Guide d'implantation de technologies propres dans l'industrie textile québécoise

CSMO TEXTILE
Comité sectoriel de main-d'oeuvre de l'industrie textile du Québec

COMITÉ SECTORIEL DE MAIN-D'OEUVRE DE L'ENVIRONNEMENT

Guide d'implantation de technologies propres dans l'industrie textile québécoise

CSMO TEXTILE
Comité sectoriel de main-d'oeuvre de l'industrie textile du Québec

COMITÉ SECTORIEL DE MAIN-D'OEUVRE DE L'ENVIRONNEMENT

Première partie
Technologies propres

Guide d'implantation de technologies propres dans l'industrie textile québécoise

Marek Weltrowski, Liliane Cotnoir

CSMOE, CSMOT, 2004

Le *Guide d'implantation de technologies propres dans l'industrie textile québécoise* a été rendu possible grâce au travail de l'équipe suivante :

Direction du projet
Robert Ouellet, directeur général, Comité sectoriel de main-d'œuvre de l'environnement
Paul Legault, directeur général, Comité sectoriel de main-d'œuvre de l'industrie textile du Québec

Auteurs
Marek Weltrowski et Liliane Cotnoir

Comité de suivi du projet
Éric Charbonneau, responsable de projet, Stéphane Fauteux, agent de communication et Héléna Roulet, agente de projet, Comité sectoriel de main-d'œuvre de l'environnement ; Rosette Laberge, chargée de projets et responsable des communications, Comité sectoriel de main-d'œuvre de l'industrie textile du Québec ; avec l'appui de Marek Weltrowski et Liliane Cotnoir, consultants.

Projets pilotes et validation du Guide
Marek Weltrowski, coordonnateur de l'ensemble des projets pilotes et responsable du volet de gestion des effluents, de l'eau et de l'énergie et Liliane Cotnoir, responsable du volet de gestion des matières résiduelles avec le support de Chantal Rouleau.

Représentants de l'entreprise *Doubletex* :
M. Robin Bell, M. Jeremy Lamas, M. Tariq Mujtaba, M. Salman Sayed et M. Zafar Ali.

Représentants de l'entreprise *Vêtements de sport Gildan* :
M. Jatinder Arora, Mme Nathalie Bergeron, M. Ghyslain Bouchard, M. Mireck Filipowicz, M. Rhéo Maisonneuve, M. Gabriel Osta et M. Benoît Schmitt.

Comité de lecture
Éric Charbonneau et Rachid Baïou, responsables de projet, Héléna Roulet et Véronique Blosseville, agentes de projet, Comité sectoriel de main-d'œuvre de l'environnement.

Révision linguistique et graphisme
SPI communications

Images de la page couverture
Image « tissage » : une gracieuseté de la Revue Canadienne du Textile

Ce projet a été réalisé grâce à l'aide financière de :

Fonds d'action québécois pour le développement durable

Partenaire financier
Québec

Emploi Québec

Dépôt Légal Bibliothèque nationale du Québec, 2004 ISBN 2-922325-23-7

Tous droits réservés au Comité sectoriel de main-d'œuvre de l'environnement (CSMOE) et au Comité de main-d'œuvre de l'industrie textile du Québec (CSMOITQ). Toute reproduction, même partielle, du présent guide est strictement défendue, à moins d'avoir obtenu une autorisation écrite des éditeurs.

Avant-propos

De plus en plus de dirigeants et d'employés de l'industrie textile québécoise veulent maîtriser et réduire les impacts de leurs entreprises sur l'environnement. Cette volonté d'atteindre une bonne performance environnementale doit cependant s'appuyer sur des objectifs environnementaux qui leur permettront de respecter les exigences légales ou de les dépasser.

C'est donc avec fierté que le Comité sectoriel de main-d'œuvre de l'industrie textile du Québec et le Comité sectoriel de main-d'œuvre de l'environnement ont joint leurs efforts à ceux de M. Marek Weltrowski et de Mme Liliane Cotnoir pour réaliser un *Guide d'implantation de technologies propres dans l'industrie textile québécoise* et sa mise en application dans deux projets pilotes. Cette démarche démontre que non seulement dans l'industrie textile québécoise, mais aussi dans d'autres secteurs industriels, de saines pratiques de gestion environnementale peuvent conduire à des gains environnementaux, économiques et sociaux[1].

Ainsi, en deux ans, les projets pilotes ont permis de hausser la performance environnementale des entreprises participantes Doubletex et Vêtements de sport Gildan, tout en générant des économies annuelles de l'ordre de 1,5 million de dollars. Ces entreprises ont en outre appliqué le principe d'amélioration continue, développé les compétences de leur main-d'œuvre en gestion environnementale et augmenté du même coup leur capacité concurrentielle.

Le concours de nos partenaires et collaborateurs a été indispensable. Nous tenons à remercier le Fonds d'action québécois pour le développement durable (FAQDD) et son partenaire financier le Gouvernement du Québec de sa confiance et de sa contribution financière. Nous sommes aussi reconnaissants aux représentants et aux travailleurs de Doubletex et de Vêtements de sport Gildan de leur engagement actif dans les projets pilotes. Enfin, nous remercions particulièrement les équipes des deux comités sectoriels qui ont contribué à la réalisation et au suivi de ce projet.

Ce guide et sa façon de l'utiliser seront mis à la disposition de l'industrie textile québécoise. D'autres peuvent bien sûr s'en inspirer et réussir à leur tour l'implantation de technologies propres. En effet, le développement durable est aussi celui des entreprises.

Pierre Girard Coprésident patronal *Comité sectoriel de main-d'œuvre de l'industrie textile du Québec*	Dominique Ferrand Coprésident patronal *Comité sectoriel de main-d'œuvre de l'environnement*	Réal Paquin Coprésident syndical *Comité sectoriel de main-d'œuvre de l'industrie textile du Québec*	Patrice Sallam Coprésident syndical *Comité sectoriel de main-d'œuvre de l'environnement*

[1] Voir à ce sujet *L'engagement et les pratiques environnementales des entreprises québécoises* Étude du Comité sectoriel de main-d'œuvre de l'environnement (CSMOE), 1999, 28 p.

CSMOE, CSMOT © 2004

Présentation du Guide

Ce guide d'implantation des technologies propres dans l'industrie textile, présente une panoplie d'informations utiles pour entreprendre une démarche d'implantation des technologies propres, de même que la description des projets pilotes réalisés dans le cadre de ce projet.

Nous vous invitons à profiter pleinement de ce guide et à initier un processus d'implantation des technologies propres. Cette pratique commence à être appliquée à travers le monde par les entreprises textiles. Parmi les leaders, nous retrouvons les pays européens et les États-Unis. Néanmoins, plusieurs informations sur l'implantation des technologies propres dans l'industrie textile proviennent également de pays tels que la Tunisie, l'Égypte, l'Inde, le Pakistan et la Chine. Les entreprises textiles québécoises qui ont participé aux projets pilotes pour valider ce guide ont amélioré les compétences de leur main-d'œuvre en matière d'environnement en plus de réaliser des gains environnementaux et économiques. Elles ont également créé une dynamique d'amélioration continue de gestion environnementale et ont augmenté leur capacité concurrentielle.

Certaines entreprises textiles utilisent également cette approche pour des fins de marketing et pour améliorer leur image corporative. La publicité basée sur des procédés de fabrication utilisant des technologies propres peut générer des revenus additionnels.

Nous souhaitons que cet ouvrage vous incitera à entreprendre une démarche d'implantation de technologies vous permettant de réduire vos coûts de production tout en protégeant l'environnement.

Ce guide vise les objectifs suivants :

- familiariser l'industrie textile au concept des technologies propres ;
- sensibiliser l'industrie textile à l'intérêt d'implanter des technologies propres ;
- faciliter la démarche de l'industrie textile dans l'implantation des technologies propres ;
- instaurer des pratiques saines de gestion environnementale.

Le Guide est d'abord destiné aux dirigeants et au personnel technique d'entreprises textiles. Il s'adresse également aux étudiants en textile des niveaux collégial et universitaire. Enfin, le guide se révèlera utile pour les spécialistes en gestion environnementale impliqués dans la réalisation de ces projets dans l'industrie textile.

Quatre grandes parties composent ce guide, bonifié par la description des projets pilotes présentés aux pages suivantes. Dans la première partie, comprenant les trois chapitres, vous trouverez les informations générales sur les technologies propres et les méthodes de leur implantation. Cette partie est destinée principalement aux dirigeants d'entreprises textiles, mais aussi à tous les employés concernés dans le processus d'implantation des technologies propres.

CSMOE, CSMOT © 2004

La deuxième partie du guide (chapitres IV à IX) regroupe des informations théoriques utiles à la mise en place d'une bonne gestion environnementale. Cette partie peut être consultée, selon les besoins, par l'équipe technique lors de la réalisation du projet. On y trouve des informations qui aideront à analyser les procédés et contribueront à trouver des solutions efficaces.

La troisième partie du guide (chapitres X à XVI) présente des exemples concrets d'améliorations techniques, économiques et environnementales des procédés textiles. Elle démontre de façon pratique le processus à suivre. Des actions à entreprendre pour les différents procédés textiles, surtout humides, sont montrées et expliquées. Ces chapitres faciliteront grandement la concrétisation du projet. Ils doivent être étudiés par l'équipe technique avant et pendant la réalisation du projet.

Enfin, la dernière partie du guide (chapitres XVII à XX) expose des exercices et leurs solutions, la bibliographie et les autres ressources. Cette partie permettra, aux personnes qui le désirent, d'approfondir leurs connaissances et de se perfectionner. Elle servira également à trouver des informations spécifiques nécessaires à la réalisation efficace du projet.

CSMOE, CSMOT © 2004

Description des projets pilotes réalisés

La première activité du Projet d'implantation de technologies propres dans l'industrie textile québécoise a été d'écrire le guide d'implantation des technologies propres dans l'industrie textile. La version initiale de ce guide a été achevée en septembre 2001. Cette version préliminaire a été utilisée pour la réalisation de deux projets pilotes qui constituaient la seconde activité du projet. Ainsi, le guide a été validé par la réalisation de ces deux projets et a été enrichi et complété par des informations et des observations ramassées lors de l'exécution des projets pilotes.

Dans le cadre du projet d'implantation des technologies propres dans l'industrie textile, deux compagnies ont accepté de mettre en œuvre un projet pilote de technologies propres.

Ces projets pilotes ont été réalisés en deux étapes. L'objectif de la première étape a été l'analyse des procédés technologiques, de la gestion de l'eau, des effluents, des réactifs chimiques et de la gestion des matières résiduelles en vue d'identifier les solutions techniques, économiquement justifiables, visant la réduction de la consommation des ressources (eau, réactifs chimiques, autres ressources), la réduction du volume et de la charge des effluents et la réduction des déchets solides. L'objectif de la deuxième étape a été la mise en œuvre de solutions identifiées pendant la première étape du projet et de permettre à la compagnie de réaliser des économies reliées à l'implantation de ces solutions.

La sélection des entreprises pour la réalisation des projets pilotes a commencé en septembre 2001. Plusieurs entreprises textiles québécoises ayant d'importantes activités de traitement humide ont été contactées. Les entreprises Vêtements de sport Gildan et Doubletex ont répondu positivement à la proposition de réalisation du projet. L'exécution des projets pilotes a débuté le 1er janvier 2002. Ils ont été complétés en juillet 2003. Voici un bref aperçu des résultats obtenus dans chacune des usines.

Projet pilote 1 : Vêtements de sport Gildan

La première étape du projet a débuté le 1er janvier 2002 et a duré 6 mois. Le projet a été réalisé dans deux usines appartenant à la compagnie Gildan. Les rejets liquides ont été analysés dans l'usine de finition chimique située sur la rue Louvain à Montréal et les rejets solides ont été examinés à l'usine de la rue Montée de Liesse, également à Montréal.

Après avoir rédigé les objectifs environnementaux du projet et convoqué un comité technique, une formation a été offerte aux membres de ce comité. Ensuite, l'audit des activités techniques de l'ensemble des procédés humides de l'usine a permis d'établir un plan action prévoyant 21 activités à réaliser. Ce plan d'action a ensuite été mis sur pied. Les activités suivantes ont été complétées dans le cadre du projet réalisé dans l'usine de finition chimique où les rejets liquides ont été la cible :

1. Identification des procédés visés par le projet selon les critères définis.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

2. Description détaillée des procédés visés par le projet (en forme de fiches signalétiques des procédés).
3. Réalisation des calculs/estimés à partir des données provenant des fiches signalétiques des procédés :
   - consommation de l'eau en l/kg produit;
   - charge totale de la DBO et de la DCO de l'effluent en kg O_2/lot;
   - charge totale de la DBO et de la DCO de l'effluent en kg O_2/1 000 kg produit;
   - débit massique du procédé en kg produit/h;
   - consommation des réactifs en kg/lot et en kg/mois.
4. Réalisation des mesures des paramètres des effluents provenant des procédés visés par le projet :
   - charge de la DCO des effluents partiaux provenant de chaque étape du procédé en mg O_2/l;
   - couleur des effluents partiaux provenant de chaque étape du procédé (estimation visuelle).
5. Comparaison des paramètres de l'effluent calculés/estimés avec les paramètres mesurés.
6. Analyse de la toxicité et de la charge polluante de tous les réactifs chimiques utilisés dans les procédés humides selon la méthode présentée dans le chapitre XVI du Guide.
7. Audit des réactifs chimiques utilisés pour les procédés humides (intrants/extrants) pour un mois de la production.
8. Analyse de la consommation de l'eau pour chaque procédé visé et pour l'ensemble de l'usine.
9. Analyse du système de traitement de l'eau à l'entrée de l'usine.
10. Analyse des paramètres de l'effluent global et du système de traitement de cet effluent.
11. Analyse du système de traitement de l'eau pour les bouilloires.
12. Analyse des coûts de fabrication (eau, énergie, réactifs chimiques).
13. Analyse du système de neutralisation des tricots après le blanchiment.
14. Analyse de certaines difficultés techniques des procédés humides.
15. Rédaction des conclusions et des recommandations.
16. Analyse économique de chaque recommandation technique. Estimation des profits escomptés.
17. Rédaction du rapport de la première étape contenant la description des activités réalisées, la formulation des recommandations finales et le plan d'action pour la deuxième étape.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Suite aux activités accomplies, une série de 54 recommandations techniques a été formulée. Ces recommandations techniques ont permis d'établir un plan d'action préliminaire pour la deuxième phase du projet. Ce plan a proposé :

1. La réduction du volume de l'eau utilisé et du volume des effluents (14 recommandations).
2. Les économies par la réduction des quantités des réactifs chimiques utilisés (30 recommandations).
3. La diminution de la toxicité et de la toxicité aquatique des réactifs chimiques utilisés par leur élimination ou leur remplacement (2 recommandations).
4. La réduction de la consommation d'énergie par une diminution de la consommation de l'eau (14 recommandations).
5. La réduction de la charge des effluents par une élimination ou un remplacement des réactifs chimiques (4 recommandations).
6. L'amélioration de différents procédés (37 recommandations).

Suite à la remise des recommandations et à l'établissement du plan d'action préliminaire, un plan d'action définitif a été établi. Premièrement, 43 recommandations ont été immédiatement implantées, en majeure partie grâce à un deuxième projet réalisé par la compagnie Gildan visant la standardisation des procédés. Deuxièmement, deux activités ont été identifiées comme prioritaires pour la seconde phase du projet :

- optimisation des procédés de neutralisation des alcalis en vue de faciliter les rinçages, rentabiliser les procédés de teinture/blanchiment/lavage et rendre ces procédés plus propres ;
- optimisation des rinçages de tous les procédés de teinture/blanchiment en vue de les rendre plus rentables et plus propres.

Les actions correctives ont été apportées aux procédés visés et une autre analyse des procédés améliorés a été réalisée sur la base de nouvelles analyses chimiques. Ces changements ont causé une réduction significative de la consommation de l'eau, soit une réduction moyenne de 48 %. De plus, ces modifications ont apporté une diminution manifeste de la charge de DCO, c'est-à-dire une diminution moyenne de 46 %. Cette baisse a été réalisée principalement par le remplacement de 8 réactifs, en moyenne, dans chaque procédé et par une diminution du volume de réactifs utilisés. Les changements apportés aux procédés initiaux n'ont eu aucun impact sur la vitesse des procédés.

En conclusion, sur 54 recommandations formulées pour les procédés de finition chimiques pendant la première étape du projet, la majorité de ces recommandations (43) a été implantée avant le début de la deuxième phase du projet. Six autres recommandations ont été entièrement introduites pendant la réalisation de la deuxième phase du projet. Les quatre autres ont été implantées partiellement pour certains procédés. Pour l'une des recommandations, l'investigation a permis d'améliorer la situation et les recherches ont continué en vue de régler le problème de façon définitive. Ainsi, la totalité des recommandations identifiées pour les procédés de finition a été implantée et le plan d'action prévu pour la deuxième phase du projet a été entièrement réalisé.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Au niveau de la gestion des matières résiduelles (rejets solides), les activités suivantes ont été concrétisées :

1. Évaluation de la production de déchets ;
2. Identification et évaluation du potentiel de réduction par catégorie de matière ;
3. Identification des marchés potentiels de recyclage et des conditions nécessaires de récupération ;
4. Identification et recommandation des options de réduction les plus prometteuses ;
5. Analyse technique et économique de la faisabilité des options par matière ;
6. Choix des recommandations ;
7. Mise en œuvre des recommandations.

Le projet a permis d'identifier ce que la compagnie avait déjà réalisé et ce qui pouvait encore être amélioré. L'usine a mis en place des mesures pour réduire la production de déchets solides afin de perfectionner la gestion environnementale et de favoriser d'importantes économies allant au-delà du million et demi de dollars.

Des actions comme le recyclage du papier et du carton, l'utilisation de cônes réutilisables, la réutilisation des boîtes en carton ou en plastique, le recyclage des cartouches d'imprimante, la récupération des fluorescents, le recyclage des fils et des tissus ainsi que celui de l'acier ont été mises en place.

Les résultats du projet permettent de conclure sans équivoque que l'application d'une gestion environnementale visant la réduction des matières résiduelles engendre des économies importantes et favorise l'accroissement de la productivité.

Le tableau 1 présente le niveau d'atteinte des objectifs du projet.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Tableau 1 : Niveau d'atteinte des objectifs chiffrés du projet : Vêtements de sport Gildan

Description de l'objectif		Objectif chiffré visé par l'ensemble des recommandations formulées (% de diminution)	Objectif attendu par les changements apportés aux procédés (% de diminution)
Diminution de la consommation d'eau (litre d'eau/kg produit)		15	48
Diminution de la consommation d'énergie reliée à l'économie de la consommation d'eau (KWh/kg produit)		5	Objectif dépassé
Diminution de l'utilisation des produits chimiques auxiliaires (coûts des réactifs $/kg produit)		10	18
Diminution du volume des effluents (litre d'eau/kg produit)		15	48
Diminution de la charge de l'effluent (kg DCO/1 000 kg produit) (kg DBO/1 000 kg produit)		15 15	46 -
Diminution de la toxicité des effluents (LC_{50} de l'effluent total)		-	Diminution potentielle de la toxicité des effluents
Diminution de l'utilisation des réactifs toxiques	Réactifs toxiques éliminés /total de réactifs utilisés	30	10
	Réactifs toxiques éliminés/ réactifs toxiques identifiés	-	100
Diminution du volume des déchets solides		20	20
Diminution de la génération des déchets solides toxiques		5	L'objectif n'est pas atteint car il y a très peu de déchets solides toxiques
Économies générées par l'ensemble des solutions recommandées		100 000 $/année	1 500 000 $/année

Il faut souligner que les économies générées par le projet ont été atteintes sans aucun investissement dans les appareils ou dans les infrastructures de l'usine. Les seules dépenses reliées au projet constituaient la partie des salaires des employés impliqués dans la réalisation du projet au prorata du temps consacré à cette activité, ainsi que les coûts de consultation et des analyses chimiques. Ces deux derniers coûts ont été pris en charge par la subvention du Fonds d'action québécois pour le développement durable (FAQDD, Projet d'implantation de technologies propres dans l'industrie textile québécoise).

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Il est également à noter que suite à la réalisation des deux projets, la compagnie Gildan a décidé d'aller encore plus loin dans sa politique de rendre la production plus propre. Dans le cadre du projet de la standardisation des procédés, une politique d'utilisation des réactifs chimiques écologiques[1] a été établie. L'établissement et l'implantation de cette politique permettront à Gildan d'utiliser un éco-logo[2] pour ses produits.

De plus, un important changement au niveau organisationnel s'est produit chez Gildan grâce à la mise en place des deux projets : un poste de conseiller technique en environnement a été créé pour réaliser de façon encore plus efficace la politique de la gestion environnementale de la compagnie.

Finalement, la compagnie Gildan continue la mise en œuvre d'actions correctives de ses procédés selon les bonnes pratiques élaborées pendant la réalisation du projet d'implantation des technologies propres. Ainsi, l'un des objectifs majeurs du projet a été atteint, c'est-à-dire un développement durable, par la mise en œuvre d'une amélioration continue des procédés et de leur rentabilité.

Projet pilote 2 : Doubletex

Pour la réalisation du deuxième projet pilote, l'entreprise textile Doubletex a été sélectionnée à la fin d'octobre 2001. La première étape du projet a débuté le 1 juin 2002 et a été réalisée pendant 9 mois. Le projet a été accompli entièrement dans l'usine de la compagnie Doubletex à Montréal située sur la rue Jeanne-Mance. Dans le cas des rejets liquides, le département de teinture et le département de finition ont été analysés.

Après avoir rédigé la politique environnementale de la direction et convoqué le comité technique du projet, une formation a été offerte au comité. Ensuite, un plan d'action a été rédigé. Ce plan a comporté les activités suivantes :

1. Identification des procédés visés par le projet.
2. Rédaction des fiches signalétiques des procédés visés par le projet.
3. Réalisation des mesures de paramètres des effluents provenant des procédés visés par le projet :
   - charge de la DCO des effluents partiaux provenant de chaque étape du procédé en mg O_2/l;
   - couleur des effluents partiaux provenant de chaque étape du procédé (estimation visuelle);
   - pH des effluents partiaux provenant de chaque étape du procédé.
4. Réalisation des calculs/estimés à partir des données provenant des fiches signalétiques des procédés :
   - consommation de l'eau en l/kg produit;
   - charge totale de la DBO et de la DCO de l'effluent en kg O_2/lot;
   - charge totale de la DBO et de la DCO de l'effluent en kg O_2/1 000 kg produit;
   - débit massique du procédé en kg produit/h;
   - consommation des réactifs en kg/lot.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

5. Comparaison des paramètres de l'effluent calculés/estimés avec les paramètres mesurés.
6. Analyse de la toxicité et de la charge polluante de tous les réactifs chimiques utilisés dans les procédés humides selon la méthode présentée dans le chapitre XVI du Guide.
7. Analyse de la consommation de l'eau pour chaque procédé visé.
8. Rédaction des conclusions et des recommandations visant :
   - la réduction du volume de l'eau utilisé;
   - la réduction du volume des matières résiduelles et des effluents;
   - les économies des réactifs;
   - la diminution de la toxicité et de la toxicité aquatique des réactifs chimiques utilisés;
   - la réduction de la consommation d'énergie;
   - la réduction de la charge des effluents;
   - l'amélioration des procédés.
9. Rédaction du rapport de la première étape contenant la description des activités réalisées, la formulation des recommandations finales, le plan d'action pour la deuxième étape.

La réalisation des activités et l'analyse des résultats obtenus ont permis de formuler 21 recommandations techniques. Ces recommandations ont servi à l'établissement du plan d'action pour la deuxième phase du projet. Ce plan d'action a proposé les activités suivantes :

- recherche des réactifs chimiques pour remplacer les réactifs qui ont été identifiés comme toxiques. Remplacement des réactifs toxiques par les réactifs moins toxiques. (3 recommandations);
- standardisation des procédés de blanchiment (6 recommandations);
- standardisation des certains agents auxiliaires (2 recommandations);
- optimisation des procédés de neutralisation des alcalis (5 recommandations);
- optimisation des procédés de rinçage (8 recommandations);
- analyse des possibilités de réutilisation de certains effluents (1 recommandation).

La deuxième étape du projet a débuté le 15 avril 2003 et a été réalisée pendant 3 mois selon le plan d'action établi dans la première étape du projet.

L'implantation des recommandations de la première étape du projet a été accomplie par l'équipe technique de Doubletex. Voici les résultats :

- sur les 21 recommandations formulées pendant la première partie du projet, 18 ont été entièrement ou partiellement implantées. Les trois recommandations non encore implantées seront étudiées et feront partie des projets futurs de l'entreprise;

CSMOE, CSMOITQ © 2004

- deux des recommandations non implantées touchent la problématique de la réduction de la consommation d'eau (le changement du mode du rinçage et la réutilisation des effluents). La non implantation de ces recommandations explique l'écart entre les objectifs fixés du projet et les objectifs effectivement réalisés au niveau de la réduction de la consommation d'eau et du volume des effluents (tableau 2). La réduction de la consommation d'énergie est également reliée à la réduction de la consommation d'eau;
- les procédés de blanchiment ont été entièrement standardisés et les essais sont en cours pour les optimiser davantage;
- deux paires de procédés ont été rationalisées et remplacées par deux procédés moins polluants et plus économiques;
- les procédés de teinture dispersée ont été optimisés;
- l'utilisation des agents auxiliaires a été optimisée soit par leur élimination, soit par leur remplacement, soit par la réduction de leur concentration;
- les rinçages ont été optimisés dans 11 procédés;
- parmi les 18 produits chimiques pour lesquels une recommandation d'élimination de l'inventaire a été formulée à cause de leur charge polluante, 13 ont cessé d'être utilisés ou ont été remplacés par des produits plus écologiques.

Au niveau de la gestion des matières résiduelles, les trois phases principales du projet furent l'analyse de la situation des matières résiduelles et leur potentiel de réduction, la formulation de recommandations favorisant la récupération, la réutilisation, le recyclage et la valorisation, et, enfin, la mise en œuvre des recommandations acceptées.

Dans le cadre du présent projet pilote, les représentants de la compagnie Doubletex ont, dans un premier temps, collaboré à l'analyse de la situation des matières résiduelles et ont participé à l'analyse des recommandations de réduction et de valorisation. Parmi ces recommandations, notons :

1. La récupération du carton et des tubes non récupérés.
2. La récupération du papier de bureau.
3. La recherche de débouchés pour les tissus laminés.
4. La poursuite des démarches pour réduire les emballages et l'usage de matières premières.
5. La recherche de marchés pour les résidus de mousse.
6. L'entreposage et le recyclage des fluorescents.
7. Le recyclage des cartouches d'imprimantes et l'achat de cartouches recyclées.
8. La mise sur pied d'un programme de revente des ordinateurs périmés aux employés.

Il a été entendu qu'un comité de suivi formé d'employés des départements concernés ferait le suivi des actions entreprises.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

L'entreprise Doubletex est l'une des plus novatrices concernant la gestion des matières résiduelles dans le secteur textile. Elle a déjà mis sur pied plusieurs mesures importantes assurant une réduction substantielle de la production des déchets et une diminution du coût d'achat des matières premières et produits connexes.

Ainsi, par exemple, après avoir constaté que l'usine devait s'approvisionner en fibres recyclées de manière continue pour la production du département de « wadding » et qu'elle-même générait une quantité importante de cette matière secondaire, la décision fut prise d'intégrer les rejets à la production.

La mise en place de l'infrastructure nécessaire a rapidement permis de récupérer près de 85 % des retailles de tissus générées et de les réintroduire dans le processus de production pour en faire un produit de doublage. Maintenant, jusqu'à une tonne par jour de retailles de tissus produite par l'usine de Doubletex et son usine sœur est réintroduite dans la production. Certains clients de l'usine participent aussi à cette réintroduction des rejets en vendant leurs propres résidus de production à l'usine de Doubletex.

Une politique de retour des tubes réutilisables a été mise en place auprès des clients. Une économie allant jusqu'à 40 % du coût d'achat des tubes neufs est ainsi réalisée.

Doubletex a évalué l'atteinte des objectifs chiffrés pour l'ensemble du projet par l'implantation des recommandations pour le département de teinture. Les résultats de cette évaluation sont présentés dans le tableau 2.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Tableau 2 : Niveau d'atteinte des objectifs chiffrés du projet après l'implantation des recommandations de la première étape du projet : département de teinture. Évaluation de Doubletex.

Description de l'objectif		Objectif chiffré visé par l'ensemble des recommandations formulées (% de diminution)	Objectif attendu par les changements apportés aux procédés (% de diminution)
Diminution de la consommation d'eau (litre d'eau/kg produit)		15	12
Diminution de la consommation d'énergie reliée à l'économie de la consommation d'eau (KWh/kg produit)		5	1
Diminution de l'utilisation des produits chimiques auxiliaires (coûts des réactifs $/kg produit)		10	10
Diminution du volume des effluents (litre d'eau/kg produit)		15	8
Diminution de la charge de l'effluent (kg DCO/1 000 kg produit) (kg DBO/1 000 kg produit)		15 15	18
Diminution de la toxicité des effluents (LC_{50} de l'effluent total)		-	*
Diminution de l'utilisation des réactifs toxiques	Réactifs toxiques éliminés/total de réactifs utilisés	10	6
	Réactifs toxiques éliminés/réactifs toxiques identifiés	-	100
Diminution du volume des déchets solides		10	10
Diminution de la génération des déchets solides toxiques		5	**
Économies générées par l'ensemble des solutions recommandées		100 000 $/année	Objectif dépassé

* Le résultat du test Microtox de toxicité de l'effluent total a démontré une toxicité faible de cet effluent.
** Objectif non atteint à cause du nombre très faible de réactifs/déchets toxiques. Tous les réactifs chimiques toxiques ont été remplacés.

Dans la deuxième étape du projet, l'analyse du département de finition a été également réalisée. Ce département n'a pas été analysé lors de la première étape du projet à cause de l'ampleur du département de teinture. Doubletex a considéré que l'étude du département de finition était primordiale et, pour cette raison, a demandé son audit dans la deuxième étape du projet.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

L'analyse du département de finition a commencé par l'identification des procédés cibles. Les 27 procédés ont été identifiés pour être analysés. Ce nombre a ensuite été réduit à cause de la non disponibilité de certains effluents pendant l'échantillonnage. Finalement, 12 procédés ont été analysés, ce qui représente plus de 75 % de la production du département de finition. De plus, une analyse des réactifs chimiques employés par le département de finition a été réalisée. L'accomplissement de ces activités a permis de formuler 13 recommandations pour le département de finition.

Finalement, un plan de travail a été établi pour le département de finition. Le plan d'action prévoit la réalisation des activités suivantes :

- recherche de réactifs chimiques pour remplacer les réactifs qui ont été identifiés comme toxiques. Remplacement des réactifs toxiques par des réactifs moins toxiques;
- amélioration du système d'alimentation de foulardage;
- amélioration du système de séchage/cuisson après le foulardage;
- amélioration du système de rinçage dans un procédé de lavage en continu;
- implantation des modifications des autres procédés prévoyant une réduction des concentrations de certains réactifs chimiques.

Ce plan d'action sera mis en place par l'entreprise. Celui-ci aura surtout un impact significatif sur la réduction de la consommation des réactifs chimiques, sur la consommation des réactifs chimiques toxiques et il devrait permettre d'abaisser la charge de l'effluent. Il permettra également d'améliorer davantage la qualité des produits. De plus, le plan contribuera à une diminution de la consommation d'énergie et à une augmentation de la productivité.

Conclusion finale

La réalisation des deux projets pilotes a permis aux entreprises participantes de réaliser d'importantes économies des coûts de la production par des économies dans la consommation d'eau, des réactifs chimiques et de l'énergie. Ces réalisations ont permis également de rendre la production plus propre et de diminuer le volume et la charge des rejets liquides et des rejets solides. Ainsi d'importants gains environnementaux ont été réalisés. De plus, les changements organisationnels positifs et profitables ont été réalisés au moins dans une usine impliquée.

La réalisation des projets pilotes a aussi permis d'atteindre les objectifs visés par le guide d'implantation des technologies propres tels que :

- familiariser l'industrie textile au concept des technologies propres;
- sensibiliser l'industrie textile à l'intérêt d'implanter des technologies propres;
- faciliter la démarche de l'industrie textile dans l'implantation des technologies propres;
- instaurer dans les entreprises des pratiques saines de gestion environnementale.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Notes bibliographiques

[1] *Environmental Code of Practice for auxiliaries chemicals and dyes suppliers*, Gildan activewear, Montreal, 06.09.02.

[2] *International Association for Research and Testing in the Field of Textile Ecology, Oko-Tex Standard 100*, General Conditions, Oko-Tex, Zurich, 30 April 1994.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Table des matières

Avant-propos I

Présentation du Guide III

Description des projets pilotes réalisés V
1. Projet pilote 1 : Vêtements de sport Gildan V
2. Projet pilote 2 : Doubletex X

Table des matières XVII

Liste des tableaux XXIII

Liste des schémas XXV

Liste des annexes XXV

Liste des abréviations et des acronymes utilisés dans le Guide XXVI

Première partie : technologies propres

I. Technologies propres 1
1. Définition des technologies propres 1
2. L'implantation des technologies propres, une approche nécessaire 4
3. Implantation des technologies propres dans l'environnement ISO 9 000 et ISO 14 000 5
4. Implantation des technologies propres, un processus continu 6

II. Technologies propres : différentes techniques d'intervention 7
1. Contrôle des matières premières 7
2. Optimisation de l'utilisation des réactifs chimiques 9
3. Substitution des réactifs chimiques 10
3.1. Substitution des colorants 11
3.2. Substitution des agents tensioactifs 13
3.3. Substitution des phosphates 14
3.4. Substitution de l'amidon 15
3.5. Substitution d'autres réactifs chimiques 16

CSMOE, CSMOITQ © 2004

4. Entretien des équipements – ménage 18
5. Ségrégation des effluents 18
6. Récupération et réutilisation de l'eau 19
6.1. Réutilisation des effluents sans traitement 20
6.2. Réutilisation des effluents avec l'ajustement des concentrations des réactifs 21
6.3. Réutilisation des effluents avec un traitement 23
7. Modifications des procédés 24
8. Modifications/changements des équipements 26

III. Planification d'un projet d'implantation de technologies propres 29
1. Première étape du projet 30
1.1. Définition des objectifs pour la première étape du projet 30
1.2. Définition de la politique de la direction 30
1.3. Convocation du comité de coordination 31
1.4. Formation des employés et explication de leur rôle pendant la réalisation du projet . . .32
1.5. Rédaction d'un plan d'action d'implantation de technologies propres 33
1.6. Identification des procédés les plus prometteurs 34
1.7. Analyse approfondie des procédés visés par le projet 36
1.8. Rédaction des recommandations techniques pour chaque procédé analysé 38
1.9. Analyse économique de chaque recommandation technique. Estimation des profits escomptés 38
1.10. Formulation des recommandations finales et du plan d'action pour la deuxième étape du projet 38
2. Deuxième étape du projet 40
2.1. Définition des objectifs pour la deuxième étape du projet 40
2.2. Convocation du comité de coordination 40
2.3. Formation des employés et explication de leur rôle pendant la réalisation du projet . . .40
2.4. Établissement du plan d'implantation des solutions/recommandations retenues 40
2.5. Réalisation du plan d'implantation établi 41
2.6. Évaluation finale du projet 41

Deuxième partie : pollution industrielle et son impact sur l'environnement

IV. Pollution industrielle 45

V. Types de déchets générés par l'industrie textile 49
1. Rejets gazeux 50
2. Déchets solides 50
3. Rejets liquides 52

CSMOE, CSMOITQ © 2004

VI. Consommation d'eau et d'énergie par l'industrie textile 57
1. Consommation d'eau dans l'industrie textile 58
2. Consommation d'énergie dans l'industrie textile 62

VII. L'eau comme médium de base pour les procédés d'ennoblissement textile 65
1. Caractéristiques de l'eau destinée aux procédés d'ennoblissement textile 65
2. Traitement des eaux pour les procédés d'ennoblissement 68
2.1. Élimination physique des matières solides minérales 68
2.2. Décarbonation 69
2.3. Déferrisation 69
2.4. Neutralisation 69
2.5. Déminéralisation 70
2.6. Élimination des ions de calcium et de magnésium par l'adoucissage partiel 70
3. Utilisation rationnelle des séquestrants 70
3.1. Exemple d'une optimisation de l'utilisation d'un séquestrant 70

VIII. Les effluents des procédés d'ennoblissement textile 73
1. Paramètres utilisés pour la caractérisation des effluents industriels 74
1.1. Température 74
1.2. Le pH 74
1.3. Matières en suspension (MES) 74
1.4. Matières solubles (MS) 75
1.5. Demande biologique en oxygène (DBO_5) 75
1.6. Demande chimique en oxygène (DCO) 75
1.7. Contenu en matières grasses 76
1.8. Couleur 76
1.9. Contenu en métaux 77
1.10. Contenu en phénol 77
1.11. Rapport DCO/DBO_5 77
1.12. Toxicité aquatique (LC_{50}) 77
1.13. Toxicité de l'effluent : degrés d'équivalent de toxicité (équitox) 78
2. Les caractéristiques des effluents textiles 78
3. Méthodes de traitement des effluents textiles 82
4. Normes de rejet des effluents textiles 87

CSMOE, CSMOITQ © 2004

IX. Gestion environnementale et économique des déchets solides 91
1. Le traitement des déchets et leurs impacts sur la santé et l'environnement 91
2. Les bénéfices de la réduction de la production de déchets solides dans les usines textiles 92
3. Les principes de réduction de la production de déchets 92
4. La mise en œuvre d'un plan de réduction de la production de déchets solides 94
4.1. Mise sur pied d'une équipe de coordination et de suivi 94
4.2. Présentation du projet et des principes généraux de prévention de la pollution et de gestion des matières résiduelles 95
4.3. Définition des objectifs du projet 95
4.4. Promotion du programme de réduction des déchets solides 95
4.5. Évaluation de la production de déchets solides au sein de l'usine 96
4.6. Identification des activités de réduction et des conditions nécessaires de récupération . . .97
4.7. Analyse technique et économique de la faisabilité des options par matière et formulation des recommandations 97
4.8. Mise en œuvre des recommandations et suivi du projet 98

Troisième partie : exemples de mise en pratique

X. Exemple de rationalisation des flux d'eau et d'énergie 99

XI. Procédé de préparation : exemple d'analyse 101
1. Description du département de préparation 101
2. Charge polluante générée par le département de préparation 101
3. Activités à réaliser 104
4. Solutions 104

XII. Procédé de teinture avec colorants réactifs : exemple d'analyse. 107
1. Description du département de teinture 107
2. Charge polluante générée par le département de teinture 108
3. Activités à réaliser 110
4. Solutions 110

XIII. Procédés de teinture et de lavage en continu : exemple d'analyse 113
1. Méthode d'analyse des procédés continus : généralités 113
2. Analyse du procédé de teinture en continu 113

CSMOE, CSMOITQ © 2004

XIV. Usine textile d'ennoblissement : étude de cas 117
1. Description de l'usine analysée 117
2. Description des procédés 117
3. Caractéristiques des eaux rejetées 120
4. Estimations (calculs) des principaux paramètres environnementaux 120
5. Analyse des possibilités de recyclage des effluents 122
6. Recommandations 123

XV. Récupération et réutilisation des déchets solides de l'industrie textile : étude de cas 127
1. Bilan de la gestion des matières résiduelles dans une usine de tissage et d'ennoblissement 127
2. Déchets produits par année 127
3. Actions pouvant être réalisées et recommandations par catégorie de matière 128
4. Autres actions possibles concernant la gestion des matières résiduelles 130

XVI. Exemple d'une analyse de toxicité des réactifs chimiques 133

Quatrième partie : exercices, bibliographie et annexes

XVII. Exercices de synthèse portant sur l'ensemble de la matière traitée 143

XVIII. Solutions aux exercices 147

Bibliographie 167

Annexes 179

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Deuxième partie

Pollution industrielle et son impact sur l'environnement

Liste des tableaux

Description des projets

Tableau 1 : Niveau d'atteinte des objectifs chiffrés du projet : Vêtements de sport Gildan

Tableau 2 : Niveau d'atteinte des objectifs chiffrés du projet après l'implantation des recommandations de la première étape du projet : département de teinture. Évaluation de Doubletex.

Tableau II-1 : Niveau typique de qualité pour certains procédés

Tableau II-2 : La toxicité de 46 colorants commerciaux

Tableau II-3 : Utilisation de colorants contenants du cuivre au Canada

Tableau II-4 : Remplaçants possibles des phosphates

Tableau II-5 : Valeurs de la DBO de différents agents d'encollage

Tableau II-6 : Charge polluante de deux types de pâtes d'impression

Tableau II-7 : Charge polluante des opérations d'impression et de finition du polyester/coton (50/50)

Tableau II-8 : Réutilisation des bains de teinture, cas documentés

Tableau II-9 : Différentes techniques de recyclage et de récupération de l'eau et des réactifs

Tableau II-10 : Économie de l'eau selon le type de rinçage

Tableau V-1 : Types de déchets solides d'une usine textile d'ennoblissement

Tableau V-2 : Types des déchets solides identifiés dans les usines textiles aux États-Unis

Tableau V-3 : Classification des contaminants textiles selon leurs effets environnementaux

Tableau V-4 : Types et quantités des réactifs chimiques utilisés par les usines textiles canadiennes

Tableau VI-1 : Consommation moyenne d'eau dans l'industrie textile

Tableau VI-2 : Consommation d'eau dans les usines textiles aux É.-U.

Tableau VI-3 : Consommation d'eau dans les usines textiles canadiennes utilisant les procédés humides

Tableau VI-4 : Répartition de la consommation d'eau par type de produit et par type d'opération

Tableau VI-5 : Consommation d'eau dans les procédés humides

Tableau VI-6 : Consommation d'eau dans les opérations de teinture et d'impression selon le type de fibre

Tableau VI-7 : Consommation d'eau dans le procédé de teinture par type de fibre et par type de produit

Tableau VI-8 : Consommation d'eau d'une usine de finition du coton selon le type d'opération

Tableau VI-9 : Consommation d'eau selon le type de machine de teinture

Tableau VI-10 : Coûts énergétiques de la matière produite

Tableau VII-1 : Caractérisation de l'eau au Québec

Tableau VII-2 : Caractérisation de l'eau fraîche à l'entrée des usines textiles dans la partie sud-est des États-Unis

Tableau VII-3 : Classification des eaux selon la dureté

Tableau VII-4 : Contaminants métalliques dans la solution de blanchiment avec peroxyde en J-box. Données de trois usines de coton aux États-Unis

CSMOE, CSMOITQ © 2003

Tableau VII-4a : Contenu en métaux dans le coton après la préparation

Tableau VII-5 : Défauts et anomalies dus à la présence de contaminants métalliques dans l'eau utilisée pour les procédés d'ennoblissement

Tableau VII-6 : Facteurs de conversion en mg/l $CaCO_3$ équivalent pour différents métaux

Tableau VIII-1 : Caractéristiques des effluents des usines textiles aux É.-U.

Tableau VIII-2 : Concentrations médianes des trois paramètres dans les effluents de six types d'usines textiles canadiennes

Tableau VIII-3 : Moyennes de pollution mesurées dans plusieurs usines de pièces et de filés

Tableau VIII-4 : Caractéristiques des eaux usées des opérations de teinture et d'impression pour différentes fibres

Tableau VIII-5 : Pollution générée par une usine de finition du coton

Tableau VIII-6 : Pollution annuelle d'une usine de tissu de coton

Tableau VIII-7 : Caractéristiques des effluents textiles de départements d'apprêts

Tableau VIII-8 : Taux moyens de fixation de différentes classes de colorants

Tableau VIII-9 : Consommation des acides et des bases par une usine de teinture

Tableau VIII-10 : Quantités de réactifs chimiques utilisées par les usines textiles canadiennes

Tableau VIII-11 : Opérations utilisées dans les procédés d'épuration des effluents textiles

Tableau VIII-12 : Rendements comparés des procédés de traitement des effluents textiles par lagunage aéré et par boues activées avec aération prolongée

Tableau VIII-13 : Absorption des colorants par les boues activées

Tableau VIII-14 : Efficacité de certains procédés de traitement tertiaire dans l'épuration des effluents d'ennoblissement textile

Tableau VIII-15 : La charge polluante des effluents textiles provenant des usines canadiennes après les différents niveaux du traitement

Tableau VIII-16 : Comparaison de certaines techniques d'épuration des effluents

Tableau VIII-17 : Traitements des effluents textiles au Canada, comparaison de la situation entre les années 1973/1974 et l'année 1999

Tableau VIII-18 : Normes de rejet direct/indirect des effluents textiles dans différentes municipalités ou pays

Tableau XI : Charges de pollution provenant des procédés de préparation (100 % coton)

Tableau XII-1 : Charges de pollution provenant des procédés de teinture

Tableau XII-2 : L'input/output des réactifs chimiques pour un mois

Tableau XIV-1 : Caractéristiques de l'effluent global

Tableau XIV-2 : Consommation de l'eau

Tableau XIV-3 : Effluents des procédés - DCO

Tableau XIV-4 : Effluents des procédés - DBO

Tableau XIV-5 : Effluents des procédés – MS/TDS

Tableau XIV-6 : Effluent du procédé C - couleur

Tableau XIV-7 : Effluents les plus chargés

Tableau XIV-8 : Effluents les moins chargés

CSMOE, CSMOITQ © 2003

Tableau XV : Estimation de la production de déchets

Tableau XVI-1 : Produits chimiques utilisés pour les procédés de finition

Tableau XVI-2 : Composants dangereux dans les produits utilisés pour les procédés

Tableau XVI-3 : Toxicité des composants dangereux des produits utilisés pour les procédés de finition

Tableau XVI-4 : Toxicité aquatique des produits utilisés pour les procédés de finition

Tableau XVI-5 : Recommandations finales sur le remplacement des produits chimiques utilisés pour les procédés de finition

Tableau XVII-1 : Consommation des réactifs chimiques et de l'eau du procédé de teinture présentée dans le schéma XIV-2

Tableau XVII-2 : Prix des réactifs chimiques et de l'eau (monnaie fictive)

Liste des schémas

Schéma I-1 : Triangle du triple progrès réalisé par l'implantation de technologies propres

Schéma I-2 : Formation des coûts cachés des MPR dans la fabrication

Schéma III : Déroulement d'un projet d'implantation de technologies propres

Schéma XI : Procédé de préparation

Schéma XII : Procédé de teinture

Schéma XIII : Teinture en continu d'un tissu 100 % coton

Schéma XIV-1 : Description du procédé A

Schéma XIV-2 : Description du procédé C

Schéma XVII-1 : Gestion de l'eau d'une usine d'ennoblissement

Schéma XVII-2 : Procédé de teinture du tissu 100 % coton avec les colorants directs

Liste des annexes

Annexe 1 - Ressources

1. Organismes ressources
2. Documents de base
3. Autres sites Internet

Annexe 2 - Notes biographiques des auteurs du Guide

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Liste des abréviations et des acronymes utilisés dans le Guide

Note : Les abréviations et les acronymes sont rangés en ordre alphabétique.
La liste ne contient pas les symboles chimiques.

$CAN	Dollar canadien
$US	Dollar américain
%	Pourcentage
ADMI (unité)	Unité (couleur) de l'American Dye Manufacturers Institute
AOX	Composés aromatiques organohalogénés
APHA (unité)	Unité (couleur) de l'American Public Health Association
CAS	Chemical Abstract Service
CL_{50}	Concentration létale
Colorant HE	Type de colorant réactif
Colorant ME	Type de colorant réactif
Co-Pt (unité)	Unité (couleur) cobalto-platine
DBO	Demande biologique d'oxygène
DCO	Demande chimique d'oxygène
DL_{50}	Dose létale
É.-U.	États-Unis
EDTA	Acide éthylènediamine-tetraacétique
FF	Franc français
h	Heure
ISO	Organisation internationnale de normalisation
j	Jour
kcal	Kilo calorie
KF	Kilo franc (mille francs)
kg	Kilogramme
kWh	Kilowattheure
l	Litre
LCPE	Loi canadienne sur la protection de l'environnement
LSIP	Liste des substances d'intérêt prioritaire
m^3	Mètre cube
meq	Milliéquivalent gramme
MES	Matière en suspension
MF	Million francs
mg	Milligramme
min.	Minute
MS	Matière soluble
NT	Norme tunisienne
NTA	Acide nitryloacétique
o.w.f.	Par poids de tissu
°C	Degré Celsius
PADEM	Programme d'assainissement des eaux municipales
ppm	Partie par million
PVA	Alcool polyvinylique
RL	Rapport de liqueur
S/O	Sans objet
TDS	Matière solide dissoute
TEI	Textiles échangeurs d'ions
VAT (colorant)	Colorant de cuve

CSMOE, CSMOITQ © 2003

Chapitre I
Technologies propres

1. Définition des technologies propres

Plusieurs termes sont utilisés par différentes institutions internationales (ex. : *Programme des Nations Unies pour l'environnement*) ou par différents pays pour décrire les technologies propres. Certains emploient le terme « technologies plus propres » en considérant qu'avec le niveau de technologie actuel, il est impossible d'atteindre une production parfaitement propre, donc sans aucun déchet ou autre forme de pollution. D'autres parlent de la réduction de la pollution à la source ou de la prévention de la pollution.

Les technologies propres sont définies par le *Programme des Nations Unies pour l'environnement* comme une application constante d'une stratégie préventive intégrée de protection de l'environnement aux procédés, aux produits et services de manière à accroître l'éco-efficacité et réduire les risques pour la santé humaine et l'environnement[1].

Une autre définition, moins large, parle d'actions impliquant la mise en place d'équipements ou de technologies de production permettant de supprimer ou de réduire le volume et la charge polluante des rejets[2].

Le ministère de l'Environnement du Québec donne la définition la plus détaillée des technologies propres[3]. Selon cette définition, par technologies propres on entend un ensemble de mesures internes destinées à réduire à la source le volume et la charge polluante des eaux usées. Pour identifier ces mesures, il faut examiner en profondeur le procédé, guidé par deux principes simples : conserver ou récupérer tout ce qui a une quelconque valeur et éviter de traiter inutilement. Il s'agit en fait d'une gamme variée de mesures, que l'on applique progressivement, selon la nature des problèmes identifiés et la complexité des interventions requises. Cette démarche s'accomplit généralement en trois temps :

- les opérations préliminaires : cette étape ressemble souvent à un grand ménage et regroupe des interventions à tel point élémentaires qu'en temps normal, on les oublie et on en ignore l'importance. Pourtant, elles sont peu coûteuses et fort avantageuses. Elles visent à réduire la pollution, à la concentrer et à limiter le volume d'eau polluée à traiter ;
- les aménagements au procédé : dans bien des cas, il faut aller un peu plus loin que ce ménage de bon aloi. Une analyse du procédé permet d'identifier des interventions qui, sans modifier sa nature, peuvent le rendre moins polluant. C'est le cas, notamment, d'actions qui visent à limiter le gaspillage des sous-produits et à réduire la contamination des eaux de lavage ;

CSMOE, CSMOITQ © 2004

- procédés propres : en dernier lieu, comme stade ultime de cette lutte aux polluants, on peut même envisager de changer le procédé, en tout ou en partie, pour le rendre moins polluant. C'est la solution la plus radicale, mais sûrement la plus efficace. Elle a cependant un caractère plus exceptionnel, compte tenu des coûts qu'elle représente.

Autrement dit, les technologies propres constituent une approche de prévention de la pollution. Au lieu de produire des déchets et de les traiter après, il faut réduire au maximum leur formation, ce qui réduit ainsi la quantité de toutes les émissions générées par le processus de fabrication. L'approche des technologies propres vise également une optimisation de l'utilisation des matières premières, de l'eau et de l'énergie ainsi qu'une suppression de l'usage des matières premières toxiques. Les technologies propres visent à éliminer les problèmes de pollution à la source.

