



Gestion de la demande en eau et production industrielle saine : cas d'une industrie de mise en bouteille à Marrakech – Maroc

E. Ait Hsine^{1,*}, A. Benhammou¹ et M-N. Pons²

¹*Laboratory of Automatics and Processing, University Caddi Ayyad, Faculty of Science Semlalia, Avenue Prince Moulay Abdellah, P.O.Box 2390, Marrakech - Morocco*

²*Laboratory of Chemical Engineering Science, CNRS-ENSIC-INPL 1, rue Grandville, BP 451, F-54001 Nancy cedex- France*

(Reçu le 06 août 2004, accepté le 22 Octobre 2004)

* Correspondance et tirés à part, e-mail : aithsine@ucam.ac.ma

Résumé

Au moment où la demande en eau fraîche connaît une croissance forte, les procédés et les systèmes de consommations d'eau sont soumis aux règlements environnementaux de plus en plus rigoureux quant à la génération de la pollution liquide. Au Maroc, la consommation de l'eau par les industries est estimée en 1994 à 1 milliard de m³, l'eau potable en constitue 4%. L'eau utilisée dans l'industrie agroalimentaire et de boissons est approximativement de 24 millions de m³ par an comprenant 14 % d'eau potable.

Cette étude était conduite dans une unité de mise en bouteille. Nous avons étudié la consommation de l'eau et la génération des effluents. Le but de l'étude est d'une part d'identifier tous les points du procédé de fabrication et d'utilisation d'eau traitée, puis entamer une étude d'économie et de minimisation de la consommation de l'eau dans ces points. D'autre part, pour développer une gestion globale des ressources en eau au sein de l'industrie, nous avons étudié la possibilité du traitement et la réutilisation des rejets.

Pendant l'année 2001-2002, nous avons conduit des campagnes de mesures et de caractérisation du réseau de l'eau dans l'usine pour mesurer les diverses entrées et sortie des processus, et pour évaluer le volume et la qualité des rejets liquides. Nous nous sommes également intéressés à l'impact de chaque activité de production sur la qualité des effluents.

Mots-clés : *Boissons gazeuses, procédé de fabrication, consommation d'eau, économie d'eau, caractérisation des rejets.*

Abstract

Industrial water demand management and cleaner production potential: a case of beverage industry in Marrakech – Morocco

Processes and systems using water today are being subjected to increasingly stringent environmental regulations on effluents and there is growing demand for fresh water. In Morocco, consumption of water by industries is estimated in 1994 at 1 billion m³, the drinking water constitutes 4%. Water used in the food and drink industry is approximately 24 million m³ per year including 14 % of drinking water. This study was conducted in bottling plant in Morocco; we have investigated the consumption of water and production of effluents.

The aim of the study is on the one hand to identify all the processes users of fresh water, then make minimization of consumption and saving of water in these processes, on the other hand to develop a wastewater management by studying the possibility of reuse, recycling and treatment.

During the year of 2001-2002, we conducted campaigns of characterization of the network of water in the factory to measure the various input and output of processes and to evaluate the assessment of the liquid rejections. Initially we were also interested in the impact of each activity of the process on the effluent quality. We made follow-ups of the effluent flows and pollution on the level of each outlet.

Keywords: *Soft drink, industrial processes, water usage, ratio minimisation, Wastewater*

1. Introduction

L'eau est une matière première essentielle dans la production de boisson non alcoolique, avec un usage de 2,5 à 3,5 litres d'eau pour un litre de boisson non alcoolique [1.2]. L'eau « gaspillée » dans cette industrie est principalement du lavage des bouteilles, du filtre lissant, du lavage des machines d'embouteillage, du lavage de l'équipement, des planchers et du travail de pompage pendant le changement de saveur. Les contaminants principaux dans l'effluent sont la soude caustique et le sucrose [3].

Un équilibre global de l'eau dessiné pour cette industrie a indiqué que 76% de l'eau a consommé les extrémités quotidiennes vers le haut à l'usine biologique de traitement des eaux résiduaires [4]. L'eau usagée du lavage des bouteilles est presque 50% de toute l'eau usagée produite, qui est sur le 1.25 litre moyen d'eau usagée par litre de la boisson non alcoolique [5]. Le lavage des bouteilles est exécuté par les machines à laver qui fonctionnent dans différents cycles : pré-rincez, pré-lavez, lavage caustique et rinçage final. Les substances utilisées sont déteratives, chlore et une solution de NaOH à 2.5%.

Afin de réduire la consommation malle de l'eau et le volume d'eau usagée, les installations de mise en bouteille peuvent présenter le concept plus propre. C'est une approche intégrée exigeant de la coopération de tous et de l'engagement de la rangée supérieure de la gestion de mettre en application et soutenir les politiques qui visent à s'assurer que la production est effectuée en quelque sorte qui est tous deux rentable et ambiant bruit. Une production plus propre dans la plupart des processus industriels peut être appliquée à différentes étapes du processus, et à un projet mis en application par des étapes selon les besoins et les possibilités d'une compagnie. Le concept de la gestion de demande de l'eau se rapporte généralement aux initiatives, qui ont l'objectif des besoins existants satisfaisants d'eau avec la consommation réduite.

