



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/>

3Bcar

CRITT
PROCÉDÉS ET
ENVIRONNEMENT

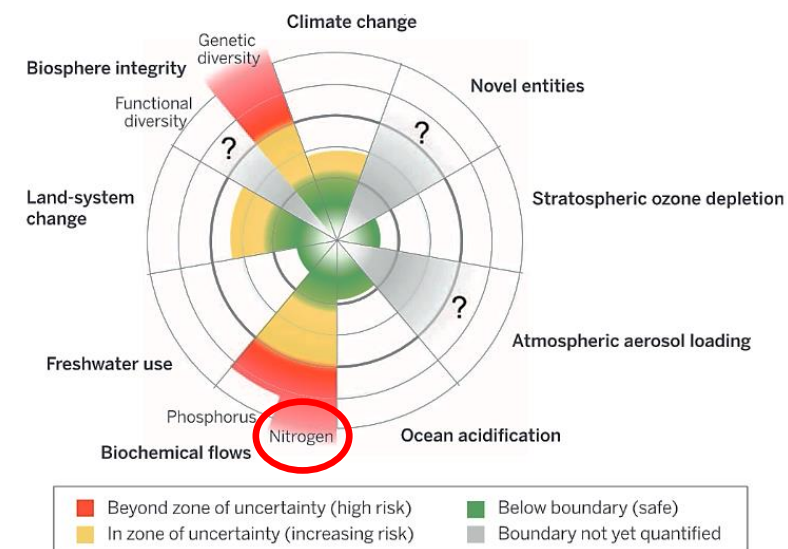


INP
TOULOUSE

INSA

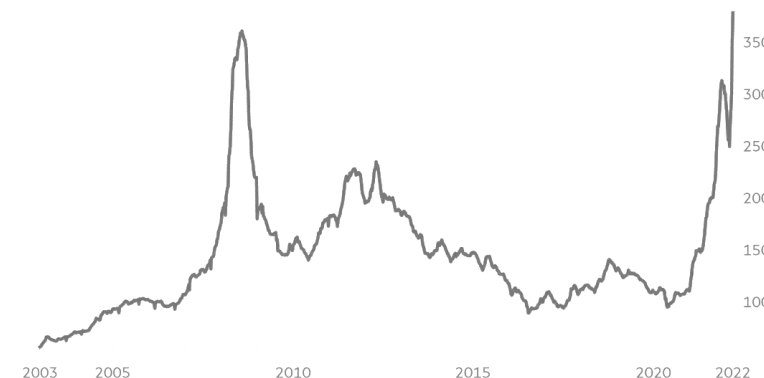
INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
APPLIQUÉES
TOULOUSE

- 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)

