



La Région
Occitanie
Pyrénées - Méditerranée



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

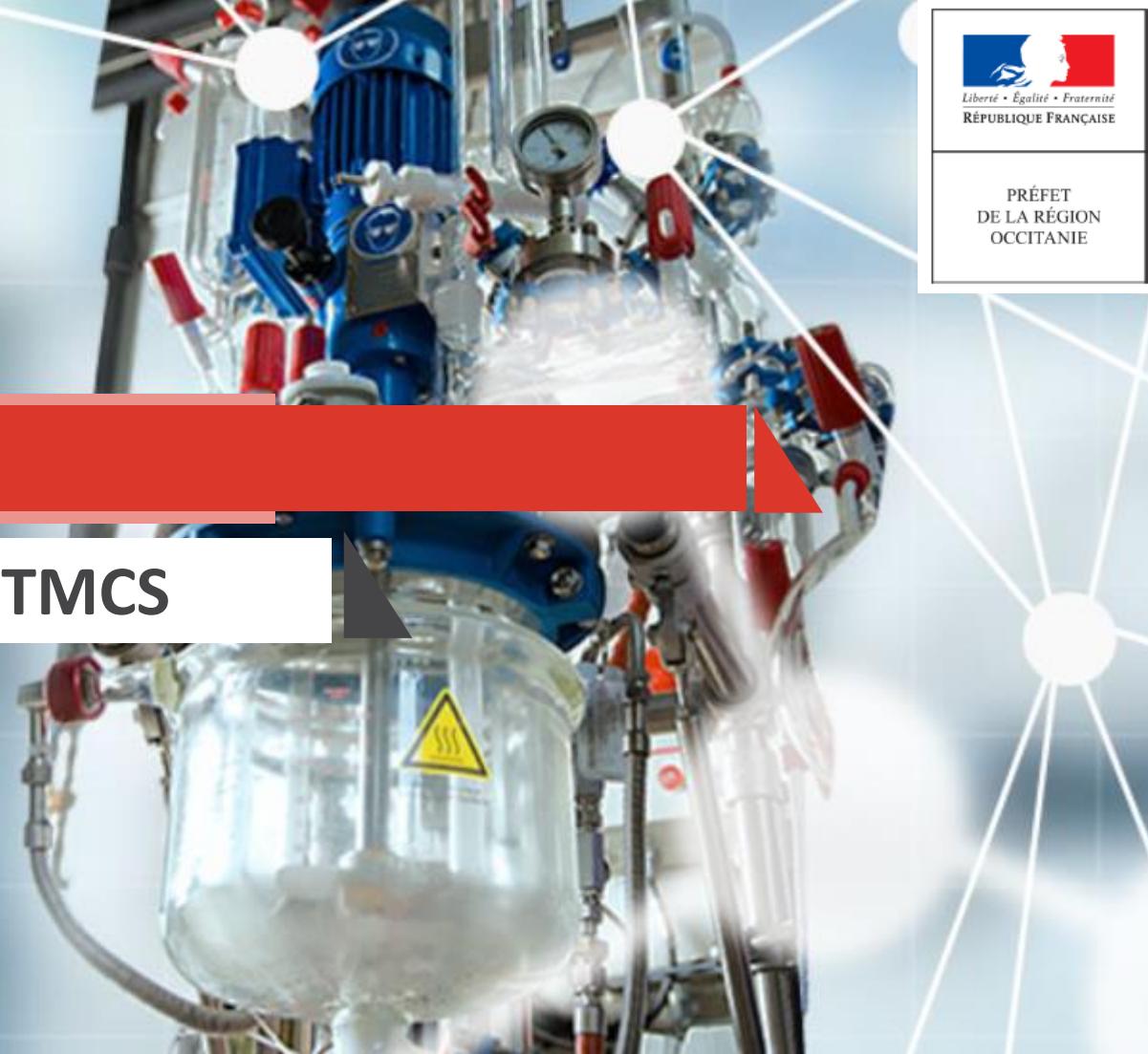
PRÉFET
DE LA RÉGION
OCCITANIE

CRITT – Procédés et Environnement

Traitement et Valorisation des Urines / TMCS

CRITT
PROCÉDÉS ET
ENVIRONNEMENT

NEREUS



CRITT Génie des Procédés Technologies Environnementales, Institut National Polytechnique de Toulouse, 4 allée Emile Monso 31030 Toulouse Cedex 4
Tél. : 05 34 32 36 31 – Mail. : CRITT@ensiacet.fr
<http://www.gpte.critt.net/>

CRITT
PROCÉDÉS ET
ENVIRONNEMENT

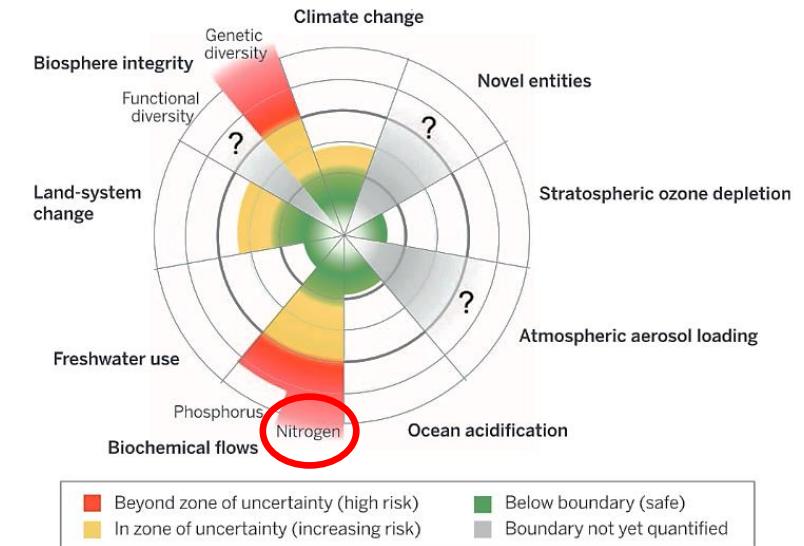


3BcAR
INP TOULOUSE **INSA** INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUÉES TOULOUSE

