



Fiches techniques

Filières de traitement adaptées à la réutilisation des eaux issues du lait

Filières de traitement des effluents

Juin 2018

Brice Bourbon
ACTALIA
b.bourbon@actalia.eu / 05 46 27 69 82

Les informations contenues dans cette publication ont été obtenues dans le cadre d'un Projet de recherche initié par le CNIEL, mené conjointement avec ACTALIA, grâce au soutien financier du CNIEL et des Agence de l'eau Seine Normandie et Loire Bretagne.



Préambule

Ce recueil de fiches techniques se décompose en deux parties. La première partie du document contient des fiches consacrées à la présentation des technologies de traitement adaptées à la réutilisation des eaux issues du lait. La seconde partie contient, quant à elle, des fiches présentant des filières de traitement des effluents laitiers.



Remerciements

Le CNIEL, les agences de l'eau Loire-Bretagne et Seine-Normandie et ACTALIA souhaitent remercier les équipementiers suivants qui ont apporté leur expertise concernant les traitements applicables aux eaux issues du lait en vue de leur réutilisation sur site :

- BWT (contact : Mickaël Tournaux - Ingénieur Grands Comptes Agroalimentaire)
- NALCO WATER (contact : Patrice Hervé - Ingénieur Développement Industriel)
- UV RER - ANEMO (contact : Kamal Rekab - Responsable R&D)
- CIFEC (contact : David Mariet - Ingénieur Technico-Commercial)
- IMECA PROCESS (contact : Gauthier Poudevigne - Directeur d'IMECA Process)

Les quatre structures remercient également Michel Torrijos de l'INRA de Narbonne et les ATELIERS D'OCCITANIE (contact : Thomas Briera - Responsable Activités Eau) pour leur expertise sur les filières de traitement des effluents.

Glossaire

Ce glossaire a pour objectif de définir certaines expressions utilisées dans ce recueil et de fournir des explications concernant certains processus cités.

Charge massique : masse de DBO₅ arrivant dans un bassin de traitement ramenée à la masse de boues biologiques présentes (en kgDBO₅.kgMVS⁻¹)

Charge volumique : masse de DBO₅ arrivant dans un bassin de traitement ramenée au volume de ce dernier (en kgDBO₅.m⁻³)

Les notions de forte charge, moyenne charge et faible charge répondent aux critères cités dans le tableau ci-dessous :

	Charge massique (C _m) kgDBO ₅ .kgMVS ⁻¹	Charge volumique (C _v) kgDBO ₅ /m ³
Forte charge	> 0,5	> 1,5
Moyenne charge	0,2 à 0,5	0,6 à 1,5
Faible charge	0,1 à 0,2	0,35 à 0,6
Aération prolongée	< 0,1	< 0,35

Filière : suite de procédés de traitement. L'expression *filière de traitement* peut également être utilisée

Matières volatiles en suspension (MVS) : paramètre désignant les bactéries responsables de l'épuration

Nitrification-dénitrification : processus durant lequel l'ammonium contenu dans les effluents est transformé en nitrates (nitrification) puis en azote atmosphérique (dénitrification). Ces deux étapes sont réalisées par des souches bactériennes différentes ayant besoin de plus de temps pour se développer contrairement aux bactéries spécialisées dans la dégradation des matières carbonées.

Prétraitement : traitement situé au début d'une filière. Un prétraitement sert notamment à retirer les particules les plus grossières contenues dans les effluents

Traitement aérobic : traitement dans lequel les bactéries sont en présence d'oxygène libre

Traitement tertiaire : traitement de finition situé à la fin de la filière de traitement

Remarque :

Il est couramment admis qu'en traitement biologique, l'épuration se révèle optimale lorsque le ratio C/N/P (carbone / azote / phosphore) est égal à 100/5/1. Si des carences en azote et en phosphore sont relevées, il convient alors d'ajouter des réactifs tels que le chlorure d'ammonium (NH₄Cl) ou l'acide phosphorique (H₃PO₄). Les effluents laitiers présentant un ratio proche de 100/5/4,3, ces derniers se révèlent aptes à un traitement biologique sans ajout de nutriments complémentaires.



