

# La réutilisation des eaux sucrées de process agro-alimentaires :

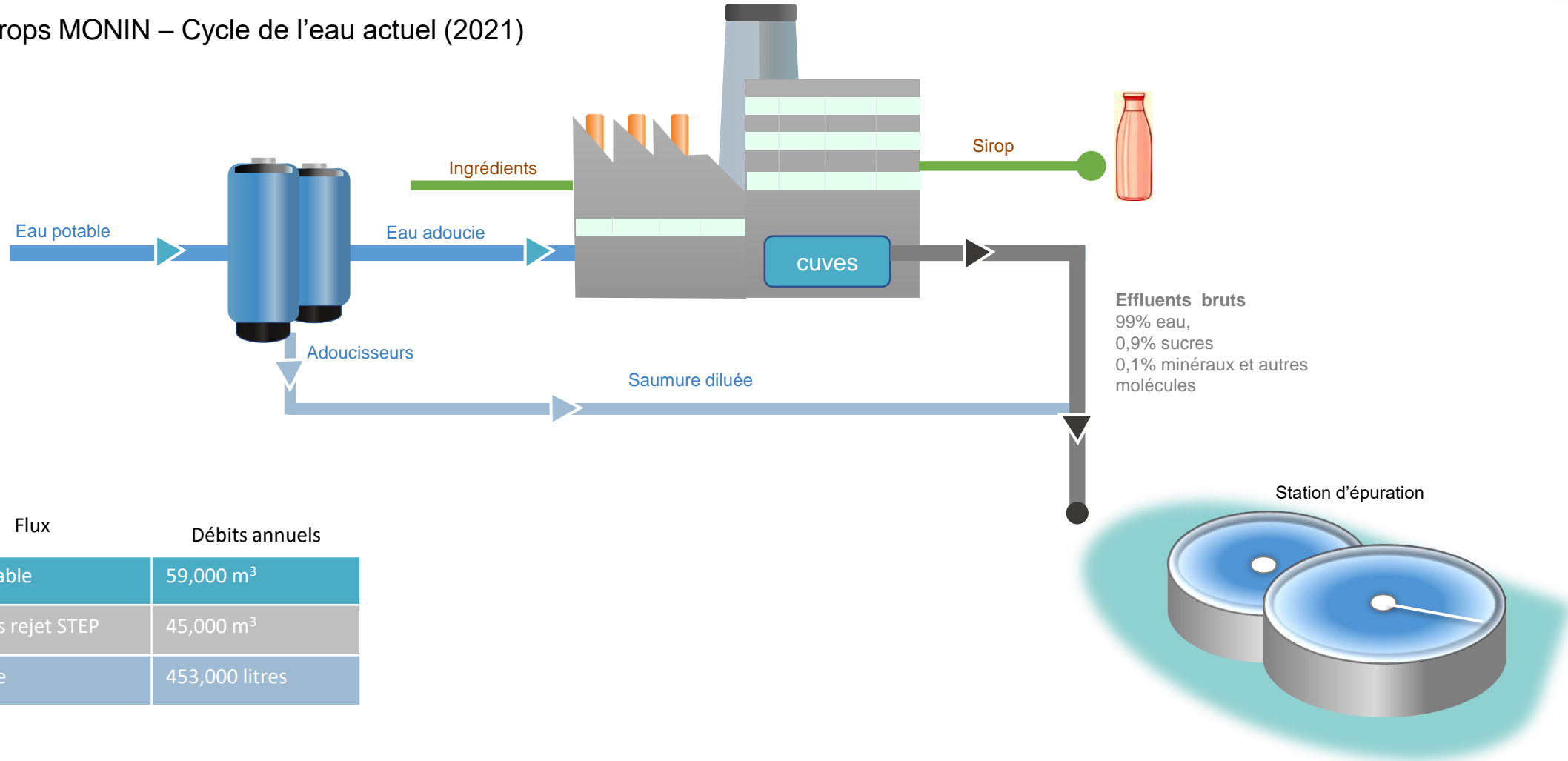
## Le cas du projet Zeus

*Critt Bio* : Elise Blanchet, Fanny Allayaud  
*Critt GPTe* : Xavier Lefebvre, Mathilde Besson  
*INSA Toulouse* : Christelle Guigui

