

L'OPTIMALISATION DE LA GESTION DE L'EAU EN ENTREPRISE

Philippe Thonart, Jacqueline Destain, Xavier Taillieu, Marc Dumont, Jean Godefroid,
Patrice Antoine
Centre Wallon de Biologie Industrielle

Dans l'industrie, l'eau est utilisée pour un grand nombre de fonctions. Chacune d'entre-elles implique des niveaux de qualité différents. Les besoins en qualité et quantité exigent une utilisation méthodique et économique de l'eau : une gestion rationnelle de l'eau. Celle-ci ne peut être obtenue que par le développement d'une stratégie adéquate et particulière à chaque entreprise. Cette stratégie doit comprendre :

- une étude du bilan global de l'eau dans l'usine;
- une étude du bilan de chaque étape de production;
- une étude des caractéristiques des effluents.

Ces études doivent être envisagées dans une optique de réduction de la pollution en incluant les possibilités de recyclage, d'utilisations successives, de technologies propres...

1. Bilan global

Le schéma général de production permet d'établir le bilan matière et plus particulièrement le bilan eau de l'entreprise. Cette eau peut avoir des origines et des destinations différentes :

- eau de constitution de la matière première ou du produit;
- eau naturelle prélevée dans le milieu (eaux de surface, eaux souterraines);
- eau de dilution;
- fluide caloporteur;
- eau de transport;
- eau de nettoyage, de désinfection;
- eau effluent.

Généralement, l'industriel estime les coûts de traitements de l'eau en se basant sur les coûts d'épuration des traitements car le déversement des eaux usées est soumis à une réglementation qui établit des redevances en fonction du volume des rejets et de leur charge polluante. Le tableau 1 donne quelques estimations de coûts de différents traitements d'épuration.

Cependant, dans un futur très proche, les captages seront eux aussi soumis à des redevances. Il importe donc de rationaliser au mieux la consommation d'eau dans l'usine afin de minimiser les prélèvements dans le milieu naturel. Le transport pneumatique, le recyclage de l'eau, la récupération des vapeurs sont des exemples de solutions possibles pour réduire ainsi les quantités d'eaux utilisées par kilo de matière traitée.

Il faut également tenir compte de la qualité d'eau requise pour les différentes fonctions. Dans les industries agro-alimentaires, notamment, l'eau en contact direct avec les produits alimentaires, doit être potable. Ces exigences requièrent des traitements spécifiques qui ont pour objectifs principaux :

- d'éliminer les matières en suspension;
- d'éliminer les composés dissous;
- d'éliminer les micro-organismes.

Selon les qualités d'eau obtenues, des circuits d'eau distincts et clairement identifiés sont établis dans l'usine.

2. Bilan particulier de chaque étape de production

Chaque étape doit être analysée en fonction de la qualité de l'eau exigée, des quantités d'eau utilisées ainsi que de la pollution générée.

Quelques remarques générales doivent être prises en considération :

- la séparation des types d'eau et des types de rejet est indispensable;
- la dilution de la pollution doit être évitée;
- la réalisation de prétraitements spécifiques au sein de l'usine est souvent nécessaire (élimination d'insolubles, correction de pH) et peut parfois permettre des recyclages.

Tableau 1 : Coûts du traitement biologique et non biologique de la pollution de l'environnement (sol, air, eau) aux Pays-Bas, 1993

Remise en état des sols	Florins/Tonne	Traitement de l'air	Florins/1000 m ³	Traitement de l'eau	Florins/m ³
Blodépollution	70-150	Filtration biologique	0,50-5,00	Traitement biologique de l'eau	0,10-1
Extraction	125-150	Epuration biologique	3,00-6,00	Sédimentation	0,05-30
Restauration électrique	150-300	Epuration chimique	1,00-20,00	Flottation	0,10-2
Extraction à la vapeur	250-300	Adsorption (charbon actif)	1,00-10,00	Adsorption	1,00-10
		Incinération	2,50-25,00	Oxydation chimique	0,50-5
		Traitement catalytique	2,50-20,00	Ultrafiltration	<1,00-20

Source : OCDE

3. Les effluents et leur traitement

Les effluents en milieu industriel peuvent être classés en catégories :

- les effluents généraux de fabrication;
- les effluents particuliers (bain de désinfection, ...);
- les effluents des services généraux (eaux de chauffage, eaux sanitaires);
- les rejets occasionnels (fuites ...).