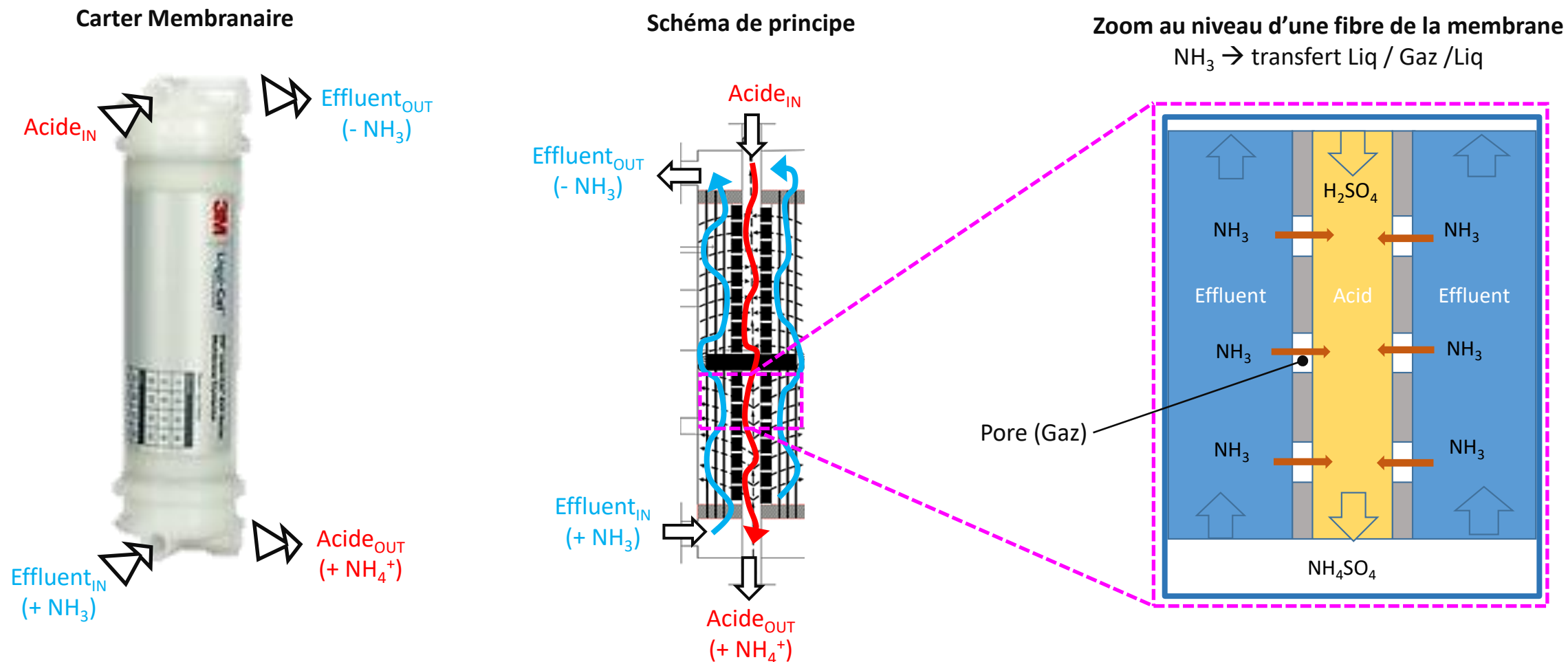


Source: CRU
© FT

- Demande en fertilisant:
 - Dans le monde: $+1.5 \text{ \% an}^{-1}$ de 2014-2022 (200 Mt N an^{-1} IFA)
 - En France: 2 Mt N an^{-1}

