

Technologies Propres et Eau dans l'industrie

SOMMAIRE

Les technologies

↳ Ultrafiltration	2
↳ Nanofiltration	4
↳ Pervaporation	6
↳ Electrodialyse	8
↳ Electrolyse	10
↳ Procédé PRIAM	12
↳ Compression Mécanique de Vapeur	14
↳ Laser	16
↳ Rejet zéro	18
↳ Bonnes pratiques	20

Pour exploiter facilement les liens internet, retrouvez la monographie «Technologies Propres et Eau dans l'Industrie» sur le site <http://www.technologies-propres.com>

Monographie réalisée par ARIST Bourgogne



Juin 2004

ULTRAFILTRATION

■ ■ ■ PRINCIPE

Membranes utilisées : minérales ou organiques

Principe de séparation : tamisage

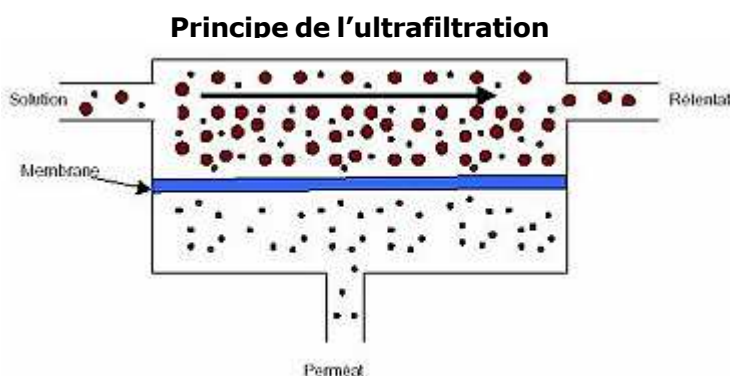
Forces de transfert : gradient de pression

L'ultrafiltration est un procédé de séparation soluté / solvant.

Il s'agit d'une technique membranaire de séparation. **Le principe de séparation est une différence de pression de part et d'autre de la membrane.**

Les tailles des molécules retenues par l'ultrafiltration vont de $0,002\mu$ à $0,1\mu$ selon la membrane choisie.

La filtration est généralement de type tangentielle, c'est à dire que le fluide circule parallèlement à la membrane, contrairement à la filtration classique qui est dite frontale. La filtration tangentielle permet de limiter l'accumulation de dépôts qui obturent la surface de filtration.



Les constituants arrêtés peuvent être des bactéries, des macromolécules synthétiques ou naturelles, des agrégats moléculaires ou des particules issus de divers procédés. Ils pourront alors être recyclés plutôt que mis en décharge. L'ultrafiltration peut également être considérée comme une technique de concentration à moindre coût énergétique.

■ ■ ■ INSTALLATIONS D'ULTRAFILTRATION

Une installation d'ultrafiltration met en œuvre un ensemble de membranes organisées en

modules ; ceux-ci sont assemblés en étages ; l'ensemble de ces étages constitue l'architecture de l'installation.

Les installations d'ultrafiltration comprennent : les modules, une pompe d'alimentation haute pression et une pompe de circulation. Elles comprennent souvent un échangeur thermique pour maintenir le liquide à la température désirée.

Il existe deux types principaux d'installation :

↳ Procédé batch ou discontinu. Dans ce cas, le système peut comporter une recirculation ou non, le premier cas permettant de réaliser une économie d'énergie

↳ Procédé continu. Pour ce procédé, la boucle de filtration est alimentée en permanence. Industriellement, plusieurs modules sont placés en série pour obtenir un bon rendement

Les membranes

Les membranes sont asymétriques, constituées d'une mince peau (couche filtrante) déposée sur un support de même nature ou asymétriques et composites si la couche filtrante n'est pas de même nature que le support.

Elles sont caractérisées par leur porosité, l'épaisseur de la couche filtrante, le diamètre moyen de leurs pores et leur répartition, et le matériau employé dont dépend la résistance mécanique, chimique, thermique et la facilité de nettoyage.

Les membranes peuvent être minérales ou organiques, planes, spiralées ou tubulaires. Le mode d'utilisation et le type de membrane dépendent du fluide à traiter et des objectifs à atteindre.

■ ■ ■ AVANTAGES

- ↳ Installation compacte et modulaire
- ↳ Faible coût d'investissement et d'exploitation
- ↳ Production d'une eau de très bonne qualité
- ↳ Economie d'eau et de produits chimiques
- ↳ Facilite le recyclage ou la réutilisation de l'eau
- ↳ Réduit ou supprime les rejets d'effluents et de boues

■ ■ ■ APPLICATIONS

Domaines d'applications : industrie agro-alimentaire, bio-industries, mécanique (automobile, traitement de surface...), pétrochimie...

Exemples d'application :

- ↻ Concentration des lactosérums
- ↻ Clarification des jus (fruits, bière, vin)
- ↻ Epuration des saumures de fromagerie
- ↻ Désinfection des eaux
- ↻ Récupération de particules métalliques
- ↻ Récupération de fluide de coupe
- ↻ Récupération et recyclage de peintures
- ↻ Régénération des bains de peinture par électrophorèse
- ↻ Régénération des bains de dégraissage
- ↻ Traitement des bains de soude et de rinçage
- ↻ Traitement des émulsions d'huile dans l'eau

- ↻ Recyclage d'eau de lavage
- ↻ Valorisation des eaux d'ateliers de couchage en cartonnerie
- ↻ Valorisation des «eaux blanches» en laiterie.
- ↻ Traitement des eaux de lavage d'atelier d'encres
- ↻ Traitement des eaux de conserverie de poissons
- ↻ Traitement d'effluents d'amidonneries ou de féculeries
- ↻ Traitement d'effluents d'encollage et de teinture de l'industrie textile
- ↻ Traitement d'effluents industriels contenant des traces de cations métalliques
- ↻ Pré-traitement des déchets liquides
- ↻ Ultrafiltration assistée par complexation: récupération de métaux précieux en industrie électronique et traitement d'eaux de lavage de fumées d'usine d'incinération

LES FABRICANTS

Membratec, Sierre (Suisse), <http://www.membratec.ch>
 Orelis, Beynost (01), <http://www.orelis.com>
 Christ SA, Aesch (Suisse), <http://www.christ.ch>
 Fluides et Automation, Mons-en-Baroeul (59), <http://www.eaupure.fr/fluides.htm>
 MKR France, Beynost (01), <http://www.mkr-metzger.de>
 Nicou Environnement, 61 rue du Général Leclerc, 91420 Morangis
 Pall Corporation, Saint Germain en Laye (78), <http://www.pall.com>
 Proserpol, Saint Quentin en Yvelines (78), <http://www.proserpol.com>
 PX Tech Environnement, La Chaux de Fonds (Suisse), <http://www.pxte.com>
 TIA (Techniques Industrielles Appliquées), Bollène (84), <http://www.tia.fr>
 Veolia Water STI, Le Plessis Robinson (92), <http://www.industries.veoliawater.com>
Cette liste n'est pas exhaustive.

POUR EN SAVOIR PLUS

<http://www.eau.fndae.fr/documentation/PDF/fndae14.pdf>
http://www.gewater.com/library/tp/835_Ultrafiltration_.jsp
http://www.appliedmembranes.com/about_ultrafiltration.htm

FICHES TECHNIQUES

Ultrafiltration, <http://www.technologies-propres.com/modules/BaseDonnees/DetailsFichesTechniques.asp?Id=30>
 StayClean, <http://www.technologies-propres.com/modules/BaseDonnees/DetailsFichesTechniques.asp?Id=74>

NANOFILTRATION

La nanofiltration est un procédé de séparation en phase liquide utilisant la filtration au travers de membranes semi-perméables sous l'action d'une pression.