La vue générale est que quand une série de technologies liées d'efficacité est mise en application de concert avec l'une ou l'autre, dans l'ordre et des proportions légales, il y a un nouvel avantage économique à récolter avec toutes les parties technologiques séparées [6].

Les travaux actuels ont été menés à bien dans une usine des boissons non alcooliques carbonatées afin d'augmenter son exécution en ce qui concerne la gestion de demande de l'eau et la protection de l'environnement. Le but de cette étude était de présenter une gestion de demande de l'eau en effectuant l'état de l'utilisation d'eau douce, caractérisation d'eau usagée et d'identifier la possibilité de réutilisation de traitement.

2. Matériel et méthodes

Pendant les deux années d'étude, des mesures d'écoulement sont effectuées à l'aide des compteurs de débit installés sur le canal de l'eau ou simplement par un récipient gradué. La surveillance a eu lieu pendant un cycle de production et a duré plusieurs jours pour tenir compte de la variation du type de produits et du nombre maximum de la combinaison des activités de pollution. Pour évaluer la qualité physico-chimique pH d'eau usagée, la température et la conductivité ont été mesurées sur place. La demande chimique d'oxygène totale (MORUE), une demande biologique de l'oxygène à 5 jours (db05), les solides en suspension (SOLIDES SOLUBLES TOTAUX) ont été mesurées comme décrit ailleurs [7].

3. Résultats

3-1. Prétraitement de l'eau sur l'emplacement

La fabrication des boissons non alcooliques exige de grands volumes d'eau. Car le vecteur portant les activités étant l'eau, nous avons commencé par étudier le traitement du processus de l'eau dans l'emplacement. L'eau est traitée préalablement sur place pour répondre à des exigences de qualité du produit avant d'être employée dans le processus de fabrication. Le processus du traitement d'eau peut être divisé en deux matrices, une eau ramollissante produite par matrice adoucie pour le lavage des bouteilles et pour la production de

vapeur. L'autre produit de l'eau traitée ou (eau douce). Ce processus est alimenté par l'eau municipale. Le volume d'entrée de l'eau est mesuré par un débitmètre. Alors cette eau est stockée dans un réservoir pour éviter tout risque de manque d'eau. Pour la chaîne de production de l'eau traitée, l'eau municipale stockée est pompée au filtre de sable, une coagulation/floculation peut avoir lieu sur la ligne en ajoutant le sulfate d'aluminium selon la qualité de l'eau municipale. Alors l'eau traverse deux filtres de carbone avant stocké. Pendant que cette eau est prévue pour la fabrication du sirop simple et fini, elle doit subir un traitement par le charbon actif avec deux filtres de carbone. Pour plus de sûreté l'eau passe finalement par un polisseur avant envoyé vers la production (le schéma 1).

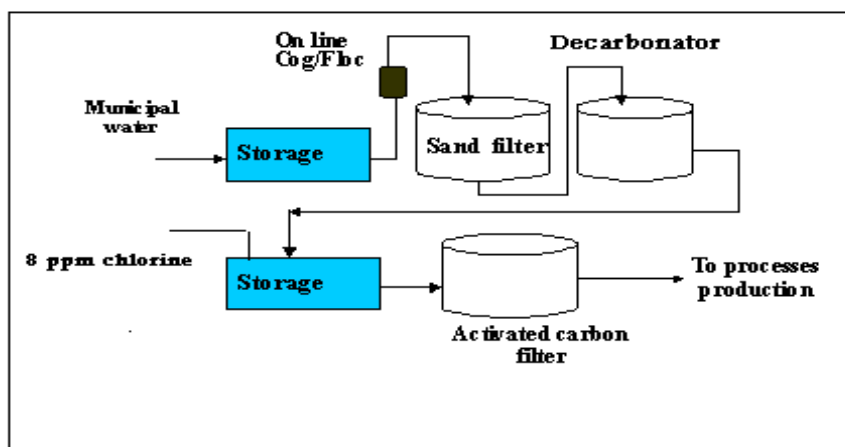


Schéma 1 : Le système de traitement préparatoire d'eau douce.

Pour l'eau adoucie, l'eau municipale est filtrée sur le ramollissant de deux résines. L'eau adoucie est stockée dans un réservoir avant envoyé vers le lavage des bouteilles et le système de la production de vapeur (le schéma 2).

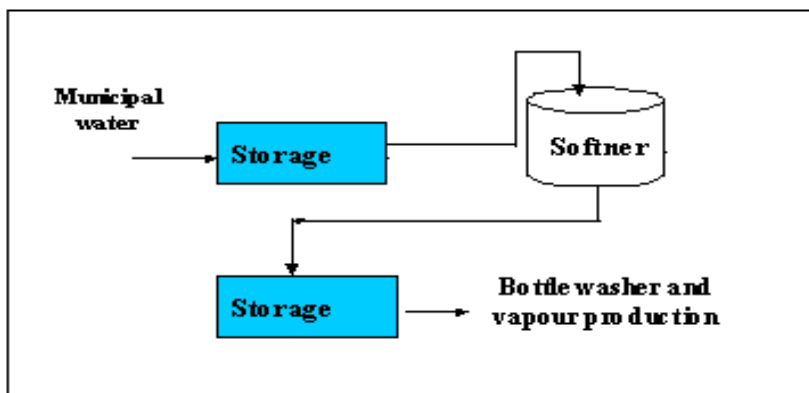


Schéma 2 : Le traitement préparatoire ramolli du système de l'eau.