Traitements adaptés à la réutilisation des eaux issues du lait

Filière filtration membranaire

Principe

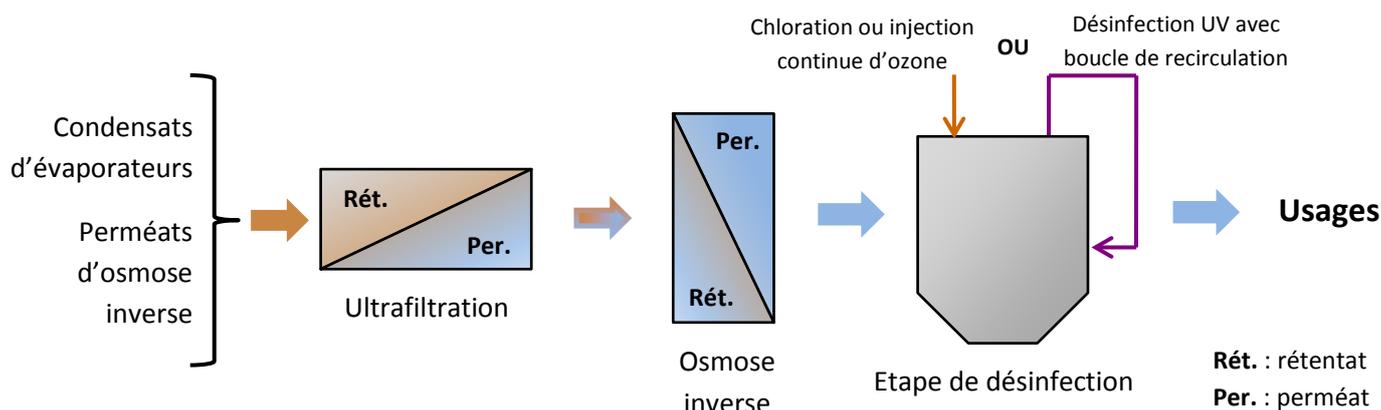
Cette filière repose sur deux étapes de filtration membranaire suivies d'une étape de désinfection :

- Ultrafiltration
- Osmose inverse ou Dairy polisher (osmose inverse améliorée)
- Désinfection

Adaptée au traitement

Des eaux issues du lait :

- condensats d'évaporateurs
- perméats d'osmose inverse



Fonction des différents ouvrages de traitement

Ultrafiltration

- Premier abattement de la charge microbologique
- Rétention d'éléments grossiers pour assurer la protection de l'osmose inverse
- Abaissement de la turbidité

Osmose inverse

- Abaissement de la charge organique des eaux issues du lait
- Elimination de divers solutés dont les chlorites (ClO_2^-), les chlorates (ClO_3^-) et l'ammonium (NH_4^+)

Désinfection

- Hygiénisation (élimination ou désactivation des micro-organismes) des eaux issues du lait filtrées

Trois types de désinfection peuvent être utilisés : la chloration, la désinfection UV et l'ozonation

Précisions sur les procédés membranaires utilisés

Ultrafiltration

- Membranes organiques
- Facteur de rétention de la matière organique (DCO) moyen : 50%
- Consommation énergétique : 0,02 - 0,06 kWh/m³ d'eau traitée

Osmose inverse

- Membranes organiques
- Facteur de rétention de la matière organique (DCO) moyen : 90%
- Utilisation possible de membranes d'osmose type « eau potable » :
 - + : lavage effectué en moyenne tous les 6 mois
 - - : facteur de rétention proche de 95%
- Utilisation possible de membrane du type Dairy polisher :
 - + : meilleur seuil de coupure (facteur de rétention > 95%)
 - - : lavage plus fréquent (toutes les semaines)
- Consommation énergétique : 1 - 2 kWh/m³ d'eau traitée

Précisions sur les procédés de désinfection*

Désinfection UV

Désinfection sous l'action des rayons ultraviolets.

Avantages :

- Désactivation des bactéries, virus et spores
- Pas de formation de sous-produits de désinfection

Principal inconvénient :

- Traitement non rémanent (son effet ne perdure pas dans le temps)

Ozonation

Désinfection sous l'action des molécules d'ozone.

