

SYNTHESE / EXTENDED ABSTRACT
FRANÇAIS / ENGLISH

**ÉTAT DE L'ART DES TRAITEMENTS D'EFFLUENTS POUR
L'ÉLIMINATION DES SELS ET LEUR VALORISATION**

***STUDY OF TREATMENTS OF EFFLUENTS FOR THE
ELIMINATION OF SALTS AND THEIR REUSE***

mai 2018

C. PEYRELASSE, L. DUMERGUES, M. BEHAEGEL – APESA



Créée en 1989 à l'initiative du Ministère en charge de l'Environnement, l'association RECORD – REseau COopératif de Recherche sur les Déchets et l'Environnement – est le fruit d'une triple coopération entre industriels, pouvoirs publics et chercheurs. L'objectif principal de RECORD est le financement et la réalisation d'études et de recherches dans le domaine des déchets et des pollutions industrielles.

Les membres de ce réseau (groupes industriels et organismes publics) définissent collégalement des programmes d'études et de recherche adaptés à leurs besoins. Ces programmes sont ensuite confiés à des laboratoires publics ou privés.

Avertissement :

Les rapports ont été établis au vu des données scientifiques et techniques et d'un cadre réglementaire et normatif en vigueur à la date de l'édition des documents.

Ces documents comprennent des propositions ou des recommandations qui n'engagent que leurs auteurs. Sauf mention contraire, ils n'ont pas vocation à représenter l'avis des membres de RECORD.

- ✓ Pour toute reprise d'informations contenues dans ce document, l'utilisateur aura l'obligation de citer le rapport sous la référence :
RECORD, Etat de l'art des traitements d'effluents pour l'élimination des sels et leur valorisation, 2018, 186 p, n°16-0248/1A
- ✓ Ces travaux ont reçu le soutien de l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie)
www.ademe.fr

© RECORD, 2018

RESUME

Le traitement des effluents salins est actuellement une préoccupation croissante. Ils sont générés par les activités industrielles (chimie, agro-alimentaire...) mais aussi par les filières de traitement de l'eau. La problématique est d'autant plus complexe que ces effluents peuvent contenir un mélange de sels et de matière organique. La salinité peut être élevée (concentrations en sels de 10 à 200 g/L potentiellement variables dans le temps) et la matière organique plus ou moins biodégradable. Un certain nombre de technologies sont connues et utilisées depuis de nombreuses années pour traiter ces effluents (filtration membranaire, résines échangeuses d'ions et évapo-concentration), certaines sont encore en développement. Dans les cas les plus extrêmes, les effluents salins sont dirigés vers des filières d'incinération.

Les filières de désalinisation permettent la réutilisation de l'eau voire un rejet zéro liquide sur site générant des concentrés. Des retours d'expérience montrent que des sels valorisables peuvent dans certains cas être générés. La présence d'impuretés dans ces sels, leurs coûts de traitement et de transport ainsi que la concurrence des sels naturels sont les principaux freins à leur valorisation.

Ce rapport fait l'état de l'art des différents procédés existants et émergents pour le traitement des effluents salins. Un comparatif de ces procédés est réalisé sur le plan technico-économique et environnemental. Cet état de l'art est accompagné de retours d'expérience permettant d'illustrer la mise en œuvre de filières de désalinisation dans divers secteurs industriels (chimique, agroalimentaire, textiles, etc.). Les voies de valorisation des sels sont également développées.

MOTS CLES

Effluents salins, Concentration, Sels, Valorisation, Rejet Zéro Liquide, Analyse de Cycle de Vie, Physico-chimique, filtration membranaire, procédés thermique.