Il y a des occasions potentielles pour réduire la prise de l'eau et réduire au minimum la perte. L'usine traite préalablement l'eau municipale à une moyenne de boisson $3.7 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ non alcoolique produite en employant un type de courant. L'eau de remuement est déchargée dans un égout. L'industrie nettoie le filtre de deux carbones et quatre filtres de sable quotidiennement en renvoyant l'eau par les filtres. On estime que la génération de l'eau de remuement dépend des niveaux de production, mais atteint 76 m^3 par jour.

L'approche plus propre de production, que l'industrie peut mettre en application, implique l'optimisation du temps et l'écoulement du lissage et la régénération du ramollissant et du carbonade en même temps pour maintenir des standards de qualité stricts. Le processus peut être repris dans un rétablissement tenant le réservoir et être employé pour des services exigeant le lavage de plancher de l'eau de mauvaise qualité par exemple. Des installations de traitement des effluents de surcapacité peuvent souvent avoir comme conséquence le grand gaspillage de l'eau due au lissage des filtres inutiles de sable et de carbone.

L'industrie doit donc optimiser sur la quantité de l'eau pour le traitement et le processus de lissage. L'utilisation de l'eau devrait être incluse en tant qu'élément des critères de sélection en achetant l'équipement principal tel que des lave-bouteilles, des pulvérisateurs et des machines d'embouteillage.

3-2. Utilisation de l'eau à l'usine

Le schéma 3 montre le réseau principal de l'utilisation de l'eau à l'usine, le processus de la production qui emploie l'eau douce et produise un volume important d'eau usagée. La consommation de l'eau douce change entre $426 \text{ m}^3\text{d}^{-1}$ et $917 \text{ m}^3\text{d}^{-1}$ avec une moyenne de $683 \text{ m}^3\text{d}^{-1}$ (le schéma 4).