Avantages :

- Destruction des bactéries et des virus
- Peu de formation de résidus de désinfection

Inconvénients :

- Traitement non rémanent
- Stockage impossible. Nécessité de le produire sur site
- Ne pas utiliser si l'eau contient des ions bromures (Br⁻)

Chloration

Seule désinfection à avoir un effet rémanent. Trois réactifs possibles :

Javel

- **Avantages :** mise en œuvre facile, rapidité d'action des réactifs
- **Inconvénient :** possible présence de chlorates et de chlorites dans l'eau traitée

Chlore gazeux

- **Avantage :** meilleure maîtrise du risque chlorites et chlorates
- **Inconvénient :** investissement initial élevé

Dioxyde de chlore

- **Avantages :** pas de réaction avec l'ammonium et les matières organiques, bonne destruction des micro-organismes
- **Inconvénients :** possible présence de chlorites dans l'eau ; nécessité de le produire sur site

*consulter également l'étude "Chlorates dans l'eau : guide des bonnes pratiques" (CNIEL, 2016)

Etude de cas

Dans le but de valoriser ses condensats d'évaporation, une industrie laitière allemande a étudié la possibilité de mettre en place une filière de traitement composée des procédés suivants :

- **Ultrafiltration**
- **Osmose inverse**
- Filtre à charbon actif en grains (pour éliminer les odeurs)

Des tests sur une installation-pilote ont été effectués et un comparatif des qualités d'eau observées avant et après la filière a été dressé :

Paramètre	Valeur en entrée d'ultrafiltration	Valeur en entrée d'osmose inverse	Valeur en sortie du filtre à charbon
Turbidité	/	/	< 5 NTU
DCO	20 mg/L	10 mg/L	/
COT	7,5 mg/L	3,7 mg/L	< 2 mg/L

L'investissement dans une telle filière s'est chiffré pour la laiterie à 800 000€.

Remarques :

Le prix d'une technologie d'osmose inverse avec une structure de protection en simple PVC peut avoisiner les 100 000€.

Le prix d'une technologie d'osmose inverse type Dairy polisher est de l'ordre de 250 000€ à 300 000€.

Filière filtre à sable + filtre à charbon

Principe

Cette filière repose sur deux étapes de filtration suivies d'une étape de désinfection :

- Filtration sur sable
- Filtration sur charbon actif
- Désinfection UV

Adaptée au traitement

Des eaux issues du lait peu chargées récupérées au niveau des évapo-concentrateurs (condensats)



Source : BWT

Fonction des différents ouvrages de traitement

Filtre à sable

- Protection du filtre à charbon contre le colmatage
- Rétention des matières en suspension
- Abaissement de la turbidité

Filtre à charbon actif en grains

- Adsorption des matières dissoutes
- Abaissement de la charge organique des eaux issues du lait

Désinfection UV

- Hygiénisation (élimination ou désactivation des micro-organismes) des eaux issues du lait filtrées

Caractéristiques de fonctionnement et d'entretien

Fonctionnement

Temps de fonctionnement : 20h sur 24h

(temps de fonctionnement considéré pour le dimensionnement de l'installation)

Entretien

Lavage de 30 min de chaque filtre une fois par semaine (lavage par détassage à l'air et l'eau)

Désinfection à la vapeur (105°C) du filtre à charbon actif pendant 4 heures lorsque la charge bactérienne devient trop importante en sortie du filtre

Qualité d'eau obtenue

Paramètre	Si valeur en entrée	Alors valeur en sortie
Turbidité	5 NFU maximum	< 2 NFU
Matières en suspension	10 mg/L maximum	< 2 mg/L
DCO	60 mg/L en moyenne avec des pointes à 100 mg/L	< 10 mg/L
COT	25 mg/L maximum	< 4 mg/L

Pour éviter toute consommation de javel et l'encrassement des chaudières en aval, les concentrations suivantes en sortie de filière sont à envisager :

Ammonium $\leq 0,5$ mg/L
Chlorures ≤ 50 mg/L

La mise en place d'un trieur de condensats en amont de la filière de traitement est à envisager si l'on souhaite passer en dessous la limite des 2 mg/L (référence eau potable) en ce qui concerne le paramètre COT.

Important : si la charge en matière organique et/ou en ammonium et chlorures est trop importante dans les eaux à traiter, il est préférable d'envisager une filière de traitement basée sur les technologies membranaires.