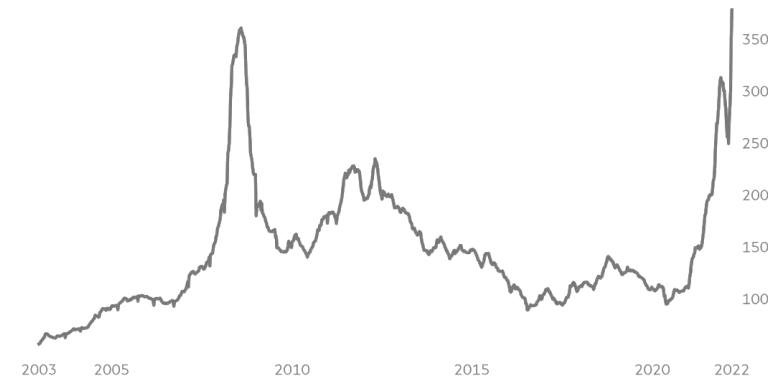
Contexte : L'azote un double challenge

■ Impact des effluents azotés:

- Eutrophisation
- Coût important du traitement en station d'épuration
- Emissions de N_2O



Fertiliser prices hit new highs
CRU Fertiliser price index (Jan 2006=100)

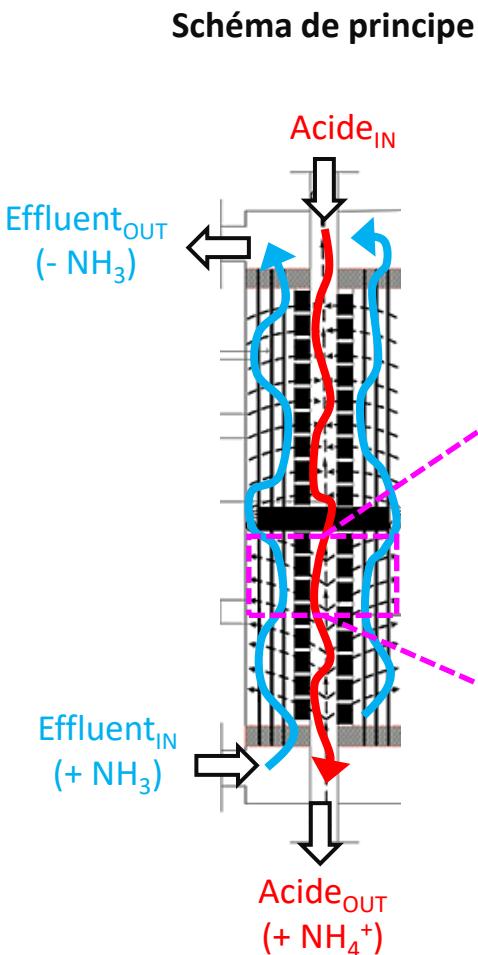


Source: CRU
© FT

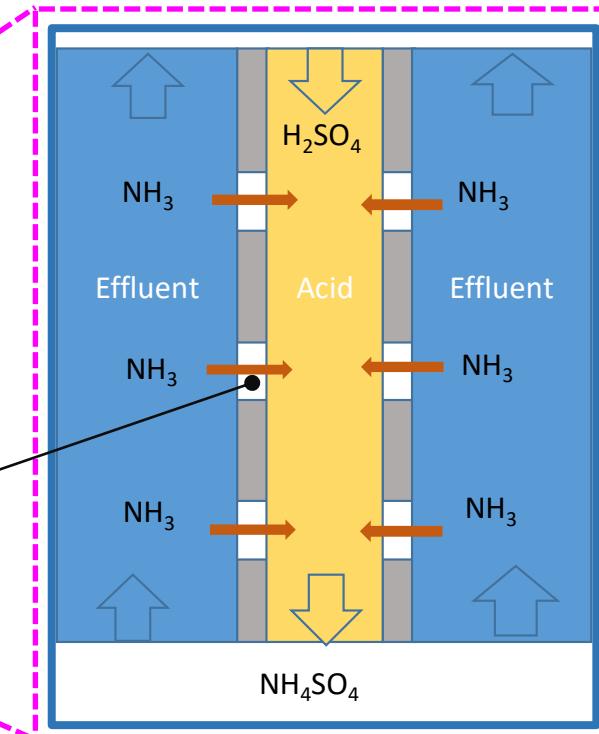


Contexte : Propriété de l'azote ammoniacal

Principe : stripping du NH_3 à travers une membrane poreuse (gaz) et récupération du NH_3 dans une solution acide.



Zoom au niveau d'une fibre de la membrane
 $\text{NH}_3 \rightarrow$ transfert Liq / Gaz / Liq