AG réseau Reuse - INRAE

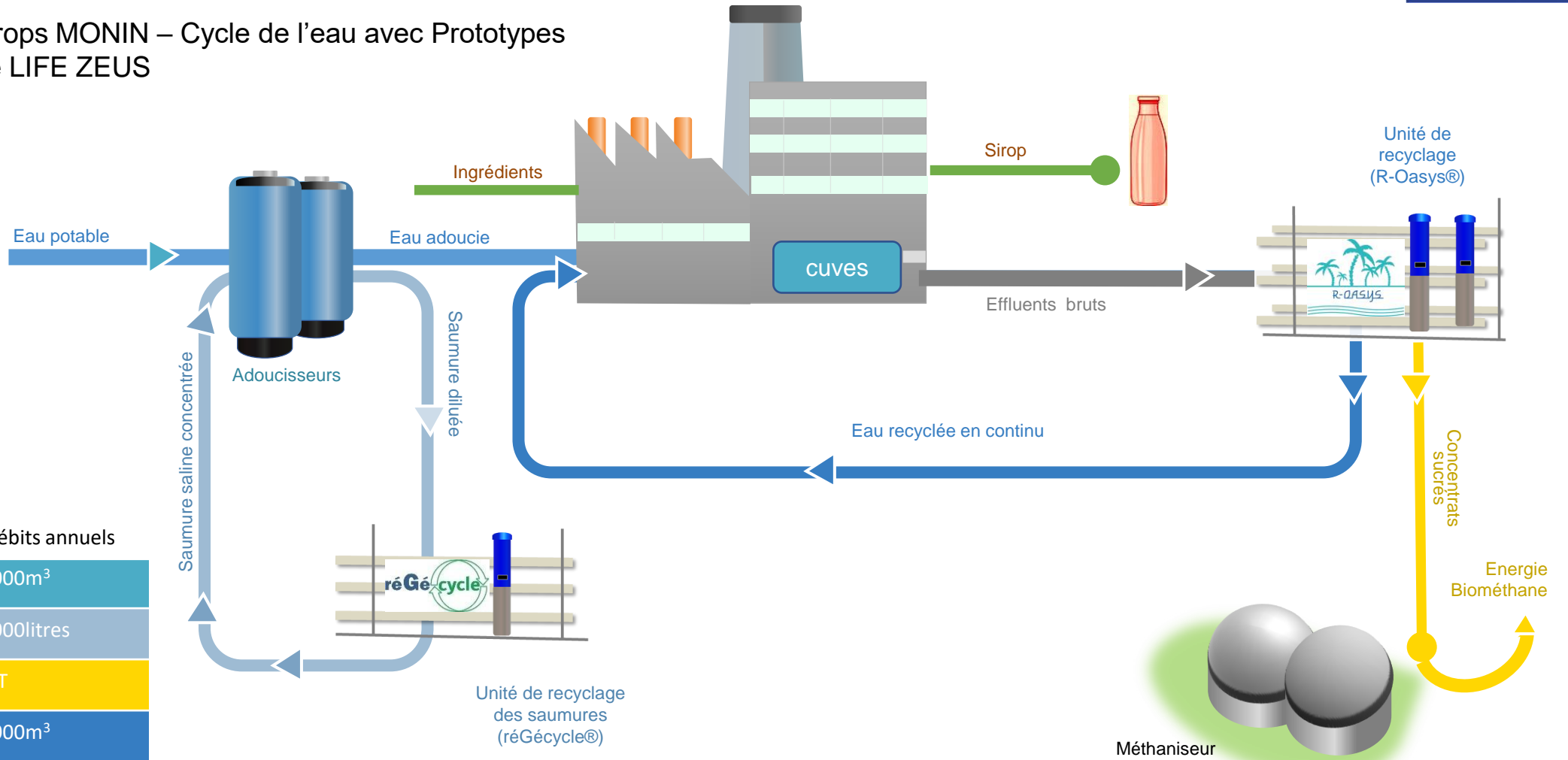


Usine de sirops MONIN – Cycle de l'eau actuel (2021)



Flux	Débits annuels
Eau potable	59,000 m <sup>3</sup>
Effluents rejet STEP	45,000 m <sup>3</sup>
Saumure	453,000 litres

Usine de sirops MONIN – Cycle de l'eau avec Prototypes  
Programme LIFE ZEUS



Flux Débits annuels

Eau potable	19,000m <sup>3</sup>
Saumure	81,000litres
DCO concentrée	405T
Eau recyclée	40,000m <sup>3</sup>

## BESOINS ET ENJEUX

### Besoins

Sécurisation quantitatif de l'eau dans un contexte de changement climatique,  
Réduire, recycler, réutiliser l'eau, valoriser les sous-produits.

