1 564 kg	593 kg	37,91 %

Bilan économique annuel	Coût unitaire	Coût total
Investissement		0 €
Coûts annuels supplémentaires		33 725,32 €
- Coût du personnel impliqué	17,06 € x 45 heures	767,70 €
- Nouveau coût des matières alternatives	2,30 € x 14 329,4 kg	32 957,62 €
Réduction des coûts annuels		45 059,91 €
- Économie relative aux coûts des déchets	0,09 € x 971 kg (54 bidons)	87,39 €
- Réduction des coûts de la matière éliminée	2,10 € x 10 842 kg	22 806,60 €
- Réduction des coûts de gestion des stocks	17,06 € x 48 heures	818,88 €
- Augmentation des ventes de produits alternatifs (20 %)	6,22 € x 6 432 kg	21 347,04 €
Économies totales annuelles		11 333 €
Amortissement de l'investissement		nul

Conclusions	Bénéfices :
	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction de la consommation de matières premières par élimination des matières à usage unique. - Réduction de la toxicité des matières premières. Les alternatives présentent toutes une nette amélioration en termes de protection de l'environnement ou d'utilisation conformément à la philosophie de l'entreprise. - Amélioration des conditions de travail étant donné que les opérateurs manipulent des produits moins dangereux.

	<ul style="list-style-type: none">- Amélioration de l'image de l'entreprise, celle-ci commercialisant désormais des produits plus respectueux vis-à-vis de l'environnement et dont la sécurité d'emploi est accrue.- Amélioration apportée à l'exploitation de l'entrepôt et à la production par remplacement de certains produits par d'autres déjà en stock. Ceci conduit à une économie d'espace et à un gain de temps au niveau des opérations de logistique.- Augmentation de la compétitivité : hausse des ventes de 3 422 euros en 2002 et perspective positive pour 2003 grâce à la consolidation des produits alternatifs et à des ventes s'étalant sur toute l'année.
--	---

6.4. REMPLACEMENT DES MATIÈRES PREMIÈRES

CAS PRATIQUE 13	
Entreprise	A&B LABORATORIOS DE BIOTECNOLOGÍA, SA
Pays (localisation)	Espagne (Guipúzcoa)
Secteur industriel	Chimie - Entreprise à caractère technologique et innovant qui fonctionne en tant que centre de recherche pour répondre aux besoins de maintenance industrielle, en faisant appel à des produits alternatifs aux produits chimiques habituels par l'application de technologies propres et de la biotechnologie.
Thème du projet	<u>Remplacement de matières premières</u> : utilisation de matières de toxicité inférieure
Considérations sur l'environnement	<p>A&B affiche la volonté de progresser en terme de recherche, d'innovation, d'écoconception et de réalisation d'analyse du cycle de vie (ACV) dans le but d'introduire le concept de « produits propres » et de biotechnologie industrielle au sein des entreprises en leur fournissant des écoproduits élaborés après sélection de souches naturelles non pathogènes de microorganismes spécialisés. Ceci permet d'éviter la production de déchets polluants tout en favorisant la dépollution biologique. L'objectif technologique de cette entreprise est de produire des microorganismes (bactéries) et enzymes pour le secteur chimique par fermentation, lyophilisation, centrifugation ou dessiccation, suivie de l'activation de ces produits. Dans un avenir proche (2-3 ans), cette entreprise prétend rassembler les techniques et posséder la capacité de production nécessaire pour relever le déficit de produire des microorganismes pour les secteurs de l'industrie agricole, agroalimentaire pharmaceutique, phytopharmaceutique, métallurgique, etc..</p> <p>A&B Laboratorios de Biotecnología, SA tient à mettre l'accent sur la satisfaction du client en se basant sur un développement et un progrès durables, tout en renforçant ses avantages compétitifs, au sein d'une stratégie de gestion menée par les cadres supérieurs de l'entreprise selon la méthodologie de l'EFQM (Fondation européenne pour le management de la qualité). Celle-ci constitue un véritable modèle d'excellence entrepreneuriale et sert de référence en vue d'évaluer et d'améliorer en continu le système de gestion intégrale, conformément aux normes internationales ISO 9 001:00 et ISO 14 001:96.</p> <p>Cette entreprise dispose d'un personnel hautement qualifié qui a acquis une solide expérience en matière de projets de recherche, de développement et d'innovation (R & D & I) en collaboration avec les centres technologiques et les organismes publics pour la réalisation d'activités de conception et de développement industriel. En outre, elle travaille depuis plus de 10 ans sur des bioprocédés.</p> <p>Parmi les équipements actuellement disponibles, il convient de citer : les turbo-agitateurs, les mélangeurs, les conditionneuses, les pompes de transfert, les réservoirs de chauffage, les appareils de dilution, de décalcification, etc. Pour ce qui est des équipements de laboratoire, elle dispose d'instruments de mesure de base destinés à l'assurance qualité et à la recherche.</p>

Antécédents	<p>Le département Achats et Stockage ainsi que le département Technique ont constaté l'existence de quantités de matières premières de faible consommation et à rotation peu élevée, se traduisant par des stockages prolongés qui supposent un risque de péremption et de transformation possible de ces matières premières en déchets dangereux. En outre, une partie de l'entrepôt a été occupée par ces éléments, rendant cette zone inutilisable pour le stockage d'autres matières premières et entraînant la présence importante de biens immobilisés. C'est ainsi qu'est née l'idée de remplacer ces matières premières de faible consommation par des matières de consommation régulière ou des mélanges aux propriétés similaires.</p>
Résumé de l'action	<p>Le département R & D a mis au point de nouveaux produits en se basant principalement sur les études ACV et en appliquant le concept d'écoconception selon le modèle IHOBE d'ÉCOCONCEPTION. Celui-ci repose sur 7 étapes visant à modifier les produits de façon appropriée (préparation du projet d'écoconception, aspects environnementaux rattachés au produit, idées d'amélioration, développement de concepts, analyse approfondie du produit, plan d'action et évaluation).</p> <p>Toutes ces étapes sont documentées à travers des procédures internes de conception conformément aux exigences de la norme ISO 9 000:2000 tenant compte des conditions légales et réglementaires, des considérations environnementales ou de toute autre remarque pouvant être formulée par les groupes d'intérêt.</p> <p>Cette action définit les interfaces organisationnelles et techniques ainsi que l'organigramme des responsabilités relatives à l'écoconception. Elle détermine également les différentes phases de la conception, en basant le choix des matières premières et des fournisseurs sur des critères de valorisation environnementale et de risques du travail, et en tenant compte des aspects environnementaux propres au produit et à la production au moment de valider les formulations.</p> <p>L'ensemble des étapes est contrôlé, révisé et vérifié par un personnel qualifié (titulaires de maîtrises en sciences chimiques et biologiques).</p> <p>L'écoconception se termine par la validation finale comprenant l'homologation environnementale et l'homologation en conditions de fonctionnement. La méthode ACV fait partie des outils utilisés pour le choix des matières premières et du processus de production.</p> <p>En 2002, 300 000 euros ont été investis dans l'écoconception.</p> <p>OBJECTIF 1. RECUEIL DE L'INFORMATION</p> <p>La première étape de la conception et du développement d'une nouvelle gamme de peintures écologiques à base de résines et de pigments, moins nocives pour l'environnement que les peintures conventionnelles appliquées comme protection imperméable sur les façades et les surfaces en général, consiste à réaliser une étude bibliographique des matières premières (résines pigments, additifs, et autres) pouvant être utilisées pour ce type de peintures et dont l'impact sur l'environnement est inférieur à celui des matières premières habituellement employées (TÂCHE 1) en fonction du cycle de vie de la peinture (cf. figure 1).</p> <p>À partir de cette recherche bibliographique et des connaissances acquises par l'entreprise, les matières premières alternatives ont été sélectionnées et les fournisseurs ont été contactés (TÂCHE 2). L'objectif était de formuler une peinture à forte teneur en solides (supérieure à 60 %) en phase aqueuse et à</p>

	<p>haute performance du point de vue de l'étanchéité des surfaces de construction en réalisant l'inventaire du cycle de vie selon le schéma représenté sur la figure 2.</p> <p>La caractérisation des formulations développées (TÂCHE 6) est menée à bien conformément à la norme UNE 53-413-87 relative aux « Revêtements flexibles à base de polymères en dispersion aqueuse, sans armature, destinés à l'étanchéité <i>in situ</i> des bâtiments » et, plus concrètement, en fonction des paramètres et des normes ci-dessous :</p> <ul style="list-style-type: none">- Comportement du produit emballé : Densité relative à 23 °C ± 2 °C : UNE-EN-ISO 1675. Teneur en pigment : UNE 48-235-82. Matière fixe à 105 °C : UNE-EN 3251-96. Viscosité : UNE EN ISO 2555-2000. Conservation dans l'emballage : UNE 48083-92.- Comportement relatif à l'application : Comportement relatif à l'application : UNE 53-413-87. Temps de séchage : UNE EN ISO 1517-96. Épaisseur : UNE EN ISO 2808-2000.- Comportement du revêtement flexible : Épaisseur : UNE EN ISO 2808-2000. Résistance à la traction et allongement après rupture : UNE EN ISO 527-96. Résistance à la flexion à -5 °C : UNE 104302-2000. Résistance au choc : UNE 104302-2000. Vieillissement accéléré à 70 °C (1 000 heures) : UNE 53104. Vieillissement thermique (14 jours) : UNE 104302-2000. Résistance chimique aux alcalis, aux produits de nettoyage, etc. : UNE 48027-80. Absorption d'eau : UNE-EN ISO 62. Adhérence : UNE 48 099-85. Évaluation de l'action des microorganismes : UNE EN ISO 846:98. <p>Parallèlement à la caractérisation des produits, des échantillons ont été distribués à plusieurs clients potentiels et des enquêtes portant sur la facilité d'utilisation, la qualité des finitions et la satisfaction ont été réalisées afin d'examiner le degré d'acceptabilité par le marché de la nouvelle peinture à forte teneur en solides.</p> <p>L'entreprise est actuellement dans l'attente de certains résultats de caractérisation et d'acceptabilité de la part des clients et, en fonction de l'analyse de ces derniers, de légères modifications pourront être apportées dans la formulation, même si les informations déjà obtenues sont satisfaisantes.</p> <p>OBJECTIF 2. FABRICATION D'UNE USINE PILOTE</p> <p>Parallèlement à l'OBJECTIF 1 du projet, une évaluation préliminaire de l'impact environnemental des procédés habituellement utilisés pour la fabrication de peintures a été réalisée en collaboration avec la fondation LEIA, centre de développement technologique (TÂCHE 7). Les points critiques du processus et leurs possibilités d'amélioration ont été identifiés suivant le schéma représenté sur la figure 3.</p> <p>En outre, des indicateurs de suivi du comportement environnemental ont été définis.</p> <p>Aussitôt après, l'entreprise a entamé la conception, la fabrication et le montage d'une usine pilote destinée à la fabrication des peintures mises au point dans le cadre de l'OBJECTIF 1 (TÂCHE 8). Cette installation comprend les opérations de mélange, de filtration et de conditionnement, en utilisant les matières premières définies dans l'OBJECTIF 1. Les premiers essais de fonctionnement ont déjà été réalisés et l'entreprise procède actuellement à des modifications visant à minimiser les pertes de produit, les émissions et les déchets générés (TÂCHE 9).</p>
--	---