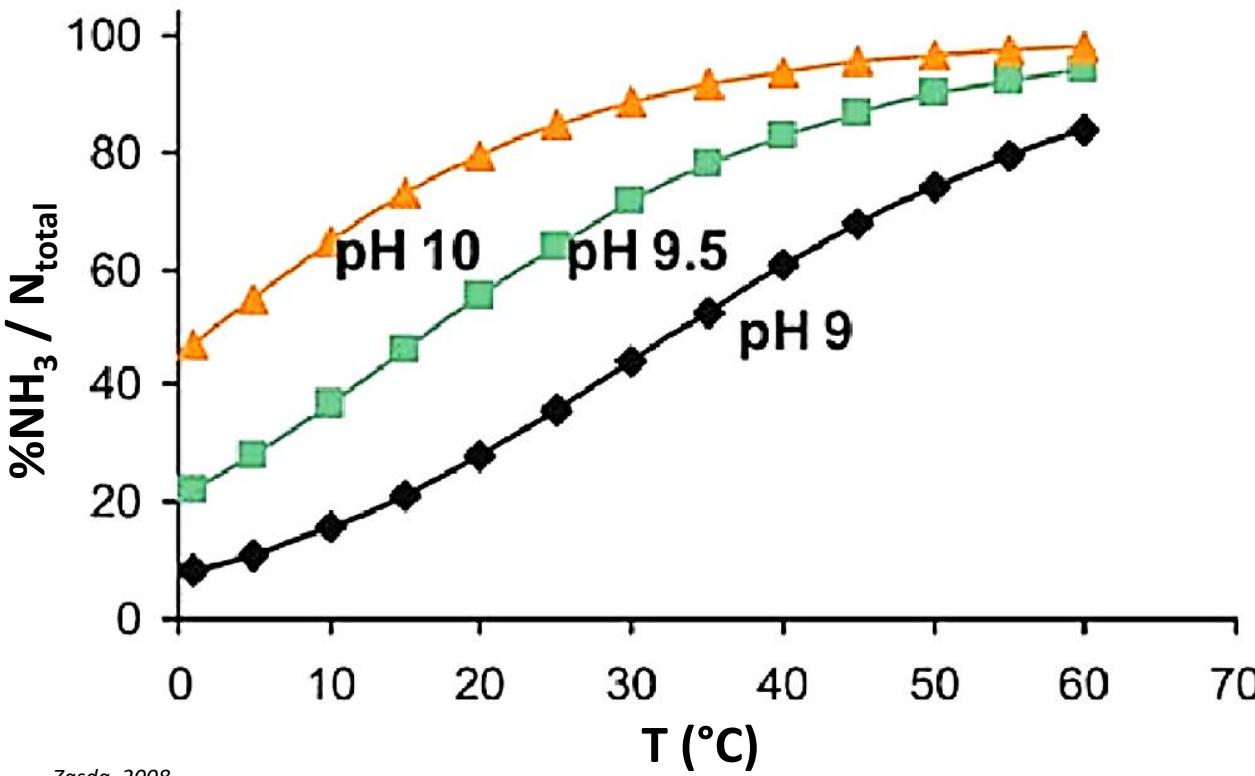


Coté effluent – Elimination de l'azote ammoniacale / Coté acide – production d'une solution d'ammonium



Contexte : Propriété de l'azote ammoniacal

- En solution deux formes : l'ammonium (NH_4^+) et l'ammoniac (NH_3)
- dépend du pH et de la température



Zasda, 2008

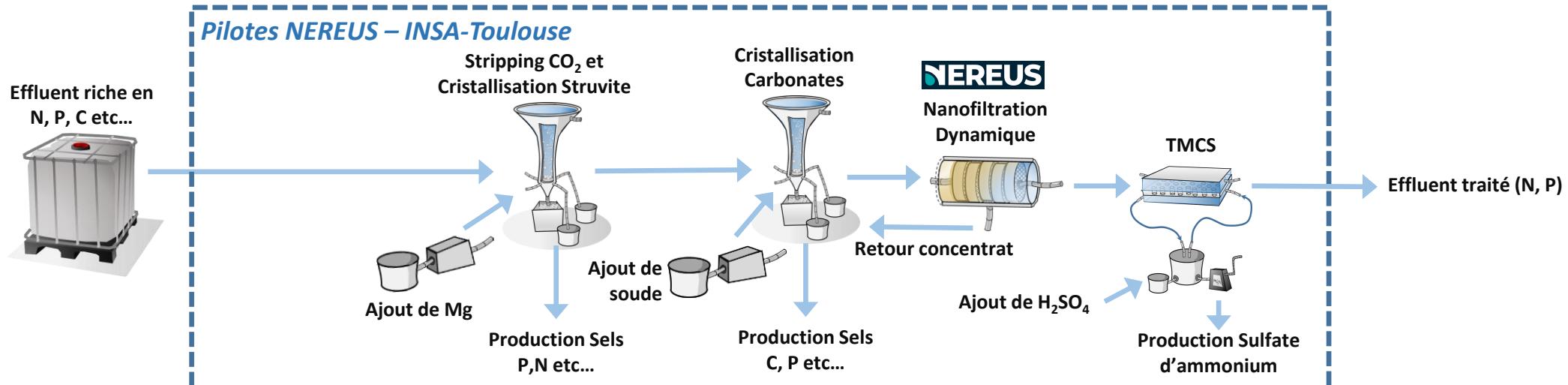
Le passage en phase gaz peut donc être une méthode sélective de traitement de l'azote ... et de valorisation.

Mais pour cela besoin \uparrow le pH et/ou $\uparrow T^{\circ}\text{C}$



Impact augmentation pH → Filière proposée

L'augmentation du pH peut entraîner des précipitations → besoin de pré-traitement