L'ensemble des actions évoquées ci-dessus fait partie d'une stratégie globale appelée la gestion environnementale. Cette gestion se définie « comme une volonté continue d'optimisation des matières et des ressources qui contribuent aux flux de production, de distribution et d'utilisation des produits ou des services d'une entreprise[4] » et qui vise à protéger l'environnement.

L'implantation des technologies propres confère aux entreprises plusieurs avantages :

- économie au niveau des réactifs chimiques, de l'eau et de l'énergie ;
- réduction des coûts de traitement des rejets liquides et solides et de prétraitement de l'eau ;
- valorisation des rejets liquides et solides et économies reliées à leur réutilisation ;
- amélioration de la productivité ;
- amélioration de l'image de l'entreprise.

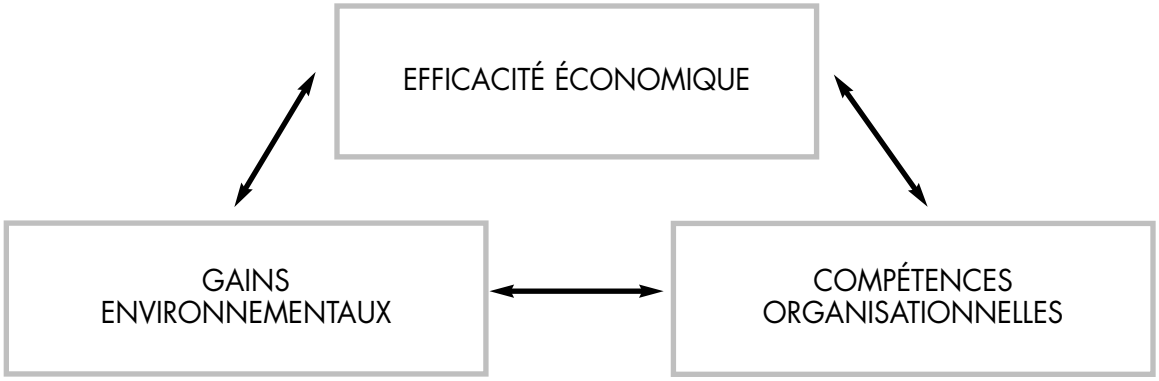
Les technologies propres peuvent être appliquées :

- en amont par l'utilisation rationnelle des matières premières, des réactifs chimiques, de l'eau et de l'énergie ;
- en aval par la réduction des rejets liquides et solides polluants pour l'environnement.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Les technologies propres sont inscrites dans un triangle du triple progrès, schématisé ci-dessous :

Schéma I-1 : Triangle du triple progrès réalisé par l'implantation des technologies propres

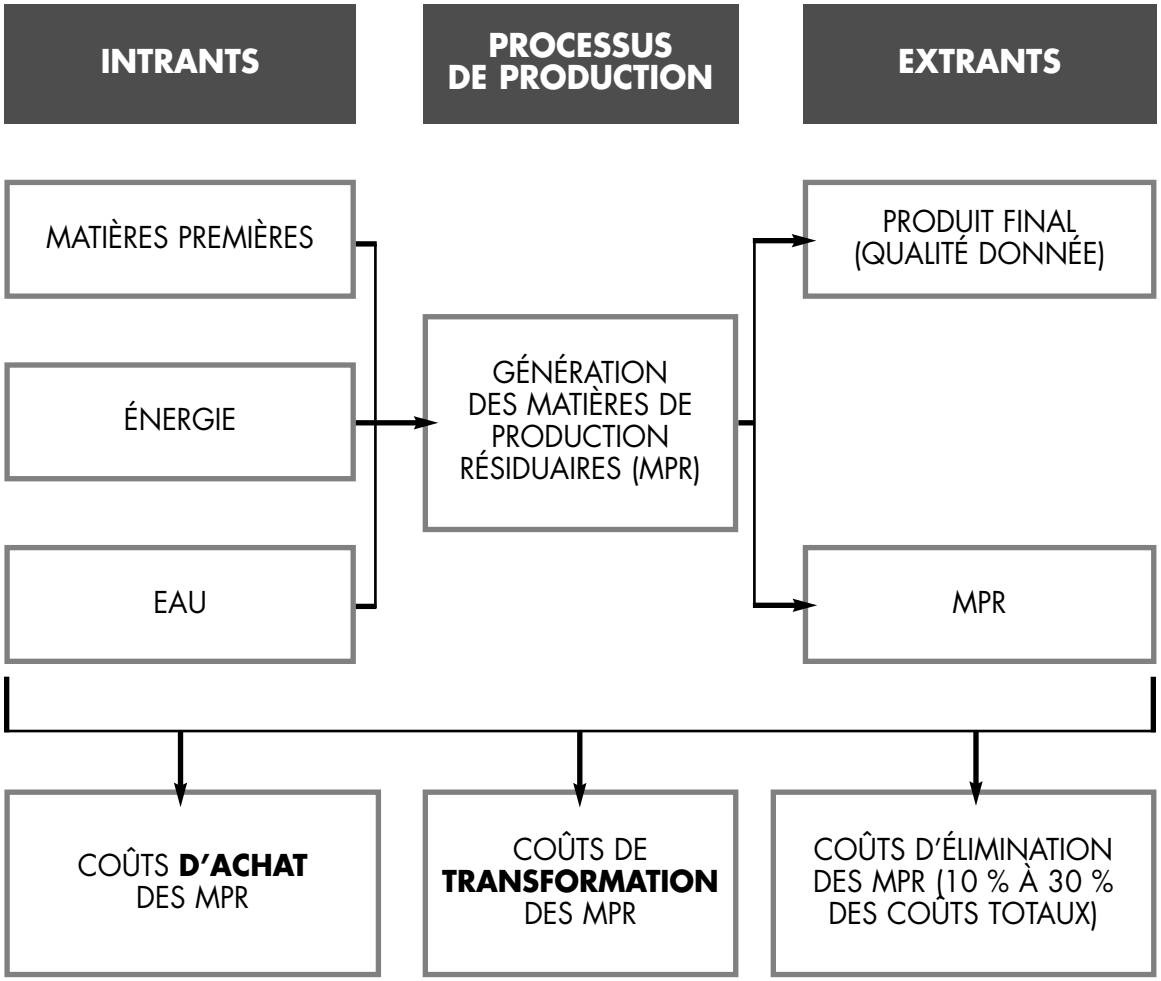


L'efficacité économique consiste à réduire la consommation de l'eau, de l'énergie et des réactifs chimiques et l'utilisation des matières premières ainsi qu'à réduire le coût de l'élimination des matières résiduaires. Les gains environnementaux sont reliés à la réduction du volume et de la charge polluante des rejets liquides et solides ainsi qu'à une réduction des risques pour la santé humaine et pour l'environnement. La mise en œuvre de ces changements entraîne le développement des compétences de la main-d'œuvre et ainsi de l'entreprise.

La notion d'efficacité économique demande une précision additionnelle, car elle est très souvent associée uniquement à la réduction du coût de la production (coût évident). Pourtant, lors du processus de production, les matières de production résiduaires (MPR) sont produites. Les MPR sont l'ensemble des matières, de l'énergie et de l'eau utilisés dans le processus de production mais non incluses dans le produit final. Les coûts de leur élimination peuvent atteindre 10 % à 30 % des coûts totaux. À cela s'ajoute les coûts d'achat et les coûts de transformation des MPR, qui sont des frais cachés de la production. Le schéma I-2, ci-après, illustre bien la formation de ces coûts substantiels.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Schéma I-2 : Formation des coûts cachés des MPR dans la fabrication



2. L'implantation des technologies propres, une approche nécessaire

L'implantation des technologies propres dans l'industrie textile québécoise et canadienne est très importante, puisqu'elle représente une industrie qui consomme de grandes quantités d'eau et d'énergie et de plus, elle produit des rejets toxiques. Selon les statistiques américaines, l'industrie textile de ce pays occupe la sixième place selon l'importance de la pollution générée.[5] Au Canada, les effluents des usines textiles ainsi que le nonylphénol (NP) et ses dérivés éthoxylés (NPE) ont été déclarés substances toxiques. La solution pour changer la situation environnementale de l'industrie textile québécoise et canadienne est l'implantation des technologies propres. En utilisant, de manière continue, cette approche de réduction de la pollution, tout en faisant en même temps des économies d'eau, d'énergie et de réactifs, l'industrie peut résoudre ses problèmes environnementaux et maintenir un processus d'amélioration continue de la production.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

L'implantation des technologies propres par l'industrie textile québécoise et canadienne est d'autant plus primordiale que ce processus est déjà bien amorcé dans plusieurs pays européens, aux États-Unis ainsi que dans certains pays en voie de développement comme la Tunisie, l'Égypte, l'Inde, le Pakistan et la Chine. Pour pouvoir rester compétitive, l'industrie textile doit donc impérativement s'orienter vers cette approche simple et économique.

Il est également important de noter que l'implantation de technologies propres n'implique pas seulement des spécialistes en environnement. Les membres de l'équipe technique interne de l'usine peuvent faire beaucoup dans ce domaine. Ils connaissent bien les procédés et ils sont capables, selon une méthode bien définie, d'améliorer la production en la rendant plus efficace et plus propre.

3. Implantation des technologies propres dans l'environnement ISO 9 000 et ISO 14 000

Plusieurs entreprises textiles québécoises et canadiennes ont déjà obtenu une accréditation de série ISO 9 000. Moins nombreuses sont celles qui sont accréditées ISO 14 000. Quelle est la relation entre une implantation des technologies propres et l'implantation des normes ISO 9 000 et 14 000? Est-ce que les deux approches sont compatibles? Avant d'avancer une réponse, une description sommaire des deux normes ISO s'impose.

Les normes de la série ISO 9 000 concernent les systèmes de gestion de la qualité. Ces normes définissent le système de management de la qualité qui permet de détecter tous les défauts (non-conformités) de la qualité des produits et des services rendus aux clients. Ce système, centré sur le client, vise une amélioration constante de la qualité du produit et des services par rapport à la qualité initiale de ceux-ci déclarés au moment de l'amorçage du projet ISO 9 000. L'objectif central de cette démarche consiste à augmenter la satisfaction du client et sa confiance envers l'entreprise. Évidemment, par cette approche, on cherche à réaliser l'objectif ultime d'implanter les normes ISO 9 000 afin de trouver de nouveaux marchés, de conserver ceux qui existent et d'améliorer la situation financière de l'entreprise.

Les normes de la série ISO 14 000 vont plus loin. Elles ajoutent au management de la qualité une dimension environnementale. En implantant une norme ISO 14 000, l'entreprise passe d'une approche statique ne visant que la conformité à une réglementation environnementale à une approche dynamique qui consiste à intégrer tous les aspects environnementaux dans un système de management d'entreprise. Cette dernière va au-delà des réglementations environnementales en vigueur. Elle favorise les actions préventives et cherche une amélioration constante par rapport à des indicateurs de performance bien ciblés et définis. L'objectif central de ce système est l'atteinte de la fiabilité environnementale de l'entreprise par une recherche constante de résolutions visant à éviter à tout prix les risques ou les dangers environnementaux. De nouveau, le système est orienté vers les clients et surtout vers la société dans son ensemble. Les coûts d'implantation et de maintien des normes ISO 14 000 peuvent être absorbés par un élargissement du marché et une diminution des coûts de production.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

L'implantation des technologies propres vise à améliorer la productivité et la rentabilité de la compagnie en réduisant la pollution générée par les procédés de fabrication et de services. Les technologies propres sont donc orientées en même temps vers les besoins internes et externes de la compagnie. Cependant, la situation technique et économique de la compagnie demeura toujours au cœur des objectifs de l'implantation des technologies propres.

Une compagnie qui possède déjà une accréditation ISO 9 000 pourra plus aisément implanter les technologies propres et la mise en œuvre de la norme ISO 14 000. Cette facilité vient principalement du fait que les procédés sont déjà bien décrits lors d'implantation d'une norme ISO 9 000. Les technologies propres peuvent être introduites sans nécessairement viser une accréditation ISO 14 000. L'ordre de leur implantation n'a pas une signification importante. Enfin, l'implantation des technologies propres offre d'excellentes opportunités sur plusieurs plans aux entreprises en plus de procurer à la société des bénéfices environnementaux et sociaux.

4. Implantation des technologies propres, un processus continu

L'implantation des technologies propres n'est pas un processus limité à la durée de la réalisation d'un projet d'implantation. C'est un développement continu qui est uniquement amorcé par le projet d'implantation. Les procédures et les bonnes pratiques visant les économies et la production plus propre doivent être mises en œuvre de manière continue. Les deux entreprises québécoises textiles, où les projets pilotes ont été réalisés, continuent de réduire la pollution à la source et d'améliorer leur production tout en réalisant des économies. Évidemment, les nouveaux objectifs visés par ces entreprises deviennent plus ambitieux et plus difficiles à réaliser. Ainsi, des progrès constants sont accomplis permettant aux entreprises d'atteindre une efficacité technique, économique et environnementale supérieure.

Le processus d'implantation des technologies propres peut être comparé à une spirale montante. Chaque section de cette spirale représente une étape du processus d'implantation des technologies propres. Les actions composant chaque étape sont décrites dans le chapitre III de ce guide. Après avoir réalisé la première étape, l'entreprise recommence le processus, mais en partant d'un niveau supérieur. La réalisation de chaque étape assure un progrès technique, économique et environnemental constant de l'entreprise.

Notes bibliographiques

[1] Anonyme, *Government Strategies and Policies for Cleaner Production*, UNEP Industry & Environment, Paris (1994); Anonyme, Cleaner Production World Wide, UNEP Industry & Environment, Paris (1994).

[2] Chevalier P., *Gestion de l'environnement en milieux urbain et industriel*, Sainte-Foy, Québec : Télé-université, page 508 (1995).

[3] Anonyme, *L'autre manière d'assainir les eaux industrielles*, Publication du gouvernement du Québec, version révisée juin 1988.

[4] Ferrand D., *Piloter l'environnement dans l'entreprise*, Montréal, Québec : Ordre des ingénieurs du Québec (2000), pages 5 à 8.

[5] Anonyme, Textiles ranks 6th in toxic waste, *Textile Word*, 1989, (8), 23-24.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Chapitre II
Technologies propres : différentes techniques d'intervention

L'industrie textile est très complexe. Elle utilise différentes matières premières, de nombreux procédés et une multitude d'équipements variés. Malgré cette diversité, il est possible d'identifier les techniques communes d'intervention pouvant être utilisées pour l'implantation des technologies propres dans l'ensemble de l'industrie textile. Ces techniques d'intervention sont présentées dans ce chapitre.

1. Contrôle des matières premières

Le contrôle des matières premières à l'entrée de l'usine est une technique d'intervention efficace, simple et peu coûteuse. Malgré toutes ses qualités, elle est très souvent négligée par l'industrie textile.

Les principales matières premières utilisées par l'industrie peuvent être classées selon la fréquence de leurs contrôles. Les fils sont le plus souvent testés, suivis par les étoffes, les fibres naturelles, l'eau, les colorants, les réactifs chimiques utilisés dans la production, les fibres synthétiques, les utilités (air, vapeur, électricité, carburants) et les réactifs chimiques employés pour la maintenance et le nettoyage[1].

Les matières premières au bas de cette liste comme les colorants, les réactifs chimiques et les fibres synthétiques contiennent très souvent des traces des substances toxiques. L'utilisation de ces produits à long terme peut conduire à une pollution importante et généralement inutile. Un contrôle à la source de ces substances toxiques peut réduire ou éliminer cette pollution. Par exemple, en Angleterre, un contrôle du contenu du pentachlorophénol dans les fibres de laine et la politique d'achat de fibres non contaminées par ce produit a permis de baisser de 50 % la quantité du pentachlorophénol dans les effluents d'usines lainières[2].

Les variations au niveau des matières premières et un manque de contrôle peuvent conduire à des complications technologiques et à des problèmes de qualité. Par exemple, ils peuvent rendre l'optimisation des paramètres des procédés impossibles ou difficiles. Ils ont également la propriété de dérégler les procédés déjà optimisés. Par conséquent, les variations non détectées des matières premières causeront la « fabrication » de produits de deuxième qualité ou de produits non commercialisables (communément appelés déchets). Le niveau typique de qualité établi pour certains procédés (Tableau II-1) peut donc diminuer davantage.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Tableau II-1 : Niveau typique de qualité pour certains procédés[3].

Procédés	Produits parfaits (%)	Deuxième qualité (%)	Rejets (%)
Blanchiment	90 – 92	2 – 4	< 6
Teinture	85 – 87	5 – 8	< 8
Impression	78 – 82	6 – 10	<12

Un contrôle des matières primaires à l'entrée du procédé technologique s'avère donc utile. Un contrôle exhaustif de toutes les matières reste cependant impossible pour des raisons techniques et économiques. Un contrôle partiel, mais systématique, doit être réalisé selon un algorithme prédéterminé par l'usine dans une politique donnée. Les matières primaires visées par cette vérification dépendent du profil de la production de l'usine. Cependant, pour toute usine de finition, un contrôle systématique de l'eau et des auxiliaires est fortement recommandé. En plus de ce contrôle, une inspection additionnelle et ponctuelle doit être réalisée dans les situations suivantes :

- changement d'un lot de la matière première ;
- changement du fournisseur de la matière ;
- implantation de nouveaux procédés technologiques avec l'utilisation d'un nouveau type de matière ;
- apparition d'un problème technologique de la production.

Le contrôle peut être accompli par un laboratoire interne ou externe. L'utilisation d'un laboratoire externe est recommandée surtout pour les analyses de l'eau et les analyses chimiques des colorants et des auxiliaires chimiques. L'usage d'un laboratoire externe permet de profiter de la chimie analytique instrumentale, qui offre plusieurs possibilités d'analyse des matières primaires textiles. Les services d'un chimiste sont indiqués pour pouvoir profiter de cette opportunité.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

2. Optimisation de l'utilisation des réactifs chimiques

Les réactifs chimiques, y compris les colorants, sont dispendieux. L'utilisation de concentrations excessives de réactifs et/ou l'utilisation des réactifs qui sont inutiles au procédé peuvent donc conduire à des pertes importantes. De plus, l'exploitation non optimale de réactifs chimiques contribue à l'augmentation de la charge et, dans certains cas, de la toxicité des effluents. Une amélioration de l'utilisation des réactifs chimiques s'impose donc pour des raisons économiques et environnementales.

Présentement, plusieurs usines textiles utilisent dans les procédés de finition chimique des procédures qui n'ont jamais été optimisées. Quand une procédure de préparation de la teinture ou de l'apprêtage fonctionne bien, le plus souvent, elle n'est pas révisée et elle est uti-lisée de manière automatique sans aucune remise en question. Or, les modifications apportées à ces procédures et l'optimisation de l'usage des réactifs chimiques sont facilement faisables et ils peuvent conduire à de grandes économies et à des bénéfices environnementaux de taille.

Pour mieux illustrer cette technique d'intervention, considérons l'exemple suivant :

- Une usine utilise dans un procédé de teinture un auxiliaire qui coûte 4 $/kg. Le réactif est utilisé en concentration de 4 g/l dans un appareil de teinture d'une capacité de 4 000 litres. La fréquence du procédé est de 40 procédés par mois. Une optimisation du procédé a démontré que ce réactif peut être utilisé en concentration de 2 g/l. Les économies apportées par l'optimisation sont de 1 280 $/mois, soit de 15 360 $/année.

L'optimisation de l'utilisation des réactifs chimiques doit être réalisée d'abord par des essais en laboratoire et ensuite par des essais à l'échelle industrielle. Les expérimentations directes à l'échelle industrielle ne sont pas recommandées. Ils sont coûteux et conduisent rarement à des résultats concluants, dû à leur caractère ponctuel. Une série d'essais bien planifiés en laboratoire suivie par quelques essais industriels reste la meilleure solution.

L'optimisation est particulièrement importante pour les auxiliaires qui doivent être utilisés sous certaines conditions. Voici quelques recommandations[4] :

- n'employer les auxiliaires qu'en connaissance de leurs propriétés et les contrôler par des essais préalables efficaces;
- réduire les doses au minimum nécessaire, compte tenu de leur prix de revient et des résultats des essais préalables;
- réduire le nombre pour alléger les stocks et augmenter la productivité;
- ne pas les considérer comme des produits miracles capables de n'importe quoi et dont l'emploi, s'il n'est pas toujours bénéfique, n'est en tout cas jamais nuisible. Les auxiliaires incorrectement utilisés peuvent aggraver le problème qu'on croit résolu.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Autres recommandations :

- éviter ou réduire l'utilisation des agents anti-mousses par le choix des réactifs de base ;
- remplacer l'utilisation des agents d'unisson et retardateurs par un bon contrôle de la température ;
- maximiser l'épuisement des colorants qui sont les plus difficiles à éliminer des effluents.

Toutes les optimisations de l'utilisation des réactifs chimiques doivent être appliquées de telle sorte que la qualité du produit fini ne soit pas compromise.

3. Substitution des réactifs chimiques

La substitution des réactifs chimiques/auxiliaires peut être effectuée pour des raisons techniques, économiques et environnementales. Dans le premier cas, on cherche à atteindre un objectif technique au niveau du procédé et/ou de la qualité recherchée du produit. Dans le deuxième cas, on vise à réaliser des gains. Dans le troisième cas, la substitution des réactifs pour des raisons environnementales tente de diminuer la quantité et la toxicité de leurs rejets.

La substitution des réactifs chimiques est une technique de diminution de la pollution extrêmement importante. L'emploi des réactifs est significative et varie de 10 à 100 % o.w.f. Les quantités de réactifs utilisées peuvent donc être capitales. De plus, l'utilisation de l'eau et de l'énergie peut varier selon les réactifs chimiques choisis. Des économies au niveau de l'utilisation de ces deux médiums peuvent donc être réalisées par un choix approprié des réactifs. Finalement, ce choix peut avoir un impact direct sur le type et l'intensité de la pollution.

Les réactifs chimiques sont le plus souvent remplacés à cause de leur toxicité. C'est une technique de réduction de la pollution très efficace et très simple, mais le manque de réactifs de remplacement demeure l'obstacle principal de l'utilisation de cette technique. Dans de nombreuses situations, il est possible de trouver les réactifs les moins toxiques, mais très souvent, ils sont également dispendieux. Cependant, il est fortement recommandé de vérifier constamment la toxicité des réactifs employés (voir le chapitre XVI) et de s'interroger sur la possibilité d'utiliser des substituts justifiés aux niveaux environnemental et économique. Dans plusieurs cas, cette stratégie porte fruit, comme en témoignent les nombreux exemples cités dans la bibliographie[5].

Les types de réactifs qui sont le plus souvent visés par cette stratégie sont les colorants, les agents tensioactifs, les phosphates, les agents d'encollage et les autres réactifs comme les véhiculaires, les agents de finition contenant le formaldéhyde, les solvants organiques et certains types d'épaississants.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

3.1. Substitution des colorants

La majorité des colorants utilisée par l'industrie textile n'est pas toxique (Tableau II-2). La pollution directe générée par ces colorants est plutôt esthétique à cause du faible taux d'épuisement de certains colorants. Toutefois, l'application de colorants nécessite l'utilisation d'auxiliaires qui eux, peuvent être toxiques. Le choix du type de colorants peut donc influencer le type et l'intensité de la pollution, comme le démontre l'exemple ci-dessous.

Exemple : Choix des colorants pour la teinture du coton.
Le coton peut être teint avec le colorant direct, réactif, de cuve, au soufre, au naphtol, métallifères ou de pigment. Chaque type de procédés de teinture pose différents problèmes :

- teinture avec les pigments : MES et métaux;
- teinture avec les colorants de cuve et au soufre : agents de réduction;
- teinture avec les colorants réactifs : alcalis et taux d'épuisement;
- teinture avec les colorants directs : sels, alcalis et taux d'épuisement;
- teinture avec les colorants métallifères : métaux.

Il n'y a donc pas de technologie 100 % propre. Cependant, il est possible de développer une stratégie visant la diminution de la pollution, sans compromis au niveau de la qualité du produit final. Par exemple, l'utilisation des colorants de cuve et au soufre peut être très propre si un autre procédé en usine génère les effluents contenant un oxydant. Un mélange de deux effluents causera leur neutralisation. Pour pouvoir développer des stratégies semblables, il faut analyser l'ensemble des activités d'une usine et non pas seulement un procédé par département.

Tableau II-2 : La toxicité de 46 colorants commerciaux[6]

Toxicité étendue de LC_{50} (ppm)	Nombre de colorants	Pourcentage de colorants (%)
> 180	29	63
100 - 180	3	6,5
10 - 100	4	8,7
1 - 10	7	15,2
0,1 - 1	2	4,3
< 0,1	1	2,2

Note : Depuis 1972, les colorants avec un LC_{50} < 1 sont déjà éliminés de l'utilisation.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Une petite fraction de colorants est considérée délétère à cause de la toxicité des produits de leur décomposition (amines aromatiques cancérogènes). L'utilisation de ces colorants ne pose pas de problèmes environnementaux, car elle est bannie. Les grands fournisseurs de colorants, qui vendent les produits certifiés, ont éliminé ces colorants de leurs catalogues. Les colorants non certifiés peuvent être testés pour détecter la présence des amines cancérogènes en laboratoires spécialisés.

Le plus grand problème environnemental posé par les colorants est l'utilisation de colorants contenant des métaux lourds comme le cuivre, le cobalt, le nickel et des traces de mercure. Ces traces proviennent des catalyseurs utilisés pour la synthèse de colorants. D'autres métaux sont introduits dans les structures de colorants pour arriver à certaines nuances difficiles à obtenir par d'autres voies. Dans cette catégorie, les colorants réactifs et directs contenant du cuivre sont les plus nombreux. Dans la majorité des cas, il est possible de remplacer les colorants contenant des métaux. Un logiciel pour le nuançage avec des colorants ne renfermant pas de métaux a été développé[7]. Dans certains cas, la commutation des colorants réactifs et directs contenant des métaux peut également être effectuée par des colorants de cuve.

L'utilisation, au Canada, de colorants contenant du cuivre a été dernièrement recensée par Environnement Canada. Une partie de cette investigation est présentée dans le tableau II-3.

Tableau II-3 : Utilisation de colorants contenants du cuivre au Canada[8]

Usines	Nombre d'usines	Textiles transformés t/an	Effluent brut généré m^3/j	Quantité totale de colorants utilisés t/an	Quantité totale de colorants cuivrés utilisés t/an	Cuivre total dans les colorants cuivrés t/an
Tricots	63	161 000	42 800	2 960	977	29,3
Tissés	38	67 000	32 500	120	370	11,1
Fils/Filés	13	21 000	10 500	280	92	2,76
Tapis	8	43 000	10 900	800	264	7,92
Laine	8	7 800	6 300	120	40	1,20
Non-tissés	7	20 000	170	4	1,3	0,039
Autres	8	1 100	570	13	4,3	0,129
Total	145	320 900	103 700	5 297	1 748,6	52,448

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Une quantité de 12,85 tonnes de cuivre est rejetée par les usines textiles canadiennes chaque année. Cette quantité peut être réduite à 1,56 tonnes par une utilisation moindre des colorants cuivrés. Cependant, une telle réduction causera une augmentation du coût de la production de 2,9 $/kg produit, car les produits de remplacement sont plus chers[9].

3.2. Substitution des agents tensioactifs

Les agents tensioactifs anioniques sont les plus utilisés par l'industrie textile (59 %). Ils sont suivis par les agents non ioniques (33 %), cationiques (7 %) et amphotères (1 %)[10].

Les agents anioniques sont relativement peu toxiques, cependant en faisant le choix d'un agent de cette catégorie, il est toujours possible et recommandé de préférer le moins toxique, c'est-à-dire avec la plus faible valeur de LC_{50}.

Les agents cationiques présente une toxicité aquatique très élevée. Néanmoins, pour certains types d'application, leur utilisation est presque indispensable pour des raisons économiques et techniques. Le choix de ces agents doit donc être effectué en prenant compte de leur toxicité aquatique (la plus faible valeur de LC_{50}). Cette action préventive est extrêmement importante, spécialement dans le cas de ces agents cationiques.

Les agents amphotères sont rarement employés, surtout à cause de leur prix élevé. Leur remplacement pour des raisons environnementales ne s'impose pas, puisque leur niveau de toxicité est plutôt faible.

C'est l'utilisation des agents non ioniques qui pose le plus grand problème. Ces agents très efficaces sont largement utilisés par l'industrie textile. Dans cette catégorie d'agents tensioactifs, les plus importants sont les alkylphénols éthoxylés. Parmi ceux-ci, le nonylphénol éthoxylé s'avère extrêmement toxique. Il est présent sur la liste canadienne des substances d'intérêt prioritaire (LSIP). Celui-ci représente malheureusement 80 % des agents non ioniques utilisés par industrie textile. Au Canada, les nonylphénols éthoxylés représentent 26 % de la totalité de tensioactifs employés[11]. On estime que l'industrie textile canadienne utilise 3 600 tonnes des nonylphénols éthoxylés par année. Ils sont utilisés principalement dans les procédés de débouillissage/décreusage (1 430 t/an), de blanchiment (1 060 t/an), de teinture (774 t/an) et de finition (285 t/an)[12].

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Ils existent deux solutions au problème des nonylphénols éthoxylés :

- une solution temporaire, économiquement justifiable, consiste à remplacer un agent de type nonylphénol éthoxylé par un autre de même type mais moins toxique;
- une solution durable consiste à remplacer un agent nonylphénol éthoxylé par un agent de type alcool éthoxylé linéaire qui est biodégradable et beaucoup moins toxique. Un tel remplacement a été effectué dans 14 usines textiles d'une ville aux É.-U. et il a entraîné une réduction de la toxicité des effluents de 50 %. Dans ce cas, un agent de type nonylphénol éthoxylé ayant une valeur LC_{50} = 5 a été remplacé par un agent de type alcool éthoxylé linéaire ayant une valeur LC_{50} = 13[13]. Le côté négatif de cette solution est que les alcools éthoxylés linéaires sont nettement plus chers que les nonylphénols éthoxylés : au Canada, la différence de prix entre les deux est de 45 %[14].

3.3. Substitution des phosphates

Le principal problème environnemental des phosphates vient du fait que ces composés constituent un engrais chimique. Les rejets des phosphates, qui sont éliminés seulement en partie par les stations de traitement biologique, peuvent donc stimuler le développement des algues et d'autres plantes aquatiques dans les cours d'eau. Par conséquent, ils peuvent entraîner l'étouffement de la vie aquatique. Heureusement, les phosphates peuvent être facilement remplacés par d'autres réactifs et ce, d'autant plus que ces substituts sont, dans la majorité des cas, économiquement justifiables. Les remplaçants des phosphates sont présentés dans le tableau II-4.

Tableau II-4 : Remplaçants possibles des phosphates[15]

Phosphate	Utilisation	Remplaçant(s)
Phosphate monosodique	Sel acide, ajustement du pH	Acide acétique
Polyphosphate tétrasodique	Traitement de l'eau	Carbonate de sodium
Acide phosphorique	Acide fort	Acide chlorhydrique
Phosphate trisodique	Agent alcalin	Hydroxyde de sodium, carbonate de sodium
Hexaphos	Traitement de l'eau	EDTA, silicates
Tensioactifs type phosphate	Lavage	Éthoxylates, amines
Phosphates	Traitement ignifuge	Divers
Phosphonamides	Traitement ignifuge	Divers

CSMOE, CSMOITQ © 2004

3.4. Substitution de l'amidon

L'amidon est employé fréquemment par l'industrie textile comme agent d'encollage des fils avant le tissage. L'utilisation courante de l'amidon est due à son efficacité, mais surtout à cause de son prix nettement moins élevé que celui des autres agents d'encollage. Une fois le tissage réalisé, cet agent d'encollage est éliminé par un traitement enzymatique dans le procédé de désencollage. Les effluents du désencollage de l'amidon contiennent de grandes quantités de produits de l'hydrolyse de cet encolle. Ces produits ne sont pas toxiques, mais ils sont responsables de la charge importante de la DBO des effluents du désencollage.

Cette charge de la DBO peut être substantiellement diminuée par le remplacement de l'amidon par d'autres agents d'encollage qui présentent une charge de DBO moins élevée (tableau II-5). Cependant, le prix des agents d'encollage synthétiques est plus élevé et une telle substitution est économiquement justifiable uniquement à condition que les agents d'encollage synthétiques soient récupérés après le désencollage. Leur récupération est possible dans le cas des agents synthétiques, car ces composés ne sont pas détruits lors du désencollage réalisé par un lavage à l'eau chaude. La substitution de l'amidon par des colles synthétiques, jumelée à la récupération des agents d'encollage synthétiques, est donc fortement recommandée comme méthode de réduction de la charge de la DBO des effluents. Cependant, il faut souligner que la substitution de l'amidon par des colles synthétiques sans leur récupération peut rendre le traitement de l'effluent plus difficile. En effet, certaines colles synthétiques sont moins biodégradables.

Tableau II-5 : Valeurs de la DBO de différents agents d'encollage[16]

Agents d'encollage	**DBO** (ppm)
Acétate de polyvinyle (PVAc)	10 000
Alcool polyvinylique (PVOH)	10 000-16 000
Alcool polyvinylique (PVOH)/Carboxyméthylecellulose (CMC) (3 : 1)	17 500
Carboxyméthylecellulose (CMC)	30 000
Hydroxyéthylecellulose (HEC)	30 000
Amidon/Acide polyacrylique (PAA) (5 : 4)	295 000
Alginate	360 000
Éther d'amidon	360 000
Amidon/Alcool polyvinylique (PVOH) (5 : 1)	405 000
Amidon	470 000

CSMOE, CSMOITQ © 2004

3.5. Substitution d'autres réactifs chimiques

Plusieurs autres réactifs chimiques utilisés dans l'industrie textile peuvent faire l'objet d'un remplacement. Certains sont toxiques, d'autres non, mais leur utilisation augmente de façon significative la charge des effluents. Voici quelques recommandations à suivre :

- remplacer, dans les pâtes d'impression, l'émulsifiant basé sur l'huile par des émulsifiants synthétiques. La comparaison de deux systèmes est présentée dans le tableau II-6;
- remplacer l'acide acétique (DBO = 0,64 kg/kg) par de l'acide formique (DBO = 0,12 kg/kg);
- remplacer des solvants par un milieu aqueux;
- remplacer des solvants chlorés par des solvants non chlorés, si l'utilisation des solvants est indispensable;
- remplacer l'huile de cardage par un émulsifiant non ionique, si possible;
- remplacer le bichromate de potassium par de l'eau oxygénée pendant l'oxydation des colorants de cuve et des colorants soufrés;
- réaliser la teinture du polyester sous pression (en haute température) pour éviter l'utilisation des véhiculaires;
- remplacer le sulfite de sodium par le réducteur organique basé sur le glucose;
- remplacer les véhiculaires qui contiennent du chlore par les véhiculaires libres de cet élément;
- remplacer les oxydants contenant du chlore (hypochlorite et chlorite de sodium) par le peroxyde d'hydrogène;
- remplacer les agents de finition contenant le formaldéhyde par d'autres agents libres de formaldéhyde (par exemple, par les acides polycarboxyliques dans le cas de finition anti-plis du coton);
- dans le cas de la nécessité d'utiliser des agents contenant du formaldéhyde, choisir l'agent qui contient la quantité la plus faible.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Tableau II-6 : Charge polluante de deux types de pâtes d'impression[17]

Composants de pâte	Pâte basée sur l'émulsion d'huile	Pâte basée sur l'épaississant synthétique
Eau	100	815
Émulsifiant	10	0
Liant	150	150
Kérosène	700	0
Épaississant	0	15
Pigment (colorant)	20	20
Catalyseur	20	0
Pâte totale (parties)	1 000	1 000
Charge polluante (parties)	900	185

Tableau II-7 : Charge polluante des opérations d'impression et de finition du polyester/coton (50/50)[18]

Procédés	pH	DBO	DCO	MES	MS/TDS	Huile et graisses
		Kg/1 000 kg de produit				
Impression						
Pigments (produit tissé)	6-8	1,26	5,0	0,13	2,5	-
Pigments (produit tricoté)	6-8	1,26	5,0	0,13	2,5	-
Colorants de cuve (produit tissé)	10	21,5	86	25	34	-
Colorants de cuve (produit tricoté)	10	21,5	86	25	35	-
Finition						
Apprêt à la résine (produit tissé)	6-8					-
Apprêt à la résine, fixage à plat (produit tissé)	6-8	6,32	25	12	12	-

CSMOE, CSMOITQ © 2004

4. Entretien des équipements – ménage

L'entretien des équipements est une action simple et évidente, mais malheureusement très souvent oubliée. Pourtant, un bon entretien du matériel peut contribuer à une baisse significative de la pollution. Les équipements en bon état génèrent moins de reprises et de produits de deuxième qualité. De plus, la charge polluante diminue à cause de la réduction des pertes de volume de bains (fuites, renversements).

Une attention spéciale doit être portée aux réactifs utilisés pour l'entretien des équipements. Les agents de nettoyage, les solvants, les dégraissants, les lubrifiants rejetés peuvent amener à une augmentation trop grande de la charge polluante des effluents. La charge polluante provenant de sources autres que les procédés de production peut atteindre 50 % de la charge polluante totale. Les mesures internes suivantes peuvent diminuer de manière importante cette charge polluante :

- faire attention aux produits renversés ou déchargés dans les drains, accidentellement ou volontairement ;
- améliorer la manipulation des réactifs chimiques ;
- effectuer les audits des réactifs chimiques (bilan des réactifs sortis du magasin et des réactifs utilisés dans la production) ;
- récupérer les produits de nettoyage des bidons, réservoirs, cadres d'impression, etc. ;
- récupérer les restes de pâtes d'impression ;
- réaliser l'audit (vérification) de chaque équipement au moins une fois par semaine.

L'entretien convenable des équipements peut également réduire la consommation de l'eau. Voici quelques actions recommandées pour diminuer la consommation d'eau :

- installer les vannes automatiques synchronisées avec l'arrêt des machines ;
- installer des thermostats sur les circuits de refroidissement ;
- établir le volume minimal d'eau nécessaire à chaque procédé ;
- abandonner le rinçage par débordement.

5. Ségrégation des effluents

La ségrégation des effluents est réalisée pour deux raisons. Premièrement, la réutilisation des effluents nécessite très souvent une ségrégation préalable des effluents. La ségrégation est donc réalisée comme première étape du procédé de récupération/réutilisation des effluents. Deuxièmement, une ségrégation facilite certains procédés de traitement des effluents. Les procédés avec des effluents moins volumineux et plus concentrés se révèlent plus rapides et moins coûteux. On ne doit pas oublier que les traitements chimiques nécessitent un bon mélange des réactifs. Les coûts du mélange de grands volumes sont plus élevés que ceux de faibles volumes. De plus, les réactifs chimiques plus concentrés réagissent plus vite que les réactifs dilués. Les procédés chimiques tels que la neutralisation, l'oxydation et la réduction doivent être réalisés avec les effluents concentrés, séparés avant leur mélange avec les autres effluents.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Enfin, il faut souligner que le mélange des effluents moins toxiques avec les effluents plus toxiques, produit une quantité plus importante d'effluents toxiques, donc plus difficiles à traiter.

Malheureusement, la ségrégation des effluents implique également des inconvénients. Les plus néfastes viennent de la nécessité de multiplier des circuits pour les effluents et d'installer des réservoirs de rétention.

6. Récupération et réutilisation de l'eau

La récupération et la réutilisation de l'eau représentent une technique efficace et rentable des technologies propres. L'eau peut être réutilisée (recyclée) pour des raisons économiques, pour respecter des restrictions concernant le volume des effluents à décharger, pour pallier des problèmes d'approvisionnement en eau ou pour observer une législation.

Les deux premières raisons sont souvent considérées comme les plus fondamentales. Elles constituent la force motrice pour l'utilisation du recyclage des effluents comme moyen de réduction de la pollution et d'augmentation de la rentabilité du procédé.

Le manque d'eau est une raison majeure dans les pays ou les régions qui disposent de faibles ressources hydriques. Présentement, il ne s'agit pas d'un problème majeur au Québec et au Canada.

Les législations limitant la consommation d'eau restent encore relativement rares. Au Québec et au Canada, les entreprises sont limitées surtout au niveau des volumes des effluents qui peuvent être rejetés dans une station du traitement. Ces restrictions contrôlent de façon indirecte la consommation d'eau.

Dans une situation idéale, l'eau devrait être récupérée et réutilisée à presque 100 %. Une telle usine travaillerait dans un système de boucle fermée et l'ajout de l'eau fraîche dans le système serait nécessaire uniquement à cause de l'évaporation et des pertes accidentelles d'eau. Techniquement, il est possible de construire une telle usine. Les techniques membraneuses du traitement des effluents permettent une épuration presque complète des effluents et leur réutilisation sans aucun problème. Cependant, à cause des rapports actuels entre les prix de l'eau et ceux du traitement des effluents, une telle usine n'est pas rentable. Présentement, seulement certains effluents sont récupérés et réutilisés avec ou sans traitement et ces opérations sont parfaitement rémunératrices. Les effluents faisant le plus souvent l'objet d'une réutilisation sont les eaux de refroidissement, les eaux de rinçage de différents procédés et les bains de teinture.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Voici trois méthodes utilisées pour la réutilisation de l'eau :

- méthode directe, sans traitement des effluents avant leur réutilisation;
- méthode directe avec un ajustement de la concentration des réactifs chimiques avant la réutilisation des effluents;
- méthode indirecte avec un traitement additionnel des effluents avant leur réutilisation.

La réutilisation directe sans traitement des effluents représente la plus simple et la plus rentable des méthodes. Une analyse des possibilités de réutilisation de l'eau doit donc être toujours amorcée par une recherche des effluents susceptibles d'être réutilisés sans traitement. La deuxième technique en importance est la méthode directe impliquant un ajustement de la concentration des réactifs. La troisième technique basée sur le traitement des effluents doit être analysée comme la dernière possibilité de récupération et de réutilisation des effluents.

6.1. Réutilisation des effluents sans traitement

Cette méthode de réutilisation des effluents est la plus simple et la plus économique. Elle consiste à récupérer l'effluent dans un bassin de rétention et à le réutiliser pour le même procédé ou pour un autre procédé préalablement identifié. Les effluents qui peuvent faire l'objet d'une réutilisation directe se trouvent parmi les rejets hydriques suivants :

- eaux de refroidissement;
- condensants;
- certains effluents de débouillissage du coton;
- certains effluents de blanchiment;
- certains effluents de rinçage après la teinture;
- eaux utilisées du procédé du lavage en contre-courant.

Pour pouvoir identifier les effluents à recycler sans traitement, il est recommandé de procéder aux analyses suivantes :

- visualiser sur un schéma le procédé ou le département visé. Le schéma doit contenir les informations suivantes : la quantité de matière à traiter, les étapes du procédé, le rapport de bain de chaque étape, la composition chimique du bain de chaque étape, l'information sur la destination du bain de chaque étape, la fréquence du procédé;
- analyser le schéma du procédé et identifier les effluents à recycler sans traitement. Les effluents provenant des étapes où une opération majeure est réalisée, de même que les effluents des étapes qui suivent cette opération, doivent être à priori écartés à cause de leur charge trop élevée;
- identifier les étapes du procédé où les effluents destinés à être recyclés pourraient être réutilisés.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Voici quelques informations qui peuvent faciliter l'identification des effluents à recycler sans traitement :

- dans les jets et les machines de teinture en paquet, le volume d'eau utilisé pour le refroidissement est deux fois plus élevé que celui utilisé pour la préparation des bains[19];
- environ 50 % de l'eau employée pour le procédé de préparation du coton peut être réutilisée[20];
- pendant le blanchiment au peroxyde, 40 % de l'eau utilisée pour le rinçage peut être économisée[21].

6.2. Réutilisation des effluents avec l'ajustement des concentrations des réactifs

Cette technique de réutilisation des effluents est la seconde en importance en termes d'utilisation et de rentabilité. Elle concerne principalement les bains usés des différentes étapes des procédés de teinture. Voici la méthode à suivre pour une réutilisation des bains de teinture :

- placer le bain visé dans un réservoir de rétention;
- déterminer, dans le bain retenu, les concentrations des colorants et des auxiliaires;
- ajuster les concentrations des colorants et des auxiliaires selon les résultats d'analyse ;
- réutiliser le bain avec les concentrations de réactifs ajustées.

Il faut souligner qu'une analyse des concentrations des réactifs n'est pas nécessaire avant chaque réutilisation de bain. Pour un procédé bien défini, qui est répété toujours de la même façon, une série d'analyses au début de l'implantation de la technique de réutilisation de l'effluent est suffisante. Ces analyses doivent permettre d'établir la concentration moyenne résiduelle du réactif visé dans l'effluent et, par conséquent, la quantité du réactif à ajouter dans le bain. Ensuite, ces données seront utilisées pour les ajustements des concentrations subséquentes.

La technique du recyclage directe avec l'ajustement des concentrations des réactifs est particulièrement intéressante pour les bains de teinture avec les colorants directs, dispersés, acides et basiques ainsi que pour les bains d'adoucissage. Une réutilisation des bains avec les colorants réactifs est risquée à cause de l'hydrolyse possible de ces colorants.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Tableau II-8 : Réutilisation des bains de teinture, cas documentés[22]

Produits	Fibres	Colorants	Équipements
Tricot	polyester	dispersé	jet
	coton/polyester	réactif/direct	barque à tourniquet
	polyester/coton	dispersé/réactif	barque à tourniquet
	polyester/coton	dispersé/direct	barque à tourniquet
Bobines	polyester	dispersé	teinture en bobines
	polyester/coton	dispersé/réactif	teinture en bobines
	polyester/coton	dispersé/direct	teinture en bobines
Chaussettes	Nylon/Spandex	acide	teinture sur palette
Collants	Nylon/Spandex	dispersé/acide	barque à tourniquet
Tapis	Nylon	dispersé/acide	barque à tourniquet
	polyester	dispersé	barque à tourniquet
Tissus	aramide	basique	jet
Écheveaux	acrylique	basique	teinture en écheveaux
Tissu	Nomex	basique/véhiculaire	jet

L'adoucissage du coton et les mélanges du coton, réalisés avec les adoucissants cationiques, sont des méthodes particulièrement avantageuses de réutilisation de l'effluent avec un ajustement de la concentration du réactif. Les adoucissants cationiques sont épuisés du bain uniquement à un très faible pourcentage qui ne dépasse pas 25-30 %. La majorité de ces réactifs se retrouve donc dans l'effluent. Une réutilisation de cet effluent est donc fortement recommandée. Elle présente une source d'économie très importante et de plus, elle contribue à diminuer la toxicité de l'effluent global de l'usine, car les adoucissants cationiques ont une toxicité aquatique très élevée. Plusieurs implantations réussies de cette technique ont déjà été réalisées[23].

CSMOE, CSMOITQ © 2004

6.3. Réutilisation des effluents avec un traitement

Cette technique de recyclage des eaux usées est utilisée surtout pour les grands volumes d'eau ayant une concentration constante de contaminants. Un grand volume d'effluent est nécessaire pour que le procédé soit rentable et une concentration constante des contaminants est indispensable pour ne pas affecter l'efficacité du procédé de traitement. Une réutilisation des effluents avec un traitement peut donc être utile pour l'effluent global de l'usine, pour l'effluent global du département de teinture ou pour celui de la ligne de teinture en continu. Dans ce dernier cas, le traitement vise le plus souvent l'élimination de la couleur. Pour certaines techniques de décoloration, leur efficacité ne dépend pas de la classe de colorants (techniques membraneuses). D'autres techniques sont efficaces uniquement pour une ou deux classes de colorants (filtration, adsorption, oxydation, précipitation, coagulation). La rentabilité de la technique de recyclage dépend beaucoup du choix de la méthode de traitement.

Pour développer une technique de récupération des effluents avec un traitement, il est recommandé de procéder à l'analyse suivante :

- identifier l'effluent destiné à être recyclé avec un traitement;
- identifier le procédé où l'effluent recyclé pourrait être utilisé;
- établir les standards de qualité de l'eau pour ce procédé visé;
- examiner la possibilité de réutiliser l'effluent recyclé avec un traitement pour le procédé visé;
- identifier le traitement efficace de l'effluent recyclé pour atteindre les standards visés (avant l'identification du traitement de l'effluent, examiner la possibilité de réutiliser des effluents qui rencontrent ces standards sans nécessiter de traitement);
- évaluer les coûts de toutes les possibilités.

L'étape la plus difficile à réaliser est l'identification de la méthode du traitement de l'effluent visé par la réutilisation. Ce traitement de l'effluent doit être simple à réaliser, rapide et peu coûteux. De plus, le traitement identifié ne devra pas générer de déchets solides (par exemples, des boues) car, dans une telle situation, la pollution n'est pas éliminée, mais simplement déplacée. Comme déjà mentionné, les traitements des effluents en vue d'une réutilisation visent le plus souvent une décoloration de l'effluent, puisque la présence de la couleur élimine la possibilité d'une réutilisation rationnelle de l'effluent. Plusieurs techniques de décoloration des effluents sont développées (voir chapitre VIII-3, *Méthodes de traitement des effluents textiles*). Le tableau II-9 donne des informations supplémentaires sur les techniques de recyclage des effluents textiles et sur les possibilités de récupération de certains réactifs.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Tableau II-9 : Différentes techniques de recyclage et de récupération de l'eau et des réactifs[24]

Techniques	Stade		
	Étude ou démonstration	Industrie en France	Industrie à l'étranger
Recyclage des agents d'encollage par ultrafiltration	-	Non	Oui Plusieurs installations
Récupération de la soude caustique par réconcentration	-	Oui Plusieurs installations	Oui
Recyclage de solvant	-	Oui Plusieurs installations	Oui
Récupération de l'indigo par ultrafiltration	-	Oui, au moins une installation	Oui Plusieurs installations
MFT* sur colorants pigmentaires	-	Oui Une installation	-
Décoloration et recyclage d'eau chaude par osmose inverse	-	Non	Oui
Décoloration et dépollution sur TEI** seul ou en couplage avec procédé par membrane	Oui France	Non	Oui
Récupération de la séricine des bains de décreusage sur TEI	Oui Projet européen	Non	Non

* MFT : Une technique membraneuse de traitement
** TEI : Textiles échangeurs d'ions

Une technique originale de traitement de l'effluent textile est présentement expérimentée au Québec. Cette technique, basée sur une ozonisation catalytique, permet de réduire la coloration et la charge de la DCO/DBO de l'effluent textile[25].