Contexte : Propriété de l'azote ammoniacal

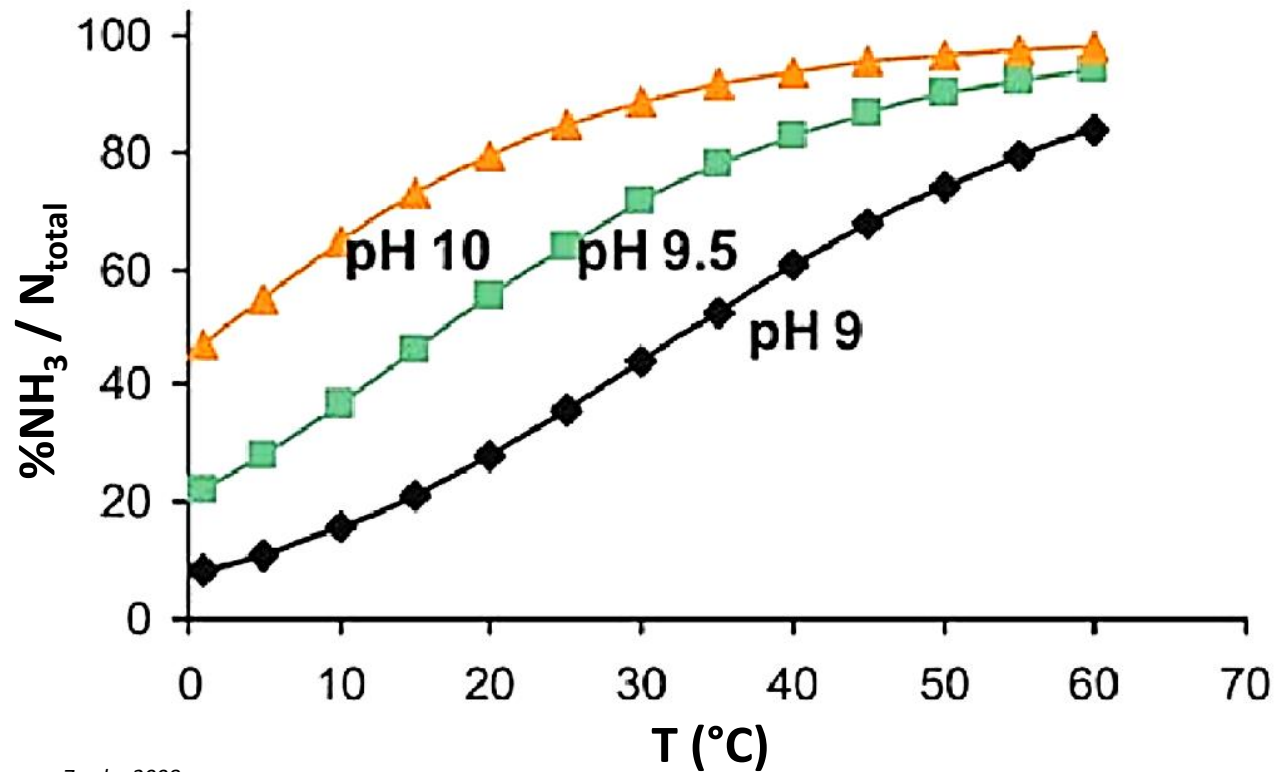
Principe : stripping du NH_3 à travers une membrane poreuse (gaz) et récupération du NH_3 dans une solution acide.



Coté effluent – Elimination de l'azote ammoniacal / 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