Etude de cas

Dans le but de valoriser ses condensats d'évaporation (plus de 300 000 m³/an), une industrie laitière (fromages et poudres) française a étudié trois scénarii de réutilisation et comparé les investissements nécessaires pour chacun d'eux. (*Note : ces scénarii ont été établis en prenant en compte seulement deux types d'eau qui sont l'eau de ville traitée et les condensats d'évaporation traités. Les autres ressources présentes sur site (eau de forage et eau de ville non traitée) ont été volontairement écartées de l'étude mais restent néanmoins utilisées.*)

Scénarii	Utilisation sur site		Débit de traitement des filières	Usages des eaux traitées
	Condensats d'évaporation traités	Eau de ville traitée		
Scénario 1	100% (réutilisation totale)	0%	40 m ³ /h	NEP, groupes froids, homogénéisateurs, pompes à vide, chaudières
Scénario 2	50%	50%	Condensats : 15 m ³ /h	Groupes froids, homogénéisateurs, pompes à vide, chaudières
			Eau de ville : 55 m ³ /h	NEP
Scénario 3	0%	100%	55 m ³ /h	NEP, groupes froids, homogénéisateurs, pompes à vide

Dans les scénarii 1 et 2, la filière de traitement des condensats d'évaporation est similaire à celle présentée au recto.

Dans les scénarii 2 et 3, la filière de traitement de l'eau de ville est notamment composée d'une filtration 100µm et d'une étape de dénitratisation. Des adoucisseurs sont également prévus pour un usage de l'eau en chaufferie.

L'investissement nécessaire à chacun des scénarii est indiqué dans le tableau suivant :

	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Investissements (HT)*	370 000 €	510 000€	280 000€

* investissements basés sur le coût des filières de traitement, des matériels annexes et du raccordement hydraulique et électrique des installations. Ne prennent pas en compte la prestation de service de l'équipementier et le coût d'achat d'éventuelles cuves de stockage nettoyables (entre 34 000€ et 94 000€ P.U HT selon le volume et le matériau choisi).



Filière de traitement des effluents

Filière boues activées

Principe

La filière boues activées est une filière de traitement des eaux usées qui repose principalement sur la présence de deux ouvrages que sont le bassin biologique et le clarificateur. Le bassin biologique est l'ouvrage dans lequel se trouve la biomasse bactérienne capable de dégrader la matière organique en présence d'oxygène. Le clarificateur, situé à l'aval de ce bassin, permet d'assurer la séparation des phases solide et liquide de l'effluent en cours de traitement. Les boues (flocs bactériens) y décantent puis sont recirculées ou extraites tandis que l'eau traitée est récupérée au niveau du haut de l'ouvrage et généralement rejetée dans le milieu naturel.

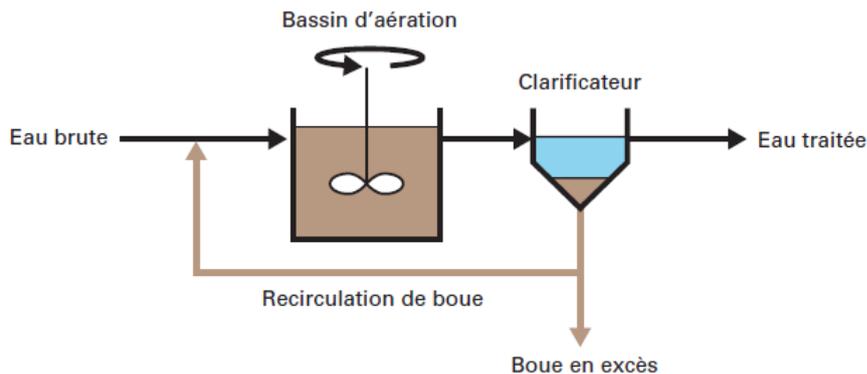
Composition de la filière

Une filière boues activées comprend généralement un ou plusieurs prétraitements et un éventuel traitement tertiaire.

Sur les sites de transformation laitière, la filière suivante est ainsi souvent observée :

- Criblage
- Bassin tampon
- Flottateur ou dégraisseur
- Boues activées (bassin + clarificateur)
- Traitement au chlorure ferrique (élimination du phosphore)

Un traitement des boues d'épuration peut également être mis en place sur les plus gros sites.