Avant d'envisager tout rejet d'effluents, vers un réseau de collecte général, il est indispensable de connaître :

- les volumes journaliers d'effluents et leur concentration en pollution;
- les possibilités de recyclage;
- les possibilités de séparation des rejets ...

Il est fondamental de maîtriser les rejets particuliers ou occasionnels qui peuvent entraîner des dysfonctionnements dans les réseaux de collecte ou dans les stations d'épuration. Enfin, il importe de réduire la charge et le volume de polluant en mettant en œuvre différents moyens tels que :

- limiter le contact entre l'eau et la matière;
- utiliser des technologies propres et économes en eau;
- concentrer la pollution;
- récupérer des sous-produits ...

L'épuration des eaux usées consiste à éliminer les matières en suspension, à faire précipiter la pollution dissoute et à la réduire par voie biologique.

Les techniques classiques sont regroupées en filières :

- la filière physico-chimique :
 - coagulation
 - floculation
 - décantation
 - flottation
- la filière biologique :
 - digestion aérobie
 - digestion anaérobie.

En ce qui concerne plus particulièrement l'épuration biologique, son optimisation peut être réalisée par les lois du génie chimique (transfert d'oxygène) mais également par l'optimisation de la population microbienne. Dans cette optique, l'utilisation de starters microbiens peut permettre de modifier l'écologie du système afin de dégrader spécifiquement certains polluants (matières grasses, hydrocarbures), de rétablir la flore après apport accidentel d'un agent toxique de désinfectant, de réduire le volume des boues.

Citons à titre d'exemple :

- des starters à base de *Pseudomonas* pour la dégradation des hydrocarbures;
- des starters à base de *Bacillus* pour la liquéfaction du lisier, le traitement des fosses septiques, l'entretien des canalisations.

Tableau 2 : Bilan schématique de l'eau au cours du processus d'extraction du sucre

ENTRÉES : 100 kg bett. à 23% M.S. → 77 kg d'eau	
SORTIES :	
- sucre blanc (négligeable)	→ 0,0 kg d'eau
- mélasse (avec une production de 4 kg à 80 Brix)	→ 0,8 kg d'eau
- écumes (en comptant 8 kg à 62,5% M.S.)	→ 3,0 kg d'eau
- pulpes pressées haute teneur (22,5% M.S.)	→ 18,0 kg d'eau
- pertes (par évaporation) à la carbonatation	→ 2,0 kg d'eau
- eaux du condenseur (pertes par évaporation et sous forme de gouttelettes au niveau du réfrigérant atmosphérique)	→ 25,0 kg d'eau
- pertes par les incondensables	→ 1,0 kg d'eau
Total des sorties :	50,0 kg d'eau
BILAN FINAL :	
Le processus d'extraction du sucre se solde donc par un excédent d'eau de l'ordre de :	
27 kg d'eau % kg betteraves	

4. Applications de la stratégie à des installations industrielles

4.1. La sucrerie

Le bilan général (Tableau 2) de cette usine montre que la principale source d'eau est la matière première et que paradoxalement la sucrerie produit de l'eau. En effet, le processus d'extraction du sucre se solde par un excédent d'eau de l'ordre de 27 kg pour 100 kg de betteraves.

Le schéma du procédé de fabrication (Figure 1) met en évidence les différents circuits d'eau dans l'usine ainsi que les recyclages :

- au niveau du transport et du lavage des betteraves, l'eau circule en circuit fermé ;
 - pour le transport, elle est recyclée après prédécantation des terres ;
 - pour les lavages, elle subit une décantation supplémentaire suivie ou non d'une épuration biologique ;
- au niveau de la diffusion, l'eau introduite provient de recyclages à partir des eaux de presses des pulpes et de la condensation des vapeurs produites lors de l'évaporation et de la cristallisation ;
- une partie des eaux récupérées lors de l'évaporation est également recyclée vers les chaudières.