Diagrammes

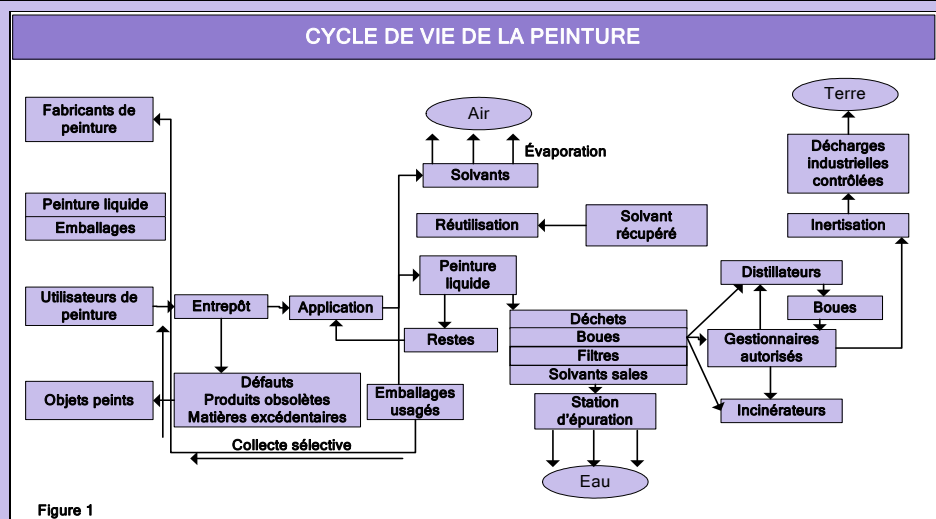


Figure 1

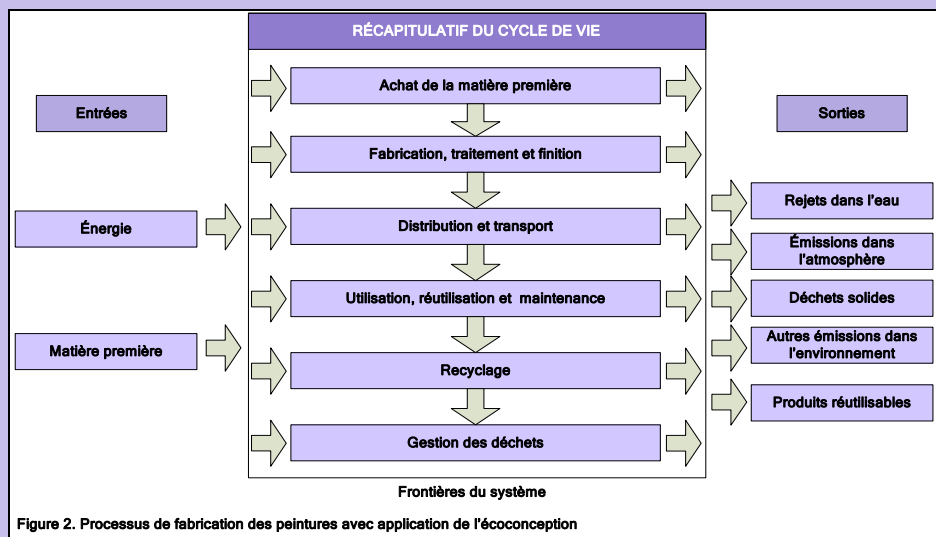


Figure 2. Processus de fabrication des peintures avec application de l'écoconception

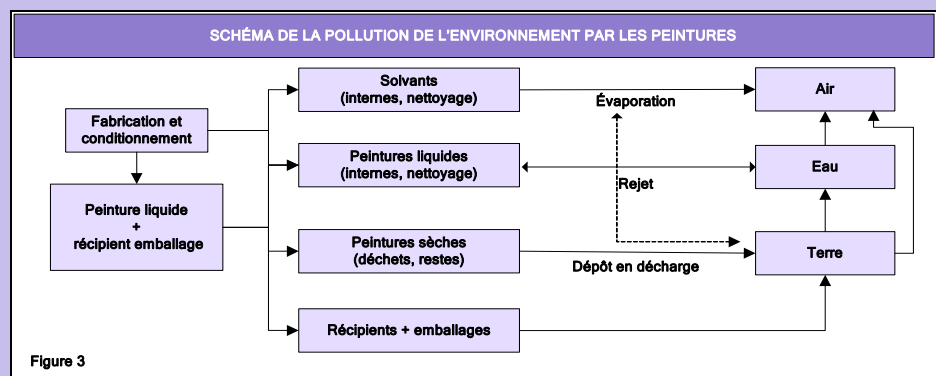


Figure 3

Conclusions

- Bénéfices :
- leadership dans le secteur ;
 - amélioration de l'image de l'entreprise ;
 - amélioration environnementale des produits (réduction de la toxicité des matières premières, réduction du volume des déchets, réduction de la charge polluante des eaux résiduelles rejetées) ;
 - amélioration de la compétitivité de l'entreprise et de la satisfaction du client.

CAS PRATIQUE 14	
Entreprise	UNIÓN QUÍMICA FARMACÉUTICA, SA (UQUIFA)
Pays (localisation)	Espagne (Lliçà de Vall, Barcelone)
Secteur industriel	Chimie fine - Fabrication de produits pharmaceutiques de base
Thème du projet	<u>Remplacement de matières premières</u> : chimie verte ; remplacement des solvants halogénés
Considérations sur l'environnement	L'emploi de solvants, tels que les substances halogénées comme le chlorure de méthylène, revêt une importance fondamentale dans le secteur chimique pour la réalisation des réactions de synthèse et ce, en raison de leurs propriétés chimiques et physiques (point d'ébullition, faible réactivité, faible inflammabilité, etc.).
Antécédents	<p>L'entreprise UQUIFA, SA faisait appel à deux de ces solvants halogénés au sein des différents processus de fabrication de produits pharmaceutiques de base. Par conséquent, des flux de déchets provenant des solvants étaient générés, dont certains étaient recyclés en interne. En 2000, l'entreprise a lancé un programme de recherche dans le but de réduire ou d'éliminer l'emploi de ces deux solvants afin de lui permettre d'éliminer les traitements au point de rejet (« end of pipe ») ou bien de les réduire en grande partie.</p> <p>L'action s'est orientée vers les axes suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • éliminer ou réduire la consommation de solvants halogénés ; • éliminer ou réduire la production de déchets de solvants halogénés et non halogénés ; • réduire les émissions de composés organiques volatils ; • réduire la charge polluante des eaux résiduelles ; • bénéficier de coûts abordables en ce qui concerne les procédés alternatifs.
Résumé de l'action	<p>L'action a eu pour objet la mise en œuvre d'un projet de recherche et développement qui, selon les principes de la chimie verte, s'est basé sur l'étude des processus de fabrication d'anti-inflammatoires et d'anti-ulcéreux faisant appel à des solvants halogénés.</p> <p>Le projet de R & D s'est principalement axé sur la recherche de solvants non halogénés et l'étude des différentes étapes de synthèse des principes actifs pharmaceutiques permettant l'élaboration et l'obtention des standards de qualité requis.</p> <p>Le solvant choisi a conduit à l'élaboration de l'un des médicaments mentionnés ci-dessus. Le résultat s'est traduit par des bénéfices environnementaux accrus, un niveau de danger plus faible, un nombre d'étapes d'élaboration et de purification moindre, un temps de travail plus court, des coûts réduits et davantage de bénéfices économiques.</p> <p>Il convient de mettre en évidence l'effort apporté en interne par l'équipe R & D, ainsi que l'effort fourni pour la validation du nouveau système de synthèse lors de la modification des procédures de synthèse préalablement validées.</p>

Diagramme			
	Ancien procédé	Nouveau procédé	
Bilans			
	<u>Bilan de matière</u>	Ancien procédé	Nouveau procédé
	Consommation de solvants halogénés	27 l/kg de médicament	0 l/kg de médicament
	Consommation de solvants non halogénés	43 l/kg de médicament	14 l/kg de médicament
	Déchets de solvants halogénés	0 l/kg de médicament	0 l/kg de médicament
	Déchets de solvants non halogénés	57 l/kg de médicament	34 l/kg de médicament
	<u>Bénéfices supplémentaires</u>		
	Rendement chimique	65 %	75 %
	Capacité maximum de production	3 t/an	7,5 t/an
	<u>Bilan économique</u>		
Coût des solvants	36,6 €/kg de médicament	4 €/kg de médicament	
Traitement des déchets liquides	9,65 €/kg de médicament	11,5 €/kg de médicament	
<u>Économies et dépenses</u>			
Économie relative à la gestion des déchets	- 1,85 €/kg de médicament		
Économie relative aux matières premières	- 32,60 €/kg de médicament		
<u>Économie par kg de médicament obtenu</u>	30,75 €/kg		
Économie annuelle totale	46,125 €/an		
Investissements réalisés sur les installations	Négligeable		
<u>Amortissement de l'investissement</u>	Immédiat		

