



**HAL**  
open science

## Réutilisation d'eaux de process d'industrie agroalimentaire : qualification de filière

Mathilde Besson, Fanny Allayaud, Elise Blanchet, Xavier Lefebvre

### ► To cite this version:

Mathilde Besson, Fanny Allayaud, Elise Blanchet, Xavier Lefebvre. Réutilisation d'eaux de process d'industrie agroalimentaire : qualification de filière. 15ème congrès international du GRUTTEE, May 2024, Bordeaux, France. <hal-04867697>

**HAL Id: hal-04867697**

**<https://hal.science/hal-04867697v1>**

Submitted on 6 Jan 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

## Réutilisation d'eaux de process d'industrie agroalimentaire : qualification de filière

Mathilde BESSON<sup>a</sup>, Fanny ALLAYAUD<sup>b</sup>, Elise BLANCHET<sup>b</sup>, Xavier LEFEBVRE<sup>a</sup>

<sup>a</sup>CRITT GPTE, INSA Toulouse, Toulouse, France

<sup>b</sup>CRITT Bio Industries, INSA Toulouse, Toulouse, France

Auteur correspondant : [mbesson@insa-toulouse.fr](mailto:mbesson@insa-toulouse.fr)

**Mots-clés** : réutilisation d'eau, industrie agroalimentaire, système membranaire, modèle prédictif

### 1. Le Projet Zeus

Le projet Zeus (Zero liquid discharge, water reUSE) a pour ambition de démontrer via une installation à échelle industrielle la faisabilité de traiter et réutiliser des eaux de procédés agroalimentaires pour un usage interne. Deux démonstrateurs basés sur des technologies membranaires sont mis en service sur le site de production de Sirops de la société Monin à Bourges. Le premier (Régécycle) traite les eaux de régénération des saumures d'adoucesseur et le second (R-Oasys) traite l'ensemble des eaux de nettoyage des cuves de fabrication de sirops. R-Oasys est composé d'une étape de microfiltration tangentielle (MFT) pour éliminer les macromolécules et ainsi protéger les membranes de l'étape de nanofiltration (NF). Une étape d'osmose inverse et de désinfection vient compléter le traitement. Cette démonstration a nécessité plusieurs années d'études et d'essais afin de valider la filière, le dimensionnement et les qualités d'eaux à réutiliser en sortie de process. Afin de multiplier les projets de réutilisation d'eau, il est nécessaire de simplifier les phases amonts et d'obtenir plus rapidement des évaluations technico-économiques des nouveaux projets.

Cette communication a pour objectif de partager la méthode de réplique de la solution R-Oasys développée dans le cadre du projet. Elle combine une méthode expérimentale de qualification de l'effluent vis-à-vis des traitements membranaires et un modèle numérique prédictif pour estimer le dimensionnement des installations et les qualités des perméats et des concentrats.

### 2. Développement d'une méthode de qualification de la filière

Cette méthode a été développée uniquement avec des effluents contenant majoritairement des sucres (entre 1,9 et 7 g/L) et des sels (conductivité de 500 à 1400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Ces effluents sont issus de l'industrie de la boisson et de la préparation de produits issus de fruits. La méthode se base sur 6 échantillons de 5 entreprises différentes.

La méthode a été standardisée afin de pouvoir comparer les effluents entre eux. Les cinq étapes expérimentales présentées ci-dessous nécessitent 30 L d'effluents et une quarantaine d'heures :

1. Caractérisation des effluents avec des mesures agrégatives (pH, conductivité, turbidité, DCO totale, Brix, MES) et des mesures des différents sucres, sels et acides organiques (mesuré par HPLC et chromatographie ionique).
2. Mesure du pouvoir colmatant par une cellule de filtration miniature (FlowerSep). Cette mesure permet de vérifier la nécessité de placer une microfiltration tangentielle (MFT) en tête. A noter que l'ensemble des effluents testé se sont révélés être fortement colmatant sans pouvoir identifier une