Une sucrerie étant une usine produisant de l'eau, elle doit donc pour maintenir ses circuits en équilibre éliminer une quantité d'eau de l'ordre de 270 kg/tonne de betteraves traitées ce qui correspond à l'excédent mentionné ci-dessus. L'eau déchargée devant être épurée, l'industriel su-

crier a tout intérêt à ne rejeter que les eaux moins polluées ne nécessitant pas de traitement onéreux et à maintenir dans l'enceinte de l'usine les eaux les plus chargées. C'est pour cette raison qu'en sucrerie, on a choisi de déverser les eaux condensées excédentaires qui ne contiennent que quelques ppm d'ammoniaque et qui sont chaudes. Par pulvérisation de ces eaux dans un bassin, on assure aux eaux condensées le refroidissement, la réoxygénation et la désammonisation imposés par la législation.

4.2. L'abattoir

Le tableau 3 reprend les différentes étapes du procédé d'abattage, les rejets engendrés ainsi que leur traitement spécifique.

L'étude approfondie du schéma de production montre certaines particularités :

- la séparation des effluents doit être réalisée le plus tôt possible dans l'usine car la pollution qu'ils engendrent, les traitements qu'ils demandent et les valorisations possibles sont bien distinctes ;
- les consommations d'eau par kg de carcasse (3 à 54 l) varient très fort d'une usine à l'autre en fonction du mode d'évacuation des matières stercoraires, de la présence d'économiseur pour les eaux de refroidissement, de la présence d'industries annexes ;
- les matières grasses représentent un élément perturbant très important dans les réseaux de collecte et dans les stations d'épuration. Celles-ci doivent être récupérées séparément dans un dégraisseur ou bac à graisse (Figure 2). Celui-ci est constitué essentiellement d'une cuve avec tubulures de raccordement. Deux cloisons immergées sont disposées à l'entrée et à la sortie de l'appareil.