7. Modifications des procédés

La technique de modification des procédés est nécessaire pour la réduction de pollution à la source. Cependant, cette technique nécessite assez souvent un remplacement et/ou une modification d'équipements. Ces changements/modifications représentent des coûts d'investissement parfois importants. Les investissements considérables demandent une analyse exhaustive de rentabilité. Une telle analyse ne peut être réalisée sans les informations concernant les autres techniques alternatives plus simples et moins coûteuses, qui sont décrites dans les paragraphes précédents. Pour cette raison, la modification des procédés est un moyen utilisé vers la fin d'un projet d'implantation de technologies propres.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Exemples de modifications des procédés :

- remplacement du rinçage par débordement par un rinçage ordinaire discontinu de type remplissage/vidange. Ce changement peut réduire la consommation de l'eau en barque à tourniquet de 25 %, en jet de 50 %, en machine de teinture sur ensouple de 60 % et en jigger de 17 à 79 %[26];
- pendant la teinture de la laine, un rinçage par débordement d'une durée de 10 à 15 minutes peut être remplacé par deux bains d'eau fraîche d'une durée de 3 à 6 minutes, sans détérioration de la solidité de la couleur[27];
- remplacement du rinçage discontinu de type remplissage/vidange par le rinçage continu à contre-courant. Un lavage horizontal continu à contre-courant est plus efficace qu'un lavage vertical. Cette intervention est profitable et peut réduire de façon substantielle la consommation d'eau. Par exemple, le remplacement du rinçage discontinu en deux étapes par un rinçage continu amène 50 % d'économie d'eau. Ces économies montent respectivement à 67 %, 75 % et 80 % dans le cas du remplacement des rinçages discontinus en 3, 4 ou 5 étapes[28];
- remplacement du lavage en continu ordinaire par le lavage en contre-courant. Ce dernier est toujours plus efficace que le lavage continu ordinaire. Cette intervention nécessite un changement ou une adaptation d'équipement;
- choix de la méthode du rinçage. Le tableau II-10 présente les économies de l'eau possibles à réaliser par le choix convenable de la méthode de rinçage;
- extraction sous vide entre les étapes d'un procédé humide (teinture, préparation). Cette technique permet d'améliorer l'efficacité des rinçages et de diminuer la consommation de l'eau pour ces procédés. Cette extraction a également un impact positif sur la consommation des réactifs chimiques et sur la fréquence de nettoyage des équipements;
- le changement du rapport de bain est une intervention très courante et efficace. Cependant, avant son implantation, de nombreux essais sont nécessaires pour identifier l'impact du changement sur la qualité du produit. Cette intervention nécessite parfois un changement d'équipements plus coûteux;
- élimination d'une étape de procédé, une technique très simple et efficace surtout dans le cas du rinçage. Une série d'essais est indispensable pour confirmer l'efficacité de ce changement de procédé;
- changement de la durée d'une ou de plusieurs étapes de procédé. Cette technique aussi très simple et efficace nécessite également des essais avant l'implantation de ce changement;
- le remplacement de la teinture en discontinu par la teinture en continu constitue un changement très onéreux. Une analyse poussée de rentabilité, renforcée par de nombreux essais, est absolument indispensable;
- diminution de la quantité de l'eau dans l'étoffe destinée au séchage par une extraction sous vide ou par une éjection d'air. Cette technique est fortement indiquée à cause de son efficacité et sa rentabilité.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Tableau II-10 : Économie de l'eau selon le type de rinçage[29]

Procédés de rinçage	Rapport de liqueur	Consommation de l'eau (gal/lb)	Économies/ pertes (%)
Discontinu en trois étapes	1 : 8	1,62	-
Discontinu en trois étapes, rapport de liqueur diminué	1 : 5	1,26	- 22,2
Continu par débordement	1 : 8	2,38	+ 46,9
Continu par débordement, rapport de liqueur diminué	1 : 5	1,49	- 8,0
Discontinu en trois étapes, deuxième bain réutilisé	1 : 8	1,19	- 26,5
Discontinu en trois étapes, deuxième et troisième bains réutilisés	1 : 8	0,75	-53,7

8. Modifications/changements des équipements

Cette technique extrêmement coûteuse doit être utilisée en dernier recours lorsque toutes les autres possibilités ont déjà été analysées et épuisées. Elle demande plusieurs essais et une analyse de rentabilité exhaustive.

Il est difficile de donner des exemples concrets d'application de cette technique à cause de l'évolution continuelle des équipements disponibles sur le marché. De plus, le présent guide ne peut pas faire de la publicité pour des équipements textiles. Pour être au courant de ces changements, il est recommandé de suivre les nouveautés techniques (journaux textiles, dépliants des fabricants des machines textiles) et de visiter les expositions techniques.

Exercices :

1. Énumérer les différentes techniques d'intervention utilisées pour l'implantation des technologies propres.
2. Ranger ces techniques d'intervention selon l'ordre croissant de complexité.
3. Énumérer les techniques d'intervention qui nécessitent des investissements importants.
4. Expliquer l'importance de la ségrégation des effluents pour les techniques du recyclage de l'eau.
5. Expliquer les différences entre les trois techniques de réutilisation des effluents.
6. Schématiser un procédé fictif de préparation du coton selon les directives énoncées dans le paragraphe 6.1.
7. Réaliser le même exercice pour le procédé de teinture du coton avec les colorants réactifs.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Notes bibliographiques

[1] Anonyme, *Manual : Best management practices for pollution prevention in the textile industry*, U.S. Environmental Protection Agency, EPA/625/R-96/004, September 1996, page 96.

[2] Holme I., Finishers respond to green challenge, *Textile Word*, (1992), (11) 19.

[3] Smith B., Troubleshooting in textile wet processing – an overview, *American Dyestuff Reporter*, (1987), 76(2), 28-30.

[4] Simonet G., *Guide des techniques de l'ennoblissement textile*, SPIET, Paris, (1982), page 264.

[5] Anonyme, Manual : *Best management practices for pollution prevention in the textile industry*, U.S. Environmental Protection Agency, EPA/625/R-96/004, September 1996, pages 88-93.

[6] Little L.W., Lamb J.C., Acute toxicity of 46 selected dyes to the fathead minnow Pimephales. American Dye Manufacturers Institute, Septembre 1972.

[7] Anonyme, *Textile industry, case studies of cleaner production applications*, United Nation Environment Programme, 1990.

[8] Crechem Technologies Inc., *Étude de fond sur les usines canadiennes de textile utilisant des procédés au mouillé et leurs effluents*, Ottawa, 2001, page 37.

[9] Crechem Technologies Inc., *Étude de fond sur les usines canadiennes de textile utilisant des procédés au mouillé et leurs effluents*, Ottawa, 2001, pages 37 et 39.

[10] Achwal W.B., Environmental aspects of textile chemical processing, parts 1 and 2, *Colourage*, (1990), (10), 40.

[11] Crechem Technologies Inc., *Étude de fond sur les usines canadiennes de textile utilisant des procédés au mouillé et leurs effluents*, Ottawa, 2001, page 103.

[12] Crechem Technologies Inc., *Étude de fond sur les usines canadiennes de textile utilisant des procédés au mouillé et leurs effluents*, Ottawa, 2001, page 112.

[13] Smith B., Pollution Sources Reduction. III : process alternatives, *American Dyestuff Reporter*, (1989), 78(5), 32-40, 47.

[14] Crechem Technologies Inc., *Étude de fond sur les usines canadiennes de textile utilisant des procédés au mouillé et leurs effluents*, Ottawa, 2001, page 118.

[15] Anonyme, *Manual : Best management practices for pollution prevention in the textile industry*, U.S. Environmental Protection Agency, EPA/625/R-96/004, September 1996, page 92.

[16] Smith B., Identification and reduction of pollution sources in textile wet processing. *North Carolina Department of Natural Resources and Community Development, Pollution Prevention Pays Program*, Raleight, NC, 1986, dans Anonyme, Manual : *Best management practices for pollution prevention in the textile industry*, U.S. Environmental Protection Agency, EPA/625/R-96/004, September 1996, page 164.

[17] Anonyme, *Best management practices for pollution prevention in the textile industry*, U.S. Environmental Protection Agency, EPA/625/R-96/004, September 1996, page 194.

[18] Anonyme, *Cleaner production in textile wet processing*, United Nation Environment Programme, March 1996.

[19] Park J., Shore J., Water for the dyehouse: Supply, Consumption, Recovery and Disposal, *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, (1984) 100(12), 383-399.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

[20] Park J., Shore J., Water for the dyehouse: Supply, Consumption, Recovery and Disposal, *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, (1984) 100(12), 383-399.

[21] Park J., Shore J., Water for the dyehouse: Supply, Consumption, Recovery and Disposal, *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, (1984) 100(12), 383-399.

[22] Smith B., Pollution Sources Reduction. III: process alternatives, *American Dyestuff Reporter*, (1989), 78(5), 32-40, 47.

[23] Weltrowski M., données non publiées.

[24] Riou S., Énergie et environnement, *L'industrie textile*, (1999), 1308(4), 65-68.

[25] M. Marcel Lafleur, Groupe Textile, Communication personelle.

[26] Anonyme, The textile industry and the environment, UNEP-United Nation Environment Programme, (1994), page 53.

[27] Park J., Shore J., Water for the dyehouse: Supply, Consumption, Recovery and Disposal, *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, (1984) 100(12), 383-399.

[28] Anonyme, Manual : *Best management practices for pollution prevention in the textile industry*, U.S. Environmental Protection Agency, EPA/625/R-96/004, September 1996, page 110.

[29] Brenner E.T., Brenner T., Scholl M., Saving water and energy in bleaching tubular knits, *American Dyestuff Reporter* (1993), 82(3), 76.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Chapitre III
Planification d'un projet d'implantation de technologies propres

Le succès de l'implantation d'un projet de technologies propres dépend de sa planification, de sa mise en œuvre ainsi que du suivi et des contrôles pendant et après le projet. Dans la littérature, on retrouve plusieurs façons de réaliser[1] des projets d'implantation de technologies propres. Les principales différences entre chacune des méthodes se situent au niveau des séquences de réalisation des activités du projet et au niveau de leur envergure. Par contre, on retrouve le même genre d'activités dans la plupart des approches. La démarche qui est proposée dans ce chapitre constitue un amalgame de différentes méthodes adaptées à la situation de l'industrie textile québécoise et canadienne.

L'implantation d'un projet de technologies propres se divise le plus souvent en deux étapes. Au cours de la première étape, les solutions techniques les plus efficaces et les plus rentables sont identifiées sous forme de recommandations. À la deuxième étape, ces solutions sont mises en œuvre selon les priorités de l'entreprise. Ceci est nécessaire car il est difficile de prévoir, au début du projet, la nature et l'envergure des solutions à réaliser pendant la seconde étape. Toutefois, parfois des solutions simples et efficaces peuvent déjà être implantées dès la première étape du projet. La mise en œuvre du projet en deux étapes offre plus de flexibilité et peut mieux s'adapter à la réalité de l'entreprise. Nous utilisons donc cette approche dans notre démarche.

Le cycle d'analyse de la situation et de mise en œuvre de changements doit devenir une pratique courante d'entreprise pour assurer son progrès technique et écologique constant.

Le présent chapitre offre une description des étapes et des activités à suivre en vue d'implanter un projet de technologies propres dans une entreprise textile. Le projet vise à réduire la pollution et à générer des économies reliées à l'implantation du programme.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

1. Première étape du projet

1.1. Définition des objectifs pour la première étape du projet

L'objectif de la première étape est l'analyse des procédés technologiques et des méthodes de la gestion de l'eau, de l'énergie, des effluents, des déchets solides et des réactifs chimiques en vue d'identifier les solutions techniques, économiquement justifiables, visant la réduction :

- de la consommation de l'eau;
- de la consommation de l'énergie;
- de la consommation des réactifs chimiques et du coût de leur utilisation;
- du volume, de la charge et de la toxicité des effluents;
- du volume et de la toxicité des déchets solides.

L'objectif secondaire, mais non moins important, est l'augmentation de la productivité de l'entreprise par la création d'une nouvelle dynamique au sein de l'entreprise et par l'amélioration de la communication entre les employés et les ateliers (départements).

1.2. Définition de la politique de la direction

Une fois que la décision de réaliser le projet est prise par la direction de l'entreprise, celle-ci doit être communiquée aux employés à l'aide, notamment, d'un document annonçant la politique de la direction. Il s'agit d'une étape essentielle, car il faut se rappeler que l'implantation des technologies propres c'est une affaire qui concerne tous les employés de l'entreprise. Ceux-ci doivent donc être parfaitement informés des objectifs du projet et de la volonté ferme de la direction de réaliser celui-ci. L'absence de ce document peut causer plusieurs problèmes graves pendant la réalisation du projet : le manque d'intérêt et de collaboration de la part des employés, une mauvaise interprétation des intentions de la direction, des difficultés de communication et de transfert des informations techniques.

La politique de la direction c'est un document court et compréhensible qui doit contenir les informations suivantes :

- volonté de l'entreprise de réaliser le projet;
- courte description des objectifs;
- encouragement aux employés à participer au projet.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Voici un exemple d'une politique :
« Notre entreprise respecte déjà les normes environnementales en vigueur et désire améliorer davantage ses performances environnementales. C'est pourquoi, l'entreprise ABC s'engage dans un programme d'implantation de technologies propres. Le programme vise la réduction à la source des quantités et de la toxicité des rejets solides et liquides dans le but de protéger l'environnement, de protéger la santé et la sécurité des employés, de générer des économies et d'améliorer la qualité des produits. Notre entreprise s'engage à choisir des technologies, des matériaux et des réactifs dans le respect des principes environnementaux. La direction facilitera la réalisation de ce programme et encourage tous les employés à participer à cette activité importante. »

1.3. Convocation du comité de coordination

Comme déjà mentionné, tous les employés doivent participer, à divers niveaux, à la réalisation du projet. Cependant, la communication avec tous les employés peut s'avérer difficile et laborieuse. Elle doit être assurée par l'intermédiaire de personnes qui ont une bonne connaissance des ateliers (départements), des procédés ou des services respectifs.

Ces personnes intermédiaires constitueront les membres du comité de coordination responsable de la réalisation et du suivi du projet.

Dans l'industrie, on a tendance à nommer les personnes responsables des ateliers/services sur le comité de coordination. Une telle solution est acceptable mais ce n'est pas l'idéal. Les personnes responsables des ateliers/services sont très souvent amenées à régler les problèmes quotidiens de la production et leur disponibilité pour la réalisation du projet est réduite. C'est pourquoi il s'avère souvent préférable que d'autres individus, possédant toutes les connaissances nécessaires, participent au comité. Une telle composition du comité améliore, dans plusieurs cas, la communication interne et stimule les initiatives additionnelles.

Tous les ateliers (départements) et les services doivent être représentés au comité de coordination. Parfois une personne peut représenter deux ou plusieurs ateliers/services. Les ateliers/services suivants doivent normalement être représentés :

- ateliers : filature, ourdissage, tissage, tricot, préparation, teinture, impression, finitions/apprêtage et autres selon le profile de l'entreprise ;
- services : assurance qualité, laboratoire, achats, maintenance, protection de l'environnement (si elle existe).

D'autres personnes pourraient également joindre le comité à des moments stratégiques du projet. Il est suggéré de ne pas introduire dans la composition du comité de coordination les membres de la haute direction. Leur disponibilité est très souvent limitée et de plus, leur présence gêne parfois l'apparition d'initiatives venant des employés, si nécessaires pour le succès du projet. La direction doit néanmoins être toujours bien informée de l'avancement du projet.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Les membres du comité de coordination assureront la communication interne avec les autres employés, aideront à ramasser des informations nécessaires à la réalisation du projet et discuteront des solutions proposées. Ces membres participeront à la formation offerte au début des activités en raison de leur rôle primordial dans la concrétisation important dans la réalisation du projet.

Note 1 : Communication du comité de coordination avec une ressource technique externe
Dans le cas où le projet serait réalisé avec l'aide d'une ressource technique externe (un consultant), la communication du comité de coordination avec cette ressource doit être la plus directe possible. Une telle situation facilite la réalisation du projet et favorise la recherche des solutions efficaces. Cependant, la solution de la communication via une personne désignée par le comité de coordination reste aussi valide, à condition qu'il y ait une bonne communication entre les membres du comité et la personne contacte.

1.4. Formation des employés et explication de leur rôle pendant la réalisation du projet

La quatrième activité du projet consiste à former les employés. Dans le cas où l'entreprise ne serait pas très grande, tous les employés peuvent recevoir cette formation. Pour les grandes entreprises, la formation est dispensée aux membres du comité de coordination et ceux-ci transmettront au besoin les informations aux employés. La formation est une activité extrêmement importante et le succès du projet dépend beaucoup de celle-ci. La formation doit atteindre trois objectifs :

- expliquer aux employés le principe des technologies propres;
- convaincre les employés de la nécessité et de l'utilité de l'implantation des technologies propres de façon générale et, plus particulièrement, dans leur propre entreprise;
- expliquer le rôle de chaque employé dans la réalisation du projet.

Pendant la formation, il est préférable de réduire les informations générales sur les principes des technologies propres au strict minimum. Il faut présenter le plus vite possible des exemples concrets appliqués au secteur textile. Ainsi, on peut rapidement convaincre les employés de la nécessité et de l'utilité du projet. La formation doit être se terminer par la présentation de la vision globale préliminaire des étapes de réalisation du projet adaptée à l'entreprise. Chaque participant de la formation doit se retrouver dans cette vision et surtout doit comprendre son rôle pendant la réalisation du projet.

Note 2 : Particularité du projet dans une entreprise syndiquée
Dans le cas où l'entreprise serait syndiquée, il est extrêmement important de garantir la collaboration du syndicat pour la réalisation du projet. Le plus souvent, une rencontre avec les représentants du syndicat, après l'annonce officielle de la politique de la direction, assure une telle collaboration. Pendant cette rencontre, les principes et le contenu du projet doivent être présentés et expliqués. Le syndicat doit être convaincu de la nécessité et de l'utilité du projet pour l'entreprise et pour le bien des employés.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

1.5. Rédaction d'un plan d'action d'implantation de technologies propres

La cinquième étape de la réalisation du projet consiste à établir un plan d'action. Pour pouvoir établir ce plan, d'action, il faut ramasser les données concernant l'ensemble des ateliers (départements). L'établissement de ce plan ne nécessite pas de données sur les procédés unitaires. Voici un aperçu de la nature des informations à rassembler :

- quantité et type de produits traités;
- types des procédés réalisés et leurs fréquences;
- schéma général du processus de la production;
- consommation de l'eau;
- consommation de l'énergie;
- sources de l'énergie;
- consommations des réactifs chimiques;
- volume total des effluents généré;
- destination des effluents;
- types de déchets solides;
- volume total des déchets solides généré;
- destination des déchets solides;
- caractère des réactifs chimiques utilisés;
- coûts de l'eau (eau fraîche, coûts de pré-traitement);
- coûts du traitement des effluents;
- coûts de l'énergie;
- les problèmes techniques et les problèmes de la qualité les plus souvent rencontrés.

Certaines données présentées ci-dessus sont parfois difficiles à obtenir. L'établissement du plan d'action ne nécessite pas la connaissance de toutes ces informations. Il est possible d'établir un bon plan d'action même avec des données partielles. Celles qui sont manquantes seront recueillies plus tard au cours de la réalisation du projet.

Les informations ainsi rassemblées serviront au développement du plan d'action. Dans le plan d'action, les ateliers les plus prometteurs seront identifiés. Pour chaque atelier, les activités à réaliser seront identifiées avec leurs échéanciers. Le même exercice sera effectué pour les activités touchant l'ensemble de l'entreprise. Enfin, le plan d'action définit des objectifs précis et chiffrés du projet pour tous les ateliers. À ce stade du projet, ces objectifs doivent être chiffrés en terme de pourcentage de réduction de la consommation de l'eau, de l'énergie et des réactifs, du volume et de la charge des effluents, des quantités de déchets solides et de matières récupérées s'il y a lieu etc. Les objectifs au niveau des économies en dollars seront définis à la fin de la première étape du projet.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Le plan d'action doit être établi en collaboration très proche avec le comité de coordination. Les membres de ce comité doivent consulter régulièrement les autres employés en vue de choisir les activités et actions les plus prometteuses et les plus appropriées.

Une fois le plan d'action défini et accepté par le comité de coordination, il doit être présenté à la direction pour obtenir leur approbation. L'accord du comité de coordination et de la direction est très important. Ainsi, l'ensemble de l'entreprise arrive à un consensus sur les actions à entreprendre et les échéanciers.

1.6. Identification des procédés les plus prometteurs

Le plan d'action est basé sur les données recueillies pour tous les ateliers (départements). L'étape suivante consiste à réaliser une analyse des procédés de tout atelier sélectionné dans le but d'identifier les procédés plus prometteurs. Tous les procédés des ateliers visés doivent être analysés sans exception. Cette activité doit être amorcée par une description très détaillée de chaque procédé. Plus la description est fidèle et fiable, plus facile est l'analyse subséquente. En quelque sorte, il faut tracer le vrai portrait des procédés. Les données ainsi accumulées sur chaque procédé serviront à sélectionner les procédés les plus prometteurs et, plus tard, à identifier les solutions techniques. Leur importance est donc capitale pour le succès du projet.

Pour chaque procédé humide discontinu, il faut recueillir les données suivantes :

- nom et numéro du procédé utilisé par l'entreprise;
- type de matière traitée et leur provenance;
- masse de matière à traiter;
- type d'appareil et le volume;
- nombre d'appareils impliqués dans la réalisation du même procédé;
- fréquence du procédé en lot/jour/semaine/mois;
- durée du procédé;
- rapport du bain (si constant pour chaque étape);
- description de chaque étape contenant :
    - numéro/nom d'étape;
    - durée;
    - température;
    - quantités/concentrations des réactifs chimiques ajoutés;
    - fiche signalétique de chaque réactif chimique;
    - volume de l'eau fraîche ajoutée et sa température;
    - volume des effluents rejeté (vidangé);
    - destination des vidanges;
    - rapport du bain.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

L'audit et l'analyse des procédés humides continus sont également possibles et faciles à réaliser. Cependant, la nature des données à rassembler pour cette analyse est différente. Ce sujet est traité dans le chapitre XIII concernant les procédés continus.

La manière de présenter les données est primordiale pour rendre leur analyse plus facile et efficace. Il est fortement suggéré de montrer les résultats sous forme de tableaux (fiches signalétiques du procédé) ou de schémas.

Le choix des procédés visés s'effectue en tenant compte des critères de sélection suivants :

- quantité du produit traité;
- volume de l'eau utilisé;
- volume et caractère des effluents générés;
- consommation d'énergie;
- caractère et quantité des réactifs chimiques utilisés;
- fréquence du procédé;
- économies générées.

Concernant les matières résiduelles, les données suivantes doivent être rassemblées dans le but de dresser un portrait général de la nature et des quantités de matières générées pour ensuite identifier les solutions les plus prometteuses :

- catégories et quantités préliminaires de déchets générés par l'entreprise;
- type et quantité de matières récupérées pour la réutilisation et le recyclage;
- coûts de l'élimination des déchets par année, par mois et par semaine;
- coûts liés au traitement des matières récupérées;
- modalités de collecte des matières résiduelles et aires d'entreposage;
- identification des options de réduction, de réutilisation, de recyclage potentiel;
- présentation des données.

Les critères utilisés pour identifier les options de réduction des déchets solides des différents ateliers sont :

- diminution du volume et du poids des déchets;
- réduction de la toxicité des matériaux et des déchets;
- réduction des coûts de l'élimination;
- réduction des coûts de l'approvisionnement;
- faibles coûts d'implantation;
- augmentation de la productivité;
- amélioration de la qualité des produits et des services;
- implantation facilement;
- simplification du travail des employés;
- amélioration de l'image corporative de l'entreprise.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

1.7. Analyse approfondie des procédés visés par le projet

Une fois les procédés les plus prometteurs identifiés, leur analyse est approfondie pour identifier les solutions techniques visant des économies et des améliorations environnementales. Cette analyse nécessite certains calculs. Les examens des effluents partiaux provenant de chaque étape du procédé s'avèrent également indispensables. Le nombre de ces analyses et le type de calculs à réaliser dépendent de la nature du procédé.

Pour la majorité des procédés, les activités suivantes sont nécessaires :

- Calculer/estimer :
  - consommation de l'eau en l/kg produit;
  - charge totale de la DBO et la DCO de l'effluent en kg O_2/lot;
  - charge totale de la DBO et la DCO de l'effluent en kg O_2/1 000 kg produit;
  - débit massique du procédé en kg produit/h;
  - consommation des réactifs en kg/lot et en kg/mois;
  - toxicité des réactifs chimiques selon les fiches signalétiques des produits (DL_{50} zet propriétés cancérigènes);
  - toxicité aquatique des réactifs chimiques selon les fiches signalétiques des produits (DBO, DCO, CL_{50}, élimination biologique).
- Mesurer :
  - charge de la DCO des effluents partiaux provenant de chaque étape du procédé en mg O_2/l;
  - couleur des effluents partiaux provenant de chaque étape du procédé (estimation visuelle);
  - pH des effluents partiaux provenant de chaque étape du procédé;
  - concentration de certains réactifs dans les effluents partiaux selon le besoin;
  - autres paramètres selon le besoin.

Déterminer, par des mesures appropriées, la qualité du produit fabriqué/traité dans le procédé pour s'assurer qu'il reste au moins au même niveau après l'implantation des solutions d'amélioration du procédé.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Pour les déchets solides, la réalisation d'un profil plus élaboré de la production de matières résiduelles par atelier (département) s'avère importante pour faciliter l'implantation de solution. Voici les tâches à réaliser :

- pesée des déchets par catégorie pendant une semaine-type;
- évaluation des quantités de matières récupérables par semaine ou par jour (à déterminer selon la taille de l'entreprise);
- évaluation des quantités de certaines matières achetées;
- identification des sources possibles de réduction, de réutilisation et de recyclage par catégorie de matière;
- identification des marchés potentiels et des conditions nécessaires de récupération;
- analyse technique et économique de la faisabilité des options par matière;
- établissement des actions à entreprendre et d'un échéancier;
- mise en œuvre du programme de gestion;
- évaluation et contrôle des options mises en œuvre.

Voici une liste d'exemples des matières que l'on peut évaluer : résidus fibreux des effluents de teinture, lisières de couture, rubans adhésifs, plastiques d'emballage, mousses de balai, déchets divers, cônes vides, enveloppes de plastique, retailles sèches de couture et de tissu, retailles humides de tissu, cônes vides, pellicules de plastique, etc.

Les matières suivantes peuvent être estimées en regardant les quantités achetées annuellement : le papier, les cartouches d'imprimante, les boîtes de carton servant à la réception et à l'expédition des marchandises, les supports des rouleaux de tissu dans les boîtes d'expédition, le fil et les cônes, les barils et autres contenants de teinture et de produits chimiques, les palettes de carton ou de bois, les solvants, les fluorescents.

Il est à noter que chaque entreprise textile dispose de déchets et d'opportunités de réduction qui varieront selon notamment :

- la nature de la production;
- la quantité et la nature des déchets;
- les possibilités de réutilisation et de recyclage au sein et à l'extérieur de l'entreprise;
- les infrastructures d'élimination et de recyclage de la région;
- les espaces d'entreposage.

Chaque entreprise textile doit donc effectuer le travail d'analyse en tenant compte du contexte dans lequel elle évolue. Les possibilités de réduction, de réutilisation et de recyclage changent avec la venue de nouvelles technologies, de nouveaux services ou encore lors de changements dans les moyens de production de l'entreprise. Une veille technologique s'avère donc essentielle pour s'adapter et bonifier les pratiques de réduction de la production de déchets.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

1.8. Rédaction des recommandations techniques pour chaque procédé analysé

L'analyse des données décrites ci-dessus et la comparaison de celles-ci avec les données bibliographiques permettent d'identifier les solutions techniques visant :

- réduction de la consommation d'eau ;
- réduction du volume, de la charge et de la toxicité des effluents ;
- économies des réactifs ;
- réduction du volume des déchets solides et les économies correspondantes ;
- réduction de la consommation d'énergie ;
- augmentation de la productivité ;
- contrôle de la qualité des produits.

Ces solutions techniques sont présentées sous forme de recommandations préliminaires. La liste des recommandations préliminaires doit être discutée et acceptée par le comité de coordination. Ensuite, elle est présentée à la direction de l'entreprise.

Note 3 : La majorité des données bibliographiques nécessaires pour réaliser une telle analyse se trouvent dans les différents chapitres du guide. Des exemples présentent également la méthodologie à utiliser pour effectuer une telle analyse. Enfin, les solutions techniques les plus importantes et les plus souvent employées sont également présentées et expliquées dans le guide.

1.9. Analyse économique de chaque recommandation technique. Estimation des profits escomptés

Chaque recommandation technique préliminaire doit être évaluée sur le plan économique. L'évaluation consiste à estimer les profits possibles à obtenir par l'implantation de cette recommandation. L'estimation des profits nécessite la compilation des données sur les coûts d'implantation de la solution proposée et sur les économies de l'eau, de l'énergie, des réactifs et autres matières premières ainsi que du coût de traitement de l'eau et des déchets solides possibles.

1.10. Formulation des recommandations finales et du plan d'action pour la deuxième étape du projet

L'estimation des profits escomptés pour chaque recommandation permet d'éliminer celles qui sont non rentables et de ranger les recommandations rentables finales selon un ordre décroissant des profits générés. Cet ordre sera utilisé pour établir le plan d'action pour la deuxième étape du projet dans lequel on retrouvera le choix des recommandations prioritaires, l'ordre de leurs implantations et les échéanciers.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Il faut souligner que dans le choix des recommandations prioritaires, d'autres facteurs non économiques peuvent être également pris en considération, comme par exemple une diminution de la pollution.

Note 4 : Échéanciers du projet

Le projet d'implantation des technologies propres doit être réalisé selon un échéancier défini au début du projet. Voici un exemple d'échéancier hypothétique pour la réalisation de la première étape du projet :

Activités	**Réalisation** (mois)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Définition des objectifs pour la première étape du projet	■											
Définition de la politique de la direction	■											
Convocation du comité spécial responsable de la réalisation du projet	■											
Formation des employés et explication de leur rôle pendant la réalisation du projet	■	■										
Rédaction d'un plan d'action d'implantation de technologies propres			■	■								
Identification des procédés les plus prometteurs				■	■	■	■					
Analyse approfondie des procédés visés par le projet						■	■	■	■			
Rédaction des recommandations techniques pour chaque procédé analysé									■	■		
Analyse économique de chaque recommandation technique. Estimation des profits escomptés										■	■	
Formulation des recommandations finales et du plan d'action pour la deuxième étape du projet												■

CSMOE, CSMOITQ © 2004

2. Deuxième étape du projet

2.1. Définition des objectifs pour la deuxième étape du projet

L'objectif de la deuxième étape est la mise en œuvre des solutions identifiées lors de la première étape du projet afin de réaliser des économies reliées à l'implantation de ces solutions et de diminuer la pollution engendrée par l'industrie.

2.2. Convocation du comité de coordination

La deuxième étape du projet nécessite également la présence d'un comité de coordination. Le comité de coordination formé pour la réalisation de la première étape du projet peut continuer ses travaux et assurer un déroulement efficace du projet. Cependant, dans le cas où les solutions techniques identifiées deviendraient très spécifiques et demanderaient une expertise particulière, le comité pourrait être élargi et inclure de nouvelles personnes possédant les expertises recherchées.

2.3. Formation des employés et explication de leur rôle pendant la réalisation du projet

Dans le cas d'un changement dans la composition du comité de coordination, une courte formation des nouveaux membres du comité sera nécessaire. La formation doit contenir un court résumé de la formation donnée au début du projet ainsi que les explications détaillées des solutions techniques retenues lors de la première étape. Il est extrêmement important d'expliquer aux membres du comité leur rôle pendant la réalisation de la deuxième étape du projet.

2.4. Établissement du plan d'implantation des solutions/recommandations retenues

Le plan d'implantation des recommandations et les échéanciers doivent être établis en étroite collaboration avec le comité de coordination. Le plus souvent la direction établit l'ordre d'implantation des recommandations à la fin de la première étape du projet. Cependant, plusieurs solutions techniques demandent, avant leur implantation, des essais en laboratoire ou à l'échelle industrielle réduite. Ces essais peuvent être réalisés à l'interne ou à l'externe. De plus, l'implantation de certaines solutions dépend des résultats des autres implantations. Finalement, l'ensemble des implantations dépend de la disponibilité des ressources humaines et des installations impliquées. Le plan d'implantation doit prendre en considération tous ces éléments, parfois difficiles à concilier. Conséquemment, il doit être bien réfléchi et établi avec une certaine souplesse.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

2.5. Réalisation du plan d'implantation établi

Dans le cas de chaque entreprise, les solutions sont bien spécifiques. Une description de la réalisation du plan d'implantation des recommandations retenues s'avère donc impossible. Cependant, malgré leur spécificité toutes ces solutions appartiennent à un type de techniques d'intervention de technologies propres. Ces techniques sont décrites dans le chapitre II de ce guide.

Le facteur crucial à prendre en considération pendant l'implantation des recommandations est une conscience constante au fait que les solutions techniques à implanter ont un caractère novateur et qu'elles contiennent toutes un ou des éléments inconnus. Une telle situation nécessite une attention particulière pour déceler toute anomalie, une analyse constante des résultats obtenus et très souvent, une modification de l'approche retenue en fonction des conclusions soutirées.

L'autre facteur important est l'aspect économique de l'implantation. Les recommandations implantées ont été économiquement évaluées dans la première étape du projet. Il faut de façon constante suivre le réalisme de ces évaluations et dans le cas d'une différence majeure entre l'estimation et la réalité, il faut effectuer les ajustements nécessaires.

Finalement, pendant l'implantation des recommandations, il ne faut pas oublier la qualité du produit réalisé dans le procédé visé par le projet. Cette qualité peut être améliorée, mais elle doit au moins rester au même niveau. Seules les solutions qui préservent la qualité du produit peuvent être retenues à moyen et long termes. Une surveillance constante de la qualité du produit pendant l'implantation des solutions est donc indispensable.

2.6. Évaluation finale du projet

À la fin du projet, il faut réaliser une évaluation finale du projet. Elle consiste à évaluer toutes les solutions implantées pendant la réalisation du projet. L'évaluation doit toucher la rentabilité à moyen et long termes des solutions implantées, mais également l'aspect environnemental des changements réalisés. Avec les données réelles déjà disponibles, une telle évaluation peut s'avérer bien utile pour l'entreprise. Elle donne une idée juste et précise sur le projet réalisé, mais surtout, elle pourra servir de source d'inspiration pour les nouvelles améliorations économiques et environnementales.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Schéma III : Déroulement d'un projet d'implantation de technologies propres

DEFINITION DES OBJECTIFS POUR LA PREMIERE ETAPE DU PROJET

↓

DEFINITION DE LA POLITIQUE DE LA DIRECTION

↓

CONVOCATION DU COMITÉ DE COORDINATION

↓

FORMATION DES EMPLOYÉS
EXPLICATION DE LEUR RÔLE PENDANT
LA RÉALISATION DU PROJET

↓

RÉDACTION D'UN PLAN D'ACTION

↓

IDENTIFICATION DES PROCÉDÉS
LES PLUS PROMETTEURS

↓

ANALYSE APPROFONDIE DES PROCÉDÉS
VISÉS PAR LE PROJET
(MESURES, CALCULS, ESTIMATIONS)

↓

RÉDACTION DES RECOMMANDATIONS TECHNIQUES
POUR CHAQUE PROCÉDÉ ANALYSÉ

↓

ANALYSE ÉCONOMIQUE DE CHAQUE
RECOMMANDATION TECHNIQUE

↓

FORMULATION DES RECOMMANDATIONS
FINALES ET DU PLAN D'ACTION POUR
LA DEUXIEME ETAPE DU PROJET

↓

PREMIERE ETAPE

IDENTIFICATION
DES SOLUTIONS TECHNIQUES
ECONOMIQUEMENT JUSTIFIABLES PAR :

- ANALYSE DES PROCEDES
- ANALYSE DES METHODES DE LA GESTION :
  - DE L'EAU
  - DE L'ENERGIE
  - DES EFFLUENTS
  - DES DECHETS SOLIDES
  - DES REACTIFS CHIMIQUES

AUGMENTATION
DE LA PRODUCTIVITÉ
DE L'ENTREPRISE PAR :

- CRÉATION D'UNE NOUVELLE DYNAMIQUE AU SEIN DE L'ENTREPRISE
- AMÉLIORATION DE LA COMMUNICATION ENTRE LES EMPLOYÉS ET LES DÉPARTEMENTS

↓

DEFINITION DES OBJECTIFS POUR
LA DEUXIEME ETAPE DU PROJET

↓

ÉTABLISSEMENT DU PLAN D'IMPLANTATION DES
SOLUTIONS/RECOMMANDATIONS RETENUES

↓

RÉALISATION DU PLAN D'IMPLANTATION ÉTABLI

↓

EVALUATION FINALE DU PROJET

DEUXIÈME ÉTAPE

MISE EN ŒUVRE DE SOLUTIONS
IDENTIFIÉES LORS DE LA PREMIÈRE ÉTAPE
DU PROJET

RÉALISATION DES ÉCONOMIES RELIÉES
À L'IMPLANTATION DE CES SOLUTIONS

DIMINUTION DE LA POLLUTION

QUALITÉ DES PRODUITS AMÉLIORÉE OU ÉGALE À LA QUALITÉ INITIALE

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Notes bibliographiques

[1] Anonyme, *Cleaner production in textile wet processing*, United Nation Environment Programme, March 1996.

[2] Anonyme, Manual : *Best management practices for pollution prevention in the textile industry*, U.S. Environmental Protection Agency, EPA/625/R-96/004, September 1996.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Troisième partie

Exemples de mise en pratique

Chapitre IV
Pollution industrielle

La pollution générée par l'industrie textile n'est qu'une partie d'un ensemble de problèmes environnementaux qui doivent être réglés. Plusieurs sociétés ont connu des crises environnementales variées et ce, depuis des siècles. Par exemple, nous pouvons citer la situation à Londres au 19ème siècle[1]. Dans cette ville, l'urbanisation, l'une des conséquences de l'industrialisation massive, a engendré des problèmes criants de déchets urbains et de rejets d'égouts. Ces derniers ont notamment créé des invasions de rats vecteurs de maladies et responsables de la détérioration des installations de la collecte des égouts. La concentration d'activités textiles dans certaines régions a également provoqué des crises environnementales ponctuelles. Ainsi, nous pouvons citer le cas des villes de Verviers en Belgique et de Bradford en Angleterre où le lavage de la laine brute, un procédé particulièrement polluant, a été réalisé sur une grande échelle.

Au cours des deux derniers siècles, les crises environnementales ponctuelles ont surgi à travers le monde. L'industrialisation massive de ces 200 dernières années et l'augmentation très importante de la population et de la consommation, sont les principaux responsables de la détérioration de l'environnement à l'échelle de la planète.

La synthèse chimique demeure l'une des plus sérieuses sources de pollution de l'environnement, notamment par la fabrication des colorants synthétiques dans la deuxième moitié du 19ème siècle. Les colorants et les médicaments synthétiques sont ensuite apparus, suivis des fibres artificielles et synthétiques (dans les années vingt du 20ème siècle). La planète a subi également une pollution énorme par l'ajout d'autres substances chimiques synthétiques utilisées sur une grande échelle telles que les détergents, les pesticides et les engrais chimiques, pour ne mentionner que les plus notables. On fait usage maintenant de plus de 80 000 substances chimiques, auxquelles s'ajoutent plus d'un millier d'autres tous les ans[2].

Par cette pollution générée par le secteur chimique, ajoutée à celle des autres secteurs de la fabrication tels celui de l'énergie (pétrole, charbon, nucléaire), le 20ème siècle pourrait être appelé celui de la pollution chimique.

La montée de la société de consommation qui s'est étendue au milieu du 20ème siècle en l'Amérique, en Europe de l'Ouest, au Japon et dans quelques autres pays développés, a contribué à l'augmentation vertigineuse de l'utilisation de biens et de matériaux, accentuant ainsi les problèmes de pollution.[3] Cette utilisation accrue de matières premières a entraîné des dommages environnementaux considérables dans plusieurs communautés vivant à proximité de mines, de forêts ou de zones agricoles. L'humanité commence à prendre conscience que la pollution ne peut pas continuer ainsi. Les quantités de polluants, autrefois relativement restreintes, ont aujourd'hui dépassé la capacité d'absorption des cycles naturels. Les exemples de menaces pour l'ensemble de notre planète commencent à se multiplier : la

CSMOE, CSMOITQ © 2004

disparition de la couche d'ozone à cause d'utilisation de composés organochlorés et organofluorés, le réchauffement de la planète provoqué par le dégagement de quantités excessives du dioxyde de carbone, la réduction de la vie aquatique engendrée notamment par l'utilisation excessive d'engrais riches en azote et en phosphore. La situation doit s'améliorer, puisqu'elle continue à se détériorer dans plusieurs secteurs d'activités et ce, malgré les efforts considérables entrepris au cours des dernières décennies.

Plusieurs approches ont été utilisées jusqu'à maintenant dans le domaine de la protection de l'environnement. Jusqu'aux années soixante du 20ème siècle, la protection de l'environnement ne fait pas partie intégrante des agendas des gouvernements : l'humanité produit et pollue sans réel souci pour les rejets industriels. Il faut attendre les années soixante pour que des mesures plus sévères et systématiques de protection de l'environnement soient mises en œuvre.

Pendant ces années, la dilution des rejets commence à être utilisée comme méthode de protection de l'environnement. Nous sommes conscients aujourd'hui que la dilution des rejets ne constitue pas un moyen adéquat. En réalité, le problème n'est que repoussé dans le temps et, dans certains cas, a même été aggravé. Aujourd'hui, cette technique est devenue interdite dans plusieurs pays industrialisés.

Dans les années soixante-dix, le traitement des rejets industriels dans les stations municipales ou à la sortie de l'usine devient de plus en plus employé pour réduire la pression exercée sur les milieux écologiques récepteurs. Cette approche est encore utilisée de nos jours. Cependant, le traitement des rejets est coûteux et constitue toujours une dépense pour les entreprises et les municipalités. Son application est donc limitée par des considérations économiques. De plus, ces traitements ont commencé à être utilisés dans le contexte de la croissance très rapide de la production et de la population, ce qui élève davantage les coûts. Les bénéfices pour l'environnement de cette approche n'ont pas été spectaculaires et n'ont pas permis de bloquer la croissance de la pollution globale de la Terre. Enfin, le traitement des rejets génère des boues et des résidus qui doivent être finalement envoyés à l'enfouissement, ce qui relègue encore le problème ailleurs.

Dans les années quatre-vingts, le recyclage des rejets commence à être appliqué pour la protection de l'environnement. Le recyclage permet d'une part, de réduire la quantité des rejets et d'autre part, il offre la possibilité de générer des économies ou des revenus. Ces derniers renforcent de façon substantielle cette approche de la protection de l'environnement, car ils rendent ce processus plus justifiable au niveau économique. L'application de normes environnementales commence, dans certains cas, à être moins coûteuse.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Finalement, dans les années quatre-vingt-dix, l'approche des technologies propres apparaît comme un moyen durable de réduction de la pollution. Cette approche intègre le recyclage comme une méthode valide de la réduction des rejets et va encore plus loin dans le développement durable en intégrant, à la source, des actions de prévention de la pollution. Au lieu de miser seulement sur le traitement souvent très coûteux des rejets, il faut organiser la production de telle sorte que la génération des rejets soit minime ou non existante. La pollution est alors réduite à la source. L'application des technologies propres génère de plus des économies. En conséquence, la protection de l'environnement cesse d'être vue seulement comme une dépense et devient une source potentielle de réduction des coûts de production et donc d'augmentation de la rentabilité.

Malgré tous les efforts des dernières années, la pollution industrielle reste toujours fortement présente. Une augmentation future de cette pollution pourrait conduire à une situation où la capacité d'assimilation de la pollution par la Terre serait dépassée. Déjà, les premiers symptômes d'une telle situation apparaissent. On qu'à penser à la disparition de la couche d'ozone et au réchauffement de la Terre. Des actions rapides et énergiques sont donc nécessaires pour pouvoir au moins arrêter la croissance de la pollution industrielle. La mise en œuvre de technologies propres fait partie des actions à entreprendre et l'industrie textile a un rôle à jouer dans ce sens.

Notes bibliographiques

[1] Glick, Thomas F., *Science, Technology, and the Urban Environment : The Great Stink of 1858* in Bilsky, Lester J. (Ed.) *Historical Ecology, Essays on Environment and Social Change*, Kennikat Press Corp., Port Washington, 1980. p. 125.

[2] Curtis, Clifton, Olsen, Cynthia P., *Targeting Toxic Chemicals on the Way to the Johannesburg Summit*, *Opinion, World Summit on Sustainable Development*, International Institute for Environment and Development, September 2001, p. 1.

[3] Young, John E., Sachs, Aaron, The Next Efficiency Revolution : *Creating a Sustainable Materials Economy*, Ed Ayres (Ed), Worldwatch Paper 121, September, 1994, p. 10.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Quatrième partie

Exercices, bibliographie et annexes

Chapitre V
Types de déchets générés par l'industrie textile

L'industrie textile représente l'un des plus importants secteurs industriels. C'est également un secteur où les procédés de fabrication sont très complexes. Cette complexité est causée par la diversité de ses procédés et des équipements qui sont destinés à traiter une grande variété de matières premières. La complexité des méthodes de fabrication, aggravée par les variations dictées par la mode, se reflète au niveau des déchets générés par l'industrie textile. Chaque usine génère son propre type de déchets selon son profil de fabrication. En conséquence, la caractéristique des déchets textiles varie selon les procédés de fabrication. Cependant, il est possible de préciser quelques généralités sur les déchets textiles :

- importance de la pollution : l'industrie textile occupe la sixième place parmi les industries polluantes, juste derrière les industries telles que la chimie, les pâtes à papier et le raffinage de pétrole[1] ;
- types des déchets (rejets) : environ 86 % de la pollution produite par l'industrie textile est concentrée dans l'eau et 11 % dans l'air[2]. Le 3 % restant est constitué de déchets solides qui sont traités ou disposés, en général, dans des lieux d'enfouissement ;
- destinations des déchets : aux États-Unis, en 1989, 52 % des effluents textiles ont été rejetés dans les différents cours d'eau et 34 % dans des stations d'épuration via le réseau de la canalisation publique[3]. Au Québec, presque la totalité des effluents textiles est actuellement rejetée dans le réseau d'égouts publics et traitée dans les stations d'épuration municipales. En 1999, seulement 7 usines utilisant des procédés au mouillé sur 101 usines répertoriées n'ont pas été raccordées à un réseau municipal[4].

CSMOE, CSMOITQ © 2004

1. Rejets gazeux

Les rejets gazeux textiles par rapport aux rejets liquides sont considérés comme moins importants et moins dangereux. Cependant, on retrouve sans ces déchets plusieurs substances toxiques comme le formaldéhyde ou les solvants organochlorés. Leurs concentrations restent pourtant relativement faibles et les volumes de gaz ne sont pas très importants. C'est pourquoi, dans la majorité du cas, les rejets gazeux ne sont pas traités. Ils sont composés principalement des :

- gaz rejetés par les chaudières (bouilloires) à gaz ou à mazout ;
- gaz rejetés par les rames de finition et par les séchoirs contenant des vapeurs de substances organiques, utilisées pour l'enduction et pour d'autres procédés d'apprêtage ;
- gaz rejetés par les systèmes de ventilation contenants les vapeurs des substances volatiles organiques et inorganiques, utilisées dans les procédés de finition.

Il faut souligner que les gaz rejetés peuvent être une source d'énergie à récupérer. Présentement, une telle récupération est assez rare dans l'industrie textile québécoise et canadienne.

2. Déchets solides

L'importance des déchets solides textiles est plus élevée que celle des rejets gazeux surtout en terme du volume. Cependant, leur toxicité est moins élevée à quelques exceptions et le principal problème de ces déchets est son volume. À cause de son volume, de sa toxicité faible et à cause de la présence dans ces déchets de plusieurs matières à recycler les déchets solides peuvent être, en bonne partie, récupérées et recyclées. Présentement, au Québec et au Canada, le recyclage de ces déchets n'est pas très développé même si des améliorations sont observées au cours de la dernière décennie. Aux États-Unis, en 1989, 70 % de déchets solides ont été incinérés ou envoyés dans des lieux d'enfouissement et uniquement 23 % ont été recyclés. En 1994, cette proportion était presque renversée : 33 % se sont retrouvés dans les lieux d'élimination et 65 % ont été recyclés[5]. La nature des déchets solides textiles varie selon les procédés de fabrication. Néanmoins, il est possible d'établir une liste des catégories de matière que l'on peut retrouver dans les déchets solides des usines d'ennoblissement textile (Tableau V-1) et dans les usines textiles dans son ensemble (Tableau V-2).

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Tableau V-1 : Types de déchets solides d'une usine textile d'ennoblissement

Provenance interne du déchet	Types de déchets
Secteur de la production	Résidus solides extraits des effluents traités : fibres décantées ou tamisées, boues d'épuration, latex résiduaire, mousses de poussières provenant du tissage, retailles sèches ou humides de tissus.
Emballage/transport	Cônes de carton ou de plastique contenant ou non des restes de fil ; Matériel d'emballage (carton, plastique, ruban adhésif, etc) ; Barils ; Palettes de transport de marchandise.
Nettoyage	Balayures de plancher ; Souillures par les solvants ; Souillures par les huiles usées.
Maintenance	Piles ; Fluorescents et autres ampoules.
Administration	Papiers, cartes de qualité, cartes d'identification ; Verre ; Plastiques ; Cartouches d'encre des photocopieurs, télécopieurs et imprimantes.
Autres	Déchets de cafétéria ; Matière organique issue de l'aménagement extérieur (feuille d'arbre, pelouse, etc.).

Les substances comme les boues d'épuration, les piles, les produits fluorescents peuvent contenir des métaux lourds et présenter un danger pour l'environnement.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Tableau V-2 : Types des déchets solides identifiés dans les usines textiles aux États-Unis[6]

Provenance interne du déchet	Types du déchet
Secteur de la production	Déchets de fibres, déchets de tissus, déchets de tricot, déchets de tapis ; Mousse de latex, fils et fils encollés, déchets de dos de tapis ; Mousses de poussières provenant du tissage ; Retailles sèches ou humides de tissus, lisières.
Emballage/transport	Cônes de carton ou de plastique ; Matériel d'emballage (carton, plastique, ruban adhésif, etc.) ; Barils en plastique, barils en métal, contenants en plastique, films de plastique ; Palettes de bois, sac de plastique et de papier.
Maintenance/nettoyage	Cendres, chiffons pour essuyer le plancher, déchets d'atelier mécaniques, résidus solides ; Extraits des effluents traités, balayures de plancher, déchets métalliques.
Administration	Papiers de bureaux, verre, canettes d'aluminium.

L'analyse de la génération des déchets solides dans une usine permet d'identifier plusieurs possibilités de réduction de leur quantité. Cela permet de réduire les coûts de l'élimination de ces matières et de minimiser leur impact sur l'environnement. De plus, de nombreux changements au niveau des modes d'emballage, de l'utilisation des photocopieurs et imprimantes et d'autres pratiques dans l'usine peuvent réduire les coûts des achats des matières premières, réduire la production de déchets et générer des économies substantielles.

3. Rejets liquides

Parmi les trois types de rejets textiles, les rejets liquides sont les plus importants en terme de volume et de toxicité. Ces rejets sont générés surtout par les procédés humides d'ennoblissement. En 1999, 145 usines textiles utilisaient les procédés humides au Canada dont 84 (58%) au Québec et 50 (34 %) en Ontario[7].Les rejets liquides textiles présentent trois grandes caractéristiques :

- un grand volume : au Canada, les usines textiles utilisant les procédés humides ont rejeté, en 1996/1997, 105 323 m^3 d'effluents par jour[8] ;
- une grande diversité de substances chimiques : au Canada, 7 usines textiles auditées en 1989 utilisaient plus de 400 différentes substances chimiques[9] ;
- la nécessité d'un traitement des effluents avant leur rejet dans un cours d'eau à cause de leur toxicité aquatique[10] : au Canada, 5 usines textiles ont leur propre système du traitement des effluents, les 140 autres usines rejettent leurs effluents dans les systèmes d'égout municipaux[11].