Ses capacités de séparation se situent :

- pour les organiques, gamme de poids moléculaire allant de 200 à 600 daltons
- pour les sels minéraux, forte rétention globale des espèces ioniques à de faibles concentrations, et dans une séparation entre mono et multivalents pour des concentrations élevées

■ ■ ■ PRINCIPE

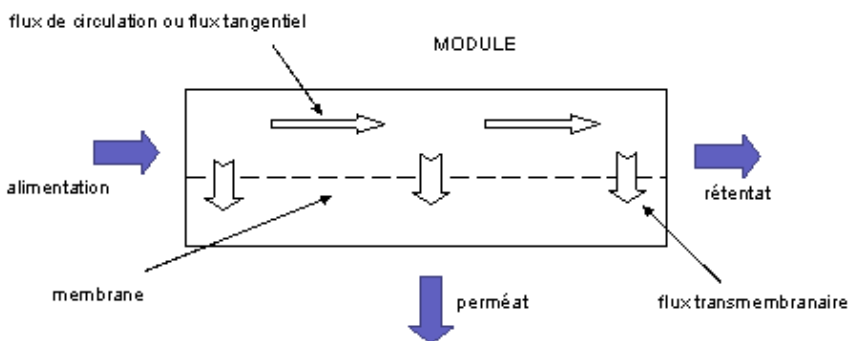
Membranes utilisées : microporeuses organiques

Principe de séparation : tamisage et sorption-diffusion

Forces de transfert : gradient de pression

La nanofiltration fonctionne sur le principe de la filtration tangentielle avec un transfert de matière à travers la membrane dû à un gradient de pression pouvant varier de 10 à 40 bars.

Principe de fonctionnement d'une membrane



■ ■ ■ INSTALLATIONS DE NANOFILTRATION

Les modules actuellement proposés sont de type tubulaire ou spirale. Le choix de la géométrie du module dans le cas d'une utilisation précise se fera en fonction du liquide à traiter.

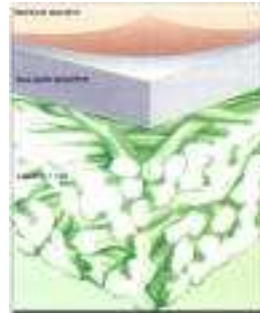
Les membranes

L'organisation structurale des membranes de nanofiltration aussi bien organiques qu'inorganiques est basée sur le même principe. Il s'agit d'une structure asymétrique comprenant trois niveaux :

- un support macroporeux offrant une bonne résistance mécanique et des flux de solvants élevés
- une couche intermédiaire assurant la liaison entre le support et la couche active
- une couche finale active en nanofiltration dont les deux caractéristiques principales sont une faible épaisseur, inférieure au micron et des diamètres de pore de l'ordre du nm présentant une distribution en taille très étroite afin d'assurer à la fois des flux élevés et une bonne sélectivité

Structure d'une membrane organique composite

Source : EDF - Novelect



de séparation sur des solutés de masse moléculaire inférieure à 1000.

■ ■ ■ AVANTAGES

Les membranes utilisées en nanofiltration présentent l'avantage de fonctionner à des pressions inférieures et de fournir des débits de

perméation supérieurs à ceux observés en osmose inverse.

Elles présentent aussi une sélectivité de séparation spécifique pour les ions très liée à l'environnement et à la nature de la membrane, cette sélectivité diffère également pour les composés de même taille selon qu'ils présentent ou non une charge électrique.

La nanofiltration consomme moins d'énergie que l'osmose inverse.

■ ■ ■ APPLICATIONS

Les principaux marchés actuels sont la séparation de petites molécules dans la pharmacie, les biotechnologies, l'agro-alimentaire et surtout l'environnement qui recèle les plus forts potentiels de développement.

Exemples d'applications :

- ↳ Traitement des effluents (contenant des molécules organiques) dans l'industrie du papier, du bois, de la teinture, du textile...
- ↳ Fabrication d'eaux de procédés
- ↳ Elimination des nitrates de l'eau
- ↳ Adoucissement des eaux de surface ou souterraines, d'eaux potables avec élimination d'ions multivalents et/ou de petites molécules toxiques
- ↳ Régénération de bains usés de dépôt de cuivre en traitement de surfaces
- ↳ Déminéralisation du lactosérum, et la préparation des acides aminés et peptides

Un autre champ d'investigation pour la nanofiltration est celui du couplage avec d'autres techniques pour la mise au point de procédés de séparation et de concentration des petites molécules et des ions. On peut citer :

- ↳ le couplage nanofiltration/osmose inverse et le couplage nanofiltration/résines échangeuses d'ions pour l'élimination des nitrates lors de la production d'eau potable
- ↳ le couplage nanofiltration/complexation pour la récupération des métaux
- ↳ le couplage nanofiltration/fluides supercritiques pour l'extraction et la concentration de petites molécules

Le marché de la nanofiltration devrait augmenter fortement dans les prochaines années mais il reste lié à la mise au point de nouvelles membranes présentant des performances améliorées par rapport aux membranes déjà existantes (membranes organiques).

En particulier une bonne résistance à la température, aux pH extrêmes ou aux solvants organiques devrait étendre rapidement les domaines d'applications de ces membranes.

LES FABRICANTS

Polymem, Chemin de Palayré, 31100 Toulouse
 Techno-Membranes, Montpellier (34), http://www.iemm.univ-montp2.fr/presentation/techno_membranes.htm
 Eurodia Industrie, Wissous (91), <http://www.eurodia.com>
 Hydranautics, Taverny (95), <http://www.membranes.com>
 Membratéc, Sierre (Suisse), <http://www.membratéc.ch>
 Aquasource, Toulouse (31), <http://www.aquasource-membrane.com>
 Corelec, Villeurbanne (69), <http://www.corelec.fr>
 Hytec Industrie, Cergy Pontoise (95), <http://www.hytec-industrie.com>
 Messo, Fontenay Sous Bois (94), <http://www.messo.net>
 Ondeo Degremont, Rueil Malmaison (92), <http://www.degremont.com>
 Proserpol, Saint Quentin en Yvelines (78), <http://www.proserpol.com>
 Rhodia Orelis, Miribel (01), <http://www.orelis.com>
 TIA - Techniques Industrielles Appliquées, Bollène (84), <http://www.tia.fr>
 Naan France, Z.A. Les Doucettes 23, avenue des Morillons, 95140 Garges-les-Gonesse
 Pall France, Saint Germain en Laye (78), <http://www.pall.com>
 PX Tech Environnement, La Chau de Fonds (Suisse), <http://www.pxte.com>
 Veolia Water STI, Le Plessis Robinson (92), www.industries.veoliawater.com
Cette liste n'est pas exhaustive.

POUR EN SAVOIR PLUS

http://www.gewater.com/library/tp/834_Nanofiltration_.jsp
<http://alexandria.tue.nl/extra2/200112209.pdf>
<http://www.ce.umn.edu/classes/spring04/ce8504/Presentations/NFpresentation.ppt>
<http://www.eau.fndae.fr/documentation/PDF/fndae14.pdf>

FICHES TECHNIQUES

Ion Gard, <http://www.technologies-propres.com/modules/BaseDonnees/DetailsFichesTechniques.asp?Id=73>

PERVAPORATION (OU PERMÉATION LIQUIDE)

■ ■ ■ PRINCIPE

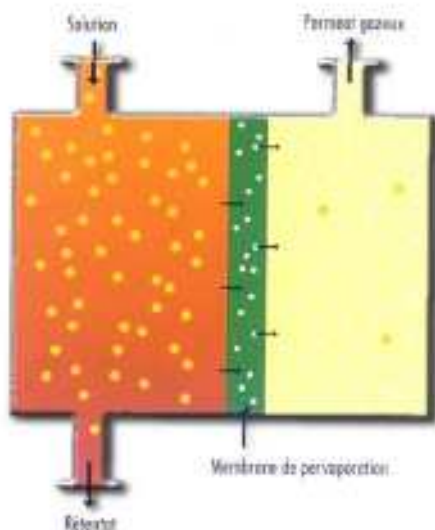
Membranes utilisées : denses organiques
Principe de séparation : sorption - diffusion - désorption
Forces de transfert : gradient d'activité chimique

La pervaporation est un procédé de séparation des constituants d'un mélange liquide, par vaporisation partielle au travers d'une membrane dense présentant une affinité préférentielle pour l'un des constituants.