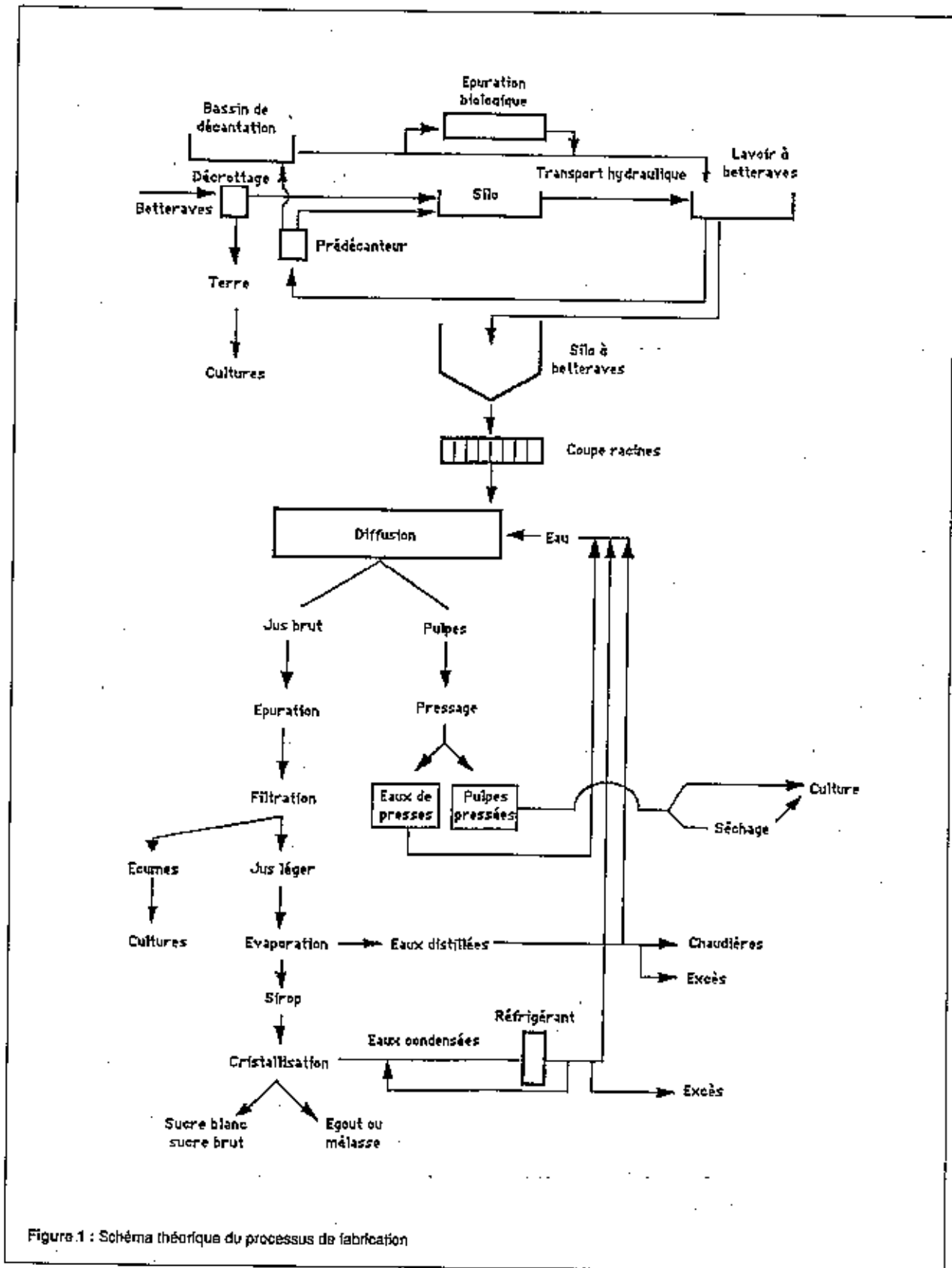


Figure 1 : Schéma théorique du processus de fabrication

Tableau 3 : Etude du procédé d'abattage

Etapes du procédé	Typo de rejet	Traitement	
Stabulation	Lisiers	Fosse à lisier	Agriculture
Etourdissement	-		
Saignée	Sang	Valorisation	Agroalimentaire
Déshabillages			
Eviscération	- Boyaux, contenu de panses	Séparation, pressage	Agriculture
Découpe des carcasses	- Déchets (os + graisses)	Valorisation	Agroalimentaire Agriculture
Frigo	-		
Eau de nettoyage	Eau (volume important)	Bacs à graisses	Station d'épuration
Eau des sanitaires	Eau	Fosses septiques	
Eau des douches	Eau	Station d'épuration	

Tableau 4 : Composition du résidu des bacs à graisse

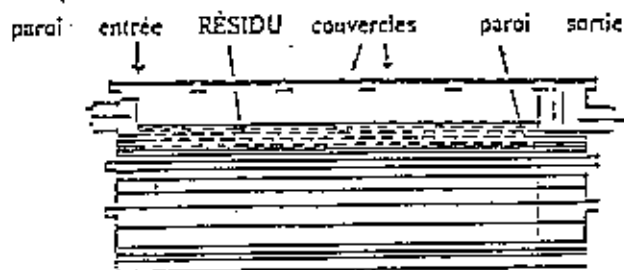
Non gras	6%
Gras	94%
Stérols	
Esters de stérols	
Lipides polaires	14%
Triglycérides	
Acides gras libres	80%
Acide palmitique	29%
Acide stéarique	10%
Acide oléique	24%
Autres	17%

Tableau 5 : Pourcentage d'acide gras non consommé après 4 jours de fermentation

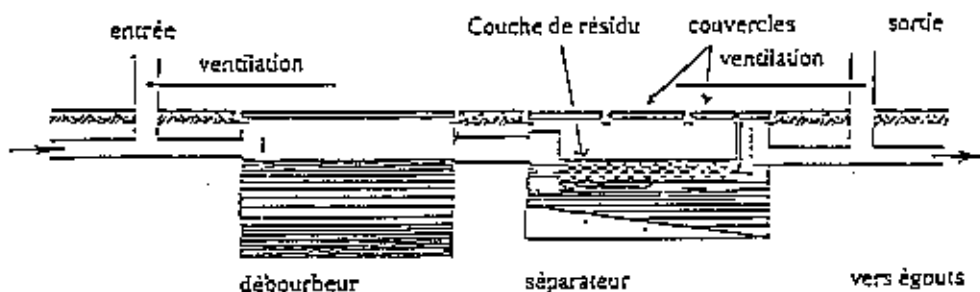
Souche	Milieu	% d'acides gras non consommé
Bacillus C2	Organique + C-16	83%
Pseudomonas	Organique + C-16	44%
	Organique + C-18:1	39%
	Minéral + C-16	22%
	Organique + C-18:1	20%
Pichia farinosa	Organique + C-18:1	24%

