

## Définir le problème

De nos jours, la plupart des entreprises tiennent compte de leur impact sur l'environnement. La législation environnementale est là pour de bon, et probablement, va devenir de plus en plus stricte. Plus important encore peut-être, les préoccupations du public concernant la pollution et le réchauffement climatique qui augmentent tous les jours, ce qui signifie que le coût des perceptions néfastes publiques des entreprises qui ne peuvent pas montrer leurs compétences en matière d'écologie augmente également. Cela signifie que le coût de l'absence de responsabilité environnementale de la part des sociétés ne fera qu'augmenter au cours des prochaines décennies.

Les coûts des relations publiques liés au fait d'être perçu comme une entreprise qui ne fait pas sa part sont souvent bien plus élevés que les coûts fiscaux réels liés à une utilisation sous-optimale de l'énergie. Nous voyons maintenant les phénomènes relativement modernes des départements marketing et relations publiques s'intéresser activement aux pratiques d'efficacité et de gestion des déchets de leurs entreprises. Les processus de fabrication durables et efficaces ne sont plus l'apanage des comptables et des responsables de l'ingénierie, ils sont désormais également un problème de marketing et de relations publiques.

En conséquence, les ingénieurs reçoivent désormais des directives de la direction pour réduire les déchets et améliorer le profil de durabilité de l'entreprise. Être perçu comme étant écologique est désormais un objectif clé de toute entreprise de fabrication. Les ingénieurs de procédés cherchent maintenant à atteindre leurs objectifs de durabilité par tous les moyens possibles. Bien entendu, la consommation d'eau est l'un des principaux critères de mesure de cet objectif. Toute économie d'eau est facilement convertible en réduction de l'empreinte carbone. Cet article examine les méthodes d'optimisation des systèmes de nettoyage des réservoirs (CIP/NEP) afin d'atteindre les objectifs de durabilité. Comme nous le verrons, il y a souvent des gains rapides en termes d'efficacité lorsqu'il s'agit d'optimiser les processus de nettoyage des réservoirs.

## Le coût de l'eau

Le coût réel de l'eau, tant en termes d'impact environnemental que de fiscalité, est souvent sous-estimé.

### Coût de l'entrée de l'eau

Tout d'abord, il y a le coût d'achat de l'eau. Ce coût augmente et continuera d'augmenter à mesure que la pression sur les systèmes d'eau du monde s'accroîtra. Le coût par m<sup>3</sup> d'eau nouvelle pour les entreprises est important, mais il ne représente qu'une partie du coût réel.



## Coût du chauffage

De nombreuses applications nécessitent de chauffer l'eau. C'est particulièrement vrai pour les applications de nettoyage. L'eau nécessite 4,2 KJ d'énergie pour chauffer chaque litre (Kg) de 1°C. Sa capacité thermique spécifique élevée signifie qu'il faut beaucoup d'énergie pour chauffer l'eau aux températures nécessaires pour un nettoyage optimal.

## Coût du traitement

Une fois que l'eau a été utilisée pour une opération de nettoyage, elle doit être éliminée. Le coût de l'élimination de l'eau est très variable, mais l'eau utilisée pour les opérations de nettoyage a un coût d'élimination particulièrement élevé. En raison de la nature même de l'application, les eaux usées seront sales et contiendront souvent des caustiques ou des solvants utilisés dans l'opération de nettoyage.

La demande biologique en oxygène (DBO/BOD) et la demande chimique en oxygène (DCO/COD) sont des mesures utilisées par l'industrie du traitement de l'eau pour mesurer efficacement le degré de saleté des eaux usées. Toutes deux mesurent l'oxygène nécessaire dans les réactions de décomposition des polluants présents dans l'eau. L'industrie alimentaire et laitière a souvent des niveaux de DBO/BOD très élevés, ce qui signifie que le coût du traitement des eaux usées est très élevé par m<sup>3</sup>.

## Coût des produits chimiques

L'utilisation de caustiques alcalins pour dégrader les huiles, les graisses ou les huiles et d'acides pour décomposer les dépôts minéraux est courante dans de nombreux systèmes de nettoyage de réservoirs. Ces produits chimiques ne sont pas bon marché et leur utilisation ne fait qu'augmenter le coût du traitement des eaux usées utilisées.