Il est généralement admis que le mécanisme de la pervaporation se décompose en 3 étapes :
- sorption en face amont sur la membrane,
- diffusion au sein de la membrane,
- désorption sur la face aval.

La force de transfert est la différence des pressions de vapeur du ou des composants perméés entre la face amont et la face aval de la membrane.

Schéma de principe de la pervaporation
Source : *Les applications innovantes des techniques membranaires dans l'industrie*, EDF - Novelect



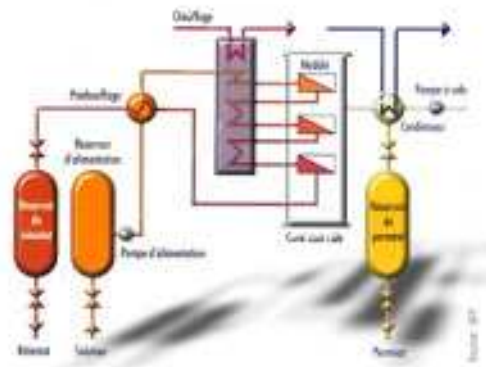
■ ■ ■ INSTALLATIONS DE PERVAPORATION

En industrie, les installations de pervaporation fonctionnent en continu. Le procédé comprend classiquement plusieurs postes : stockage des liquides, chauffage des liquides, module de séparation (cœur du procédé) dans lequel se trouvent les membranes, condensation (pompes à vide, groupe froid).

Les différents modules nécessaires pour réaliser la séparation ne sont parcourus qu'une seule fois. Ils sont connectés en série, voire en parallèle pour des raisons de procédé en fin

Schéma de principe d'une installation industrielle de pervaporation en continu

Source : *Les applications innovantes des techniques membranaires dans l'industrie*, EDF - Novelect



d'opération quand il ne reste plus que des traces de produit à extraire.

Les membranes

Les membranes de pervaporation sont des membranes organiques denses. Elles sont essentiellement de 2 types : hydrophiles ou organophiles.

Les modules membranaires sont à plaques planes avec des membranes qui permettent la déshydratation de substrats organiques ou bien au contraire la purification d'eau par élimination de polluants organiques.

La nature de la membrane dépend des composés à séparer. On distingue :

- membranes de déshydratation de solvants
- membranes d'extraction d'organiques d'un grand volume d'eau
- membranes de séparation de solvants (oxygénés et aliphatiques, aromatiques et aliphatiques)

Les membranes utilisées industriellement sont en polymères.

■ ■ ■ AVANTAGES

Dans de nombreuses applications, la pervaporation offre des économies de coût par rapport aux autres systèmes d'extraction de solvant.

Les coûts effectifs dépendent d'un certain nombre de facteurs, parmi lesquels : le solvant éliminé, la fraction de solvant devant être éliminée, la disponibilité d'eau de refroidissement, la température de l'eau d'alimentation.

Parmi les avantages de la pervaporation on peut citer :

- ↳ l'extraction à basse température (possibilité de séparer des produits thermosensibles),
- ↳ la simplicité de conduite et de contrôle,
- ↳ la reproductibilité et fiabilité des performances,
- ↳ la flexibilité et possibilité de compacité de l'installation (modulaire),
- ↳ la pureté des produits obtenus (pas d'addition de tiers corps) et l'absence d'émission polluante,
- ↳ la faible consommation d'énergie (par rapport à une distillation puisque seule la fraction du liquide extraite est vaporisée).

Par ailleurs, la pervaporation permet d'obtenir de l'éthanol pur dans des conditions économiques compétitives par rapport à la distillation azéotropique, tout en préservant l'environnement.

■ ■ ■ APPLICATIONS

- ↳ Déshydratation de solvants neutres et de mélanges de solvants (alcools, esters, cétones...)
- ↳ Déshydratation à partir d'amines et de mélanges d'amines
- ↳ Déshydratation à partir d'acides organiques ou de mélanges contenant des acides organiques
- ↳ Traitement des effluents, la dépollution des effluents aqueux
- ↳ Séparation des solvants organiques contenus dans l'eau, pour la récupération et le recyclage des eaux qui contiennent des solvants
- ↳ Séparation et le recyclage des solvants contenus dans l'eau procédant de cabines de peinture, ayant subi au préalable une floculation visant à séparer les solides contenus

LES FABRICANTS

Sulzer Chemtech, Nanterre (92), <http://www.sulzerchemtech.com>
 Sterling Fluid Systems, Trappes (78), <http://www.sterlingfluidsystems.com>
 Beroplan, Homburg (Allemagne), <http://www.beroplan.de>
 CM-CELFA Membrantrenntechnik AG, Bahnhofstr. 92, CH-6423 Seewen-Schwyz (Suisse)
 Krebs Swiss, Zurich (Suisse), <http://www.krebs-swiss.com>
 Kühni, Allschwill (Suisse), <http://www.kuhni.com>
Cette liste n'est pas exhaustive.

POUR EN SAVOIR PLUS

<http://www.ademe.fr/htdocs/publications/publipdf/pervaporation.htm>
http://www.emse.fr/~brodhag/TRAITEME/fich13_5.htm
<http://www.processs.com/mementos/m3130.htm>
<http://www.trs-online.com/trs-online/techniqu/tra8/ap12.htm>

FICHES TECHNIQUES

Pervap SMS, <http://www.technologies-propres.com/modules/BaseDonnees/DetailsFichesTechniques.asp?Id=25>

ELECTRODIALYSE

Le procédé d'électrodialyse permet, sous l'action d'un champ électrique continu, d'extraire par migration au travers de membranes échangeuses d'ions, les espèces ionisées contenues dans une solution aqueuse.

■ ■ ■ PRINCIPE

Membranes utilisées : membranes échangeuses d'ions

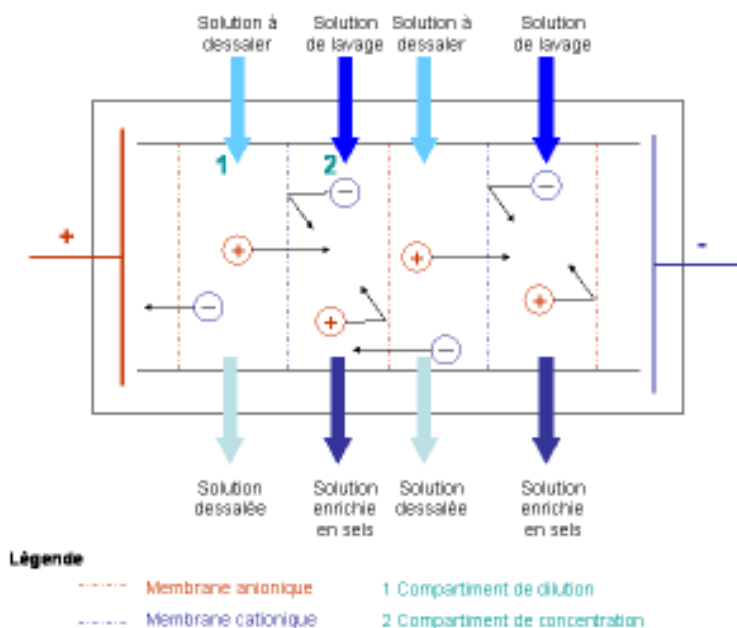
Principe de séparation : transfert d'ions

Forces de transfert : gradient de potentiel électrique

Le terme dialyse désigne la diffusion d'un soluté à travers une membrane qui lui est perméable ; l'électrodialyse désigne le transfert d'ions à travers une membrane qui leur est perméable, sous l'effet d'un champ électrique.