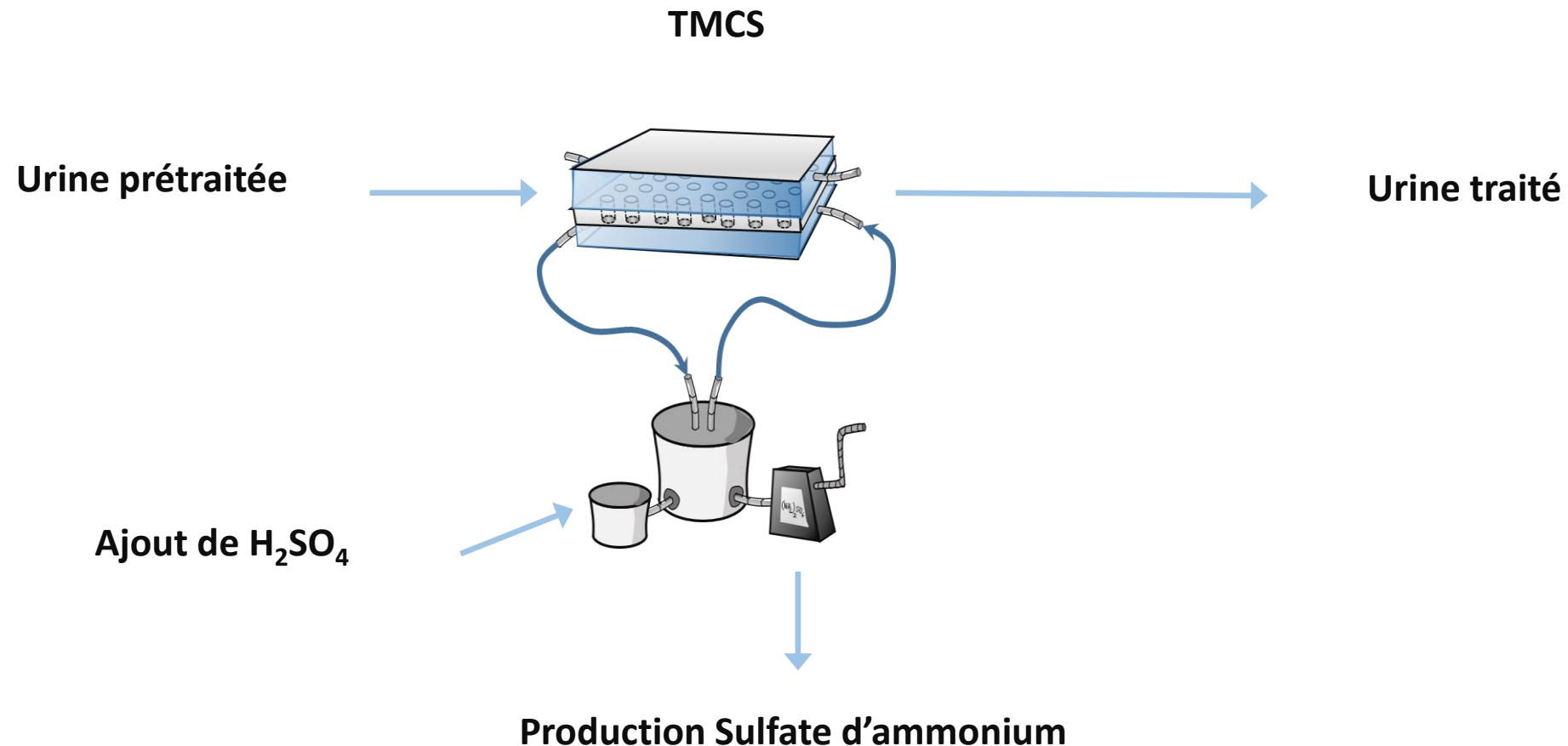
Besoin de prétraitements

Filière construite et étudiée

- Sur digestat Agricole
- Sur digestat bio-déchets
- Sur digestat STEP
- Sur urine animale
- Sur urine humaine

En boucle ouverte sur l'urine

En boucle fermée sur l'acide : concentration du sulfate d'ammonium



Programme de recherche sur le sujet à TBI et collaboration NEREUS

2015

- Projet ODEXA (ADEME)
- Projet VALODIM (PSPC)
- Projet OMIX (ADEME, Région Occitanie)
- Projet DESIGN (ANR)



Chemical Engineering Journal
Volume 444, 15 September 2022, 136491



Review
Transmembrane chemical absorption technology for ammonia recovery from wastewater: A critical review
Irene Gonzalez-Salgado, Christelle Guigui, Mathieu Sperandio



Journal of Membrane Science
Available online 13 September 2023, 12086
In Press, Journal Pre-proof



Influence of feed salinity on ammonia recovery from high-strength effluents in transmembrane chemical absorption process
Irene Gonzalez-Salgado, Mansour Bounouba, Simon Dubois, Evrard Mengelle, Christelle Guigui, Mathieu Sperandio



- Prétraitements optimaux
- Effets de la salinité
- Conditions opératoires optimales (pH, T, débit)
 - Maximiser le transfert de NH₃
 - Minimiser le transfert de H₂O
 - Minimiser besoin d'énergie
 - Minimiser les réactifs chimiques

Fev 2023

Thèse de Irene Gonzalez Salgado (soutenue février 2023)

Collaboration transfert de technologie et accompagnement avec la société



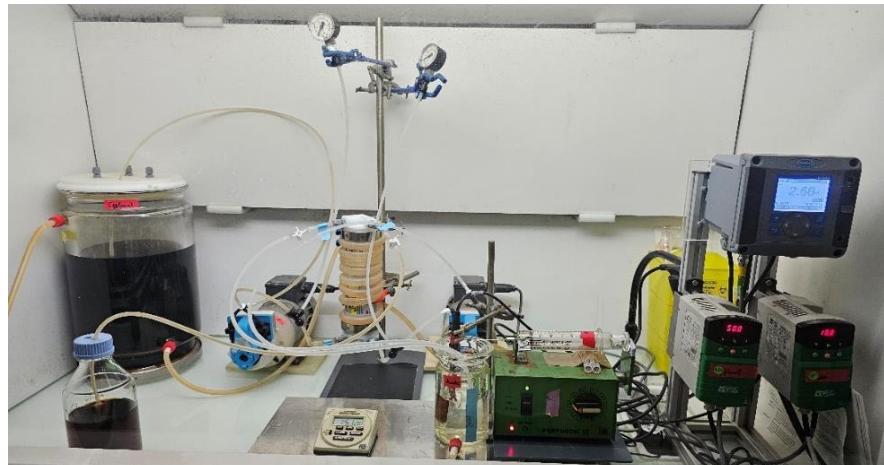
Digestat bio-déchets

Digestat STEP avec la Métropole de Lyon
Urine humaine avec la Métropole de Lyon

Aujourd'hui



Deux échelles d'approches



Pilote de laboratoire avec carter membranaire industriel

Production de lot de sulfate d'ammonium

1 – 4 L/h d'effluent traité en batch

Traitement de 10 – 20 L d'effluent maximum

Production de lot de sulfate d'ammonium ~ 200 ml

Étude de verrous technique pour concentrer la solution de valorisation.