## Méthodes d'optimisation standard

Il existe deux méthodes couramment utilisées pour réduire la consommation d'énergie et d'eau dans les systèmes de nettoyage de réservoirs.

### Récupération de la chaleur

De nombreuses usines produisent un excès de chaleur dans leurs processus. De bons systèmes de gestion de la chaleur peuvent détourner la chaleur perdue pour l'utiliser dans d'autres applications, comme le nettoyage. Cette chaleur "gratuite" est une méthode essentielle pour réduire l'impact environnemental et atteindre les objectifs de durabilité. Il existe toutefois une limite à la quantité de chaleur "gratuite" disponible pour le nettoyage.

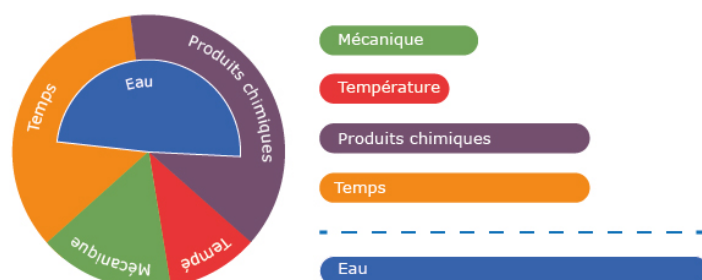
### Recyclage de l'eau CIP/NEP

La plupart des systèmes de nettoyage en place réutilisent les eaux usées provenant de nettoyages antérieurs. Le pré-rinçage et même le nettoyage principal peuvent souvent être effectués avec de l'eau sale. Tant qu'un rinçage final à l'eau propre est utilisé, un nettoyage hygiénique peut être réalisé en utilisant principalement de l'eau sale. Bien entendu, il y a une limite au nombre de fois où le liquide de nettoyage

peut être recyclé de cette manière. À terme, tous les liquides résiduels devront être retirés du système CIP/NEP.

## Autres méthodes d'économie

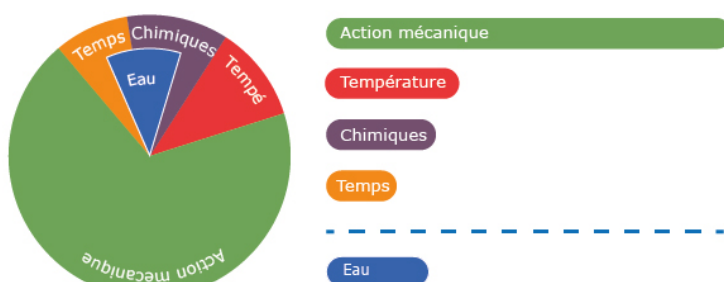
Une fois que la récupération de la chaleur et le recyclage de l'eau ont été pleinement réalisés, quelle est la prochaine étape pour le fabricant respectueux de l'environnement ?



Contribution aux mélange de nettoyage pour une sphère de lavage

### Optimiser le mélange de nettoyage

Une économie encore souvent négligée peut être trouvée en optimisant le mélange de nettoyage. La théorie de base qui sous-tend toute opération de nettoyage est qu'il existe quatre facteurs contributifs au nettoyage : la chaleur, le temps, l'action chimique et l'action mécanique. Ces facteurs sont représentés dans un diagramme en cercle de Sinner. Une augmentation d'un élément signifie que les autres éléments peuvent être réduits sans compromettre l'efficacité globale du nettoyage.



Contribution aux mélange de nettoyage pour les têtes de lavage rotatives

Si l'on considère cette question sous l'angle de la durabilité, il est logique de choisir l'élément à augmenter. L'augmentation de la chaleur, comme nous en avons discuté, ne fera qu'augmenter les coûts environnementaux. L'action chimique ne doit bien sûr pas être prise en compte. Augmenter le temps peut sembler bénéfique mais en réalité, une augmentation du temps de nettoyage signifie souvent utiliser plus d'eau, donc, encore une fois, c'est un échec si notre objectif est d'améliorer la durabilité. L'action mécanique est donc le candidat "vert" évident à l'augmentation.

Si nous pouvons améliorer l'impact du système de nettoyage, alors les autres éléments peuvent être réduits en conséquence. Cela signifie que le même niveau de nettoyage peut être atteint avec moins de chaleur, de produits chimiques, d'eau et éventuellement en un temps plus court aussi.