De mobilité différente selon leur taille, leur concentration, leur charge, leur encombrement et selon la température de l'eau, les ions ne migrent pas de la même façon à travers les membranes. Les nitrates, chlorures et ions monovalents sont très bien éliminés alors que les sulfates passent difficilement.

Principe de fonctionnement de l'électrodialyse



■ ■ ■ LES ELECTRODIALYSEURS

Les électrodialyseurs sont constitués d'un empilement de type filtre-presse de membranes alternativement anioniques et cationiques.

Ils contiennent un grand nombre de compartiments alimentés en série du point de vue électrique, et en série ou en parallèle du point de vue hydraulique. Un compartiment sur deux est en dilution, un sur deux en concentration. Aux deux extrémités de l'appareil, se trouvent les électrodes, qui permettent le passage du courant électrique.

■ ■ ■ AVANTAGES / INCONVENIENTS

L'électrodialyse est économe en énergie, et permet une économie d'apport de matière, tout en limitant les rejets d'effluents. En effet, les bains de traitement ne sont plus purgés, ce qui permet d'économiser la quantité de produits entrant dans les bains.

Le rendement total de l'électrodialyse peut être abaissé par des fuites électriques se produisant au niveau de l'empilement des membranes ou des rampes d'alimentation des solutions.

Au cours d'un transfert ionique prolongé au travers des membranes échangeuses d'ions, des phénomènes abaissant les performances de l'électrodialyse peuvent se produire (baisse du rendement, accroissement de la résistance électrique) et provoquer une altération irréversible des membranes.

Ces phénomènes sont désignés sous le vocable général de colmatage, et peuvent être résolus par : le traitement des membranes par des cycles de lavages

appropriés, l'inversion périodique du courant électrique qui peut être accompagné d'une inversion hydraulique, ou l'utilisation des membranes spéciales (membranes anti-fouling).

■ ■ ■ APPLICATIONS

- ↻ Dessalement des eaux saumâtres
- ↻ Déminéralisation du lactosérum
- ↻ Concentration ionique de solutions ionisés
- ↻ Elimination des nitrates en fabrication d'eau potable
- ↻ Purification des eaux non douces
- ↻ Elimination d'ions en trop forte concentration en traitement d'eau potable
- ↻ Production ou régénération d'acide et de base à partir d'un sel
- ↻ Production de chlore, d'hydroxyde de soude et d'autres chloro-alcalins
- ↻ Dessalement des eaux usées en vue de leur réutilisation
- ↻ Dessalement de l'eau de refroidissement circulante, en vue de sa réutilisation
- ↻ Dessalement dans le rôle d'un traitement pour les effluents d'électrodéposition
- ↻ Dessalement dans le rôle de prétraitement dans les eaux de chaudières
- ↻ Régénération des bains de dégraissage
- ↻ Régénération de bains usés de décapage des aciers inoxydables
- ↻ Régénération de solutions d'acide fluorosilicique en acide fluorhydrique
- ↻ Régénération d'échangeurs d'ions
- ↻ Recyclage des eaux usées industrielles
- ↻ Recyclage de l'eau de rinçage

- ↻ Recyclage des bains d'électrolyte (cuivre, nickel, argent) de traitement de surfaces
- ↻ Récupération des sels métalliques en traitement de surface
- ↻ Traitement des flux d'effluents d'acides aminés
- ↻ Traitement d'effluents (eau de rinçage) en galvanoplastie, afin d'enrichir, en les concentrant, les bains de dépôts et les recycler
- ↻ Récupération des ions métalliques présents dans les eaux de rinçages des industries de galvanoplastie

■ ■ ■ LES DIFFERENTS TYPES D'ELECTRODIALYSE

En plus de l'électrodialyse dite conventionnelle décrite ci-dessus, il existe deux autres types d'électrodialyse:

↻ **l'électrodialyse à membranes bipolaires** : les membranes bipolaires sont constituées d'une face perméable aux anions et d'une face perméable aux cations. Sous l'effet d'un champ électrique, l'eau présente au cœur de la membrane est dissociée en ions H^+ et OH^- générés respectivement par les faces cationiques et anioniques. On peut ainsi dissocier un sel en l'acide et la base correspondante.

↻ **l'électrolyse à membranes** : technique électromembranaire dans laquelle on couple les effets d'une électrodialyse à ceux d'une électrolyse.

LES FABRICANTS

Eurodia Industrie, Wissous (91), <http://www.eurodia.com>
 EIVS, 11 Chemin de Ronde BP 36, 78110 Le Vésinet
 Nicou Environnement, 61 rue du Général Leclerc, 91420 Morangis
 Christ SA, Aesch (Suisse), <http://www.christ.ch>
Cette liste n'est pas exhaustive.

POUR EN SAVOIR PLUS

<http://www.processs.com/mementos/m3150.htm>
<http://www.processs.com/mementos/m3160.htm>
<http://www.cfm-membrane.com/techniques/techem.htm>
<http://www.tris-online.com/tris-online/technique/tra8/ap15.htm>
<http://www.tris-online.com/tris-online/realisatio/edf9/51.htm>
http://www.emse.fr/~brodhag/TRAITEME/fich9_2.htm
<http://www.pca-gmbh.com/appli/ed.htm>
<http://www.mines.edu/academic/envsci/courses/esgn603/ED-Intro.pdf>

ELECTROLYSE

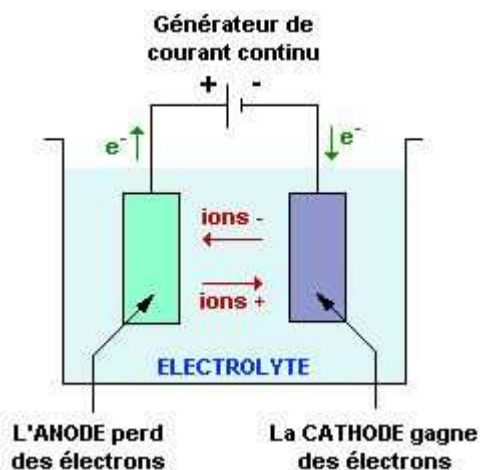
■ ■ ■ PRINCIPE

L'électrolyse est la décomposition par le passage d'un courant électrique, d'un corps ionisé (en général dissous dans l'eau) dénommé électrolyte, les particules chargées, les ions sont attirés vers l'électrode de signe contraire à leur charge, les anions vers l'anode et les cations vers la cathode.

Lors de l'électrolyse :

- l'anode est le siège d'une réaction d'oxydation avec émission d'électrons
- la cathode est le siège d'une réaction de réduction avec captures d'électrons

Principe de l'électrolyse



L'état chimique de l'espèce à électrolyser est fondamental puisque celle-ci doit nécessairement être électroactive dans le milieu considéré.

■ ■ ■ LES ELECTROLYSEURS

L'électrolyseur peut prendre des formes très variées, selon le but recherché et selon le type d'électrolyte.

Quatre grands critères sont généralement retenus pour classer les électrolyseurs :

- ↳ la circulation de l'électrolyte : le dispositif peut être à cuve fermée ou à circulation continu

- ↳ le cycle fonctionnel : l'appareil peut avoir un fonctionnement discontinu ou continu

- ↳ le mélange de l'électrolyte : le mélange est homogène dans l'électrolyseur agité, il progresse par tranches parallèles et indépendantes dans l'appareil à écoulement piston

- ↳ le paramètre électrochimique : l'électrolyseur peut fonctionner à intensité globale constante ou à potentiel d'électrode constant ; dans ce dernier cas, l'intensité diminue au fur et à mesure que l'électrolyte s'appauvrit en réactif

Plusieurs types d'électrolyseurs sont disponibles : électrolyseurs à électrodes planes horizontales, électrolyseurs à électrodes planes verticales et électrolyseurs à électrode volumique.