Conclusions	<p>La mise en œuvre du projet a permis l'élimination de l'emploi de solvants halogénés et la réduction de 67 % de la consommation de solvants non halogénés. En outre, l'entreprise a réussi à réduire le nombre d'étapes nécessaires à l'élaboration, à diminuer le coût de fabrication de 35 % et à augmenter le rendement chimique de la réaction de synthèse de 10 %, soit une augmentation globale de la capacité de production multipliée par 2,5. Il convient également de souligner les bénéfices intangibles liés à la manipulation de substances moins dangereuses.</p> <p>Au vu des progrès enregistrés grâce à cette étude, l'entreprise met actuellement en place de nouvelles lignes de R & D pour la synthèse d'autres médicaments.</p> <p>Cette action s'inscrit dans les douze principes de la chimie verte, stratégie facilitant le respect des plans d'amélioration environnementale et de la politique de protection de l'environnement de l'entreprise. Cette dernière a été implantée suite à l'adhésion de l'entreprise au système de gestion environnementale ISO 14 001.</p>
--------------------	---

6.5. NOUVELLES TECHNOLOGIES

CAS PRATIQUE 15	
Entreprise	WITCO ESPAÑA, SL
Pays (localisation)	Espagne (Granollers, Barcelone)
Secteur industriel	Fabrication de produits chimiques et de spécialités tensioactives
Thème du projet	<u>Nouvelles technologies</u> : minimisation des déchets par application d'une technologie ultramoderne de contrôle de processus
Considérations sur l'environnement	<p>L'impact de l'activité de Witco España, SL sur l'environnement a une incidence sur les trois vecteurs environnementaux ci-dessous :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Eaux résiduelles issues des opérations de nettoyage des équipements, eaux de condensation et opérations de déplacement de matières. b) Déchets spéciaux, tout particulièrement les sous-produits non réutilisables issus des processus. c) Rejets gazeux dans l'atmosphère découlant du déplacement de matières et des opérations de processus.
Antécédents	<p>Les émissions et les déchets produits représentaient un coût de gestion et de traitement que Witco a décidé de minimiser par le biais d'un système avancé de contrôle des variables de processus permettant de limiter de façon notable leurs fluctuations.</p> <p>L'intérêt de Witco España SL de mettre sur le marché des produits obéissant à des standards de qualité élevés et à des coûts de production adaptés, ainsi que la politique de l'entreprise axée sur l'amélioration de la sécurité et la réduction de l'impact environnemental de son activité ont amorcé l'implantation d'un système numérique de contrôle-commande (SNCC) reposant sur une technologie ultramoderne et destiné à la fabrication de produits en procédés discontinus.</p> <p>Un SNCC peut être défini comme un système modulaire de commande électronique interactif et multitâche, permettant à tous les signaux connectés d'interagir entre eux par le biais d'un ordinateur hébergeant un programme de gestion qui lui est propre.</p> <p>Avant l'exécution de l'action décrite, le caractère manuel élevé des opérations de processus limitait la répétabilité et la fiabilité, tout en étant à l'origine de la production excessive de produits non réutilisables.</p> <p>En outre, les procédures de nettoyage des équipements et de déplacement des matières reposaient sur des consommations importantes d'eau qui devenaient des eaux résiduelles à haute charge polluante en bout de chaîne.</p>
Résumé de l'action	L'action a consisté à mettre progressivement en place un SNCC composé d'unités reliées à un ordinateur chargé de contrôler le fonctionnement des réacteurs (dont la capacité est comprise entre 5 et 40 t) et des systèmes auxiliaires (circuit de refroidissement, stockage des matières premières et produits finis, par exemple).

	L'action a été complétée par la mise en place d'un système de contrôle de la qualité répondant à la norme ISO 9 001.			
Bilans		Système conventionnel de contrôle-commande de processus	Contrôle-commande de processus par SNCC (1)	Économies
	<u>Bilan d'eau</u>	30 000 m ³ /an	22 500 m ³ /an	5 409,11 €/an
	<u>Production de déchets</u>	100 t/an	20 t/an	24 040,48 €/an
	<u>Production d'eaux résiduaires</u>	16 000 m ³ /an	12 400 m ³ /an	43 272,87 €/an
	<u>Économies de matières premières</u>	-	-	45 075,91 €/an
	<u>Personnel/unité de production</u>	Base de référence : 1	0,75	-
	<u>Investissement</u>		SO (2)	-
	(1) Accompagné d'une augmentation de production de 51 %.			
	(2) L'objectif de départ était d'augmenter la productivité, améliorer la qualité des produits et réduire les coûts de fabrication, y compris les coûts environnementaux. Il s'agit par conséquent d'une action de gestion globale de l'entreprise prenant en compte des variables environnementales.			
Conclusions	<p>Il s'agit d'un exemple intéressant de la façon dont un système de contrôle-commande des variables de processus, outre le fait de permettre une amélioration de la qualité et une réduction des coûts d'exploitation, a entraîné des améliorations environnementales qui, à leur tour, supposent une réduction des frais de gestion.</p> <p>Grâce à l'augmentation de la précision de contrôle-commande des différentes opérations de fabrication, une quantité moins importante de produits hors spécifications est générée, 80 % des déchets spéciaux ont disparu, une quantité moindre d'eaux résiduaires est produite qui, par conséquent, entraîne la baisse des coûts de traitement et des coûts d'assainissement ainsi qu'une consommation plus faible de matières premières.</p> <p>L'objectif de cette fiche est de prouver l'existence d'une interaction possible entre les variables de processus, la qualité, la sécurité, la fiabilité et l'environnement.</p> <p>Une politique d'entreprise intégrant des objectifs de minimisation des déchets conduit également à l'amélioration de différents aspects (tels que la dimension économique, la qualité, l'image ou encore la sécurité) pouvant s'avérer extrêmement importants pour la compétitivité de l'entreprise.</p>			

6.6. ACTIONS VISANT À MINIMISER LES DÉCHETS ET LES ÉMISSIONS

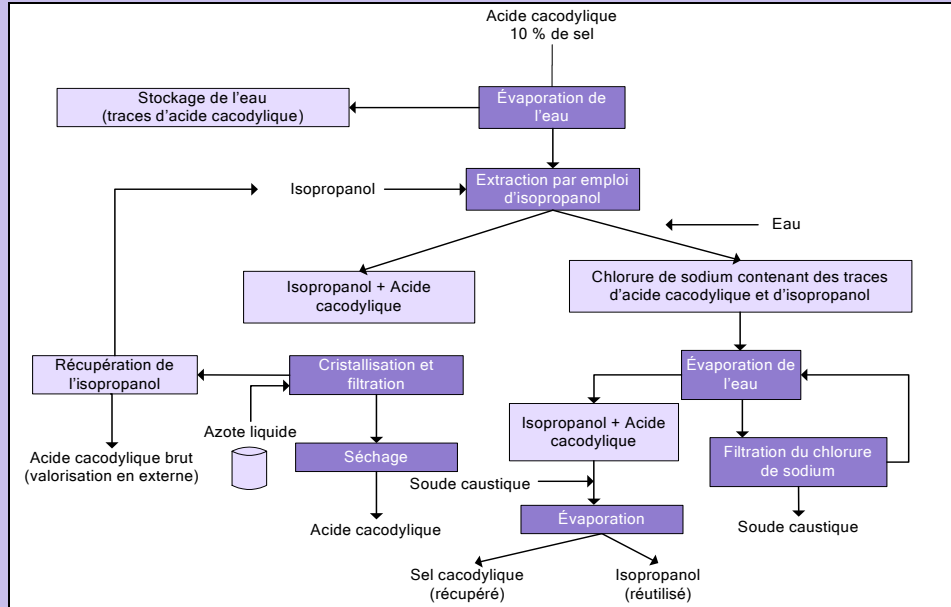
CAS PRATIQUE 16	
Entreprise	HERBOS, DD
Pays (localisation)	Croatie (Sisak)
Secteur industriel	Industrie chimique - Production d'herbicides
Thème du projet	<u>Minimisation des déchets et des émissions</u> : production plus propre au sein de l'industrie chimique par adoption de bonnes pratiques et modifications de processus.
Considérations sur l'environnement	L'entreprise chimique Herbos génère des eaux résiduaires fortement polluées par l'herbicide atrazine. Ces eaux étaient rejetées après dilution. La redevance à verser pour ces eaux résiduaires était très élevée. De ce fait, Herbos a axé son projet de production plus propre sur l'amélioration de la qualité de ces eaux et la réduction de la redevance correspondante.
Antécédents	Avant la mise en place des améliorations proposées par le projet de production plus propre, la concentration d'herbicide dans les eaux résiduaires était de 67,2 mg/l découlant principalement des particules en suspension de l'atrazine. Outre la pollution environnementale générée, les pertes d'herbicide dans les eaux résiduaires représentaient 0,85 % de la production annuelle.
Résumé de l'action	<p>Deux des principales mesures de production plus propre ont été mises en oeuvre :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Augmentation du taux d'utilisation des matières premières (environ 1 %) grâce à un meilleur contrôle du processus de production, suivie de la mise en place de bonnes pratiques et d'une légère modification du processus. 2. Réduction de la pollution des eaux résiduaires. Ajout de quantités plus importantes de réactif chimique (tenside) dans le processus de synthèse de l'atrazine, ce qui a amélioré la filtrabilité des matières en suspension, rendant plus aisée et plus rapide la phase de filtration. Grâce à ces améliorations, la phase de décantation (principale source de pollution des eaux) a été supprimée. <p>Ces mesures n'ont exigé aucun investissement de capital.</p>

Diagramme	Ancien procédé		Nouveau procédé	
Bilans			Ancien procédé	Nouveau procédé
<p>Bilan de matière</p> <p>Consommation de matières premières par unité de produit (atrazine)</p> <p>Concentration d'atrazine dans les eaux résiduaires</p> <p>Économies</p> <p>Matières premières</p> <p>DCO</p> <p>Produit fini</p> <p>Économies financières</p> <p>Investissement</p> <p>Amortissement de l'investissement</p>				<p>1,89</p> <p>5,4 mg/l</p> <p>101 t</p> <p>21 t</p> <p>54 t d'O₂</p> <p>179 167 €/an</p> <p>0</p> <p>Immédiat</p>
Conclusions	<p>Suite aux modifications apportées, le processus de synthèse de l'atrazine s'est amélioré.</p> <p>Le taux d'utilisation des matières premières s'est accru d'environ 1 % grâce à l'ajout de réactif chimique (tenside), ce qui a contribué à l'amélioration de la filtrabilité des particules en suspension dans les eaux résiduaires.</p> <p>L'entreprise a réalisé des économies grâce à la diminution de la consommation de matières premières, des pertes de produit final, de la redevance sur les rejets d'eaux résiduaires et des coûts de traitement de la station d'épuration.</p> <p>Ce projet est un exemple de la façon dont une amélioration du contrôle du processus, accompagnée d'une simple réorganisation et de modifications techniques, peut représenter une solution économiquement viable face aux problèmes liés aux émissions et aux déchets. Ainsi, l'entreprise est aujourd'hui davantage respectueuse de l'environnement.</p>			