## Sélection des buses et action mécanique

Lors du nettoyage avec des fluides, l'action mécanique globale délivrée à la paroi du réservoir est dictée par l'énergie transférée de la pompe à la paroi. Plus l'énergie de la pompe est transférée efficacement à la paroi, plus la composante de l'action mécanique du mélange de nettoyage sera importante.

Le choix de système CIP/NEP a un effet important sur l'efficacité de ce processus de transfert d'énergie. Avec de simples boules de lavage, la plus grande partie de l'énergie potentielle contenue dans le liquide de nettoyage est gaspillée dans la dispersion du liquide sur une grande surface. Le mouvement du liquide entre le dispositif

de nettoyage de réservoir et la paroi est très turbulent.

Cela a l'avantage de disperser le liquide pour couvrir une large zone mais se fait au sacrifice de perdre la plus grande partie de l'énergie disponible pour générer une action mécanique. Ainsi, ces deux types de nettoyeurs de citernes ont une action mécanique médiocre.

Les boules de pulvérisation rotatives sont plus efficaces que les boules statiques et ont un gain modeste en termes d'action mécanique. Il est possible d'améliorer les choses en augmentant les débits grâce à l'utilisation de systèmes de nettoyage avec orifices plus grands mais, si l'objectif est la durabilité, l'augmentation de la consommation d'eau est clairement contre-productive. Augmenter la pression du fluide sur ces dispositifs est tout aussi futile. Certes, l'énergie potentielle globale est augmentée mais, en raison de la nature turbulente du flux, cette énergie est simplement gaspillée, c'est-à-dire que très peu d'entre elle finit par contribuer à la composante d'action mécanique du nettoyant. Tout ce qui dépasse de loin 2,5 bars de pression de fluide alimentant les boules statiques ou les boules rotatives est gaspillé et ne fera rien pour améliorer la durabilité. En fait, il est plus que probable qu'elle réduira l'efficacité globale de l'eau et de l'énergie.



Appeler 0033 (0) 1707 60659

## Têtes de nettoyage à jet rotatif - l'amélioration écologique

Les têtes de lavage à jet rotatif sont dans la catégorie de systèmes de nettoyage de réservoirs qui peuvent améliorer considérablement l'action mécanique. Ces dispositifs produisent des jets à flux laminaire qui nettoient avec un impact élevé chaque partie du réservoir au cours de leur cycle de nettoyage. Le jet laminaire est la clé qui permet de délivrer le plus d'énergie possible de la pompe à la paroi du réservoir. Avec ce type de système, l'augmentation de la pression du fluide à la pompe signifie que plus d'énergie arrive à la paroi du réservoir plutôt que d'être gaspillée en générant un flux chaotique et turbulent.

Grâce aux buses avancées de ces machines, le fluide reste sous forme de jet cohérent pendant plusieurs mètres à des pressions à 10 bars. L'augmentation de la pression est désormais parfaitement logique du point de vue de la durabilité. La modeste augmentation des coûts de pompage pour générer cette pression plus élevée est plus que compensée par les avantages en termes de durabilité. Comme la composante mécanique est beaucoup plus élevée dans ces machines, l'action chimique, la chaleur et le temps peuvent être réduits.



## Chaleur

Lors du passage au nettoyage par impact, il est peu probable que la température des différentes étapes de lavage soit réduite. Un lavage caustique à 80 degrés restera à 80 degrés. Mais, comme il faut moins de liquide pour réaliser le même nettoyage, il y a simplement moins à chauffer, ce qui réduit considérablement le coût énergétique du chauffage.

## Action chimique

Moins de fluide sera utilisé dans l'ensemble, ce qui entraînera une réduction correspondante des agents caustiques. Le pourcentage de mélange de caustiques dans le fluide restera probablement constant, mais comme on utilise moins de fluide dans l'ensemble, la quantité de produits chimiques utilisée est bien plus faible. Du point de vue de la durabilité, cela signifie que le coût du traitement de l'eau sera moins élevé et que les coûts liés à la production de produits chimiques seront moins élevés.

## Le Temps

Un autre grand avantage des têtes de lavage à jet rotatif est qu'ils sont très souvent beaucoup plus rapides que les autres systèmes de nettoyage de réservoirs. Bien que cela n'ait pas de grands avantages en termes de durabilité, cela présente des avantages de production très pratiques et évidents pour les fabricants. Moins de temps de nettoyage signifie plus de temps de production.

