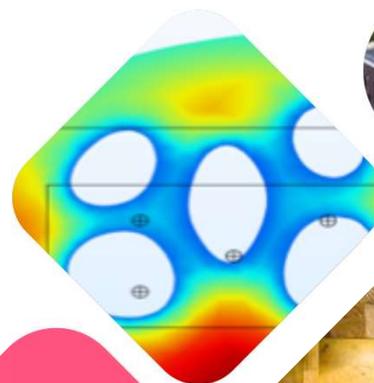


Minimisation des consommations d'eau dans les industries agro-alimentaires par le développement d'une approche intégrée.

- Méthodologie générale et principaux résultats -

Webinaire du réseau REUSE d'INRAE
25 janvier 2023

Wafa GUIGA, Claire FARGUES, Hédi ROMDHANA



Contexte:

Partenaires



<https://minimeau.fr/>

2 UMR: SayFood
ITAP

1 Industriel: ProSim

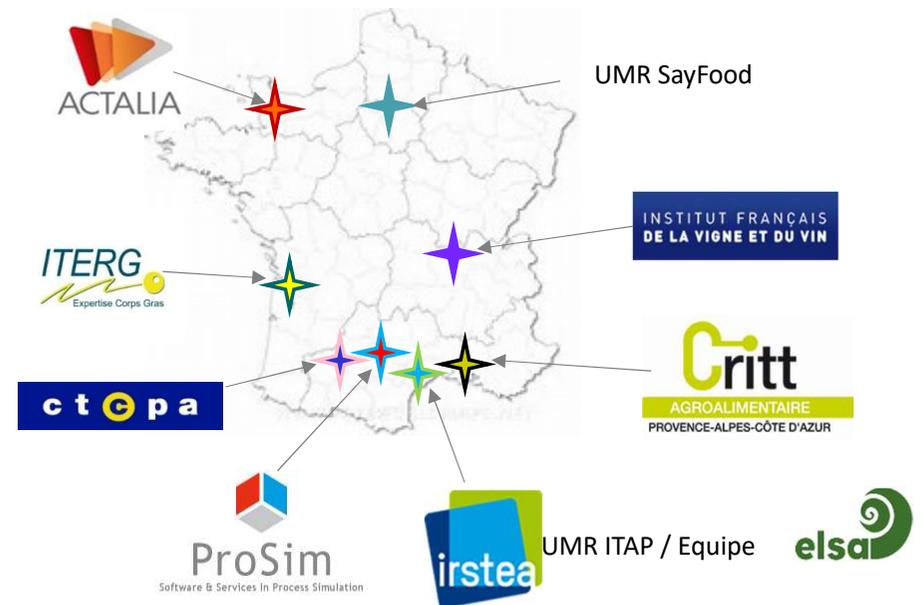
4 Instituts Techniques:
CTCPA (Conserve),
ACTALIA (Lait/Produits laitiers)
ITERG (Corps gras)
IFV (Vigne/vin)
UNGDA (Distillerie/alcool)

1 Centre de transfert:
CRITT Agroalimentaire PACA

Coordination scientifique:

Marie-Laure Lameloise

Claire Fargues



Objectif:

Développer un outil systémique pour réduire les consommations d'eau et évaluer l'impact environnemental des solutions

Choix: Boucles courtes de réutilisation/recyclage d'effluents récupérés "à la source".

Méthodologie

1. Déterminer la consommation minimum théorique
2. Reconcevoir les réseaux d'eau, avec ou sans traitement
3. Modéliser/simuler le réseau existant et modifié
4. Comparer les impacts environnementaux initiaux et du nouveau scénario avec et sans réutilisation

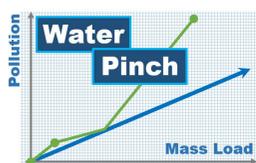
Thèses de Keivan Nemati et de Céline Garnier

Post-doctorat de Camille Maesele

Verrous identifiés

1. Consommation minimum théorique
2. Reconception des réseaux d'eau, avec ou sans traitement
3. Modélisation du réseau existant et modifié
4. Comparaison des impacts environnementaux initiaux et du nouveau scénario avec et sans réutilisation

Développement pincement eau



Inventaires complets, précis
Multi-polluants
Débits et compositions variables dans le temps
« eau propre »: concentrations limites à définir