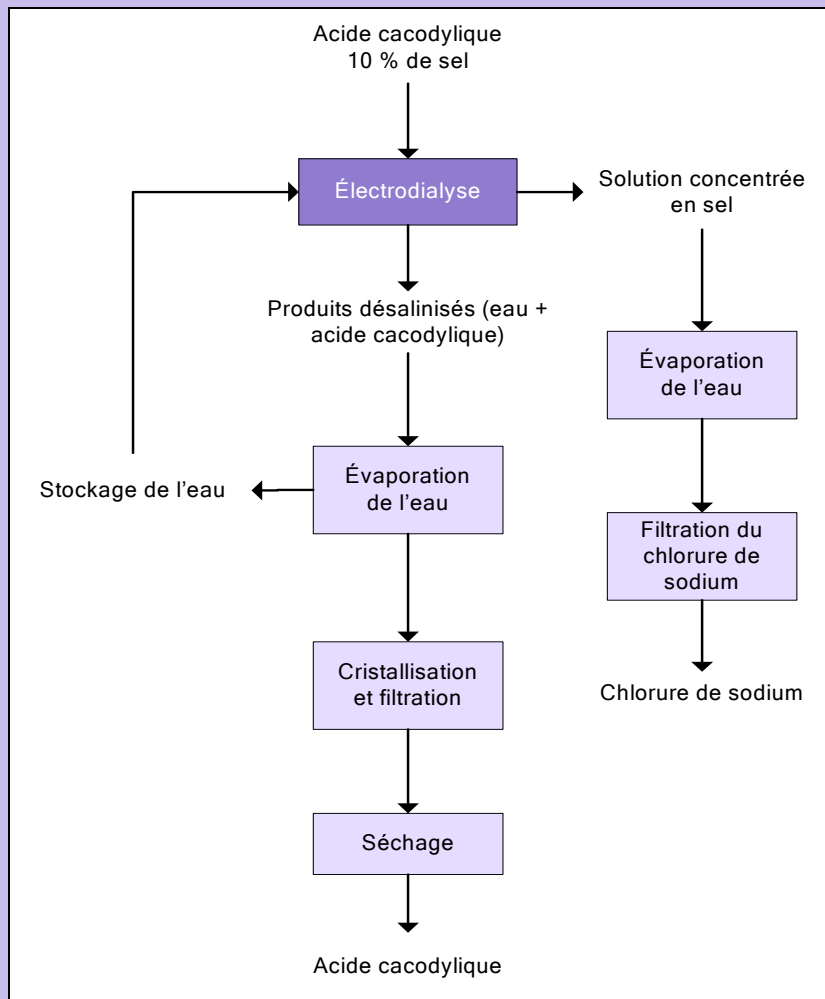
CAS PRATIQUE 17	
Entreprise	Las Industrias Luxembourg (Pamol) LTD (Arad, Israel)
Pays (localisation)	Arad (Israël)
Secteur industriel	Industrie chimique - Production de plusieurs produits chimiques pour la protection des cultures et production de produits chimiques intermédiaires destinés aux industries chimiques et biotechnologiques.
Thème du projet	<u>Minimisation des déchets et des émissions</u> : production plus propre au sein de l'industrie chimique par adoption de bonnes pratiques et modifications de processus.
Considérations sur l'environnement	Pour purifier l'acide cacodylique de haute qualité, l'élimination du chlorure de sodium se fait par utilisation d'isopropanol. Le chlorure de sodium est un déchet saturé d'acide cacodylique et d'alcool. Ce gâteau de sel est traité à l'eau en vue de récupérer l'acide cacodylique et l'alcool qu'il renferme. Ensuite, on procède à l'évaporation de l'eau afin de récupérer l'alcool et l'acide. Le chlorure de sodium est alors envoyé dans une décharge de déchets chimiques.
Antécédents	Le rendement de ce processus est d'environ 50 %. Bien que l'acide soit récupéré, le traitement et les pertes d'alcool sont considérables. L'eau utilisée pour le traitement du chlorure de sodium doit être évaporée, ce qui implique des coûts d'exploitation et énergétiques supplémentaires.
Résumé de l'action	Un tout nouveau procédé destiné à la séparation des chlorures contenus dans la solution aqueuse d'acide cacodylique a été implanté. La séparation des chlorures a lieu par électrodialyse. Cette technique permet d'éliminer l'emploi d'alcool et d'éviter l'ajout d'eau dans le chlorure de sodium. Le rendement de ce processus (acide) est compris entre 95 et 98 %.

Diagrammes

Ancien procédé




Nouveau procédé



Bilans		Ancien procédé (tonnes/an)	Nouveau procédé (tonnes/an)	Économie €/an
	Consommation d'azote liquide	7,2	0	3 636
	Pertes d'acide cacodylique	0,5	0,5	6 464
	Consommation d'isopropanol	8,2	0	10 100
	Coûts d'exploitation (énergie, salaires, etc.)			30 300
	<u>Économie annuelle (en €/an)</u>			50 500
	<u>Investissement total (en €)</u>			59 338
	<u>Amortissement de l'investissement</u>			14 mois
Conclusions	<p>Cette nouvelle technologie, habituellement utilisée pour le dessalement de l'eau, a été mise en place avec succès dans cette entreprise. L'économie la plus importante est intervenue au niveau des coûts d'exploitation grâce à l'élimination du retraitement du chlorure de sodium. Il convient également de mettre l'accent sur l'amélioration de la sécurité du processus grâce à l'élimination de l'emploi d'alcool. La majorité des coûts relatifs à l'investissement ont été liés aux travaux intensifs de recherche et développement réalisés par l'Université Ben Gurion de Beer Sheva en Israël.</p>			

CAS PRATIQUE 18	
Entreprise	HIPERTIN, SA
Pays (localisation)	Espagne (Barberà del Vallès, Barcelone)
Secteur industriel	Chimie - Fabrication de cosmétiques (production de teintures capillaires à l'eau oxygénée)
Thème du projet	<u>Actions de minimisation des déchets et des émissions</u> : récupération du produit final et amélioration des opérations de nettoyage
Considérations sur l'environnement	<p>La fabrication de teintures capillaires à l'eau oxygénée passe par l'exécution de trois opérations de mélange bien distinctes. Les deux premières consistent à réchauffer séparément la phase aqueuse et la phase huileuse. Une fois réchauffées, la troisième opération consiste à mélanger ces deux phases dans un réacteur (sous vide), à l'aide des pales latérales placées de part et d'autre, jusqu'à formation d'une émulsion. Une fois l'émulsion obtenue, le produit peut être conditionné par vidange du réacteur par le bas.</p> <p>Dans cette entreprise, les réacteurs à fond conique permettant le mélange des différentes phases des teintures étaient vidangés une fois le mélange terminé. Malgré toutes les précautions prises, des traces de produit persistaient au fond du réacteur. Avant nettoyage, ces derniers étaient maintenus ouverts une journée entière. Les caractéristiques des teintures à l'eau oxygénée entraînaient une oxydation et un durcissement rapides du produit dès son entrée en contact avec l'air. Par conséquent, une importante quantité d'eau s'avérait nécessaire pour nettoyer les réacteurs.</p> <p>En outre, cette oxydation et l'emplacement de la vanne de vidange provoquaient la perte de 3 kg de produit fini sous forme d'eaux résiduelles et ce, à chaque opération de nettoyage et pour chaque réacteur.</p> <p>Enfin, le refroidissement des réacteurs réalisé au cours de l'élaboration des teintures se faisait par le biais d'un circuit ouvert qui envoyait de l'eau dans un serpentin placé à l'intérieur.</p>
Antécédents	<p>L'entreprise a décidé de réaliser un diagnostic environnemental des opportunités de minimisation (DEOM) en vue de rechercher des solutions permettant l'atteinte des objectifs suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • réduction de la consommation d'eau, aussi bien pour le nettoyage des réacteurs que pour le circuit de refroidissement ; • réduction des pertes de produit final dues à une vidange incomplète des réacteurs et à l'oxydation du produit au contact de l'air ; • réduction de la charge polluante rejetée et du volume d'effluents à traiter.
Résumé de l'action	<p>HIPERTIN, SA a mis en œuvre une grande partie des solutions proposées par le DEOM. Les plus significatives sont expliquées ci-dessous :</p> <p>a) Amélioration du système de vidange en maintenant l'agitateur en service pendant toute la durée de l'opération et en augmentant la température. Ainsi, l'évacuation du produit est facilitée grâce à sa récupération et à l'élimination de son rejet dans les eaux résiduelles.</p>