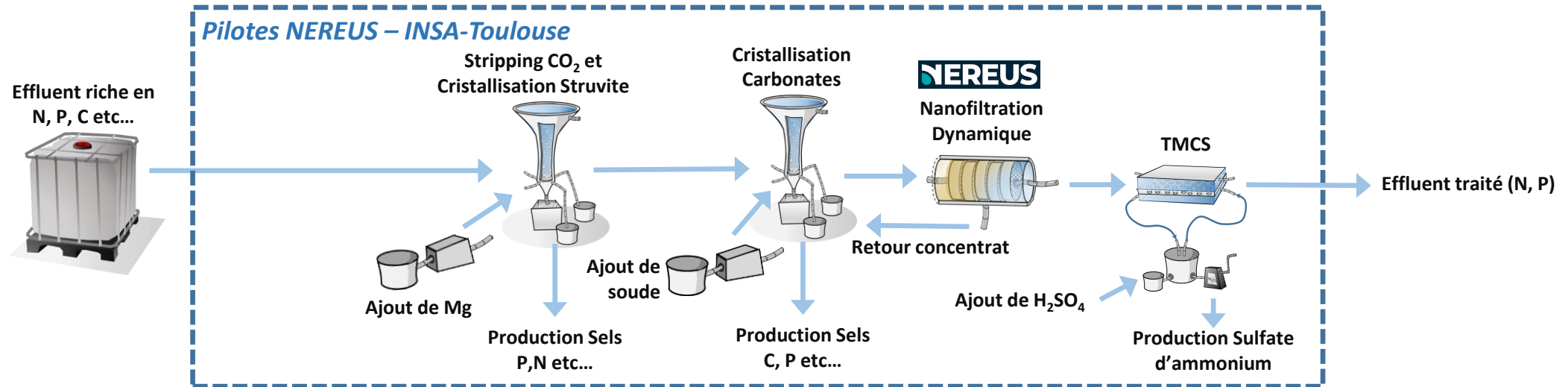


Zasda, 2008

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 $T^{\circ}\text{C}$

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



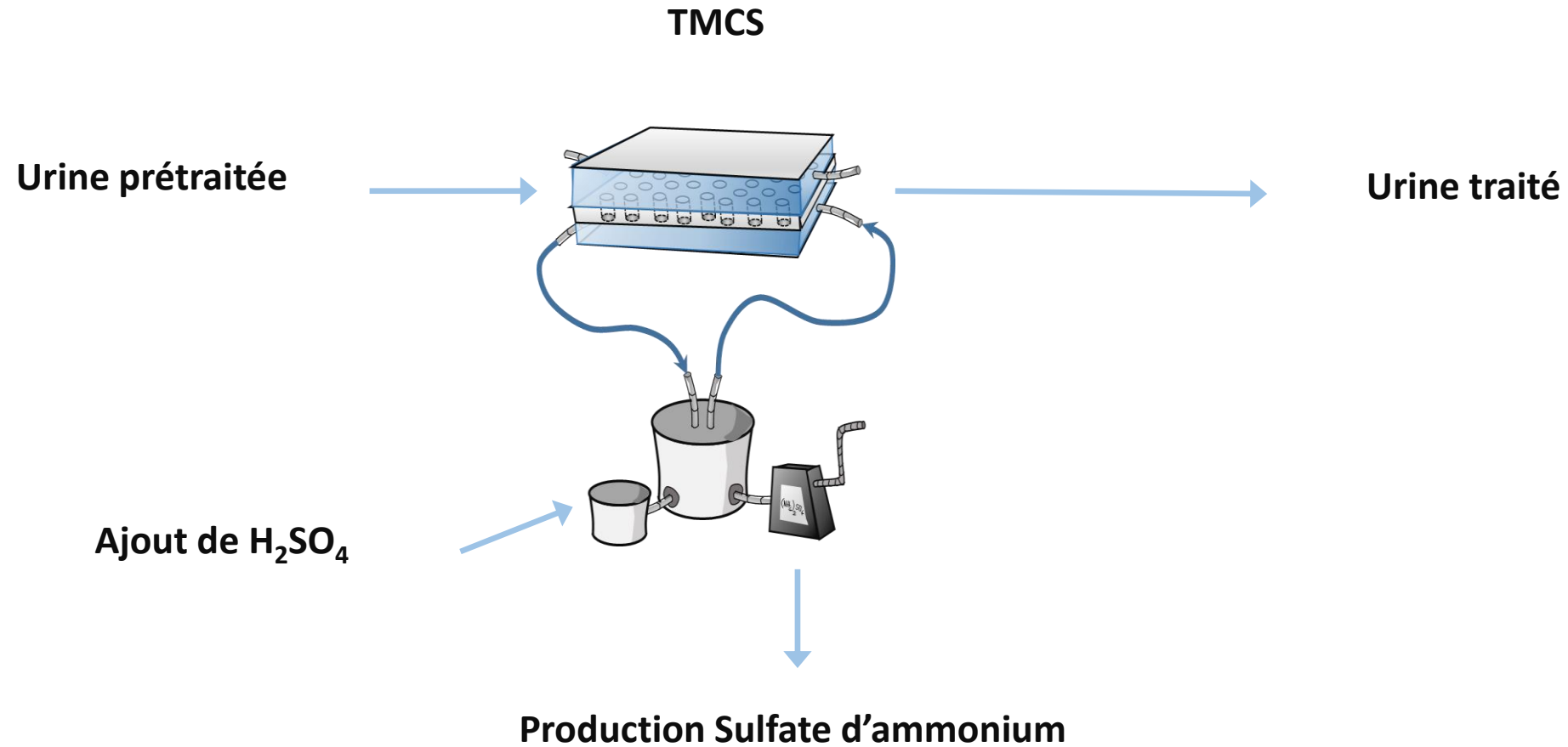
Besoin de prétraitements

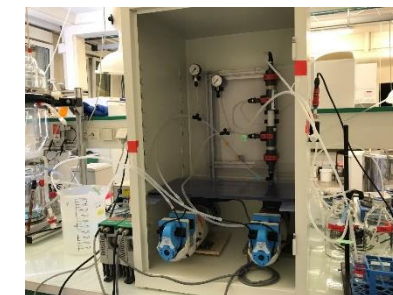
Filière construite et étudiée

- Sur digestat Agricole
- Sur digestat bio-déchêts
- 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





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, 122086
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 Dubos, Evrard Mengelle, Christelle Guigui, Mathieu Sperandio

Fev 2023

Thèse de Irene Gonzalez Salgado (soutenue février 2023)