Pilote semi industriel sur site (mis en oeuvre par NEREUS) sur la STEP de la FEYSSINE

100 – 150 L/h d'effluent traité en continu

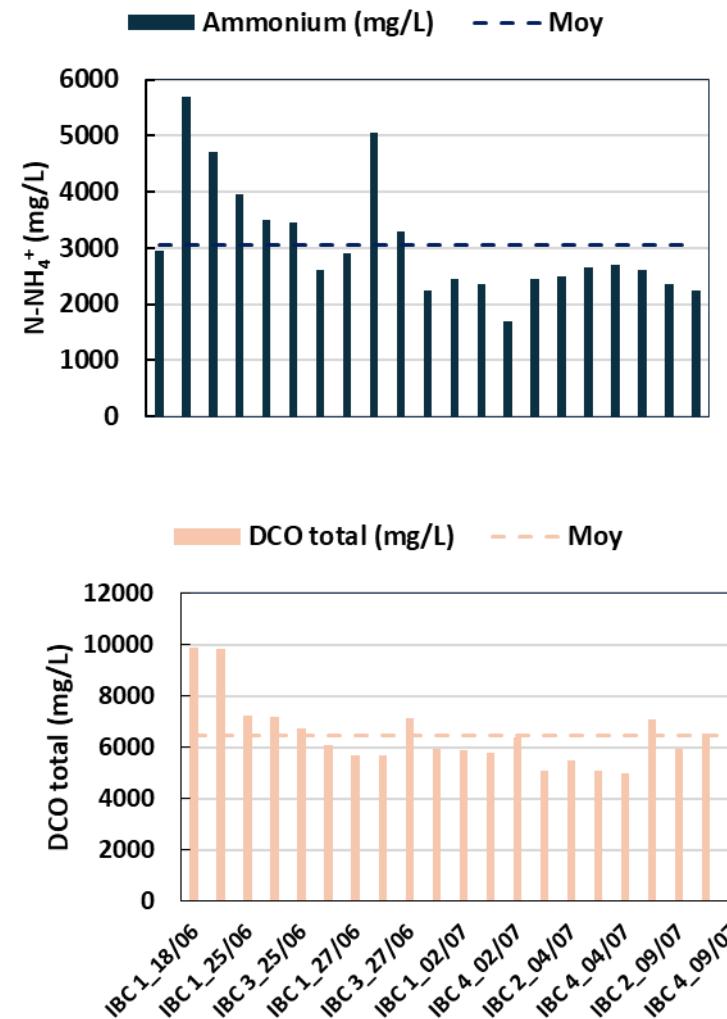
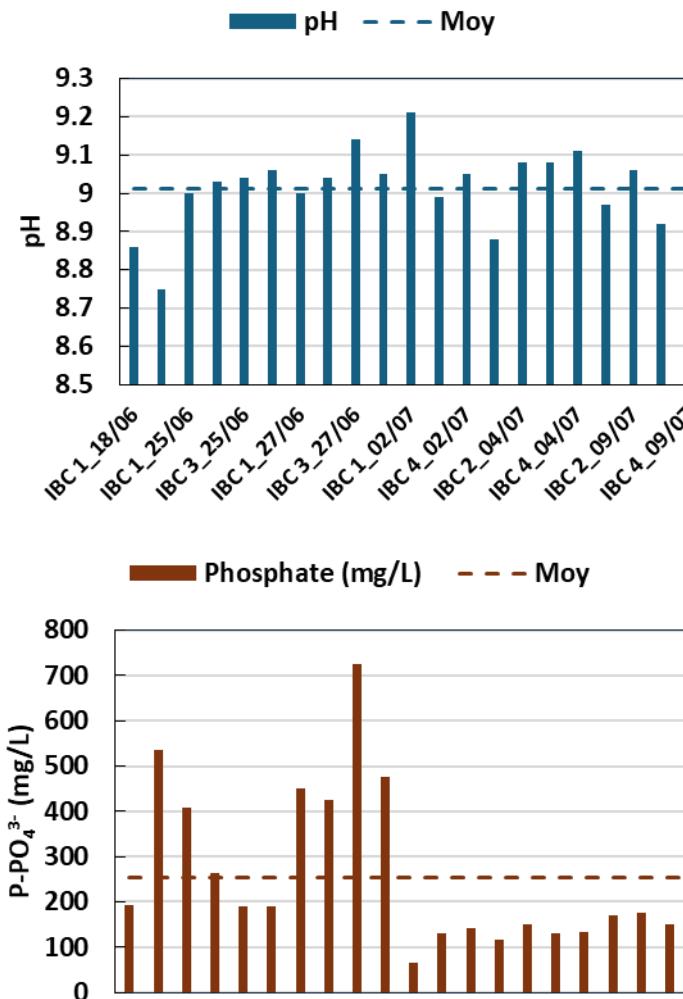
Traitement de 3,4 m³ réalisé en continu

Production de lot de sulfate d'ammonium ~ 150 L

Étude de faisabilité en conditions réelles

Exemple du projet FERTICITE avec la Métropole de Lyon sur la valorisation des urines