## Le coût comme mesure indirecte des économies d'environnement

Il est assez difficile d'estimer les économies d'empreinte carbone réalisées en passant de méthodes moins efficaces de nettoyage des réservoirs à des méthodes plus modernes. Une approximation des niveaux d'économie peut être faite si nous utilisons le coût global comme mesure de substitution de l'impact environnemental. Cette méthode n'est pas parfaite, mais dans le cas du nettoyage des réservoirs, il est plus ou moins vrai que si l'on réduit les coûts, la durabilité sera accrue.

## Calcul des économies de coûts

Tout d'abord, la consommation globale d'eau doit être calculée pour chaque étape du nettoyage. Il faut également calculer le coût de tous les produits chimiques utilisés dans les étapes caustiques.

Le coût du chauffage de l'eau doit être calculé. Cela est assez simple en utilisant le coût énergétique de l'entreprise en Kwh multiplié par le Kwh nécessaire pour porter l'eau à la température souhaitée. Cette valeur peut être modifiée à la baisse si l'on utilise la chaleur récupérée dans une autre partie de l'usine. Ainsi, si 50 % de la chaleur est récupérée, le coût total peut être réduit de moitié. Ensuite, il faut calculer le coût du traitement et de l'élimination de l'eau. Celui-ci variera considérablement en fonction de la charge de DCO et de DBO des eaux usées. Lorsque des systèmes CIP de récupération de l'eau sont utilisés, une estimation du pourcentage d'eau récupérée doit être faite pour réduire ce coût. Ainsi, si seulement 25 % de l'ensemble de l'eau utilisée est mise en décharge, ce coût peut être réduit de manière équivalente. Ce "pourcentage de récupération" peut, bien entendu, être appliqué au coût de l'eau initiale et, lorsque les caustiques sont recyclés, au coût des produits chimiques.

Enfin, il faut calculer les coûts énergétiques nécessaires pour pomper les fluides à chaque étape de la propreté. Ces coûts peuvent être calculés à partir de la puissance de

la pompe et du temps nécessaire. Dans la pratique, cependant, cela a un effet très faible sur le coût global par rapport aux autres coûts. Une pompe de 2,5 kW fonctionnant pendant un cycle de nettoyage d'une heure a un coût énergétique de 0.35 € (à 0.35 €/Kwh), ce qui représente probablement moins de 5 % du coût total du nettoyage. Toute modification de la puissance de la pompe vers une pression plus élevée, mais un débit plus faible, est susceptible de s'équilibrer, ce qui signifie que les changements dans les coûts de pompage seront négligeables par rapport aux autres facteurs.

Lorsque tout cela est additionné, on obtient une estimation du coût de chaque cycle de nettoyage. Ce coût est une mesure de substitution raisonnable de l'impact environnement

## Coût par nettoyage avec tête de lavage à jet rotatif 'Orbitor'

Cycle	Temps de cycle (min)	Débit (l/min)	Coût de l'eau	Coût des eaux usées	°C chauffé	% du chaleur récupérée	% de l'eau récupérée	Coût total/m <sup>3</sup> d'eau usée	Coût total / cycle
Pré rinçage	10	140	€1.30	€3.00	0	50%	75%	€1.08	€1.51
Lavage caustique	20	140	€1.30	€3.00	60	50%	75%	€5.98	€16.73
Rinçage	10	140	€1.30	€3.00	0	50%	75%	€1.08	€1.51
								<b>Total</b>	<b>€19.74</b>

## Coût par nettoyage avec boule de lavage

Cycle	Temps de cycle (min)	Débit (l/min)	Coût de l'eau	Coût des eaux usées	°C chauffé	% du chaleur récupérée	% de l'eau récupérée	Coût total/m <sup>3</sup> d'eau usée	Coût total / cycle
Pré rinçage	10	314	€1.30	€3.00	0	50%	75%	€ 1.08	€3.38
Lavage caustique	40	314	€1.30	€3.00	60	50%	75%	€5.98	€75.05
Rinçage	10	314	€1.30	€3.00	0	50%	75%	€1.08	€3.38
								<b>Total</b>	<b>€81.80</b>

Le cycle de nettoyage actuel est effectué par une boule statique SVSTW fileté 3/4" qui fonctionne à 314 litres par minute à 2 bar pression. Le cycle de nettoyage consiste en un pré-rinçage de 10 minutes, un nettoyage caustique de 40 minutes et un rinçage final de 10 minutes. Le nettoyage à la soude caustique se fait à 80 degrés (60 au-dessus de la température ambiante). On estime que 75 % de l'eau peut être récupérée et réutilisée et que 50 % du chauffage peut être fourni par récupération de chaleur.