Collaboration transfert de technologie et accompagnement avec la société



Digestat bio-déchets

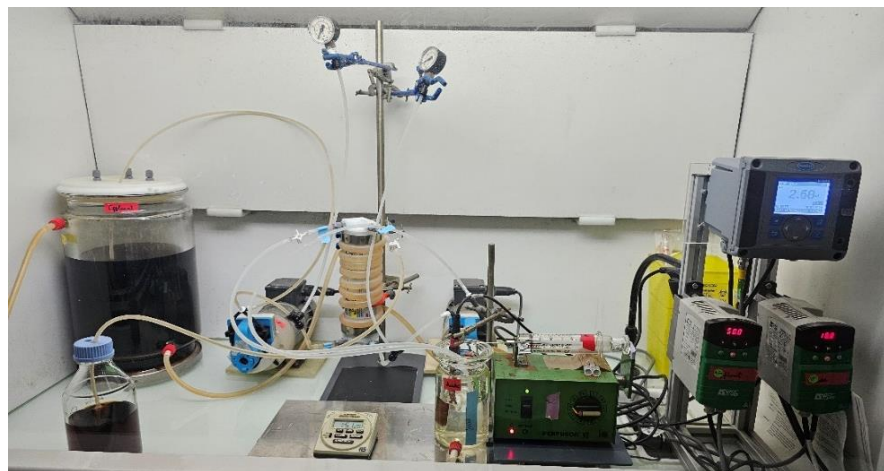
Digestat STEP avec la Métropole de Lyon

Urine humaine avec la Métropole de Lyon

Aujourd'hui



Deux échelles d'approches



Pilote de laboratoire avec carter membranaire industriel