Choix du traitement adapté et sa modélisation

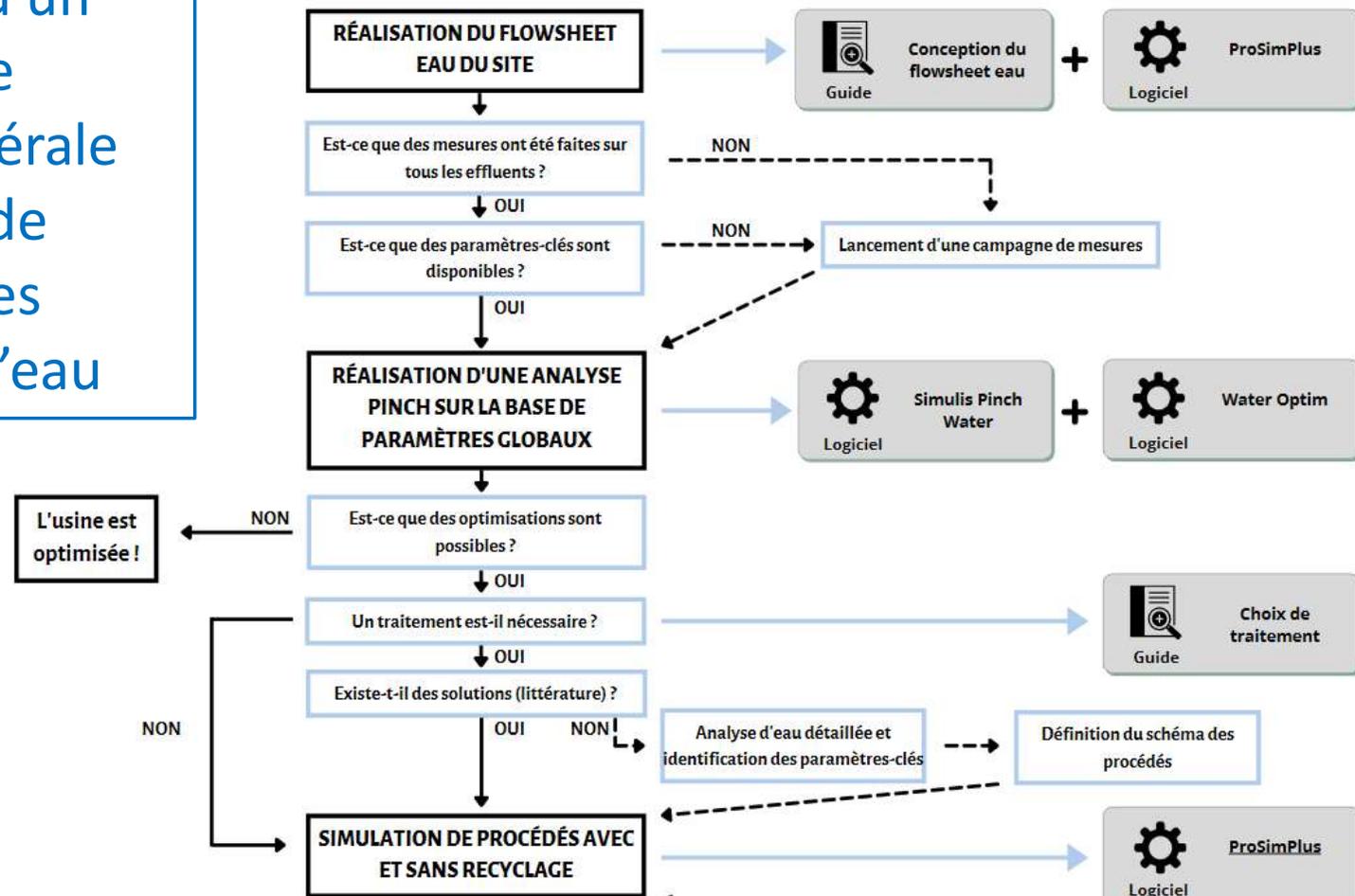
Composition précise des effluents → guider le choix