■ ■ ■ AVANTAGES

Bien que l'énergie effectivement mise en jeu est toujours supérieure à celle que donne le simple calcul thermodynamique, l'électrolyse reste dans le domaine du traitement de la pollution une technique de choix puisque :

- ↳ elle utilise un réactif propre l'électricité
- ↳ ce réactif est disponible (stockage gratuit)
- ↳ ce réactif est pilotable, flexible, adaptable
- ↳ ce réactif est peu onéreux (en comparaison des taxes par kg de produit polluant)

L'installation d'un électrolyseur permet de faire des économies :

- ↳ sur la consommation d'eau
- ↳ sur l'achats de produits chimiques nécessaires à la précipitation dans la station
- ↳ sur le prix du transport et la mise en décharge des boues
- ↳ sur les taxes qui ne sont plus à payer car les rejets sont à la norme
- ↳ et le métal piégé peut être réutilisé, donné ou revendu

■ ■ ■ APPLICATIONS

- ↻ Recyclage de bains contenant des métaux ou des sels métalliques
- ↻ Récupération des métaux dans les eaux de rinçage
- ↻ Régénération du chrome III en chrome IV en continu dans un bain sulfochromique d'attaque de matières plastiques
- ↻ Traitement d'une solution contenant un métal complexé par du cyanure
- ↻ Traitement des boues
- ↻ Traitement des effluents chargés en métaux

Cuve d'électrolyse récupérant sur ses plaques supports le cuivre des eaux de rinçage

Source : *Les applications innovantes de l'électricité dans l'industrie* - EDF



LES FABRICANTS

Saint-Gobain - Seva, Chalon/Saône, 71, <http://www.saint-gobain-seva.com>
 Perrier Equipement (cellule RETEC), BP 43, 42161 Andrézieux-Bouthéon
 Tribotechnic (électrolyseur TURBOCELL), 4 rue Valiton, 92110 Clichy
 Société Martineau (réacteur de type E3P), 57 rte d'Espagne, 31120 Portet sur Garonne
 Société Champoiseau (procédé PRIAM développé par EDF), 94 bd Maréchal Foch, RN14, 95210 Saint Gratien
 Adimas (Electropur), Plaisir (78), <http://www.adimas.com>
 Christ (Christ ELX), Aesch (Suisse), <http://www.christ.ch>
 STAS Industries (E3P), 15 rue J. Cugnot, 31600 Muret
 Pofimar (chemelec), 256 rue Marguerite de Flandres, 59500 Douai
 Corelec, Villeurbanne (69), <http://www.corelec.fr>
 Nicou Environnement, 61 rue du Général Leclerc, 91420 Morangis
 Hytec Industrie, Saint Ouen L'Aumone (95), <http://www.hytec-industrie.com>
 L'Electrolyse, ZI de Maucoulet, 33360 Latresne
Cette liste n'est pas exhaustive.

POUR EN SAVOIR PLUS

<http://www.cybel.fr/html/Communaute/materiaux/Glossaire/electrolyse.htm>
<http://www.trs-online.com/trs-online/realisatio/edf9/10.htm>
http://www.emse.fr/~brodhag/TRAITEME/fich9_4.htm

FICHES TECHNIQUES

MECER, <http://technologies-propres.com/modules/BaseDonnees/DetailsFichesTechniques.asp?Id=93>

PROCÉDÉ PRIAM

Le procédé PRIAM (Procédé de Récupération Industriel Adapté aux Métaux), mis au point par EDF, est utilisé pour la récupération des métaux.

Ce système permet de décharger un jeu de cathodes pendant que l'autre se charge, avec une manipulation simple, rapide, sans risque d'erreur.

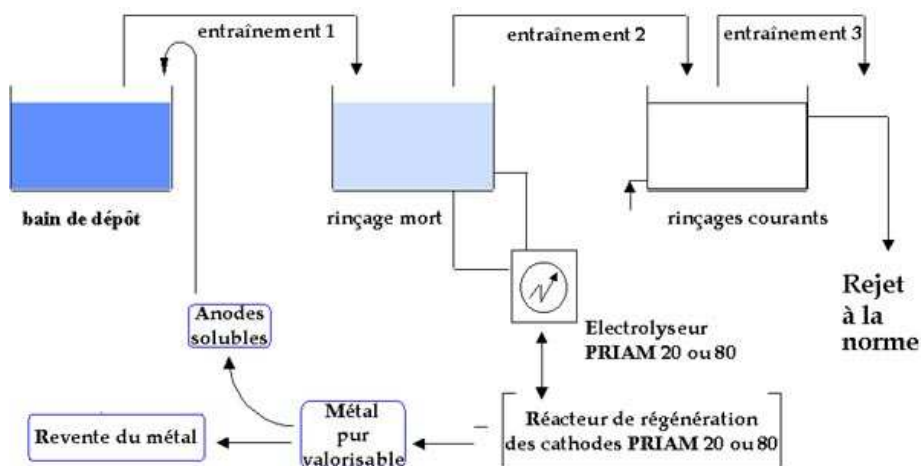
■ ■ ■ PRINCIPE

Le procédé PRIAM fonctionne sur le principe de l'électrodéposition : sous l'effet d'un champ électrique et des phénomènes de transport qui en résultent (migration, convection, diffusion), les ions métalliques viennent se fixer sur la cathode de l'électrolyseur. Les cathodes chargées de métal sont régénérées dans un appareil permettant le dépôt sur une plaque par électrolyse.

L'électrolyseur PRIAM est placé dans le circuit du rinçage « mort », et va augmenter sa longévité de manière conséquente. L'efficacité du rinçage traité est également plus élevée et la pollution créée par l'entraînement de bain pollué via les pièces rinçées est plus faible d'où diminution de la teneur en métaux lourds en sortie d'usine. De plus, une économie d'eau conséquente peut être ainsi réalisée. Toutefois, les composés non électro-actifs ne seront pas éliminés et, par conséquent, il n'est pas possible de recycler à l'infini le rinçage épuré.

Le procédé PRIAM pour la récupération des métaux

Source : *Le traitement des effluents industriels* - EDF

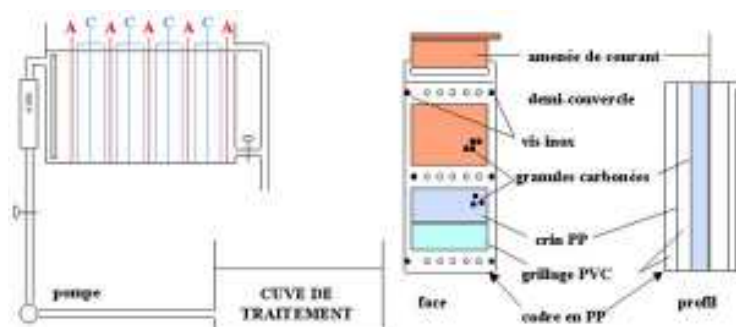


■ ■ ■ ELECTROLYSEURS PRIAM

Dans la cuve d'un appareil PRIAM sont insérés alternativement des anodes en titane recouvert d'oxydes métalliques (électrodes résistant à un dégagement d'oxygène) et des cathodes volumiques.