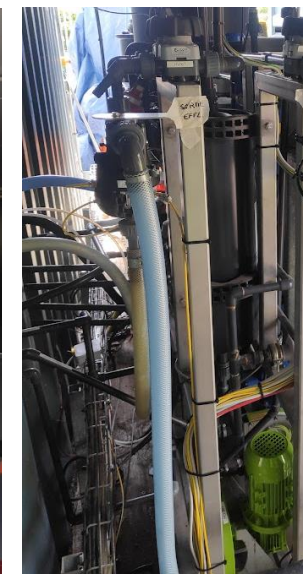
Production de lot de sulfate d'ammonium

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

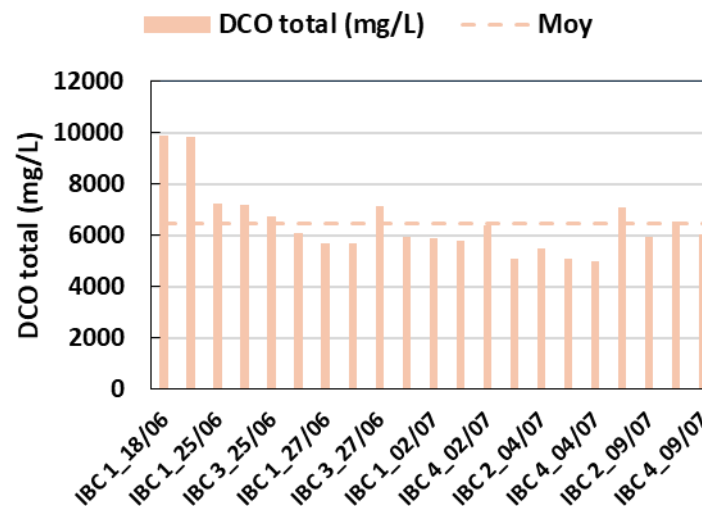
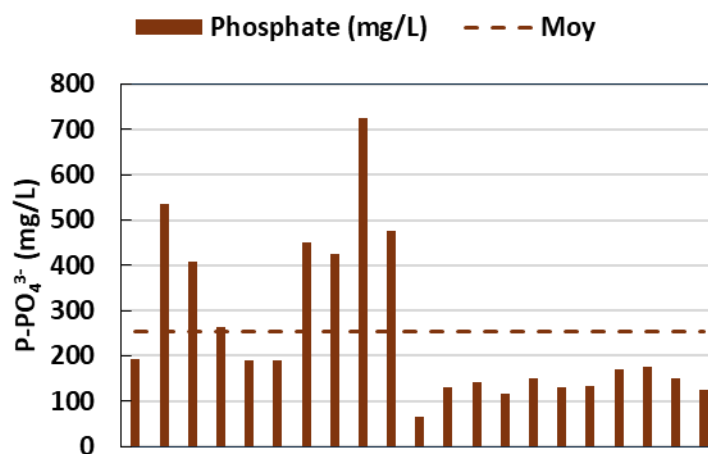
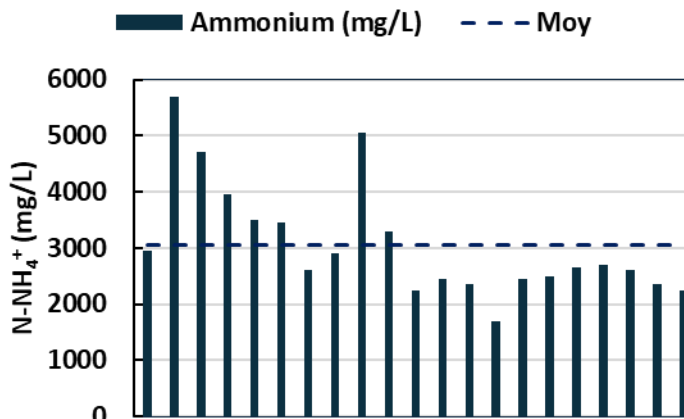
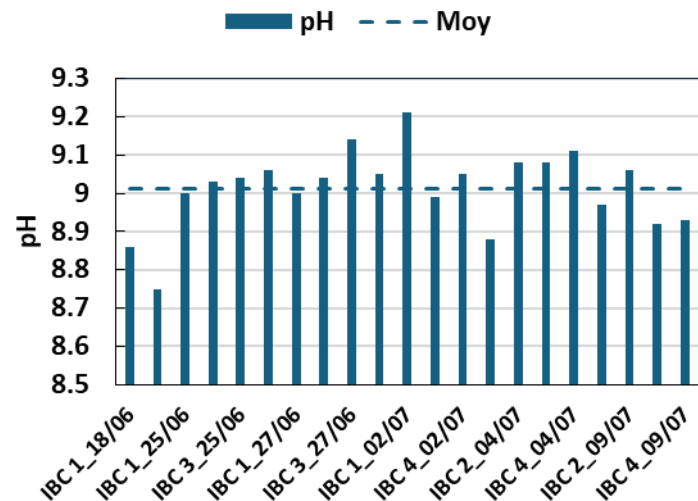
100 – 150 L/h d'effluent traité en continu