Procédé boues activées*

(Source Suez Water Handbook)

* les prétraitements et les éventuels traitements tertiaires ne sont pas représentés

Filière adaptée au traitement

→ d'effluents contenant majoritairement une pollution carbonée soluble (ex: eaux usées urbaines, eaux usées issues de l'agro-industrie,...)

Une majorité des sites laitiers ont recours à cette filière.

Principales caractéristiques techniques

La solution privilégiée en traitement des effluents laitiers est la filière boues activées à faible charge ou aération prolongée. Cette filière permet d'assurer un fort abattement de la pollution carbonée et de la pollution azotée. Les boues en excès générées au sein de cette filière ont l'avantage d'être stabilisées et ne présente ainsi pas de risque d'odeur.

Traitement caractérisé par :

- Une concentration en boues biologiques de l'ordre de 4 g/L dans le bassin d'aération
- Un âge de boues oscillant entre 10 et 30 jours (moy. : 20 jours) → facilitation du processus de nitrification-dénitrification entraînant la réduction de la pollution azotée

Rendements épuratoires

(rendements observés sur les sites laitiers disposant d'une filière de traitement type boues activées)

DCO (%)	95 - 99
DBO ₅ (%)	98 - 99
MES (%)	91 - 99
N _{total} (%)	89 - 99

Points forts de la technologie / précautions à prendre

Avantages	Précautions
Rendements épuratoires élevés sur les paramètres DCO, DBO ₅ , MES et N _{total}	Coûts d'investissement et d'exploitation élevés (poste coûteux : l'aération)
Boues en excès stabilisées pouvant être directement épandues	Nécessité de trouver un débouché pour le lactosérum pour éviter une taille trop conséquente des ouvrages

Problématiques pouvant être rencontrées et exemples de solutions pour y remédier

Problématique relative à la capacité de la station

Une augmentation de production au sein d'un site laitier se traduit par une hausse de la production d'effluents. Dans certains cas, la capacité de la station peut alors se révéler critique voire insuffisante. Il est donc essentiel d'anticiper cette hausse de production lors de la conception de la station d'épuration, en particulier au niveau de la capacité d'aération. Néanmoins, une solution peut permettre de répondre temporairement à une charge polluante plus conséquente sans modifier l'existant : l'injection d'**oxygène pur** au cœur du bassin de traitement. Cela peut contribuer à augmenter la capacité de traitement d'un facteur deux à trois.

Il convient cependant d'adapter les ouvrages si une surcharge hydraulique devient permanente car celle-ci peut entraîner une mauvaise décantation des floccs bactériens au niveau du clarificateur. Un équilibre entre le volume d'effluents entrant dans la station et la sédimentation des boues est donc à trouver.

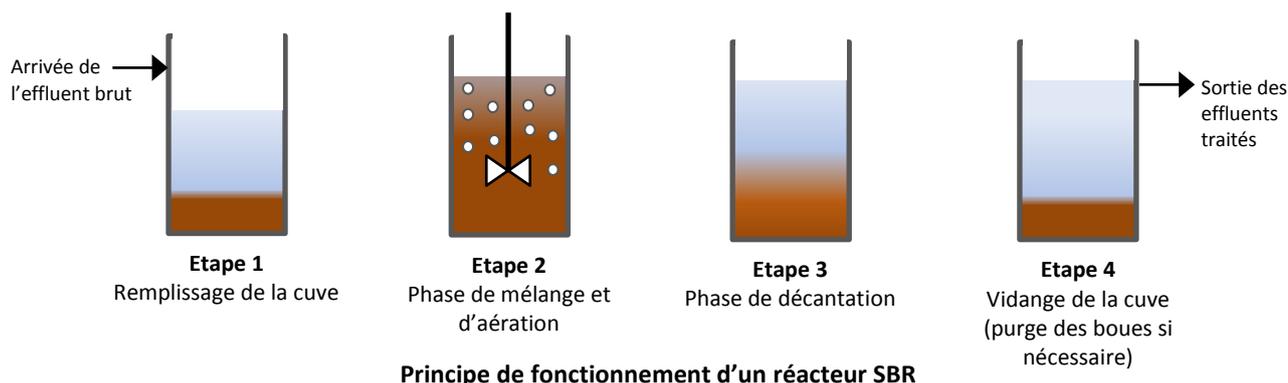
Problématique relative à la quantité de boues générées

Les traitements des eaux dits aérobies, génèrent une importante quantité de boues qui doivent à leur tour être traitées. Certaines entreprises ont développé des produits qui semblent conduire à une production moindre de boues en sortie de filière. De ce fait, les exploitants des stations peuvent réaliser des économies en ce qui concerne l'opération de déshydratation des boues car la consommation de polymères nécessaires à celle-ci se révèle moindre ainsi que la consommation énergétique des équipements.