Caractérisation des urines stockées en IBC



20 IBCs analysés

$\text{pH } 9,01 \pm 0,10$

Concentration N et P variables

$\text{N}_{\text{moy}} \sim 3000 \text{ mgN/L}$

$\text{P}_{\text{moy}} \sim 250 \text{ mgP/L}$

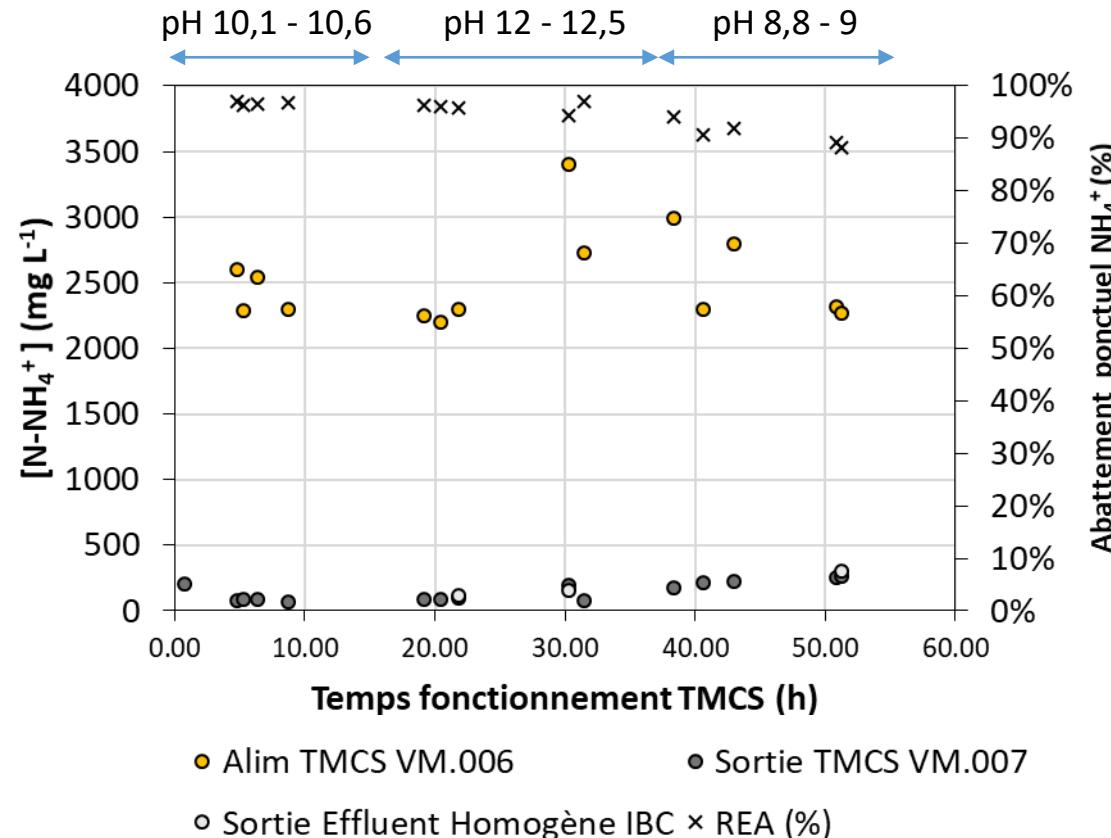
$\text{Mg}^{2+} < 5 \text{ mg/L}$

Ca^{2+} généralement $< 10 \text{ mg/L}$
(max 23 mg/L)