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Tableau V-3 : Classification des contaminants textiles selon leurs effets environnementaux[12]

Types de contaminants	Effets environnemental	Contaminants
Contaminants inorganiques	Relativement inoffensifs	Alcalis
		Acides minéraux
		Sels : chlorures, sulfates, phosphates, silicates
		Oxydants : peroxyde d'hydrogène, chlore, bioxyde de chlore
Contaminants avec une valeur de la DBO de moyenne à élevée	Facilement biodégradables	Agents d'encollage basés sur l'amidon
		Huiles, graisses et cires végétales
		Surfactants biodégradables (alkylanioniques linéaires, composés polyoxyéthylène avec des chaînes courtes)
		Acides organiques (formiques, acétiques, oxalique)
		Réducteurs (sulfures, sulfites, thiosulfates)
Colorants et polymères	Difficilement biodégradables	Colorants et agents d'avivage fluorescents
		La plupart des impuretés des fibres synthétiques et des polymères
		Agents d'encollage polyacryliques
		Agents polymériques synthétiques (apprêt antipli, agents d'ignifugation, fluorocarbones)
		Silicones (agents antimousses, agents hydrofuges)
Contaminants avec valeurs de DBO moyenne	Difficilement biodégradables	Graisse de la laine
		Agents d'encollage type PVA
		Esters et éthers d'amidon
		Huiles minérales
		Surfactants (tensio-actifs) résistant à la biodégradation (anioniques aromatiques ou avec les chaînes aliphatiques ramifiées, composés polyoxéthylène avec les chaînes longues)
Contaminants avec des valeurs du DBO négligeables	Impropres au traitement biologique conventionnel	Formaldéhyde et réactifs N-méthylol
		Formaldéhyde et réactifs N-méthylol
		Solvants et véhiculaires chlorés
		Adoucissants cationiques
		Agents biologiquement actifs (pentachlorophénol, complexes organo-métaliques, insecticides)
		Agents de complexation/séquestrants (EDTA, NTA)
		Sels de métaux lourds (Cr, Cu, Hg, Cd, Sb)

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Tableau V-4 : Types et quantités des réactifs chimiques utilisés par les usines textiles canadiennes[13]

Types de réactif	Consommation (tonnes/an)	Types de réactif	Consommation (tonnes/an)
Acides/alcalis	6260	Colorants de cuve (VAT)	168
Auxiliaires de teinture	4200	Adoucissants	145
Agents de finitions	4100	Réactifs divers	140
Colorants au souffre	583	Colorants au naphtol	71
Véhiculaires de colorants	370	Huiles lubrifiants	60
Détergents/savons/ auxiliaires	250	Colorants acides et métallifères	38
Réactifs de blanchiment	250	Colorants réactifs	23
Colorants dispersés	208	Colorants directs	3
Pigments	180	Colorants basiques (cationiques)	2

Exercices :

1. Décrire les principaux déchets solides générés par une usine textile connue.
2. Décrire les déchets gazeux générés par un département d'apprêtage connu.
3. Choisir une usine textile d'ennoblissement connue et énumérer les principaux contaminants présents dans les effluents de cette usine.

Notes bibliographiques

[1] Anonyme, Textiles ranks 6th in toxic waste, *Textile Word*, 1989, (8), 23-24.

[2] Anonyme, Textiles ranks 6th in toxic waste, *Textile Word*, 1989, (8), 23-24.

[3] Anonyme, Textiles ranks 6th in toxic waste, *Textile Word*, 1989, (8), 23-24.

[4] Ministère de l'Environnement du Québec, *25 ans d'assainissement des eaux usées industrielles au Québec : un bilan*, 1999.

[5] U.S. Environmental Protection Agency, Manual : *Best Management Practices for Pollution Prevention in Textile Industry*, EPA/625/R-96/004, September 1996, page 20.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

[6] U.S. Environmental Protection Agency, Manual : *Best Management Practices for Pollution Prevention in Textile Industry*, EPA/625/R-96/004, September 1996, page 21.

[7] Environment Canada, *Canadian Textile Mills*, Microsoft Access database, Environment Canada, Dartmouth, Nova Scotia (2000).

[8] Environment Canada, *Canadian Textile Mills*, Microsoft Access database, Environment Canada, Dartmouth, Nova Scotia (2000).

[9] Chen E.C., *Environmental assessment of the textile industry*, Environment Canada, Chemical Industrial Division, Industrial Programs Branch. Report EPS 5/TX/1, June 1989, Ottawa, ON.

[10] Government of Canada, Environment Canada, Ecological Risk *Assessment of Textile Mill Effluents in Canada under the Canadian Environmental Protection Act (CEPA)*, Document non publié.

[11] Environment Canada, *Canadian Textile Mills*, Microsoft Access database, Environment Canada, Dartmouth, Nova Scotia (2000).

[12] Park J., Shore J., Water for the dyehouse : supply, consumption, recovery and disposal, *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 1984, 100 (12), 383-399.

[13] Environment Canada, *Canadian Textile Mills*, Microsoft Access database, Environment Canada, Dartmouth, Nova Scotia.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Chapitre VI
Consommation d'eau et d'énergie par l'industrie textile

La consommation d'eau et d'énergie sont deux facteurs importants de rentabilité d'une usine textile. De plus, selon toutes les prévisions, l'importance de ces deux facteurs augmentera de façon significative dans un prochain avenir. Les signaux d'une telle tendance sont bien visibles. Aux États-Unis, on observe déjà un manque d'énergie et la mise en œuvre de solutions visant une augmentation de la production d'énergie nécessitera du temps. L'une des solutions durables est de diminuer de la consommation d'énergie. Pour l'eau, plus on se déplace vers le sud de notre hémisphère, plus on manque d'eau. Pourtant, la production textile se déplace vers le sud à cause du coût plus faible de la main-d'œuvre. Le problème du manque d'eau est donc déjà bien visible dans les pays du sud. On retrouve également ce problème dans les pays nordiques, notamment dans certaines régions d'Europe, où la densité de la population est élevée. L'apparition de ce problème au Québec et au Canada n'est qu'une question de temps. Pour cette raison, le sujet de la consommation d'eau et d'énergie mérite une grande attention de la part de l'industrie textile.

Le présent chapitre présente les données relatives à la consommation d'eau et d'énergie dans différentes usines textiles. Certaines données sont relativement anciennes, mais elles sont citées pour donner un aperçu de la situation (par exemple le tableau VI-1). Les autres données permettront au lecteur de situer une usine dans un contexte plus large et inciteront peut-être le mise en œuvre d'actions en vue de diminuer la consommation d'eau et d'énergie.

Nous avons décidé de présenter les donnés sur la consommation d'eau et d'énergie de manière séparée pour faciliter la lecture et l'analyse des données. Cependant, nous sommes parfaitement conscients que les deux consommations sont interdépendantes. La consommation d'énergie dépend beaucoup de la consommation d'eau et la consommation d'eau dépend également, dans une moindre mesure, de la consommation d'énergie, comme nous démontrent les donnés citées ci-après.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

1. Consommation d'eau dans l'industrie textile

L'industrie textile est l'une des plus grandes consommatrices d'eau. Plusieurs études ont démontré de grands écarts entre les valeurs minimum et maximum de consommation d'eau des différents types de procédés textiles. Les valeurs moyennes sont donc utilisées pour pouvoir caractériser un procédé. La consommation moyenne d'eau dans une industrie textile dépend surtout du type de fibre traitée, de la nature des produits fabriqués et des procédés et appareils utilisés (rapport du bain).

Aux États-Unis, la consommation moyenne d'eau dans l'ensemble de l'industrie textile est de presque 100 litres/kg produit[1] alors qu'au Canada elle dépasse légèrement les 100 litres/kg produit[2]. Les tableaux VI-1 à VI-9 présentent la consommation d'eau en fonction de différents facteurs.

N'oublions pas que le coût total de l'utilisation de l'eau est la somme du coût de l'eau fraîche, du coût du prétraitement et du coût de l'épuration. Dans certaines conditions, l'eau peut donc coûter plus cher que certains réactifs chimiques.

Tableau VI-1 : Consommation moyenne d'eau dans l'industrie textile[3]

Fibres	**Consommation** (l/kg)	
	1966	1975
Laine	150 – 550	75 – 300
Coton	100 – 300	50 – 200
Fibres synthétiques	25 – 200	10 – 100

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Tableau VI-2 : Consommation d'eau dans les usines textiles aux É.-U[4]

Types d'usine (nombre d'usines)	Nombre d'usines auditées	Consommation d'eau litre/kg produit		
		Minimum	Moyenne	Maximum
Lavage laine	12	4	12	78
Finition laine	15	111	284	657
Procédés avec faible consommation d'eau	13	1	9	140
Tissus - procédés simples	48	12	78	275
Tissus - procédés complexes	39	11	87	277
Tissus - procédés complexes + désencollage	50	5	113	508
Tricots - procédés simples	71	8	136	392
Tricots - procédés complexes	35	29	83	377
Tricots - bas/chaussettes	116	6	69	289
Tapis - finition	37	8	47	162
Tapis - finition	116	3	100	557
Non-tissés - production	11	2	40	83
Tissus feutrés	11	33	212	931

Tableau VI-3 : Consommation d'eau dans les usines textiles canadiennes utilisant les procédés humides[5]

Types d'usine (nombre d'usines)	Nombre d'usines auditées	Consommation d'eau litre/kg produit		
		Minimum	Moyenne	Maximum
Finition des produits tricotés	44	7	168	697
Finition des produits tissés	28	11	159	484
Finition en bourre/fil	12	30	146	385
Finition des tapis	8	22	83	153
Finition des produits lainiers	7	37	138	348
Finition des produits non tissés	7	1	25	63

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Tableau VI-4 : Répartition de la consommation d'eau par type de produit et par type d'opération[6]

Procédés humide	Coton %	Laine %	Fil continu %
Lavage laine en suint	-	11	-
Carbonisage	-	2	-
Désencollage	8	-	10
Débouillissage - Lavage Désensimage	10	31	8
Mercerisage	4	-	-
Blanchiment	24	-	-
Teinture	28	47	57
Impression	20	4	14
Apprêts	6	5	11
Total	100	100	100

Tableau VI-5 : Consommation d'eau dans les procédés humides[7]

Procédés/type de produit	Consommation d'eau (l/kg)
Teinture/tissus coton	100 – 180
Impression/tissus coton	140 – 200
Teinture/tricots coton	80 – 140
Teinture/fils coton	100 – 140
Teinture/matières textiles synthétiques	60 – 90

Tableau VI-6 : Consommation d'eau dans les opérations de teinture et d'impression selon le type de fibre[8]

Fibres	Consommation d'eau (litre/kg produit)
Coton	8,5 – 300,0
Laine	16,7 – 25,0
Rayonne	16,7 – 33,5
Acétate	33,5 – 50,0
Nylon	16,7 – 33,5
Acrylique	16,7 – 33,5
Polyester	16,7 – 33,5

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Tableau VI-7 : Consommation d'eau dans le procédé de teinture par type de fibre et par type de produit[9]

Produits	**Consommation d'eau** (litre/kg produit)
Vêtements en laine	265 – 465
Chaussettes en nylon	125 – 150
Bas de nylon	100 – 240
Vêtements en acrylique	100 – 230
Tissus en fibres synthétiques	65 – 190
Écheveaux en laine	40 – 65

Tableau VI-8 : Consommation d'eau d'une usine de finition du coton selon le type d'opération[10]

Procédés	**Consommation d'eau**	
	l/kg de matière traitée	% de la consommation totale
Désencollage	4	1
Lavage	20	5
Blanchiment	180	47
Mercerisage	7	2
Teinture	30	8
Impression	25	6
Rinçage	110	29
Apprêts	5	1
TOTAL	381	100

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Tableau VI-9 : Consommation d'eau selon le type de machine de teinture[11]

Types de machine	Rapport du bain	Consommation d'eau (l/kg)
Système continu	1 : 1	167
Bac à tourniquet	17 : 1	234
Jet	12 : 1	200
Jigger	5 : 1	100
Teinture sur ensouple	10 : 1	167
Teinture sur bobine	10 : 1	184
Teinture à palette	40 : 1	292
Teinture en bourre	12 : 1	167
Teinture en écheveaux	17 : 1	250

2. Consommation d'énergie dans l'industrie textile

L'industrie textile consomme beaucoup d'énergie. Elle occupe la 10ème place parmi les industries consommatrices d'énergie[12]. Les besoins en énergie varient selon les différentes étapes de fabrication. Les coûts énergétiques de la matière produite sont présentés dans le tableau VI-10.

Tableau VI-10 : Coûts énergétiques de la matière produite[13]

Matière textile produite	Coûts énergétiques (FF/kg)	
	Toutes énergies	Électricité
Ennoblissement textile	2,2	0,9
Fabrication d'articles à maille	2,5	1,0
Fabrication d'étoffes à maille	2,2	1,3
Filature	1,5	1,1
Industries textiles (ensemble)	2,9	1,8
Intégré tissage/ennoblissement	1,1	0,8
Moulinage - texturation	1,8	1,6
Tissage	1,3	0,9

Selon une estimation américaine[14] le coût énergétique de la fabrication d'une matière textile est de 0,02 à 0,08 $US/livre textile (0,044 à 0,177 $US/kg textile).

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Selon d'autres sources[15] la répartition de la consommation de l'énergie dans l'industrie textile est la suivante :

- Pertes/chaufferie . . . . . .18 %
- Pertes/distribution . . . . . .16 %
- Traitements au mouillé . . . . . .34 %
- Traitements de séchage . . . . . .22 %
- Chauffage des locaux . . . . . .10 %

La majorité (65 %) de l'énergie nécessaire pour produire un produit textile est consommée par l'ennoblissement. La consommation moyenne d'énergie par l'ennoblissement textile est de 2,47 KWh/kg textile (6180 kcal/kg) et elle se répartit comme suit :

- Traitements au mouillé à chaud . . . . . 35 %
- Séchages . . . . . 54 %
- Utilisation des moteurs électriques . . . . . 11 %

Plus la consommation d'eau est élevée dans les procédés d'ennoblissement, plus la consommation d'énergie augmente. Ainsi, la teinture des fils consommant 67 l/kg requiert 5 kWh/kg alors que l'ennoblissement des dentelles qui consomme 469 l/kg nécessite 47 kWh/kg [16].

Exercices :

1. Comparer la consommation d'eau pour la fabrication des produits textiles suivants :
   - produits en coton, en laine et en fibres synthétiques ;
   - produits en tissus et produits en tricots.

2. Comparer la consommation d'eau pour la teinture et pour l'impression.

3. Énumérer les étapes qui consomment le plus d'eau dans les procédés suivants :
   - ennoblissement du coton ;
   - ennoblissement de la laine.

4. Ranger les appareils de teinture selon l'ordre croissant de la consommation d'eau.

5. Quelle est la consommation d'eau (en l/kg) dans votre usine ? Comparer cette consommation avec les données bibliographiques.

6. Comparer le coût énergétique de la fabrication d'un kg de produit textile produit en France (Tableau VI-10) et en Amérique (É.-U.) en sachant que 1 $US = 6 FF.

7. Calculer la consommation d'énergie de l'industrie textile en kWh/kg textile à partir de données présentées dans le tableau VI-10 en sachant que 1 kWh coûte 0,90 FF.

8. Quelle est la consommation d'énergie (en kWh/kg) dans votre usine ? Comparer cette consommation avec les données bibliographiques.

9. Quels produits chimiques dans votre usine coûtent moins chers que l'eau ?

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Notes bibliographiques

[1] During G, *American Dyestuff Reporter*, 1981, 70(1), 26.

[2] Environment Canada, *Canadian Textile Mills*, Microsoft Access database, Environment Canada, Dartmouth, Nova Scotia, 1999.

[3] During G, *American Dyestuff Reporter*, 1981, 70(1), 26.

[4] During G, *American Dyestuff Reporter*, 1981, 70(1), 26.

[5] Environment Canada, *Canadian Textile Mills*, Microsoft Access database, Environment Canada, Dartmouth, Nova Scotia, 1999.

[6] Kramar L., Éviter la pollution de l'eau, état des lieux et solution, *L'industrie textile*, 1995, 1266(6), 44-48

[7] Anonyme, *Ciba-Geigy Ltd, Industry Services*, Internal document, 1990.

[8] Anonyme, Étude du traitement au mouillé des textiles et des techniques de lutte contre la pollution, *Environnement Canada, Rapport EPS-3-WP-82-5F*, 1982, page 16.

[9] Jaeckel, Knight, Pyle, *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 1976, 92, 157, selon : Park J., Shore J., Water for the dyehouse : Supply, consumption, recovery and disposal, *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 1984 100(12), 383-399.

[10] During G, *IFATCC Symposium*, Barcelona 1975, selon : Park J., Shore J., Water for the dyehouse : Supply, consumption, recovery and disposal, *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 1984, 100(12), 383-399.

[11] Smith B., Rucker J., Water and textile wet processing - part I, *American Dyestuff Reporter*, 1987, 76(7), 15-24.

[12] Cooper S.G., *The textile industry, environmental control and energy conservation*, Noyes Data Corporation, Park-Ridge, New Jersey, USA, 1978, Pollution Technology Review No.42, Energy Technology Review No.28, page 70.

[13] Riou S., Energie et environnement, *L'industrie textile*, 1999, 1308(4), 65-68.

[14] Cooper S.G., *The textile industry, environmental control and energy conservation*, Noyes Data Corporation, Park-Ridge, New Jersey, USA, 1978, Pollution Technology Review No.42, Energy Technology Review No.28, page 70.

[15] Simonet G., *Guide des techniques de l'ennoblissement textile*, SPIET, Paris, 1982, pages 39-41.

[16] Bart A., Boclet J.C., Mieux gérer l'eau et l'énergie, *L'industrie textile*, 1998, 1304(12), 65-67.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Chapitre VII
L'eau comme médium de base pour les procédés d'ennoblissement textile

L'eau est une matière première de base pour l'industrie textile. Le secteur de l'ennoblissement textile consomme une grande part de cette eau. Le contrôle des matières premières est une des techniques les plus importantes de technologies propres. L'eau, comme matière première d'importance, doit donc être contrôlée de façon constante et efficace. L'utilisation de l'eau de qualité impropre aux procédés d'ennoblissement peut conduire à de sérieux problèmes de production et de qualité du produit fini. De plus, cette utilisation peut être également la source d'une baisse de productivité et de rentabilité de la compagnie ainsi qu'une source de pollution supplémentaire qui peut être évitée. Les caractéristiques de l'eau destinée aux procédés d'ennoblissement et les méthodes de préparation de cette eau pour ces procédés sont présentées dans ce chapitre. La troisième partie du chapitre est consacré à une utilisation rationnelle des agents séquestrants.

1. Caractéristiques de l'eau destinée aux procédés d'ennoblissement textile

Voici les paramètres les plus importants à contrôler pour l'utilisation de l'eau dans les procédés d'ennoblissement :

- contenu en calcium et magnésium (dureté) exprimé en meq/l ou en ppm de $CaCO_3$;
- alcalinité (contenu en carbonate de sodium et bicarbonate de sodium) exprimé en meq/l ou en ppm de $CaCO_3$;
- pH;
- concentration en métaux (Fe, Cu, Mn et Zn) exprimé en ppm;
- turbidité : ce paramètre permet d'évaluer la quantité de matières en suspension essentiellement colloïdale;
- couleur (pour l'eau recyclée) exprimée en unités Co-Pt ou en unités ADMI.

Chaque paramètre présenté ci-dessus peut influencer de façon négative (et parfois de façon positive) les différents procédés d'ennoblissement. Une bonne connaissance de ces effets est essentielle pour une utilisation rationnelle d'eau. Les caractéristiques de l'eau fraîche au Québec sont présentées au tableau VII-1 et celles des États-Unis au tableau VII-2. Dans le tableau VII-3 on retrouve une classification des eaux selon leur dureté.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Tableau VII-1 : Caractérisation de l'eau au Québec[1]

Régions – cours d'eau	Dureté totale moyen (ppm $CaCO_3$)
Fleuve Saint-Laurent	120
Rivière Outaouais	60

Tableau VII-2 : Caractérisation de l'eau fraîche à l'entrée des usines textiles dans la partie sud-est des États-Unis[2]

Types de contaminant	Équivalent	Concentration du contaminant (ppm)		
		Moyenne de 10	Minimum	Maximum
Calcium	$CaCO_3$	12,9	1,0	46,5
Magnésium	$CaCO_3$	3,8	1,5	7,8
Sodium	$CaCO_3$	36,0	5,7	78,1
Alcalinité bicarbonate	$CaCO_3$	27,7	10,0	110,0
Alcalinité carbonate	$CaCO_3$	1,4	0,0	10,0
pH	-	7,2	5,7	7,8
Fer	Fe^{2+}	0,1	0,01	0,31
Cuivre	Cu^{2+}	0,02	0,01	0,10
Manganèse	Mn^{2+}	0,01	0,0	0,05
Zinc	Zn^{2+}	0,11	0,0	0,24

Tableau VII-3 : Classification des eaux selon la dureté[3]

Qualité de l'eau	Dureté totale	
	mg/l de $CaCO_3$	meq/l
eau douce	< 60	< 1,2
eau légèrement dure	60 – 120	1,2 – 2,4
eau dure	120 – 180	2,4 – 3,6
eau très dure	> 180	> 3,6
valeur optimale	≅ 80	≅ 1,6

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Aux impuretés de l'eau fraîche s'ajoute la contamination interne. Cette contamination n'est pas négligeable surtout pour les métaux lourds tels que le Fe, Cu, Mn et Zn. Les principales sources de contamination interne sont :

- puits internes utilisés pendant une panne d'approvisionnement;
- textiles grèges et autres substrats;
- valves et plomberie (soudures);
- machines (par exemple kier);
- procédé précédant dans le cas de l'eau réutilisée.

Les tableaux VII-4 et VII-4a illustrent l'importance de la contamination interne dans les usines textiles. Les données de ces tableaux démontrent que les contenus en métaux tels que le fer, le cuivre, le manganèse et le zinc dans le bain de blanchiment est minime. Par contre, le contenu de ces métaux dans le coton après la préparation est beaucoup plus élevé. Cette augmentation est causée par la capacité du coton d'accumuler les ions métalliques et par une contamination métallique interne importante.

Tableau VII-4 : Contaminants métalliques dans la solution de blanchiment avec peroxyde en J-box. Données de trois usines de coton aux États-Unis[4]

Métal	Métaux solubilisés dans le bain de blanchiment (ppm)		
	Moyenne de 14 mesures	Minimum	Maximum
Ca	68,0	28,0	130,0
Mg	24,0	7,7	49,0
Fe	1,5	0,5	3,0
Cu	0,25	0,07	0,68
Mn	0,03	0,01	0,06
Zn	0,49	0,14	0,80

Tableau VII-4a : Contenu en métaux dans le coton après la préparation[5]

Métal	Contenu en métaux (ppm)	
	Échantillon 1	Échantillon 2
Ca	< 100,0	< 100,0
Mg	7,24	9,80
Fe	68,29	60,04
Cu	2,29	3,16
Mn	1,63	1,74
Zn	7,38	7,35

La présence des ions métalliques dans l'eau utilisée pour les procédés d'ennoblissement peut conduire plusieurs anomalies et défauts. Le tableau VII-5 illustre les dangers reliés à la présence de certains contaminants métalliques dans l'eau utilisée pour les procédés d'ennoblissement.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Tableau VII-5 : Défauts et anomalies dus à la présence de contaminants métalliques dans l'eau utilisée pour les procédés d'ennoblissement

Procédés d'ennoblissement	Dangers reliés à la présence de	
	Ca et Mg	Fe, Cu et Zn
Désencollage enzymatique	Faibles concentrations bénéfiques	Toxiques pour l'enzyme
Débouillissage	Diminution de la blancheur, d'efficacité de détergents et de pouvoir absorbant. Main dure	Diminution de blancheur
Blanchiment avec peroxyde	Faibles concentrations bénéfiques (< 50 ppm)	Décomposition rapide du peroxyde et dégradation du coton
Teinture, colorants directs	Précipitation des colorants	Changement de nuances
Teinture, colorants de cuve	Précipitation des sels leuco	-
Teinture, colorants dispersés	Changement de nuance, diminution d'uniformité et de brillance	
Teinture, colorants acides	Précipitation des colorants	Rougissement (Fe)

2. Traitement des eaux pour les procédés d'ennoblissement

Trois types de traitement peuvent être utilisés pour le traitement des eaux à l'entrée de l'usines. Le premier traitement de type physique/mécanique est très souvent utilisé à cause de ses coûts peu élevés, de la simplicité de son usage et de sa bonne efficacité. Le deuxième type de traitement est chimique : il est utilisé dans le cas où les traitements physiques ne peuvent pas être utilisés. Ces traitements nécessitent l'utilisation d'une grande quantité des réactifs chimiques et ils sont plus dispendieux. Enfin, le troisième type de traitement est physico-chimique et il repose sur l'utilisation d'échangeurs d'ions. Ce traitement nécessite un investissement au début, mais par la suite, il devient rapidement rentable à cause de la possibilité de régénérer les échangeurs d'ions.

2.1. Élimination physique des matières solides minérales

L'élimination physique des matières solides minérales constitue une opération particulièrement importante pour les eaux destinées aux procédés réalisés avec les machines en circulation. Ces matières sont relativement dures et leur présence peut causer l'usure prématurée de certaines parties de la machine, exposées à ces particules en mouvement. Les sables et/ou les particules organiques (exemple : lichens) sont éliminés le plus souvent par les actions purement mécaniques/physiques tels que :

- dégrillage ;
- décantation ;
- coagulation, floculation, puis décantation ;
- filtration.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Ces traitements mécaniques sont efficaces et leur coût n'est pas élevé. Plusieurs usines utilisent ce type de traitement dans le cas où le contenu des matières solides en suspension (turbidité) est élevé.

2.2. Décarbonation

La décarbonation consiste à éliminer des bicarbonates de calcium et de magnésium. Elle peut être réalisée à l'aide des traitements suivants :

- chimiques avec la chaux. Le traitement est réalisé selon la réaction suivante :
  $Ca(HCO_3) + Ca(OH)_2 \rightarrow 2\ CaCO_3\downarrow + 2\ H_2O$;
- physico-chimique avec les échangeurs d'ions :
  les échangeurs de cations fixent les cations de l'eau dure et les remplacent par des cations d'hydrogène H^+ jusqu'à un pH de 4 à 6. Les bicarbonates sont transformés en CO_2 avec la fixation d'une quantité correspondante d'ions de Ca^{2+}, Mg^{2+} et Na^+. Les sulfates et les chlorures traversent l'échangeur sans modification. L'échangeur est régénéré par l'acide sulfurique dilué, qui est le seul produit consommé par l'opération. Il faut porter une attention particulière au colmatage des échangeurs par les acides humiques et fluviques;
- chimique avec les agents de séquestration qui sont capables de complexer (rendre inactifs) des ions de calcium et de magnésium. Le mécanisme de leur action et leur utilisation rationnelle sont expliqués ci-dessous.

2.3. Déferrisation

Cette opération a pour but d'éliminer des ions de fer. L'opération doit être effectuée si la teneur en fer dépasse 14 à 20 ppm. La déferrisation consiste à oxyder les sels ferreux en $Fe(OH)_3$ par le traitement avec l'air, le chlore, l'eau de Javel et à éliminer l'hydroxyde ferrique par adsorption et/ou filtration. Le pH doit être légèrement basique pour pouvoir précipiter le $Fe(OH)_3$. Le manganèse est éliminé par la même opération. Les ions de fer et de manganèse peuvent aussi être neutralisés par l'action des séquestrants.

2.4. Neutralisation

S'il n'y a pas lieu d'effectuer une déferrisation, il faut corriger le pH de l'eau trop acide donc corrosive. Pour cette neutralisation, on utilise des réactifs basiques peu coûteux comme :

- les grains de magnésie ou de carbonate alcalino-terreux dans un filtre;
- la chaux ou la soude.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

2.5. Déminéralisation

La déminéralisation totale peut être obtenue par l'utilisation des échangeurs successifs de cation et d'anions. La régénération est réalisée en continu à contre courant. Ce type de traitement qui élimine la totalité des ions de l'eau traitée est souvent nécessaire pour l'eau destinée à la chaudière. La déminéralisation totale peut être également une alternative intéressante aux autres traitements chimiques à cause de la possibilité de la régénération des échangeurs d'ions.

2.6. Élimination des ions de calcium et de magnésium par l'adoucissage partiel (traitement facultatif)

Une dureté trop élevée peut être éliminée également par une action du carbonate de sodium. Ce sel précipite les ions de calcium et de magnésium, solubles dans l'eau, en forme de carbonates de calcium et de magnésium, insolubles dans l'eau. Le traitement nécessite l'utilisation d'une quantité de carbonate de sodium et laisse dans l'eau les ions de sodium. Le traitement est réalisé selon la réaction suivante :

$$Ca^{++} + Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_3\downarrow + 2\ Na^+$$

3. Utilisation rationnelle des séquestrants

Au Québec et au Canada, dans la majorité des cas, les cours d'eau ne contiennent pas une quantité excessive d'ions métalliques (calcium, magnésium, fer, cuivre). Les traitements poussés pour éliminer ces ions métalliques ne sont donc pas nécessaires. Le contrôle de ces ions peut être facilement réalisé avec utilisation des agents de séquestration. Ces agents ont une capacité de complexer les ions métalliques et de les rendre inoffensifs pour les procédés d'ennoblissement. L'utilisation des séquestrants, qui peuvent être appelés aussi chélatants ou complexants, est donc très répandue dans l'industrie de l'ennoblissement textile. Cependant, ces réactifs chimiques, pourtant toxiques pour le traitement biologique des effluents, sont très souvent incorrectement utilisés par les textiliens. Les concentrations utilisées sont le plus souvent trop élevées et le pH du bain optimal pour leur utilisation est négligé. L'exemple présenté ci-dessous a pour objectif de changer cette situation en rendant l'utilisation des séquestrants plus rentable et moins toxique pour l'environnement.

3.1. Exemple d'une optimisation de l'utilisation d'un séquestrant

Étapes à franchir pour l'optimisation de l'utilisation d'un séquestrant :

- identification des métaux à neutraliser (exemple : Ca, Mg, Fe, Cu);
- détermination des concentrations de ces métaux. L'analyse de contenu de ces métaux dans l'eau doit être confiée à un laboratoire externe;

CSMOE, CSMOITQ © 2004

- voici un exemple de résultats d'analyse pouvant être obtenus :
  - contenu en calcium de 35 mg/l (ppm);
  - contenu en magnésium de 10 mg/l (ppm);
  - contenu en fer de 4 mg/l (ppm);
  - contenu en cuivre de 2 mg/l (ppm).
- choix du séquestrant en fonction du pH du bain (donnée indiquée dans la fiche signalétique du séquestrant);
- par exemple, la fiche signalétique de l'EDTA donne les informations suivantes :
  - EDTA est fonctionnel pour le calcium et le magnésium dans la gamme de pH 6-14;
  - pour fer, l'EDTA est fonctionnel dans la gamme de pH 1-8;
  - pour le cuivre, cet agent est fonctionnel dans la gamme de pH 2-12.
    L'EDTA peut donc être utilisé pour l'élimination de ces 4 métaux dans le cas où le pH de bain est de 6 à 8. Hors de ce pH, la performance du séquestrant sera réduite.
- recherche du pouvoir de séquestration de l'EDTA (donnée indiquée dans la fiche signalétique du séquestrant). Le pouvoir de séquestration d'un séquestrant nous informe quelle est la quantité, en milligrammes, de carbonate de calcium $CaCO_3$, qu'il est possible d'éliminer/complexer avec un gramme du séquestrant. Le pouvoir de séquestration de l'EDTA est de 100 mg de $CaCO_3$ par gramme de séquestrant;
- calculs de la dureté de l'eau totale en mg/l de $CaCO_3$ équivalents. Étant donné que le pouvoir de séquestration d'un agent séquestrant est exprimé en mg de $CaCO_3$, il faut convertir les concentrations de tous les ions métalliques en équivalent de $CaCO_3$. Ces conversions sont faciles à faire avec les données présentées dans le tableau VII-6. Pour les faire, il faut multiplier les concentrations des métaux exprimées en mg/l (ppm) par les facteurs de conversion du tableau VII-6 :

  Contenu de calcium . . . . . .35 ppm x 2,50 . . . . . .87,5 mg/l équivalent $CaCO_3$
  Contenu de magnésium . . . . .10 ppm x 4,11 . . . . . .41,1 mg/l équivalent $CaCO_3$
  Contenue de fer . . . . . .4 ppm x 1,79 . . . . . .7,2 mg/l équivalent $CaCO_3$
  Contenu de cuivre . . . . . .1 ppm x 1,58 . . . . . .1,6 mg/l équivalent $CaCO_3$
  Dureté totale en mg/l équivalent $CaCO_3$ . . . . . .137,4 mg/l équivalent $CaCO_3$
- calcul de la concentration du séquestrant à introduire dans le bain. Ce calcul nécessite une division de la dureté totale en mg/l de $CaCO_3$ équivalent par le pouvoir de séquestration de l'agent de séquestration :
  137,4 mg/l $CaCO_3$/100 mg $CaCO_3$/g EDTA = 1,374 g/l EDTA

Pour complexer les quatre métaux présents dans le bain, il faut donc utiliser l'EDTA en concentration de 1,4 g/l et à un pH compris entre 6 et 8.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Tableau VII-6 : Facteurs de conversion en mg/l $CaCO_3$ équivalent pour différents métaux

Métal	Symbole	Facteur de conversion
Fer	Fe (III)	1,79
Cuivre	Cu	1,58
Nickel	Ni	1,70
Zinc	Zn	1,53
Manganèse	Mn	1,82
Calcium	Ca	2,50
Magnésium	Mg	4,11

Exercices :

1. Nommer les méthodes les plus importantes de traitement des eaux pour les procédés d'ennoblissement textile.
2. Nommer les composés responsables de la dureté de l'eau.
3. Nommer les unités utilisées pour l'évaluation de la dureté d'une eau.
4. L'analyse de l'eau à l'entrée d'une usine textile a donné les résultats suivants :
   - contenu en calcium Ca^{2+} : 202 ppm;
   - contenu en magnésium Mg^{2+} : 36 ppm.

   Calculer la dureté totale de cette eau en mg/l $CaCO_3$ équivalent en utilisant les facteurs de conversion du tableau VII-6.
5. Expliquer la notion du pouvoir de chélation d'un séquestrant.
6. Une usine textile utilise une eau dont la dureté totale est de 75 ppm de $CaCO_3$. Dans cette usine, on a trouvé que la contamination interne en Fe et en Cu est de 5,5 et 1,5 ppm respectivement. Trouver la concentration en EDTA nécessaire pour inhiber l'action de tous ces ions.
7. Résoudre le problème 6 en remplaçant l'EDTA par un autre agent séquestrant qui est caractérisé par un pouvoir de séquestration de 85 mg $CaCO_3$/g.

Notes bibliographiques

1 Tardat-Henry M., Beaudry J.P., *Chimie des Eaux*, Le Griffon d'argile, Sainte-Foy, Québec, Canada (1984), page 74.

2 Smith B., Rucker J., Water and Textile Wet Processing - part I, *American Dyestuff Reporter*, (1987) 76(7) 15-24.

3 Tardat-Henry M., Beaudry J.P., *Chimie des Eaux*, Le Griffon d'argile, Sainte-Foy, Québec, Canada (1984), page 74.

4 Smith B., Rucker J., Water and Textile Wet Processing - part I, *American Dyestuff Reporter*, (1987) 76(7) 15-24.

5 Smith B., Rucker J., Water and Textile Wet Processing - part I, *American Dyestuff Reporter*, (1987) 76(7) 15-24.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Chapitre VIII
Les effluents des procédés d'ennoblissement textile

Les effluents sont les rejets les plus volumineux et les plus polluants de l'industrie textile. La majorité de ces rejets est générée par les procédés d'ennoblissement. Réduire la pollution générée par l'industrie textile signifie avant tout réduire le volume, la charge et la toxicité des effluents textiles.

À cause de la complexité des procédés d'ennoblissement, les effluents de ce secteur sont très variables. Ces variations sont présentes aussi bien au niveau des débits, qu'au niveau de la composition chimique et des concentrations de contaminants. Malgré ces variations, il est possible de caractériser les effluents textiles avec une bonne précision. La première partie de ce chapitre présente une courte description des paramètres utilisés pour l'analyse de ces effluents. Ces derniers sont, en deuxième partie, caractérisés selon les paramètres identifiés. Le lecteur peut ainsi faire une comparaison de l'effluent qui l'intéresse avec l'effluent typique d'un procédé/usine/secteur donné.

Dans la troisième partie de ce chapitre, une description sommaire des principales méthodes de traitement des effluents textiles est présentée. Le traitement des effluents n'est pas une technique privilégiée des technologies propres, le sujet de ce guide. Cependant, une connaissance à ce niveau peut être utile pour deux raisons. Premièrement, certains traitements des effluents partiels ou de l'effluent global sont nécessaires pour un recyclage efficace des effluents, une technique importante des technologies propres. Deuxièmement, avant qu'une élimination totale de la pollution générée par l'industrie textile puisse être réalisée par les technologies propres, les traitements des effluents demeureront encore, pour un certain temps, des actions complémentaires aux techniques suggérées.

La dernière partie de ce chapitre est consacrée aux normes fixant la qualité des effluents textiles. Les normes présentement en vigueur au Québec, au Canada et dans les autres pays sont rapidement présentées pour informer le lecteur sur les limites de la pollution qui ne peuvent être dépassées présentement.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

1. Paramètres utilisés pour la caractérisation des effluents industriels

Les effluents textiles font partie des effluents industriels. Ces effluents sont caractérisés par une série de paramètres dont les plus importants sont présentés dans cette partie.

1.1. Température

Les effluents rejetés directement dans un cours d'eau ou vers une station d'épuration ne peuvent pas avoir une température trop élevée. Dans les deux cas, ces effluents seront en contact avec les organismes vivants qui peuvent être menacés par la température trop élevée. Dans le cas d'un cours d'eau, les organismes composant la faune et la flore aquatiques seront affectés. Dans le cas des stations de traitement biologiques, la température élevée peut être dommageable pour les micro-organismes des boues activées. Les effluents industriels, y compris les effluents textiles, nécessitent donc assez souvent un ajustement de la température avant leur rejet.

1.2. Le pH

Le pH est un paramètre qui nous donne l'information sur l'acidité et sur la basicité de la solution/effluent. Les solutions avec une valeur de 7 sont neutres. Plus la valeur de pH est loin de valeur 7, plus la solution est acide/basique selon le cas. Ni les organismes présents dans les cours d'eau, ni les organismes des boues activées ne supportent un milieu trop acide ou basique. Ceci explique pourquoi le pH des rejets liquides est presque toujours réglementé. L'ajustement du pH des effluents industriels/textiles est donc parfois nécessaire avant leur rejet.

1.3. Matières en suspension (MES)

Ce paramètre indique le contenu des matières en suspension qui demeurent insolubles à l'intérieur des limites du pH autorisé. Les MES sont exprimées en mg/l. Ce paramètre est également très souvent réglementé à cause du danger d'augmenter de la turbidité des cours d'eau et de diminuer la pénétration de la lumière. Dans le cas des stations de traitement, la matière en suspension dilue la boue activée et diminue ainsi l'efficacité du traitement. En plus du danger des interactions physiques mentionnées ci-dessus, la matière en suspension peut représenter également un danger au niveau des interactions chimiques dangereuses pour l'environnement. Dans le cas des effluents textiles la matière en suspension provient des :

- dispersions ou émulsions cassées ;
- produits chimiques précipités ;
- déchets textiles arrachés aux fils et aux tissus par agitation ou frottements des machines.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

1.4. Matières solubles (MS)

Le paramètre MS est parfois abrégé en utilisant l'acronyme TDS (de l'anglais « Total Dissolved Solids »). Ce paramètre nous informe sur la quantité totale des matières qui demeurent solubles à l'intérieur des limites du pH autorisé. La MS est également exprimée en mg/l. Dans le cas de l'industrie textile, les matières solubles qui se trouvent dans les effluents sont composées des :

- réactifs chimiques solubles utilisés pour le traitement ;
- produits solubles éliminés des textiles pendant le traitement ;
- produits solubles formés pendant le traitement ;
- produits solubles apportés par l'eau fraîche.

La plus grande charge de MS vient des procédés de teinture et elle est constituée des sels inorganiques (électrolytes) utilisés pendant ces procédés comme auxiliaires.

1.5. Demande biologique en oxygène (DBO_5)

La demande biologique en oxygène exprime la quantité d'oxygène que les bactéries doivent trouver dans l'eau pour oxyder toutes les matières biodégradables qu'elle contient. Plus sa valeur est élevée, plus l'eau est polluée en matière biodégradable. La DBO_5 est exprimée en mg O_2/l. L'indice 5 dans l'abrégé de la DBO_5 nous indique que la demande en oxygène est évaluée pendant 5 jours. Dans le cas des effluents textiles, les valeurs élevées de la DBO_5 viennent de la présence dans ces effluents des composés suivants :

- agents d'encollage basés sur l'amidon (la majorité de la DBO_5 d'une usine de finition du coton);
- huiles, graisses et cires végétales ;
- agents auxiliaires biodégradables ;
- acides organiques et surtout l'acide acétique ;
- réducteurs.

La valeur de la DBO_5 est très souvent réglementée par les autorités.

1.6. Demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène (DCO) exprime la quantité totale d'oxygène nécessaire à la dégradation (oxydation chimique) de tout ce qui est oxydable dans l'eau : matières organiques, biodégradables ou non, et sels minéraux de métaux à faibles valences. La DCO est exprimée en mg O_2/l. Plus sa valeur est élevée, plus l'effluent est pollué. La DCO est un paramètre plus fiable que la DBO_5. Il caractérise mieux la pollution totale d'un effluent que la DBO_5.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Les valeurs élevées de la DCO des effluents textiles, sont causées par la présence des composés biodégradables (voir l'information sur la DBO_5) et par la présence de composés difficilement biodégradables comme : graisses de la liane, huiles minérales, agents auxiliaires, adoucissants, agents d'encollage autres que l'amidon, agents séquestrants, formaldéhyde et leur dérivés, colorants et différant apprêts. Le paramètre de la DCO fait également très souvent l'objet d'une réglementation.

1.7. Contenu en matières grasses

Ce paramètre détermine la quantité totale de matières grasses dans l'effluent. Ces substances hydrophobes proviennent surtout des matières grèges (laine, coton), de procédés d'ensimage (tricots) et de lubrification (laine cardée). Le contenu en matières grasses est exprimé en mg/l et très souvent il est réglementé. La réglementation vise surtout les huiles minérales qui sont très difficilement biodégradables.

1.8. Couleur

La couleur réelle totale des effluents est un paramètre très difficile à mesurer. Il existe différentes méthodes de mesure de la couleur et chaque méthode utilise ses propres unités. La principale difficulté vient du fait qu'il n'y a pas de possibilité de conversion de ces unités. Les principales unités de couleur des effluents sont :

- unités platino-cobalt (Pt-Co) qui correspondent à un test comparatif. Ces unités sont utilisées, entre autres, par le ministère d'Environnement du Québec ;
- unités ADMI qui correspondent à un test de mesure direct. Ces unités reflètent mieux la vraie couleur et commencent à être utilisées par la majorité des organismes législatifs. Leur utilisation est également très pratique car la concentration d'un (1) mg de colorant par litre correspond aux 20 unités ADMI ;
- unités APHA qui sont utilisées par l'*American Public Health Association* ;
- la couleur fait très souvent l'objet d'une réglementation. Cependant il faut souligner que l'apparition de la couleur dans l'effluent cause surtout une pollution esthétique car la toxicité de la majorité des colorants est très faible. De plus, la couleur peut apparaître même avec les concentrations de colorant très faible.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

1.9. Contenu en métaux

Les principaux métaux à surveiller dans les effluents textiles sont le chrome (Cr^{+3} et Cr^{+6}), le cuivre (Cu^{+2}), le cobalt (Co^{+2}), le nickel (Ni^{+2}) et le titan (Ti^{+4}). Le plus toxique est le chrome surtout celui hexavalent qui est cancérigène. Les composés du chrome sont utilisés dans la teinture avec les colorants à mordant principalement pour la laine. Le contenu en chrome (mg/l) est très souvent réglementé. Les autres métaux (Cu^{+2}, Co^{+2} et Ni^{+2}) se trouvent dans les effluents textiles à cause de l'utilisation des colorants métallifères. Le contenu de ces métaux, à cause de leur toxicité plus faible, est moins surveillé par les organismes législatifs. Le titan, sous forme de dioxyde de titan, qui provient des fibres finies mat, n'est pas considéré comme toxique.

1.10. Contenu en phénol

Les phénols à cause de leur toxicité sont étroitement surveillés dans les effluents industriels. Les effluents textiles ne contiennent pas des grandes concentrations des phénols. Cependant, dans les législations de quelques pays qui touchent les rejets des effluents textiles, on retrouve des normes de rejets en phénol.

1.11. Rapport DCO/DBO_5

Ce rapport indique la biodégradabilité des effluents. Plus il est élevé, plus difficile est le traitement biologique de l'effluent. Pour les effluents de l'industrie de l'ennoblissement, le rapport DCO/DBO_5 est généralement comprise entre 3 et 4. Pour les effluents domestiques, il est compris entre 1 et 2. Le rapport DCO/DBO_5 est rarement réglementé. Ce paramètre est plutôt utilisé comme indicateur qui donne l'information sur la biodégradabilité d'effluent. Dans le cas ou un effluent présente le rapport DCO/DBO_5 plus élevé que 10, il y a peu de chance que le traitement biologique de cet effluent soit efficace. Un tel effluent peut contenir les composés menaçants les micro-organismes des boues activées.

1.12. Toxicité aquatique (LC_{50})

La valeur de LC_{50} exprime la concentration d'un composé en mg/l (ppm) nécessaire pour détruire la moitié de la population des organismes aquatiques exposée au composé dans les conditions contrôlées. Plus la valeur de LC_{50} est faible, plus le composé s'avère toxique. La valeur de LC_{50} peut être utilisée également pour exprimer la toxicité de l'effluent lui-même. Dans ce cas, la LC_{50} exprime le pourcentage de dilution de l'effluent avec l'eau qui cause la mortalité des 50 % d'une population des organismes utilisés pour le test. Plusieurs organismes aquatiques, le plus souvent les daphnies (petits crustacés d'eau douce) et les truites, sont utilisés pour ce test.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

1.13. Toxicité de l'effluent : degrés d'équivalent de toxicité (équitox)

Le mesure s'applique à l'effluent. La valeur d'équitox exprime le nombre d'unité de daphnies détruites en un temps donné par litre d'eau polluée (effluent) ensemencée par une population de daphnies. Présentement cette valeur est rarement utilisée dans les réglementations concernant les effluents industriels.

2. Les caractéristiques des effluents textiles

Les caractéristiques des effluents textiles sont présentées dans les tableaux VIII-1 à VIII-11. Ces tableaux présentent les données sur la pollution générée par les différents types d'usines textiles et par les différentes opérations/procédés. Les données additionnelles, sur la consommation des réactifs chimiques et sur les taux de fixation des différentes classes de colorants, sont également présentées.

Tableau VIII-1 : Caractéristiques des effluents des usines textiles aux É.-U.[1]

Types d'usine (nombres)	**Nombre d'usines**	**DBO** (mg/l)	**DCO** (mg/l)	**TDS** (mg/l)	**Huile** (mg/l)	**Cr** (mg/l)	**Couleur APHA***
Lavage laine	12	2 300	7 000	3 300	600	120	2 200
Finition laine	15	170	600	60	?	500	1 500
Procédés avec faible consommation d'eau	13	290	690	180	80	4	10
Tissus - procédés simples	48	270	900	60	70	40	800
Tissus - procédés complexes	39	350	1 100	110	50	110	1 400
Tissus - procédés complexes + désencollage	50	420	1 240	150	70	100	1 900
Tricots - procédés simples	71	210	870	50	80	80	400
Tricots - procédés complexes tricotage	35	270	790	60	50	80	750
Tricots – bas/chaussettes	116	320	1 340	80	100	80	450
Tapis – finition	37	440	1 190	70	20	30	490
Fibres et fils – finition	116	180	680	40	20	100	570
Non-tissés – production	11	180	2 360	80	60	10	90
Produits feutrés – production	11	200	550	120	30	-	200

** Unités de l'American Public Health Association (APHA)*

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Tableau VIII-2 : Concentrations médianes des trois paramètres dans les effluents de six types d'usines textiles canadiennes[2]

Types d'usine	DCO (mg/l)	DBO (mg/l)	MES (mg/l)
Tricots	670	170	50
Tapis	930	300	40
Étoffes tissées	950	240	160
Laine	980	230	50
Fils en bourre	680	120	30
Non tissés	120	40	20

Tableau VIII-3 : Moyennes de pollution mesurées dans plusieurs usines de pièces et de filés[3]

Matière	Procédés	pH	MES (mg/l)	DCO (mg/l)	DBO (mg/l)
En pièces	Blanchiment, teinture, impression coton + synthétiques	10-12	32	530	280
	Idem, mais avec tranchée de décantation et oxydation	8	33	230	90
	Teinture laine + synthétiques	6-7	40	780	210
	Blanchiment lin et tissus mixtes	10-12	200	1 000	350
	Blanchiment coton	10-12	180	850	300
	Blanchiment et teinture tissus mixtes	7-8	150	1 150	350
	Teinture tissus mixtes	10	175	450	160
En filés	Teinture laine, coton + synthétiques	6-12	11	420	100
	Teinture coton + synthétiques	10-12	70	460	180
	Teinture coton + synthétiques	10-12	80	600	189

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Tableau VIII-4 : Caractéristiques des eaux usées des opérations de teinture et d'impression pour différentes fibres[4]

Fibres	DBO (mg/l)	MES (mg/l)	pH
Coton	60 - 10 000	10 - 800	1 - 12
Laine	400 - 3 000	2 000 - 10 000	5 - 8
Rayonne	2 800	3 500	8 - 9
Acétate	2 000	2 000	9 - 10
Nylon	400	600	8 - 9
Acrylique	200 - 2 000	800 - 2 000	1 - 4
Polyester	500 - 27 000	300 - 3 000	6 - 9

Tableau VIII-5 : Pollution générée par une usine de finition du coton[5]

Procédés	Consommation d'eau		DBO		Charge de pollution (%)
	l/kg	%	mg/l	%	
Désencollage	4	1	11 000	54	> 50
Lavage	20	5	4 500	22	10 - 25
Blanchiment	180	46	1 000	5	3
Mercerisage	7	2	30		<4
Teinture	30	8	1 000	5	10 - 20
Impression	25	7	1 200	6	10 - 20
Rinçages	110	30	200	1	5
Apprêts	5	1	1 500	7	15

Tableau VIII-6 : Pollution annuelle d'une usine de tissu de coton[6]

Types de réactif	DCO	
	Tonne/année	%
Agents d'encollage, de lavage et de blanchiment	164	86,6
Réducteurs	8	4,2
Détergents et agents mouillants	7	3,7
Apprêts	5	2,6
Acides organiques	3	1,6
Colorants et agents d'avivage	2.5	1,3

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Tableau VIII-7 : Caractéristiques des effluents textiles de départements d'apprêts[7]

Département d'apprêt	DBO (mg/l)	DCO (mg/l)	MES (mg/l)	pH	Eau l/kg
Laine	300	1 040	130	7	334
Tissus	650	1 200	300	10	113
Tricots	350	1 000	300	8	150
Tapis	300	1 000	120	8	69

Tableau VIII-8 : Taux moyens de fixation de différentes classes de colorants[8]

Classe de colorants	Taux de fixation (%)
Acide	80 – 93
Azoïque	90 – 95
Basique	97 –98
Directe	70 – 95
Dispersé	80 – 92
Métallifère1 : 2 sur laine	95 – 98
Réactif	50 – 80
De soufre	60 – 70
De cuve (vat)	80 – 95

Tableau VIII-9 : Consommation des acides et des bases par une usine de teinture[9]

Acides/bases	Consommation par semaine				Total 4 semaines (livres)	Moyen (kg/semaine)
	1er (livres)	2ème (livres)	3ème (livres)	4ème (livres)		
Acide acétique	4 500	3 600	4 500	3 600	16 200	1 839
Tampon liquide	6 363	7 322	6 370	7 260	27 315	3 100
Caustique (50 %)	2 460	2 530	2 530	3 795	11 315	1 284
Carbonate de sodium	1 700	900	600	1 300	4 500	510
Acide sulfurique	1 096	369	728	661	2 854	324
Orthophosphate trisodique	900	1 000	1 800	2 100	5 800	658

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Tableau VIII-10 : Quantités de réactifs chimiques utilisées par les usines textiles canadiennes[10]

Réactifs	Quantité utilisée (tonnes/année)	Réactifs	Quantité utilisée (tonnes/année)
Acides/alcalis	6 260	Colorant de cuve	168
Auxiliaires de teinture	4 200	Adoucissants	145
Agents de finition	4 100	Réactifs différents	140
Colorants de soufre	583	Colorant au naphtol	71
Véhiculaires	370	Huiles lubrifiantes	60
Détergents/savons/ auxiliaires	250	Colorants acides et métallifères	38
Agents de blanchiment et leurs auxiliaires	250	Colorants réactifs	23
Colorants dispersés	208	Colorants directs	3
Colorants type pigment	180	Colorants basiques	2

Conclusions :

- la charge polluante des effluents textiles exprimée en DCO, DBO et MES est très variable et dépend du type de fibre, du type d'opération et du type de produit traité ;
- le pH des effluents est variable à cause de l'utilisation de grandes quantités d'acides et de bases ;
- les effluents textiles contiennent des contaminants difficiles à dégrader par oxydation biologique ;
- la coloration des effluents textiles pose une difficulté additionnelle au niveau du traitement de ces effluents ;
- il n'existe pas un « effluent textile typique » ; chaque unité de fabrication décharge son « propre » effluent.