Vue éclatée d'un électrolyseur PRIAM Schéma de l'électrode volumique

Source : *Le traitement des effluents industriels* - EDF



■ ■ ■ AVANTAGES

- ↳ Bonne sélectivité
- ↳ Technologie éprouvée
- ↳ Gros débits
- ↳ Traitement quantitatif
- ↳ Simplification de la technologie, facilité d'utilisation, et mise en œuvre aisée
- ↳ Encombrement réduit du matériel
- ↳ Faible coût de fonctionnement
- ↳ Traitement de la pollution à la source
- ↳ La réalisation de l'installation se fait en fonction du flux de métal à traiter
- ↳ Non production de boues pour la chaîne traitée
- ↳ Pas de transport et de mise en décharge des boues
- ↳ Soulagement de la station d'épuration, qu'elle soit physico-chimique ou sur résines
- ↳ Diminution de la consommation des produits (acides, bases et javel) nécessaires au fonctionnement de la station d'épuration
- ↳ Pas de pollution des chaînes en aval
- ↳ Facilité de conduite des chaînes en aval
- ↳ Amélioration de la qualité des produits finis
- ↳ Amélioration du traitement physico-chimique des effluents des autres chaînes

- ↳ Amélioration de la fonction de rinçage du fait d'une concentration métallique plus faible et constante
- ↳ Rinçages courants à la norme
- ↳ Possibilité d'en diminuer le nombre ou le débit d'eau
- ↳ Dans le cas d'effluent cyanuré, destruction d'une partie des cyanures
- ↳ Concentration des métaux en sortie usine conforme aux normes de rejet
- ↳ Récupération d'un métal valorisable (argent, or, palladium, cuivre, plomb, nickel, zinc)
- ↳ Revente du métal électro-déposé
- ↳ Possibilité de régénération des cathodes

■ ■ ■ APPLICATIONS

Le procédé est adapté à la résolution du traitement des effluents issus des industries du traitement de surface et chimique.

Métaux pouvant être récupérés : cuivre, zinc, cadmium, or, palladium, platine, nickel, argent, plomb, étain.

LES DISTRIBUTEURS

Entreprises ayant une licence EDF :
Champoiseau, 94 Boulevard Marechal Foch R N 14, 95210 Saint Gratien
Socem - Elec, Richarville (91), <http://www.socem-elec.fr>

POUR EN SAVOIR PLUS

<http://www.trs-online.com/trs-online/realisatio/edf9/18.htm>

COMPRESSION MÉCANIQUE DE VAPEUR

La compression mécanique de vapeur (CMV) est utilisée dans les cas de concentration par évaporation ou séchage. On parle de système d'évaporation par compression mécanique de vapeur.

■ ■ ■ PRINCIPE

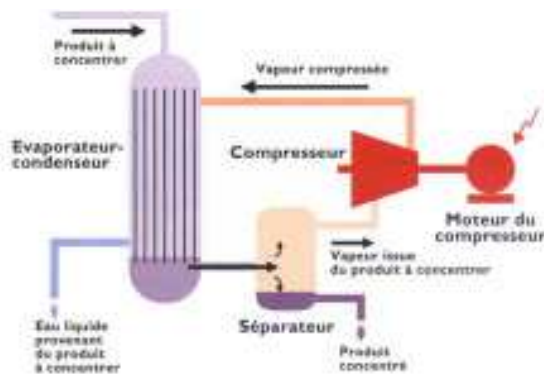
La vapeur créée par l'évaporation d'un produit dans un procédé industriel est comprimée mécaniquement par un compresseur, ce qui accroît sa température de condensation.

Puis introduite dans un échangeur de chaleur, la vapeur se condense, et sa chaleur latente est utilisée pour chauffer et faire évaporer ce produit ou un produit voisin.

Cette technique permet de récupérer la quasi-totalité de l'énergie contenue dans la vapeur, puisque la chaleur latente contenue dans la vapeur est réinjectée dans l'évaporateur.

Principe de la CMV

Source : *Applications innovantes de l'électricité dans l'industrie* - EDF-Novelect



Les performances sont d'autant plus élevées que l'écart entre la température d'évaporation et celle de condensation (ou le taux de compression) est faible. Dans le cas de concentration de liquide il n'est pas rare d'obtenir des consommations électriques de l'ordre de 10 à 20 kWh par tonne d'eau évaporée.

■ ■ ■ AVANTAGES

La compression mécanique de vapeur permet d'économiser de l'énergie.

Dans les évaporateurs classiques, la solution est vaporisée avec de la vapeur issue d'une chaudière, ce qui coûte cher en énergie. Avec la CMV, l'énergie des buées est récupérée. La consommation électrique peut être divisée par 10 voire par 50 dans certains cas.

Par ailleurs les pertes calorifiques entraînées par la condensation des buées, comme c'est le cas pour l'évaporation à effets multiples, sont supprimées.

La CMV récupère la chaleur d'évaporation: l'eau évaporée se retrouve sous forme liquide, et non en vapeur perdue à l'atmosphère.

Cette eau peut être utilisée dans l'usine, en lieu et place d'eau chaude produite à partir de la chaufferie existante, pour des lavages divers (cuves, camions) et les matériels de process.

■ ■ ■ APPLICATIONS

- ↳ Traitement d'effluents liquides :
 - Industries agroalimentaires : concentration d'effluents sucrés, d'eaux gélatineuses ou d'eaux de pressage
 - Imprimerie, papeterie : concentration de liqueurs noires, d'acides résiduels
 - Métaux : concentration d'effluents liquides
 - Textile : concentration d'effluents de lavage de laine
 - Chimie : concentration d'effluents salins, d'acides résiduels
- ↳ Récupération de l'énergie des rejets liquides ou gazeux
- ↳ Concentration de produits agroalimentaires à basse température (moût de raisin, tomates...)
- ↳ Concentration et cristallisation par évaporation, distillation
- ↳ Dessalement d'eau de mer.

LES FABRICANTS

Evatex, Gondcourt (59), <http://www.evatex.com>
France Evaporation, Lille (59), <http://www.evaporation.fr>
KMU France, Strasbourg (67), <http://www.kmu.com>
Hytec Industrie, Saint Ouen L'Aumone (95), <http://www.hytec-industrie.com>
Afig Foessel, Huningue (68), <http://www.afigfoessel.fr>
Favier SA, Lomme (59), <http://www.favieretrem.fr>
MKR France Beynost (01), <http://www.mkr-metzger.de>
Weir Envirotech, Bron (69), www.weir-envirotech.fr
Roux SA, Zone Industrielle, 58640 Varennes Vauzelles
Cette liste n'est pas exhaustive.

POUR EN SAVOIR PLUS

<http://www.che.utexas.edu/cache/trc/evaporator.pdf>
http://www.emse.fr/~brodhag/TRAITEME/fich13_3.htm

FICHES TECHNIQUES

Vacudest, <http://www.technologies-propres.com/modules/BaseDonnees/DetailsFichesTechniques.asp?Id=187>

La technique laser s'est largement développée dans l'industrie. Trois types de lasers sont disponibles : le laser à gaz CO₂, le laser à solide YAG, et le laser excimère.

■ ■ ■ TRAITEMENT DE SURFACE PAR LASER

Le traitement de surface par laser (revêtement de surface, préparation de surface, nettoyage, dégraissage) est une **technologie de substitution** permettant d'économiser l'eau et de réduire le volume d'effluents polluants.

Les procédés classiques de nettoyage, de décapage ou de préparation de surface (trempe, martelage, galvanisation, anodisation, dépôt plasma, CVD, PVD...), nécessitent souvent l'emploi de matières agressives (solvants, abrasifs) nocives pour le matériau et pour l'environnement en général, avec notamment l'introduction de produits très toxiques et de métaux lourds dans l'eau. Le laser, en se substituant aux bains de traitement, permet de pallier les

problèmes d'agressivité et de pollution, et donne une plus grande précision dans les différents domaines d'applications liés aux préparations de surface.

Le nettoyage par laser est un procédé sans contact qui permet un nettoyage non agressif en utilisant des impulsions lumineuses (pas d'abrasif, de sable, de produits chimique, d'eau).