	<p>b) Amélioration du système de nettoyage via un nettoyage à haute pression et haute température aussitôt après la vidange afin d'éviter l'oxydation excessive du produit.</p> <p>c) Réduction de la consommation d'eau par stockage de la quantité d'eau utilisée lors des dernières opérations de nettoyage en vue de la réutiliser comme matière première pour les opérations de nettoyage suivantes.</p> <p>d) Fermeture du circuit d'eau de refroidissement grâce à l'installation d'une unité de refroidissement permettant de récupérer l'eau en continu.</p>																											
Photos	<div style="text-align: center;">  <p>Réacteurs permettant le mélange des teintures</p> </div>																											
Bilans	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 65%;"></th> <th style="width: 17.5%; text-align: center;">ANCIEN PROCÉDÉ</th> <th style="width: 17.5%; text-align: center;">PROCÉDÉ ACTUEL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Consommation d'eau*</td> <td style="text-align: center;">2 177,7 m³/a</td> <td style="text-align: center;">40 m³/a</td> </tr> <tr> <td>Production par unité de matière première</td> <td style="text-align: center;">97/100 t/t</td> <td style="text-align: center;">99/100 t/t</td> </tr> <tr> <td>Production d'eaux résiduares**</td> <td style="text-align: center;">2 177,7 m³/a</td> <td style="text-align: center;">0 m³/a</td> </tr> <tr> <td>Économie relative à la consommation d'eau***</td> <td></td> <td style="text-align: center;">13 688,05 €</td> </tr> <tr> <td>Augmentation de la productivité et réduction des pertes</td> <td></td> <td style="text-align: center;">54 091,09 €</td> </tr> <tr> <td>Économie relative au traitement des déchets</td> <td></td> <td style="text-align: center;">13 674,23 €</td> </tr> <tr> <td>Investissement</td> <td></td> <td style="text-align: center;">66 111,33</td> </tr> <tr> <td>Amortissement de l'investissement</td> <td></td> <td style="text-align: center;">14 mois</td> </tr> </tbody> </table> <p>*L'eau incorporée au produit n'est pas prise en compte étant donné que sa quantité est constante.</p> <p>**Les 40 m³ actuellement produits sont considérés comme des déchets liquides.</p> <p>***Comprend les économies relatives à la consommation, au traitement et à la taxe d'assainissement.</p>		ANCIEN PROCÉDÉ	PROCÉDÉ ACTUEL	Consommation d'eau*	2 177,7 m ³ /a	40 m³/a	Production par unité de matière première	97/100 t/t	99/100 t/t	Production d'eaux résiduares**	2 177,7 m ³ /a	0 m³/a	Économie relative à la consommation d'eau***		13 688,05 €	Augmentation de la productivité et réduction des pertes		54 091,09 €	Économie relative au traitement des déchets		13 674,23 €	Investissement		66 111,33	Amortissement de l'investissement		14 mois
	ANCIEN PROCÉDÉ	PROCÉDÉ ACTUEL																										
Consommation d'eau*	2 177,7 m ³ /a	40 m³/a																										
Production par unité de matière première	97/100 t/t	99/100 t/t																										
Production d'eaux résiduares**	2 177,7 m ³ /a	0 m³/a																										
Économie relative à la consommation d'eau***		13 688,05 €																										
Augmentation de la productivité et réduction des pertes		54 091,09 €																										
Économie relative au traitement des déchets		13 674,23 €																										
Investissement		66 111,33																										
Amortissement de l'investissement		14 mois																										
Conclusions	<p>Les actions menées à bien et l'application de bonnes pratiques environnementales ont contribué à la réduction significative de la production d'eaux résiduares issues des opérations de nettoyage des réacteurs. Ces eaux sont actuellement traitées en tant que déchet par un gestionnaire autorisé.</p>																											

	<p>Grâce à la fermeture du circuit de refroidissement et aux améliorations apportées aux opérations de nettoyage, l'entreprise n'a besoin, pour le même processus, que de 2 % de l'eau consommée auparavant (sans tenir compte de l'eau incorporée au produit), sans pour autant augmenter de façon significative la consommation d'énergie.</p> <p>En outre, la récupération et la commercialisation du produit auparavant retenu dans le réacteur ont engendré des économies très importantes qui ont permis à l'entreprise d'envisager la mise en œuvre de nouveaux projets d'amélioration environnementale, comme l'installation d'un évaporateur sous vide pour les déchets liquides devant être traités après nettoyage.</p>
--	--

6.7. PROCÉDURE DE MISE EN ŒUVRE D'UN PROGRAMME DE MINIMISATION DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT

La méthodologie de minimisation consiste à identifier, à quantifier et à éliminer la production de déchets de façon systématique. Celle-ci est résumée dans le diagramme ci-dessous :

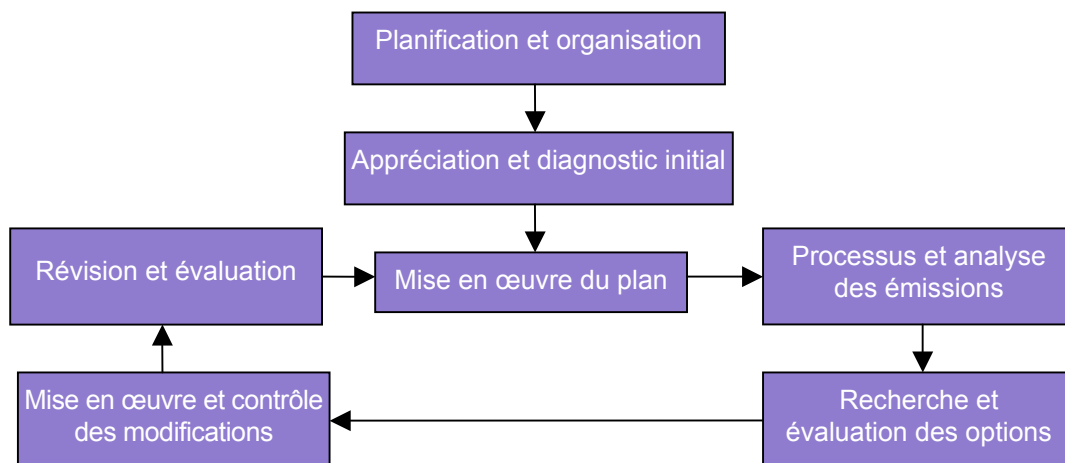


Figure 6.1. Méthodologie pour la mise en œuvre d'un programme de minimisation des impacts sur l'environnement

6.7.1. Planification et organisation

La réussite de la mise en place d'un programme de minimisation de l'impact environnemental passe impérativement par une bonne planification et organisation.

ENGAGEMENT DE LA DIRECTION

La première étape permettant d'établir un programme de minimisation repose sur l'engagement du personnel dirigeant. Les cadres supérieurs doivent en effet être intimement convaincus des bénéfices susceptibles de découler de l'application des bonnes pratiques axées sur la minimisation. La direction doit donc fournir les ressources, le personnel et le matériel nécessaires pour garantir l'atteinte des objectifs fixés.

CRÉATION D'UNE ÉQUIPE

La mise en œuvre du programme s'avère plus efficace si une « équipe de minimisation » est créée. La composition de cette équipe doit faire appel à des personnes issues de différents niveaux de l'organisation, englobant les postes intermédiaires et le personnel de production. Le nombre de membres doit être suffisamment important afin de permettre une répartition optimale des charges de travail. L'équipe idéale doit donc être composée d'un représentant des départements ci-dessous et/ou posséder les connaissances correspondantes :

- Production
- Finance
- Technique/Ingénierie
- Environnement

L'équipe doit disposer d'un chef qui sera chargé de l'exécution des fonctions élémentaires suivantes :

- servir d'interlocuteur auprès de la direction ;
- coordonner la collaboration entre les départements ;
- motiver l'ensemble du personnel ;
- mener et motiver l'équipe de minimisation ;
- faire preuve de suffisamment d'autorité auprès de l'équipe afin de mettre en œuvre le programme.

COMPÉTENCES DE L'ÉQUIPE

Pour réaliser avec succès la mise en place du programme de minimisation, l'équipe se doit de développer les capacités suivantes :

- organiser et animer des réunions ;
- affecter les tâches en établissant leur suivi et application ;
- rassembler, stocker et organiser les informations et la documentation produite ;
- communiquer avec tous les niveaux de l'organisation et motiver l'ensemble du personnel

FONCTIONNEMENT DE L'ÉQUIPE

Les membres de l'équipe doivent connaître et comprendre leur rôle tout en étant capables de mener à bien leur travail de façon efficace. Ils doivent également bénéficier du soutien des superviseurs et disposer du temps suffisant.

L'équipe devra organiser des réunions de suivi visant à évaluer les progrès réalisés quant à la mise en place du programme de minimisation.

DÉFINITION DES OBJECTIFS

L'établissement de buts à atteindre est particulièrement important en vue de garantir la mise en œuvre du programme et sa continuité. Les objectifs devront être accessibles et à la portée de tous les niveaux de l'organisation, utiles et, dans la mesure du possible, quantifiables.

COMMUNICATION

La communication sur les progrès réalisés et les objectifs atteints dans le cadre de la mise en œuvre du programme est primordiale. Il convient donc de définir un système de communication qui identifie l'objet, la période, les destinataires des communications ainsi que la méthode de diffusion : rapports, réunions, lettres adressées à l'ensemble du personnel.

6.7.2. Appréciation et diagnostic initial

Pour mener à bien le programme de minimisation, il est nécessaire de se poser une série de questions clés :

- Quels sont les types d'émissions et de déchets produits et quelles en sont les quantités ?
- Quel est le coût de ces déchets et émissions pour l'entreprise ?
- En quels points exacts du processus les émissions et les déchets sont-ils produits ?
- Quelle est l'origine de ces déchets et émissions ?
- Que peut-on entreprendre pour prévenir et réduire les émissions et déchets ?

L'appréciation initiale permet de trouver des réponses à ces questions. Pour ce faire, il faut :

- Identifier et rassembler les informations concernant les consommations de ressources et de matières premières ainsi que la production de déchets et d'émissions, dans le but de constituer une base de départ à partir de laquelle seront définis les objectifs d'amélioration.

RECUEIL DES INFORMATIONS.

La collecte des informations dès le lancement du programme de minimisation permet de :

- fournir une base de départ à partir de laquelle seront mesurés les succès d'implantation du programme ;
- fournir une aide pour hiérarchiser les actions et les projets à mener en fonction :
 - de l'économie financière que cela engendre pour l'entreprise,
 - des bénéfices en matière d'environnement, de sécurité et de santé du travail.

Outre le fait de contribuer à réduire les déchets et les émissions ainsi qu'à utiliser plus efficacement les ressources, il convient de rappeler que la minimisation peut conduire l'entreprise au respect des réglementations relatives à la sécurité, à la santé et à l'environnement, et qu'elle peut également se traduire par une économie de capital.

Les informations devant être recueillies sont les suivantes :

- Entrées ;
 - matières premières : quantités et coûts annuels des matières premières les plus importantes,
 - emballages : quantité et coût annuel,
 - matières auxiliaires : quantités et coûts annuels,
 - énergie : sources d'énergie, emplois, quantité consommée et coût annuel,
 - eau : quantité utilisée, points de consommation et coût annuel ;

- Sorties ;
 - transport de déchets : quantité des expéditions, caractéristiques, coût annuel de chacun d'entre eux,
 - déchets solides : quantité et coûts de gestion,
 - déchets dangereux : quantité et coûts de gestion,
 - traitements *in situ* des émissions, des eaux et des déchets : quantités et coûts associés,
 - recyclage en interne : matériaux recyclés et coûts associés,
 - recyclage en externe : matériaux recyclés et coûts associés ;
- Informations supplémentaires ;
 - respect de la législation,
 - risques en matière de sécurité et de santé,
 - risques environnementaux,
 - investissements prévus : agrandissements, investissements relatifs au traitement des émissions, de l'eau, etc.

INSPECTION

L'inspection permet d'identifier les types et les quantités de déchets et d'émissions générés ainsi que leur point de production.