3. Méthodes de traitement des effluents textiles

Le présent guide vise à réduire, essentiellement par des actions préventives, la pollution générée par l'industrie textile. Le traitement des effluents textiles ne constitue donc pas le sujet prioritaire. De plus, une très mince minorité d'usines textiles québécoises et canadiennes traite ses effluents avant de les rejeter. Les informations de base sur le traitement des effluents textiles sont présentées dans ce guide pour deux raisons. Premièrement, elles donnent au lecteur une information générale sur les techniques de

CSMOE, CSMOITQ © 2004

traitement existantes et sur leur efficacité, une information utile dans le cas ou la station d'épuration exige d'éliminer un composant toxique dans l'effluent avant son rejet. Deuxièmement, cette information est également utile pour l'implantation des technologies propres car la récupération des effluents textiles, une technique préventive importante, recoure très souvent aux traitements des effluents en vu de les rendre utiles pour les procédés visés.

Le tableau VIII-11 schématise les opérations qui peuvent être effectuées sur un rejet textile. Ces opérations sont classées selon les trois classes habituelles de traitement : traitement primaire, traitement secondaire et traitement tertiaire. Les différents types d'opération unitaires de traitement sont utilisés pour l'épuration des effluents textiles : les opérations de traitement physiques, chimiques et biologiques. Il faut souligner que le tableau VIII-11 présente les différentes possibilités de traitements et non une liste exhaustive des traitements qui peuvent être appliqués à chaque effluent textile.

Tableau VIII-11 : Opérations utilisées dans les procédés d'épuration des effluents textiles[11]

Étapes d'épuration	Traitements		
	Physiques	Chimiques	Biologiques
Épuration primaire	- Homogénéisation. - Dégrillage - Décantation - Ozonisation catalytique	- Neutralisation - Addition de chaux - Addition d'alun - Addition de sels de fer - Addition de polymères cationiques	-
Épuration secondaire	- Addition de charbon activé en poudre aux procédés biologiques	-	- Boues activées - Lagunage
Épuration tertiaire	- Clarification secondaire - Filtration - Techniques membraneuses - Électrocoagulation - Électroxydation - Absorption sur charbon activé - Compression mécanique vapeur	- Ozonisation - Chloration	-

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Les tableaux VIII-12 à VIII-15 présentent l'efficacité des traitements les plus souvent utilisés pour l'épuration des effluents textiles. Dans le tableau VIII-16 certaines techniques d'épuration sont comparées. Finalement le tableau VIII-17 présente l'évolution de la situation au niveau des traitements des effluents au Canada : la situation des années 1973/74 est comparée avec la situation de l'année 1999.

Le traitement avec les boues activées, utilisé dans la majorité des stations d'épuration municipales, est le plus efficace et constitue toujours la technique de base pour une épuration des effluents textiles. Cependant, les écarts entre les valeurs minimales et maximales montrent, encore une fois, que les effluents sont très variables et il est difficile de développer une stratégie globale de traitement pour l'ensemble des effluents textiles.

Tableau VIII-12 : Rendements comparés des procédés de traitement des effluents textiles par lagunage aéré et par boues activées avec aération prolongée[12]

Paramètres	Rendement d'épuration (%)		
	Étangs aérés	Boues activées	Boues activées + charbon actif
BDO	0 – 90	70 – 98	5 – 75
DCO	3 – 25	30 – 90	20 – 70
MES	(-8) – 45	5 – 80	–
Couleur	–	10 – 80	50 – 80

Tableau VIII-13 : Absorption des colorants par les boues activées[13]

Types de colorant	% adsorbé
Acide	0 – 100
Réactif	0 – 43
Direct	34 – 99
Dispersé	13 – 95
Basique	64 – 100

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Tableau VIII-14 : Efficacité de certains procédés de traitement tertiaire dans l'épuration des effluents d'ennoblissement textile[14]

Procédés	Rendement d'élimination (%)			
	DBO	DCO	MES	Couleur
Coagulation chimique	25 - 95	10 - 85	0 - 98	0 - 10
Filtration multicouche	0 - 30	5 - 25	60 - 70	0
Filtration multicouche et précoagulation	0 - 70	0 - 25	0 - 90	0 - 5
Ozonisation	0	15 - 90	30 - 35	70 - 80
Charbon activé	30 - 99	5 - 97	0 - 99	0 - 75
Osmose inverse	80 - 98	80 - 98	70 - 98	95 - 100

Tableau VIII-15 : La charge polluante des effluents textiles provenant des usines canadiennes après les différents niveaux du traitement[15]

Dégrée du traitement	Charge polluante		
	DCO (mg/l)	DBO (mg/l)	MES (mg/l)
Effluent non traité	740	180	50
Traitement primaire	770	50	30
Traitement secondaire	80	20	20
Traitement tertiaire	10	10	négligeable

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Tableau VIII-16 : Comparaison de certaines techniques d'épuration des effluents[16]

	Compression mécanique vapeur (CMV)	Techniques membra-neuses	Ozonisation	Électro-oxydation	Électro-coagulation
Investissement	20l/h : 250 kF 2 t/h : 2 MF 20 t/h : 8 MF	Variable	0,5-1 MF/kg O_3 et par heure	5 MF	10 m^3/h : 800 kF
Fonctionnement	15-30 kWh/tee	2-5 kWh/m^3 de perméat	7-20 kWh/ kg O_3	5-6 kWh/m^3 d'effluent	0,5-8 kWh/m^3 d'effluent
Avantages	Simplicité; Pas de rejet atmosphérique; Recyclage des condensat possible.	Faible coût de fonctionnement; Recyclage du perméat; Installation modulaire.	Oxydation et stérilisation; Décoloration des colorants solubles; Pas de pollution résiduelle.	Décoloration des colorants solubles; Baisse de la DCO; Pas de boues.	Bonne décoloration; Baisse de la DCO et des MES; Système modulaire et compact.
Inconvénients	Investissement élevé.	Coût élevé de l'investissement; Colmatage des membranes.	Coût élevé de l'investissement; Non adapté aux polluants non solubles.	Présences nécessaire des chlorures; Possibilité de formation d'AOX; Débit limité	Production de boues impor-tante avec teneur élevée en Fe et Al; Conductivité nécessaire de l'effluent; Manipulation des électrodes.

Au Québec et au Canada, la majorité des effluents textiles est traitée par les stations municipales de traitement des rejets. Au niveau de l'usine textile, les effluents sont égalisés dans un bassin de rétention. De plus, un contrôle du pH et de la température, ainsi qu'un dégrillage/décantation en vue d'éliminer la matière en suspension, sont réalisés. Parfois, les stations de traitement obligent les usines textiles à éliminer un contaminant particulièrement persistant ou toxique (le plus souvent il s'agit d'un colorant ou des matières grasses). Les stations municipales, qui procèdent aux traitements primaires et/ou au traitement biologique avec boues activées, mélangent les effluents domestiques et industriels dans le but de faciliter le traitement biologique des effluents industriels.

Les traitements tertiaires, en vue d'éliminer certains colorants ou d'autres contaminants qui ne sont pas éliminés par le traitement biologique dans les stations municipales, commencent être pratiqués au Canada (voir tableau VIII-17).

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Tableau VIII-17 : Traitements des effluents textiles au Canada, comparaison de la situation entre les années 1973/1974 et l'année 1999[17]

Dégrée de traitement	1973/1974 (114 usines)		1999 (145 usines)	
	Nombre	%	Nombre	%
Manque de traitement ou traitement préliminaire	62	54	2	1
Traitement primaire	12	11	41	28
Traitement secondaire	40	35	89	62
Traitement tertiaire	0	0	13	9

4. Normes de rejet des effluents textiles

Dans la majorité des pays, les normes générales des rejets s'appliquent aux effluents textiles. Il n'y a que quelques pays où l'on applique une norme spécifique aux industries textiles.

Au Québec, les rejets industriels sont régis par le Programme d'assainissement des eaux municipales (PADEM) lequel porte exclusivement sur les installations d'épuration et les réseaux d'égouts municipaux. Ce programme est semi-volontaire, il couvre l'ensemble des industries situées hors de la Communauté urbaine de Montréal à l'exception des industries assujetties à une réglementation spécifique. L'industrie textile ne fait pas partie de ce dernier groupe. Les usines qui se trouvent sur le terrain d'une municipalité doivent négocier une entente avec cette municipalité basée sur l'article 116.2 de la *Loi sur la qualité de l'environnement du Québec*. Selon l'article 22 de la même loi, toutes les usines nouvelles ou modifiées qui rejettent ses effluents dans l'environnement doivent obtenir un permis du ministère d'Environnement du Québec.

Le gouvernement fédéral du Canada légifère le rejet des substances toxiques selon la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (LCPE). Cette loi prévoit une évaluation des risques dans le cas de rejet des substances déclarées toxiques qui figurent sur la liste des substances d'intérêt prioritaire (LSIP). Dans les effluents textiles, on retrouve plusieurs substances qui sont déclarées toxiques et qui figurent sur les listes LSIP comme le formaldéhyde, l'éthylèneglycol, le nonylphénol et ses dérivés éthoxylés, plusieurs solvants organochlorés, le diméthylformamide (DMF), les composés du chrome hexavalent, les composés de nickel et cadmium, les sels solubles d'aluminium (chlorure, nitrate et sulfate) et autres. En 2001, les effluents textiles, eux-mêmes, ont été déclarés toxiques selon la loi LCPE.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Tableau VIII-18 : Normes de rejet direct/indirect des effluents textiles dans différentes municipalités ou pays.

Législation	pH	Temp. (°C)	DCO (mg/l)	DBO (mg/l)	MES (mg/l)	Huile (mg/l)	Couleur (Co-Pt)	Phénol (mg/l)	Chrome (mg/l)
	Rejet indirect vers la station d'épuration ou vers la canalisation publique								
Québec (CUM)[18]	6-10,5	-	-	-	-	-	-	1	5
Québec (Drummondville)[19]	5,5-9,5	-	-	-	-	-	-	1	10
Québec (Saint-Hyacithe)[20]	5,5-9,5	65	-	144	115	15/ 150	-	-	5
Ontario (Toronto)[21]	6-10,5	-	-	300	-	-	-	1	2
Ontario (Kitchener)[22]	6-10,5	-	-	300	-	-	-	1	5
Colombie-Britannique (Vancouver)[23]	5,5-10,5	-	-	-	-	-	-	1	4
É.-U.[24]	6-9	52	-	350	300	200	non excessive	-	0,5
Tunisie [25]	6,5-9	35	1 000	400	400	30	selon cas	-	2
	Rejet direct vers un cours d'eau								
France [26]	5,5-8,5	-	120	40	30	-	100	-	-
Allemagne [27]	6-9	-	160	25	40	-	-	-	0,5
Japon [28]	5,8-8,6	-	30/ 120	160	200	5/35	-	5	2
Inde [29]	5,5-9	-	-	100-150	100	10	-	5	2
Indonésie [30]	6-9	-	250	85	60	5	-	1	2
Venezuela [31]	6-9	-	350	60	60	20	500	0,5	2

Exercices :

1. Nommer les plus importants paramètres de caractérisation des effluents textiles.
2. Analyser le tableau VIII-1 et déterminer les écarts (valeur maximum et minimum retrouvée) les plus importants pour les paramètres identifiés à l'exercice 1.
3. Comparer les valeurs du tableau VIII-1 avec les caractéristiques de l'effluent de votre usine.
4. Nommer les principales méthodes d'épuration des effluents textiles.
5. Nommer les techniques les plus efficaces pour l'élimination de la couleur des effluents textiles.
6. Commenter les données présentées dans de tableau VIII-18.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Notes bibliographiques

[1] During G, *American Dyestuff Reporter*, 1981, 70(1), 26.

[2] Ecological risk assessment of textile mill effluents in Canada under the Canadian Environmental Protection Act (CEPA), Environnement Canada (2001).

[3] Simonet G., *Guide des techniques de l'ennoblissement textile*, SPIET, Paris, 1982, page 121.

[4] Anonyme, Étude du traitement au mouillé des textiles et des techniques de lutte contre la pollution, *Environnement Canada, Rapport EPS-3-WP-82-5F*, (1982), page 16.

[5] During G, *IFATCC Symposium, Barcelona, 1975*, Selon : Park J., Shore J., Water for the dyehouse : Supply, consumption, recovery and disposal, *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 1984, 100(12), 383-399.

[6] Stiebert, *Melliand Textilberichte*, 1975, 56, 925., Selon : Park J., Shore J., Water for the dyehouse : Supply, consumption, recovery and disposal, *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, (1984) 100(12), 383-399.

[7] U.S. Environmental Protection Agency, *Environmental pollution control – textile processing industry*, Environmental Research Information Centre, Technology Transfert Manual, EPA 625/7-78-002, Washington, D.C., Octobre 1978., Selon : *Environnement Canada, Rapport EPS-3-WP-82-5F*, (1982) page 16.

[8] Durig G., Hausmann J.P., A review of the possibilities for recycling aqueous dyehouse effluent, *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 1978, 94(8), 331-338.

[9] Smith B., Rucker J., Water and textile wet processing - part II, *American Dyestuff Reporter*, 1987, 76(8) 68-78.

[10] Chen E.C., Environmental assessment of the Canadian textile industry, *Environment Canada, Report EPS 5/TX/1*, June 1989, Ottawa, ON.

[11] Weltrowski M., Le traitement des effluents textiles : l'état actuel et les développements à venir, *Canadian Textile Journal*, 107 (10), 25 (1991).

[12] Étude du traitement au mouillé des textiles et des techniques de lutte contre la pollution, *Environnement Canada, Rapport EPS-3-WP-82-5F*, (1982) page 22.

[13] Étude du traitement au mouillé des textiles et des techniques de lutte contre la pollution, *Environnement Canada, Rapport EPS-3-WP-82-5F*, (1982) page 22.

[14] Étude du traitement au mouillé des textiles et des techniques de lutte contre la pollution, *Environnement Canada, Rapport EPS-3-WP-82-5F*, (1982) pages 26 et 27.

[15] Ecological risk assessment of textile mill effluents in Canada under the Canadian Environmental Protection Act (CEPA), Environnement Canada (2001).

[16] Anonyme, Environnement, le partenariat d'EDF Industrie, *L'industrie textile*, 1998, 1300(7/8), 52-53.

[17] Chen E.C., Environmental assessment of the Canadian textile industry, Environment Canada, Report EPS 5/TX/1, June 1989, Ottawa, ON.
Environment Canada, *Canadian Textile Mills*, Microsoft Access database, Environment Canada, Dartmouth, Nova Scotia (1999).
Ecological risk assessment of textile mill effluents in Canada under the Canadian Environmental Protection Act (CEPA), Environnement Canada (2001).

[18] Communauté Urbain de Montréal (CUM), *Règlement 87*.

[19] Ville de Drummondville, *Règlement 2397*.

[20] Ville de Saint-Hyacinthe, *Règlement numéro 1210 relatif aux rejets dans les réseaux d'égout de la ville*, décembre 1991.

[21] Ville de Toronto, *Projet de règlement sur les réseaux d'assainissement*.

[22] Kitchener, *Utility and Service By-Low*, chapitre 390.

[23] Vancouver, *Règlement municipal sur les eaux usées de Vancouver*, règlement 164.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

[24] Smith B., Rucker J., Water and textile wet processing - part II, *American Dyestuff Reporter*, 1987, 76(8) 68-78.

[25] Mhenni F., Sakli F., Zinelabadine A. et coll., *Audit environnemental des sous secteurs d'ennoblissement en Tunisie (Teinture, impression, finissage et délavage)*, Publication de l'ATPNE, mai 1997, page 31.

[26] Simonet G., *Guide des techniques de l'ennoblissement textile*, SPIET, Paris, 1982, pages 112-114.

[27] Anonyme, *German (1986) Water Conservation Act (WHG), Supplement 38 : Textile production, textile processing*, 1993.

[28] Anonyme, *The textile industry and the environment*, United Nation Environment Programme, 1993, page 74.

[29] Anonyme, *The textile industry and the environment*, United Nation Environment Programme, 1993, page 74.

[30] Anonyme, *The textile industry and the environment*, United Nation Environment Programme, 1993, page 74.

[31] Anonyme, *The textile industry and the environment*, United Nation Environment Programme, 1993, page 74.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Chapitre IX
Gestion environnementale et économique des déchets solides[1]

La conservation des ressources et le traitement des déchets solides devient de plus en plus une préoccupation dans le monde. Les ressources limitées de la planète, les impacts environnementaux engendrés par le traitement des déchets et les coûts associés aux approvisionnements et à l'élimination des déchets ont amené plusieurs entreprises textiles à modifier leur pratique de gestion. La recherche de solutions comme la modification des emballages, des ententes avec les fournisseurs sur les modalités d'expédition, la recherche de marchés pour certaines catégories de déchets-ressources peut générer des économies considérables en plus de réduire les impacts négatifs sur l'environnement.

Ce chapitre présente un aperçu des impacts environnementaux associés au traitement des déchets solides, les avantages de réduire la production de déchets dans les usines textiles, les principes de réduction de la production des déchets et les étapes de mise en œuvre d'un plan de réduction des matières résiduelles.

1. Le traitement des déchets et leurs impacts sur la santé et l'environnement

Le traitement des déchets, effectué généralement dans des sites d'enfouissement ou des incinérateurs, engendre inévitablement des problèmes environnementaux. Les incinérateurs de déchets sont parmi les plus grandes sources de dioxine et de furanne, deux substances toxiques persistantes reconnues pour leur niveau élevé de toxicité. Les incinérateurs émettent aussi dans l'air d'autres substances toxiques dont des métaux lourds comme le plomb, le mercure, l'arsenic et le cadmium. Les cendres générées par l'incinération doivent également être enfouies.

L'enfouissement des déchets solides représente également un risque pour la santé et l'environnement. Les eaux de lixiviation qui s'écoulent des sites d'enfouissement, où se mélangent matières organiques et inorganiques provenant des secteurs domestique et industriel, constituent un mélange toxique qui risquent de contaminer les eaux souterraines, le sol et les eaux de surface. Les lieux d'enfouissement des déchets génèrent également des bio gaz composés de méthane, de dioxyde de carbone, d'azote, de sulfure d'hydrogène, de monoxyde de carbone et de composés organiques volatiles (COV). Plusieurs des COV, dont le toluène et le benzène, sont considérés cancérigènes. Même dans les cas ou les incinérateurs et les sites d'enfouissement sont dotés des meilleures technologies, ils continuent de constituer une source préoccupante de pollution.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

2. Les bénéfices de la réduction de la production de déchets solides dans les usines textiles

La réduction de la production des déchets solides comporte plusieurs avantages :

- réduit les impacts environnementaux associés au traitement des déchets;
- réduit les coûts de traitement des déchets;
- réduit les coûts d'approvisionnement de matières premières;
- contribue à augmenter la productivité et l'efficacité de l'entreprise;
- génère les économies monétaires substantielles;
- diminue les impacts environnementaux produits lors de la production des matières premières;
- prolonge la vie utile des matériaux;
- diminue le contenu de matières dangereuses dans les déchets solides;
- améliore l'image de la compagnie auprès de ses clients, de ses employés et de sa communauté.

3. Les principes de réduction de la production de déchets

Les principes de réduction de la production de déchets solides sont les suivants :

- la réduction à la source;
- la réutilisation;
- le recyclage et le compostage;
- l'achat de produits contenant des produits non toxiques, recyclables et recyclés.

Les mesures de réduction à la source visent à réduire la quantité et la toxicité des matières premières utilisées lors de la fabrication, de la distribution et de l'utilisation d'un produit. Réduire à la source la production de déchets offre, le plus souvent, les meilleurs résultats au niveau de la réduction des coûts de la production et de la pollution.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

La réutilisation permet, pour sa part, de réduire la quantité des approvisionnements et des déchets de l'usine en prolongeant la vie utile des matériaux par un nouvel usage à l'intérieur ou à l'extérieur de l'entreprise. La réutilisation ne nécessite pas de transformation de l'apparence ou des propriétés des matériaux. Voici quelques exemples de mesures de réduction et de réutilisation :

- encourager les fournisseurs à minimiser les emballages;
- vérifier si les fournisseurs peuvent reprendre certains contenants, emballages ou produits comme les barils de réactifs chimiques;
- analyser le mode d'emballage de l'entreprise pour diminuer leur quantité, leur volume ou pour vérifier si on peut introduire du matériel réutilisable;
- utiliser des produits durables, réutilisables;
- photocopier sur les deux côtés des feuilles;
- éliminer les items non nécessaires (ex. : arrêt de l'utilisation de séparateurs dans les boîtes d'expédition);
- transformer un déchet en matière première pour une autre entreprise.

Certains repensent même le design de leur produit pour réduire l'usage de certaines matières premières et de conquérir de nouveaux marchés.

Le recyclage consiste à utiliser, dans un procédé manufacturier, une matière secondaire en remplacement d'une matière vierge. Parmi les exemples de recyclage notons :

- la réintroduction de fil ou de tissu à l'intérieur même du procédé de production ou dans le procédé de fabrication d'une autre entreprise;
- le recyclage du papier, du carton, des plastiques, des piles pour produire de nouveaux produits.

Le compostage constitue une technique de décomposition des matières putrescibles en vue d'obtenir un amendement organique riche en humus. Le compost issu de ce procédé sert à améliorer la structure et la composition des sols.

De plus en plus d'entreprises compostent ou envoie au compostage les déchets de table des cafétérias, les matières organiques provenant de l'aménagement extérieur et toutes autres matières compostables non contaminées pour lesquelles il n'y a pas d'option de réduction ou de réutilisation.

L'achat de produits recyclables ou contenant des matières recyclées contribue à réduire la production de déchets en favorisant la création de marchés pour les matières recyclées et en diminuant les quantités de produits non recyclables.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

4. La mise en œuvre d'un plan de réduction de la production des déchets solides

La mise en œuvre d'un plan de réduction des déchets solides comprend généralement un certain nombre d'étapes qui peuvent être réalisées de manière différente selon le contexte de chaque usine. Voici les principales étapes qui seront décrites plus loin :

- mise sur pied d'une équipe de coordination et de suivi ;
- présentation du projet et des principes généraux de prévention de la pollution et de gestion des matières résiduelles ;
- définition des objectifs du projet ;
- promotion du programme de réduction des déchets au sein de l'usine ;
- évaluation de la production de déchets ;
- identification des marchés potentiels de recyclage et des conditions nécessaires de récupération ;
- analyse technique et économique de la faisabilité des options par matière et formulation des recommandations ;
- mise en œuvre des recommandations et suivi du projet.

4.1. Mise sur pied d'une équipe de coordination et de suivi

L'équipe de coordination responsable du volet de la gestion des matières résiduelles devrait être formée des employés des principaux départements. Ces membres devraient notamment comprendre des représentants de la direction des opérations, de la direction des achats, de l'entretien ménagé, des ressources humaines de même qu'un représentant syndical s'il y a lieu. Plus l'équipe est diversifiée, plus les solutions identifiées pourront être variées.

Pour les entreprises qui préfèrent garder l'équipe plus restreinte, il est possible alors de procéder à des consultations sporadiques auprès des personnes concernées à des moments clés. Cette façon de procéder réduit le temps passé en réunion par différentes personnes par contre, elle exige plus de travail des responsables du comité car celles-ci devront effectuer les consultations nécessaires à la bonne réussite du projet. Il est également possible dans ces circonstances qu'une solution proposée par un employé d'un département cause des ennuis dans un autre département. Il faut donc pallier l'absence de discussions de groupe par d'autres moyens.

La participation des membres du comité peut aussi varier selon les besoins et les étapes du projet. Ainsi, par exemple, des personnes du service de l'entretien ménagé devraient notamment être impliquées dans le choix des modifications de la collecte de papier de bureau. De même, il peut s'avérer fort utile de consulter un bassin plus large d'employés lorsque l'on veut implanter certaines mesures comme la réduction du volume et du nombre de rapports internes ou, lors de l'implantation de l'utilisation plus systématique des communications électroniques internes.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Les membres de l'équipe de coordination participent à :

- la définition des objectifs à courts et à moyens termes;
- la collecte d'information nécessaire à la recherche de solutions;
- la formulation des recommandations et du plan d'action;
- la promotion du programme et à la sensibilisation des employés;
- la mise en œuvre des solutions identifiées et l'évaluation périodique du programme de réduction des déchets.

Dans certaines circonstances, il pourra être utile d'utiliser les services externes de consultants pour effectuer certaines tâches spécifiques comme la recherche de marchés pour certaines catégories de matières premières.

4.2. Présentation du projet et des principes généraux de prévention de la pollution et de gestion des matières résiduelles

Il est important au début du projet de sensibiliser les personnes impliquées dans la mise la mise en œuvre du projet au sujet des principes de prévention de la pollution, de la gestion des matières résiduelles et des différentes étapes du projet. Toute nouvelle personne se joignant en cours de réalisation du projet devrait également recevoir ces informations.

Une telle formation, ainsi que la présentation d'une série d'exemples de réduction, de réutilisation et de recyclables applicables aux différentes matières qu'on retrouve dans le secteur textile, peut stimuler l'identification, par les employés, de solutions qui pourront être instaurées dans l'usine.

4.3. Définition des objectifs du projet

Les objectifs généraux du projet consistent, le plus souvent, à réduire les coûts liés à l'achat de certaines catégories de matériaux, à diminuer les coûts liés à l'élimination des déchets, à augmenter le taux de récupération et de recyclage, à réduire la toxicité des matériaux utilisés et à améliorer l'image corporative de l'entreprise. Les objectifs doivent être flexibles et ils peuvent être ajustés et préciser au fur et à mesure que les solutions sont identifiées.

4.4. Promotion du programme de réduction des déchets solides

La promotion du programme de réduction et la sensibilisation des employés constituent des enjeux déterminant dans le niveau de réussite du projet. La participation des employés à la recherche et à la mise en œuvre de solutions peut générer une diminution importante de la consommation de matières premières et de la production de déchets.

Un mémo de la direction, des rencontres d'information, l'affichage des objectifs et des résultats obtenus, des ateliers de discussion pour la recherche de solutions représentent des moyens simples et efficaces de motiver les employés à s'impliquer dans la démarche de l'entreprise.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

4.5. Évaluation de la production de déchets solides au sein de l'usine

La réalisation d'une évaluation systématique de la production de déchets solides s'avère nécessaire pour obtenir de meilleurs résultats au niveau de la réduction des déchets. Néanmoins, le plus souvent, plusieurs mesures de réduction peuvent être facilement identifiées et mises en place sans la réalisation d'un tel audit. Ainsi par exemple, on peut :

- configurer les photocopieurs pour qu'ils reproduisent automatiquement en mode recto-verso si les appareils peuvent techniquement supporter ce changement et si cette modification convient aux employés;
- effectuer les achats en plus grande quantité pour diminuer les emballages;
- réutiliser et réparer les palettes ou les retourner aux fournisseurs;
- modifier les emballages pour réduire leur volume.

L'évaluation plus systématique de la production de déchets offrira une meilleure connaissance des matières utilisées et des déchets produits permettant notamment de :

- identifier des sources de pertes insoupçonnées (ex. : appareil fabriquant des étiquettes mal configuré et gaspillant des étiquettes);
- identifier des marchés potentiels pour les matières résiduelles;
- estimer les coûts et les bénéfices des solutions envisagées;
- établir des priorités;
- évaluer les résultats des solutions mises en place.

Parmi les moyens utilisés pour dresser un portrait de la production de déchets, il y a :

- l'évaluation des quantités et des coûts des déchets éliminés par jour, par semaine et par année;
- l'identification du nombre de collectes par jour ou par semaine;
- l'évaluation des quantités et des coûts des matières ou des produits ex. : barils de plastique et de métal, cônes de fil de coton, de polyester et de nylon, boîtes d'expédition, fluorescents, etc.;
- l'analyse des opérations dans chaque département pour identifier les plus grandes sources de déchets par département et les solutions à envisager tant pour réduire la production de déchets que pour mieux gérer les moyens de récupération et d'élimination;
- la séparation, par catégorie, des déchets produits par l'ensemble de l'usine ou dans certains départements;
- l'identification des modalités de collecte des matières résiduelles et des aires d'entreposage.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

4.6. Identification des activités de réduction et des conditions nécessaires de récupération

L'évaluation de la production de déchets permet d'identifier les quantités de déchets produits par catégorie de matières, la production de déchets par département, les activités de réduction déjà en place et les coûts de la gestion des déchets. Des activités de réduction peuvent être ensuite identifiées pour chaque catégorie de matière ou de déchets.

Le choix des options de réduction des déchets peut se faire en tenant compte des critères suivants :

- réduit le volume et le poids des déchets;
- diminue la toxicité des matériaux et des déchets;
- réduit les coûts de l'élimination;
- réduit les coûts d'approvisionnement;
- génère des revenus;
- engendre de faibles coûts d'implantation;
- augmente la productivité;
- améliore les produits et la qualité des services;
- s'implante facilement;
- facilite le travail des employés;
- améliore l'image corporative de l'entreprise.

Pour chacune des matières utilisées ou jetées, on peut tenter d'identifier des moyens de réduction, de réutilisation, de recyclage ou de compostage. Dans certains cas, par exemple, on peut remplacer les matières premières par un nouvelle matière réutilisable ou recyclable. Le chapitre XV présente des exemples d'actions ayant déjà été implantées dans des usines textiles.

4.7. Analyse technique et économique de la faisabilité des options par matière et formulation des recommandations

La faisabilité économique et opérationnelle des activités de réduction s'effectue en évaluant notamment :

- l'impact sur la qualité des produits et des services;
- le temps et les coûts associés à l'implantation et à l'opération des modifications;
- l'espace et les équipements nécessaires;
- les marchés potentiels pour certaines catégories de matières.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Il est à noter que certaines entreprises de récupération ont des modalités spécifiques de collecte des matières qu'elles récupèrent. Ces informations seront également aussi déterminantes dans l'analyse de la faisabilité des différentes options de réduction.

Des recommandations pourront être formulées une fois les analyses terminées. Certaines recommandations pourront être mises en application immédiatement alors que d'autres devront faire l'objet de consultation ou de l'approbation de la haute direction.

4.8. Mise en œuvre des recommandations et suivi du projet

Il s'avère essentiel d'évaluer régulièrement les résultats des changements réalisés pour réduire la production de déchets dans le but notamment :

- d'ajuster au besoin les solutions mises en place;
- d'identifier de nouvelles sources de réduction;
- d'informer les employés des résultats et de les garder motivés.

Il est à noter également que le marché des matières résiduelles peut changer dans le temps. Par exemple, le prix offert pour le carton recycler peut varier de 100$/tonne en quelques mois. Un nouveau marché pour une matière pourrait également voir le jour et un nouveau produit recyclé et moins cher peut aussi être mis sur le marché. Pour toutes ces raisons, il est essentiel d'assurer un suivi pour effectuer les ajustements au besoin.

Exercices :

1. Énumérer les principes de la réduction des déchets solides.
2. Quelles sont les étapes principales de mise en œuvre d'un plan de réduction des déchets solides ?
3. Présenter les critères d'évaluation des options de réduction des déchets solides.

Notes bibliographiques

[1] Abrougui M.A., Cotnoir L., Marouki S., Mhenni F., Nafti R., Weltrowski M., *La gestion de l'environnement dans le secteur du textile en Tunisie. Pour une production plus propre*. ATPNE-FCQGED, (Tunisie), avril 2001.

Provost, Michel et al., *Guide de gestion des matières résiduelles à l'intention des dirigeants de PME*, Éditions Ruffec, Montréal, 2001.

Anonyme, *Business guide for reducing solid waste*, United States Environmental Protection Agency, EPA/530-K-92-004, 1993.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Chapitre X
Exemple de rationalisation des flux d'eau et d'énergie[1]

La section suivante présente un exemple de rationalisation des flux d'eau et d'énergie et du temps du procédé pour la teinture du polyester en bobines. Voici quelques caractéristiques de l'usine de teinture de fil de polyester dans laquelle une rationalisation a été réalisée :

- teinture à haute température de fils de polyester;
- 30 autoclaves de teinture de 200 à 4 000 litres;
- tonnage de matière traitée : 4 tonnes par jour;
- rejet journalier des effluents : 460 m^3/jour;
- fonctionnement en 3 x 8 : 220 jours/an;
- consommation d'eau pour le refroidissement des machines de teinture : 600 m^3/jour.

La rationalisation a été réalisée en deux étapes.

Étape 1 : Récupération de 600 m^3/jour d'eau adoucie à 25 °C et abandon de l'eau à 14 °C pour alimenter les machines de teinture.

- économie d'énergie : 460 m^3/jour d'eau à 25 °C au lieu de 14 °C : économie de 1 614 MWh/an soit de 160 000 FF/an (40 000 $CAN);
- économie d'eau : 460 m^3/jour x 220 jours/an x 5 FF/m^3 = 132 000 FF/an (33 000 $CAN);
- gain de temps sur le chauffage de la teinture du polyester :
  eau initialement à 14 °C, durée du chauffage : 2 h 05;
  eau initialement à 25 °C, durée du chauffage : 1 h 50;
  gain de temps de 9 %.
- au total : économies de 73 000 $CAN/an et 9 % du temps des machines de teinture.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Étape 2 : Récupération de calories sur 200 m^3/jour d'effluents en moyenne à 70 ºC pour le réchauffage de l'eau en sortie de refroidissement, destinée à la préparation des bains de teinture de 25 ºC à 40 ºC :

- économie d'énergie : 600 m^3/jour d'eau à 40 ºC au lieu de 25 ºC :
  économie de 2 870 MWh/an soit de 287 000 FF/an (69 500 $CAN).
- gain de temps sur le chauffage de la teinture du polyester :
  eau initialement à 25 ºC, durée du chauffage : 1 h 50 ;
  eau initialement à 40 ºC, durée du chauffage : 1 h 35 ;
  gain de temps de 14 %.
- conformité face à la réglementation :
  les effluents seront rejetés à une température inférieure à 30 ºC.
- au total : économies de 69 500 $CAN/an et 14 % du temps des machines de teinture.

La rationalisation dans son ensemble a permis de réaliser des économies de 142 500 $CAN et d'augmenter la production de 23 %.

Exercices :

1. Discuter des dangers associés à une utilisation des échangeurs de chaleur pour la récupération de l'énergie thermique des effluents de teinture.
2. Identifier les types d'effluents textiles les plus appropriés pour une récupération de l'énergie thermique.

Notes bibliographiques

[1] Bart A., Boclet J.C., Mieux gérer l'eau et l'énergie, *L'industrie textile*, (1998), 1304(12), 65-67.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Chapitre XI
Procédé de préparation : exemple d'analyse[1]

L'analyse concerne le département de préparation du coton. La préparation du coton est réalisée en trois procédés : désencollage, débouillissage et blanchiment.

1. Description du département de préparation

Département de la préparation à analyser :

- machines de teinture : 4 jumbos jiggers de capacité de 1 600 kg/passe;
- production : 6 000 kg/jour;
- reprises : 5 %;
- procédé de préparation : désencollage, débouillissage et blanchiment selon le schéma XI ci-après;
- rapport de bain : 1,5 : 1.

2. Charge polluante générée par le département de préparation

Plusieurs mesures réalisées dans des industries textiles ont permis d'établir les charges polluantes normales générées par les différents procédés. Ces charges pour le département de préparation sont présentées dans le tableau XI.

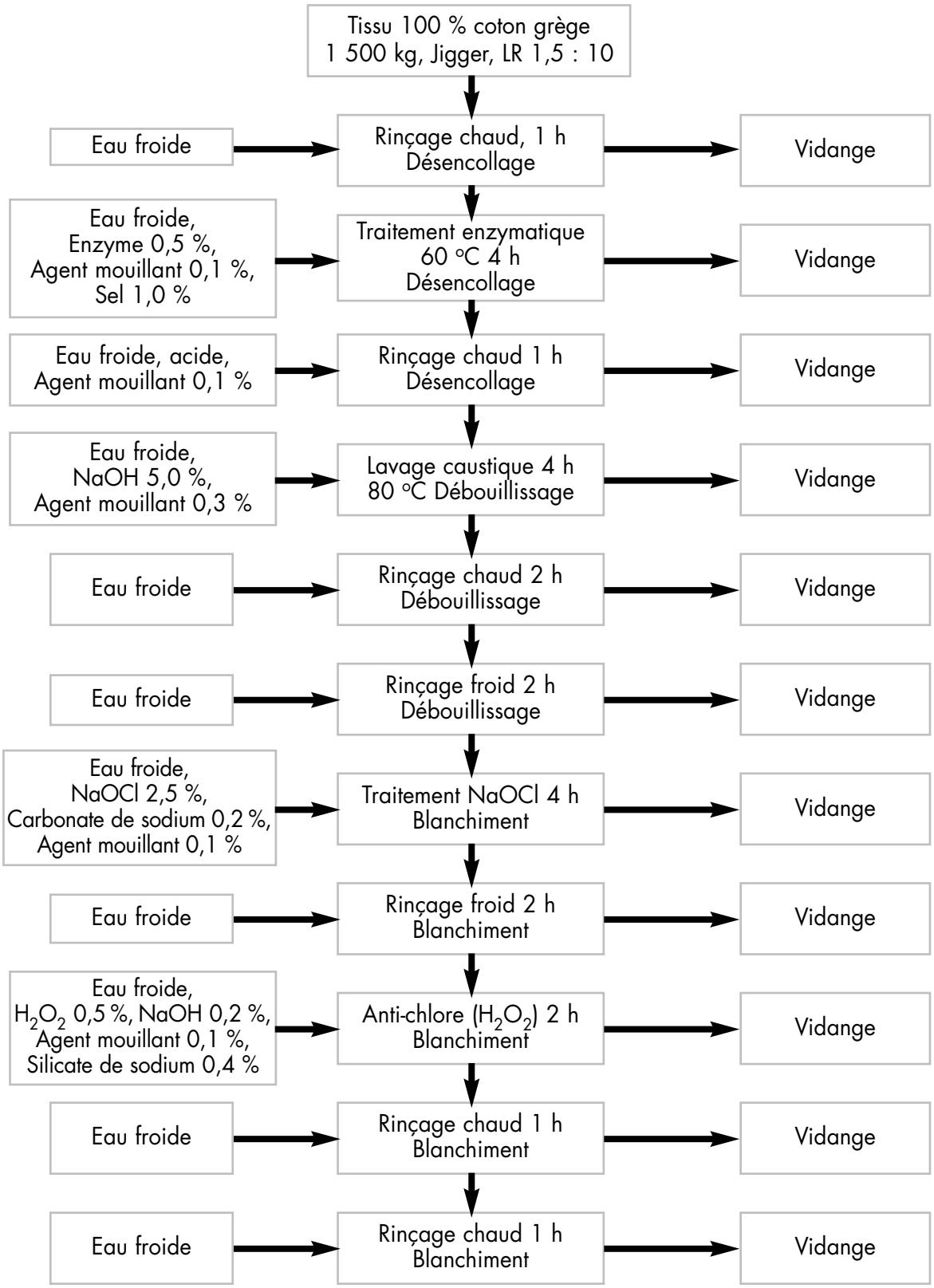
CSMOE, CSMOITQ © 2004

Tableau XI : Charges de pollution provenant des procédés de préparation (100 % coton)

Procédés	pH	pH	DCO	MES	MS/ (TDS)	Huile et graisse
	Kg/1 000 kg de produit					
Désencollage						
Amidon	6 – 8	45,5	91,0	89,0	5,0	5,0
PVA	6 – 8	2,5	5,0	5,0	48,0	2,5
CMC	6 – 8	4,0	8,0	5,0	45,0	9,5
Débouillissage						
Coton grège	12,5	21,5	64,5	5,0	50,0	40,0
Coton mercerisé	12,5	16,5	49,5	5,0	50,0	30,0
Mercerisage						
Coton grège	12,0	13,0	39,0	5,0	148,0	10
Coton débouilli	12,0	4,0	12,0	5,0	148,0	0
Coton blanchi	12,0	2,0	6,0	5,0	148,0	0
Blanchiment						
Peroxyde d'hydrogène	9 – 12	0,5	0,5	2,0	4,0	0
Hypochlorite de sodium	9 – 12	1,0	1,0	4,0	4,0	0

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Schéma XI : Procédé de préparation



CSMOE, CSMOITQ © 2004

3. Activités à réaliser

- Estimer les volumes des effluents produits par les différentes étapes de la préparation.
- Estimer le volume total des effluents généré par la préparation.
- Estimer les charges de DBO, DCO et MS/TDS générées par les différentes étapes de la préparation.
- Estimer la charge totale de DBO, DCO et MS/TDS engendrée par la préparation.
- Estimer les concentrations de DBO, DCO et MS/TDS dans l'effluent généré par la préparation.
- Analyser le diagramme du procédé de préparation et trouver les possibilités de réduction de la consommation d'eau et du volume des effluents.

4. Solutions

Estimer les volumes des effluents générés par les différentes étapes de la préparation :

- correction de la quantité de la production à cause des 5 % de reprises
  6 000 kg/jour x 1,05 = 6 300 kg/jour
- quantité de matière pour chaque procédé en jigger
  6 300 kg/jour/4 jiggers = 1 575 kg/jour/jigger
- consommation de l'eau par une opération (RL = 1,5 : 1)
  1 575 kg x 1,5 = 2 362,5 kg d'eau = 2,362 m^3 d'eau/opération
- nombre de décharges (opérations) par procédé = 11
- volume total d'eau pour chaque étape :
  désencollage : 2,362 m^3/opération x 3 opérations x 4 machines = 28,34 m^3/jour
  débouillissage : 2,362 m^3/opération x 3 opérations x 4 machines = 28,34 m^3/jour
  blanchiment : 2,362 m^3/opération x 5 opérations x 4 machines = 47,24 m^3/jour

Estimer le volume total des effluents généré par la préparation :

2,362 m^3/opération x 11 opérations x 4 machines x 1 procédé/jour = 103,93 m^3/jour
ou 28,34 m^3/jour + 28,34 m^3/jour + 47,24 m^3/jour = 103,92 m^3/jour

Estimer les charges de DBO, DCO et MS/TDS produites par les différentes étapes de la préparation (6 300 kg de matière/jour) et la charge totale de DBO, DCO et MS/TDS générée par la préparation :

- charge de DBO

désencollage :	45,5 kg/1 000 kg x 6 300 kg/jour	=	286,65 kg/jour
débouillissage :	21,5 kg/1 000 kg x 6 300 kg/jour	=	135,45 kg/jour
blanchiment :	1,0 kg/1 000 kg x 6 300 kg/jour	=	6,30 kg/jour
	préparation : total DBO	=	**428,40 kg/jour**

CSMOE, CSMOITQ © 2004

charge de DCO

désencollage :	91,0 kg/1 000 kg x 6 300 kg/jour	=	573,30 kg/jour
débouillissage :	64,5 kg/1 000 kg x 6 300 kg/jour	=	406,35 kg/jour
blanchiment :	4,0 kg/1 000 kg x 6 300 kg/jour	=	25,20 kg/jour
	préparation : total DCO	**=**	**1 004,85 kg/jour**

- charge MS/TDS

désencollage :	5,0 kg/1 000 kg x 6 300 kg/jour	=	31,50 kg/jour
débouillissage :	50,0 kg/1 000 kg x 6 300 kg/jour	=	315,00 kg/jour
blanchiment :	55,0 kg/1 000 kg x 6 300 kg/jour	=	346,50 kg/jour
	préparation : total MS/TDS	**=**	**693,00 kg/jour**

- concentrations dans l'effluent :

DBO :	428,40 kg/jour / 103,93 m^3/jour	= 4,12 kg/m^3 (412 mg/l)
DCO :	1 004,40 kg/jour / 103,93 m^3/jour	= 9,67 kg/m^3 (967 mg/l)
MS/TDS :	693,00 kg/jour / 103,93 m^3/jour	= 6,67 kg/m^3 (667 mg/l)

Analyser le diagramme du procédé de préparation et trouver les possibilités de réduction de la consommation d'eau et du volume des effluents :

- la consommation de l'eau la plus élevée : blanchiment.
- la charge de DBO la plus élevée : désencollage.
- la charge de DCO la plus élevée : désencollage/débouillissage.
- la charge de MS/TDS la plus élevée : débouillissage/blanchiment.
- la consommation de l'eau : 103 930 l/6 300 kg = 16,50 l/kg.
- les possibilités de réduction de la charge de DCO/DBO :
  - changement d'agent d'encollage : amidon → PVA;
  - changement d'agent de blanchiment : hypochlorite → H_2O_2.
- les possibilités de réduction de la consommation d'eau :
  - changement d'agent de blanchiment : hypochlorite → H_2O_2 (élimination de deux opérations);
  - réutilisation des effluents d'opération #6, #10 et #11 (l'effluent d'opération #8 contient l'hypochlorite et les composés organochlorés).
- l'impact du changement de l'agent de blanchiment : hypochlorite → H_2O_2 :
  - augmentation de l'efficacité du procédé;
  - réduction de la consommation d'eau;
  - réduction de la consommation d'énergie;
  - réduction des charges de DBO et de DCO;
  - réduction de la durée des procédés de préparation; possibilité d'utilisation d'éco-logo.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Exercices :

1. Énumérer les données nécessaires à une analyse du département de préparation.
2. Commenter les données présentées dans le tableau XI.
3. Commenter l'utilité de l'analyse exposée ci-dessus pour une gestion rationnelle du département de préparation.

Notes bibliographiques

[1] Anonyme, *Cleaner production in textile wet processing*, United Nation Environment Programme, March 1996.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Chapitre XII

Procédé de teinture avec colorants réactifs : exemple d'analyse[1]

1. Description du département de teinture

Département de teinture à analyser :

- machines de teinture : 8 jets;
- production : 6 000 kg/jour;
- masse de matière traitée : 250 kg/passe;
- durée du procédé : 8 heures/passe;
- nombre de gardes : 3 gardes par jour de 24 heures;
- procédé de teinture avec des colorants réactifs de type HE : 0,5 % - 4,0 %, moyen 2,0 %;
- taux de fixation de colorants : 70 %;
- rapport de bain : 10 : 1;
- procédé présenté sur le schéma XII.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

2. Charge polluante générée par le département de teinture

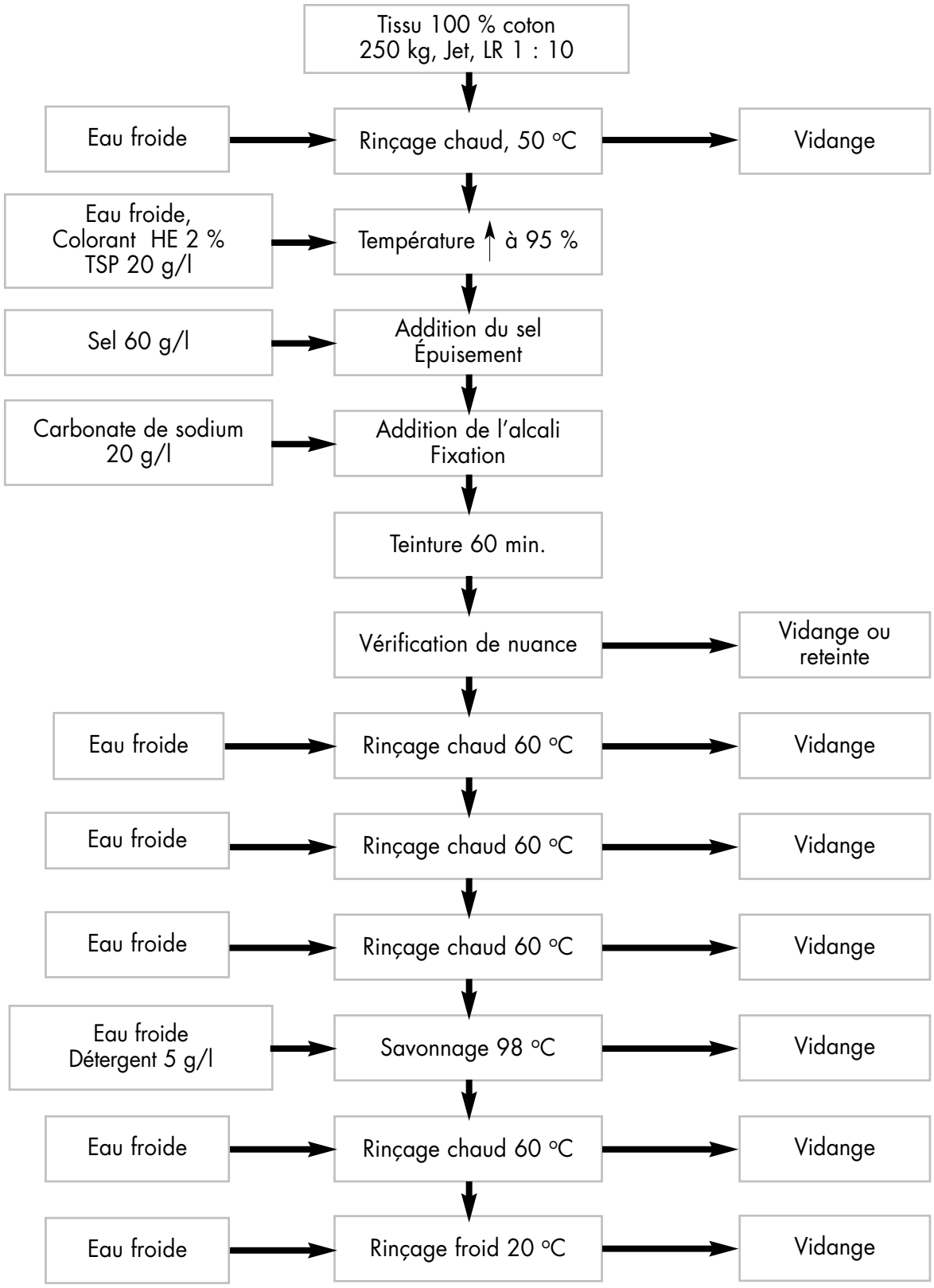
Plusieurs mesures réalisées dans des industries textiles ont permis d'établir les charges polluantes normales générées par les différents procédés. Ces charges pour le département de teinture sont présentées dans le tableau XII-1.