SUMMARY

Saline effluent is produced by industrial activity such as the chemical industry, but also by water treatment plants. The treatment of effluent can be complex depending on the salinity of the water and whether (or not) other pollutants are present (metals, organic matter, etc.). The implementation of expensive processes might be necessary (evaporation, membrane filtration, physicochemical treatment). A certain number of these have been used for a long time and others are new technologies. The processes usually allow the reuse of water and, on occasion, a zero liquid discharge on site. Some of them produce salts which are potentially reusable in different industrial sectors. The presence of organic matter or other pollutants (e.g. heavy metals) is the main difficulty for the reuse of these salts.

This report is a state of the art of different existing and emerging processes for the treatment of saline effluent. These processes are compared on the technical, economic and environmental point of view. Salt reuse possibilities are also developed. Case studies are presented to illustrate the treatment processes in different industries (food, chemistry, textile, etc.).

KEY WORDS

Saline effluent, Concentration, Salts, Reuse, Zero Liquid Discharge, Life Cycle Assessment, Physico-chemical, Membrane filtration, Thermal processes.

Contexte et objectifs

Le traitement des effluents salins est actuellement une préoccupation croissante. Ils sont générés par les activités industrielles mais aussi par les filières de traitement de l'eau. Les technologies de type filtration membranaire, résines échangeuses d'ions et évapo-concentration sont largement utilisées. Elles permettent la réutilisation des eaux traitées et parfois un rejet zéro liquide sur site générant des concentrés qui sont actuellement difficiles à valoriser.

La problématique des effluents salins est d'autant plus complexe qu'ils peuvent contenir un mélange de sels et de matière organique. La salinité peut être élevée (concentrations en sels de 10 à 200 g/L potentiellement variables dans le temps) et la matière organique plus ou moins biodégradable. Dans les cas les plus extrêmes, ces effluents sont dirigés vers des filières d'incinération.

L'objectif de l'étude est de réaliser un état de l'art détaillé des procédés de traitement existants et émergents pour la désalinisation des effluents contenant ou non de la matière organique.

Après avoir présenté la problématique des effluents salins et les flux de sels rejetés dans les masses d'eau, les procédés de traitements existants et émergents sont présentés. Ils sont ensuite comparés d'un point de vue technique, économique et environnemental.

La valorisation des sels est un enjeu important, en effet certains procédés génèrent des sels ou des résidus très concentrés en sels pour lesquels il est difficile de trouver un exutoire compromettant la viabilité économique des filières de traitement. Un volet de l'étude est par conséquent consacré aux procédés permettant de séparer et purifier les sels et aux voies de valorisation existantes.

La présentation de retours d'expérience sur la thématique du traitement des effluents salins et/ou la valorisation des sels permet au lecteur d'appréhender les potentialités des filières de traitement.

Le dernier volet présente les points durs et perspectives de recherches ciblées et prioritaires dans ce domaine.

Les acteurs compétents dans le domaine du traitement des effluents salés sont ensuite présentés. Il s'agit des centres techniques, des laboratoires de recherche et fournisseurs de technologie à l'échelle mondiale.

Les procédés de traitement des effluents salins

La désalinisation sélective poussée de ces effluents peut nécessiter la mise en place d'une filière complète de traitement.

La réutilisation des sels générés par des procédés de concentration/cristallisation nécessite dans le cas d'effluents complexes la mise en place de prétraitements. Ils sont utilisés pour l'élimination de :

- **la matière organique** par des procédés d'oxydation/oxydation avancée ou des bio traitements. L'épuration biologique ne sera applicable que pour des effluents biodégradables présentant une salinité assez stable pour ne pas provoquer de dysfonctionnement de la biologie. Cette option peut être intéressante pour des effluents agroalimentaires pour réduire la charge organique avant des traitements plus poussés,
- **les composés pouvant générer un risque d'entartrage** pour les procédés membranaires ou thermiques. Des prétraitements physico-chimiques sont généralement utilisés pour éliminer les composés pouvant réduire les performances

Background and objectives

Nowadays, saline effluent treatment is an increasing concern. It is produced by industrial activities but also by wastewater treatment plants.