L'inspection est préparée et exécutée en fonction des critères suivants :

- Former l'équipe d'inspection en y incorporant des personnes ne faisant pas partie de l'équipe de minimisation.
- Formuler une série de questions permettant de recueillir les informations réellement importantes.
- Déterminer le moment opportun pour mener à bien l'inspection. Choisir une période durant laquelle des émissions et déchets sont produits. Il convient également d'effectuer l'inspection à des heures différentes en prenant soin d'analyser tous les postes de travail de l'entreprise.
- Demander au personnel (opérateurs, chefs d'équipe, etc.) quels sont les points d'émission ou de production de déchets portés à leur connaissance.
- Planifier un suivi des processus depuis l'entrée de matières premières jusqu'à l'obtention du produit final.
- Réaliser un suivi des déchets depuis leur production jusqu'à leur traitement et élimination.
- Prendre note des observations et des constats. Préparer des modèles de feuille pour la prise de note.
- Informer l'ensemble du personnel de l'organisation sur la réalisation de l'inspection et solliciter sa collaboration.

IDENTIFICATION DES OPPORTUNITÉS.

Les informations recueillies durant l'inspection ainsi que les données de départ rassemblées précédemment constituent la base qui permet d'identifier et de hiérarchiser les opportunités potentielles d'amélioration et de minimisation. Au vu de ces données, il est possible de décider quels sont les processus, les flux de déchets ou les émissions sur lesquels une action sera menée de façon prioritaire. Il est recommandé de toujours commencer par un objectif facilement réalisable, étant donné que les opportunités seront rapidement implantées et renforceront le travail de l'équipe.

MISE EN ŒUVRE D'UN PLAN

Il est de bon augure de mettre en œuvre un plan relatif au programme de minimisation des déchets et émissions. Celui-ci doit être rédigé et inclure :

- une déclaration de soutien de la direction au programme de minimisation ;
- une description de l'équipe de minimisation définissant les responsabilités de chaque membre ;
- les objectifs du programme de minimisation ;
- le plan de communication des progrès réalisés en ce qui concerne l'implantation du programme ;
- les données collectées au cours de l'appréciation initiale et de l'inspection ;
- les opportunités d'amélioration identifiées au cours de l'inspection et de l'appréciation initiale ;
- les objectifs prioritaires sur lesquels un travail immédiat sera effectué, accompagné de l'affectation des responsabilités et de la planification.

6.7.3. Analyse du processus et des déchets et émissions produits

Cette étape consiste à réaliser une étude détaillée des déchets et des émissions générés. Pour ce faire, il est nécessaire de :

- élaborer un schéma du processus ;
- identifier les entrées et sorties de chaque étape du processus ;
- quantifier et évaluer le coût de chacune des entrées et sorties.

SCHÉMA DE PROCESSUS

Un schéma de processus illustre les flux de matières, d'énergie et d'eau qui interviennent au cours du processus, ainsi que les points de production des émissions et des déchets.

Le diagramme ci-après décrit un exemple possible de schéma de processus :

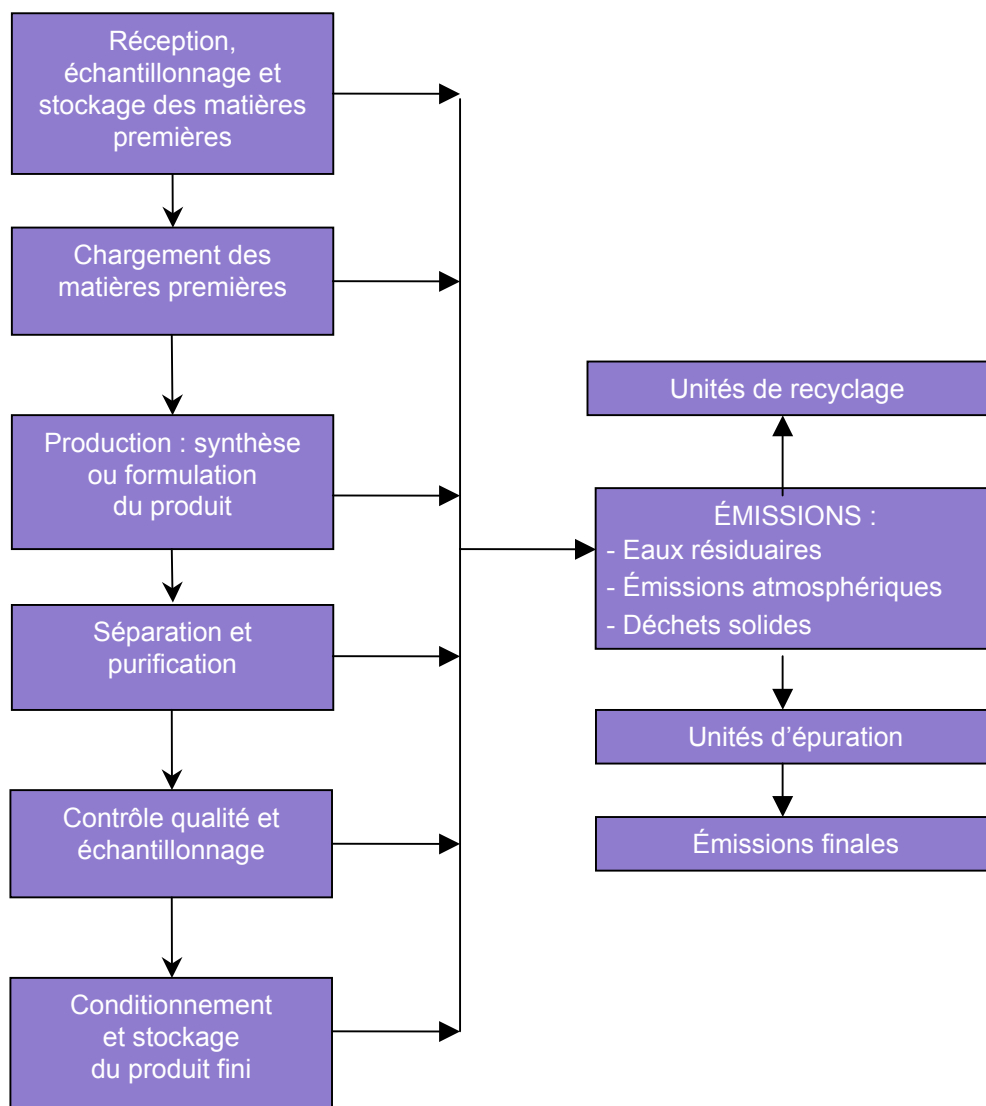


Figure 6.2. Exemple de schéma de processus

IDENTIFICATION ET QUANTIFICATION DES ENTRÉES ET SORTIES

L'étape suivante consiste à identifier et quantifier les entrées et sorties intervenant dans le processus. En définitive, cette quantification s'apparente à un bilan des masses dans lequel les entrées doivent être égales aux sorties : tout ce qui est introduit dans le processus en ressort sous forme de produit, de déchet, de chaleur, d'émission, etc.

Une grande partie des informations nécessaires à l'établissement de ce bilan peuvent être obtenues facilement, alors que certaines devront être recueillies en différentes sources, notamment :

- les données historiques se référant particulièrement aux consommations d'énergie, d'eau et de matières premières ;
- les données recueillies sur le moment : mesures *in situ* de débits, poids, etc. ;
- les mesures relatives aux déchets et émissions.

CALCUL DU COÛT ASSOCIÉ À LA PRODUCTION DE DÉCHETS ET ÉMISSIONS

Le coût associé à la production de déchets et d'émissions prend en compte plusieurs aspects ne se limitant pas uniquement au traitement et au dépôt final. Il comprend, en effet, l'ensemble des coûts intervenant dans leur production et leur gestion. Parmi les coûts à prendre en compte, il convient de citer :

- coûts de transport ;
- coûts de stockage ;
- coûts de traitement des émissions et des rejets ;
- coûts de collecte et de gestion des déchets solides ;
- pertes de matières premières ;
- coût de la matière première se transformant en déchet ou émission (solvant ou eau, par exemple) ;
- coûts de processus associés à la production du déchet ou de l'émission ;
- coûts de main d'œuvre ;
- dépréciation du capital ;

Ainsi, le coût total d'un déchet peut être exprimé selon la formule suivante :

Coût total = coût de la matière première + valeur ajoutée + coût des opportunités de vente + coût de gestion, traitement et dépôt

6.7.4. Création et évaluation des opportunités de minimisation

En règle générale, il existe plusieurs options pour réduire les émissions et les déchets. Il s'avère donc primordial de choisir la plus appropriée, au cas par cas. Pour ce faire, il est nécessaire d'évaluer minutieusement les coûts et les bénéfices associés à chacune de ces options.

CRÉATION D'OPPORTUNITÉS

Durant la phase d'appréciation initiale et de recherche, des idées sont évoquées quant à la façon dont il est possible de modifier les modes opératoires en vue de les rendre plus efficaces du point de vue environnemental. Ces idées portent aussi bien sur la consommation de matières premières que sur l'énergie ou tout autre aspect. Pour favoriser la recherche d'idées, il est possible d'envisager la création d'une boîte à idées ou bien de convoquer une réunion de réflexion (brainstorming) à laquelle participent différents niveaux de l'organisation.