Tableau XII-1 : Charges de pollution provenant des procédés de teinture

Procédés	pH	DBO	DCO	MES	MS/TDS	Huile et graisse
	Kg/1 000 kg de produit					
Teinture, 50 % coton, 50 % polyester, colorants						
Directs/dispersés	6 – 8	10,7	32,0	-	114,0	-
De cuve/dispersés	12	22,8	68,0	-	122,0	-
Au soufre/dispersés	11	22,8	68,0	-	69,7	-
Naphtol/dispersés	11	13,8	41,0	-	57,2	-
Réactifs/dispersés	12	13,8	41,0	-	192,0	-
Teinture 100 % coton, colorants :						
Réactifs HE	12	6,0	24,0	-	180,0	-

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Schéma XII : Procédé de teinture



CSMOE, CSMOITQ © 2004

3. Activités à réaliser

- Calculer la consommation d'eau (m^3/jour).
- Calculer l'input/output des réactifs chimiques pour un mois.
- Calculer les charges de DBO, DCO, MS/TDS et de colorants dans l'effluent.
- Analyser le diagramme du procédé de teinture et trouver les possibilités de réduction de la consommation d'eau et du volume des effluents.

4. Solutions

Calculer la consommation d'eau :

- consommation d'eau par étape : 250 kg/étape x 10 = 2 500 l = 2,50 m^3/étape (Rappel : LR = 10 : 1) ;
- consommation totale (volume des effluents) : 2,50 m^3/étape x 8 étapes/passe x 8 jets x 3 passes/jour = 480,0 m^3/jour.

Calculer l'input/output des réactifs chimiques pour un mois :

- Consommation de colorants par passe (à 2 %)
  250 kg x 0,02 = 5,00 kg
  Colorants présents dans les effluents : 5 kg x 0,30 = 1,5 kg/passe
- Taux de fixation de réactifs chimiques : sel (5 %), TSP (60 %), Carbonate de sodium (60 %), détergent (5 %)
- Consommation de sel par passe (à 60 g/l)
  2 500 l/passe x 60 g/l = 150 000 g /passe = 150 kg/passe
  Sels présents dans les effluents : 150 kg/passe x 0,95 = 142,5 kg/passe
- Consommation du TSP par passe (à 20 g/l)
  2 500 l/passe x 20 g/l = 50 000 g /passe = 50 kg/passe
  Sels présents dans les effluents : 50 kg/passe x 0,40 = 20,0 kg/passe
- Consommation du carbonate de sodium par passe (à 20 g/l)
  2 500 l/passe x 20 g/l = 50 000 g /passe = 50 kg/passe
  Carbonate de sodium présent dans les effluents : 50 kg/passe x 0,40 = 20,0 kg/passe
- Consommation du détergent par passe (à 5 g/l)
  2 500 l/passe x 5,0 g/l = 12 500 g /passe = 12,5 kg/passe
  Détergent présent dans les effluents : 12,5 kg/passe x 0,95 = 11,875 kg/passe
- Nombre de passes par mois : 3 passes/jour x 25 jours = 75 passes

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Tableau XII-2 : L'input/output des réactifs chimiques pour un mois

Réactifs	**Input** (kg)	**Output** (kg)
Colorant	375,0	112,5
Sel	11 250,0	10 687,5
TSP	3 750,0	1 500
Carbonate de sodium	3 750,0	1 500
Détergeant	937,5	890,6

Calculer les charges de DBO, DCO, MS/TDS et de colorants dans l'effluent :

- Charge de DBO
  6,0 kg/1 000 kg x 6 000 kg/jour = 36,00 kg/jour
  36,00 kg/jour : 480,0 m^3/jour = 0,075 kg/l = 75 mg/l
- Charge de DCO
  24,0 kg/1 000 kg x 6 000 kg/jour = 144,00 kg/jour
  36,00 kg/jour : 480,0 m^3/jour = 0,30 kg/l = 300 mg/l
- Charge de MS/TDS
  180,0 kg/1 000 kg x 6 000 kg/jour = 1 080,00 kg/jour
  1 080,00 kg/jour : 480,0 m^3/jour = 2,25 kg/l = 2 250 mg/l
- Charge de colorants (à 2 %, 70 % d'épuisement)
  6 000 kg/jour x 0,02 x 0,30 = 36,00 kg/jour
  36,00 kg/jour : 480,0 m^3/jour = 0,075 kg/l = 75 mg/l
  1 mg/l de colorant = 20 unités ADMI
  Couleur de l'effluent : 75 mg/l x 20 unités ADMI = 1 500 unités ADMI

Analyser le diagramme du procédé de teinture et trouver les possibilités de réduction de la consommation d'eau et du volume des effluents :

- élimination du rinçage chaud avant la teinture (opération #1);
- réutilisation du premier rinçage avant la teinture (opération #1);
- réutilisation des deux rinçages chauds après la teinture (opérations # 7 et # 8);
- réutilisation du rinçage froid (opération #11);
- diminution du rapport de bain de 10 : 1 à 6 : 1
  impacts du changement du rapport de bain :
  - réduction de la consommation d'eau;
  - réduction du volume des effluents;
  - réduction de la consommation d'énergie;
  - réduction de la consommation des réactifs et des colorants;

CSMOE, CSMOITQ © 2004

- augmentation de la concentration des colorants dans l'effluent à cause d'une dilution moindre (impact négatif);
- remplacement éventuel de la machine de teinture (impact négatif).

Exercices :

1. Énumérer les données nécessaires à une analyse du département de teinture.
2. Commenter les données présentées dans les tableaux XII-1 et XII-2.
3. Commenter l'utilité de l'analyse exposée ci-dessus pour une gestion rationnelle du département de teinture.

Notes bibliographiques

[1] Anonyme, *Cleaner production in textile wet processing*, United Nation Environment Programme, March 1996.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Chapitre XIII

Procédés de teinture et de lavage en continu : exemple d'analyse[1]

1. Méthode d'analyse des procédés continus : généralités

L'analyse des procédés en continu est légèrement différente de l'analyse des procédés discontinus. Dans le cas de ces derniers, les différents paramètres sont rapportés à la masse de matière traitée dans une passe (kg/passe). Les paramètres des procédés continus sont rapportés au débit massique exprimé le plus souvent en kg de matière par minute. Cette différence mineure n'empêche pas de réaliser les analyses de ces procédés.

Un schéma permettant de visualiser le procédé est une base indispensable pour une analyse efficace des procédés continus. Ce schéma doit contenir les informations suivantes :

- succession des étapes;
- direction du passage de matière textile (flèches) et leur débit massique (m/h ou kg/h);
- entrées d'eau fraîche et leurs débits (litres/h);
- sorties (décharges) des effluents et leurs débits (litres/h);
- retour des effluents vers les étapes précédentes;
- entrées des réactifs chimiques et leurs concentrations;
- températures;
- paramètres des effluents, tels que la DCO (mg/l) et la couleur (unités ADMI/Co-Pt ou résultat d'une évaluation visuelle).

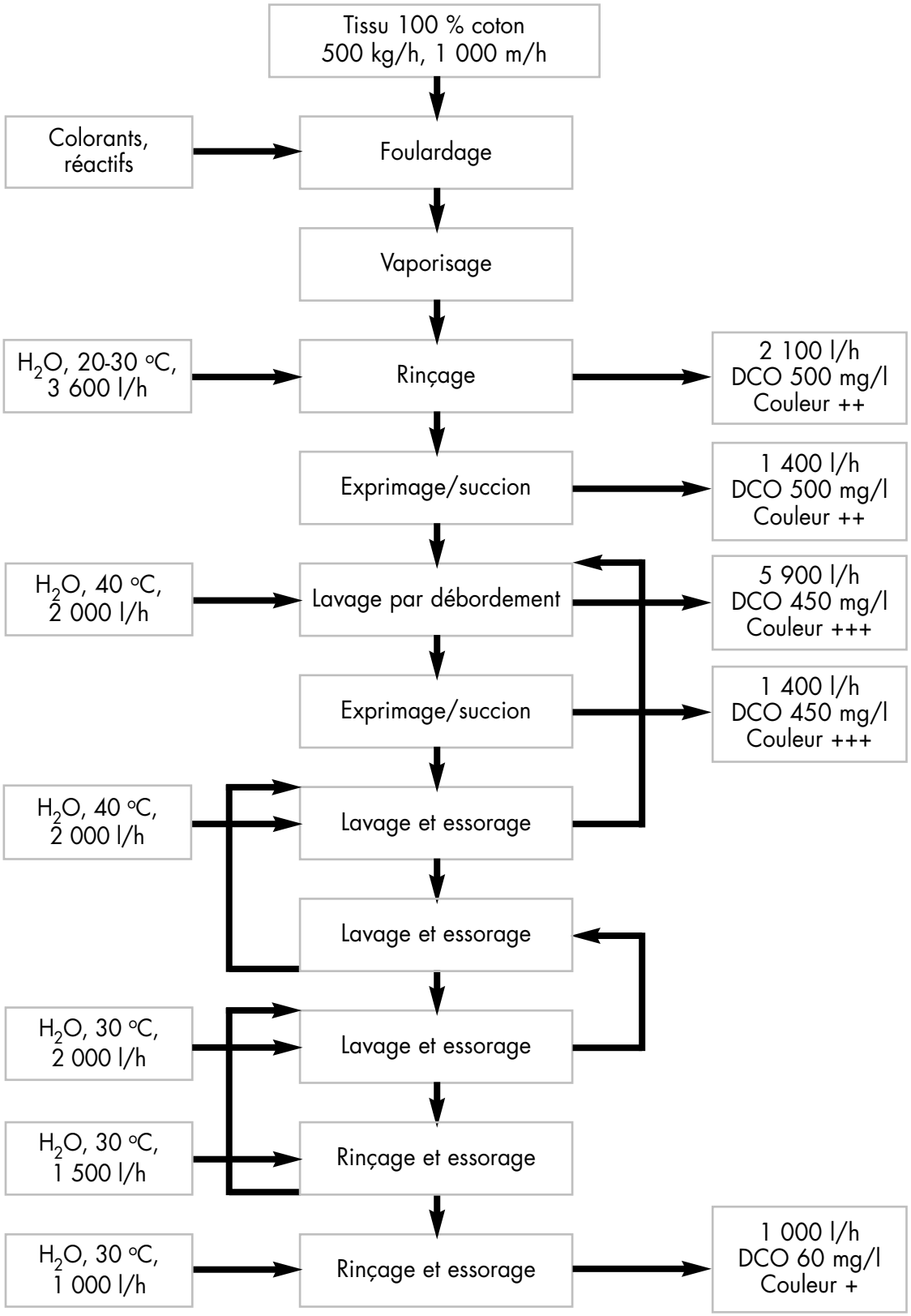
Le schéma ainsi complété permet ensuite de calculer les autres paramètres du procédé tels que : input/output d'eau et de réactifs, consommation d'eau (l/kg matière), débit de la DCO (kg O_2/h) et de la DCO du procédé (kg O_2/1 000 kg produit). Finalement, toutes ces données doivent servir à une étude du procédé en vue d'augmenter son efficacité/rentabilité. Cette approche peut s'appliquer à tout procédé en continu tel que la préparation (désencollage, lavage alcalin et blanchiment), la teinture et les différents lavages. Un procédé de teinture est présenté ci-dessous pour illustrer la méthode de l'analyse des procédés en continus.

2. Analyse du procédé de teinture en continu :

- procédé de teinture en continu à analyser;
- ligne de teinture en continu;
- matière : tissu 100 % coton;
- réactifs chimiques : colorants, sels, agents tensioactifs, colorants directs;
- débit massique : 500 kg/h, 1 000 m/h;
- teinture réalisée selon le schéma XIII.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Schéma XIII : Teinture en continu d'un tissu 100 % coton



CSMOE, CSMOITQ © 2004

Analyse du procédé :

- Calculs de la consommation d'eau (l/kg produit)
  3 600 l/h + 2 000 l/h + 2 000 l/h + 2 000 l/h + 1 500 l/h + 1 000 l/h = 12 100 l/h
  12 100 l/h : 500 kg/h = 24,2 l/kg

- Calculs du débit de la DCO (kg O_2/h)
  2 100 l/h x 500 mg/l x 10^{-6} = 1,050 kg O_2/h
  1 400 l/h x 500 mg/l x 10^{-6} = 0,700 kg O_2/h
  5 900 l/h x 450 mg/l x 10^{-6} = 2,655 kg O_2/h
  1 400 l/h x 450 mg/l x 10^{-6} = 0,630 kg O_2/h
  1 000 l/h x 60 mg/l x 10^{-6} = 0,060 kg O_2/h
  Total = 5,095 kg O_2/h

- Calculs de la charge de la DCO du procédé (kg O_2/1 000 kg produit)
  5,065 kg O_2/h : 500 kg/h = 0,010 kg O_2/ kg produit
  0,010 kg O_2/kg produit x 1 000 = 10,0 kg O_2/1 000 kg produit

- Recommandations visant les économies d'eau :
  - Réutiliser sans traitement l'effluent du dernier rinçage pour le premier rinçage
    Économie de 8 % d'eau (1 000 l x 100 %/12 500 l).
    Inconvénient : adaptation de la ligne de teinture.
  - Réutiliser avec un traitement les quatre premiers effluents pour le même procédé ou pour un autre procédé. Le traitement à développer doit éliminer la couleur des effluents (adsorption, oxydation, précipitation/coagulation).
    Économie de 86 % d'eau (10 800 l x 100 %/12 500 l).
    Inconvénients : adaptation de circuits des effluents, besoin du bassin de rétention, traitements de la décoloration.
  - Diminuer la consommation de l'eau par un réglage plus adéquat du débit de l'eau fraîche à l'entrée et par une augmentation des retours de l'eau (la diminution du débit de la deuxième, troisième et quatrième entrée et l'augmentation du débit de la cinquième entrée).

Exercices :

1. Énumérer les données nécessaires à la visualisation du procédé de teinture continue sous forme de schéma et faire l'analyse de ce procédé en vue de sa rationalisation.
2. Comparer le volume de l'eau utilisé pour la teinture et le volume des effluents. Expliquer la différence entre les deux volumes.
3. Proposer d'autres possibilités d'économie d'eau pour le procédé de teinture analysé ci-dessus.

Notes bibliographiques

[1] Weltrowski M., Données non publiées.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Chapitre XIV
Usine textile d'ennoblissement : étude de cas[1]

La description sommaire de la première phase du projet d'implantation des technologies propres dans une usine textile tunisienne est présentée dans ce chapitre. Cette première phase consiste à identifier les solutions techniques en vue de réduire la pollution à la source et de générer des économies.

1. Description de l'usine analysée

- Production : trois procédés sur des articles confectionnés en coton :
  - procédé « A » : délavage avec pierre ponce + blanchiment ;
  - procédé « B » : délavage avec pierre ponce ;
  - procédé « C » : teinture avec les colorants réactifs.
- Fréquence de chacun des procédés : 40 fois par journée de 24 heures.
- Fonctionnement de l'usine : 6 jours chaque semaine sur un total de 44 semaines/an.
- Capacité totale de production : 100 000 pièces par semaine (10,4 tonnes/jour).
- Machines : 19 laveuses de différents types.

2. Description des procédés

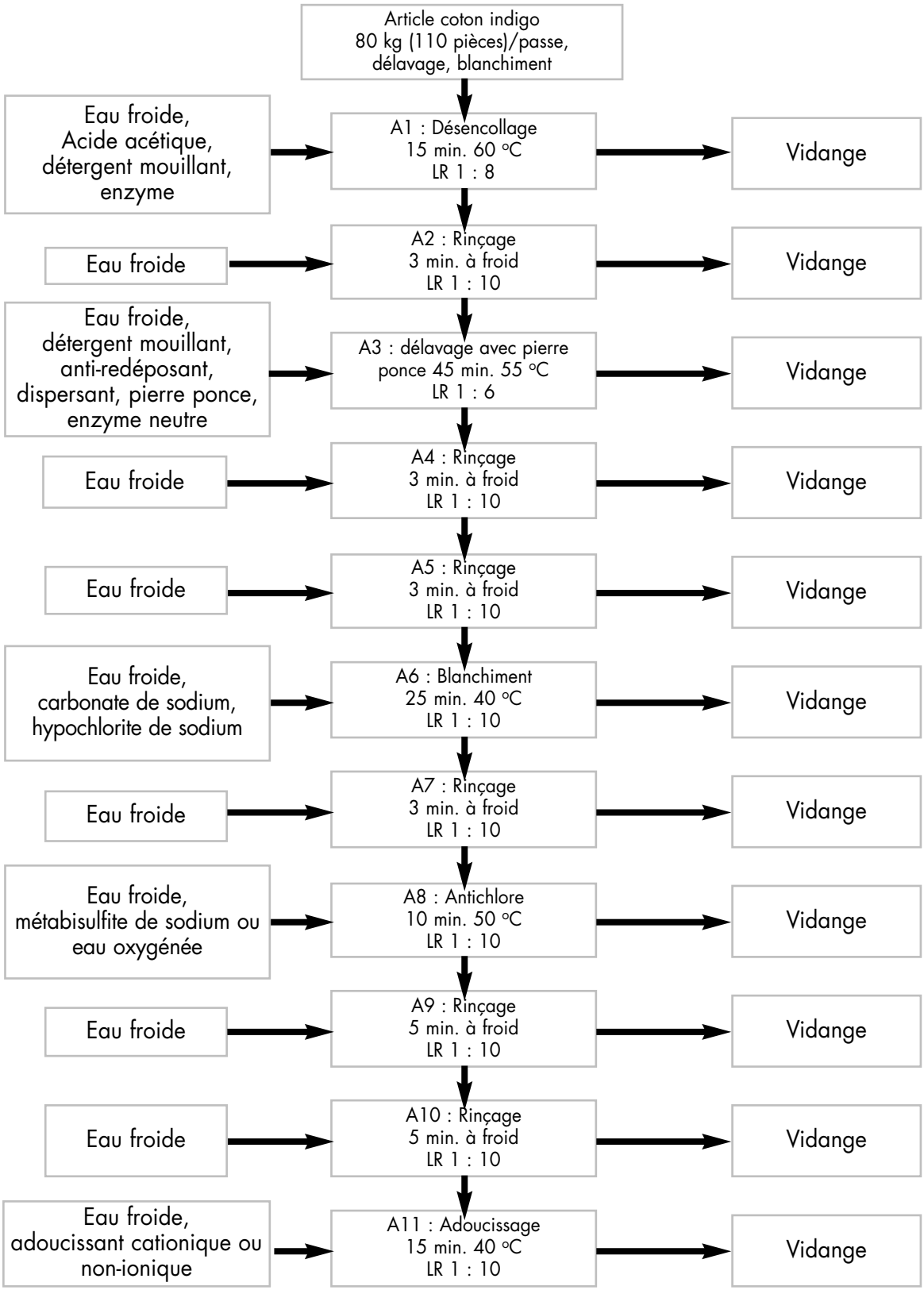
Procédé A :
- article coton indigo ;
- délavage avec pierre ponce et blanchiment ;
- masse engagée par passe : 80 kg (env. 110 pièces);
- fréquence : 40 fois toutes les 24 heures ;
- description du procédé : schéma XIV-1.

Procédé B :
- article coton indigo ;
- délavage avec pierre ponce uniquement ;
- masse engagée par passe : 80 kg (env. 110 p);
- fréquence : 40 fois toutes les 24 heures ;
- description du procédé : schéma XIV-1, étapes 1 à 5.

Procédé C :
- article coton ;
- teinture réactive ;
- masse engagée par passe : 100 kg ;
- fréquence : 40 fois toutes les 24 heures ;
- description du procédé : schéma XIV-2.

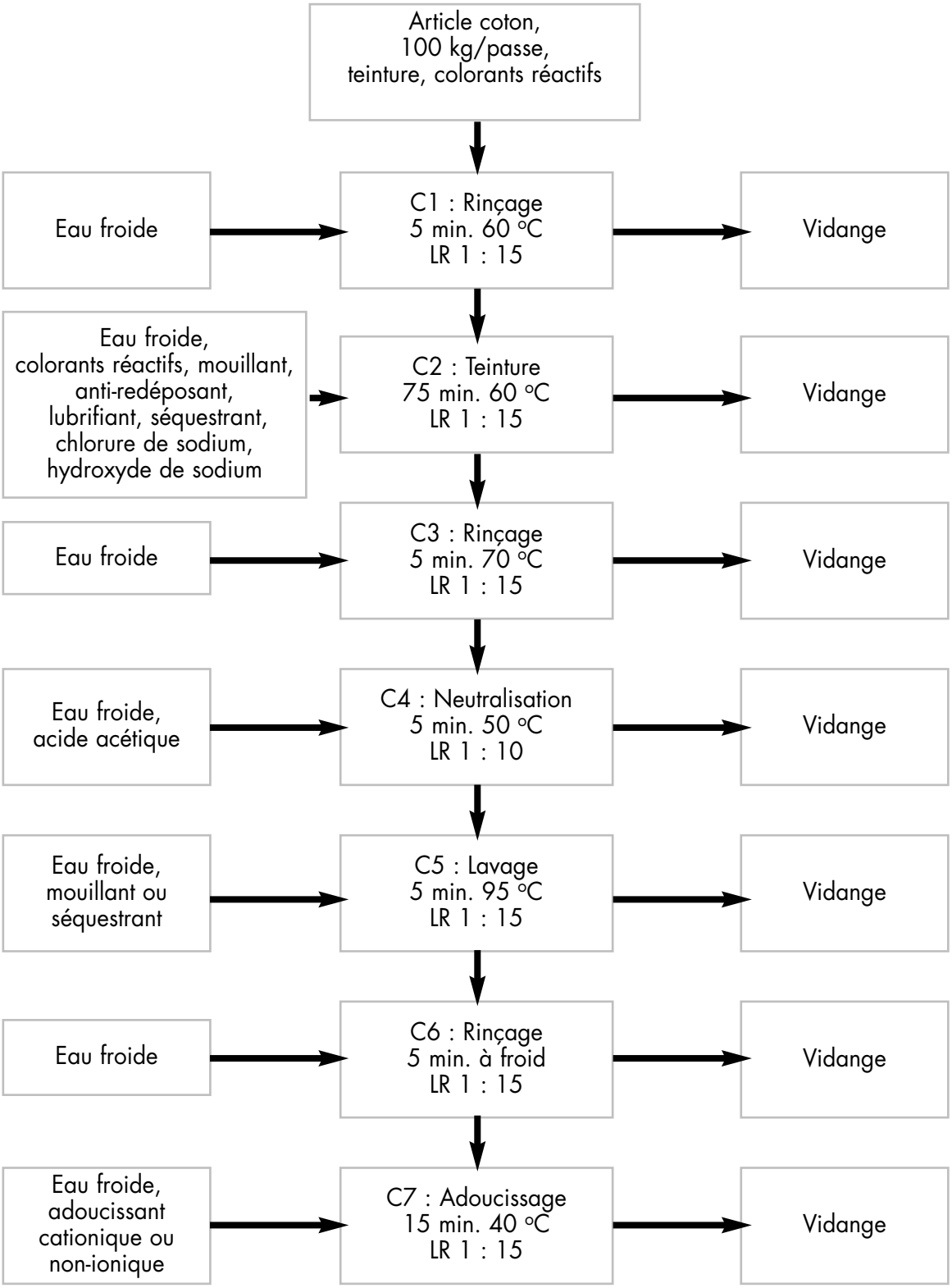
CSMOE, CSMOITQ © 2004

Schéma XIV-1 : Description du procédé A



CSMOE, CSMOITQ © 2004

Schéma XIV-2 : Description du procédé C



CSMOE, CSMOITQ © 2004

3. Caractéristiques des eaux rejetées

Les effluents de tous les procédés sont mélangés et l'effluent global est envoyé à la station de traitement biologique. Les caractéristiques de cet effluent global sont présentées dans le tableau XIV-1.

Tableau XIV-1 : Caractéristiques de l'effluent global

Paramètres	Résultats d'analyse	Norme tunisienne
Débit moyen (m^3/jour)	400	-
Température (°C)	26 – 30	< 35
pH	10,5 – 11,5	6,5 < pH < 9
Couleur (Co-Pt)	5	-
MES (mg/l)	32 – 330	400
DCO (mg O_2/l)	603 – 880	1 000
DBO_5 (mg O_2/l)	1 076	400
Chlorures (mg/l)	426 – 1 917	700
Sulfates (mg/l)	302 – 619	400
MS/TDS (mg/l)	1 898 – 3 140	400
Détergent	6,9 – 14,3	5

4. Estimations (calculs) des principaux paramètres environnementaux

Les calculs des principaux paramètres environnementaux ont été réalisés. Les résultats sont présentés dans les tableaux XIV-2 (consommation d'eau), XIV-3 (DCO), XIV-4 (DBO), XIV-5 (MS/TDS) et XIV-6 (couleur).

Tableau XIV-2 : Consommation de l'eau

Procédés	Volume par procédé (m^3)	Volume par procédé par jour (m^3)	Importance
A	8,32	332,8	++
B	4,32	172,8	+
C	10,50	420,0	+++
Moyenne (procédés)	7,71	308,5*	

** Consommation totale : 308,5 m^3 (procédés) + 90,0 m^3 (chaudières) + 10,0 m^3 (sanitaires) = 408,5 m^3 (400,0 m^3 selon audit)*

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Tableau XIV-3 : Effluents des procédés - DCO

Procédés	DCO par procédé kg O_2	DCO par procédé par jour kg O_2/j	Concentration dans l'effluent mg O_2/l	Contribution à la charge globale
A	8,24	329,6	990	+++
B	7,92	316,8	1 833	++++
C	2,40	96,0	229	+
Moyenne (estimée)	6,19	247,5	1 017	
Moyenne mesurée			603 - 880	NT 1 000 mg/l

Tableau XIV-4 : Effluents des procédés - DBO

Procédés	DBO par procédé kg O_2	DBO par procédé par jour kg O_2/j	Concentration dans l'effluent mg O_2/l	Contribution à la charge globale
A	4,04	161,6	484	++
B	3,96	158,4	917	+++
C	0,60	24,0	57	+
Moyenne (estimée)	2,87	114,7	486	
Moyenne mesurée			1 076	NT 400 mg/l

Tableau XIV-5 : Effluents des procédés – MS/TDS

Procédés	MS/TDS par procédé kg	MS/TDS par procédé par jour kg/j	Concentration dans l'effluent mg/l	Contribution à la charge globale
A	1,12	44,8	615	+
B	0,72	28,8	167	+
C	18,00	720,0	1 714	+++
Moyenne (estimée)	6,61	264,5	832	
Moyenne mesurée			1 898 - 3 140	NT 400 mg/l

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Tableau XIV-6 : Effluent du procédé C - couleur

Procédés	Colorant par procédé (kg)	Colorant par procédé par jour (kg/j)	Concentration dans l'effluent (mg/l)	Couleur unités ADMI
C	0,90	36,00	86	1 720
Norme NT				-

5. Analyse des possibilités de recyclage des effluents

Les effluents les plus chargés sont présentés dans le tableau XIV-7. Ils ne peuvent pas être recyclés à cause de leur charge élevée difficile à éliminer. Par contre, les étapes qui génèrent ces effluents sont intéressantes pour une utilisation éventuelle des effluents recyclés.

Les effluents les moins chargés qui peuvent être recyclés sont exposés dans le tableau XIV-8. Pour chaque effluent, les données suivantes sont énumérées : sa composition, les possibilités de leur traitement et les possibilités de leur réutilisation.

Tableau XIV-7 : Effluents les plus chargés

Effluents	Volume par opération (1)	Composition	Types de charge
A1/B1 (désencollage)	640	acide acétique, détergent-mouillant, enzyme	DCO, DBO
A3/B3 (délavage avec pierre ponce)	480	détergent-mouillant, anti-redéposant, dispersant, pierre ponce, enzyme neutre, colorant délavé	pierre ponce, couleur
C2 (teinture)	1 500	colorants réactifs, mouillant, anti-redéposant, lubrifiant, séquestrant, chlorure de sodium, hydroxyde de sodium	MS/TDS

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Tableau XIV-8 : Effluents les moins chargés

Effluents	Volume (1)	Composition	Traitements possibles	Réutilisation possible
A5/B5	800	pierre ponce, couleur	filtration, adsorption, coagulation	A3
A9	800		sans traitement	A8 ou A6
A10	800		sans traitement	A8, A7 ou A6
C1	1 500		sans traitement	C2 ou C3
C4	1 500	acétate de sodium, couleur	adsorption, coagulation sans traitement	C2
C5	1 500	mouillant, couleur	adsorption, coagulation sans traitement	C2 ou C4
C6	1 500	couleur	adsorption, coagulation sans traitement	C2 ou C5
C7	1 500	adoucissant	sans traitement	C7

6. Recommandations

Procédé A :

- Réduction de la consommation d'eau :
  - vérifier la possibilité d'éliminer le rinçage A10;
  - vérifier la possibilité de réutiliser les effluents A9 et A10 pour le blanchiment A6 (mesurer la DCO et le MS/TDS des effluents A9 et A10);
  - vérifier la possibilité de réutiliser l'effluent A5 pour le délavage avec pierre ponce A3 (mesurer la DCO et le MS/TDS de l'effluent A5);
  - vérifier la possibilité de réutiliser l'effluent A11 pour l'adoucissage A11 (mesurer la quantité de l'adoucissant cationique dans l'effluent A11).
- Autres recommandations :
  - éliminer la pierre ponce et remplacer par de la cellulase hybride ou de l'acide (attention à la re-déposition du colorant délavé);
  - vérifier l'effet positif de l'ajout de l'agent mouillant pendant la neutralisation A8;
  - vérifier la possibilité de diminuer la quantité d'adoucissant cationique dans l'adoucissage A11 (5 % → 3 %);
  - vérifier la possibilité du traitement de l'effluent du désencollage A1 séparément.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Procédé B :

- Réduction de la consommation d'eau :
  - vérifier la possibilité de réutiliser l'effluent B5 pour le délavage avec pierre ponce B3 (mesurer la DCO et le MS/TDS de l'effluent B5);
  - vérifier la possibilité de réutiliser l'effluent B11 pour l'adoucissage B11 (mesurer la quantité d'adoucissant cationique dans l'effluent B11);
- Autres recommandations :
  - éliminer la pierre ponce et remplacer par de la cellulase hybride ou acide (attention à la re-déposition du colorant délavé);
  - vérifier la possibilité de diminuer la quantité de l'adoucissant cationique dans l'adoucissage A11 (5 % → 3 %);
  - vérifier la possibilité de traiter l'effluent du désencollage B1 séparément.

Procédé C :

- Réduction de la consommation d'eau :
  - vérifier la possibilité d'éliminer ou de réutiliser le rinçage C1;
  - vérifier la possibilité de diminuer le rapport de bain (1/15 → 1/12);
  - vérifier la possibilité de réutiliser les effluents C4, C5 et C6 pour la teinture C2 (mesurer la DCO, la couleur et le MS/TDS des effluents C4, C5 et C6; réaliser une étude sur la possibilité de décolorer les effluents C4, C5 et C6);
  - vérifier la possibilité de réutiliser l'effluent C7 pour l'adoucissage C7 (mesurer la quantité d'adoucissant cationique dans l'effluent C7).
- Autres recommandations :
  - vérifier l'effet positif de l'ajout d'agent mouillant pendant la neutralisation A8;
  - vérifier la possibilité de diminuer la quantité d'adoucissant cationique dans l'adoucissage A11 (5 % → 3 %);
  - vérifier la possibilité du traitement de l'effluent du désencollage C2 séparément par les techniques membraneuses, la coagulation et l'adsorption.

Effluent moyen global (procédé A + B + C) :

- DCO : La valeur estimée et la valeur mesurée sont concordantes et proches de la norme NT. En conclusion, la DCO de l'effluent moyen ne constitue pas un problème.
- DBO : La valeur mesurée est deux fois plus élevée que la valeur estimée. De plus, la valeur mesurée de la DBO est presque la même que la valeur mesurée de la DCO (normalement, elle doit être au moins deux fois mois élevée). En conclusion, la valeur estimée semble être plus réaliste. Il est recommandé de réévaluer la DBO expérimentalement.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

- MS/TDS : La valeur estimée et la valeur mesurée sont toutes les deux plus élevées que la norme NT. Il faut absolument diminuer le contenu du MS/TDS dans l'effluent moyen. Il est recommandé de traiter l'effluent de la teinture C2, la source principale du MS/TDS élevé.
- Couleur : Le traitement de l'effluent C2 et la réutilisation des effluents C4, C5 et C6 peuvent diminuer substantiellement la couleur de l'effluent moyen.
- Volume (consommation de l'eau) : La consommation n'est pas excessive. Cependant, elle pourrait être facilement diminuée d'au moins 20 % par la réutilisation de certains effluents et/ou par la diminution du rapport de bain.

Exercices :

1. Réaliser les calculs de la consommation d'eau pour chaque procédé. Comparer les résultats obtenus avec les données du tableau XIV-2.
2. Effectuer les calculs de la DCO pour chaque procédé. Comparer les résultats obtenus avec les données du tableau XIV-3.
3. Réaliser les calculs de la DBO pour chaque procédé. Comparer les résultats obtenus avec les données du tableau XIV-4.
4. Effectuer les calculs du MS/TDS pour chaque procédé. Comparer les résultats obtenus avec les données du tableau XIV-5.
5. Vérifier les données présentées dans le tableau XIV-6 en faisant les calculs appropriés.

Notes bibliographiques

[1] Mhenni F., Weltrowski M., Implantation des technologies propres dans le secteur de l'ennoblissement textile : Résultats du projet pilote, *Séminaire : Textiles et technologies propres, rôle et atouts de la formation*, ATPNE-FCQGED, Sousse (Tunisie), mai 1999.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Chapitre XV
Récupération et réutilisation des déchets solides de l'industrie textile : étude de cas

Dans le chapitre IX, nous avons présenté les principes généraux de la gestion écologique et économique des déchets. Le présent chapitre donne l'exemple d'une analyse de la production de déchets dans une usine textile. On y expose également des recommandations mises en application dans des usines textiles ou des actions qui pourraient être appliquées pour réduire la production de déchets.

1. Bilan de la gestion des matières résiduelles dans une usine de tissage et d'ennoblissement

L'usine est composée des départements d'ourdissage, de tissage et d'ennoblissement (préparation, teinture, impression et apprêtage).

Les tâches suivantes peuvent être réalisées dans le but de mettre en œuvre un programme de réduction de la production de déchets solides dans l'usine d'ennoblissement :

- identification des coûts de l'élimination des déchets solides et de la récupération des matières récupérables ;
- première analyse de la production de déchets par département et pour chaque catégorie de matières ;
- réalisation d'un profil plus élaboré par une évaluation de la production de déchets par département ;
- séparation et quantification par catégorie, des déchets générés pendant une semaine type ;
- identification des sources de réduction possible ;
- analyse de la faisabilité économique et opérationnelle des options identifiées ;
- mise en œuvre des recommandations lorsque c'est possible ;
- évaluation et contrôle des solutions mises en œuvre.

2. Déchets produits par année

Le tableau XV-1 présente la production-type de déchets dans une usine textile. Pour obtenir ces informations, les déchets de chaque département ont été pesés par catégorie et ce, tous les jours pendant une semaine. Dans le cas des cônes, le poids total des déchets a été estimé.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Tableau XV : Estimation de la production de déchets

Départements	Production en tonne métrique par année
Résidus fibreux des effluents de teinture	100
Emballeurs : lisières de couture (90 %), rubans adhésifs, plastiques d'emballage	15
Déchets divers : mousses de balai, déchets divers, cônes vides, enveloppes de plastique	30
Retailles de couture, retailles de tissus, couture	41
Retailles humides	58
Cônes vides, pellicules de plastique, autres déchets	24
Total	268

Les autres matières comme le papier, le carton, les cartouches d'encre, les solvants et les fluorescents sont réacheminées vers les marchés de la récupération et du recyclage.

Autres données relatives à l'élimination des déchets solides :

- prix de l'élimination des déchets par année : 17 000 $ CAN;
- coûts de l'enfouissement : 60 $ CAN/tonne;
- l'entrepreneur qui collecte les déchets prend environ 1 heure 30 par jour pour la collecte des déchets solides, c'est-à-dire, environ 360 heures par année. Il récupère également les matières recyclables.

3. Actions pouvant être réalisées pour chaque catégorie de matières

Voici une série d'exemples d'actions pouvant être mises en œuvre dans les entreprises textiles :

Papier :

- installation de contenants de récupération de papier à chaque poste de travail pour éviter que les gens se déplacent pour récupérer le papier;
- réglage des appareils d'impression pour éviter la production de copies inutiles;
- analyse des besoins au niveau des rapports produits afin d'éliminer la reproduction de ceux jugés inutiles ou pour réduire le volume de ceux-ci;
- mise en place d'un système électronique de communication interne afin de réduire la production de papier;
- utilisation du verso du papier lorsque possible;
- achat de papier contenant du papier de rebuts post-consommation;
- réglage automatique des photocopieurs et imprimantes pour qu'ils reproduisent en mode recto-verso. Il faut d'abord vérifier si les appareils sont conçus à cet effet.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Cartouches d'imprimante :

- recycler les cartouches d'imprimante usagées et en acheter des recyclées pour réduire les coûts en approvisionnement;
- certaines compagnies achètent des cartouches neuves, mais donnent les cartouches usagées à des organismes de charité.

Boîtes de carton servant à la réception des marchandises :

- vendre les boîtes ayant servi à la réception des matières premières à une compagnie qui les réutilise telles quelles au lieu de les recycler;
- retourner les boîtes aux fournisseurs.

Boîtes servant à l'expédition des marchandises :

- éliminer les composantes des emballages jugées inutiles (ex. : séparateurs);
- utiliser des boîtes de plastique réutilisables et offrir aux clients une ristourne pour les boîtes retournées en bon état.

Les supports des rouleaux de tissu dans les boîtes d'expédition :

- remplacer les supports des rouleaux en matière vierge par des supports en matière recyclée.

Fil et cônes :

- demander aux fournisseurs du fil mesuré. Ceci permet de réduire les pertes de fil restant sur les cônes;
- étudier la possibilité de récupérer les cônes contenant des restes de fil;
- examiner la possibilité d'utiliser des cônes en plastique réutilisables et recyclables (mesure particulièrement utile pour les usines qui produisent leur propre fil).

Barils et autres contenants :

- récupérer les barils et les retourner aux fournisseurs ou les vendre;
- étudier la possibilité d'acheter certains produits dans des réservoirs de 1 000 litres pour réduire le nombre de baril et leur manipulation.

Palettes de carton et de bois :

- l'utilisation de palettes en bois pour le transport du fil permet de réduire le nombre de palettes de carton brisées.

Solvants :

Les solvants pour nettoyer les pièces de métal :

- procéder à l'évaluation des produits de nettoyage des pièces de métal afin d'identifier celui qui aurait le meilleur rapport d'efficacité, de prix et de protection de l'environnement et de la santé, ainsi que pour évaluer leur potentiel de réduction;
- étudier les postes de travail d'utilisation des solvants afin d'améliorer, au besoin, l'aération;
- sensibiliser les employés aux mesures de protection à respecter lors des différentes utilisations des solvants.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Les solvants pour le nettoyage des produits textiles :

- procéder à des inspections à chaque étape du processus de production afin d'identifier les causes principales de taches et éliminer à la source la production de taches;
- étudier le poste de travail de l'inspection finale pour réduire l'exposition aux vapeurs de perchloroéthylène;
- poursuivre les recherches pour trouver un produit de remplacement au perchloroéthylène;
- sensibiliser les employés aux mesures de protection à respecter lors de l'utilisation du solvant.

Fluorescents :

- récupérer les fluorescents pour leur recyclage par un récupérateur spécialisé.

Résidus fibreux récupérés des effluents de teinture :

- rechercher les marchés pour ces matières, notamment dans le secteur des feutres;
- étudier la possibilité de développer des partenariats avec d'autres entreprises textiles ou des associations textiles pour développer des marchés pour ces rebuts.

Les retailles de tissus et le fil récupéré :

- vendre ces matières textiles récupérables;
- vérifier les autres sources de débouchés possibles pour les retailles de tissus, les rebuts de lisières et le fil;
- vérifier la possibilité de réintroduire les retailles de tissus dans le processus de production.

4. Autres actions possibles concernant la gestion des matières résiduelles

- Améliorer l'efficacité du système de collecte sélective sur le plancher de l'usine.
- Poursuivre les recherches sur les marchés possibles pour les différentes catégories des matières.
- Étudier la possibilité de récupérer les matières compostables.
- Mettre sur pied un comité technique responsable de mettre à jour régulièrement les informations et de proposer des changements dans la gestion des matières résiduelles.
- Effectuer des séances d'information, à intervalles réguliers, auprès de l'ensemble des employés pour les informer au sujet des résultats et des avantages de la collecte des matières résiduelles.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Il est à noter que chaque entreprise textile dispose de déchets et d'opportunités de réduction et de recyclage qui varieront selon :

- la nature de la production;
- la quantité et la nature des déchets;
- les possibilités de réutilisation et de recyclage au sein de l'usine et à l'extérieur de l'usine;
- les infrastructures d'élimination et de recyclage de la région;
- les espaces d'entreposage.

Chaque entreprise textile doit donc effectuer le travail d'analyse en tenant compte du contexte dans lequel elle évolue. Les possibilités de réduction, de réutilisation et de recyclage changent avec la venue de nouvelles technologies, de nouveaux services ou encore lors de changements dans les moyens de production de l'usine. Une veille technologique s'avère donc essentielle pour s'adapter et bonifier les pratiques de réduction de la production de déchets.

Exercices :

1. Présenter un exemple d'intervention visant à réduire l'usage de perchloroéthylène utilisé en aérosol.
2. Présenter des facteurs qui influencent les opportunités de réduction et de recyclage.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Chapitre XVI
Exemple d'une analyse de toxicité des réactifs chimiques[1]

La substitution des réactifs chimiques toxiques par des réactifs moins toxiques est une des plus importantes techniques d'implantation des technologies propres (voir chapitre II-3). Pourtant, cette technique est très souvent négligée, non pas à cause de sa complexité ou de son coût élevé, mais par manque d'information sur la toxicité d'un auxiliaire ou d'un colorant. Cependant, cet obstacle peut être surmonté, comme nous le démontrerons à l'aide de l'exemple présenté dans ce chapitre.

Toutes les entreprises textiles ont accès aux fiches signalétiques de l'ensemble des réactifs utilisés, celles-ci étant obligatoires. Dans ces fiches, on retrouve toutes les informations nécessaires pour pouvoir réaliser une évaluation de la toxicité des réactifs utilisés. Il n'y a donc pas un manque d'information, mais plutôt une capacité insuffisante d'analyse de ces fiches. Ce chapitre vise à combler cette lacune en présentant un exemple d'analyse de fiches signalétiques de l'ensemble des réactifs utilisés, dans le but d'évaluer leur toxicité. Les données sont tirées des procédés de finition d'une entreprise. Pour respecter la confidentialité des données provenant de l'entreprise et pour garder une impartialité envers les différents fournisseurs des réactifs chimiques, les vrais noms des réactifs sont remplacés par des numéros. De plus, la fréquence d'utilisation/quantité utilisée d'un réactif est présentée de façon descriptive et approximative.

La première étape d'analyse consiste à tracer une liste de tous les réactifs utilisés et à décrire leurs rôles. Cette liste doit contenir également les informations sur les étapes du procédé où le réactif analysé est utilisé, sa concentration et la fréquence de leur utilisation. Toutes ces données servent à identifier l'importance relative de chaque réactif. Le tableau XVI-1 présente l'exemple d'une telle liste (modifiée pour des raisons de confidentialité).

Tableau XVI-1 : Produits chimiques utilisés pour les procédés de finition

Réactifs chimiques #	**Importance de quantité utilisée/fréquence d'utilisation/quantité dans l'effluent** (une résultante de trois facteurs)	**Rôles joués**
1	++++	Huile d'ensimage
2	++++	Acide organique, neutralisation, aide à l'épuisement
3	+++	Détergent, agent mouillant
4	+++	Adoucissant cationique

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Réactifs chimiques # 	Importance de quantité utilisée/fréquence d'utilisation/quantité dans l'effluent (une résultante de trois facteurs)	Rôles joués
5	++	Ajustement du pH, séquestrant
6	++	Détergent
7	+++	Agent de fixation
8	++	Agent d'unisson, dispersant
9	++	Anti-précipitant
10	++	Réducteur, antioxydant
11	+++	Stabilisateur
12	++	Azurant optique
13	++	Azurant optique
14	++	Enzyme, destruction du peroxyde
15	++	Mouillant
16	+	Adoucissant silicone
17	++	Séquestrant
18	+++	Fixant
19	+	Agent antistatique
20	+	Pigment
21	++	Fixant de pigment (binder)
22	+	Lubrifiant
23	++	Séquestrant (Ca, Mg)
24	++	Stabilisateur
25	++	Savonnage, dispersant
26	++++	Épuisement du bain de teinture
27	++++	Fixation de teinture, alcalinisation
28	++++	Alcalinisation
29	++++	Agent de blanchiment
30	+	Pigment/colorant représentatif
31	+	Pigment/colorant représentatif
32	+	Pigment/colorant représentatif
33	+	Pigment/colorant représentatif
34	+	Pigment/colorant représentatif
35	+	Pigment/colorant représentatif
36	+	Pigment/colorant représentatif

CSMOE, CSMOITQ © 2004

La deuxième étape de la démarche sert à identifier les composants dangereux des auxiliaires/colorants. Ces composants et leurs concentrations sont obligatoirement identifiés dans chaque fiche signalétique. La fiche signalétique contient également le numéro CAS (Chemical Abstract Service) de chaque composant dangereux. Ce numéro permet d'identifier davantage le composant et ses propriétés (pour des numéros CAS des réactifs chimiques, voir http://info.cas.org). Le tableau XVI-2 présente les résultats d'une telle analyse des fiches signalétiques des réactifs utilisés.

Tableau XVI-2 : Composants dangereux dans les produits utilisés pour les procédés

Produits chimiques	Composants dangereux selon la fiche signalétique	# CAS	Concentration (% P/P)
1	Alcools C_{12} – C_{15} éthoxylés Éthoxylate de nonylphénol α-(Nonylphénol)-ω-hydroxypoly(oxyéthylène)	068131-39-5 127087-87-0 009016-45-9	5-10 1-5 1-5
2	Acide acétique	64-19-7	40-60
3	Acide citrique Éther monobutylique du diéthylèneglycol Butyl carbitol alpha-tridécyl-oméga-hydroxy-poly(oxyéthylène)	77-92-9 112-34-5 69011-36-5	3-7 3-7 20-30
4	Isopropanol Methyl bis(tallowamidoethyl)-2-hydroxy ethylammonium metylsulfate, éthoxylé	000067630 68410-69-5	1 12
5	Acide chlorhydrique Acide citrique	7647-01-0 77-92-9	1-5 10-30
6	Éthanol Méthanol Trideceth-8	64-17-5 67-56-1 24938-91-8	1-5 0,5-1,5 10-30
7	S/O	-	-
8	Aucun	-	-
9	Alkyl amine polyglycol éther	68155-33-9	10-30
10	Hydrosulfite de sodium Pyrophosphate tétrasodique	7775-14-6 7722-88-5	40-70 40-70
11	S/O	-	-
12	Aucun	-	-
13	Aucun	-	-
14	Catalase	9001-05-2	<14
15	Alpha-isodécyl-oméga-hydroxy-poly (oxy-1,2-éthanediyl), alcool éthoxylé	61827-42-7	60-100

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Produits chimiques	Composants dangereux selon la fiche signalétique	# CAS	Concentration (% P/P)
16	Aucun	-	-
17	EDTA Hydroxyde de sodium Nitrilotriacétate de sodium	64-32-8 1310-73-2 5064-31-3	39 1,2 0,9
18	Aldéhyde formique Condensat dicyandiamide/formaldéhyde	50-00-0 26591-12-8	0,5 20-40
19	Alcool isopropylique	000067630	0,5-1,5
20	S/O	-	-
21	Éthyle acrylate	0000140-88-5	<0.080
22	Aucun	-	-
23	Hydroxyde de sodium	1310-73-2	1-5
24	Aucun	-	-
25	Mono éther de polyéthylène glycols 3	9016-45-9	20-30
26	-	-	-
27	Carbonate de sodium	497-19-8	100
28	Hydroxyde de sodium	001310-73-2	48,5-50,5
29	-	-	-
30	Cuivre intégré dans le produit	7440-50-8	-
31	S/O	-	-
32	Cuivre intégré dans le produit	7440-50-8	1-5
33	S/O	-	-
34	Éthylèneglycol	107-21-1	10-30
35	S/O	-	-
36	S/O	-	-

Un tiret (-) indique l'absence de données dans la fiche signalétique

Les données exposées dans le tableau XVI-2 indiquent l'existence de substances dangereuses dans les auxiliaires/colorants utilisés, mais ne permettent pas de quantifier le degré de danger relié à la présence de ces substances. Pour pouvoir déterminer ce danger, il faut analyser les informations sur la toxicité de substances dangereuses. Le risque de cette toxicité pour les humains est présentée en dose létale DL_{50}. Celle-ci exprime la concentration d'un composé en mg/l ou en ppm (partie par million) nécessaire pour détruire la moitié de la

CSMOE, CSMOITQ © 2004

population des organismes exposés au composé dans des conditions contrôlées. Plus la valeur de DL_{50} est faible, plus le composé s'avère toxique. Il existe trois modes d'absorption de la substance toxique par l'organisme :

- *Orale aiguë* pour l'absorption orale;
- *Cutanée* pour absorption à travers la peau;
- *Vapeurs* pour une inhalation des vapeurs.

Finalement, une substance chimique peut avoir une toxicité chronique, dont surtout des propriétés carcinogènes. Ces propriétés ne dépendent pas de la dose de la substance dangereuse. Un simple contact avec une dose infiniment faible de certaines substances peut développer un cancer dans une période de temps indéfinie. Dans ce cas, il n'y a pas de valeur pour quantifier le danger : il existe ou il est absent. Le tableau XVI-3 présente l'analyse de la toxicité des substances dangereuses composant les auxiliaires/colorants.

Tableau XVI-3 : Toxicité des composants dangereux des produits utilisés pour les procédés de finition

Produits	Composants dangereux selon la fiche signalétique	Toxicité			
		Orale aiguë DL_{50} mg/kg	Cutanée DL_{50} mg/kg	Vapeurs DL_{50} mg/kg	Propriétés carcinogènes
1	Alcools C_{12} – C_{15} éthoxylés	2 700	-	-	-
	Éthoxylate de nonylphénol	-	-	-	-
	α-(Nonylphénol)-ω-hydroxypoly(oxyéthylène	1 310	-	-	-
2	Acide acétique	-	-	-	-
3	Acide citrique	6 730	-	-	-
	Éther monobutylique du diéthylèneglycol	6 560	-	-	-
	Butyl carbitol alpha-tridécyl-oméga-hydroxy-poly(oxyéthylène) ramifié	-	-	-	-
	Ensemble du produit 3	> 2 000	-	-	-
4	Isopropanol	4 710	12 800	22 627	Traces de 1,4-dioxane suspecté d'être cancérigène
	Méthyl bis(tallowamidoethyl)-2-hydroxy ethylammonium metylsulfate, ethoxylé	840	-	-	
5	Acide chlorhydrique	900	-	554	-
	Acide citrique	6 730	-	-	
6	Éthanol	-	-	-	-
	Méthanol	-	-	-	-
	Trideceth-8	-	-	-	-
9	Alkyl amine polyglycol éther	-	-	-	-
	Ensemble du produit 9	> 5 000	2 764	-	-
10	Hydrosulfite de sodium	> 500	-	-	-
	Pyrophosphate tétrasodique	4 000	-	-	-
	Ensemble du produit 10	2 900	irritant	irritant	-
14	Catalase	> 2 000	-	-	-
15	Alpha-isodécyl-oméga-hydroxy-poly(oxy-1,2-éthanediyl), alcool éthoxylé	-	-	-	-

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Produits	Composants dangereux selon la fiche signalétique	Toxicité			
		Orale aiguë DL_{50} mg/kg	Cutanée DL_{50} mg/kg	Vapeurs DL_{50} mg/kg	Propriétés carcinogènes
17	EDTA Hydroxyde de sodium Nitrilotriacétate de sodium	330 40 > 4 000	- - -	- - -	- - Suspect potentiel cancérigène
18	Aldéhyde formique Condensat dicyandiamide/ formaldéhyde	800 -	270 irritant -	590 -	Prouvé cancérigène, toxique pour le sang
19	Alcool isopropylique	3 600/ 5 045/ 6 410	12 800	22 627	-
21	Acrylate d'éthyle	-	-	-	Connue en Californie pour causer le cancer
23	Hydroxyde de sodium	365	-	-	-
25	Mono éther de polyéthylène glycols 3 N-Méthylpyrrolidone	- 3 500	- > 8 000	- -	- -
27	Carbonate de sodium	2 800	-	-	-
28	Hydroxyde de sodium	-	-	-	-
30	Cuivre intégré dans le produit Ensemble du produit 30	- > 5 000	- -	- -	- -
32	Cuivre intégré dans le produit Ensemble du produit 32	- > 2 000	-	-	-
34	Éthylèneglycol Ensemble du produit 34	- > 2 000	- -	- -	- -

Un tiret (-) indique l'absence de données dans la fiche signalétique

Dans le cas de l'usine analysée, on ne retrouve pas de substances dangereuses qui présentent les valeurs de DL_{50} faibles ou en dessous de 1. Les auxiliaires/colorants utilisés ne constituent donc pas un problème de toxicité directe. Par contre, quatre substances, composantes des auxiliaires/colorants 4, 17, 18 et 21, présentent ou peuvent présenter des propriétés carcinogènes.