Filière avec un réacteur séquentiel discontinu (SBR)

Principe

Le procédé SBR (Sequencing Batch Reactor ; Réacteur Séquentiel Discontinu) est calqué sur le même principe de fonctionnement qu'un procédé à boues activées : un traitement biologique associé à une clarification. La différence entre les deux porte sur le nombre d'ouvrages nécessaires au traitement : le procédé boues activées standard en comporte deux tandis que le procédé SBR n'est constitué que d'un. Le traitement biologique et la clarification s'effectuent dans le même réacteur grâce à la mise en place d'un séquençage temporel. L'eau traitée est généralement rejetée dans le milieu naturel. Les boues décantées doivent quant à elles, être extraites régulièrement du fond de la cuve avant d'être stockées puis épandues.



Composition de la filière

Comme une filière boues activées, une filière avec un réacteur SBR comprend généralement un ou plusieurs prétraitements et un éventuel traitement tertiaire. Sur les sites de transformation laitière, la filière suivante peut ainsi être observée :

Criblage → Bassin tampon/stockage → Réacteur SBR (cuve de traitement)

Un traitement au chlorure ferrique peut être appliqué pour éliminer le phosphore.

Un traitement des boues d'épuration peut également être mis en place sur les plus gros sites.

Principales caractéristiques techniques

La solution à privilégier en traitement des effluents laitiers est la filière SBR à faible charge. Cette filière permet d'assurer un fort abattement de la pollution carbonée et de la pollution azotée. Les boues générées sont stabilisées et ne présentent pas de risque d'odeur. Sur les grosses unités de traitement, le réacteur est ouvert. Sur les petites unités, le traitement peut en revanche se dérouler dans un réacteur clos enterré ou semi-enterré.

Traitement caractérisé par :

- Un séquençage des opérations de traitement sur 24h (par exemple : 20h d'aération ; 3h de décantation puis d'extraction des eaux clarifiées et, si nécessaire, des boues décantées ; 1h pour le remplissage du réacteur)
- Une concentration en boues biologiques de l'ordre de 3-4 g/L dans le réacteur
- Un âge de boues oscillant entre 15 et 25 jours → facilitation du processus de nitrification-dénitrification entraînant la réduction de la pollution azotée

Rendements épuratoires

(rendements observés lors du traitement d'effluents laitiers par le procédé SBR)

DCO (%)	89 - 99	MES (%)	95 - 98
DBO ₅ (%)	85 - 99	N _{total} (%)	85 - 95

Filière adaptée au traitement

→ d'effluents contenant majoritairement une pollution carbonée soluble (ex : eaux usées domestiques, eaux usées issues de l'agro-industrie,...)

Points forts de la technologie / précautions à prendre

Avantages	Précautions
Rendements épuratoires élevés sur les paramètres DCO, DBO ₅ , MES et N _{total}	Coûts d'investissement et d'exploitation élevés (poste coûteux : l'aération)
Boues en excès stabilisées pouvant être directement épandues	Nécessité de trouver un débouché pour le lactosérum pour éviter d'installer des cuves au volume trop conséquent
Compacité de l'installation et simplicité de fonctionnement	

Etude de cas

La fromagerie de Le Fied située dans le Jura et fabricant du Comté, s'est dotée d'un procédé SBR pour traiter ses effluents constitués uniquement d'eaux blanches. Le volume d'eaux usées arrivant au niveau du procédé de traitement et les caractéristiques physico-chimiques de ces dernières sont répertoriés dans le tableau suivant :

Paramètre	Unité	Valeur minimum	Valeur moyenne	Valeur maximum
Volume	m ³ /jour	4	10	14
DCO totale	g/L	2	2,6	3,5
DCO soluble	g/L	1,5	1,9	2,7
DBO₅	g/L	0,8	1,2	1,7
MES	g/L	0,2	0,4	0,6
Azote N-NTK	mg/L	42	60	82
P total	mg/L	20	52	90