Les opportunités de minimisation peuvent être classées en trois grands groupes : celles qui reposent sur la réduction à la source, celles qui encouragent la réutilisation et/ou le recyclage et celles axées sur l'amélioration de la gestion des déchets inévitablement produits. Le tableau ci-dessous expose quelques-unes des opportunités de minimisation suivant cette classification :

Tableau 6.1. Exemples d'opportunités de prévention de la pollution

OPPORTUNITÉ DE MINIMISATION	EXEMPLES
Réduction à la source	Améliorations apportées à la maintenance : de nombreuses opportunités de minimisation reposent sur la mise en œuvre d'un programme de maintenance approprié visant à réduire les pertes sur les installations et les équipements tels que les vannes, les tuyauteries, les systèmes de fermeture, les joints, etc.
	Modernisation des équipements : le fait de remplacer les équipements par des modèles plus efficaces peut conduire à la minimisation (de l'énergie ou d'autres sources de consommation, par exemple).
	Remplacement des matières : le remplacement de substances toxiques par des substances non toxiques contribue à minimiser la production de déchets toxiques. À titre d'exemple, nous pouvons citer le remplacement des solvants usés utilisés lors du nettoyage par des produits en phase aqueuse.
	Reconception du processus : parfois, un même produit peut être élaboré selon différentes techniques. En effet, de nombreux produits chimiques peuvent être fabriqués en faisant appel à des technologies reposant sur la chimie verte, utilisant des matières moins toxiques, etc.
	Reconception du produit : la reconception du produit en vue de générer une quantité moins importante de déchets et d'émissions, ou d'obtenir des déchets de toxicité inférieure, peut constituer une solution viable. Par exemple, les colorants et les teintures en phase aqueuse produisent moins d'émissions et de déchets toxiques que ceux en phase solvant.
Réutilisation et/ou recyclage	Recyclage et réutilisation dans le processus : les déchets d'un processus peuvent être utilisés en tant que matière première dans le même processus ou dans d'autres. Par exemple, les eaux mères ou de nettoyage de certains processus peuvent être filtrées et réutilisées pour de nouvelles formulations.
	Recyclage en externe : de nombreuses entreprises de recyclage externes valorisent les déchets, comme les solvants, par exemple.
Traitement et dépôt final	Tri des déchets : le mélange des déchets nécessitant un traitement final avec les déchets inertes augmente la production de déchets. Le fait de séparer les déchets toxiques des déchets non toxiques permet de réduire la quantité de déchets toxiques à traiter. En outre, cela permet la réutilisation ou le recyclage des déchets, qu'ils soient toxiques ou non.

ÉVALUATION DES OPPORTUNITÉ.

Certaines des opportunités créées impliquent des coûts ou des risques négligeables et peuvent donc être appliquées de façon immédiate. D'autres sont directement écartées car elles ne peuvent pas être mises en pratique au vu de leur viabilité. Le reste des opportunités créées devra être évalué afin d'en déterminer la viabilité. Cette évaluation doit prendre en compte les aspects suivants :

- Évaluation technique :
 - potentiel de réduction des déchets et émissions,
 - sécurité des employés affectés,
 - maintenance ou amélioration de la qualité du produit,
 - espace disponible,
 - compatibilité des nouveaux équipements, du matériel ou des procédures,
 - besoins de formation et d'échange de connaissances ;
- Évaluation environnementale :
 - effet des flux de déchets et des émissions en termes de quantité et de toxicité,
 - consommation d'énergie,
 - impact environnemental des matières premières alternatives introduites,
 - risque de transfert de l'impact environnemental d'un milieu à l'autre (passage d'un déchet solide à un rejet liquide ou une émission gazeuse, par exemple) ;
- Évaluation économique :

Pour évaluer la viabilité économique, il est nécessaire de connaître le coût associé au déchet avant et après application de l'opportunité de minimisation, ainsi que le coût relatif à l'investissement nécessaire pour sa mise en place. Ces données permettent le calcul de la durée de retour sur investissement, donnant une idée de la viabilité de l'option :

$$\text{Durée de retour sur investissement (ans)} = \frac{\text{Coût d'investissement (capital + mise en œuvre + autres coûts)}}{\text{Coût annuel initial du déchet} - \text{Coût annuel final du déchet}}$$

6.7.5. Mise en œuvre et contrôle des modifications

MISE EN ŒUVRE DES MODIFICATIONS

La mise en œuvre des modifications peut s'avérer compliquée, y compris pour les plus simples d'entre elles. Les raisons sont variées : difficulté d'acceptabilité au sein de l'organisation, inertie et temps restreint. En général, les modifications sont davantage perçues lorsque les personnes impliquées ont connaissance des motifs invoqués et du rôle qu'elles ont à jouer. Il est donc important de planifier correctement la mise en place des modifications. Pour ce faire, les considérations suivantes doivent être prises en compte :

- Connaître l'autorité compétente pour mettre en œuvre les modifications : le soutien de la direction est important pour permettre le consentement, le financement et l'obtention du matériel nécessaire à la réalisation des modifications. Lorsque ces dernières sont minimes, l'implication des chefs de quart ou des chefs d'équipe est suffisante. En revanche, si ces modifications sont importantes, l'obtention d'un financement sera indispensable et devra donc être prévu dans le budget annuel.
- Désigner un superviseur et veiller à l'absence de tension et de conflit lors de l'introduction de la modification.
- Définir les informations qui doivent être communiquées au personnel concerné par la modification.
- Déterminer les besoins en formation du personnel impliqué.

CONTRÔLE DES PROJETS

Après la mise en place des opportunités de minimisation des déchets et des émissions, intervient la phase de contrôle qui permet à l'organisation de disposer d'informations sur la mise en œuvre des projets implantés. Pour chaque projet, les points suivants doivent être définis :

- l'élément à contrôler : consommation d'énergie, production de déchets, consommation de matières premières, etc. ;
- la fréquence : contrôle occasionnel, quotidien, à chaque heure, à chaque prise de poste, etc. ;
- la manière de réaliser le contrôle ;
- le responsable d'exécution de chaque contrôle ;
- la manière de centraliser et d'interpréter les données : réalisation de graphiques, statistiques, etc. ;
- définir le responsable chargé de la communication des résultats et les destinataires de ces communications.

6.7.6. Mesure des progrès : programme et évaluation des projets

Il est important de vérifier régulièrement le programme de minimisation afin de déterminer si les objectifs fixés ont été atteints ou non et, le cas échéant, définir la marche à suivre pour les atteindre. Lors de l'évaluation du programme de minimisation, il convient d'identifier aussi bien les aspects positifs que négatifs ou pouvant être améliorés.

Pour cela, il est possible de suivre les résultats de chaque projet en analysant la réduction de la quantité de déchets, les sommes économisées, la mise en place adéquate de ces derniers (dans le temps imparti et selon le budget préétabli).

Le tableau ci-dessous regroupe quelques critères utiles à l'évaluation des progrès réalisés dans le cadre du programme de minimisation des déchets et des émissions.

Tableau 6.2. Critères d'évaluation des progrès dans le cadre du programme de minimisation

ASPECT DU PROGRAMME	CRITÈRE D'ÉVALUATION
Projets	Obtention d'une réduction des déchets et des émissions Économie de matières premières Économie financière Amélioration de la qualité du produit Amélioration de la sécurité des employés Respect du budget Respect du calendrier
Soutien de la direction	Déclaration de soutien Approbation des projets Idées et suggestions Publication des objectifs atteints
Fonctionnement de l'équipe et implication du personnel	Compétences de l'équipe et fonctionnement Participation du personnel Idées et suggestions Atteinte des objectifs individuels Soutien aux projets Disponibilité pour la formation du personnel
Connaissance du processus ainsi que des déchets et des émissions produits	Schéma du processus Identification de l'ensemble des sources de déchets et d'émissions Déchets et émissions quantifiés Calcul du coût du déchet
Intégration de la gestion quotidienne	Création d'indicateurs clés relatifs aux déchets, aux consommations, etc. Établissement annuel des objectifs Établissement du contrôle du programme Responsabilités affectées et consignées par écrit dans les descriptions des postes de travail Projets intégrés au budget Intégration au sein des systèmes de gestion existants Intégration de la minimisation dans le planning des responsables de l'organisation
Maintenance du programme de minimisation	Suivi et révision des procédures de minimisation établies Maintien des informations et de l'implication des employés Établissement des documents et du contrôle du système Identification des nouveaux projets

6.7.7. Maintenance du programme de minimisation des déchets et émissions

Après la mise en place du programme de minimisation, il convient d'en assurer la maintenance. Les points suivants présentent quelques idées sur la façon d'opérer.

CHANGEMENTS RÉALISÉS DANS L'ÉQUIPE DE MINIMISATION

L'équipe de minimisation doit effectuer des rotations au niveau de ses membres afin d'encourager la création et la confrontation d'idées.

FORMATION

La formation en matière de minimisation des déchets et des émissions doit être intégrée aussi bien au programme de formation du personnel récemment engagé que dans la formation continue de l'ensemble du personnel.

COMMUNICATION DES OBJECTIFS ATTEINTS

La communication afférant au programme de minimisation et aux objectifs atteints constitue un excellent outil de maintenance de celui-ci. La communication interne favorise une implication et une participation accrues du personnel.

Parallèlement à la communication interne, la compagnie doit établir un programme de communication externe conçu comme un outil de relations publiques pour communiquer les objectifs atteints par le programme aux autorités, au voisinage et à l'opinion publique en général.

INTÉGRATION AU QUOTIDIEN DE LA MINIMISATION AU SEIN DE L'EXPLOITATION

Pour assurer l'intégration au quotidien de la minimisation au sein des opérations réalisées par la compagnie, il faut :

- affecter les coûts associés aux déchets à la comptabilité des unités qui les produisent ;
- intégrer les objectifs de minimisation dans la politique de l'entreprise ;
- développer des indicateurs en rapport avec les objectifs de minimisation et affecter les responsabilités pour les atteindre ;
- transmettre le programme d'évaluation annuelle à la direction ;
- établir les responsabilités en rapport avec la minimisation dans les descriptions des postes de travail.

7. CONCLUSIONS

7.1. PROPOSITIONS GLOBALES

Comme indiqué et décrit dans les chapitres précédents, les sous-secteurs de la chimie présentent une série de caractéristiques qui déterminent et conditionnent leur problématique environnementale :

1. Matière première provenant d'autres entreprises, voire d'autres pays, méconnaissance fréquente des produits chimiques manipulés. La grande variété de procédés existants au sein d'un même établissement requiert la manipulation d'un nombre important de matières premières, de produits auxiliaires et de produits chimiques.
2. Grande variété de procédés (un établissement traite généralement plusieurs types de produits chimiques en faisant appel à des équipements différents ou identiques).
3. Processus subissant fréquemment des modifications en fonction de la demande et de la loi du marché. Les procédures peuvent donc sensiblement changer à chaque période de l'année.
4. Qu'ils soient continus, semi-continus ou discontinus, les procédés incluent toujours plusieurs étapes de traitement.
5. Un grand nombre d'étapes induisent des consommations d'eau et d'énergie importantes.
6. Certaines étapes de traitement par voie humide nécessitent une eau de qualité spécifique impliquant des procédés de conditionnement de l'eau tels que l'électrodialyse ou l'osmose inverse.