### Enjeux

Démontrer l'efficience du procédé de recyclage avancé/séparation des flux,  
Disséminer, déployer la technologie sur les marchés de l'industrie en Europe

## CHIFFRES CLÉS

### Durée

42 mois  
Sept 2021 - Février 2025

### Montant total

3,989,873 €

### Financements

Commission Européenne  
2,166,930 €  
Agences de l'Eau  
Loire Bretagne  
Adour Garonne  
Rhône Méditerranée Corse

## PARTIES PRENANTES

### Soutien financier

Commission Européenne  
Agences de l'eau

### Acteurs clefs

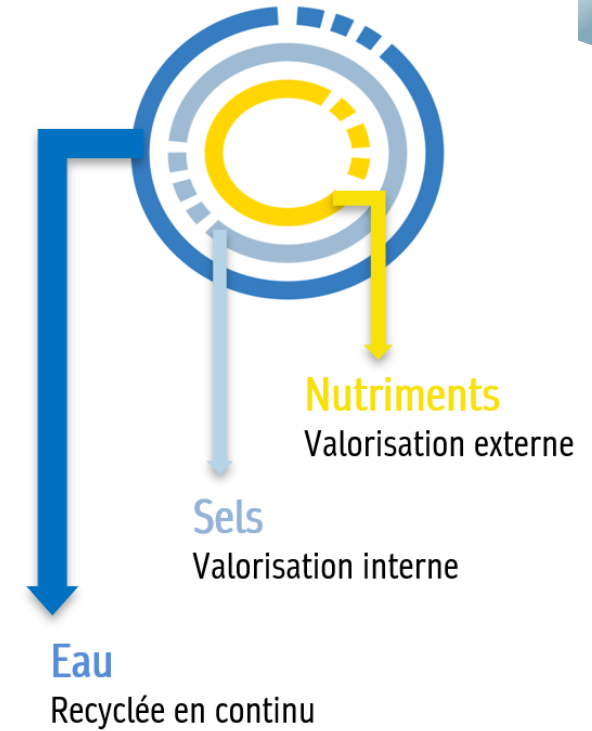
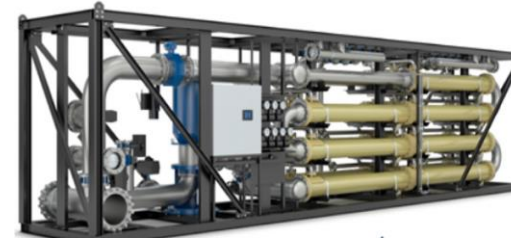
Services de l'Etat et institutions régionales  
Organisations professionnelles  
Partenaires commerciaux

### Consortium



## Réutilisation des effluents

- **Etape Microfiltration tangentielle – membranes carbure de silicium**
  - Elimination des insolubles (MES, colloïdes, bactéries, virus...)
  - Elimination de macromolécules dissoutes
  - Meilleur prétraitement de la nanofiltration
- **Etape Nanofiltration**
  - Séparation eau/sucres
  - Concentration des sucres en vue de la valorisation
  - Elimination des solubles
  - Réduction de la salinité de l'eau recyclée
- **Etape Osmose inverse**
  - Sécurisation et finition
  - Elimination des éléments résiduels
- **Charbon actif**



### Évaluer la filière dans son contexte :

- consommation énergétique
- valorisation des sous produits
- économie d'eau selon la qualité de l'intrant

**Performances des membranes :** analyse systémiques  
des paramètres opératoires

### Quelle qualité d'eau à atteindre selon les besoins ?

- choix des procédés
- Qualité physico / sanitaire : risque contamination accidentelle  
→ Besoin de mesure en ligne pour valider/éclairer la qualité des produits
- Traçabilité/ risque → Monin : production de lot d'eau rattaché à un lot de produit

### Tâche Réplication – Critt Bio et GPTE INSA

## Généricité et Comparaison

**Objectif :** aboutir à un outil valable dans le domaine des effluents sucrés pour évaluer comparativement la réplication du process dans d'autres sites

Création d'une base de données sur différents effluents pour identifier les paramètres gouvernant le comportement de chaque opérations unitaires



## Un outil d'aide à la décision

### Les étapes :

- Est-ce que l'on connaît l'effluent ? Sinon : Caractérisation des effluents
- Est-ce que l'effluent est dans la gamme ? → Si oui, utilisation de la base de données LIFE ZEUS :
  - Bilan matière et énergie
  - Analyse de l'intérêt environnemental de LIFE ZEUS au contexte industriel du cas évalué. On écarte les cas défavorables

Données de qualité connue de l'entreprise + données de contexte + scénario initial

- Essais complémentaires si nouveau cas (concentration, composition) :  
identification des opérations de prétraitement, des membranes, rendement, prédimensionnement.