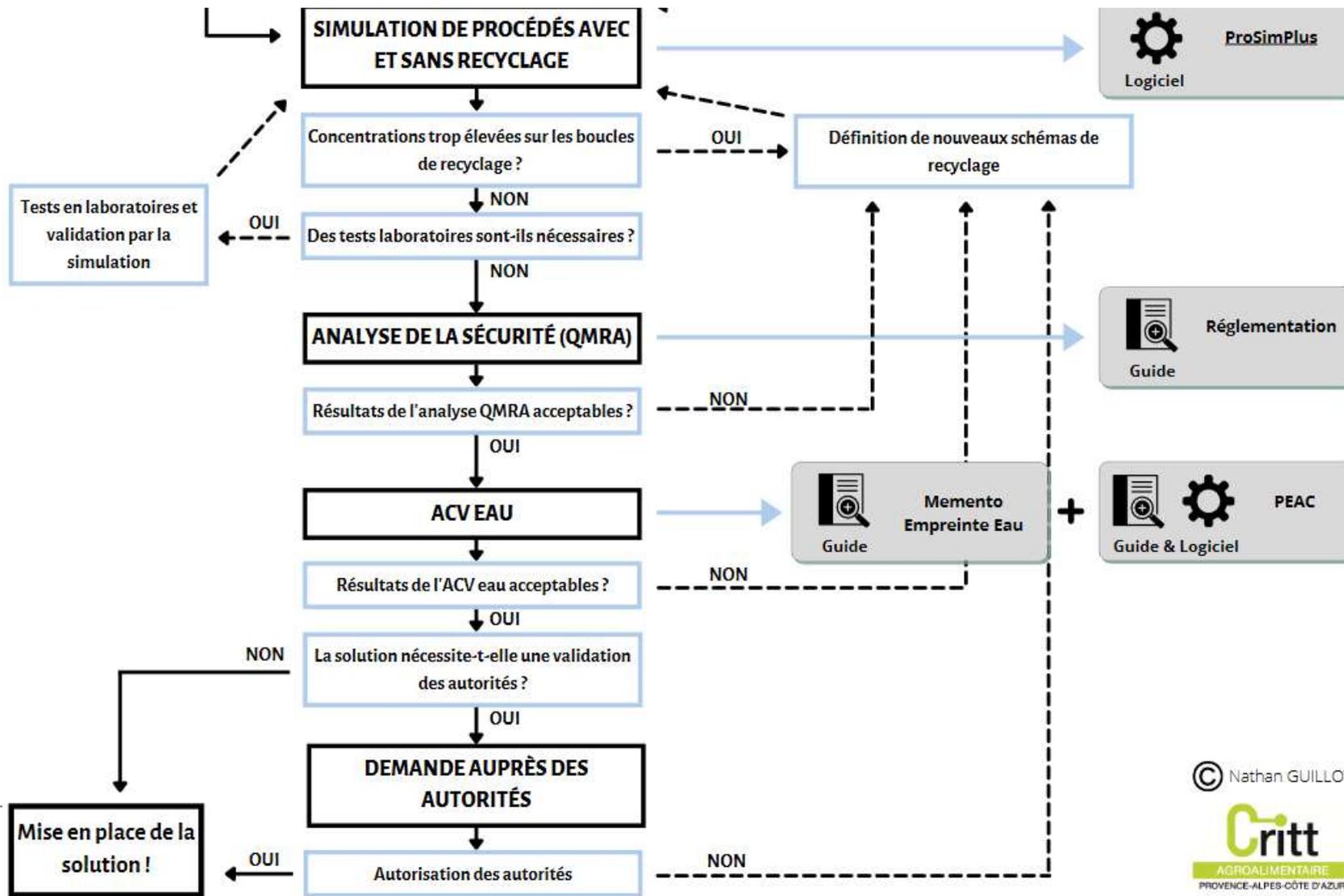
En fonction filière: effluents très différents → modèles génériques ?

Exigences réglementaires



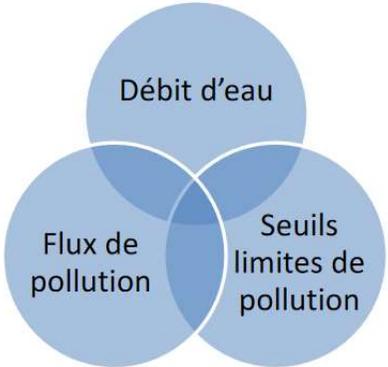
Développement d'un logigramme de méthodologie générale pour un projet de minimisation des consommations d'eau





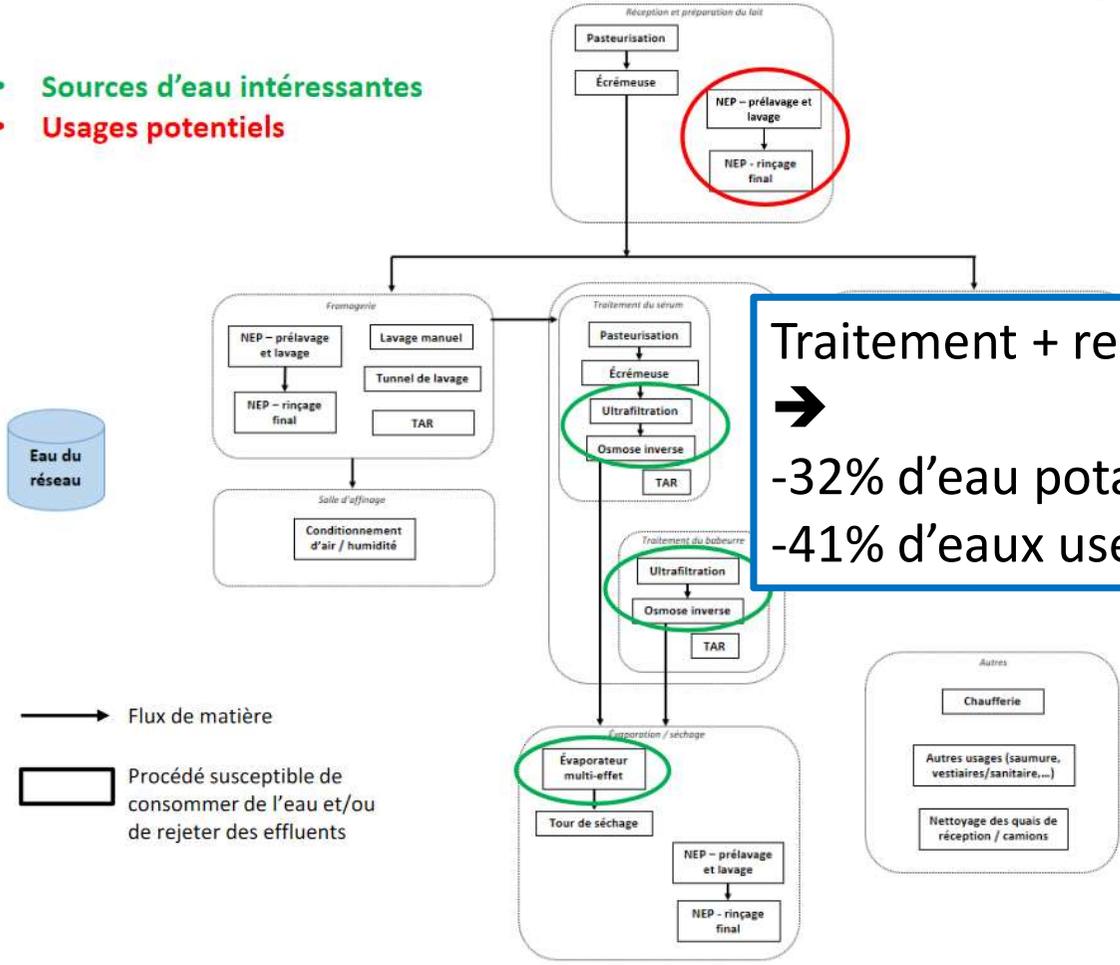
Diagnostics et identifications des flux intéressants