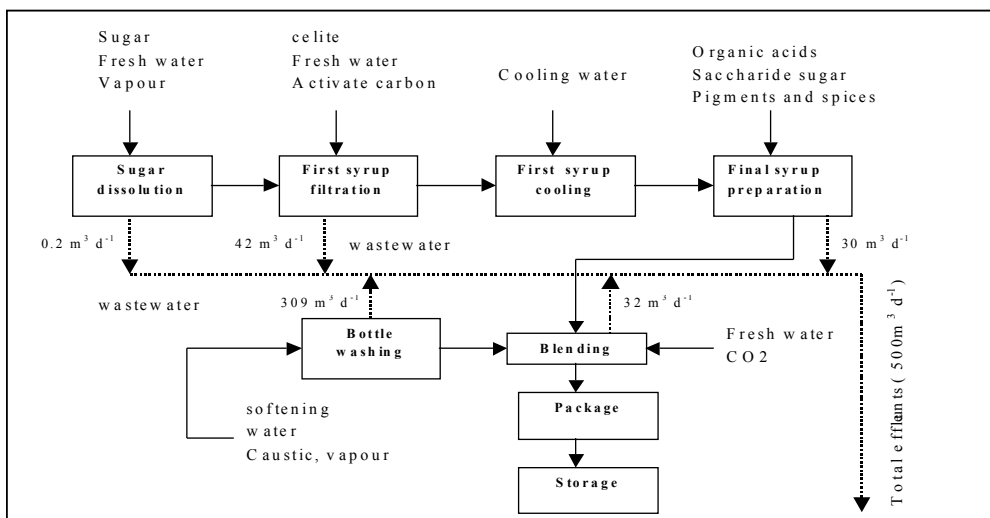


Schéma 3 : Diagramme simplifié pour le réseau de processus de fabrication et

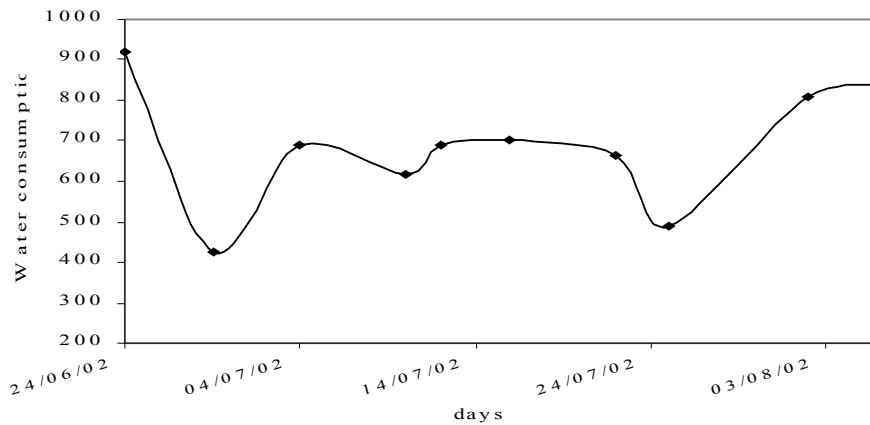
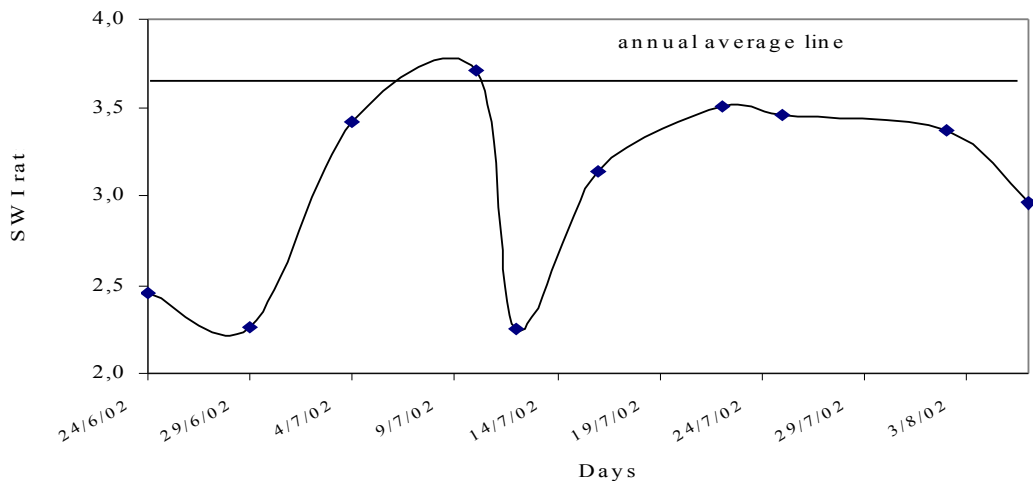


Schéma 4 : Évolution de la consommation d'eau pendant la saison élevée de l'année 2002



Le schéma 5 : Évolution de la prise spécifique de l'eau (SWI), (2002).

Le rapport spécifique de prise d'eau change entre 2.2 et 3.7 avec une moyenne de 3.1 (le schéma 5). La consommation mensuelle de l'eau change entre 7000 et 25000 m³, sur les 12 mois de l'année, cinq mois coïncident avec la saison élevée de la production (avril à septembre), et les sept mois restant coïncident avec la basse saison). Comparé au rapport de l'année 2001, le rapport de l'année 2002 a diminué de quelques opérations : Améliorez les procédures de lavage d'usine, débits de commande de jet, cachetage et approvisionnement en eau de

refroidissement, font une plus grande utilisation de la technologie de nettoyage sur place (CIP), mètres convenables de mesurer l'utilisation de l'eau pour le procédé individuel de haute consommation d'emplacement entier, ont été pris pour réduire la consommation de l'eau à l'usine.

L'analyse a également prouvé que 70% de tous les coûts de disposition d'eau usagée sont provoqués par un nettoyage sur place CIP, rinçant le jet de l'eau qui vient des processus de nettoyage d'eau chaude accomplie après que chaque changement de produit du nettoyage de la bouteilles [8]. Le nettoyage de bouteilles use plus l'eau utilisée. Une nouvelle machine de nettoyage de bouteilles a besoin de 150-200 ml par bouteille ; les anciens jusqu'à 600ml. Ceci correspond à la consommation de 20 000-30 000 m³y⁻¹ pour une compagnie moyenne et de beaucoup plus de 250 000 m³y⁻¹ pour une grande compagnie [6]. Dans le cas étudié, le lavage de bouteille utilise approximativement entre 62 % de l'eau quotidiennement utilisée avec un écoulement de 21 m³h⁻¹. Le procédé d'épuration d'une machine de bouteille-nettoyage est montré sur le schéma 4. Au commencement du pré nettoyage normalement cette zone se compose de plusieurs bains et stations de rinçage, qui est suivie du nettoyage principal dans une lessive-bain qui contient NaOH 2.0-2.5% avec une température environ de 80°C. Ainsi une lessive-rincez (poteau-lessive) est reliée. Après avoir laissé à la lessive-zone les bouteilles sont nettoyées et désinfectées. La partie suivante contient en cascades plusieurs stations commutées de rinçage qui éliminent la lessive des bouteilles et les refroidissent point par point. Après avoir laissé l'eau fraîche au bain de 28 °C, l'eau va à la zone de prénettoyage et de là au canal d'eaux d'égout. Dans ces stations de rinçage, la majeure partie de l'eau douce est employée de sorte qu'un système de réutilisation dans cette zone ait pu réduire la quantité de frais et l'eau usagée pour plus d'efficacité (le schéma 6).

On a considéré le traitement des eaux de rinçage à 28°C pour déterminer l'efficacité de la réutilisation. Pour savoir si le comportement des membranes est suffisant, une définition des objectifs de nettoyage est nécessaire, qui est donnée par la qualité de l'eau pour les bouteilles pour chaque station considérée de rinçage. Le système de réutilisation tâche de sauver l'eau de 50%.