Technologies such as membrane filtration, ion exchange and evaporation are well developed. They allow the reuse of the treated water and sometimes a Zero Liquid Discharge (ZLD) on site, which generates a concentrate difficult to reuse.

The problem can be very complex if the saline effluent is composed of a mixture of salts and other pollutants such as organic matter. The salinity can be high (salt concentrations from 10 to 200 g/L which vary with time) and the organic matter is more or less biodegradable. In the extreme cases, this effluent is incinerated.

The objective of the study is to present a detailed state of the art of the existing and emerging treatment processes for the treatment of saline effluent with or without organic matter.

After presenting the issues related to saline effluent and the streams of salts released into the water compartment, treatment processes are studied.

Then, they are compared on the technical, economic and environmental point of view.

Salt recovery is a huge challenge. Indeed, some processes can generate salts which are difficult to reuse. This has the consequence of compromising the economic viability of the wastewater treatment plant. Part of this study describe the separation and purification processes and the different ways to reuse these salts.

There is also a presentation of some case studies about the treatment of saline effluent and/or the reuse of salts. These case studies will allow the reader to see the potential of the treatment processes.

The actors in the saline effluent sector are listed in a table. These include research centers, research laboratories and the technology suppliers on a global scale.

The last part develops the latest challenges and the topics of research targeted and prioritized in this domain.

Processes for the treatment of saline effluents

Advanced selective desalination of these effluents may require the implementation of a complete treatment process.

The reuse of salts generated by concentration / crystallization processes requires, in the case of complex effluents, the introduction of pre-treatments. They are used for the elimination of:

- **Organic matter** by oxidation/advanced oxidation processes or bio-treatments. The biological treatment will only be applicable for biodegradable wastewaters with a relatively stable salinity so as not to cause dysfunction of biology. This option can be interesting for food effluents to reduce the organic load prior to further treatment like membrane filtration or thermal evaporation.
- **Scaling compounds** for membranes and thermal processes. Physicochemical pre-treatments are usually used to eliminate compounds which can decrease the system performance. This is to eliminate the salts scaling

du système. Il s'agit d'éliminer les sels entartrant (dureté) à l'exemple du carbonate de calcium, du sulfate de calcium, du fluorure de calcium et de la silice. Ces prétraitements consistent généralement en une précipitation à la chaux ou au carbonate de sodium suivie d'une acidification et d'une filtration multimédia ou membranaire.

- **des matières solides et huiles.** Ces matières sont sources de colmatage pour les unités de traitement. Un prétraitement est alors nécessaire, il peut combiner un ou plusieurs procédés en fonction des composés à traiter et des objectifs de traitement. Il s'agit généralement de procédés de coagulation/floculation - décantation/flottation et ou filtration (filtre à sable, filtre poche ou microfiltration/ultrafiltration).

Des traitements peuvent aussi être nécessaires en aval des procédés de désalinisation pour l'affinage de l'eau traitée et la purification des sels.

Cette étude se focalise sur les procédés de traitements existants et émergents applicables au traitement des effluents salins en présence ou non d'organiques. Les procédés de traitement de la matière organique pouvant fonctionner en présence de sels à l'exemple de procédés d'oxydation avancée ne sont pas étudiés.

Les procédés intégrés dans l'étude sont listés dans le tableau ci-après.

Pour chaque procédé, sont présentés le principe, domaine d'application, les retours d'expérience, performances, données économiques et degré de maturité (TRL).

(hardness) such as calcium carbonate, calcium sulfate, calcium fluoride and silica. These pre-treatments generally consist of a precipitation with lime or sodium carbonate followed by acidification and a multimedia or membrane filtration.

- **Solids and oils.** *These materials are sources of clogging for the treatment units. Pre-treatment is therefore necessary. It can combine one or several processes depending on the compounds to be treated and the treatment objectives. These are usually coagulation/flocculation - decantation/flotation and/or filtration (sand filter, pocket filter or microfiltration/ultrafiltration).*

Treatments may also be required after the desalination processes to improve the water quality and purify the salts.