- Identifier les opérations unitaires génératrices ou utilisatrices d'eau;
- Réaliser un diagramme des flux d'eau
- Collecter 3 types de données par courant:



3 types de données

- Sources d'eau intéressantes
- Usages potentiels



Traitement + recyclage
 →
 -32% d'eau potable
 -41% d'eaux usées

Choix des procédés de traitement



Paramètres	Technologies envisageables					
	Filtre biologique	Coagulation / floculation / décantation	Filtration sur média	Adsorption	Filtration membranaire	Echange d'ions
MES		X	X		X (MF)	
Turbidité		X	X		X (MF ou UF)	
DCO	X	X	X	X (charbon actif)	X (MF, UF, NF ou OI)	
Conductivité					X (OI)	X
Azote totale	X				X	
Glucose, Fructose	X				X (NF dense ou OI)	
Saccharose	X				X (NF dense ou OI)	
Acide lactique	X				X (OI)	
Couleur		X	X	X (charbon actif)	X (MF, UF, NF ou OI)	

→ MF/UF + NF/OI

	Load	Origin	Pretreatment	Membrane treatment step (R% NaCl - MWCO)	TMP (bar)	J _p (L.h ⁻¹ m ⁻²)	Residuals through treatment step (R %)	Permeate use / Conclusion
FRUITS AND VEGETABLES	COD ~ 0.3 - 5 g.L ⁻¹	Low-contaminated wash water of fresh-cut vegetables	-	MF submerged (PVDF nominal pore size 0.2µm)	0.9	19 - 24	pH = 7.1-7.2 TSS 100 mg.L ⁻¹ (54.1%) Free chlorine 0 mg.L ⁻¹ (100%) Tot_chlorine 0.16 mg.L ⁻¹ (98%) Color: green	"Suitable for recycling"
			UF (SiC-0.05 or SiC-0.1) 2 bar/155 L.h ⁻¹ m ⁻²	RO (99.5%) SW30HR TW30	17	6 26	COD 52-60 mg.L ⁻¹ (92.4-93.49)	"Quality complying with the"
	COD = 70 - 85 g.L ⁻¹	Carrot peeling	Sieving (169µm and 79 µm) + MF (0.5µm)	RO (99.2%)	≤15	41	COD < 12 mg.L ⁻¹ (98%) Conducti < 8µS.cm ⁻¹ (98.3%) Sugars < 4 mg.L ⁻¹ (99.2%)	plants prior to the blanching step"
		Soy bean cooking water	Centrifugation or UF+UF	NF (150-300)	20	35-61	Sucrose N.D. (100%) COD 8.3 - 10 gO ₂ .L ⁻¹ (>80%)	(Centri or UF) + NF: water reuse

→ Elimination DCO > 93%

Validation des procédés et performances

Tests à l'échelle de laboratoire



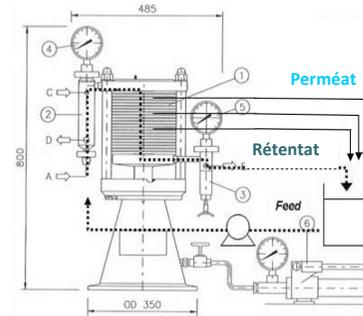
Tamissage

→ 169 μm + 79 μm

**Microfiltration
Ou Ultrafiltration**

Pour Turb < 1 NTU
→ UF 15 000 Da

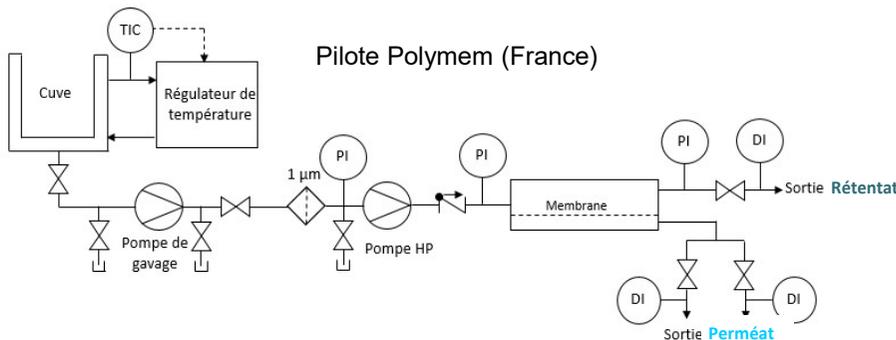
Nanofiltration ou Osmose Inverse Pilote LabStak® M20 (Alfa Laval, France)