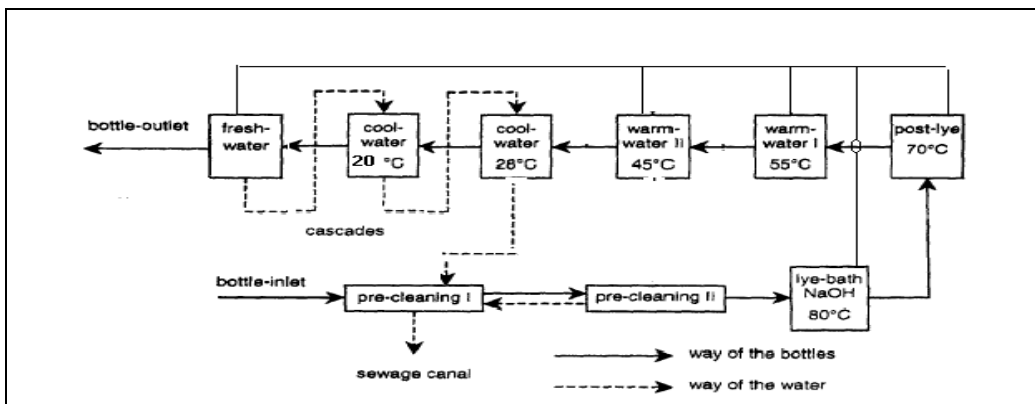


Schéma 6 : Arrangement du processus d'une machine de bouteille-nettoyage.

Il n'est pas possible de remplacer toute l'eau douce par l'eau recyclée parce que la demande de loi en utilisant l'eau potable pour la toute dernière étape dans des processus de nettoyage de l'industrie alimentaire. Le potentiel de conservation selon la recherche effectuée par le rapport pour les boissons non alcooliques que des industries devraient placer est de 2.3 m³m⁻³ [9].

L'interruption automatique, les valves et les gicleurs à haute pression et à faible volume pour des tuyaux flexibles ont pu également s'avérer efficaces et réduisent la prise de l'eau. L'attention devrait également être prêtée à de futurs développements tels que les systèmes de transfert thermique variables et la minimisation de rebut ; les efforts potentiels d'utilisation de ressource pourraient également être faits pour réduire la quantité de matériel qui contribue aux niveaux élevés de demande chimique d'oxygène (MORUE) entrant dans le jet effluent.

3-3. Production d'eau usagée par des processus

Le volume d'eau usagée produit par les processus change entre 238 m³d⁻¹ and 567 m³d⁻¹. L'effluent représente approximativement 56% à 71% de toute l'eau utilisée (le schéma 7). Le lavage des bouteilles produise dans la partie importante de l'effluent, approximativement 62 % de l'eau usagée ou de 336 m³d⁻¹ avec une moyenne de 21 m³h⁻¹ et 16 heures de travail par jour (le schéma 8). L'opération de CIP et l'équipement de la mise en bouteilles, même si, n'ont pas produit assez d'écoulement, mais contribuent à l'augmentation du carbone pollution.

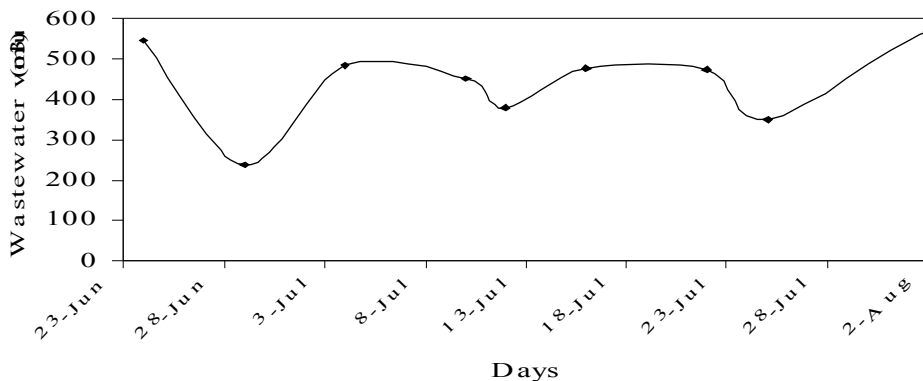


Schéma 7 : Évolution d'eau usagée produite pendant la saison élevée de l'année 2002

La Figure 8 représente deux cas d'écoulement d'eau usagée produit par le décapant et le rinçage de bouteille pendant une période de production. Les bidons d'écoulement atteignent 23 m³h⁻¹ et les bidons fonctionnent dans la saison d'été plus de 16 hd⁻¹.