Sources des Tableaux 4 et 5 : Ansenne et al, 1992

a) *Modèle rectangulaire, NERING BÖGEL.*



b) *Séparateur de graisses précédé d'un débourbeur. Modèle rectangulaire, NERING BÖGEL.*



c) *Séparateur de graisses et débourbeur intégré, NERING BÖGEL.*

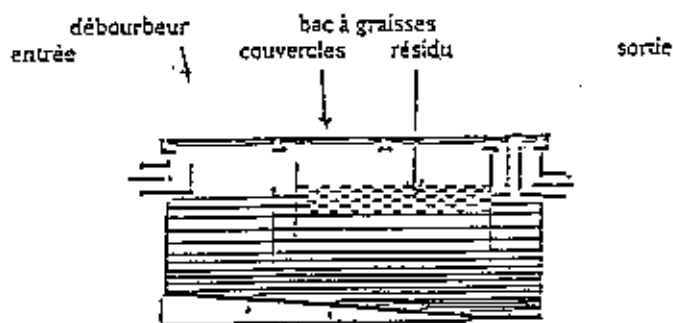


Figure 2 : Schéma de 3 séparateurs de graisses

Source : Anserme A. et al., 1992.

Les matières grasses flottent dans la partie supérieure de la chambre de séparation dont les 3/4 du volume sont remplis d'eau. Les caractéristiques principales de ces appareils sont le débit maximum admissible, la taille, le temps de rétention. Il est nécessaire d'enlever la matière grasse généralement tous les 8 jours afin d'éviter la formation d'odeurs et d'acides. Le devenir du résidu après vidange constitue un problème.

Actuellement, des recherches sont en cours afin de métaboliser ces déchets par voie microbienne.

Les tableaux 4 et 5 présentent quelques résultats de ces travaux : la composition chimique de ces résidus et la métabolisation des acides gras par certains microorganismes.

4.3. La limonaderie

En limonaderie, le traitement des eaux résiduelles nécessite des actions spécifiques.

En effet, le lavage des bouteilles engendre des rejets contenant des détergents, des phosphates, de la soude (Tableau 6). Le principe général des laveuses est repris dans la figure 3.

Tableau 6 : Caractéristiques des bains sodiques

Caractéristiques		Usine A	Usine B
Volume	m ³	30	24
1 ^{er} rejet	°C	58	60
pH	-	13	12,8
BOD	mg O ₂ /l	4.000	2.500
COD	mg O ₂ /l	8.000	3.900
MES	mg/l	1.200	184
N Kjeldahl	mg N/l	6	4,5
Détergents	mg/l	7,5	10
PO4	mg P/l	275	250