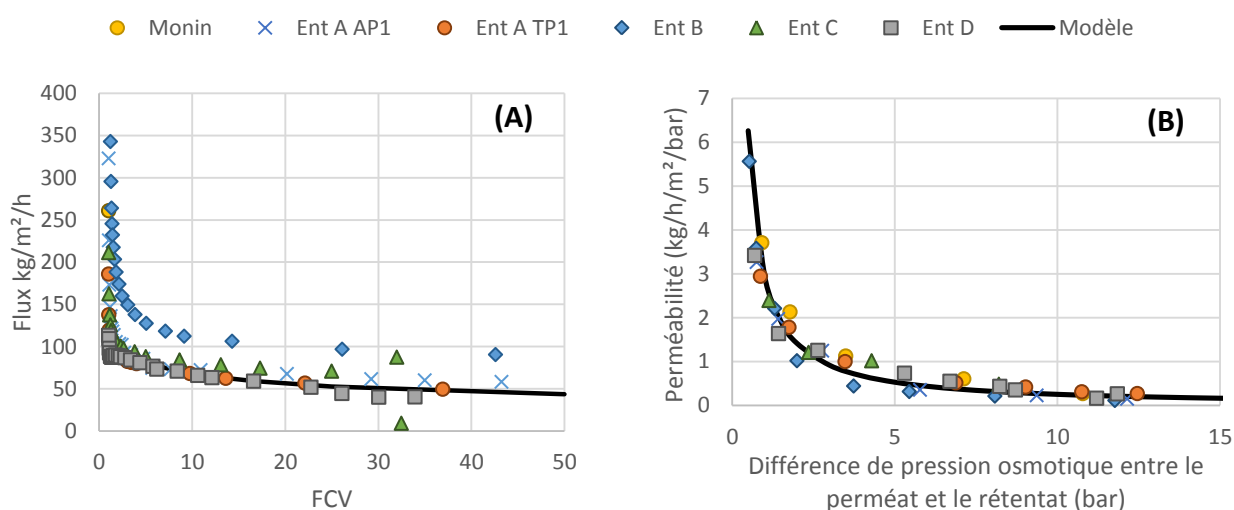
molécule responsable. Les épaississants (xanthane, carraghénanes) ainsi que les pectines de fruits, les fibres de lin, les agents troublants (gomme arabique) sont cependant suspectés.

3. Définition des conditions opératoires de la MFT (pression et vitesse) sur un module de laboratoire.
4. Essai de production (batch) sur un pilote de laboratoire MFT (membrane tubulaire céramique) pour identifier les flux selon les facteurs de concentration volumique (FCV) et les qualités de perméat et de rétentat.
5. Essai de production (batch) sur un pilote de nanofiltration (membrane organique « Zeus ») avec le perméat de MFT comme entrée pour caractériser les flux en fonction du FCV et la qualité du perméat et du rétentat.

### 3. Développement et utilisation d'un modèle prédictif

Les données expérimentales ont été utilisées pour créer un modèle de chaque opération unitaire. Pour la MFT, l'ensemble des essais sauf un (Ent. B) ont montré un comportement identique du flux de perméat en fonction du FCV (Figure 1A) quelques soit les concentrations en DCO ou la turbidité. La mesure du pouvoir colmatant par flowersep permet de discriminer l'effluent Ent. B avec une valeur de  $10^9$  s/m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> bien inférieure aux autres ( $10^{11}$  s/m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>). L'ordre de grandeur de  $10^{11}$  s/m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> a été conservé comme seuil de validité du modèle. Dans le cas où le pouvoir colmatant est différent, des essais sont nécessaires pour qualifier les flux de perméat de la MFT.

La nanofiltration est modélisée grâce à la relation empirique entre la perméabilité et la différence de pression osmotique entre le concentrat et le perméat. Le calcul des pressions osmotiques (relation de Van't Hoff) dépend des rétentions de la membrane pour chaque molécule (mesurées). La réponse du modèle prédictif représentative de l'ensemble des données expérimentales est très satisfaisante (figure 1B). Ce modèle permet également de prédire les concentrations dans le perméat et le rétentat.



**Figure 1 : Comparaison modèle et expériences sur la MFT (A) et la nanofiltration (B)**

Cette méthode constitue un outil prédictif pertinent pour évaluer des projets de recyclage d'eaux industrielles adressés aux entreprises de l'industrie agro-alimentaire, pour des effluents contenant du sucres majoritairement et des sels. Cet outil permet d'analyser des scénarios en prenant en compte les caractéristiques propres à chaque effluent, le taux de recyclage et la qualité d'eau recyclée visés, ainsi que

## GRUTTEE 2024 : 15<sup>ème</sup> congrès international du GRUTTEE

les effets long terme d'un recyclage d'eau sur la qualité d'eau à traiter. Cette analyse est faite à travers des réponses de pré-dimensionnement et de consommation énergétique. A terme, elle sera également associée à une évaluation environnementale.