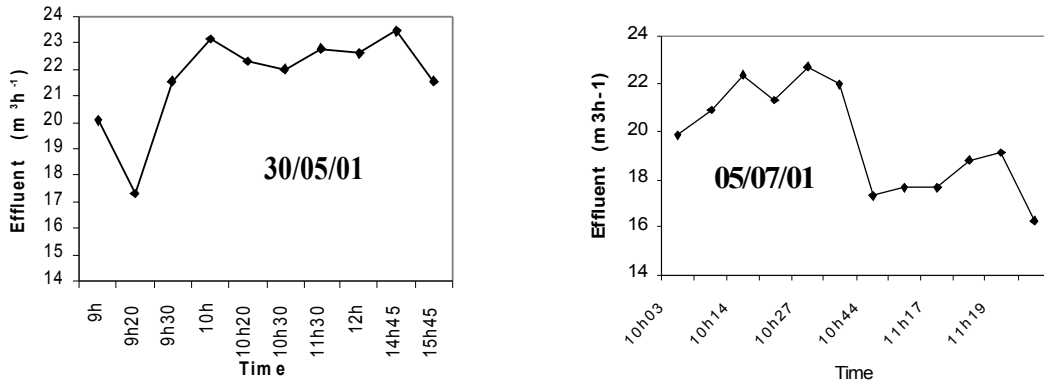


Schéma 8 : Évolution d'effluent produite par le lave-bouteilles contre le temps

La deuxième activité qui contribue à l'augmentation de l'utilisation de l'eau et de la pollution est le système de CIP. Le nettoyage et le rinçage de la préparation de réservoir de sirop et les machines d'embouteillage, emploient l'eau chaude avec 2.5% d'eau caustique et chaude à 80°C, coulé par l'eau fraîche. Cette opération a lieu au commencement et à la fin de chaque production pendant plusieurs fois par jour.

Le CIP d'un réservoir de sirop a commencé par rincer avec de l'eau fraîche traitée, puis un lavage avec du NaOH 2.5% et 80°C. La soude peut être retournée au réservoir de soude selon un programme automatique. Une conductivité-mètre a été installée sur la ligne du retour et commande la destination selon le pourcentage de la soude dans le réservoir ou est rejeté. Après cette opération, le réservoir est lavé avec de l'eau chaude à 80°C, de l'eau chaude peut également être retournée au réservoir selon sa température, une mesure de la température permet de commander la destination du réservoir ou comme une eau usagée. À l'extrémité le réservoir doit être rincé avec de l'eau fraîche, qui est entièrement rejeté.

Différentes technologies de traitement ont été mises en application pour réutiliser l'eau dans l'industrie. Les médias flottants filtration d'utilisation et le système de nano-filtration aident à réaliser une réduction de consommation d'eau du robinet de plus de 60% [10]. On a proposé deux stratégies [11] : Un système micro-filtration-renversé d'osmose d'épuration d'eau de rinçage pour la réutilisation dans le processus de lavage des bouteilles, ramenant de ce fait la consommation de l'eau plus loin à 58% ; et un duel filtrage médias – système d'échange ionique peut ramener l'eau entrée à 57%. La plupart d'eau usagée produite par le CIP vient de l'eau chaude et de l'eau fraîche.

Le schéma 9, illustre deux cas de la mesure de CIP de l'écoulement effluent pendant les 2001 ans. L'écoulement peut atteindre 30 m³h-1, et plus de trois

réservoirs peuvent être nettoyés par jours. Après l'automatisation du CIP en 2002, nous avons marqué l'économie de l'eau et de l'énergie. Le lavage de la préparation de sirop et de l'équipement de classement, même s'il représente seulement 6.40 %, contribue à la plupart de pollution par COD (tableau 2).

Pour l'industrie de nourriture et de boissons, une proportion de l'eau utilisée devient souvent une partie du produit. Cependant, même dans les industries de boissons non alcooliques, où l'eau est un composant important du produit, seulement 20-30% de toute l'eau consomment des feuilles dans le produit [12], et le reste étant expliqué dans les émissions ou l'effluent atmosphérique.

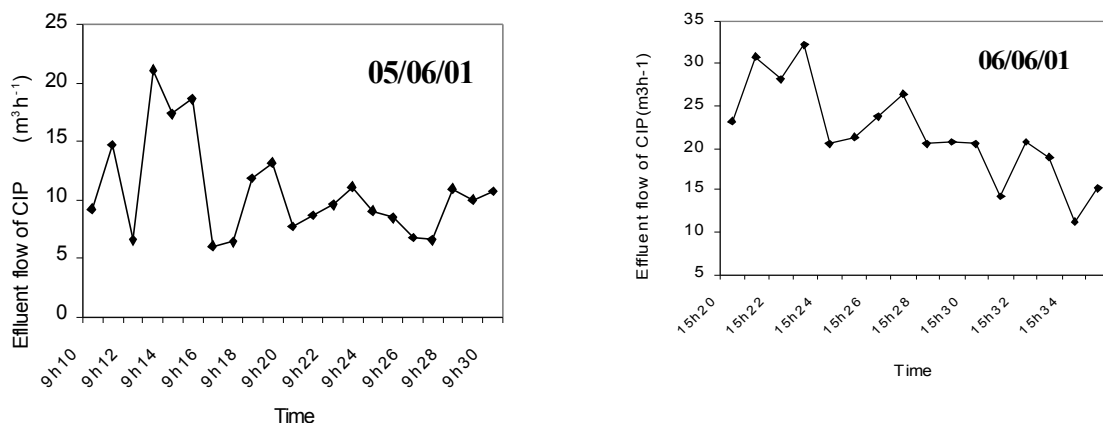


Schéma 9 : Évolution d'effluent produite par CIP contre le temps

Le tableau 1 illustre le débit d'eau usagée rejeté par chaque activité dans le site. Le lave-bouteilles peut être considéré comme des paramètres d'augmentation et de pollution de l'écoulement d'eau usagée (MORUE, DBO, pH, et SOLIDES SOLUBLES TOTAUX). Nous avons observé que le nettoyage de l'équipement du classement, la préparation de sirop et la filtration et le stockage augmentent la saturation de l'effluent par la matière organique (tableau 2).