$\text{T}^{\circ}\text{C}_{\text{moy}} = 26,3 \pm 3,5$

Extraction de l'azote

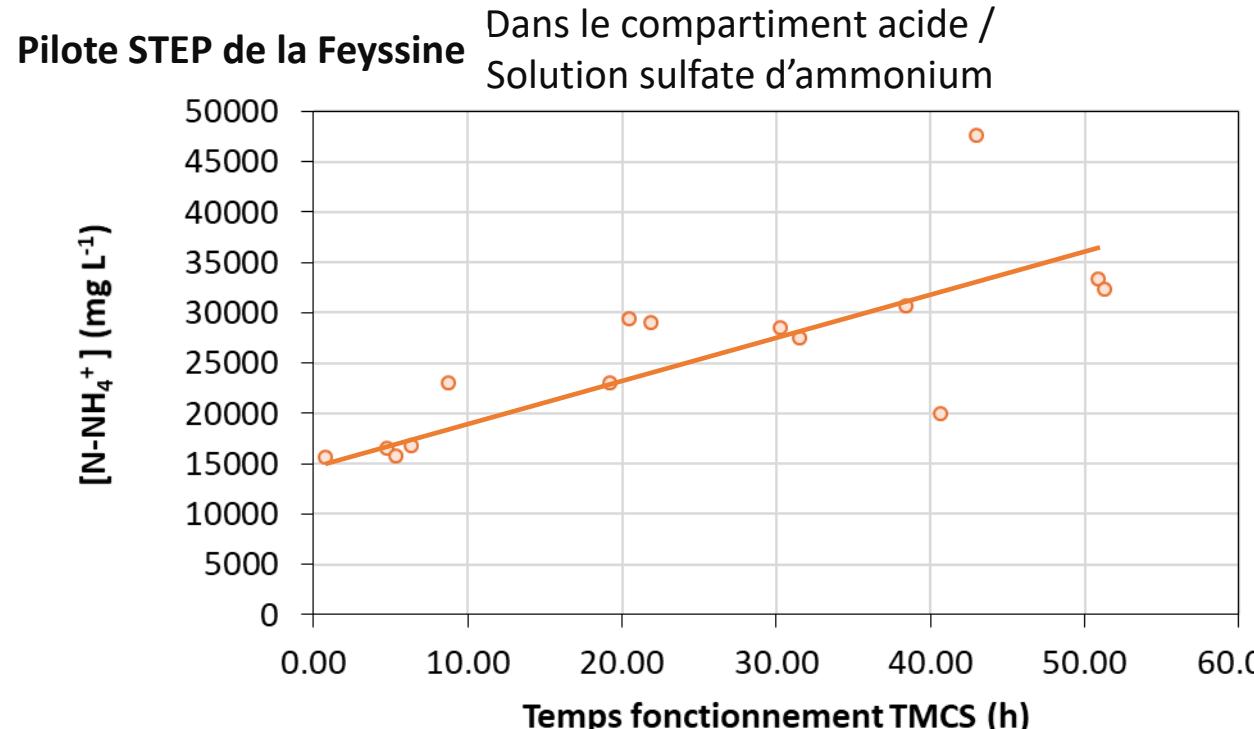
Pilote STEP de la Feyssine



3400 L traités par la membrane TMCS
Equivalent urine journalier 2250 personnes

Rendement extraction N : 88 – 97 % en
fonction du pH d'entrée

Concentration en azote dans la solution de sulfate d'ammonium

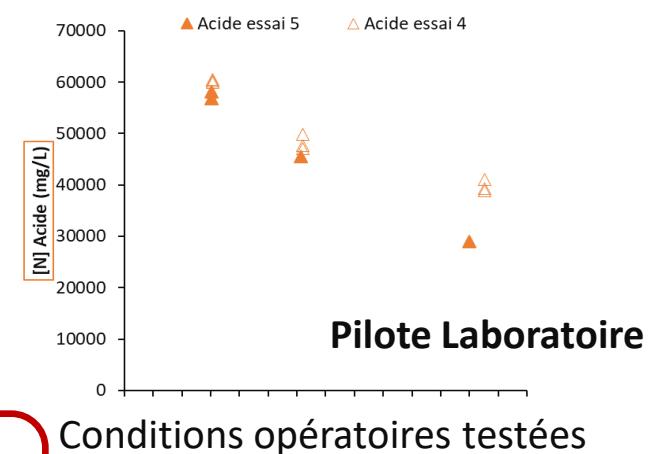


150 L de sulfate d'ammonium produits

pH 6,5;

41,5 gN/L / 80 gN/L solution commerciale

Solution concentrée : une concentration de 50 gN/L attendue → dilution par le transfert d'eau

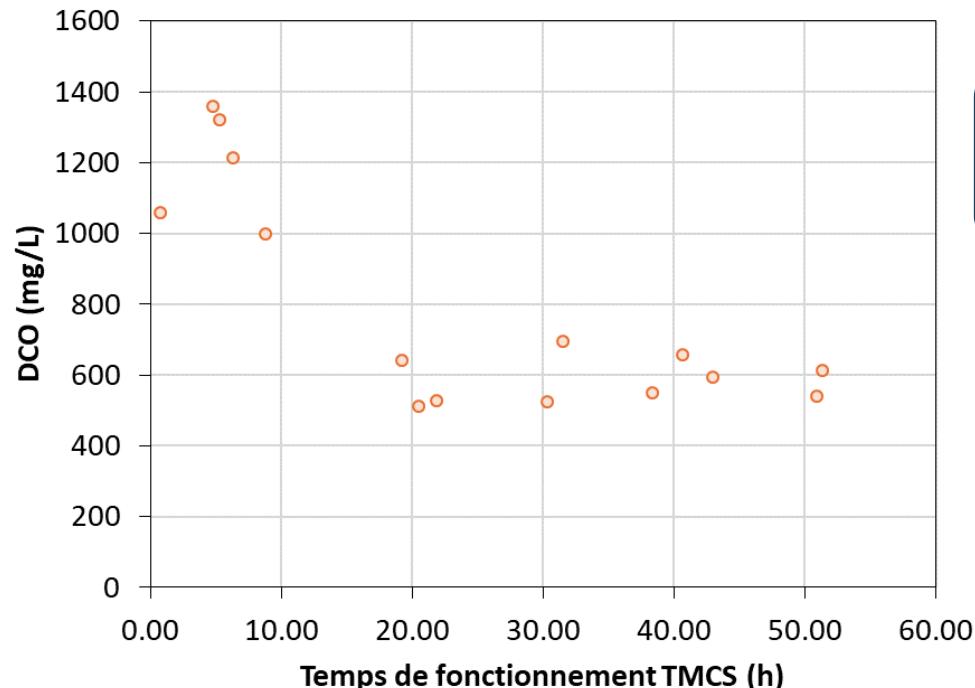


En laboratoire démonstration d'une conduite du procédé permettant de limiter l'impact du transfert d'eau... → 60 gN/L / 80 gN/L solution commerciale

Questions de la DCO dans la solution de sulfate d'ammonium

Pilote STEP de la Feyssine

Dans le compartiment acide /
Solution sulfate d'ammonium



Accumulation de DCO dans la solution de sulfate d'ammonium et obtention d'un plateau !

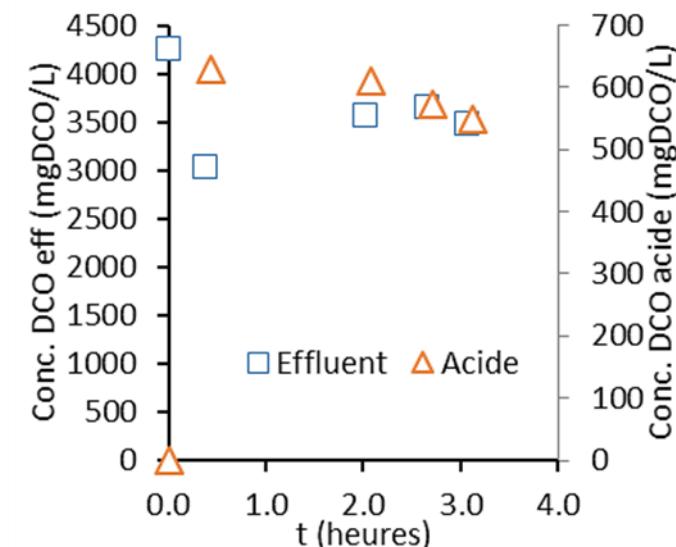
~ 0,4 % de la DCO coté pilote in-situ
~ 1% de la DCO coté laboratoire