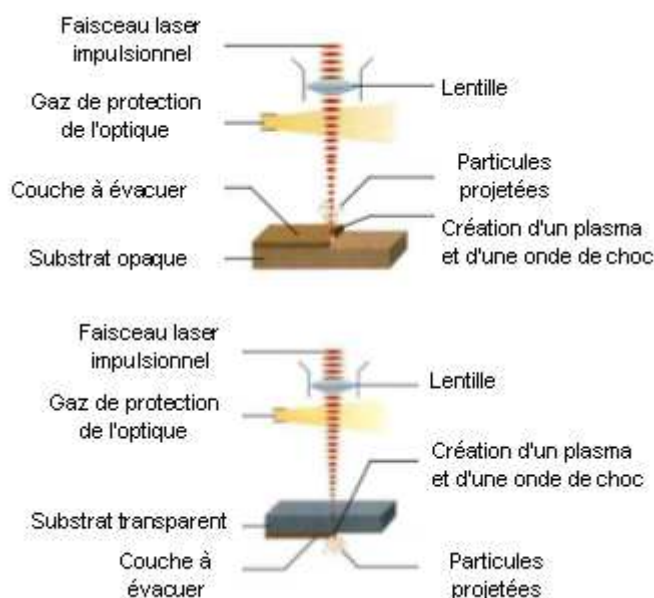
Il permet d'éliminer toutes sortes d'oxydes, de salissures, de peintures, de graisses et de revêtements divers, sur des épaisseurs de quelques microns à plusieurs dixièmes de millimètre, sur des substrats aussi différents que les métaux, pierres, bois, textiles, verres...

Il s'agit d'une technologie propre car les résidus de nettoyage ne subissent aucune dégradation chimique, représentent un faible volume de déchets, et peuvent facilement être captés par un système d'aspiration approprié.

Ce procédé permet d'éliminer totalement ou de façon sélective les pollutions (graisse, oxydes, résidus d'attaque) sans altérer le substrat, en concentrant sur la pièce à traiter un faisceau laser pulsé. Il est basé sur l'effet photomécanique de l'onde de choc interne (pression de quelques milliers de bars) lié au plasma créé au voisinage de la surface à nettoyer. La couche superficielle de polluant est fragmentée en fines particules sous forme de poussière ou de brouillard sans aucune altération de la surface.

Le nettoyage par laser

Source : *Les applications innovantes dans l'industrie* - EDF-Novelect



■ ■ ■ AVANTAGES

Les traitements par laser sont respectueux de l'environnement :

- ils ne nécessitent pas de solvants, d'abrasifs, d'apports de matière
- ils ne produisent pas d'effluents pollués et de vapeurs dangereuses
- ils produisent un minimum de déchets (les produits éjectés sont facilement récupérables)

Les avantages des traitements employant le faisceau laser de haute énergie par rapport aux autres procédés de traitement de surface sont :

- ☞ une vitesse de refroidissement élevée, générant des microstructures très fine et éventuellement la création de nouvelles phases
- ☞ une liaison métallurgique parfaite entre la couche superficielle et le substrat, excluant les risques de délamination
- ☞ des traitements localisés à haute énergie, n'induisant que de faibles déformations
- ☞ une possibilité de réaliser les traitements à la pression atmosphérique
- ☞ une gestion du procédé aisée (puissance, focalisation, balayage) et grande flexibilité de mouvements permettant une bonne automatisation
- ☞ une excellente qualité de traitement nécessitant peu ou pas de reprise d'usinage

■ ■ ■ APPLICATIONS

- ☞ Dépôt de chrome et de cuivre
- ☞ Revêtement de surfaces par prédéposition, par insufflation de poudre

- ☞ Nettoyage dans le domaine du décapage des peintures dans l'aéronautique, l'automobile, la micro-électronique
- ☞ Nettoyage - dégraissage de tubes de grande longueur
- ☞ Nettoyage de moule d'injection, de verrerie ou d'élastomère
- ☞ Nettoyage des supports, des outillages, des chambres dans les installations de métallisation
- ☞ Nettoyage de composants électriques sous tension
- ☞ Préparation de surface avant encollage, vernissage, peinture...

La technique de nettoyage et préparation de surface au laser est intéressante pour de nombreux domaines comme la démétallisation, la désoxydation, le dégraissage, l'enlèvement de peinture ou vernis, le nettoyage de moule, la préparation de surface avant vernissage, peinture pour des métaux ou des polymères...

Elle est particulièrement adaptée pour le traitement en continu, sur les lignes de production.

LES FABRICANTS

UV Lase, Saint Laurent sur Gorre (87), <http://perso.wanadoo.fr/uv-lase>
 Laserblast, Les Ulis (91), <http://www.quantel.fr>
 Si3d, Chaponost (69), <http://www.si3d-nettoyage-technique.com>
Cette liste n'est pas exhaustive.

POUR EN SAVOIR PLUS

<http://www.laser-creusot.com/pages/traitement.htm>
<http://www.irepa-laser.com/francais/menuhaut.html>

FICHES TECHNIQUES

Lasers Nd: YAG,
<http://www.technologies-propres.com/modules/BaseDonnees/DetailsFichesTechniques.asp?Id=31>
 Nettoyage par laser excimère,
<http://www.technologies-propres.com/modules/BaseDonnees/DetailsFichesTechniques.asp?Id=127>
 ONET EXI 3.0,
<http://www.technologies-propres.com/modules/BaseDonnees/DetailsFichesTechniques.asp?Id=251>

Les eaux usées sont de plus en plus souvent réutilisées dans le process : recyclage en circuit fermé des eaux de process, réutilisation de l'eau dans les circuits de chauffage ou de refroidissement, réutilisation d'une eau de nettoyage dans une unité ne nécessitant pas une eau de qualité supérieure...

Par exemple, dans l'agroalimentaire, trois bains successifs sont nécessaires pour rincer des légumes. Une fois sale, l'eau du dernier bain peut passer dans le bain du milieu, qui pourra à son tour être réutilisé pour le premier rinçage, plus grossier.

En traitement de surface, le système de recyclage interne est placé directement en parallèle sur la ligne. Il récupère l'eau de rinçage, la traite et retourne la partie concentrée vers le bain et la partie diluée vers la fonction de rinçage.

Le principe «rejet zéro» est le recyclage de toutes les eaux usées industrielles. Cela signifie que les eaux usées sont traitées et utilisées de nouveau dans les processus. Grâce à la réutilisation de l'eau, les eaux usées ne seront pas rejetées dans les égouts ou dans la nature.

Pour atteindre le rejet zéro, on peut jouer sur :

- ↳ l'optimisation du fonctionnement du procédé de dépollution
- ↳ la séparation des flux de pollution (destruction, recyclage, nouvelle utilisation)
- ↳ connaître la qualité et la quantité d'eau nécessaire au procédé optimisation de l'outil de production

Le rejet zéro correspond à une association de procédés : rinçages cascade, régénération baigns concentrés, recyclage rinçages, séparation membranaire, évaporateur.

■ ■ ■ LES TECHNOLOGIES

L'éventail des techniques de valorisation et de recyclage actuellement disponibles dans

le domaine du traitement des effluents liquides est relativement large. Ces technologies englobent des procédés physico-chimiques classiques et d'autres de développement plus récent.

Toute solution aqueuse étant composée d'un solvant et d'un ou plusieurs solutés, ces techniques de valorisation/recyclage peuvent être classées comme suit :

- ↳ d'une part, celles basées sur l'extraction du solvant (évaporation, osmose inverse, nanofiltration, ultrafiltration et microfiltration)
- ↳ d'autre part, celles basées sur l'extraction du soluté (électrolyse, électrodialyse, électrolyse à membrane et échange ionique)

A chacune de ces techniques correspond un créneau d'utilisation, une catégorie d'effluents à traiter et un niveau de concentration en soluté bien spécifiques. Dans l'industrie du papier, l'eau peut être recyclée au moyen de filtration par membranes et bio réacteur à membranes.