Table 1 : Les diverses sorties des activités et leur rejet coulent.

Source des effluents	Fréquence maximale (temps jour-1)	Écoulement de base	Écoulement (m3/semaine)-1
Lavage Des bouteilles	-	330 m³ day ⁻¹	1980
Lavage et rinçage de l'équipement final de sirupe	6	2.9 m³/ réservoir	104,4

Lavage et rinçage de l'équipement remplissant	2	16/CIP	192
Lavage et rinçage de l'équipement de filtration de sirop	1	32 m ³ day ⁻¹	192
Lavage de filtre de charbon actif	2 (lavage arrière)	23 m ³ day ⁻¹	276
Lavage de filtre de sable		28 m ³ /opération	28
Régénération de ramollissant	2 week-1	15/ régénération	180
Régénération du decarbonator	-	46 m ³ /regeneration	46
Lavage d'équipement simple de sirop	1 day ⁻¹	0.2 m ³ day ⁻¹	1,2
Lavage de réservoir de stockage de sirop	1 week ⁻¹	0.9m ³ /opération	0,9

Les effluents de l'industrie de nourriture et de boissons ont souvent une demande biochimique élevée de l'oxygène (DBO), de ce fait contribuant à la dégénération des corps locaux de l'eau. La valeur élevée de la MORUE a été mesurée dans l'eau de processus souillée contenant l'huile et les graisses produites dans des processus de CIP à l'usine [13], en particulier pendant le pré-rinçage par l'eau chaude. Le même auteur a rapporté cela fortement que le pré-rinçage d'eau souillée a une MORUE entre 5000 et 10000 mgL-1. On a signalé que l'installation de mise en bouteilles produit de l'eau usagée qui sont bien pour le traitement biologique [14], mais flottent de manière significative dans la qualité et la quantité selon le produit mélangé et les programmes de fabrication.

Tableau 2 : Diverses sorties des activités et de leur impact sur la qualité de rejet (++ : très extrêmement, + : extrêmement, - : faiblement).

Source des effluents	Impact sur l'eau usagée crue						
	T°C	CE	pH	COD	BOD	TSS	Flow
Lavage Des bouteilles	++	++	++	++	++	++	++
Lavage et rinçage de l'équipement final de sirupe	++	++	++	++	++	+	+
Lavage et rinçage de l'équipement remplissant	+	+	+	+	+	+	+

Lavage et rinçage de l'équipement de filtration de sirop	-	-	-	++	++	++	+
Lavage de filtre de charbon actif	-	-	-	-	-	-	+
Lavage de filtre de sable	-	-	-	-	-	-	+
Régénération de ramollissant	-	++	-	-	-	-	+
Régénération du decarbonator	-	++	++	-	-	-	+
Lavage d'équipement simple de sirop	-	-	-	++	++	+	-
Lavage de réservoir de stockage de sirop	-	-	-	++	++	+	-
Lavage de planchers	-	-	-	++	++	++	++

La préparation des sirops demeure l'activité de pollution parce qu'elle produit des rejets riches en suc-rose. Comme l'écoulement de pollution se trouve entre 3110 et 6000 mgL-1 de MORUE, avec une moyenne de 4500 mgL-1, la majeure partie de cette pollution est sous la forme dissoute. En effet, la MORUE filtrée représente la fraction particulaire d'approximativement 60 %.

La fraction particulaire est en général faible, il est représenté par TSS, qui flotte entre 150 et 450 mgL-1 avec une valeur moyenne de 300 mgL-1 [7].

Les valeurs de la DBO ne changent pas beaucoup ; elles oscillent autour de la valeur moyenne de 1300 mgL-1 (on a proposé le schéma fonction de 10). Dans des caractéristiques moyennes, une conception basée sur la technologie de SBR a été proposée. Son opération a été simulée en utilisant le logiciel de processus de simulation pour examiner sa robustesse en ce qui concerne les grandes variations d'eau usagée inhérentes à la production de boisson non alcoolique. Le traitement des eaux résiduaires a été modélé et simulé en utilisant GPS-X v4.0 [16].

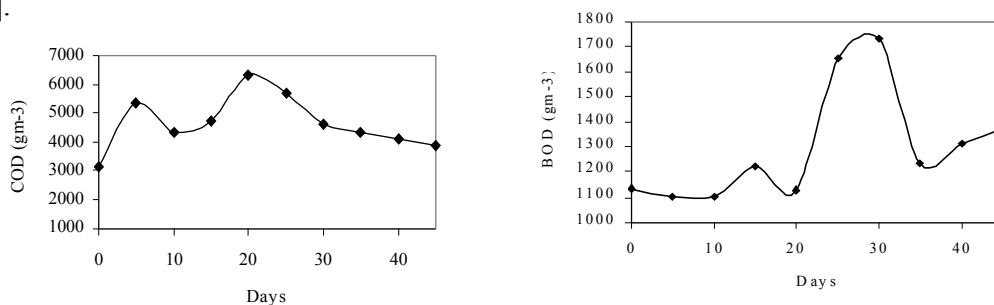


Schéma 10 : Variations de la qualité d'effluent total (MORUE, DBO) contre des jours

4. Conclusion

Pour l'industrie étudiée, il n'y a aucun doute que les techniques identifiées de production de gestion et de décapant de demande de l'eau montrent un réel potentiel pour économiser dans l'eau, des honoraires d'eau et d'effluent et la minimisation de perte de produits. Cet article illustre que le fabricant peut réaliser des audits de mise en oeuvre pour identifier des domaines d'amélioration dans le processus de fabrication. Cet exercice peut alors être employé pour donner la priorité à des mesures avec les meilleurs retours au cours d'une certaine période de temps, et au régime financier.