This study focuses on existing and emerging treatment processes for the treatment of saline effluent with or without organic matter. Processes for the treatment of organic matter that can be used in the presence of salts such as advanced oxidation processes are not studied.

The processes included in the study are listed in the table below.

Each process is presented in the report in the same way: principle, application sectors, feedback, performance, economic data and maturity with the TRL index (Technology Readiness Level).

Table 1 : Procédés de concentration et de cristallisation des effluents salins

Traitements physico-chimique	Précipitation physico-chimique Résines échangeuses d'ions Extraction liquide-liquide
Procédés membranaires	Nanofiltration Osmose Inverse et procédés d'osmose avancée Electrodialyse et électrodialyse inverse Electrodialyse par métathèse Osmose Directe Distillation membranaire
Procédés thermiques	Evaporation naturelle accélérée Humidification Déshumidification Evapo-concentration Cristallisation DyVar Congélation Précipitation en conditions supercritiques
Autres	Désulfatation biologique Déionisation capacitive

Table 1 : Processes developed in the report

<i>Physicochemical processes</i>	<i>Chemical precipitation</i> <i>Ion exchange</i> <i>Liquid-Liquid extraction</i>
<i>Membrane processes</i>	<i>Nano filtration</i> <i>Reverse Osmosis (RO) and enhanced osmosis Technology</i> <i>Electrodialysis and Electrodialysis Reversal</i> <i>Electrodialysis Metathesis</i> <i>Forward osmosis</i> <i>Membrane distillation</i>
<i>Thermal processes</i>	<i>Accelerated natural evaporation</i> <i>Humification-Dehumification</i> <i>Thermal evaporation</i> <i>Crystallization</i> <i>Dyvar</i> <i>Freeze crystallization</i> <i>Supercritical precipitation</i>
<i>Other</i>	<i>Biological sulphate removal</i> <i>Capacitive deionisation</i>

Comparatif technico-économique et environnemental des procédés de traitement

Un tableau comparatif synthétise l'ensemble des données relatives aux procédés étudiés pour les catégories : maturité (TRL), domaine d'application (capacité de traitement, salinité limite en entrée de procédé, limites/présence d'organiques), prétraitement, performances d'épuration, avantages, inconvénients, consommation d'énergie.

Un arbre de choix simplifié est ensuite proposé pour définir le traitement le plus adapté en fonction du débit et de la salinité de l'effluent à traiter.

Technical, economic and environmental comparison of treatment processes

A comparative table summarizes all the data on the processes studied for the categories: maturity (TRL), application (flow rate, feed salinity, restrictions: presence of organic matter), pre-treatment, performance, advantages, drawbacks, energy consumption.

A simplified decision tree is then proposed to select the most appropriate treatment depending on the flow rate and salinity of the effluent to be treated.