L'installation de traitement implantée à la fromagerie est constituée de trois ouvrages principaux :

- une fosse de réception des eaux usées de 20m³ permettant de stocker le volume d'effluents produit sur une journée
- une cuve de traitement de 65m³ dans laquelle s'effectuent les séquences aération - décantation nécessaires au traitement des effluents
- une cuve de stockage des boues de 65m³. Initialement, cet ouvrage devait permet de stocker la production de boues en excès extraites du réacteur pendant 5 mois de fonctionnement de l'installation. La cuve a cependant été surdimensionnée et elle accepte un stock de boues beaucoup plus conséquent.

Divers suivis de la qualité de l'eau traitée ont été entrepris à la suite de la mise en place de ce procédé de traitement. Les résultats des analyses réalisées sont présentés dans le tableau suivant :

Paramètre	Unité	Valeur moyenne mesurée pendant la campagne de suivi analytique (6 mois)	Intervalle de valeurs déterminé pendant la campagne de suivi entreprise par le SATESE (1 mois et demi)
DCO totale	mg/L	62	/
DCO soluble	mg/L	45	17 - 28
DBO₅	mg/L	3	1,5 - 6
MES	mg/L	11	3 - 8
Azote N-NTK	mg/L	/	2 - 5
P total	mg/L	/	0,5 - 5,6

En ce qui concerne le temps que doit consacrer l'exploitant au suivi de l'installation, il est estimé à une heure par semaine pour des opérations de surveillance. Sur cette petite unité, l'extraction des boues est ici déclenchée manuellement dès que le volume de celles-ci, à la fin de la phase de décantation, occupe 40 à 50% du volume de la cuve de traitement. Comme indiqué précédemment, ces dernières sont stockées dans une cuve spécialement dédiée et peuvent être ensuite épandues.

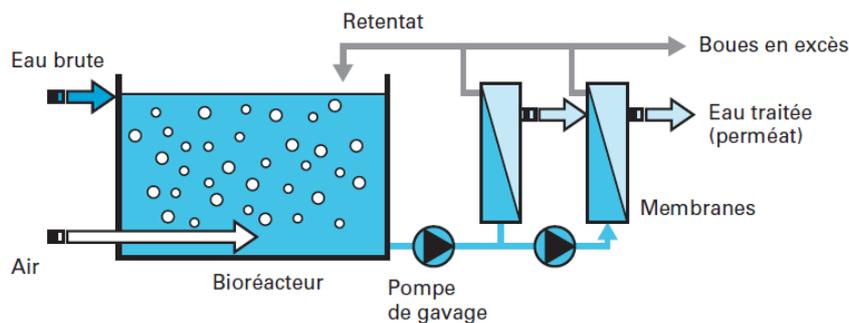
A l'heure actuelle, le coût d'installation d'une filière de traitement de ce type, avec des volumes d'ouvrages un peu plus conséquents (ex : bassin tampon de 50m³, cuves de 120m³), avoisine les 90 000€.

*Source : Torrijos, M., Gsell, B., Moletta, R., 1997. Application d'un procédé SBR à la dépollution des eaux usées de petites coopératives laitières. L'Eau, l'Industrie, les Nuisances. n°202. n. 31-35

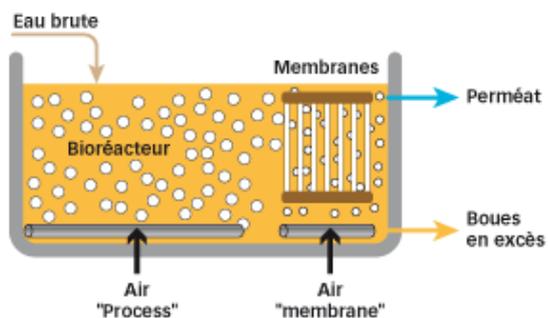
Filière avec un bioréacteur membranaire (BRM)