Pour le recyclage de l'eau dans l'industrie du textile, la filtration sur membrane est une option préférable aux autres techniques de traitements des eaux usées.

Dans l'industrie agro-alimentaire, le recyclage de l'eau se fait grâce à la désinfection UV et la filtration sur membranes.

Les techniques de recyclage :

↳ **Les résines échangeuses d'ions** : l'échange ionique permet de déminéraliser l'eau, de prolonger la vie des baigns en éliminant des éléments polluants ou de réaliser un traitement final de l'eau avant rejet.

La technologie des résines échangeuses d'ions permet de recycler les eaux de rinçage peu concentrées ou d'éliminer un polluant bien identifié tel que le fer dans un bain de décapage sulfurique.

↳ **L'évaporation** : l'évaporation est la technologie propre rebaptisée «zéro rejet liquide». Elle permet de récupérer le polluant et de supprimer tout rejet liquide.

Le recyclage des bains de cuivre, de laiton, de chromage ou de zingage peut être réalisé par évaporation sous vide à la température la plus proche possible de celle du bain de production pour ne pas dégrader les composés organiques thermosensibles.

↳ **L'osmose inverse**

↳ **La nanofiltration** (voir fiche page 4)

↳ **L'ultrafiltration** (voir fiche page 2)

↳ **La microfiltration** : la microfiltration est utilisée pour arrêter les matières en suspension. Elle permet de concentrer des métaux lourds après insolubilisation. La microfiltration est un bon moyen de retirer les hydrocarbures des bains de dégraissage, mais elle nécessite un flux régulier en terme qualitatif.

↳ **L'électrolyse** (voir fiche page 10) : L'électrolyse est surtout utilisée pour le traitement des bains de rinçage contenant des résidus de métaux.

■ ■ ■ AVANTAGES / INCONVENIENTS

Le recyclage des eaux usées permet :

- ↳ d'économiser les ressources naturelles en amont du procédé,
- ↳ de diminuer les rejets en aval,
- ↳ la production d'une eau de composition connue et constante.

Mais la mise en œuvre d'un dispositif rejet zéro engendre :

- ↳ un investissement coûteux (les installations comprennent à la fois des postes de traitements physico-chimiques et des unités de pré-concentration et concentration),
- ↳ des coûts d'exploitation plus élevés : aux coûts de réactifs habituels, viennent s'ajouter les coûts énergétiques et les coûts de sous-traitance.

Par ailleurs, un réseau secondaire est nécessaire pour garantir l'alimentation en eau en cas de panne.

LES FABRICANTS

Proserpol, Saint Quentin en Yvelines (78), <http://www.proserpol.com>
 Hytec Industrie, Saint Ouen L'Aumone (95), <http://www.hytec-industrie.com>
 Société Matériel Perrier, ZI Sud – Avenue La Beaunier BP 43, 42161 Andrézieux Bouthéon Cedex
 Degremont, Rueil Malmaison (92), <http://www.degremont.com>
Cette liste n'est pas exhaustive.

La mise en place de «bonnes pratiques» permet d'économiser de l'eau et de mieux gérer son utilisation, sans faire des investissements coûteux.

Exemples de bonnes pratiques :

↳ Sensibilisation et formation du personnel sur la bonne gestion de l'eau.

Exemples :

-Les suivis journaliers de consommation d'eau et de produits sont détaillés et affichés dans chaque atelier. Le personnel sera sensibilisé et adoptera plus facilement des gestes plus économes.

-Pour la réduction de la consommation d'eau à la source, on peut dire aux salariés que ce sont eux, par leur expérience, qui peuvent trouver les moyens de baisser cette consommation.

-Sensibilisation et information du personnel pour le nettoyage (optimisation des débits de rinçage courants...).

↳ Mise en place de vannes et de compteurs à chaque machine pour inciter les travailleurs à utiliser moins d'eau.

↳ Fermeture systématique des robinets après utilisation, système de fermeture automatique des robinets.

↳ Réduction de la consommation à la source: signalement des fuites, des flux anormaux, limitation de la consommation lors du nettoyage des sols au jet par exemple, diminution de la quantité d'eaux de purge (automatisation du système...).

↳ Réalisation du diagramme du réseau d'eau, et connaissance des consommations faites à chaque étape du process (suivi et analyse de la consommation d'eau). Mise en place d'indicateurs.

↳ Selon le besoin des différentes étapes du process, la qualité de l'eau à utiliser varie. Chaque poste est approvisionné en une eau dont les propriétés correspondent à ses exigences propres.

↳ Raclage des sols avant lavage.

↳ Modifications des lavages, des volumes d'eau par équipement et par usage, de la gestion des détergents à partir des machines existantes ou en les modifiant.

↳ L'eau est recyclée et utilisée pour le nettoyage des «bidons», des camions, des sols...

■ ■ ■ INDUSTRIES AGROALIMENTAIRES

↳ Un nettoyage à moyenne pression, plutôt que basse et haute pression, fait économiser des eaux de lavage.

↳ La continuité des procédés, la rationalisation des productions, permet d'éviter les lavages intermédiaires entre chaque production.

↳ Un prénettoyage à sec permet de diminuer le risque de dilacération et de solubilisation des produits, ce qui diminue la charge polluante à traiter et limite le risque de bouchage du réseau.

↳ L'eau qui rentre dans la composition finale du produit est incorporée en fin de process pour profiter de l'effet de pousse vis-à-vis des ingrédients.

↳ Un refroidissement en circuit fermé avec un groupe froid diminue la consommation d'eau.

↳ Mise en place de filtres mécaniques (dégrilleurs, déshuileurs) au niveau des points d'écoulement d'eaux usées, pluviales, ou de vannes.

↳ Etude des revêtements et des pentes pour permettre un nettoyage facile. Les revêtements sont lisses et facilement nettoyable (carrelage, inox), et les pentes suffisantes pour permettre un écoulement correct de l'eau.

■ ■ ■ TRAITEMENT DE SURFACE

↳ Mise en place de moyens de contrôle et de régulation automatiques (débitmètres, électrovannes, pompes doseuses, détecteurs de fuites, température, pH...).

↳ Optimisation du temps d'égouttage des pièces au sortir d'un bain.

↳ Optimisation des bains de rinçage

↳ Certains bains de rinçage reçoivent des pièces provenant de différents traitements, ce qui permet un gain de place et une économie importante d'eau.

↳ Certaines eaux de rinçage sont réutilisées pour compenser l'évaporation de bains de traitement.

↳ Un bain de rinçage mort sert à alimenter le bain de décapage (permet une réduction de la consommation d'eau).

↳ Couverture des bains lorsqu'ils ne sont pas utilisés.

↳ Utilisation d'un jet sous haute pression pour le nettoyage du matériel et du sol.

↳ Recyclage des eaux de rinçage et des bains de traitement.

↳ Les eaux de refroidissement sont utilisées en circuit fermé ou sont réutilisées en rinçage.

↳ Les bains contiennent des tensioactifs, afin de limiter les pertes d'eau et de produits du bain par évaporation.

↳ Présence d'agents mouillants (siloxane par exemple) dans les bains, quand cela est possible (permet de diminuer le volume d'entraînement des pièces et des économies d'eau et de produits chimiques).

↳ Des boules plastiques flottantes sont ajoutées dans les bains (pour limiter l'évaporation).

↳ Rinçage en cascade à la place d'un rinçage en continu.

↳ Régénération des bains (filtre Oberlin, ultrafiltration...).

Pour toute information

ARIST / CRCI BOURGOGNE

BP 87009
Place des Nations Unies
21070 Dijon cedex

Laurence DALANZY
Tel : 03 80 60 40 17
l.dalanzy@bourgogne.cci.fr