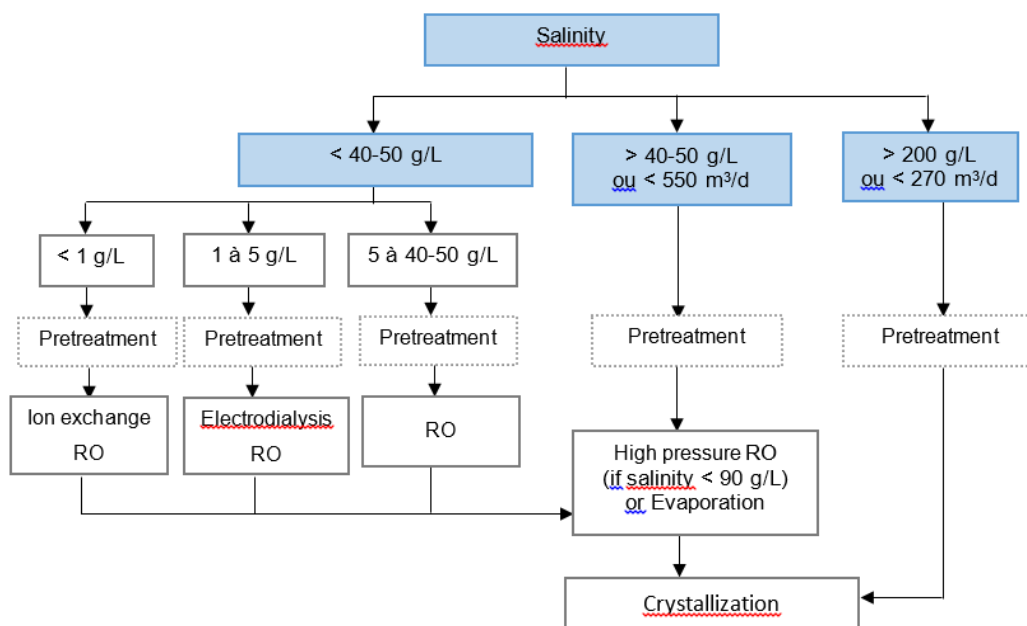


Figure 1: Decision tree for desalination of saline wastewaters

Bilan environnemental

Valoriser des sels et réutiliser de l'eau nécessite généralement de mettre en œuvre un enchaînement de procédés de traitement pour atteindre les objectifs de réutilisation. Cette complexification de la filière augmente les consommations de réactifs et d'énergie et peut pénaliser le bénéfice environnemental global de la filière. C'est l'objet de ce volet qui vise à faire le bilan environnemental global de filières génériques afin d'évaluer et de comparer leurs impacts selon qu'elles permettent de réutiliser ou non des matières premières (sels et eau).

Il s'agit ainsi d'évaluer l'intérêt environnemental de réduire le volume de saumure à éliminer ou de pousser la filière de traitement jusqu'à la production d'un sel qui nécessite des traitements complémentaires tels que le séchage en vue d'une valorisation.

Cette évaluation a été réalisée avec une méthodologie de type « analyse de Cycle de Vie » (ACV) a été utilisée.

Le choix des procédés étudiés s'est fait en fonction de leur pertinence et des données disponibles. Deux effluents salins ont été étudiés : l'un d'une industrie chimique et l'autre d'une industrie pétrochimique.

Le périmètre de l'étude comprend la phase de traitement de l'effluent salin et la fin de vie de l'eau traitée et des sels obtenus. La quantification des impacts nécessaire à la comparaison des différentes filières nécessite de définir une unité fonctionnelle. Cette unité correspond au **traitement d'1 m³ d'effluent salin**.

La modélisation des impacts est réalisée en utilisant la base de données Ecoinvent v3.3 sous Simapro 8.1. La transformation des données de l'inventaire en impacts environnementaux potentiels est effectuée avec la méthode ReCiPe Midpoint v1.12.

Les résultats de l'étude montrent que les impacts environnementaux sont principalement imputables à la consommation énergétique et à la fin de vie des sels.

Dans les cas où les sels produits ne sont pas valorisables, les filières qui utilisent le stockage en mine de sel sont globalement plus impactantes (eutrophication des eaux marines et épuisement des métaux) que celles dont les sels sont enfouis en installation de stockage. Cette différence peut s'expliquer par les opérations de mises en mine et des infrastructures plus conséquentes pour ce type de stockage.

En revanche, l'utilisation de mines de sels assure une meilleure étanchéité et permet d'avoir une empreinte négative en occupation de sol et d'éviter sur du long terme le rejet de sels lixiviables dans le milieu.

Le transport des déchets a également un impact non négligeable, et ce, plus à cause des longues distances que de la quantité de déchet à transporter.

Le bilan environnemental global des filières de désalinisation n'est pas pénalisé par la mise en place de traitements complémentaires nécessaires à la valorisation des sels.