Si pertinent → aller vers une étude d'optimisation. Essai pilote dimensionnant

### Quels outils mobilisés ?

*Protocole standardisé : DCO, MES, MS, sucres, sels, acides organiques*

*Outil de bilan matière : calcul affiné des impacts environnementaux*

*Base de données des impacts environnementaux selon différentes configurations. Ex: eau forage vs eau du réseau. Mix Français vs mix allemand, traitements des eaux usées sur site ou en station communale*

### Protocole standardisé de filtration



Pilote de filtration Cogent (MFT)



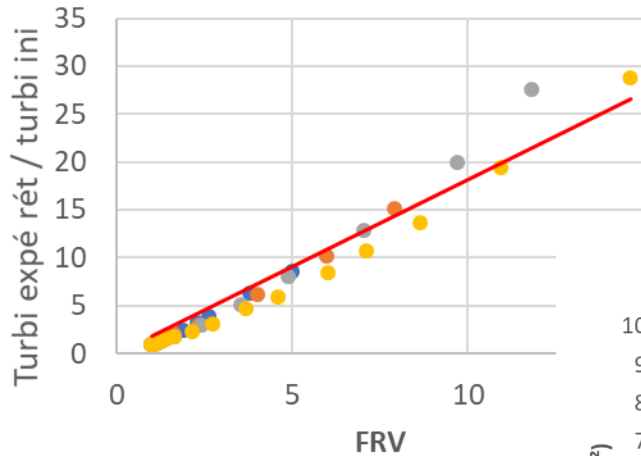
Pilote de filtration Seprosys – Essai NF

Création d'un base de données sur les efficacités de traitement des effluents selon la qualité des effluents :

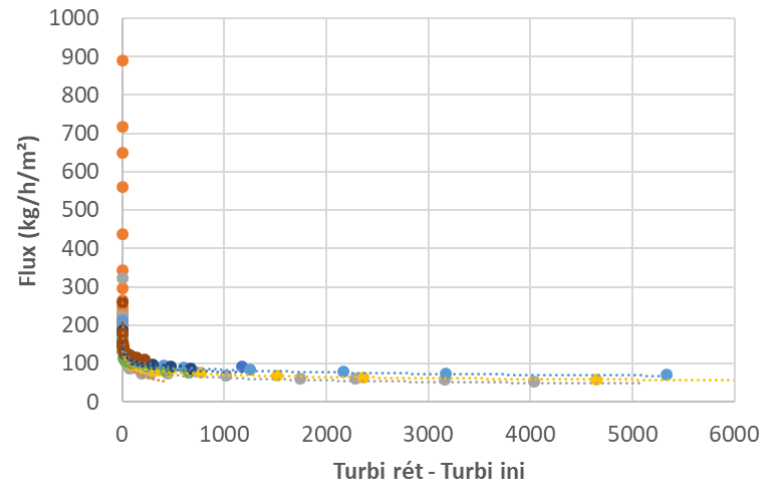
- Création d'abaque selon les paramètres opératoires
- Avec des expériences pilotes de labo sur 4 et bientôt 5 effluents

**Microfiltration tangentielle**

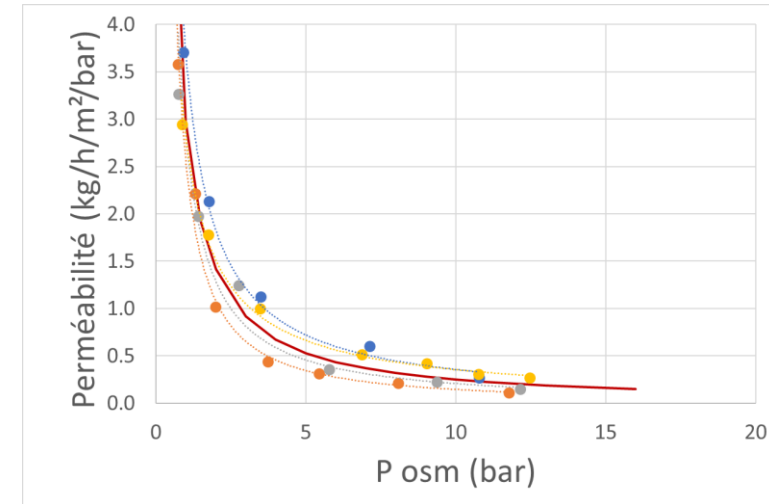
$(\text{Turbi rét} / \text{Turbi ini}) = f(\text{FRV})$