Membranes: 4 NF + 3 OI
S : 360 cm²/membrane
PTM: 5, 10, 15, 20 et 30 bar

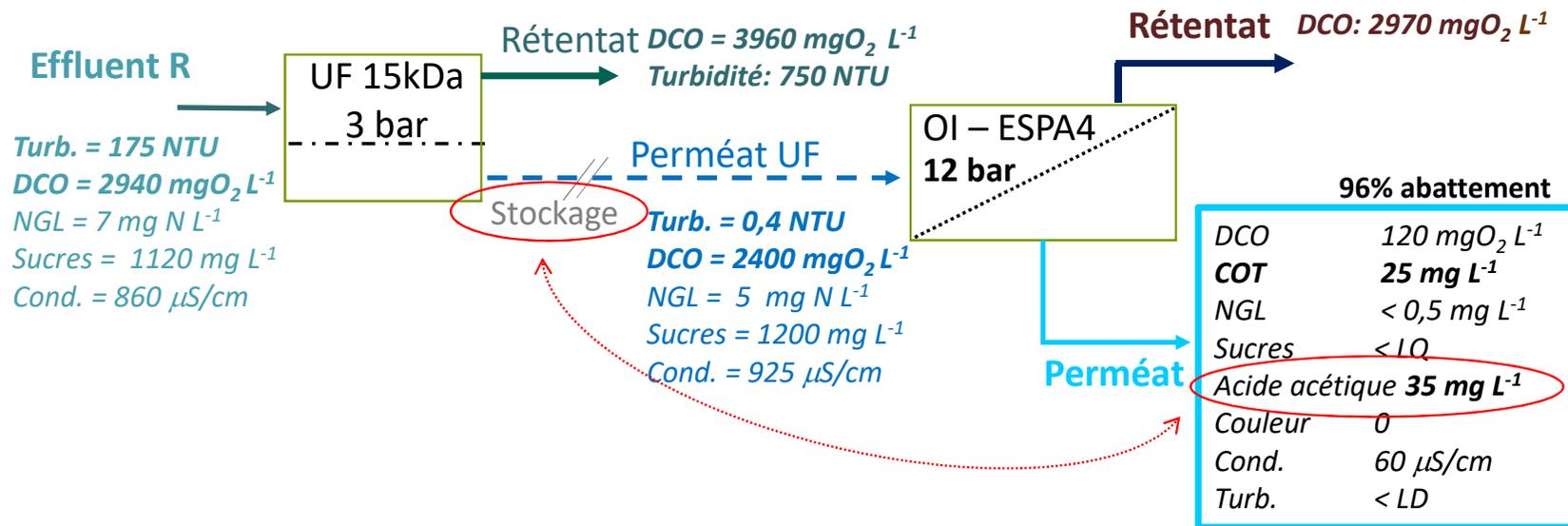
Pour meilleure combinaison
Abattement/Flux de perméat
→ OI : Membrane ESPA4