Cette étude s'est confrontée aux limites de l'ACV. Le principal point bloquant concerne l'absence de méthodologie spécifique aux rejets salins. La méthode utilisée pour l'ACV ne prend pas en compte les impacts des sels sur la biodiversité et les milieux. En effet, parmi les impacts proposés par la méthode ReCiPe, aucun ne prend en considération les sels (ex : NaCl, Na₂SO₄, etc) rejetés dans le milieu. Cette lacune de la méthode pénalise l'évaluation globale des impacts environnementaux des filières étudiées.

Environmental study

The reuse of salts and water usually requires the implementation of several treatment processes to reach the reuse objectives. The complexification of treatment chain increases the consumption of chemicals and energy and could negatively impact the environment. The aim of this part is to assess the global environmental impact of generic wastewater treatment plants with the reuse or not of raw materials (salts and water).

The aim is to assess the environmental benefit of reducing the volume of brine to be eliminated and / or to extend the processing chain until the production of a reusable salt (that requires additional treatments such as drying).

This evaluation was conducted using a Life Cycle Assessment (LCA) methodology.

The choice of the studied processes was made according to their relevance and the data availability. Two saline effluents were studied: one from a chemical industry and the other from a petrochemical industry.

The scope of the study includes the step of treating the saline effluent and the end of the life of the treated water and the obtained salts.

*The quantification of the impacts necessary for the comparison of the treatment chains requires a functional unit that corresponds to the **treatment of 1m³ of saline effluent**.*

The modeling of the impacts is carried out using the Ecoinvent v3.3 database in the Simapro 8.1 software. The transformation of the inventory data in potential environmental impacts is carried out with the calculation method ReCiPe Midpoint v1.12.

The results of the study show that environmental impacts are mainly attributable to energy consumption and the end of life of salts.

In cases where the salts produced can't be reused, the salt-mine storage is generally more impacting (eutrophication of marine waters and metal depletion) than storage in a waste storage facility. This difference can be explained by the mining operations and the more substantial infrastructures for this type of storage.

On the other hand, the use of salt mines ensures a better impermeability and makes it possible to have a negative footprint in the occupation of soil and to avoid in the long term the rejection of leachable salts in the middle.

The transport of waste also has a significant impact, more because of long distances than the amount of waste to be transported.

The overall environmental balance of the desalination plant is not penalized by the introduction of additional treatments needed to reuse salts

This study faced the limitations of the LCA analysis. The main blocking point concerns the lack of a specific methodology for saline rejection. The method used for the LCA does not take into account the impact of salt on biodiversity and the environment.

Indeed, among the impacts proposed by the ReCiPe method, none takes into account the salts (eg, NaCl, Na₂SO₄, etc.) release into the environment. This gap of the method penalizes the overall assessment of the environmental impacts of the desalination plant studied.

C'est pourquoi, une catégorie d'impact supplémentaire « Sels rejetés » a été rajoutée spécifiquement pour cette étude. Elle résulte de la somme des rejets en sels (Na_2SO_4 , NaCl et sels indéterminés) dans l'eau.

Une méthodologie spécifique sur la salinisation des milieux mériterait toutefois d'être développée pour pallier cette lacune et prendre en compte les impacts des sels sur le milieu récepteur et sur l'écologie marine (salinité, température, produits chimiques).

Valorisation des sels

Les sels générés par les filières de désalinisation peuvent être :

- Réutilisés en interne sur le site producteur,
- Valorisés en externe,
- Dirigés vers des filières de stockage (mines de sels, installation de stockage) en absence de voies de valorisation.

La réutilisation des sels nécessite de respecter des exigences concernant leur concentration et leur pureté. Dans tous les cas, le point clé de la valorisation ou de la réutilisation sera non seulement la nature même du sel, mais aussi les « impuretés » présentes (matière organique, métaux lourds, autres sels, solides en suspension).