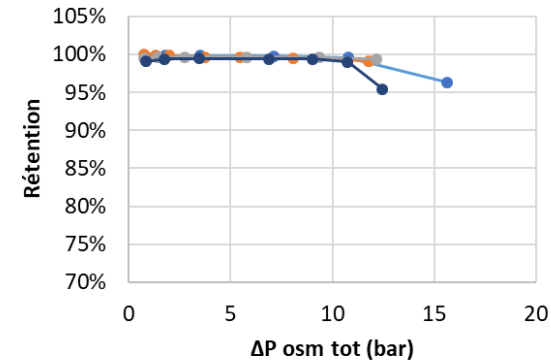
$\text{Flux} = f(\text{turbi rét} - \text{turbi ini})$



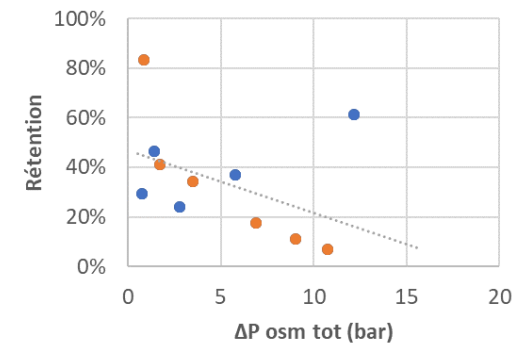
**Nanofiltration**



Rétention sucre =  $f(\text{Posm})$



Rétention Ethanol =  $f(\text{Posm})$





➤ Production d'un bilan matière et bilan énergétique

➤ Dimensionnement des opérations unitaires

➤ Agencement des opérations unitaires

Constantes	
R=	8.315 J/mol/K
T=	298.2 K

Bilan matière	
Débit à traiter	1000 L/h
Taux de recyclage de l'eau	30%
Débit de perméat	900 L/h
Débit de rétentat	100 L/h
FRV membrane	8
Q <sub>in</sub>	1029 L/h
Q <sub>out</sub>	129 L/h
Q <sub>recirc</sub>	29 L/h
Turbi initiale	71 NTU

Paramètres opératoires	
Flux de travail	70.1 L/h/m <sup>2</sup>
S membrane	13 m <sup>2</sup>

Concentration									
Paramètres	molaire	Eq DCO	Unité	Alim	In	Out	Recirc	Perméat	Rétestat
Pression			bar	0.5				0.55	0.5
Débit			L/h	1000.0	1028.6	128.6	28.6	900.0	100.0
Masse sèche			g/kg						
Matières en suspension			g/L						
Turbidité			NTU	71	116	1680	1680	0	1680
DCO Totale			gO2/L	6384	6384	6384	6384	6384	6384
DCO sucre			mgO2/L	5447	5447	5447	5447	5447	5447
DCO autres (ac.org identifié)			mgO2/L	1537	1537	1537	1537	1537	1537
DCO inconnue			gO2/L						
Total sucre			g/kg	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Tot Cations			mg/kg						
Tot Anions			mg/kg						
Tot sels (anions + cations)			mg/kg	310.8	310.8	310.8	310.8	310.8	310.8
Sacc	342	1.05	g/kg	0.008	0.008	0.0	0.0	0.008	0.0
Glu	180	1.05	g/kg	0.734	0.734	0.7	0.7	0.734	0.7
Fru	180	1.05	g/kg	4.255	4.255	4.3	4.3	4.255	4.3
Rha	164	1.05	g/kg	0.000	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0
So	32		mg/kg	12.778	12.778	12.8	12.8	12.778	12.8
Amm	18		mg/kg	0.623	0.623	0.6	0.6	0.623	0.6
Pt	39		mg/kg	130.262	130.262	130.3	130.3	130.262	130.3
Magn	24		mg/kg	18.693	18.693	18.7	18.7	18.693	18.7
Ca	40		mg/kg	68.321	68.321	68.3	68.3	68.321	68.3
Fluoride	30		mg/kg	0.000	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0
Chloride	35		mg/kg	32.325	32.325	32.3	32.3	32.325	32.3
Nitrite	46		mg/kg	0.000	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0
Sulfate	96		mg/kg	36.726	36.726	36.7	36.7	36.726	36.7
Bromide	80		mg/kg	0.000	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0
Nitrate	62		mg/kg	0.040	0.040	0.0	0.0	0.040	0.0
Phosphate	38		mg/kg	10.440	10.440	10.4	10.4	10.440	10.4
Gly		1.22	g/kg	0.144	0.144	0.1	0.1	0.144	0.1
Ac		1.07	g/kg	0.530	0.530	0.5	0.5	0.530	0.5
EthOH		1.75	g/kg	0.196	0.196	0.2	0.2	0.196	0.2
sorbitol		1.14	g/kg	0.318	0.318	0.3	0.3	0.318	0.3
Lactic acid		1.07	g/kg	0.071	0.071	0.1	0.1	0.071	0.1
Propionic acid		1.51	g/kg	0.008	0.008	0.0	0.0	0.008	0.0