La dernière étape de l'analyse toxicologique porte sur la toxicité aquatique. Un composé peut être inoffensif pour les humains, mais peut s'avérer toxique et dommageable pour la vie aquatique. Plusieurs valeurs servent à caractériser ce type de toxicité. Les facteurs les plus souvent utilisés sont :

- Toxicité aquatique (CL_{50}) : la concentration létale LC_{50} exprime la concentration d'un composé en mg/l ou en ppm nécessaire pour détruire la moitié de la population des organismes aquatiques exposés au composé dans des conditions contrôlées. Plus la valeur de LC_{50} est faible, plus le composé est toxique.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

- Rapport DCO/DBO_5 : ce rapport indique la biodégradabilité du composé chimique. Plus il est élevé, plus le traitement biologique de ce composé est difficile.
- Élimination biologique : le pourcentage d'élimination biologique dans des conditions standardisées (méthode OCDE No. 301F). Plus cette valeur est faible, plus le composé est difficile à éliminer par un traitement biologique.
- Liste LSIP : le gouvernement fédéral du Canada légifère le rejet des substances toxiques selon la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (LCPE). Cette loi prévoit une évaluation des risques dans le cas de rejet des substances déclarées toxiques qui figurent sur la *Liste des substances d'intérêt prioritaire* (LSIP).

Pour pouvoir approfondir les connaissances sur les notions de toxicité aquatique, il est recommandé de consulter les sections 1 à 4 du chapitre VIII.

Tableau XVI-4 : Toxicité aquatique des produits utilisés pour les procédés de finition

Produits	DBO mg/g	DCO mg/g	DCO/ DBO	CL_{50} mg/l	Élim. biolog. (%)*	Composants sur LSIP	Autres composants difficilement biodégradables
1	-	-	-	-	-	Éthoxylate de nonylphénol α-(Nonylphénol)-ω-hydroxypoly (oxyéthylène)	Alcools C_{12} – C_{15} éthoxylés
2	640	-	-	-	-	-	-
3	211	829	3,9	35	54	-	Butyl carbitol alpha-tridé-cyl-oméga-hydroxy-poly(oxy-éthylène) ramifié
4	-	-	-	-	-	-	Methyl bis(tallowami-doethyl)-2-hydroxy ethylammonium metylsulfate, éthoxylé
5	-	-	-	-	-	-	-
6	100	200	2,0	-	95,6	-	Trideceth-8
7	-	-	-	0,1-0,4	7,2	-	Sel polyamine aliphatique (agent cationique)
8	-	1 280	-	10-100	>80	-	Les acides gras éthoxylés
9	-	-	-	-	-	-	Alkyl amine polyglycol éther
10	-	-	-	-	-	-	-
11	7	80	11,4	>1 000	74	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-
14	67	115	1,7	>100	97	-	-

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Produits	DBO mg/g	DCO mg/g	DCO/ DBO	CL_{50} mg/l	Élim. biolog. (%)*	Composants sur LSIP	Autres composants difficilement biodégradables
15	-	-	-	-	-	-	Alcool éthoxylés
16	-	-	-	-	-	-	-
17	0,0	284	∞	-	0,0	-	EDTA
18	-	-	-	-	-	Formaldéhyde	Condensat dicyandiamide/ formaldéhyde
19	-	-	-	-	-	-	Chlorure d'ammonium du N-alkyl diméthyle benzyle (agent cationique)
21	-	-	-	-	-	-	Polymère non identifié
22	-	-	-	-	-	-	Dérivé de l'acide polyacrylique
23	10	214	21,4	-	<10	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	Phénol d'un alkyle éthoxylé	-
27	-	-	-	-	-	-	-
28	-	-	-	-	-	-	-
29	-	-	-	-	-	-	-
30	80	665	8,3	118	91	-	Phthalocyanine au cuivre
31	30	957	31,9	612	93	-	-
32	5	1 096	219,2	388	100 (?)	-	Phthalocyanine au cuivre
33	96	659	6,9	171	90	-	-
34	171	927	5,4	>100	70	Éthylèneglycol	-
35	-	-	-	>100	70	-	-
36	-	-	-	>100	80-90	-	-

Un tiret (-) indique l'absence de données dans la fiche signalétique

L'analyse des données des tableaux XVI-3 et XVI-4 permet de formuler les recommandations sur le remplacement des produits chimiques à cause de leur toxicité pour les humains et leur toxicité aquatique. Ces recommandations et les critères utilisés pour la formulation des recommandations sont présentés dans le tableau XVI-5.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Tableau XVI-5 : Recommandations finales sur le remplacement des produits chimiques utilisés pour les procédés de finition

Types de recommandation et critères	Produits
Recommandation de remplacement immédiat et inconditionnel. Critère de sélection : (1) Présence d'un produit sur la liste LSIP.	1, 18, 25, 34
Recommandation de remplacement selon la disponibilité du produit remplaçant, techniquement et économiquement justifié. Critères de sélection : (1) Toxicité aquatique élevée : CL_{50}<100 et/ou élimination biologique <10 et/ou rapport DCO/DBO >10 (2) Propriétés cancérigènes.	3, 4, 5, 7, 17, 21, 23, 30, 31, 32
Aucune recommandation de remplacement à cause de la toxicité. Critères de sélection : (1) Absence de toxicité orale aiguë, cutanée, oculaire; (2) Absence de toxicité causée par inhalation des vapeurs; (3) Absence de propriétés cancérigènes; (4) Toxicité aquatique faible : CL_{50} >100 et élimination biologique >10 et rapport DCO/DBO <10	6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 22, 24, 27, 28, 29, 33, 35, 36

L'exemple présenté ci-dessus démontre qu'une analyse de la toxicité des réactifs chimiques est faisable à partir des données présentes dans les fiches signalétiques des produits. Cette analyse est possible malgré l'absence de plusieurs valeurs dans ces fiches. Il est fortement recommandé de réaliser une analyse semblable pour les réactifs chimiques utilisés dans une entreprise : c'est une étape préliminaire indispensable avant la substitution des réactifs (chapitre II-3).

Notes bibliographiques

[1] Weltrowski M., Données non publiées.

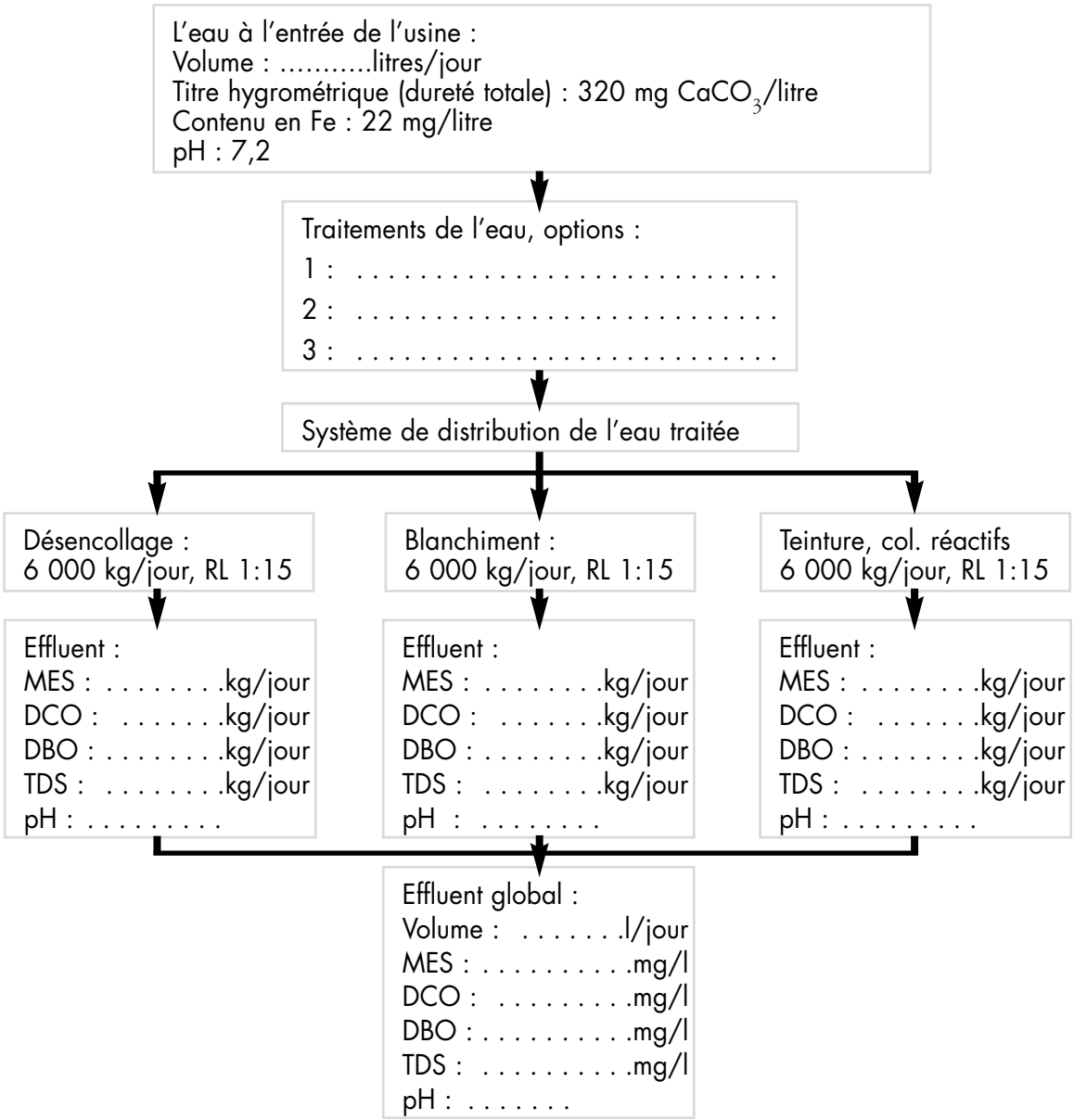
CSMOE, CSMOITQ © 2004

Chapitre XVII
Exercices de synthèse portant sur l'ensemble de la matière traitée

Exercice 1 :

Le schéma ci-dessous schématise la gestion de l'eau d'une usine d'ennoblissement de tissu 100 % coton. L'usine traite 6 000 kg de tissu par jour. Compléter ce schéma.

Schéma XVII-1 : Gestion de l'eau d'une usine d'ennoblissement

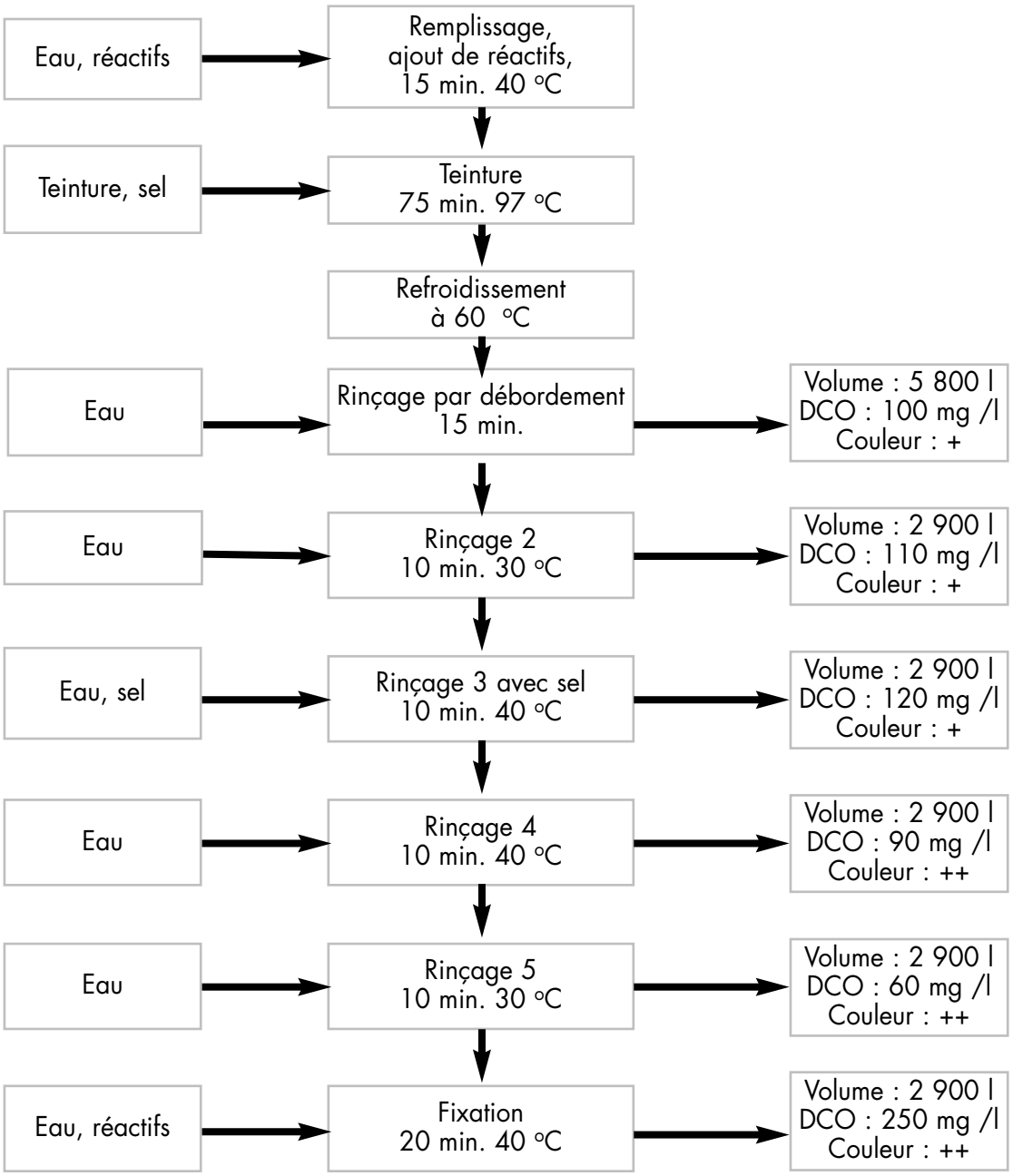


CSMOE, CSMOITQ © 2004

Exercice 2 :

Le schéma XVII-2 présente le procédé de teinture du tissu 100 % coton avec les colorants directs. Le procédé est réalisé dans une barque à tourniquet d'une capacité de 3 000 litres. Les 145 kg de tissu sont traités par passe et le rapport du bain est de 1/20. Calculer pour ce procédé : le volume total des effluents, la consommation d'eau (l/kg), la charge totale de la DCO (kg O_2) et la charge de la DCO par 1 000 kg de produit (kg O_2/1 000 kg). Proposer les solutions pour l'économie d'eau.

Schéma XVII-2 : Procédé de teinture du tissu 100 % coton avec les colorants directs



CSMOE, CSMOITQ © 2004

Exercice 3 :

Rédiger une offre de service pour un projet fictif d'implantation de technologies propres dans une usine d'ennoblissement. L'offre doit contenir les parties suivantes : une courte description de l'usine, les objectifs du projet, les activités à réaliser et les échéanciers.

Exercice 4 :

La consommation de réactifs chimiques et d'eau lors du procédé de teinture, décrit sur le schéma XIV-2, est présentée dans le tableau XVII-1. Les prix, en monnaie fictive, des réactifs chimiques et de l'eau sont présentés dans le tableau XVII-2. En utilisant les données de ces deux tableaux, calculer le coût total du procédé. Calculer quel est le pourcentage du coût total que représente chacun des réactifs chimiques et celui du coût de l'eau. Discuter les résultats obtenus dans une optique d'augmentation de la rentabilité du procédé. *Note : Le coût total du procédé ne renferme pas les coûts de l'énergie, les coûts de traitement des effluents et les coûts d'amortissement des équipements.*

Tableau XVII-1 : Consommation des réactifs chimiques et de l'eau du procédé de teinture présentée dans le schéma XIV-2

Réactifs	Concentration (g/l) ou (%)	Étape/ rapport de bain	Volume par étape (litre)	Quantité par procédé (kg/procédé)
Colorant réactif HE	3,0 %	C2 1/15	1 500	3,0*
Agent mouillant	1,0	C2 1/15	1 500	1,5
Agent mouillant	1,0	C5 1/15	1 500	1,5
Agent anti-redéposant	2,0	C2 1/15	1 500	3,0
Lubrifiant	2,0	C2 1/15	1 500	3,0
Séquestrant	0,5	C2 1/15	1 500	0,75
Chlorure de sodium	30,0	C2 1/15	1 500	45,0
Hydroxyde de sodium	2,0	C2 1/15	1 500	3,0
Acide acétique	1,0	C4 1/15	1 500	1,5
Adoucissant cationique	3,0	C7 1/15	1 500	4,5

**100 kg/passe x 0,03 = 3,0 kg*

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Tableau XVII-2 : Prix des réactifs chimiques et de l'eau (monnaie fictive)[1]

Réactifs chimiques/opérations	**Coûts** (unité de monnaie fictive/kg)
Colorants réactifs HE	210 - 235
Colorants réactifs ME	335 - 350
Sel	1,25
Hydroxyde de sodium (100 %)	10
Agents mouillants/anti-redéposant/lubrifiants	20,50
Séquestrant	41,70
Acide acétique (estimation)	10
Adoucissant cationique (estimation)	30
Eau	12,5/m^3

Notes bibliographiques

1 Anonym, *Cleaner production in textile wet processing*, United Nation Environment Programme, March 1996.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Chapitre XVIII
Solutions aux exercices

Chapitre II
Technologies propres : différentes techniques d'intervention

Exercice 1

- Entretien des équipements - ménage.
- Substitution des réactifs chimiques.
- Contrôle des matières premières.
- Optimisation de l'utilisation des réactifs chimiques.
- Ségrégation des effluents.
- Réutilisation des effluents sans traitement.
- Réutilisation des effluents avec l'ajustement des concentrations des réactifs.
- Réutilisation des effluents avec un traitement.
- Modification des procédés.
- Modification des équipements.

Exercice 2

Les techniques présentées ci-dessus (exercice 1) sont rangées selon l'ordre croissant de complexité.

Exercice 3

- Ségrégation des effluents.
- Réutilisation des effluents sans traitement.
- Réutilisation des effluents avec l'ajustement des concentrations des réactifs.
- Réutilisation des effluents avec un traitement.
- Modification des procédés.
- Modification des équipements.

Exercice 4

La réutilisation des effluents nécessite très souvent une ségrégation préalable des effluents. La ségrégation est donc réalisée comme première étape du procédé de récupération/réutilisation des effluents.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Exercice 5

- Réutilisation des effluents sans traitement :
  - visualiser sur un schéma le procédé ou le département visé;
  - analyser le schéma du procédé et identifier les effluents à recycler;
  - identifier les étapes du procédé où les effluents destinés à être recyclés pourraient être réutilisés;
  - procéder à des essais de réutilisation des effluents en vue de s'assurer que l'utilisation de bains recyclés n'a pas d'influence négative sur la qualité du produit;
  - trouver la possibilité de rétention des effluents destinés à la réutilisation;
  - procéder à la réutilisation.
- Réutilisation des effluents avec l'ajustement des concentrations des réactifs :
  - identifier les effluents à recycler;
  - placer le bain visé dans un réservoir de rétention;
  - déterminer, dans le bain retenu, les concentrations des colorants et des auxiliaires;
  - ajuster les concentrations des colorants et des auxiliaires selon les résultats d'analyse;
  - réutiliser le bain avec les concentrations de réactifs ajustées;
  - procéder à des essais de réutilisation des effluents en vue de s'assurer que l'utilisation de bains recyclés n'a pas d'influence négative sur la qualité du produit.
- Réutilisation des effluents avec un traitement :
  - identifier le procédé où l'eau de recyclage pourrait être utilisée;
  - établir les standards de qualité d'eau pour ce procédé visé;
  - examiner la possibilité de réutiliser des effluents qui rencontrent ces standards sans un prétraitement;
  - le cas échéant, étudier la possibilité de réutiliser les effluents qui peuvent rencontrer ces standards par un prétraitement;
  - identifier le prétraitement efficace;
  - atteindre les standards visés par le prétraitement identifié;
  - évaluer les coûts de toutes les possibilités;
  - procéder à des essais de réutilisation des effluents pour s'assurer que l'utilisation de bains recyclés n'a pas d'influence négative sur la qualité du produit.

Exercices 6 et 7

- Les schémas doivent contenir les informations suivantes : la quantité de matière à traiter, les étapes du procédé, le rapport de bain de chaque étape (ou le volume de l'eau utilisé/ajouté), la composition chimique du bain de chaque étape (ou les concentrations des réactifs ajoutés), l'information sur la destination du bain de chaque étape (vidangé ou non vidangé), la fréquence du procédé, la durée de chaque étape et la température du bain de chaque étape.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Chapitre V
Types de déchets générés par l'industrie textile – généralités

Exercice 1

Secteur de la production :

- résidus solides extraits des effluents traités (fibres décantées ou tamisées, boues d'épuration, latex résiduaire);
- mousse de poussières provenant du tissage;
- cônes de carton ou de plastique contenant ou non des restes de fil;
- retailles sèches ou humides de tissus;
- balayures de plancher;
- matériel d'emballage (carton, plastique, ruban adhésif, etc.);
- barils;
- palettes de transport de marchandise.

Secteur de l'administration :

- papier, cartes de qualité, cartes d'identification;
- verre;
- plastique;
- cartouches d'encre des photocopieurs, télécopieurs et imprimantes.

Exercice 2

- Gaz rejetés par les chaudières (bouilloires) à gaz ou à mazout.
- Vapeurs de solvants organiques utilisés surtout pour l'enduction et pour d'autres procédés d'apprêtage.
- Vapeurs d'autres substances organiques volatiles utilisées dans les procédés de finition.
- Vapeurs des substances inorganiques comme des acides (faible quantité).

Exercice 3

Les lecteurs choisissent une usine qu'ils connaissent et ils décrivent les différentes catégories de déchets et de polluants présents dans leurs rejets hydriques.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Chapitre VI
Consommation d'eau et d'énergie par l'industrie textile

Exercice 1

- Laine > coton > fibres synthétiques;
- Tricots > tissus.

Exercice 2

Impression > teinture.

Exercice 3

- Teinture, blanchiment, impression;
- Teinture, lavage-désensimage, lavage en suint.

Exercice 4

Jigger < système continu – teinture sur ensouple – teinture en bourre < teinture sur bobine < jet < bac à tourniquet < teinture en écheveaux < teinture à palette.

Exercice 5

Les lecteurs choisissent une usine qu'ils connaissent et calculent et présentent sa consommation d'eau. Ensuite, ils comparent cette consommation avec les données présentées dans les tableaux.

Exercice 6

France : de 1,1 FF/kg à 2,5 FF/kg
É.-U. : de 0,3 FF/kg à 1,1 FF/kg (de 0,044 $US/kg à 0,177 $US/kg)

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Exercice 7

Exemple de calcul : 2,2 FF/kg / 0,90 FF/kWh = 2,44 kWh/kg

Matières textiles produites	Coûts énergétiques (kWh/kg)	
	Toutes énergies	Électricité
Ennoblissement textile	2,44	1,00
Fabrication d'articles à maille	2,78	1,11
Fabrication d'étoffes à maille	2,44	1,44
Filature	1,67	1,22
Industries textiles (ensemble)	3,22	2,00
Intégré tissage/ennoblissement	1,22	0,89
Moulinage - texturation	2,00	1,78
Tissage	1,44	1,00

Exercice 8

Les lecteurs choisissent une usine qu'ils connaissent et calculent et présentent sa consommation d'énergie. Ensuite, ils comparent cette consommation avec les données présentées dans ce chapitre.

Chapitre VII
L'eau comme médium de base pour les procédés d'ennoblissement textile

Exercice 1

- Élimination physique des matières solides minérales par : dégrillage, décantation, coagulation/floculation/décantation, filtration.
- Décarbonation par : chaux, échangeurs d'ions, séquestrants.
- Déferrisation par : séquestration, oxydation.
- Neutralisation par : filtres avec carbonates alcalino-terreux, chaux, soude.
- Déminéralisation par : échangeurs d'ions.

Exercice 2

- Carbonates de calcium, de magnésium, de sodium et de potassium.
- Bicarbonates de calcium, de magnésium, de sodium et de potassium.
- Sels de fer, de cuivre, de manganèse et de zinc.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Exercice 3

meq/l, ppm de $CaCO_3$, degré français.

Exercice 4

Dureté calcique	: 202 mg/l x 2,50	= 505 mg/l $CaCO_3$ équivalent
Dureté magnésienne	: 36 mg/l x 4,11	= 148 mg/l $CaCO_3$ équivalent
Dureté totale	:	= 653 mg/l $CaCO_3$ équivalent

Exercice 5

Nombre des milligrammes de $CaCO_3$ séquestré par 1 g de séquestrant.

Exercice 6

Dureté Ca + Mg	75,0 mg/l équivalents $CaCO_3$
Dureté Fe : 5,5 mg/l x 1,79	9,8 mg/l équivalents $CaCO_3$
Dureté Cu : 1,5 mg/l x 1,58	2,4 mg/l équivalents $CaCO_3$
Dureté totale :	87,2 mg/l $CaCO_3$ équivalents

87,2 mg/l $CaCO_3$ / 100 mg $CaCO_3$ /g EDTA = 0,872 g/l EDTA

Exercice 7

87,2 mg/l $CaCO_3$ / 85 mg $CaCO_3$ /g séquestrant = 1,026 g/l séquestrant

Chapitre VIII
Les effluents des procédés d'ennoblissement textile

Exercice 1

Température, pH, matières en suspension, matières solubles, demande biologique en oxygène, demande chimique en oxygène, toxicité (LC_{50}, équitox), couleur, contenu en matières grasses, rapport DCO/DBO.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Exercice 2

Paramètres	Valeur minimale	Valeur maximale
Demande biologique en oxygène DBO (mg/l)	170	2 300
Demande chimique en oxygène DCO (mg/l)	550	7 000
Matières solubles TDS (mg/l)	40	3 300
Contenu en matières grasses (mg/l)	20	600
Couleur (unités APHA)	90	2 200
pH	7	10
Matières en suspension MES (mg/l)	120	300
Rapport DCO/DBO	2,4	4,2 (13,1)

Exercice 3

Les lecteurs choisissent une usine qu'ils connaissent et présentent les paramètres de son effluent. Ensuite, ils comparent ces paramètres avec les données présentées dans ce chapitre.

Exercice 4

Tableau VIII-11 : Opérations utilisées dans les procédés d'épuration des effluents textiles.

Exercice 5

Boues activées, oxydation (ozonisation, chloration), adsorption (charbon activé, autres adsorbants), techniques membraneuses, électrocoagulation.

Exercice 6

Commentaires propres des participants concernant les sujets suivants :

- la différence entre un rejet direct et un rejet indirect;
- la sévérité des normes dans les pays cités;
- les paramètres les plus surveillés;
- les paramètres les moins contrôlés;
- les suggestions sur les perspectives.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Chapitre IX
Gestion écologique et économique des déchets solides : généralités

Exercice 1

Les principes de réduction de la production de déchets solides sont les suivants:

- la réduction à la source;
- la réutilisation;
- le recyclage et le compostage;
- l'achat de produits contenant des produits non toxiques, recyclables et recyclés.

Exercice 2

La mise en œuvre d'un plan de réduction des déchets solides comprend les étapes suivantes :

- mise sur pied d'une équipe de coordination et de suivi;
- présentation du projet et des principes généraux de prévention de la pollution et de gestion des matières résiduelles;
- définition des objectifs du projet;
- promotion du programme de réduction des déchets au sein de l'usine;
- évaluation de la production de déchets;
- identification des marchés potentiels de recyclage et des conditions nécessaires de récupération;
- analyse technique et économique de la faisabilité des options par matière et formulation des recommandations;
- mise en œuvre des recommandations et suivi du projet.

Exercice 3

Le choix des options de réduction des déchets peut se faire en tenant compte des critères suivants :

- réduit le volume et le poids des déchets;
- diminue la toxicité des matériaux et des déchets;
- réduit les coûts de l'élimination;
- réduit les coûts d'approvisionnement;
- génère des revenus;
- engendre de faibles coûts d'implantation;
- augmente la productivité;
- améliore les produits et la qualité des services;
- s'implante facilement;
- facilite le travail des employés;
- améliore l'image corporative de l'entreprise.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Chapitre X
Exemple de rationalisation des flux d'eau et d'énergie

Exercice 1

- Une possibilité de coloration de l'eau à cause du manque d'étanchéité (fuites) des échangeurs de chaleur.
- Manque d'efficacité à cause d'une différence faible de la température entre les deux médiums.

Exercice 2

- Les bains de teinture : la récupération de l'énergie thermique via les échangeurs de chaleur.
- Les condensats : l'utilisation directe pour la préparation des bains de teinture. Un renvoi du condensat à la chaudière n'est pas une solution économique à cause du faible rendement thermique de la chaudière.
- Les eaux de refroidissement : l'utilisation directe pour la préparation des bains de teinture.

Chapitre XI
Procédé de préparation : exemple d'analyse

Exercice 1

Types de produits, production journalière (kg/jour), nombre et type de machines, capacité maximale de la machine (kg/passe), masse de la matière traitée par passe (kg/passe), taux de reprises (%), fréquence du procédé (nombre/jour ou semaine), étapes du procédé (séquence de procédé), rapport de bain de chaque étape (ou le volume de l'eau utilisé/ajouté), composition chimique du bain de chaque étape (ou les concentrations des réactifs ajoutés), information sur la destination du bain de chaque étape (vidangé ou non vidangé), durée de chaque étape, température du bain de chaque étape, destination du produit après la préparation.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Exercice 2

Types de commentaires recherchés :

- variation de chaque paramètre pour l'ensemble du procédé de préparation ;
- variation de chaque paramètre pour les différentes étapes de la préparation ;
- type de procédé qui contribue le plus à la charge polluante (valeur maximale et valeur minimale de chaque paramètre) ;
- utilité des données.

Exercice 3

- Identification de l'étape de préparation ayant la plus grande consommation d'eau.
- Identification, sans mesure préalable, de l'étape de préparation ayant la plus grande charge de DBO (également de DCO et de TDS).
- Possibilité de mieux cibler les actions pour une réduction des paramètres ci-dessus.
- Identification des actions pour la réduction de l'eau, de l'énergie, des réactifs chimiques, de la pollution et des coûts de la production.
- Nouvelles possibilités pour le marketing des produits de l'usine.

Chapitre XII
Procédé de teinture avec colorants réactifs : exemple d'analyse

Exercice 1

Types de produits, production journalière (kg/jour), nombre et type de machines de teinture, capacité maximale de la machine de teinture (kg/passe), masse de la matière traitée par passe (kg/passe), taux de reprises (%), fréquence du procédé (nombre/jour ou semaine), étapes du procédé (séquence du procédé), rapport de bain de chaque étape (ou le volume de l'eau utilisé/ajouté), type et concentration (% o.w.f.) des colorants utilisés, composition chimique du bain de chaque étape (ou les concentrations des réactifs ajoutés), information sur la destination du bain de chaque étape (vidangé ou non vidangé), durée de chaque étape, température du bain de chaque étape, destination du produit après la teinture, taux de fixation des réactifs (%).

Exercice 2

Types de commentaires recherchés :

- variation de chaque paramètre pour les différents types de produits ;
- variation de chaque paramètre pour les différents types de colorants ;
- types de procédés de teinture qui contribuent le plus à la charge polluante (valeur maximale et valeur minimale de chaque paramètre) ;
- utilité des données.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Exercice 3

- Estimation de la consommation de l'eau.
- Estimation, sans mesure préalable, des charges de DBO, de DCO, de TDS et des couleurs générées par le procédé de teinture.
- Possibilité de mieux cibler les actions pour une réduction des paramètres ci-dessus.
- Possibilité du choix écologique du type de colorant (procédé de teinture).
- Identification des actions pour la réduction de l'eau, de l'énergie, des réactifs chimiques, de la pollution et des coûts de la production.
- Identification de la composition chimique des effluents via le bilan massique des réactifs chimiques.

Chapitre XIII
Procédés de teinture et de lavage en continu : exemple d'analyse

Exercice 1

- Succession des étapes.
- Direction de passage de la matière textile (flèches) et son débit massique (m/h ou kg/h).
- Entrées d'eau et leurs débits (litres/h).
- Sorties (décharges) des effluents et leurs débits (litres/h).
- Les retours des effluents vers les étapes précédentes.
- Entrées des réactifs chimiques et leurs concentrations.
- Températures.
- Paramètres des effluents tels que la DCO (mg/l) et la couleur (unités ADMI / Co-Pt ou résultat d'une évaluation visuelle).

Exercice 2

- Eau utilisée pour la teinture
  3 600 + 2 000 + 2 000 + 2 000 + 1 500 + 1 000 = 12 100 l/h
- Effluents
  2 100 + 1 400 + 5 900 + 1 400 +1 000 = 11 800 l/h
- Différence : 12 100 – 11 800 = 300 l/h
- La perte de 300 l/h est causée par l'évaporation et par l'emmagasinage d'eau dans le tissu mouillé.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Exercice 3

- Diminuer le débit d'eau à l'alimentation sans autres actions.
- Augmenter l'efficacité des lavages/rinçages par une augmentation de la température des bains et diminuer le débit d'eau total à l'alimentation.
- Éliminer le lavage par le débordement.

Chapitre XIV
Usine textile d'ennoblissement : étude de cas

Exercice 1

Procédé A :

1 vidange à rapport de bain 1/8	80 x 8	=	640 l	
1 vidange à rapport de bain 1/6	80 x 6	=	480 l	
9 vidanges à rapport de bain 1/10	80 x 10 x 9	=	7 200 l	
	TOTAL	=	8 320 l	= 8,32 m^3 / procédé

40 procédés/j x 8,32 m^3/procédé = 332,8 m^3/j

Procédé B :

1 vidange à rapport de bain 1/8	80 x 8	=	640 l	
1 vidange à rapport de bain 1/6	80 x 6	=	480 l	
4 vidanges à rapport de bain 1/10	80 x 10 x 4	=	3 200 l	
	TOTAL	=	4 320 l	= 4,32 m^3 / procédé

40 procédés/j x 4,32 m^3/procédé = 172,8 m^3/j

Procédé C :

7 vidanges à rapport de bain 1/15	100 x 15 x 7	=	10 500 l	
	TOTAL	=	10 500 l	= 10,50 m^3 / procédé

40 procédés/j x 10,50 m^3/procédé = 420,00 m^3/j

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Exercice 2

Procédé A :

Désencollage : 91,0 kg DCO/1 000 kg x 80 kg = 7,28 kg DCO
Délavage : 8,0 kg DCO/1 000 kg x 80 kg = 0,64 kg DCO
Bleach NaOCl : 4,0 kg DCO/1 000 kg x 80 kg = 0,32 kg DCO
Adoucissage : manque de données (négligeable) = 0,00 kg DCO
TOTAL = 8,24 kg DCO/ procédé

40 procédés/j x 8,24 kg DCO/procédé = 329,6 kg DCO/j

Concentration de la DCO : 329,6 kg DCO/j/332,8 m^3/j = 0,990 kg DCO/m^3
= 990 mg /l

Procédé B :

Désencollage : 91,0 kg DCO/1 000 kg x 80 kg = 7,28 kg DCO
Délavage : 8,0 kg DCO/1 000 kg x 80 kg = 0,64 kg DCO
Adoucissage : manque de données (négligeable) = 0,00 kg DCO
TOTAL = 7,92 kg DCO/ procédé

40 procédés/j x 7,92 kg DCO/procédé = 316,8 kg DCO/j

Concentration de la DCO : 316,8 kg DCO/j / 172,8 m^3/j = 1,833 kg DCO/m^3
= 1 833 mg /l

Procédé C :

Teinture : 24,0 kg DCO/1 000 kg x 100 kg = 2,40 kg DCO
Adoucissage : manque de données (négligeable) = 0,00 kg DCO
TOTAL = 2,40 kg DCO/ procédé

40 procédés/j x 2,40 kg DCO/procédé= 96,0 kg DCO/j

Concentration de la DCO : 96,0 kg DCO/j / 420,0 m^3/j= 0,229 kg DCO/m^3
= 229 mg /l

Exercice 3

Procédé A :

Désencollage : 45,5 kg DBO/1 000 kg x 80 kg = 3,64 kg DBO
Délavage : 4,0 kg DBO/1 000 kg x 80 kg = 0,32 kg DBO
Bleach NaOCl : 1,0 kg DBO/1 000 kg x 80 kg = 0,08 kg DBO
Adoucissage : manque de données (négligeable) = 0,00 kg DBO
TOTAL = 4,04 kg DBO/ procédé

40 procédés/j x 4,04 kg DBO/procédé = 161,6 kg DBO/j

Concentration de la DBO : 161,6 kg DBO/j / 332,8 m^3/j = 0,484 kg DBO/m^3
= 484 mg /l

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Procédé B :

Désencollage : 45,5 kg DBO/1 000 kg x 80 kg = 3,64 kg DBO
Délavage : 4,0 kg DBO/1 000 kg x 80 kg = 0,32 kg DBO
Adoucissage : manque de données (négligeable) = 0,00 kg DBO
TOTAL = 3,96 kg DBO/ procédé

40 procédés/j x 3,96 kg DBO/procédé = 158,4 kg DBO/j

Concentration de la DBO : 158,4 kg DBO/j / 172,8 m^3/j = 0,917 kg DBO/m^3
= 917 mg /l

Procédé C :

Teinture : 6,00 kg DBO/1 000 kg x 100 kg = 0,60 kg DBO
Adoucissage : manque de données (négligeable) = 0,00 kg DBO
TOTAL = 0,60 kg DBO/ procédé

40 procédés/j x 0,60 kg DBO/procédé = 24,0 kg DBO/j

Concentration de la DBO : 24,0 kg DBO/j / 420,0 m^3/j = 0,057 kg DBO/m^3
= 57 mg /l

Exercice 4

Procédé A :

Désencollage : 5,0 kg MS/1 000 kg x 80 kg = 0,40 kg MS
Délavage : 4,0 kg MS/1 000 kg x 80 kg = 0,32 kg MS
Bleach NaOCl : 55,0 kg MS/1 000 kg x 80 kg = 4,40 kg MS
Adoucissage : manque de données (négligeable) = 0,00 kg MS
TOTAL = 5,12 kg MS/ procédé

40 procédés/j x 5,12 kg MS/procédé = 204,8 kg MS/j

Concentration du MS : 204,8 kg MS/j / 332,8 m^3/j = 0,615 kg MS/m^3
= 615 mg /l

Procédé B :

Désencollage : 5,0 kg MS/1 000 kg x 80 kg = 0,40 kg MS
Délavage : 4,0 kg MS/1 000 kg x 80 kg = 0,32 kg MS
Adoucissage : manque de données (négligeable) = 0,00 kg MS
TOTAL = 0,72 kg MS/ procédé

40 procédés/j x 0,72 kg MS/procédé = 28,8kg MS/j

Concentration des MS : 28,8 kg MS/j / 172,8 m^3/j = 0,167 kg MS/m^3
= 167 mg /l

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Procédé C :

Teinture : 180,0 kg MS/1 000 kg x 100 kg = 18,00 kg MS

Adoucissage : manque de données (négligeable) = 0,00 kg MS

TOTAL = 18,00 kg MS/ procédé

40 procédés/j x 18,00 kg MS/procédé = 720,0 kg MS/j

Concentration des MS : 720,0 kg MS/j / 420,0 m^3/j = 1,714 kg MS/m^3

= 1 714 mg /l

Exercice 5

Procédé C :

Teinture : 3 %

Épuisement : 70 %

100 kg/procédé x 0,03 x 0,30 = 0,90 kg colorant/procédé

40 procédés/j x 0,90 kg colorant/procédé = 36,00 kg colorant/j

Concentration du colorant : 36,00 kg colorant/j / 420,0 m^3/j = 0,086 kg colorant/m^3

= 86 mg /l

1 mg colorant/l = 20 ADMI unités

86 mg/l x 20 ADMI = 1 720 ADMI unités

Chapitre XV
Récupération et réutilisation des déchets solides de l'industrie textile : étude de cas

Exercice 1

- Procéder à des inspections à chaque étape du processus de production afin d'identifier les causes principales de taches et les éliminer à la source.

Exercice 2

- La nature de la production textile.
- La quantité et la nature des déchets.
- Les possibilités de réutilisation et de recyclage au sein de l'usine et à l'extérieur de l'usine.
- Les infrastructures d'élimination et de recyclage de la région.
- Les espaces d'entreposage.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Chapitre XVII
Exercices de synthèse portant sur l'ensemble de la matière traitée

Exercice 1

- Estimation de la consommation de l'eau :
  Le rapport de bain pour les trois procédés est de 1 : 15
  Consommation de l'eau :
  3 x 6 000 kg/jour x 15 l/kg = 270 000 l/jour = 270 m^3/jour
- Traitements de l'eau possibles :
  - décarbonation avec la chaux plus déferrisation par oxydation ;
  - décarbonation avec les échangeurs de cations (élimination des ions de calcium, magnésium et fer) ;
  - déminéralisation totale avec les échangeurs de cations et d'anions ;
  - utilisation de l'eau sans traitement : en cas de besoin utilisation des séquestrants (solution risquée).
- Effluent de désencollage (amidon) :
  MES : 89,0 kg/1 000 kg x 6 000 kg/jour = 534 kg/jour
  DCO : 91,0 kg/1 000 kg x 6 000 kg/jour = 546 kg/jour
  DBO : 45,5 kg/1 000 kg x 6 000 kg/jour = 273 kg/jour
  MS/TDS : 5,0 kg/1 000 kg x 6 000 kg/jour = 30 kg/jour
  pH : 6-8
- Effluent de blanchiment (peroxyde) :
  MES : 4,0 kg/1 000 kg x 6 000 kg/jour = 24 kg/jour
  DCO : 2,0 kg/1 000 kg x 6 000 kg/jour = 12 kg/jour
  DBO : 0,5 kg/1 000 kg x 6 000 kg/jour = 3 kg/jour
  MS/TDS : 22,0 kg/1 000 kg x 6 000 kg/jour = 132 kg/jour
  pH : 9-12
- Effluent de teinture (colorants réactifs) :
  DCO : 24,0 kg/1 000 kg x 6 000 kg/jour = 144 kg/jour
  DBO : 6,0 kg/1 000 kg x 6 000 kg/jour = 36 kg/jour
  MS/TDS : 180,0 kg/1 000 kg x 6 000 kg/jour = 1 080 kg/jour
  pH : 12
- Effluent global :
  Volume : 270 000 l/jour
  MES : 534 + 24 = 558 kg/jour / 270 000 l/jour = 2 066 mg/l
  DCO : 546 + 12 + 144 = 702 kg/jour / 270 000 l/jour = 2 600 mg/l
  DBO : 273 + 3 + 36 = 312 kg/jour / 270 000 l/jour = 1 155 mg/l
  MS/TDS : 30 + 132 + 1 080 = 1 242 kg/jour / 270 000 l/jour = 4 600 mg/l
  pH : ≅ 9

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Exercice 2

- Volume total des effluents :
  5 800 + 2 900 + 2 900 + 2 900 + 2 900 + 2 900 = 20 300 litres
- Consommation d'eau :
  20 300 litres / 145 kg = 140 l/kg
- Charge totale de la DCO :
  5 800 x 100 mg/l x 10^{-6} = 0,580 kg O_2
  2 900 x 110 mg/l x 10^{-6} = 0,319 kg O_2
  2 900 x 120 mg/l x 10^{-6} = 0,348 kg O_2
  2 900 x 90 mg/l x 10^{-6} = 0,261 kg O_2
  2 900 x 60 mg/l x 10^{-6} = 0,174 kg O_2
  2 900 x 250 mg/l x 10^{-6} = 0,725 kg O_2
  TOTAL = 2,407 kg O_2
- Charge de la DCO par 1 000 kg de produit :
  (2,407 kg O_2 : 145 kg) x 1 000 kg = 16,6 kg O_2 / 1 000 kg
- Solutions pour l'économie d'eau :
  - remplacer le rinçage par débordement par un rinçage ordinaire;
  - éliminer le rinçage # 5;
  - diminuer le rapport de bain (1/20 → 1/15);
  - réutiliser l'effluent de fixation pour la même étape avec l'ajustement de la concentration d'agent de fixation;
  - réutiliser directement l'effluent du rinçage 4 pour le rinçage 1;
  - décolorer l'ensemble de l'effluent et le réutiliser pour les différents procédés.

Exercice 3

- Courte description de l'usine : selon le cas.

- Objectifs du projet : L'objectif du projet est l'implantation d'un programme de prévention de la pollution dans la compagnie en vue de réduire la pollution et de générer des économies reliées à l'implantation du programme. Le projet sera réalisé en deux étapes. L'objectif de la première étape est l'analyse des procédés technologiques, de la gestion de l'eau, des effluents et des réactifs chimiques pour identifier les solutions techniques, économiquement justifiables, visant la réduction de la consommation de l'eau, de l'énergie, de la réduction du volume et de la charge des effluents et des déchets ainsi qu'une diminution de la consommation des réactifs chimiques. L'objectif de la deuxième étape est la mise en œuvre de solutions identifiées en première étape du projet et permettre à la compagnie de réaliser des économies reliées à l'implantation de ces solutions.

- Activités à réaliser :
  1. Définition de la politique de la direction.
  2. Convocation du comité spécial responsable de la réalisation du projet (Task force).

CSMOE, CSMOITQ © 2004

3. Formation des employés et explication de leurs rôles pendant la réalisation du projet.
4. Rédaction d'un plan d'action d'implantation de technologies propres en vue de la réduction de la pollution.
5. Définition des objectifs précis et chiffrés du projet pour la compagnie et pour les départements.
6. Analyse préliminaire en vue d'identifier les départements les plus prometteurs pour l'implantation des technologies propres, la gestion des matières résiduelles et pour la réalisation des économies.
7. Identification des procédés les plus prometteurs.
8. Choix des procédés visés par le projet selon les critères de sélection suivants : quantité du produit traité, volume de l'eau utilisé, volume et caractère des effluents générés, consommation d'énergie, caractère des réactifs chimiques utilisés, fréquence.
9. Audit des procédés sélectionnés. Recherche de données : types de produits à traiter, masse de produits à traiter pendant un cycle (kg/cycle), fréquence (procédé/semaine, semaines/année), types d'appareils, rapport de liqueur (kg/litre), réactifs utilisés (% o.w.f., g/100g ou kg/100kg), destination de la décharge, séquence (« flow » diagramme). Réalisation des calculs / estimations : volume de l'eau, consommation des réactifs, charge de DBO, DCO et MS/TDS, concentration de DBO, DCO et MS/TDS, consommation des réactifs. Réalisation des analyses et des essais indispensables pour la formulation des recommandations.
10. Rédaction des recommandations techniques pour chaque procédé analysé concernant les aspects suivants : réduction du volume d'eau utilisé, réduction du volume des effluents, économies des réactifs, réduction de la consommation d'énergie, réduction de la charge des effluents.
11. Analyse économique de chaque recommandation technique. Estimation des profits escomptés.
12. Rédaction du rapport de la première étape contenant la description des activités réalisées, la formulation des recommandations finales, le plan d'action pour la deuxième étape et le rapport financier de la première étape.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

- Échéanciers : Le projet s'échelonnera sur 6 mois. La première étape sera réalisée pendant les 6 premiers mois. L'échéancier est précisé dans le tableau ci-dessous.