Optimisation des paramètres de conduite à l'échelle semi-industrielle



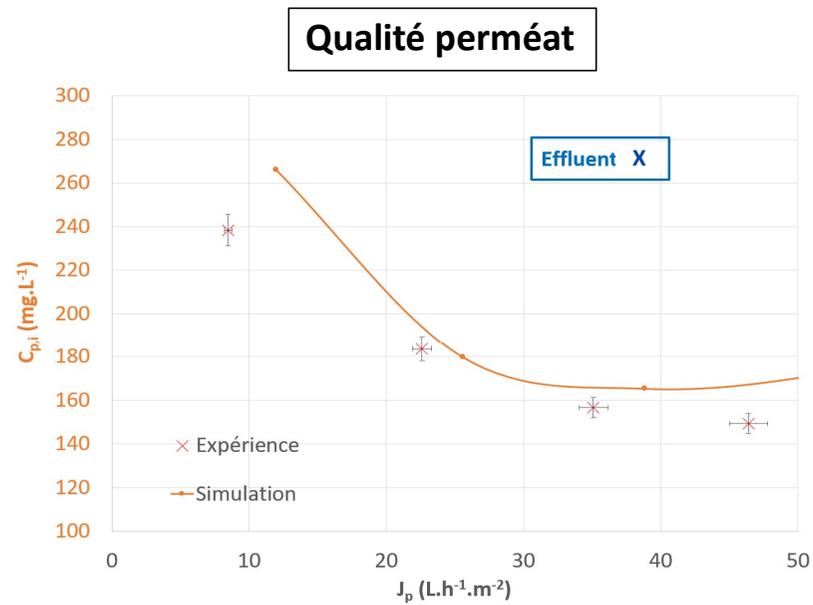
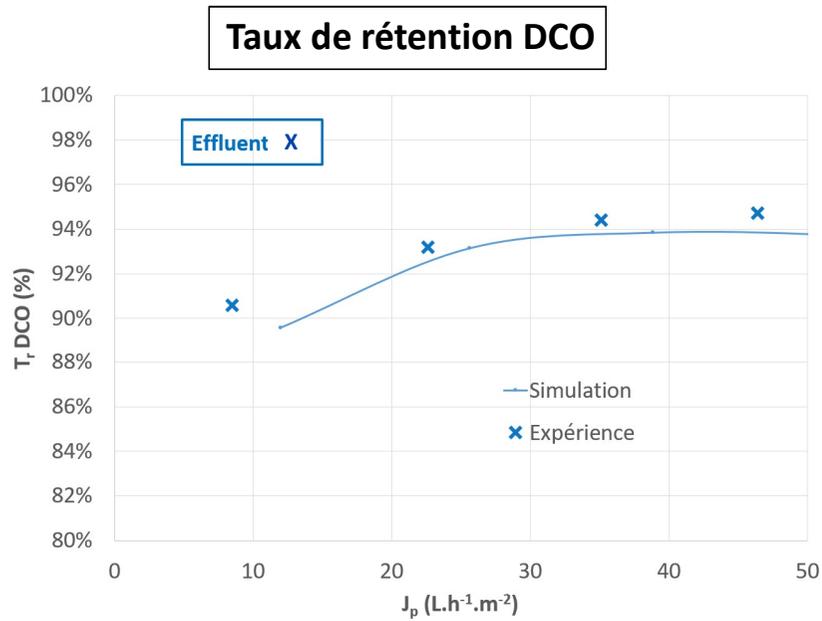
T = 30°C
Membrane spiralee : ESPA4 LD 2540
S : 1,86 m²
PTM: 2 à 18 bar (pas de dépassement du flux critique)
Débit rétentat: 200 à 650 L h⁻¹
FRV : 1 à 8

Optimum :
PTM = 12 bar
Débit = 450 L h⁻¹

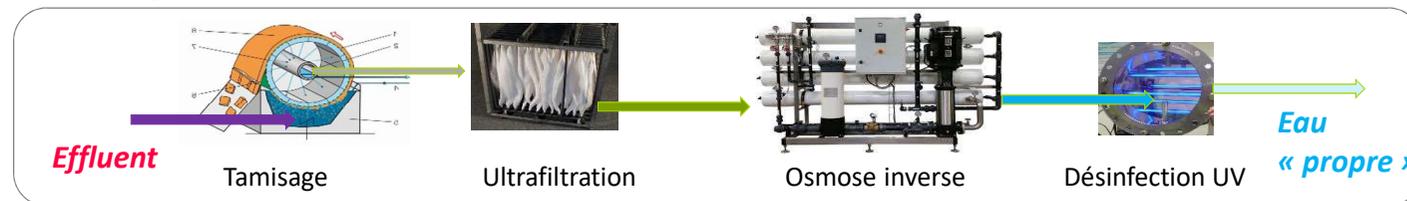


Simulation des résultats des expériences (échelle pilote)

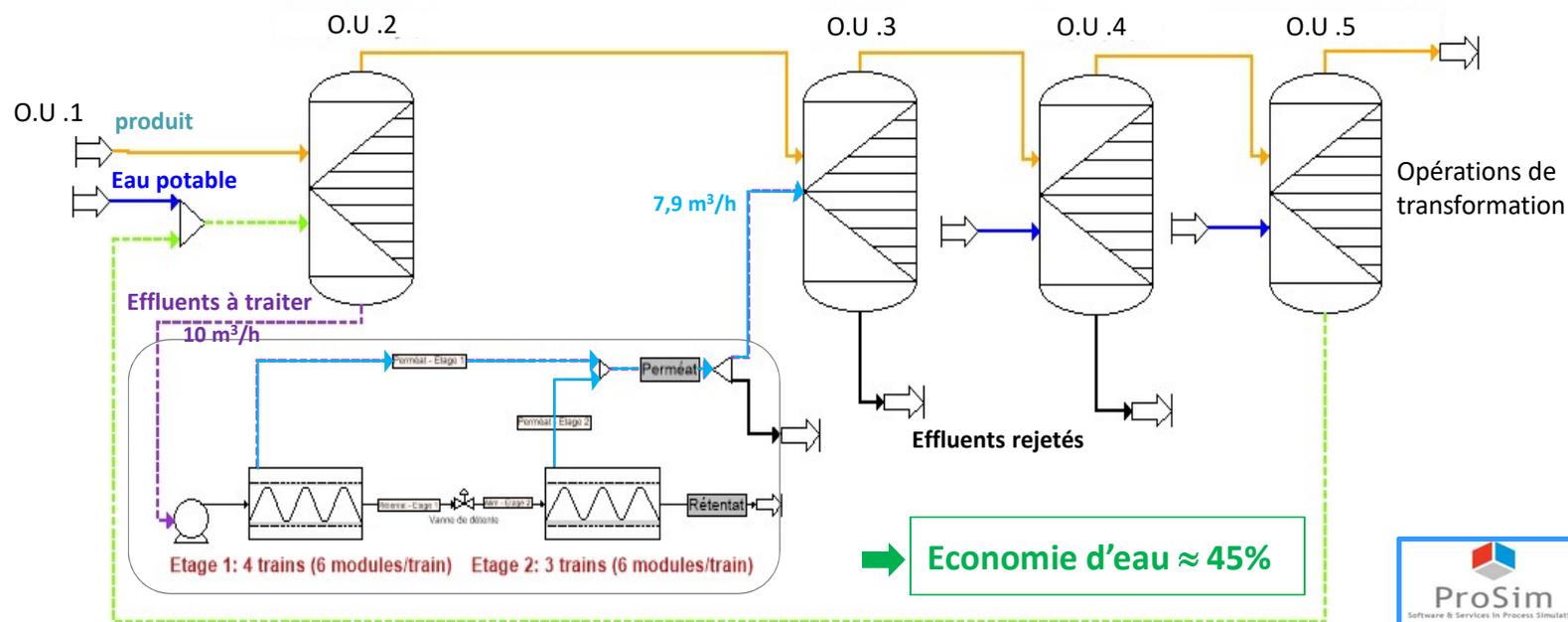
Extraction des constantes de transfert de différents solutés.