Concentrations typiques dans l'urine

(non exposés professionnellement) INRS:

- Acétone : 0,5–50 mg/L
- Éthanol : 0,1–10 mg/L (selon consommation)
- Accumulation de certains composés volatils coté acide

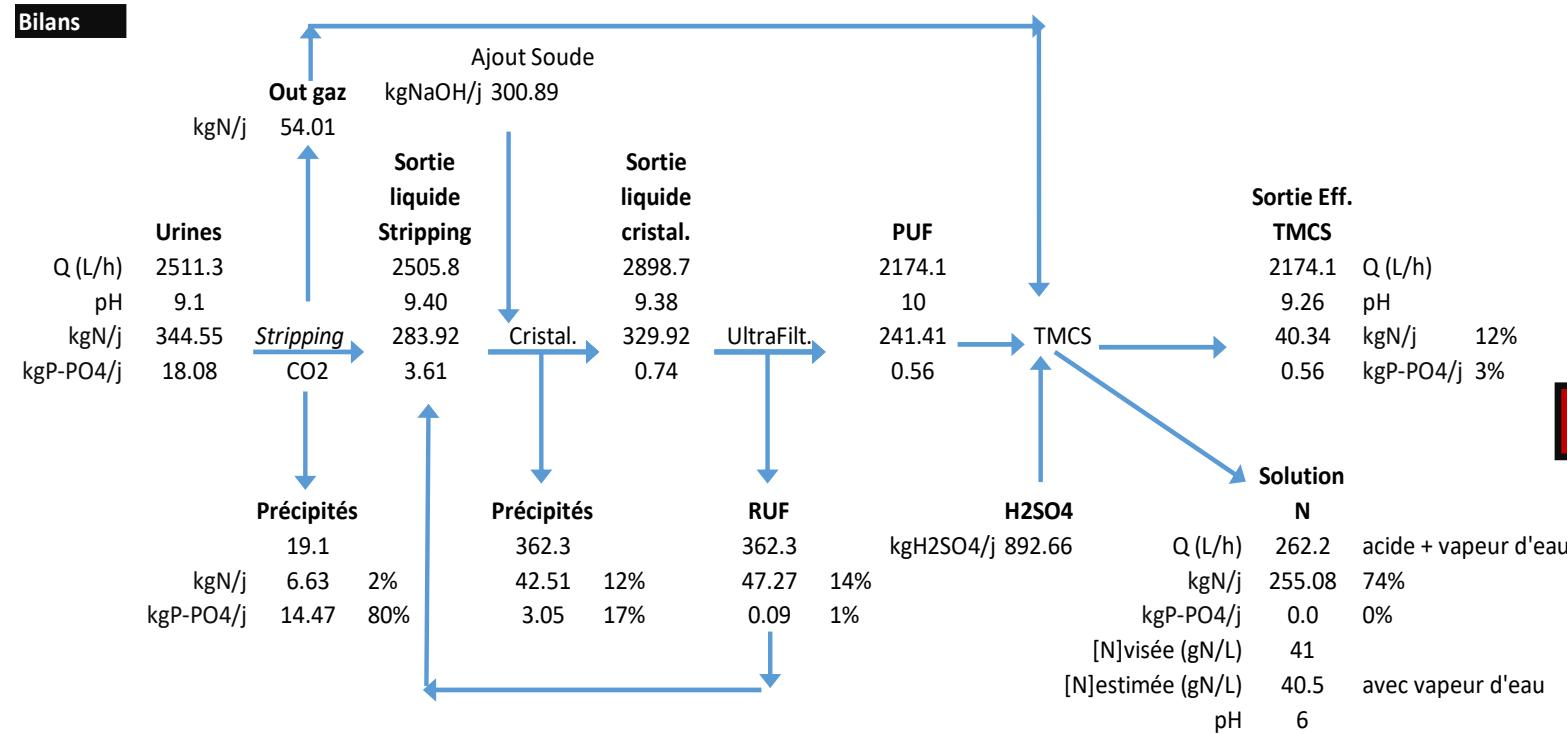
Résultats confirmés en laboratoire



Question non résolue aujourd'hui : qu'est-ce qui constitue cette DCO (composés organiques volatils) ? Cette DCO ou une part de cette DCO est-elle problématique pour la valorisation agro de la solution ?

Etudes de scenario (travail collaboratif CRITT-GPTE / NEREUS)

Outil flux matières développé par le CRITT-GPTE via les expériences réalisées par le CRITT-GPTE et NEREUS
 Couplage OPEX/CAPEX assuré par NEREUS



Pour scénario 2200 EH
 OPEX ~ 1,4 €/kgN éliminé
 Sur autres effluents concentrés type digestat
 → 3 – 3,5 €/kgN éliminé
Impact majeur du besoin en soude

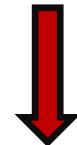
Conclusions et perspectives

Le TMCS est un procédé de traitement et de valorisation de l'azote ammoniacal :

- Efficace
- Adaptable à différents effluents → Produit final stable
- Technique
- OPEX < Stripping conventionnel (chaleur + énergie pour apport d'air)

Questions encore en suspens :

- Contrer encore plus le transfert d'eau → peut-on concentrer au maximum la solution de sulfate d'ammonium ?
- Qualité et impact de la DCO transférée dans la solution de sulfate d'ammonium ?
→ Présence de micropolluants ? Si oui lesquels et à quelle concentration ?
- Existe-t-il un marché pour ces solutions de sulfate d'ammonium ?
- **Potentiel agronomique de ces solutions de sulfate d'ammonium avec ce qu'elles contiennent en plus ?**



Projet exploratoire TEVALU - 2 (2025)

METAPROGRAMME
BETTER

Réalisée par