Ces caractéristiques de base, propres aux sous-secteurs étudiés, entraînent l'apparition de problématiques environnementales ou d'incidences sur l'environnement découlant de leurs activités :

1. Consommation importante d'eau et d'énergie.
2. Consommation plus ou moins élevée de matières auxiliaires et produits chimiques en fonction de la technologie disponible.
3. Débit élevé d'eaux résiduaires à charge polluante significative (même si la charge polluante des eaux résiduaires produites dépend des procédés utilisés, les paramètres les plus significatifs sont généralement la DCO, la DBO, la quantité de matière sèche, les AOX, la toxicité, la quantité d'azote et de chlorures).
4. Production de matières premières et de produits chimiques périmés due à la grande variété de substance manipulée au sein d'un même établissement, aux variations de la quantité consommée d'une période à l'autre et aux erreurs de stockage.
5. Production d'une grande quantité d'emballages vides de matières auxiliaires et de produits chimiques employés dans le processus.
6. Émission dans l'atmosphère de composés organiques volatils en cas d'emploi de solvants et/ou de matières auxiliaires contenant ces composés.

Comme nous l'avons exposé dans ce guide, cette situation permet néanmoins la mise en place d'un grand nombre d'améliorations visant à prévenir la pollution et à économiser les ressources naturelles. Dans les grandes lignes, en tenant compte de la diversité du secteur et en vue de maintenir la

compétitivité des entreprises, la solution réside dans la mise en place, au cas par cas, des **améliorations environnementales** considérées comme les mieux appropriées de toutes.

Toutefois, l'exécution de certaines de ces solutions oblige à remplacer certaines matières premières, à acquérir des installations spécifiques et/ou à implanter de nouvelles technologies qui, bien que représentant un objectif très intéressant au vu des bénéfices qu'elles pourraient apporter, peuvent également être un frein à l'atteinte des objectifs globaux.

Les investissements nécessaires dépendant de la technologie déjà en place dans chaque entreprise, l'analyse de la viabilité économique des différentes alternatives existantes doit s'effectuer au cas par cas.

En tout état de cause, la mise en œuvre d'une des solutions de production plus propre décrites précédemment, notamment lorsqu'il s'agit de remplacer des matières premières ou de modifier les procédés, doit être accompagnée d'un travail d'information et de formation des employés afin d'obtenir et de conserver les bénéfices environnementaux souhaités, sans aucune répercussion sur la qualité du produit ni sur la productivité de l'établissement.

7.2. PROPOSITIONS PARTICULIÈRES

Nous venons d'analyser de façon exhaustive la situation de l'industrie chimique dans le bassin méditerranéen. Nous allons désormais aborder en détail la valorisation de la situation des entreprises chimiques des pays de cette région.

Les informations présentées dans cette section ont été recueillies à partir des questionnaires complétés par les pays, et ne sauraient porter aucun jugement de valeur sur le comportement des industries vis-à-vis de l'environnement. Ces données sont uniquement fournies pour signaler les initiatives susceptibles d'être entreprises pour l'application de mesures de prévention de la pollution à la source. Parmi ces informations, il convient de souligner celles qui suivent :

7. Mettre en place des bonnes pratiques environnementales, des plans de minimisation et des projets de prévention de la pollution, notamment ceux en rapport avec les opérations de nettoyage, généralement très simples et économiques.
8. Réaliser des campagnes de sensibilisation et de formation environnementale destinées aux opérateurs et aux techniciens des entreprises chimiques, suscitant ainsi un intérêt pour la production plus propre. Publier le matériel de vulgarisation et le diffuser au sein de toutes les entreprises. Dispenser des cours internes de sensibilisation et de formation sur la protection de l'environnement dans les entreprises chimiques.
9. Lancer des campagnes de formation de techniciens spécialistes de l'environnement.
10. Éviter toute perte de produit final au cours des processus de production, et faire en sorte de ne jamais rejeter le produit résiduel dans les eaux résiduaires.
11. Établir au minimum un système de prétraitement des eaux résiduaires reposant sur l'homogénéisation et la neutralisation de celles-ci avant rejet.
12. Améliorer la maintenance des chaudières, des circuits et des systèmes de refroidissement.
13. Remplacer les systèmes obsolètes par des systèmes continus plus performants et plus efficaces faisant appel à des technologies innovantes au sein des grandes entreprises.
14. Établir un système de collecte groupée des rebuts de production des petites entreprises afin de procéder à leur valorisation centralisée et à leur gestion correcte à partir d'un tri effectué directement à la source.
15. Remplacer progressivement les systèmes de nettoyage manuels par des systèmes NEP (nettoyage en place). Standardiser les procédures de nettoyage et récupérer les solutions de nettoyage dans le but de réutiliser les substances chimiques qu'elles contiennent.

16. Mettre en place des mesures de réduction et de contrôle de la consommation d'eau par le biais de techniques spécifiques lorsqu'un système de nettoyage manuel est utilisé.
17. Éviter le rejet de produit résiduel et mettre en place un système de collecte et de valorisation de celui-ci.
18. Mettre en œuvre des projets visant à réutiliser les rejets.
19. Assurer une gestion appropriée des déchets en se basant sur un tri à la source.
20. Minimiser les déchets d'emballage en évitant les erreurs de conditionnement et en implantant un système de récupération ou de recyclage des emballages usagés.
21. Réduire la charge polluante des eaux résiduaires issues de la fabrication des produits finaux.
22. Étudier les possibilités d'amélioration environnementale, notamment en ce qui la récupération et la réutilisation des déchets chimiques.
23. Éviter les déperditions de produit au sein du processus, ainsi que les pertes de produit final au cours du traitement et réduire la quantité de produit final incorporée à l'effluent final.
24. Récupérer l'énergie et mettre en place des mesures de récupération, de réutilisation et d'optimisation de la consommation. Utiliser des combustibles plus propres, comme le gaz naturel. Mettre en place des systèmes de cogénération axés sur l'optimisation du rendement énergétique.
25. Promouvoir l'emploi des technologies propres.

8. BIBLIOGRAPHIE

8.1. DOCUMENTS CONSULTÉS

- CENTRE D'ACTIVITÉS RÉGIONALES POUR LA PRODUCTION PROPRE (CAR/PP), 2004. 2^e Édition. Estado de la Producción más limpia en los países del Plan de Acción para el Mediterráneo.
- RÉGION DE MURCIE. CONSEIL RÉGIONAL DE L'AGRICULTURE, DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT. SECRÉTARIAT SECTORIEL DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT, 2001. Guía de Buenas Prácticas Ambientales, Industria Química en General.
- SÉMINAIRES TERRITORIAUX À THÉMATIQUE ENVIRONNEMENTALE ADRESSÉS AUX ENTREPRISES. Gouvernement catalan. Ministère de l'environnement. Système CE de gestion et d'audit environnementaux.
- Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) :
- Draft Reference Document on Best Available Techniques for the Manufacture of Organic Fine Chemicals.
- Draft Reference Document on Best Available Techniques for the Production of Speciality Inorganic Chemicals.
 - Estudio sobre vertidos industriales. FONDATION COTEC (1999).
 - Tratamiento de vertidos industriales y peligrosos. N. L. NEMEROW, A. DASGUPTA. Ed. Díaz Santos (1998).
 - Towards Ecologically Sustainable Management of Chemicals in Australia, Environment Protection and Heritage Council, Australie 2003.
 - Guide to Developing and Implementing a Waste Minimisation Program, Christchurch City Council, Nouvelle-Zélande 2003.
 - Profile of Organic Chemical Industry: Pollution Prevention Opportunities, EPA, États-Unis 2002.
 - Design for Environment : http://dfe-sce.nrc-cnrc.gc.ca/home_e.html, National Research Council, Canada.
- Guía Española de Mejores Técnicas Disponibles para el sector de Química Fina Orgánica. Ministère de l'environnement. B&B Asesores. 2006.

8.2. SOURCES EN LIGNE

Direction générale du commerce en Catalogne :

<http://www.mcx.es/barcelona/paisesmediterraneos.htm>

Centre pour l'entreprise et l'environnement (CEMA) : www.cema-sa.org

Ministère espagnol de l'environnement : www.mma.es

Ministère de l'environnement du Gouvernement catalan :

<http://www.mediambient.gencat.net/cat/inici.jsp>

Fédération patronale de l'industrie chimique espagnole (FEIQUE) : www.feique.org

Association espagnole des fabricants de produits de chimie fine (AFAQUIM) : www.afaquim.org

Fédération patronale catalane du secteur chimique : www.fedequim.org

Conseil européen de l'industrie chimique (CEFIC) : www.cefic.org

Responsible Care : www.responsiblecare.org

Agence de protection de l'environnement : www.epa.gov

Chambres de commerce : <http://www.camerdata.es/>

Guide mondial des chambres de commerce : <http://www.chamberfind.com/>

Association des Chambres de commerce et d'industrie de la Méditerranée (ASCAME) :

<http://www.ascame.com/>

Fondation Biodiversité : www.fundacion-biodiversidad.es

Institut espagnol du commerce extérieur (ICEX) : www.icex.es

Centre du commerce international (ITC) : www.intracen.org

Centre islamique pour le développement du commerce (ICDT) : <http://www.icdt.org>

Programme de financement du commerce arabe : <http://www.atfp.org.ae/>

Réseau d'informations des affaires arabes : <http://www.arabdatanet.com/>

Organisation de coopération économique : <http://www.ecosecretariat.org/>

Organisation mondiale des affaires (ICC) : <http://www.iccwbo.org/>

Sicos Biochimie : <http://www.sicos.fr/>

Union des industries chimiques de France : <http://www.uic.fr/>

Fédération nationale italienne de l'industrie chimique (Federchimica) :

<http://www.federchimica.it/index.asp>

Société chimique d'Israël : <http://www.weizmann.ac.il/ICS/index.html>

Association des industriels d'Israël (MAI) : www.cpc.org.il/RC

Association grecque des industries chimiques /HACI : <http://www.haci.gr/>

Association turque des industriels chimiques : www.tksd.org.tr

Plateforme technologique espagnole de chimie durable : <http://www.pte-quimicasostenible.org/>

Agence européenne pour l'environnement : <http://local.es.eea.eu.int/>

Bureau européen de prévention et du contrôle de la pollution : <http://eippcb.jrc.es/>

Fonds des nations pour la population : <http://www.unfpa.org/index.htm>

Informations pour l'Afrique : <http://www.mbendi.co.za/index.htm>

ÉE

PRE



**Centre d'activités régionales
pour la production propre (CAR/PP)**

París, 184, 3ª planta - 08036 Barcelona (Espagne)

Tél. : + 34 93 415 11 12 - Fax : + 34 93 237 02 86

Courriel : cleanpro@cprac.org

<http://www.cprac.org>