Activités	**Réalisations** (semaines)																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	■																							
2	■	■																						
3			■	■	■	■																		
4				■	■	■																		
5						■																		
6							■	■																
7									■	■														
8										■	■													
9												■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
10																			■	■	■	■		
11																				■	■	■	■	
12																					■	■	■	■

Exercice 4

Consommation de l'eau :

- 7 étapes X 1 500 l/étape = 10 500 l/procédé = 10,50 m^3/procédé

Calculs des coûts :

Réactifs	**Quantité par procédé** (kg/procédé)	**Prix** (unité de monnaie fictive/kg)	**Coût/ procédé** (unité de monnaie fictive/kg)	**Coût/ procédé** (% du total)
Colorant réactif HE	3,0*	222,50	667,50	53
Agent mouillant/ anti-redéposant/ lubrifiant	1,5+1,5+3,0+3,0 = 9,0	20,50	184,50	15
Séquestrant	0,75	41,70	31,28	3
Chlorure de sodium	45,0	1,25	56,25	4
Hydroxyde de sodium	3,0	10,00	30,00	2
Acide acétique	1,5	10,00	15,00	1
Adoucissant cationique	4,5	30,00	135,00	11
Eau	10,50 m^3	12,5/m^3	131,25	11
TOTAL			1 250,78	100

* *% o.w.f.*

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Discussion des résultats :

- les colorants totalisent plus de la moitié du coût total du procédé;
- les auxiliaires organiques (mouillants, anti-redéposants, lubrifiants, séquestrants, adoucissants, acides organiques) sont responsables de presque 1/3 du coût total du procédé;
- le coût de l'eau représente 10 % du coût total du procédé;
- le coût des auxiliaires inorganiques (sels, bases et acides minéraux) dépasse à peine 5 % du coût total du procédé;
- pour pouvoir diminuer le coût total du procédé, il faut :
  - réduire l'utilisation des auxiliaires organiques (élimination, remplacement, diminution de la concentration);
  - réduire la consommation de l'eau, ce qui entraînera une diminution du coût de l'eau et parallèlement, une diminution de la consommation des auxiliaires organiques;
- la réduction du coût des colorants sans changement du type de colorant est impossible;
- la réduction de la quantité des auxiliaires inorganiques est importante pour des raisons environnementales, mais aussi pour des raisons économiques.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Bibliographie

Ordre chronologique (2003 → 1970) :

1. Nalankilli G., Sunder A.E., Reverse osmosis technology for getting reusable water from textile processing effluents, *Asian Textile Journal*, 2003, 12(1), 64-67.
2. Recyc-Québec, *Les Actes du Forum National sur la gestion des matières résiduelles, 30 et 31 janvier 2003*, 2003.
3. Anonym, *Working document regarding pollution prevention planning for nonylphenol and its ethoxylates used in the wet processing textile industry and effluents from textile mills that use wet processing* — January 31, 2003.
4. Kim T.H., Park C., Shin E.B., Kim S., Decolorization of disperse and reactive dyes by continuous electro-coagulation process, *Desalination*, 2002, 150(2), 165-175.
5. Marcucci M., Ciardelli G., Matteucci A., Ranieri L., Russo M., Experimental campaigns on textile wastewater for reuse by means of different membrane processes, *Desalination*, 2002, 149(1-3), 137-143.
6. Rodie J.B., Commitment to green, *Textile World*, 2002, 152(6), 48.
7. Gupta S.V.K., Niscom A., Sachan R.A., Efficiency of coagulants in textile effluent cleaning, *Colourage*, 2002, 49(5), 26-30.
8. Fung W., Future issues facing the coating and laminating industry, *Technical Textiles International*, 2002, 11(10), 13-16.
9. Zacharia J., Emission control in textile wet processing - A review on systems, *BTRA Scan*, 2002, 32(2), 21-24.
10. Tang C., Chen V., Nanofiltration of textile wastewater for water reuse, *Desalination*, 2002, 143(1), 11-20.
11. Anonym, Environmentally friendly, *Industrial Textiles*, 2002, 36, 35.
12. Sanghi R., White rot fungi as efficient bio-adsorbent for the decolourisation of textile wastewater, *Asian Textile Journal*, 2002, 11(4), 87-89.
13. Hassan M., Hawkyard C.J., Reuse of spent dye-bath following decolorization with ozone, *Coloration-Technology*, 2002, 118(3), 104-111.
14. Stohr K., Size recycling - New concept, *International Textile Bulletin*, 2002, 48(1), 54-55.
15. Perkins W.S., Baughman G.L., Color in textile wastewater: Influence of dye dispersing agents, *AATCC-Review*, 2002, 2(8), 65-67.
16. Petters C.H., Equity, economy and ecology, *Industrial Fabric Products Review*, 2002, 79(11), 42-45.
17. Sampath M.R., Pollution abatement - Part 1, *Colourage*, 2002, 49(11), 72-77.
18. Madden M., Scourers, dyers and finishers face new controls, *Wool-Record*, 2002, 161(3689), 19.
19. Naik S.D., Choukimath A., Effective management of textile effluents, *Man Made Textiles in India*, 2002, 45(11), 443-445.
20. Chauhan P.D., Rekha R., Recycling of textile wastes, *Man Made Textiles in India*, 2002, 45(6), 233-236.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

21. O'Neal W.G., The fate of nonylphenol ethoxylates in textile mill effluents, *Canadian Textile Journal*, 2002, 118(6), 24-26.
22. Government of Canada, Environment Canada, *Ecological risk assessment of textile mill effluents in Canada under the Canadian Environmental Protection Act (CEPA)*, Ottawa, 2002.
23. Crechem Technologies Inc., *Étude de fond sur les usines canadiennes de textile utilisant des procédés au mouillé et leurs effluents*, Ottawa, 2001.
24. Provost M., et al., *Guide de gestion des matières résiduelles à l'intention des dirigeants de PME*, Éditions Ruffec, Montréal, 2001.
25. Curtis C., Olsen C. P., *Targeting toxic chemicals on the way to the Johannesburg summit*, Opinion, World summit on sustainable development, International institute for environment and development, September 2001.
26. Prasil M., Minimisation of water consumption in washing-off of reactive dye prints, *Texsci 2000*, 2001, 448-449.
27 Odvarka J., Prasil M., Esnerova E., Recycling and regeneration of dye-bath by membrane ultra-filtration, *Texsci 2000*, 2001, 440-443.
28. Dutta P.K., Durga Bhavani K., Sharma N., Adsorption for dye-house effluent by low cost adsorbent (Chitosan), *Asian Textile Journal*, 2001, 10(1), 57-63.
29. Anonyme, Dye-houses could reuse 50% of waste water, *Australasian Textiles and Fashion*, 2001, 21(2), 33.
30. Cardineaud A., Perrin R., Traitement par évaporation des effluents, *Industrie Textile*, 2001, (1333), 53-55.
31. Courtin J.F., Traitement biologique des effluents, *Industrie Textile*, 2001, (1333), 51-52.
32. Anonyme, Environnement le textile concerne, *Industrie Textile*, 2001, (1333), 57-58.
33. Muthukumar M., Selvakumar N., Rao J.V., Review on treatment of textile effluents by ozonation, *Colourage*, 2001, 48(1), 27-34.
34. Anonym, Eco-labelling of textiles, *Textile-Magazine*, 2001, 42(9), 109-113.
35. Dixit M.D., Developments in textile machinery for ecofriendly chemical processing, *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 2001, 26(1-2), 187-190.
36. Gandhi R.S., Chemical processing of synthetics and blends - Impact on environment and solutions, *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 2001, 26(1-2), 125-135.
37. Davies P., Removing colour from wastewater, *International Dyer*, 2001, 186(6), 39-41.
38. Thiemer R., Sorting of waste textiles according to fibre type, *Melliand Textilberichte*, 2001, 82(11), 953.
39. Uygur A., Reuse of decolourised wastewater of azo dyes containing dichlorotriazinyl reactive groups using an advanced oxidation method, *Coloration Technology*, 2001, 117(2), 111-113.
40. Gurumallesh Prabu H., Tamilveni C., Dye effluent treatment by electro-coagulation, *Synthetic Fibres*, 2001, 30(4), 14-16.
41. Bajaj P., Ecofriendly finishes for textiles, *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 2001, 26(1-2), 162-186.
42. Joshi M., Environmental management systems for the textile industry: A case study, *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 2001, 26(1-2), 33-38.
43. Chavan R.B., Indian textile industry - Environmental issues, *Journal of Fibre and Textile*

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Research, 2001, 26(1-2), 11-21.
44. Deo H.T., Ecofriendly textile production, *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 2001, 26(1-2), 61-73.
45. Dutta P.K., Colour removal from the textile effluents using different adsorbents treatment method, *Synthetic Fibres*, 2001, 30(3), 13-18.
46. Gouvernement du Québec, *Politique québécoise de gestion des matières résiduelles 1998-2008*, Gazette officielle du Québec, Partie 1, No 139, 30 septembre 2000, 132e année, pp. 168-174.
47. Sule A.D., Bardhan M.K., Recycling of textile waste for environment protection - An overview of some practical cases in the textile industry, *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 2001, 26(1-2), 223-232.
48. Reife A., Freeman H.S., Pollution prevention in the production of dyes and pigments, *Textile Chemist and Colorist and American Dyestuff Reporter*, 2000, 32(1), 56-60.
49. Zacharia J., Elimination of gaseous emissions from textile wet emission from textile wet processing various abatement technologies, *Colourage*, 2000, 47(11), 15-17.
50 Slater K., Barclay S., Environmental hazards in textile production, *International Journal of Clothing Science and Technology*, 2000, 12(6), 91.
51. Kearns G., Textile mills face tighter effluent controls everywhere in Canada, *Canadian Textile Journal*, 2000, 117(5), 10-16.
52. Achwal W.B., A new persulphate process for decolouration of reactive dyeing waste water, *Colourage*, 2000, 47(8), 38-39.
53. Deo H.T., Chinta S.K., Effluent treatment in textile processing: Part I-bleaching of cotton fabric, *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 2000, 25(1), 75-81.
54. Roelofs E., Environmental protection technologies in the Dutch textile industry, *Melliand Textilberichte*, 2000, 81(6), E126-E127, 516.
55. Abadulla E., Robra K-H., Gubitz G.M., Silva L.M., Cavaco-Paulo A., Enzymatic decolorization of textile dyeing effluents, *Textile Research Journal*, 2000, 70(5), 409-414.
56. Kos L., Perkowski J., Advanced oxidation process in the technology of textile wastewater treatment, *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 2000, 8(1), 66-70.
57. Skelly K., Water recycling, *Review of Progress in Coloration and Related Topics*, 2000, 30, 21-34.
58. Hardin I.R., Cao H., Wilson S.S., Akin D.E., Decolorization of textile wastewater by selective fungi, *Textile Chemist and Colorist and American Dyestuff Reporter*, 2000, 32(11), 38-42.
59. Perkins W.S., Oxidative decolorization of dyes in aqueous medium, *Textile Chemist and Colorist and American Dyestuff Reporter*, 1999, 1(4), 33-37.
60. SchrammW., Jantschgi J., Comparative assessment of textile dyeing technologies from a preventive environmental protection point of view, *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 1999, 115(4), 130-135.
61. Zacharia J., Environment protection through recycling of hydrocarbons used in textile printing, *Journal of the Textile Association*, 1999, 60(1), 31-33.
62. Anonym, Breathe easier with biotreatment, *International Dyer*, 1999, 184(3), 32.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

63. Environment Canada, *Canadian Textile Mills*, Microsoft Access database, Environment Canada, Dartmouth, Nova Scotia, 1999.
64. Mukherjee A.K., Gupta B., Chowdhury S.M.S., Separation of dyes from cotton dyeing effluent using cationic polyelectrolytes, *American Dyestuff Reporter*, 1999, 88(2), 25-28.
65. Ministère de l'Environnement du Québec, *25 ans d'assainissement des eaux usées industrielles au Québec : un bilan*, 1999.
66. Riou S., Énergie et environnement, *Industrie textile*, 1999, 1308(4), 65-68.
67. Anonym, Energy recovery also gives fresher air, *International Dyer*, 1999, 184(3), 33.
68. Smith B., Lee J., Pollution prevention: detecting metal and organic trace impurities in high volume raw materials, *American Dyestuff Reporter*, 1998, 87(8), 9-17.
69. Bide M., Yuan C., Wang X., pH control in reused acid dye-baths for nylon, *Textile Chemist and Colorist*, 1998, 30(12), 36-40.
70. Martinetti R., Sainctavit L., Le recyclage de l'eau, *Industrie textile*, 1998, 1300(7/8), 46-51.
71. Delée W., O'Neill C., Hawkes F.R., Pinheiro H. M., Anaerobic treatment of textile effluents : a review. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 1998, 73, 323-335.
72. Vandevivere P.C., Bianchi R., Verstraete W., Treatment and reuse of wastewater from the textile wet-processing industry: review of emerging technologies, *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. 1998, 72, 289-302.
73 Anonyme, Environnement, le partenariat d'EDF Industrie, *Industrie textile*, 1998, 1300(7/8), 52-53.
74. Anonyme, Environnement, trois exemples réussis dans le textile, *Industrie textile*, 1998, 1300(7/8), 54.
75. Bart A., Boclet J.C., Mieux gérer l'eau et l'énergie, *Industrie textile*, 1998, 1304(12), 65-67.
76. Zacharia J., BTRA's efforts in hydrocarbon recovery and abatement of air pollution in textile pigment printing, *BTRA Scan*, 1998, 29(3), 1-2.
77. Holme I., Emissions, efficiency and economics, *International Dyer*, 1998, 183(12), 63-64.
78. Dockery A., Textile companies take the lead, *America's Textiles International*, 1998, 27(6), 48-52.
79. Shaw T., The European Union integrated pollution prevention and control directive and its impact on the wool textile industry, *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 1998, 114(9), 241-246.
80. Burroughs J., PVA recovery can prove cost-effective, *America's Textiles International*, 1997, 26(2), 72-73.
81. Schneider R., Molecular and rheological properties of printing thickeners on reuse, Textilveredlung, 1997, 32(3/4), 66-70.
82. Mhenni F., Sakli F., Zinelabadine A. et coll., *Audit environnemental des sous secteurs d'ennoblissement en Tunisie (Teinture, impression, finissage et délavage)*, Publication de l'ATPNE, mai 1997.
83. Brezet H., Van Hemel C., Ecodesign approach: a promising approach to sustainable production and consumption, *United Nations Environment Programme*, 1997.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

84. United States Environmental Protection Agency, *EPA Office of Compliance Sector Notebook Project: Profile of the Textile Industry*. EPA/310-R-97-009. Washington, DC (1997).
85. Anonyme, *Séminaire de Washington sur la minimisation des déchets, Tome II, Quelles politiques, quels outils ?* , OCDE, 1996.
86. Banat I.M., Nigam P., Singh D., Marchant R., Microbial decolorization of textile-dye-containing effluents : a review, Bioresource Technology, 1996, 58, 217-227.
87. U.S. Environmental Protection Agency, Manual: *Best Management Practices for Pollution Prevention in Textile Industry*, EPA/625/R-96/004, September 1996.
88. Anonym, Cleaner production in textile wet processing, *United Nation Environment Programme*, March 1996.
89. Oakland D., Steam equals profit accumulation, *Textile-Month*, 1996, October, 38-39.
90. Elliott J., Membrane filtration techniques in dyestuff recovery, *Ciba-Geigy Corporation*, 1996, 215-237.
91. Perenich T.A., Environmental issues in the textile industry, *Colourage*, 1996, 43(8), 19-22.
92. Herold J.P., Flock E.L., Utility review can yield big savings, *America's Textiles International*, 1996, 25(3), 38-40.
93. Hohne W., Measures to avoid, minimise and reutilise dye-house effluents, *International Textile Bulletin. Dyeing/Printing/Finishing*, 1996, 42(3), 42-44.
94. Diaper C., Correia V.M., Judd S.J., The use of membranes for the recycling of water and chemicals from dye-house effluents: an economic assessment, *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 1996, 112(10), 273-287.
95. Hoffmann R., Timmer G., Becker K., The environmentally-friendly production of worsted tops, *Wool-Record*, 1995, 154(3614), 47-49,52.
96. Perkins W.S., Research targets textile wastewater, *America's Textiles International*, 1996, 25(4), 48-50.
97. Anonym, Contract energy - gain without pain?, *International Dyer*, 1995, 180(10), 58.
98. Chinta S.K., Wasif A.I., Desai J.R., Kumar T., Guptas., Some practical measures for pollution control in textile wet processing, *Man made Textiles in India*, 1995, 38(6), 229-235.
99. Kramar L., Éviter la pollution de l'eau, état des lieux et solution, *Industrie textile*, 1995, 1266(6), 44-48.
100. Augustus J., The recovery concentration, and recycling of polymers from diluted polymer dispersions by ultra-and/or micro-filtration and evaporation, *Journal of Coated Fabrics*, 1995, 24(1), 183-190.
101. Freeman H.H., *Industrial Pollution Prevention Handbook*, McGraw-Hill, New York, 1995.
102. Higgins T.E., *Pollution prevention handbook*, CRC Press, Boca Raton, Florida, United States, 1995.
103. Tindall R., The WHT factors in a modern dye house, *Pakistan Textile Journal*, 1994, 43(5), 65-68.
104. Anonym, Textile plant waste water treatment, *Membrane Technology*, 1994, 54, 6-7.
105. Thakur B.D., Majumdar A., Guha.,B.K., Recovery of textile auxiliary chemicals and water by a new polymeric membrane, *Colourage*, 1994, 41(4), 42-44.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

106. Young J. E., Sachs A., *The next efficiency revolution: Creating a sustainable materials economy*, Ed Ayres (Ed), Worldwatch Paper 121, September, 1994.
107. Thakur B.D., Joshi M., Chakraborty M., Pathak S., Zero discharge in textile processing through TDS control, *American Dyestuff Reporter*, 1994, 83(8), 32-39.
108. Anonym, *The textile industry and the environment*, UNEP-United Nation Environment Programme, (1994).
109. Bochner M.B., Pollution prevention: key to survival for the dyestuff industry, *American Dyestuff Reporter*, 1994, 83(8), 29-30, 48.
110. Houser N., Wagner R.S., Steelman B., Pollution prevention and US textiles, *America's Textiles International*, 1994, 23(3), 28-31.
111. Correia V.M., Stephenson T., Judd S.J., Characterization of textile wastewaters: a review, *Environmental Technology*, 1994, 15(10), 917-29.
112. Desai C., Waste minimization in synthetic textiles process house, *Colourage*, 1993, 40(8), 39-44.
113. Schiller G., Exhaust air and energy conservation in the textile industry, *Asian Textile Journal*, 1993, 1(8), 43-47.
114. Anonym, *German (1986) Water Conservation Act (WHG), Supplement 38: Textile production, textile processing*, 1993.
115. Robinson G.D., Size recovery and wastewater treatment, *Textile Asia*, 1993, 24(2), 58-62.
116. Robinson G., The technology of polyvinyl alcohol warp sizing recovery, *Technical Textiles International*, 1993, (2), 13-15.
117. Anonym, The textile industry and the environment, *United Nation Environment Programme*, 1993.
118. Richter P., Ways of reducing the load on the effluent in the dyeing of polyester fibres, *Melliand-Textilberichte*, 1993, 74(9), E314-316.
119. Anonym, Business guide for reducing solid waste, *United States Environmental Protection Agency*, EPA/530-K-92-004, 1993.
120. Brenner E.T., Brenner T., Scholl M., Saving water and energy in bleaching tubular knits, *American Dyestuff Reporter* (1993), 82(3), 76.
121. Mohapatra P.K., Patnaik L.N., Misra G., Water pollution due to a textile mill. *Journal of Indian Pollution Control*, 1993, 9(2), 51-63.
122. Achwal W.B., Environmentally-friendly processing - a challenge to technologists and specialty chemical manufacturers, *Colourage-Annual*, 1992, 99-110.
123. Welz W., Practical experience with the recovery of sizing agent, *International Textile Bulletin. Dyeing/Printing/Finishing*, 1992, 38(Fourth-quarter), 5-8.
124. Holme I., Environmental protection and wet processing, *Indian Textile Journal*, 1992, 102(8), 122-123.
125. Steeken-Richter I., Kermer W.D., Decolourising textile effluents, *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 1992, 108(4), 182-186.
126. Ramaszeder K., Energy recovery in dye-houses and textile finishing plants, *Melliand Textilberichte*, 1992, 73(4), E164.
127. Smith C.B., Reducing pollution in warp sizing and desizing, *Textile Chemist and Colorist*, 1992, 24(6), 30-33.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

128. Ruegge F., Natter A., Air pollution prevention yes but how? *Textilveredlung*, 1992, 27(5),174-181.
129. Wagner R.S.D., The textile industry and the environment, *Ciba-Geigy documents*, 1991.
130. Rutherford L.A., Hennigar P., Doe K.G., Nicol. M.L., Holmes M.M.E., MacDonald B.C, Horne W.H.. *Chemical characterization, aquatic toxicity and environmental impact of untreated effluent discharges from three textile mills in the Atlantic Region. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region*. EPS-5-AR-93-1, (1992).
131. Watson J., Textiles and the Environment. *The Economist Intelligence Unit Report #2150*, ISBN 0850585473. London, UK. (1991).
132. Anonym, Products for textile processing: ecological evaluation, *BASF documents*, 1991.
133. Norman I.P., Seddon R., Pollution control in the textile industry-the chemical auxiliary manufacturer's role, *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 1991, 107(4), 150-152.
134. Maguire R.J., Tkacz R.J., Occurrence of dyes in the Yamaska River, Quebec. *Water Pollution Research Journal of Canada 1991*, 26(2), 145-161.
135. Weltrowski M., Le traitement des effluents textiles : l'état actuel et les développement à venir, *Canadian Textile Journal*, 1991, 107(10), 25-34.
136. Anonym, Audit and reduction manual for industrial emissions and wastes, *United Nations Environment Programme, Industry and Environment Office*, 1991
137. Anonym, Textile industry, case studies of cleaner production applications, *United Nation Environment Programme*, 1990.
138. Schek M., Environment protection - a high-priority task for the textile finishing industry, Textil Praxis International, 1990, 45(7), 724-726.
139. Anonym, *Ciba-Geigy Ltd, Industry Services, Internal document*, 1990.
140. Achwal W.B., Environmental aspects of textile chemical processing, parts 1 and 2, *Colourage*, (1990), (10), 40.
141. Smith B., Pollutant sources reduction. IV. Audit procedures, *American Dyestuff Reporter*, 1989, 78(6), 31-34, 48.
142. Smith B., Pollution sources reduction. III. Process alternatives, *American Dyestuff Reporter*, 1989, 78(5), 32-40, 46.
143. Smith B., Pollution sources reduction. II. Process alternatives, *American Dyestuff Reporter*, 1989, 78(4), 26-32.
144. Roennefahrt K., Treatment and reuse of lightly polluted wastewaters from a textile finishing plant, *Melliand Textilberichte,* 1989, 70(3), E203-206.
145. Shah H.A., Sharma M.A., Doshi S.M., Pillay G.R., Practical approach toward energy conservation, economy and effluent control in a process-house. IV, *Colourage*, 1989, 36(3), 15-20.
146. Doshi S.M., Shah H.A., Processing of textiles at the end of twentieth century, *Colourage*, 1989, 36(1), 16-31.
147. Smith B., Pollutant sources reduction. I. An overview, *American Dyestuff Reporter*, 1989, 78(3), 28-34.
148. Smith B., Pollutant sources reduction. II. Chemical handling, *American Dyestuff Reporter*, 1989, 78(4), 26-32.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

149. Smith B., Pollutant sources reduction. III. Process alternatives, *American Dyestuff Reporter*, 1989, 78(5), 32-40, 46.
150. Chen E.C., *Environmental assessment of the textile industry*, Environment Canada, Chemical Industrial Division, Industrial Programs Branch. Report EPS 5/TX/1, June 1989, Ottawa, ON.
151. Cook F.L., Moore R.M., Green G.S., Jet dye-bath re-use in the coloration of polyester knits, *Textile Chemist and Colorist*, 1989, 21(4), 11-20.
152. Anonym, Cost factors involved in the design of a sizing/desizing treatment plant. (II), *American Dyestuff Reporter*, 1989, 78(2), 44-45.
153. Anonym, Cost factors involved in the design of a sizing/desizing treatment plant. (I), *American Dyestuff Reporter*, 1989, 78(1), 37-42.
154. Anonym, Closed-loop recycling of textile sizing/desizing effluents, *American Dyestuff Reporter*, 1988, 77(10) 26-30, 52.
155. Darji R.B., Integrated approach to zero pollution, *Textile-Month*, 1988, (11), 47-48.
156. Almeida L.G., Amorim M.T., Water not wasted, *Textile-Asia*, 1988, 19(1), 98-101.
157. Smith B., Rucker J., Water and textile wet processing - part I, *American Dyestuff Reporter*, 1987, 76(7) 15-24.
158. Smith B., Rucker J., Water and textile wet processing - part II, *American Dyestuff Reporter*, 1987, 76(8) 68-78.
159. Smith B., Troubleshooting in textile wet processing – an overview, *American Dyestuff Reporter*, 1987, 76(2) 28-30.
160. Simpson A.E., Buckley C.A., Treatment of industrial effluents containing sodium hydroxide to enable the reuse of chemicals and water, *Desalination*, 1987, 67, 409-429.
161. Shah H.A., Tiwari R.V., Trivedi P.K., Practical approach towards energy conservation, economy and effluent control in a process-house. III, *Man Made Textiles in India*, 1987, 30(12), 587-592, 606.
162. Srinivasan G., Dye-house effluent heat recovery, *Textile Dyer & Printer*, 1987, 20(25), 17-19.
163. Zaloum R.. Biological treatment of textile finishing mill effluent. Environment Canada Report No. EPS 3/PF/3, March 1987, Ottawa, ON.
164. Groff K.A., Kim B.R., Textile wastes, *Journal of Water Pollution Control Federation*, 1986, 58(6), 561-564.
165. Almeida L.G., Amorim M.T., Less consumption, less pollution, *Textile-Asia*, 1986, 17(11), 87-91.
166. Oehme C., Treating and recycling textile effluents with the carrier-supported biological air-lift fluidized-bed reactor, *Melliand-Textilberichte*, 1986, 67(8), E221-223.
167. Bergenthal J.F., Eapen J., Hendriks R.V., Tawa A.J., Tincher W.C., Full-scale demonstration of textile dye wastewater re-use, *Proc. Ind. Waste Conf. 40th*, 1985 165-171. (C.A., 1986, 104(24), 208762).
168. Elgal G.M., Recycling and disposing of dye-bath solutions, *Textile Chemist and Colorist*, 1986, 18(5), 15-20.
169. Bahorsky M.S., Successful chemical recovery by evaporative and membrane techniques, *Toxic Hazard Wastes, Proc. Mid. Atl. Ind. Waste Conf. 17th*, Ed. I.J.Kugelman, Technomic, Lancaster, PA, USA, 1985, 326-333. (C.A., 1986, 104(8), 52011).

CSMOE, CSMOITQ © 2004

170 Bechtold T., Burtscher E., Sejkora G., Bobleter O., Modern methods of lye recovery, *International Textile Bulletin. Dyeing/Printing/Finishing*, 1985, 31(Fourth-quarter), 5-26.
171. Anonym, Heat recovery from effluent, *Textile Month*, 1985, (11), 48.
172. Brandon C.A., Closed-cycle textile dyeing: extended evaluation of full-scale hyper-filtration demonstration, *La France Ind.. SC.*, (USA) 1984, Report No. EPA/600/2-84/147. (C.A., 1985, 102(20), 168226).
173. Subba Rao G.S.V., Shroff R.N., Heat recovery from dye-house effluent, *Colourage*, 1985, 32(8), 17-20.
174. Anonym, Cutting cost of energy, *Textile-Month*, 1985, (2), 12-13.
175. Anonym, Heat recovery in the textile industry, *Melliand-Textilberichte*, 1984, 13(8), 495-496.
176. Ruttiger W., Reducing the load on effluents with size recovery as example, *Melliand Textilberichte*, 1984, 13(10), 616-626.
177. Tardat-Henry M., Beaudry J.P., *Chimie des Eaux*, Le Griffon d'argile, Saint-Foy, Québec, Canada (1984).
178. Durrbeck P., Saving costs with the BASF recycling system for polyacrylic sizes, *International Textile Bulletin Dyeing/Printing/Finishing*, 1984, 30(Fourth-quarter), 28-31.
179. Park J., Shore J., Water for the dye-house: supply, consumption, recovery and disposal, *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 1984, 100(12), 383-399.
180. Bergenthal J., Tawa A., Eapen J., Tincher W., Dye-bath re-use tests verify quick payback, Textile-World, 1984, 134(8), 107-110.
181. Anonym, Benninger: Extracta size recovery plant, *Textile-World*, 1984, 134(4), 101-102.
182. Anonym, Wet processing. Methods of achieving optimum levels of efficiency and economy, *African-Textiles*, 1983/1984, (12/1), 33-35.
183. Fuchs A., Breslau B.R., Toompas A.J., Indigo system an economic plus, *Textile Industries*, 1983, 147(12), 44-49.
184. Brandon C.A., Closed-cycle textile dyeing: application of a full-scale hyper-filtration system, *Textile Industries Dyegest Southern Africa*, 1983, 2(5), 2-6.
185. Cook F.L., Direct dye-bath reuse: the future is now, *Textile-World*, 1983, 133(9), 144-147.
186. Cox A.G., Recycling dye wastewater through ozone treatment, *Textile Industries*, 1983, 147(7), 26-30.
187. Beckmann W., Pflug J., Re-use of weakly loaded liquors from textile processing operations, *Textile Praxis International, Foreign Edition with English Supplement*, 1983, 38(3), II-VII.
188. Buckley C.A., Townsend R.B., Groves G.R., Performance of ultra-filtration pilot-plant for the closed-loop recycling of textile desizing effluents, *Water Sci. Technol*, 1982, 14(6-7), 705-713.
189. \Simonet G., *Guide des techniques de l'ennoblissement textile*, SPIET, Paris, 1982.
190. Doshi S.M., Pillai G.R., Water pollution in textile industry. I, *Indian Textile Journal*, 1982, 92(12), 75-83.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

191. Anonym, Technical and economical feasibility of treating and reusing textile dye wastewater, in *Water conservation technology in textiles state of the art*, Hall, Perkins and Warman, Auburn-University, Alabama, USA, 1982, May, 17-19.
192. Anonym, Challenges to recycle and reuse of dye-house wastewaters, in *Water conservation technology in textiles state of the art*, Hall, Perkins and Warman, Auburn-University, Alabama, USA, 1982, May, 3-7.
193. Anonyme, Étude du traitement au mouillé des textiles et des techniques de lutte contre la pollution, *Environnement Canada, Rapport EPS-3-WP-82-5F*, Novembre 1982.
194. Anonym, Closed-cycle textile dyeing: full-scale renovation of hot wash water by hyper-filtration, *Desalination*, 1981, 39(1/2/3), 301-310.
195. Anonyme, Re-using dyebaths in jet dyeing, *Textile Chemist and Colorist*, 1981, 13(12), 266-269.
196. During G, *American Dyestuff Reporter*, 1981, 70(1), 26.
197. Sesnovich A., Recovering size double payoff, *Textile-Industries*, 1981, 145(5), 22.
198. Doshi S.M., Misra V.K., Tarabadkar S.A., Cost reduction in textile industry: water economy and effluent control, *Colourage*, 1981, 28(7), 3-20.
199. Goodman G.A., Porter J.J., Water quality requirements for reuse in textile dyeing processes, *American Dyestuff Reporter*, 1980, 69(10), 33-39, 46.
200. Anonym, Closed-loop recycle of wool/synthetic-fibre dye-house effluents, *6th-Quinquennial international wool textile research conference, Proceedings, Volume III, Pretoria, South Africa*, 1980, 109-121.
201. Collis P., Energy saving case histories (Carrington Viyella Ltd), in *Profitable energy saving in the textile industry*, Shirley Institute, Manchester, UK, Shirley Publication S40, 1980, 167-173.
202. Sykes N., Effluent heat recovery systems. Case study (Total Ltd) to evaluate the requirements and value of hot water storage, in *Profitable energy saving in the textile industry, Shirley Institute, Manchester*, UK, Shirley Publication S40, 1980, 161-165.
203. Koeppl F., Waste water purification and recycling in textile finishing processes, in *Profitable energy saving in the textile industry*, Shirley Institute, Manchester, UK, Shirley Publication S40, 1980, 139-154.
204. Cook F.L., Tincher W.C., Carr W.W., Olson L.H., Averette M., Plant trials on dye-bath reuse show savings in energy, water, dyes and chemicals, *Textile Chemist and Colorist*, 1980, 12(1), 1-10.
205. Brauns J., IBK waste water purification and recovery system, *International-Dyer*, 1980, 163(1), 21-22.
206. Perkins W.S., Judkins J.F., Perry W.D., Renovation of dye-bath water by chlorination or ozonation. II. Dyeing studies, *Textile Chemist and Colorist*, 1980, 12(9), 221-226.
207. Glick T.F., Science, *Technology, and the Urban Environment: The Great Stink of 1858 in Bilsky*, Lester J. (Ed.) Historical Ecology, Essays on Environment and Social Change, Kennikat Press Corp., Port Washington, 1980.
208. Carr W.W., Cook F.L., Savings in dye-bath re-use depend on variations in impurity concentrations, *Textile Chemist and Colorist*, 1980, 12(5), 106-110.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

209. Parish G.J., Water conservation in the textile industry, *United Nations Industrial Development Organisation*, 1979.
210. Cook F.L., Tincher W.C., Dye-bath and auxiliary bath reuse for energy and mass conservation, in *Energy conservation in textile and polymer processing*, Ed. Vigo and Nowack, American Chemical Society, Washington, USA, ACS Symposium Series 107, 1979, 201-241.
211. Porter J.J., Black D.E., Water, energy and chemical recovery from desizing, *American Dyestuff Reporter*, 1979, 68(12), 46-50, 64.
212. Teed R.K., Freeman E.A., Process of treating waste water from a textile vat-dyeing operation to produce a concentrate for re-use, *USP 4 165 288* (7907725).
213. Bixler D.A., Resource Conservation and Recovery Act, *Textile Chemist and Colorist*, 1979, 11(6), 117-119.
214. Wyles D.H., Energy in relation to textile coloration, *Review of Progress in Coloration and Related Topics*, 1978, 9, 35-47.
215. Halliday L.A., Barker G.V., Heat recovery from dye-house effluent, *Wool Research Organisation of New Zealand, Christchurch*, WRONZ Report No.54, 1978.
216. Suchecki S.M., Energy savings through warp size recovery, *Textile-Industries*, 1978, 142(10), 45-50.
217. Black D.E., Porter J.J., Energy conservation through wastewater recycle on a continuous preparation range, *Book of Papers, 1978 National Technical Conference (AATCC)*, 1978, 179-190.
218. Porter J.J., Black D.E., Characterisation, recovery and reuse of textile dyeing and finishing waste streams, *Printing Symposium, Meeting the Challenge of the 80's, (AATCC)*, 1978, 67-80.
219. Cooper S.G., The textile industry, environmental control and energy conservation, *Noyes Data Corporation, Park-Ridge, New Jersey, USA, 1978, Pollution Technology Review No.42*, Energy Technology Review No.28.
220. Gardiner D.K., Borne B.J., Textile waste waters: Treatment and environmental effects, Journal of the Society of Dyers and Colourists, 1978, 94(8), 339-348.
221. Anonym, Energy conservation and pollution control, *American Dyestuff Reporter*, 1978, 67(8), 19-29.
222. Durig G., Hausmann J.P., A review of the possibilities for recycling aqueous dye-house effluent, *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 1978, 94(8), 331-338.
223. Park J., Cost savings in the dye-house, *International Dyer*, 1978, 159, 258-260, 265, 267.
224. Dressler W., Wastewater treatment and water recovery by the IBK recycling system, *International Textile Bulletin. Dyeing/Printing/Finishing*, 1977, (3), 222, 227-228.
225. Porter J.J., Sargent T.N., Waste treatment vs. waste recovery, *Textile Chemist and Colorist*, 1977, 9(11), 269-273.
226. Adams D., How a carpet finisher saves energy and money, *American Dyestuff Reporter*, 1977, 66(6), 45-46.
227. Tincher W.C., Energy conservation in carpet dyeing by dye-bath recycling, *American Dyestuff Reporter*, 1977, 66(5), 36, 38, 40-42, 44, 72.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

228. Gaffney R.L., Energy conservation in a finishing plant, *American Dyestuff Reporter*, 1977, 66(5), 45-46, 50, 70-71.
229. Tincher W.C., Cook F.L., Dye-bath reuse in carpet beck dyeing, *Abstracts of Papers. American Chemical Society*, 173rd National Meeting, New-Orleans, 20-25 March, 1977.
230. Ellis-J.F., Economic and operational advantages of recycling textile dye waste water, Abstracts of Papers. *American Chemical Society, 173rd National Meeting*, New-Orleans, 20-25 March, 1977.
231. Squire D.H., Increased dye-house profitability from improved utilisation of services, *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 1976, 92(3), 109-116.
232. Suchecki S.M., Canton's futuristic waste treatment system, *Textile Industries*, 1976, 140(3), 43-46, 49.
233. Vaughan S.R., Heat recovery from dye-house effluent, *Wool Research Organization of New Zealand, Christchurch, Wronz Report* No.28, 1975.
234. Porter J.J., Brandon C.A., Recovery of plant waste water and chemicals for re-use by hyper-filtration techniques, *Abstracts of Papers, American Chemical Society; 169th National Meeting*, Philadelphia, 7-11 April, 1975.
235. Parsons G.L., Reclamation and re-use potential of textile sizing agents, *Abstracts of Papers. American Chemical Society; 169th National Meeting*, Philadelphia, 7-11 April, (1975).
236. Whitaker R.L., How to recover heat from waste gases, liquid effluents in finishing plants, *America's Textiles, Reporter/Bulletin Edition*, 1974, 3(11), 22, 77-78.
237. Brandon C.A., Johnson J.S., Minturn R.E., Porter J.J., Complete re-use of textile dyeing wastes processed with dynamic membrane hyper-filtration, *Textile Chemist and Colorist*, 1973, 5(7), 134-137.
238. Porter J.J., Reusing treated wastewater: Will it work in the plant?, *American Dyestuff Reporter*, 1973, 62(4), 79, 80, 82.
239. Bryan C.E., Harrison P.S., Recycle of synthetic warp sizes from textile desizing wastewater, *The Textile Industry and the Environment 1973 (AATCC)*, Research Triangle Park, 1973, 74-79.
240. Little L.W., Lamb J.C., Acute toxity of 46 selected dyes to the fathead minnow Pimephales. American Dye Manufacturers Institute, September 1972.
241. Anonym, Is recirculation of dye wastes feasible?, *Textile-Industries*, 1971, 135(12), 95, 99, 116.
242. Kulkarni H.R., Khan S.U., Deshpande W.M., Characterisation of textile wastes and recovery of caustic soda from kier wastes, *Colourage*, 1971, 18(13), 30-33.
243. Rebhun M., Weinberg A., Narkis N., Treatment of waste water from cotton dyeing and finishing works for re-use, *Proc. 25th Ind. Waste Conf. Purdue Univ.*, 1970, 626-637.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Annexe 1
Ressources

1. Organismes ressources

Gouvernements :

Conseil national de recherche du Canada (CNRC)
1200, chemin de Montréal, Édifice M-58
Ottawa (Ontario) Canada K1A 0R6
Téléphone : (613) 993-9101 ou
Sans frais : 1-877 NRC-CNRC (1 877-672-2672)
Télécopieur : (613) 952-9907
www.nrc-cnrc.gc.ca

Environnement Canada
105, rue Mc Gill, 2e étage
Montréal (Québec) Canada H2Y 2E7
Téléphone : (514) 496-6851
Sans frais : 1-800-463-4311
Télécopieur : (514) 496-5513
www.ec.gc.ca

Environnement Canada
Bureau national de la prévention de la pollution
Bureau du directeur
Place Vincent Massey
351, boulevard St-Joseph, 13e étage
Hull (Québec) Canada K1A 0H3
http://www.ec.gc.ca/nopp/FR/index.cfm
Voir notamment :
L'industrie textile utilisant des procédés de traitement au mouillé.
http://www.ec.gc.ca/NOPP/Consultations/FR/detail.cfm?par_docID=213

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Ministère de l'Environnement du Québec
Accueil et information
Édifice Marie-Guyart
675, boulevard René-Lévesque Est
Québec (Québec) Canada G1R 5V7
Téléphone : (418) 521-3830 région de Québec
1-800-561-1616 ailleurs au Québec
Télécopieur : (418) 646-5974
Courriel : info@menv.gouv.qc.ca
www.menv.gouv.qc.ca

RECYC-QUÉBEC- Société québécoise de récupération et de recyclage
675, Saint-Amable, bureau 300
Québec (Québec) Canada G1R 2G5
Téléphone : (418) 643-0394
Télécopieur : (418) 643-6507
Courriel : info@recyc-quebec.gouv.qc.ca
www.recyc.quebec.gouv.qc.ca

Bureau de la région de Montréal
7171, rue Jean-Talon Est, bureau 500
Anjou (Québec) Canada H1M 3N2
Téléphone : (514) 352-5002
Sans frais : 1-800-807-0678
Télécopieur : (514) 873-6542
Courriel : info@recyc-quebec.gouv.qc.ca
http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/client/fr/accueil.asp
Diffuse des informations très utiles sur la récupération et le recyclage.

Comités sectoriels de main-d'œuvre :

Comité sectoriel de main-d'œuvre de l'environnement
Case postale 8888, Succursale Centre-ville
201, avenue Président-Kennedy
Montréal (Québec) Canada H3C 3P8
Téléphone : (514) 987-6683
Télécopieur : (514) 987-3063
Courriel : contact@csmoe.org
http://www.csmoe.org

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Comité sectoriel de main-d'œuvre de l'industrie textile du Québec
789, rue Saint-Pierre
Drummondville (Québec) Canada J2C 3X2
Téléphone : (819) 447-7910
Télécopieur : (819) 477-2013
Courriel (Paul Legault, Directeur) : p.legault.@dr.cgocable.ca
www.comitesectorieltextile.qc.ca

Autres organismes :

Association de recyclage du polystyrène du Canada (ARPC)
7595, Tranmere Drive
Mississauga (Ontario) Canada L5S 1L4
Téléphone : (905) 612-8290
Télécopieur : (905) 612-8024
Courriel : cpra@cpra-Canada.com
www.cpra-Canada.com

Association des organismes municipaux de gestion des matières résiduelles (AOMGMR)
1, boulevard de la Gadelle, suite 100
Saint-Étienne-des-Grès (Québec) Canada G0X 2P0
Téléphone : (819) 373-3130
Télécopieur : (819) 373-7820
Courriel : aomgmr@rigdm.com
www.aomgmr.com
Regroupe les régies intermunicipales de gestion des matières résiduelles.

Association québécoise des industriels du compostage (AQID)
8475, ave Christophe-Colomb
Montréal (Québec) Canada H2M 2N9
Téléphone : (514) 383-1550 ou 1-800-667-4570
Télécopieur : (514) 383-3250
Courriel : scantin@criq.qc.ca
www.criq.qc.ca

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Collecte Sélective Québec
300, rue Léo Parizeau, bureau 2516
Montréal (Québec) Canada H2X 4B3
Téléphone : (514) 987-1491
Télécopieur : (514) 987-1598
Courriel : csq@coselective.qc.ca
www.coselective.qc.ca

Conseil canadien du compostage (CCC)
16, Northcumberland
Toronto (Ontario) Canada M6H 1P7
Téléphone : (416) 535-0240
Télécopieur : (416) 536-9892
Courriel : ccc@compost.org
http://www.compost.org

Enviro-Accès
85, rue Belvédère Nord, bureau 150
Sherbrooke (Québec) Canada J1H 4A7
Téléphone : (819) 823-2230, (514) 284-5794, (418) 659-9900
Télécopieur : (819) 823-6632
Courriel : enviro@enviroaccess.ca
www.enviroaccess.ca
Répertoire des entreprises environnementales sur Internet
www.enviroaccess.ca/entreprises/index.html

Front commun québécois pour une gestion écologique des déchets
4200, rue Adam
Montréal (Québec) Canada H1V 1S9
Téléphone : (514) 396-2686
Télécopieur : (514) 396-7883
Courriel : fcqged@cam.org
http://www.cam.org/~fcqged
Production de plusieurs documents d'information portant
sur le recyclage des matières résiduelles.

CSMOE, CSMOITQ © 2004

RÉSEAU environnement
911, rue Jean-Talon Est, bureau 220
Montréal (Québec) Canada H2R 1V5
Téléphone : (514) 270-7110
Télécopieur : (514) 270-7154
Courriel : info@reseau-environnement.com
www.reseau-environnement.com
Regroupe des entreprises en environnement.

Réseau des ressourceries du Québec
4200, rue Adam
Montréal (Québec) Canada H1V 1S9
Téléphone : (514) 875-5869
Télécopieur : (514) 396-7896
Courriel : rrq@cam.org
www.reseauressourceries.org

2. Documents de base

Canada :

Working document regarding pollution prevention planning for nonylphenol and its ethoxylates used in the wet processing textile industry and effluents from textile mills that use wet processing — January 31, 2003.

Identification and evaluation of best available technologies economically achievable (BATEA) for textile mill effluents, Environnement Canada, 2001.

Étude de fond sur les usines canadiennes de textile utilisant des procédés au mouillé et leurs effluents, Crechem Technologies Inc, 2000.

Ecological risk assessment of textile mill effluents in Canada, Environnement Canada, 2000.

Stratégie de gestion du risque pour l'industrie textile utilisant des procédés de traitement au mouillé en vertu de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999).
http://www.qc.ec.gc.ca/dpe/Francais/dpe_main_fr.asp?prev_gestion_strategie

Évaluation des dangers pour l'écologie des effluents des usines de textile au Canada, Environnement Canada.
http://www.atl.ec.gc.ca/epb/tme/info_f.html

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Québec, gestion des déchets solides :

RECYC-QUÉBEC
Guide de gestion des matières résiduelles à l'intention des dirigeants de PME. Éditions Ruffec, 2001
http://www.pro-recyc.com/docs/GuideGest_PME_final.pdf

Répertoire québécois des récupérateurs, des recycleurs et des valorisateurs
http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/client/fr/repertoires/rep-recuperateurs.asp

Indice du prix des matières
http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/client/fr/industrie/prix.asp

Fiches d'information par matière
2000.
www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/5-Mt/Mt_infoMat.html

Guide d'information sur le recyclage des matériaux secs, 2000
http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/client/fr/accueil.asp

Fiche de renseignements sur les résidus de construction,
rénovation et démolition (résidus CRD)
http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/Upload/Publications/zFiche_456.pdf

Fiche de renseignements sur les papiers et les cartons
http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/Upload/Publications/zFiche_460.pdf

Manufacturiers d'équipements en environnement
http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/client/fr/repertoires/manufacturiers.asp

Produits à contenu recyclé fabriqués au Québec
http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/client/fr/repertoires/rep-produits/vue-ensemble.asp

Front commun québécois pour une gestion écologique des déchets (FCQGED)
Plus d'idées pour moins de déchets
Quatre fascicules produits pour les secteurs : communautaire (1), municipal (2), entreprise privée (3) et scolaire primaire (4). 1995.
http://www.cam.org/~fcqged

CSMOE, CSMOITQ © 2004

États-Unis :

Manual: Best management practices for pollution prevention in the textile industry, EPA/625/R-96/004, September 1996.
www.p2pays.org/ref/02/01099.htlm

Nations Unies et Europe :

Cleaner production in textile wet processing, United Nations Environment Programme, March 1996
http://www.unepie.org/home.html

European integrated pollution prevention and control bureau
draft reference document on best available techniques for the textile industry
http://www.p2pays.org/ref/13/12194.pdf

Liste de documents portant sur la prévention de la pollution et le secteur textile
http://eippcb.jrc.es/pages/Material.cfm?D1=txt&D2=q1

Personnes ressources dans le secteur textile
http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm

Autres sites Internet

Enviro-Accès
www.enviroaccess.ca/entreprises/index.html
Répertoire des entreprises environnementales sur Internet

Agence de l'efficacité énergétique du Québec
www.aee.gouv.qc.ca
L'Agence offre une gamme de produits et de services en vue d'une meilleure utilisation de l'énergie.

Centre canadien de prévention de la pollution
http://www.ec.gc.ca/cppic/fr/index.cfm
Le Centre canadien d'information sur la prévention de la pollution (CCIPP) est une base de données offrant de l'information pour prévenir la pollution (P2).

Choix environnemental
http://www.environmentalchoice.com/french/index.html
Encourage la prestation de produits et de services qui sont davantage respectueux de l'environnement et aide les consommateurs et les organismes à faire des achats « verts ».

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Waste Reduction Resource Center (WRRC), secteur textile (Caroline du Nord)
http://wrrc.p2pays.org/industry/textiles.htm
Ce site Web fournit des liens avec des fiches d'information, des manuels, des articles, des rapports et des études de cas se rapportant au secteur du textile. Les sujets traités comprennent la prévention de la pollution, les meilleures pratiques de gestion, la conservation de l'eau, la réduction des déchets, les produits de remplacement, etc.

Critique par l'APERC du projet de règlement sur les nonylphénols :
http://www.aperc.org/docs/comments_textile_working.pdf
http://www.aperc.org/aboutape.htm

CENTEXBEL : ennoblissement et environnement :
http://www.centexbel.be/Fr/finishing_env.htm
http://www.centexbel.be/Fr/agenda_studiedag_waterproblematiek.htm

Remplacement des substances dangereuses utilisées dans l'industrie textile :
http://www.dhi.dk/Consulting/CleanerProducts/Substitution.htm
http://www.dhi.dk/News/news20000707.htm

CSMOE, CSMOITQ © 2004

Annexe 2
Notes biographiques des auteurs

Marek Weltrowski

M. Marek Weltrowski a complété sa formation académique à l'École polytechnique de Gdansk en Pologne, où il a obtenu un diplôme d'ingénieur en génie chimique en 1972 et un doctorat ès sciences chimiques en 1979. Sa carrière professionnelle s'est développée principalement au niveau de la recherche et de l'enseignement académique. Pendant 30 ans, M. Weltrowski a accumulé une vaste expertise dans des domaines tels que : la chimie organique, analytique, textile et environnementale, la chimie des polymères, le traitement des eaux usées et la biotechnologie appliquée. Il est l'auteur de plus que 60 publications et communications scientifiques ainsi que de 4 brevets. Il a réalisé plusieurs projets de collaboration scientifique et technique dans différents pays d'Europe, d'Afrique et d'Amérique. M. Weltrowski est membre de plusieurs associations scientifiques et techniques dont, entre autres, l'Ordre des ingénieurs du Québec et l'Ordre des chimistes du Québec. En 1992, il a été récipiendaire du *Textile Science Award*. Son premier contact avec le secteur textile se fait à la *Gdynia Wool Federation* où il réalise plusieurs recherches sur les différents traitements de la laine. En 1989, il rejoint l'équipe du Cégep de Saint-Hyacinthe. Il y travaille d'abord comme directeur scientifique au Centre des technologies textiles et depuis 1997, il est professeur du département textile. Il offre à l'industrie textile ses services d'expertise au niveau de l'implantation de technologies propres et de résolution de problèmes techniques d'ennoblissement via sa compagnie *M. W. Consultant*.

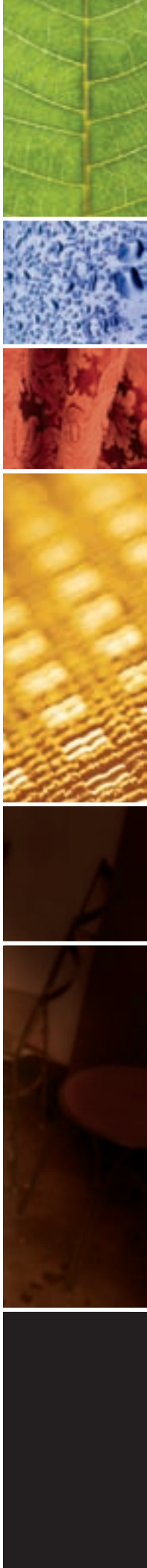
Liliane Cotnoir

Mme Liliane Cotnoir travaille dans le domaine de l'environnement depuis plus de 15 ans. Après avoir réalisé des travaux et un mémoire de maîtrise sur la participation du public en environnement, elle a œuvré dans le domaine de la gestion des matières résiduelles et de la prévention de la pollution. Mme Cotnoir a conçu, coordonné et obtenu le financement de nombreux projets dans le domaine de l'environnement. Parmi ses réalisations, notons, la production du matériel didactique et la mise en œuvre d'une campagne québécoise de sensibilisation et d'information dans le domaine de la gestion écologique des matières résiduelles, l'organisation de colloques sur la conservation des ressources et la gestion des matières résiduelles, la production d'un audit environnemental dans le secteur textile

CSMOE, CSMOITQ © 2004

tunisien, l'organisation d'un séminaire sur la prévention de la pollution dans le secteur textile québécois, la conception et la mise en œuvre d'ateliers et de conférences sur les liens entre l'environnement et la santé humaine. Mme Cotnoir a également réalisé des travaux de recherche dans le domaine de la gestion des matières résiduelles. Elle a aussi coordonné un projet pilote sur la prévention de la pollution dans une entreprise textile québécoise et un projet de formation des formateurs en prévention de la pollution, appliqué au secteur textile en Tunisie. Ses recherches et ses travaux ont amené Mme Cotnoir a publié des articles présentés dans des colloques scientifiques. Elle a récemment joint l'équipe du Commissaire à l'environnement au développement durable au Bureau du vérificateur général du Canada.

CSMOE, CSMOITQ © 2004



CSMO TEXTILE
Comité sectoriel de main-d'oeuvre de l'industrie textile du Québec

2950, boul. Lemire, bureau 200
Drummondville (Québec) J2B 7J6

Téléphone : 819 477.7910
Télécopieur : 819 477.2013

www.csmotextile.qc.ca

COMITÉ SECTORIEL DE MAIN-D'OEUVRE DE L'ENVIRONNEMENT

500, boul. Gouin Est, bureau 206
Montréal (Québec) H3L 3S8

Téléphone : 514 384.4999
Télécopieur : 514 384.7774

www.csmoe.org

Fonds d'action québécois pour le développement durable

Québec

Ce projet a été rendu possible grâce à une contribution financière du Fonds d'Action Québécois pour le Développement Durable et de son partenaire financier le Gouvernement du Québec.