Source tableaux 6 et figure 3 : Ferrrote J., Huret J.P., 1978

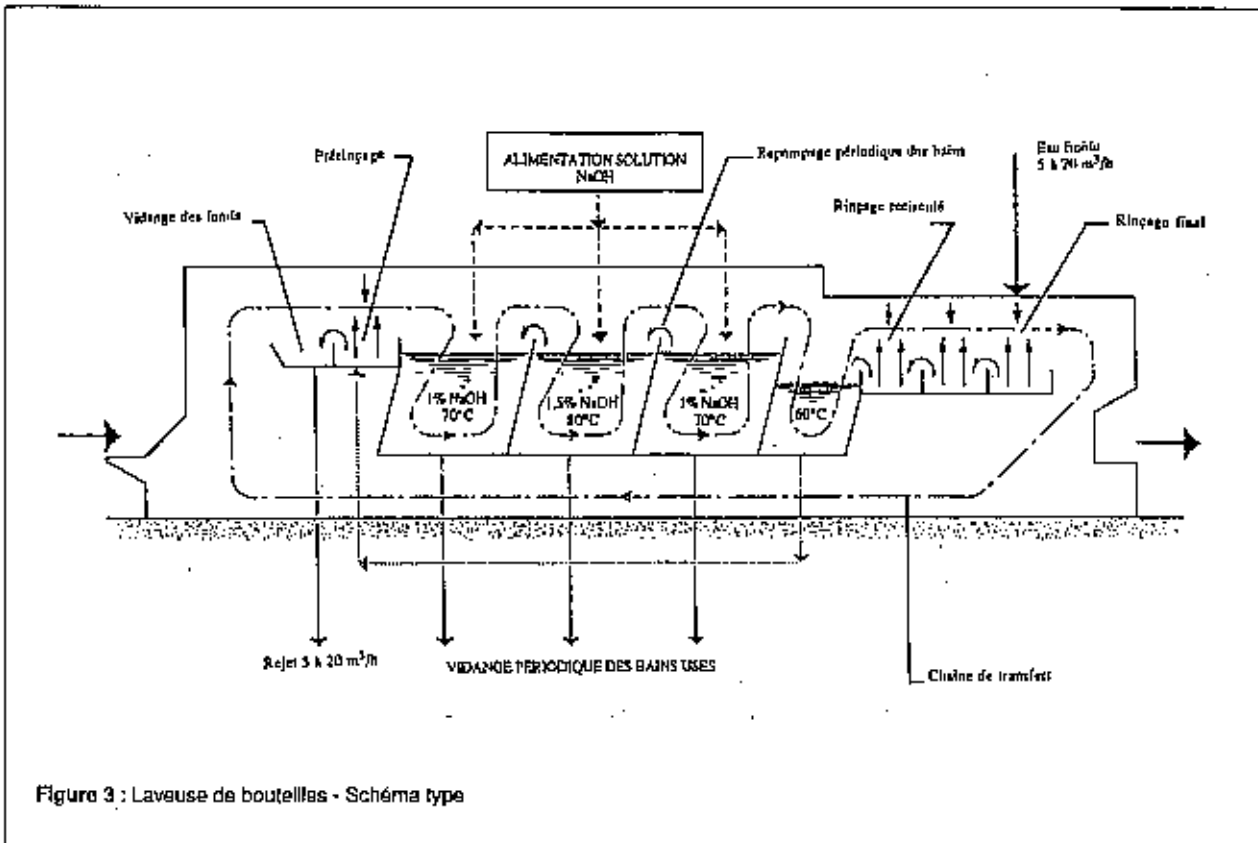


Figure 3 : Laveuse de bouteilles - Schéma type

Pour des volumes de bouteille de 1 l; 0,5 l; 0,2 l, on rejette respectivement 0,5 l; 0,4 l; 0,3 l d'effluents de lavage. Ces eaux doivent être impérativement neutralisées avant d'accéder à l'épuration. Cette neutralisation est en pratique réalisée par addition d'acide fort (HCl, H₂SO₄) ou par injection de CO₂.

5. Conclusion

La prise de conscience des problèmes de l'environnement évolue de plus en plus dans notre société. On s'est intéressé d'abord au traitement des flux résiduels ensuite à une économie des matières premières et de l'énergie afin notamment de réduire ces flux. Mais l'eau a longtemps été considérée comme une ressource naturelle facilement disponible. On se rend compte maintenant de sa fragilité face au problème de la pollution et de l'intérêt de la protéger.

La mise en place progressive de réglementation et l'augmentation du prix de l'eau en sont des conséquences inéluctables qui doivent amener l'industriel à gérer au mieux "ce capital eau".

Références bibliographiques

ANSENNE A., DESTAIN J., GODEFROID J., THONART Ph. (1992), La problématique des séparateurs de graisse, *Tribune de l'eau*, 558 A, 7-8.

CRITT IAAI dF (1992), *L'usine agro-alimentaire*, Editions RIA, Paris.

DEGRÉMONT (1989), *Mémento technique de l'eau*, Reuil Malmaison.

FREROTTE J., HURET J.P. (1978), Les eaux résiduaires de limonaderies. *La Technique de l'Eau et de l'Assainissement*, 374-375.

JACQUES P., KLINKENBERG H., LEPOIVRE P., GODEFROID J., FOUX K., RIKIR R., ROBLAIN D., MAZY V. et THONART Ph. (1989), Technologie de mise au point de starters pour l'agriculture, *Annales de Gembloux*, 95, 237-244.

LEVEAU J.Y. (1994), L'eau dans les entreprises : une mise en valeur rationnelle, *Actes des Ateliers de l'Eau - Colloque FSAGx AIGx*, 18-2-94, Gembloux, Belgique.