Pour être réutilisés, les sels peuvent nécessiter des traitements de purification pour répondre aux critères d'acceptation en vue d'une réutilisation. Des procédés de purification des sels existent, ils sont toutefois peu mis en œuvre industriellement. Le procédé de l'usine RESOLEST® (filiale de Solvay et Suez) est une référence dans ce domaine. Il permet de traiter les résidus d'épuration des fumées d'incinération des ordures ménagères (REFIOM) tout en produisant une saumure riche en NaCl . Celle-ci est ensuite valorisée en tant que matière première pour la production de carbonate de sodium par Solvay.

Une fois les sels purifiés, ils peuvent être utilisés en tant que matière première dans différents secteurs d'activité. Ils remplacent certains matériaux principalement issus de carrières, de mines ou fabriqués par des industries. Les différentes voies de valorisation sont présentées dans le tableau 2.

Therefore, an additional impact category "Salts rejected" was added specifically for this study. It results from the sum of the discharges into salts (Na_2SO_4 , NaCl and indeterminate salts) in water.

However, a specific methodology on salinization of the environment would need to be developed to overcome this gap and take into account the impacts of salts on the receiving environment and the marine ecology (salinity, temperature, chemicals).

Salts reuse

The salts produced by the treatment processes can be:

- Reused internally on the product site,
- Reused externally,
- Stored (salt mines, landfill) if the reuse is not possible.

The reuse of salts requires compliance with requirements regarding their concentration and purity.

In any case, the key point of recovery or reuse will be not only the nature of the salt, but also the "impurities" present (organic matter, heavy metals, other salts, suspended solids).

To be reused, salts may require purification treatments to meet the acceptance criteria for reuse.

Processes for the purification of salts exist, but they are however little used industrially.

Among these purification processes, the RESOLEST® process (a firm of Solvay and Suez) is a reference in this field. It makes it possible to produce a purified brine product from flue gas treatment residues from residual waste communities.

This brine, concentrated in NaCl , is used as a raw material by Solvay for the production of sodium carbonate.

Once the salts are purified, they can be used as a raw material in different sectors of activity.

They replace some materials that come mainly from quarries, mines or industries.

The different valuation sectors are listed in the table below:

Table 2 : Ways of reuse

Industry	Reused salts	Use
Road salt	Sodium chloride (NaCl)	Raw material
Chemical industry	Sodium chloride (NaCl)	Soda, chlorine and hydrogen production Solvay process
	Sodium sulfate (Na_2SO_4) Sodium carbonate (Na_2CO_3)	Various chemical products (soaps, detergents...)
Construction	Gypsum (CaSO_4)	Cement Plaster Road embankment
	Calcium carbonate (CaCO_3)	Road embankment
Glass industry	Sodium sulfate (Na_2SO_4) Sodium carbonate (Na_2CO_3)	Oxidizing agent Melting agent
Paper industry	Calcium carbonate (CaCO_3) Sodium sulfate (Na_2SO_4)	Brightness/Conservation Kraft process
Agriculture	Gypsum (CaSO_4) Calcium carbonate (CaCO_3) Struvite (MgNH_4PO_4)	Amendment Fertilizer

Des freins existent à la valorisation des sels, le principal étant de trouver des voies de valorisation économiquement acceptables pour les sels produits.

Les sels ne pouvant pas être valorisés, parce qu'ils ne répondent pas aux critères requis ou parce que leur valorisation n'est pas encore possible, doivent être stockés dans des installations autorisées. Il s'agit des installations de stockage de déchets dangereux ou non dangereux et des mines de sel.

Les sels de calcium solubles et les sels solubles non calciques (ex. NaCl) doivent être stabilisés avant enfouissement en installation de stockage.