Flowsheet DCO	
<b>Influent</b>	
DCO sucre	5447 gO2/h
DCO autre ac org	1537 gO2/h
DCO autre	0 gO2/h
<b>MFT</b>	
<b>Perméat MFT</b>	
DCO sucre	4902 gO2/h
DCO autre ac	1384 gO2/h
DCO autre	0 gO2/h
<b>Rétestat MFT</b>	
DCO sucre	545 gO2/h
DCO autre ac	154 gO2/h
DCO autre	0 gO2/h
<b>NF</b>	
<b>Perméat NF</b>	
DCO sucre	20 gO2/h
DCO autre ac	229 gO2/h
DCO autre	0 gO2/h
<b>Concentrat MFT</b>	
DCO sucre	4883 gO2/h
DCO autre ac	1154 gO2/h
DCO autre	0 gO2/h

**Créer une base de donnée selon :**

- Mix énergétique
- Le traitement des eaux usées de référence
- La ressource en eau substituée
- Intégration des caractéristiques de l'effluent à valoriser et donc le fonctionnement du traitement de réutilisation évalué avec l'outil bilan matière

➔ **Identification des zones : bénéfiques / inconvénients / on ne sait pas**


Exemple de à quoi on veut aboutir :

**Baseline vs. mild treatment reuse (WW-reuse RT1)**

Local specificities			Baseline scenarios for comparison with WW-reuse (WOMix)		
Location	Climate	Local electricity mix	World average (developed countries)	100% non-renewable groundwater	100% Desalination
Continental	Temperate region	World average	?	<b>WW-reuse RT1</b>	(1)
	Arid region				
	Arid region (low HDI)				
Littoral	Temperate region	Low impact (renewable)			
		World average			
		High impact (mainly coal)			
	Arid region	World average			
Arid region (low HDI)					

<b>WW-reuse</b>	WW-reuse scenario more efficient*
<b>?</b>	No generic conclusion available, specific studies should be conducted
<b>Baseline</b>	Baseline scenario more efficient*


\* more efficient = end-point impacts indicators inefers for the 3 areas of protection (confidence index < 5%)



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

**Journal of Cleaner Production**

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/jclepro](http://www.elsevier.com/locate/jclepro)



An LCA framework to assess environmental efficiency of water reuse: Application to contrasted locations for wastewater reuse in agriculture

Camille Maesele<sup>a,b</sup>, Philippe Roux<sup>a,b,\*</sup>

<sup>a</sup>ITAP, Univ Montpellier, INRAE, Montpellier Sup-Agro, Montpellier, France

<sup>b</sup>ELSA, Research Group for Environmental Life Cycle Sustainability Assessment, Montpellier, France



RESTONS EN CONTACT!

[contact@life-zeus.eu](mailto:contact@life-zeus.eu)

- Critt Bio : Elise Blanchet : [elblanch@insa-toulouse.fr](mailto:elblanch@insa-toulouse.fr)
- Critt GPTe : Xavier Lefebvre : [xavier.lefebvre@insa-toulouse.fr](mailto:xavier.lefebvre@insa-toulouse.fr)
- INSA Toulouse : Christelle Guigui : [guigui@insa-toulouse.fr](mailto:guigui@insa-toulouse.fr)