En l'absence des coûts effectifs pour mettre en application les mesures structurelles (ajustage de précision et entretien de rétro) il est difficile de fournir une pleine évaluation des techniques de production de gestion et de décapant de demande d'eau, qui sont recommandées en cet article. Néanmoins, le procédé décrit ici pour les trois industries démontre que les industries peuvent faire des choses différemment d'une façon écologiquement amicale et soutenable. Un coût et une analyse complets d'avantage exigeraient également une indication des coûts effectifs de dommages à l'environnement et du vrai coût marginal de longue durée de l'eau, qui reflète la pénurie de la ressource dans le cas du Maroc. Le coût de l'autre ressource a par exemple besoin d'énergie pour être considéré. La combinaison des concepts de production de gestion et de décapant de demande de l'eau a eu comme conséquence les avantages économiques et écologiques. Les processus peuvent réduire la prise de l'eau sensiblement et réduire au minimum la ressource entrée et la perte suivante réduisant de ce fait la pollution des ressources finies d'eau douce.

Références

- [1] - B. Wadhwa, P. Gupta and K. Nyati, "*Impact of Pollution Prevention on Pollution Control System in Indian Soft Drinks Industry*", Proceedings of Food Industry Environmental Conference. Confederation of Indian Industries, Nueva Delhi, (1992).
- [2] - B. Gumbo, S. Mlilo, J. Broome and D. Lumbroso, "*Industrial water demand management and cleaner production: a case of three industries in Bulawayo, Zimbabwe*", Proceedings of the Symposium Water Demand management for sustainable development, Dar es Salaam, 30-31 October, (2002)
- [3] - L. Tebai and I. Hadjivassilis, "*Soft Drinks Industry Wastewater Treatment*", Water Science and Technology (Wat. Sci. Tech.), 25 (11) (1992) 45-51
- [4] - C. Visvanathan and A. Hufemia, "*Exploring Zero Discharge Potentials for the Sustainability of a Bottle Washing Plant*", Wat. Sci. Tech. 35 (9) (1997) 181-190.
- [5] - E. Ramirez Camperos, P. Mijaylova Nacheva and E. Diaz Tapia "*Treatment techniques*

- for the recycling of bottle washing water in the soft drink industry*", Wat. Sci. Tech. Vol 50, 2 (2004) 107–112
- [6] - S. Kotowski, *"Recycling von Brauchwasser mittels einer Kombination von Ultrafiltration und Umkehr"- osmose*; 7. Aachener Membrane Colloquium, Aachen, (1999)
- [7] - E. Ait hsine and A. Benhammou, *"Characterization of soft drink wastewater"*, proceeding of the International Workshop on Water in the Mediterranean Basin: Resources and sustainable Development, 10th - 13th October Monastir (Tunisia) (2002),
- [8] - M. Forstmeier., B. Goers, G. Wozny (2004), *"Water network optimisation in the process industry-case study of a liquid detergent plant"*, Journal of Cleaner Production (2004), (in press)
- [9] - Binnie, *"Water and wastewater management in the soft drink industry"*, Report no. NATSURV 3 prepared for the Water Research Commission by Binnie and Partners Consulting Engineers, Pretoria (1987).
- [10] - M. Hitoshi, A. S. Susumu, Koji and K. Yasunari, *"Water recycling by floating media filtration and nanofiltration at a soft drink factory"*, desalination 131 (2000) pp. 47-53
- [11] - C. Visvanathan and A. Hufemia, *"Exploring Zero Discharge Potentials for the Sustainability of a Bottle Washing Plant"*, Wat. Sci. Tech. 35(9) (1997) 181-190
- [12] - D. Jones, *"Adopting waste minimization to reduce water consumption"*, Environmental Protection Bulletin, 063 (1999) 11-25.
- [13] - H. Chmiel, M. Kaschek, C. Blöcher, N. Noronha and V. Mavrov, *"Concept of treatment of spent process water in food and beverage industries"*, Desalination, 152 (2002) 307- 314.
- [14] - D. K. Laughlin, F. G. Edwards, E. Egemen and N. Nirmalakhandan, *"sequencing batch reactor treatment of high COD effluent from bottling plant"*, E.E., 125(3) (1999) 285-289.
- [15] - E. Ait Hsine, A. Benhammou and Marie-Noëlle Pons, *"design of a beverage Industry wastewater Treatment facility Using Process simulation"*, Proceedings of the 9th international symposium on computer applications in biotechnology, (CAB9). Nancy (France), 28 - 31 Mars 2004