Conclusions

Cette étude a permis dans un premier temps de collecter et synthétiser les données concernant les gisements d'effluents salins en France et de les mettre en regard des gisements européens. Différents secteurs d'activité génèrent des effluents salins plus ou moins complexes en fonction de leur concentration et de la présence ou non d'autres composés à l'exemple des organiques. La composition de ces effluents, leur débit ainsi que les objectifs à atteindre définissent le choix de la filière de désalinisation à mettre en place. Il faut le plus souvent combiner plusieurs technologies pour permettre leur épuration. Les coûts d'investissement et de fonctionnement sont donc obligatoirement conditionnés par la complexité de cette filière qui peut nécessiter un personnel qualifié.

L'Analyse de Cycle de Vie montre que la consommation d'électricité représente un impact environnemental majeur. Ce résultat est en accord avec des analyses réalisées sur d'autres technologies qui concluent que l'origine de l'électricité et la quantité consommée représente un impact prépondérant quelle que soit la technologie. La fin de vie des déchets représente également un impact important selon que les sels sont valorisés ou stockés (mine de sel ou installation de stockage). A cela, se rajoutent les impacts liés au transport qui augmentent avec la distance.

L'ajout d'un prétraitement de l'effluent et d'un post traitement des sels ne pénalise pas le bilan environnemental de la filière en particulier si une valorisation du sel est possible.

Aujourd'hui, l'absence de contraintes réglementaires fortes sur les rejets de sels ne pousse pas à la mise en place de filières complexes dont les coûts sont élevés. L'inconvénient majeur du traitement d'effluents salins concerne la gestion des résidus produits. La complexité de ces résidus fortement concentrés rend difficile leur élimination finale (en mine de sel ou en installation de stockage) voire, dans certains cas, leur valorisation.

Certaines voies de valorisation existent à l'exemple du secteur de la construction ou de la production de verre. Le retour d'expérience de Resolest, par exemple, est particulièrement intéressant et permet de valoriser des saumures directement dans le procédé de fabrication de Solvay. Cependant, les critères de qualité des sels produits et la demande insuffisante des utilisateurs de sels freinent le développement des filières de valorisation.

There are limits to the valuation of salts, the main one being to find economically acceptable recycling methods for products salts.

Salts that cannot be reused because they do not meet the required criteria or because their recovery is not yet possible must be stored in authorized facilities.

These are hazardous or non-hazardous waste storage facilities and salt mines.

The soluble calcium salts and non-calcium soluble salts (eg. NaCl) must be stabilized before storage.

Conclusions

This study enables, first of all, the collection and summary of the data on saline effluents in France and to compare them to European data.

Different industrial sectors generate saline effluent more or less complex depending on their concentration and the presence or not of other compounds such as organic matter.

The composition of this effluent, its flow and the objectives of treatment define the choice of the process treatment to implement. Most of the time, a number of technologies have to be combined to reach the objectives of treatment.

Therefore, the investment and operating costs depend inevitably on the complexity of the chain which requires qualified staff.

The Life Cycle Analysis showed that electricity consumption represents a major environmental impact during saline effluent treatment. This result is in accordance with other LCAs on different technologies which conclude that the origin and the quantity of consumed electricity represents a large impact whatever the technology is. The end of life of the waste also represents a high impact depending on the fact that the salts are reused or disposed of (salt mine of waste disposal). Added to this, the impact of transport increases with the distance.

The addition of an effluent pre-treatment and of a salts post-treatment doesn't penalize the environmental balance of the treatment chain especially if a reuse of the salts is possible.

Today, the lack of strong regulatory constraints about the rejection of salts doesn't encourage the implementation of complex and expensive treatment chains. The major inconvenient of the treatment of saline effluents concerns the management of the waste. Their complexity make their final elimination or reuse difficult.

Some recoverability solutions exist such as in construction and in glass production industry. For example, the feedback from Resolest is particularly interesting and allows the recovery of brine directly in the Solvay process. But, the quality requirements of the produced salts and the insufficient demand from the salts users slows the development of salt recovery applications.