Mise au point du traitement des effluents



Intégration du traitement et simulation du réseau



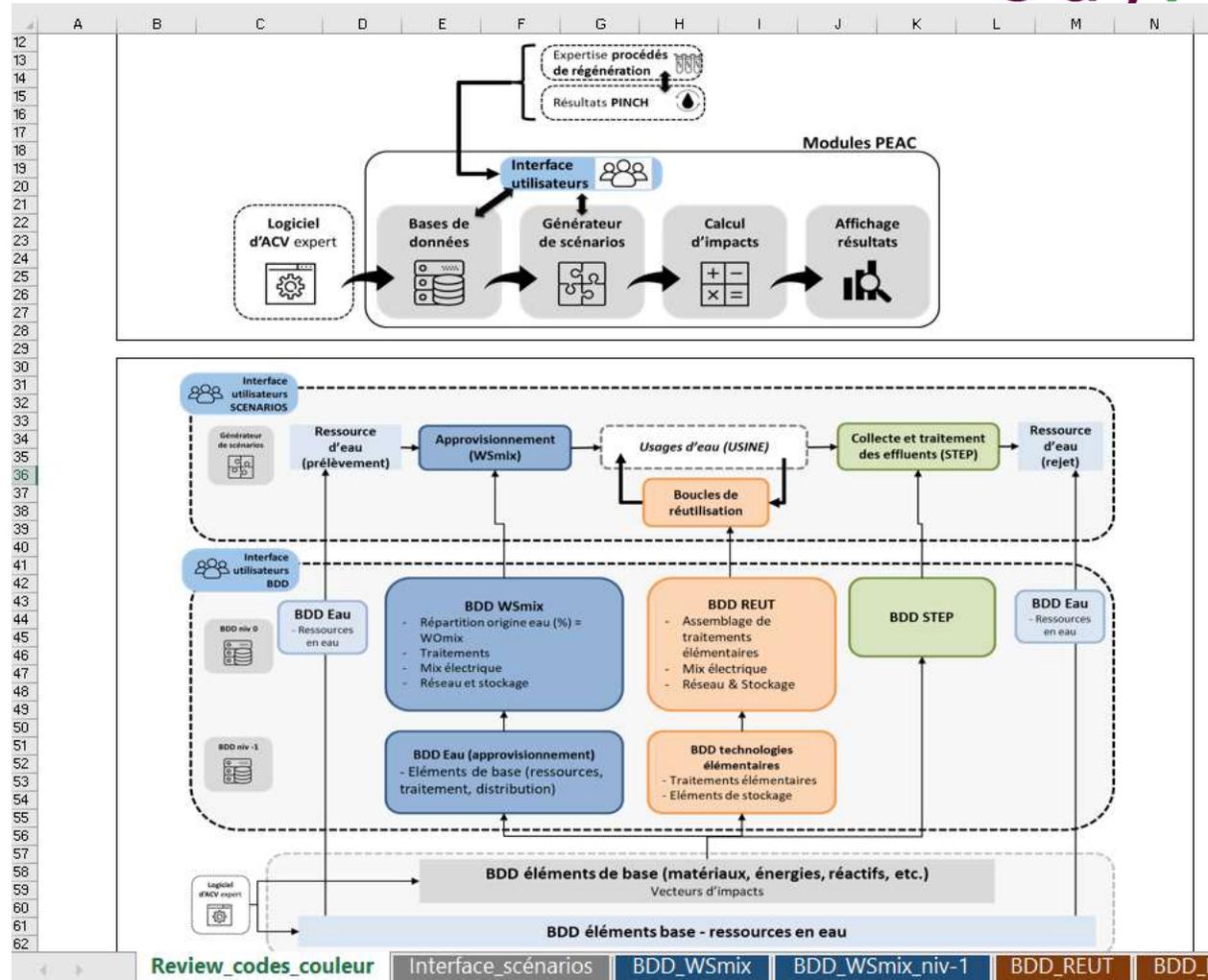
➔ Economie d'eau ≈ 45%



Simulation du réseau d'eau d'une usine avec traitement



Analyse environnementale de la solution



Analyse environnementale de la solution

Sans traitement

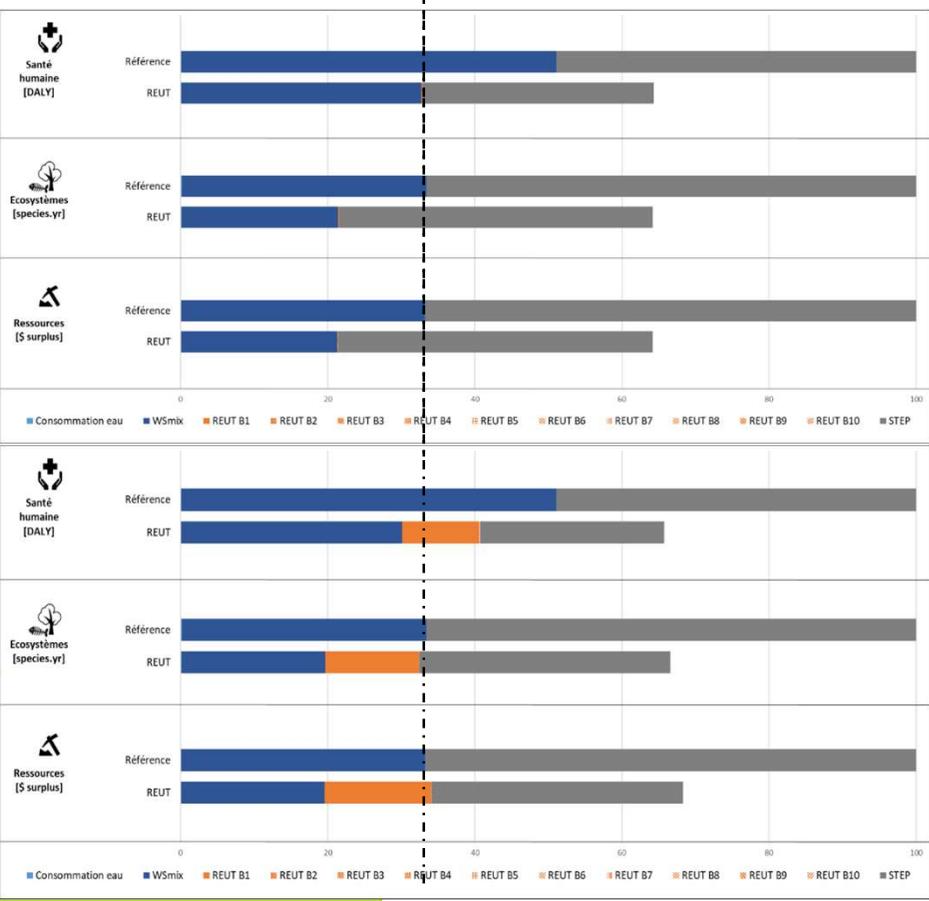
Avec traitement



Légende détaillée :

- Eau consommée (prélèvements - rejets) sur l'ensemble du système (usine)
- WSmix : approvisionnement en eau de l'usine (traitement + acheminement)
- STEP : traitement des effluents (usine + concentrats de REUT)

Scénario de référence
Scénario REUT

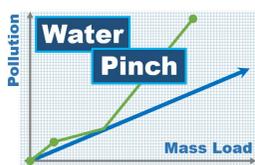


Verrous "persistants"

Déroulé de la méthode

1. Consommation minimum théorique
2. Reconception des réseaux d'eau, avec ou sans traitement
3. Modélisation du réseau existant et modifié
4. Comparaison des impacts environnementaux initiaux et du nouveau scénario avec et sans réutilisation

Développement pincement eau



Multi-polluants

Inventaires complets, précis

Débits et compo variables dans le temps

Qualité seuil « eau propre » à définir

Exigences réglementaires

QMRA



Choix du traitement adapté et sa modélisation

Composition précise des effluents => guider le choix

En fonction filière: effluents très différents => **modèles génériques ?**

Changement de paradigme

Fin du "tout à la STEP"

==> Nouveaux investissements (traitement + circuits)

==> Quid du fonctionnement en sous régime des STEP?

Merci de votre attention



<https://minimeau.fr/>

Investissement :
UF: 15 000 €
OI: 55 000 €

Fonctionnement :
≈ 8 000 € / an

Temps de production (21 h/j)
Sur les 2/3 de l'année
→ Coût au m³ sur 10 ans
≈ 40 c€ / m³

Estimation des coûts