Principe

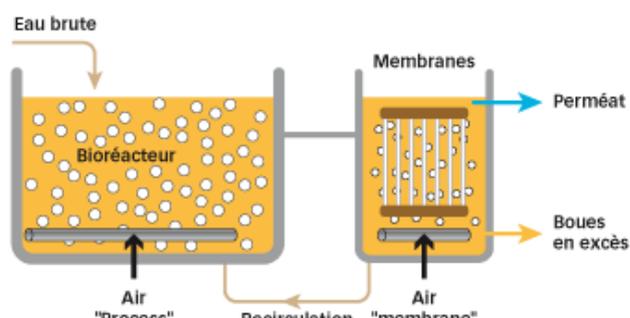
Comme le procédé à boues activées, le bioréacteur membranaire permet, dans un premier temps, de mettre en contact des effluents avec une biomasse active en présence d'oxygène et, dans un second temps, de séparer les boues des eaux traitées. Cette séparation s'effectue à l'aide de modules membranaires (micro ou ultrafiltration) externes ou immergés directement dans le bassin ou dans un bassin externe. Les eaux traitées peuvent être directement rejetées au milieu naturel tandis que les boues produites en excès sont extraites avant d'être stockées puis épandues.



Configuration avec membranes externes (1)



Configuration avec membranes immergées dans le bassin principal (2)



Configuration avec membranes immergées dans un second bassin (3)

Principe du fonctionnement du bioréacteur membranaire selon ses différentes configurations

(Source : Suez Water Handbook)

Composition de la filière

Une filière avec un bioréacteur membranaire comprend généralement un ou plusieurs prétraitements. Il est important de procéder à un tamisage fin en entrée de station afin d'éviter un colmatage des membranes. Un traitement physico-chimique du phosphore peut être appliqué. Sur les sites de transformation laitière, la filière suivante peut être observée :

Criblage → Bassin tampon → Flottateur ou dégraisseur → Tamisage → Bioréacteur membranaire

Un traitement des boues d'épuration peut également être mis en place sur les plus gros sites.

Principales caractéristiques techniques

Le bioréacteur membranaire permet d'assurer un bon abattement de la pollution carbonée. Une nitrification-dénitrification est également possible en plaçant une zone anoxique en amont du bioréacteur dans le cas de la configuration (2) ou en créant un séquençage des conditions aérobies et anoxiques dans le bioréacteur dans le cas de la configuration (3).

La consommation énergétique de cette dernière configuration apparaît cependant plus élevée que celle de la configuration (2) en raison de la nécessité de pompes pour la circulation et la recirculation des boues. Dans les deux cas, la filtration se fait de l'extérieur vers l'intérieur de la membrane. Dans le cas de la configuration avec des membranes externes et non immergées, la filtration se fait de l'intérieur vers l'extérieur.

Deux aérations sont requises dans l'utilisation de cette technologie lorsque les configurations avec membranes immergées sont choisies. L'une est appliquée dans le bassin biologique comme dans le cas d'un système boues activées classique. La seconde est appliquée au niveau des membranes de filtration de manière à agiter le mélange eau + boues à proximité de ces dernières et d'éviter des phénomènes de colmatage.

Traitement caractérisé par :

- Une concentration en boues biologiques pouvant atteindre en moyenne les 8 à 10g/L dans le réacteur biologique (des valeurs pouvant aller jusqu'à 20g/L peuvent être observées)
- Une clarification des eaux poussée alliée à une désinfection en raison du seuil de coupure des membranes
- Une production de boues 2 à 3 fois moins importante qu'en système boues activées classique

Rendements épuratoires

(rendements observés lors du traitement d'effluents laitiers par le bioréacteur membranaire)

DBO ₅ (%)	≈ 99	MES (%)	≈ 99
----------------------	------	---------	------

Filière adaptée au traitement

→ d'effluents contenant majoritairement une pollution carbonée soluble (ex : eaux usées domestiques, eaux usées issues de l'agro-industrie,...)

Points forts de la technologie / précautions à prendre

Avantages	Précautions
Rendements épuratoires élevés sur les paramètres DCO, DBO ₅ et MES	Coûts de fonctionnement élevés en raison de la présence d'une double aération (aération du bassin de mélange et aération aux abords des membranes pour éviter leur colmatage) et de la nécessité de remplacer les membranes
Production de boues moindre par rapport à un système boues activées classique	
Solution pouvant être adoptée dans le cadre d'une rénovation de station	Lavages (rétrolavages, lavage de maintenance, lavage de régénération) fréquents des membranes pour assurer leur bon fonctionnement
Compacité de l'installation	