Le coût de l'énergie est estimé à 0.14 € par Kwh. Le coût de l'eau douce est estimé à 1,30 € par m<sup>3</sup> et celui du traitement de l'eau à 3,00 € par m<sup>3</sup>.

Ces chiffres sont ensuite comparés à ceux d'une tête de lavage à jet rotatif fonctionnant à une pression de 8 bars, par exemple l'Orbitor 2 avec des buses de 6 mm. Ce dernier a un cycle de nettoyage de 19,5 minutes et un débit de 140 litres par minute. Pour les cycles de pré-rinçage et de rinçage, un demi cycle de nettoyage peut être utilisé sur ces nettoyeurs de réservoir car le mouillage complet est toujours réalisé dans ce temps-là.

On peut toujours discuter de la quantité de chaleur et d'eau récupérée ou du coût brut de l'électricité et de l'eau, mais le principe de base reste solide : moins on utilise de m<sup>3</sup> d'eau, traitée et chauffée dans un cycle de nettoyage, moins l'impact environnemental est important.

## Le coût du changement

Il y aura des coûts initiaux. Les boules statique ou rotatives fonctionnent généralement à une pression d'environ 2 bars. Les têtes à jet rotatif fonctionnent mieux entre 8 et 10 bars, il peut donc être nécessaire de mettre à niveau la pompe de NEP lors de l'échange. En termes de débit, les systèmes à jet rotatif seront normalement beaucoup plus faibles, de sorte que le coût global du pompage (même à la pression la plus élevée) ne changera pas tant que cela, mais il faudra peut-être investir pour changer la pompe afin d'obtenir une pression maximale plus élevée.

Les têtes à jet rotatif eux-mêmes sont plus chers que les boules rotatives, ce qui doit également être pris en considération, là encore il s'agit d'une dépense d'investissement unique. Il est peu probable qu'il faille changer la tuyauterie. Les débits globaux seront généralement plus faibles, de sorte que la tuyauterie qui alimente les boules de pulvérisation statiques ou rotatives existantes suffira dans presque tous les cas pour la nouvelle fonction.

## Amortissement

Normalement, les investissements nécessaires à l'échange peuvent être payés en quelques mois. Prenons l'exemple ci-dessus. Si nous supposons un investissement de 5 000 € pour une nouvelle pompe à haute pression et de 3 000 € pour couvrir le nouveau nettoyeur de réservoir et ses accessoires, nous avons alors une dépense de 8 000 € pour les nouveaux systèmes. Ajoutons à cela 2 000 € de frais d'installation pour une somme ronde de 10 000 € d'investissement pour passer à de nouvelles têtes à jet rotatif. Si le réservoir est nettoyé une fois par jour, nous constatons un amortissement en moins de 161 jours, soit en moins de 6 mois. Il est évident que pour les sites comportant plusieurs réservoirs alimentés par le même système de CIP, l'amortissement sera beaucoup plus rapide.

## Conclusions

L'amélioration de l'efficacité des opérations de nettoyage des réservoirs peut contribuer à ce qu'une organisation atteigne ses objectifs de durabilité. Dans certaines industries, comme les produits laitiers, cette contribution peut être très importante alors que dans d'autres, elle est plus modeste. Les boules de pulvérisation statiques et rotatives sont encore très couramment utilisées, ce qui signifie que les ingénieurs ont une grande chance d'atteindre ces objectifs de durabilité.

# Un effet instantané - pratiques durables en CIP/NEP



BUSES DE  
PULVÉRISATION

C'est un succès rapide et sans douleur lorsqu'on essaie de réduire l'empreinte écologique d'une organisation. La vraie bonne nouvelle est que les coûts de l'échange peuvent être rapidement amortis et que l'atteinte des objectifs de durabilité peut également satisfaire les comptables. Une situation profitable pour tout le monde.

SNP, janvier 2020

Appeler 0033 (0) 1707 60659