Traitement de 3,4 m³ réalisé en continu

Production de lot de sulfate d'ammonium ~ 150 L

Étude de faisabilité en conditions réelles

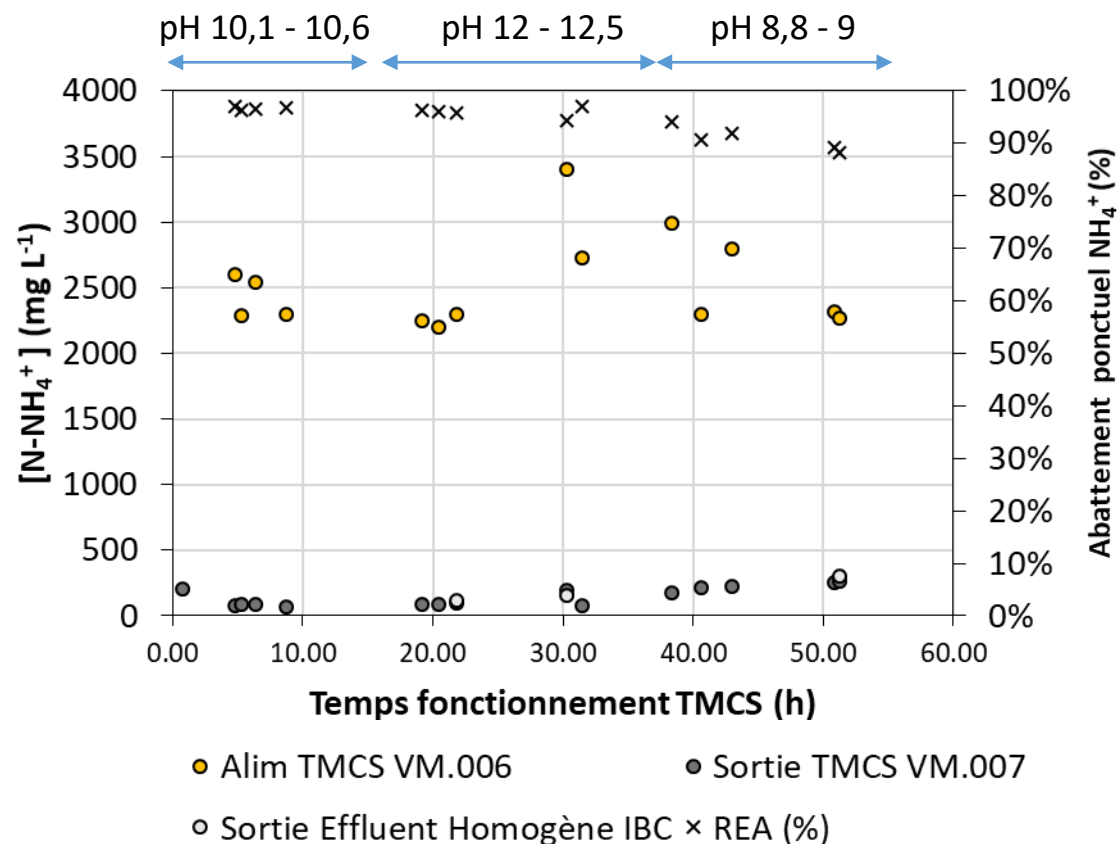
Caractérisation des urines stockées en IBC



20 IBCs analysés
 pH 9,01 ± 0,10
 Concentration N et P variables
 $N_{\text{moy}} \sim 3000 \text{ mgN/L}$
 $P_{\text{moy}} \sim 250 \text{ mgP/L}$
 $Mg^{2+} < 5 \text{ mg/L}$
 Ca^{2+} généralement < 10 mg/L
 (max 23 mg/L)
 $T^{\circ}\text{C}_{\text{moy}} = 26,3 \pm 3,5$

Extraction de l'azote

Pilote STEP de la Feyssine

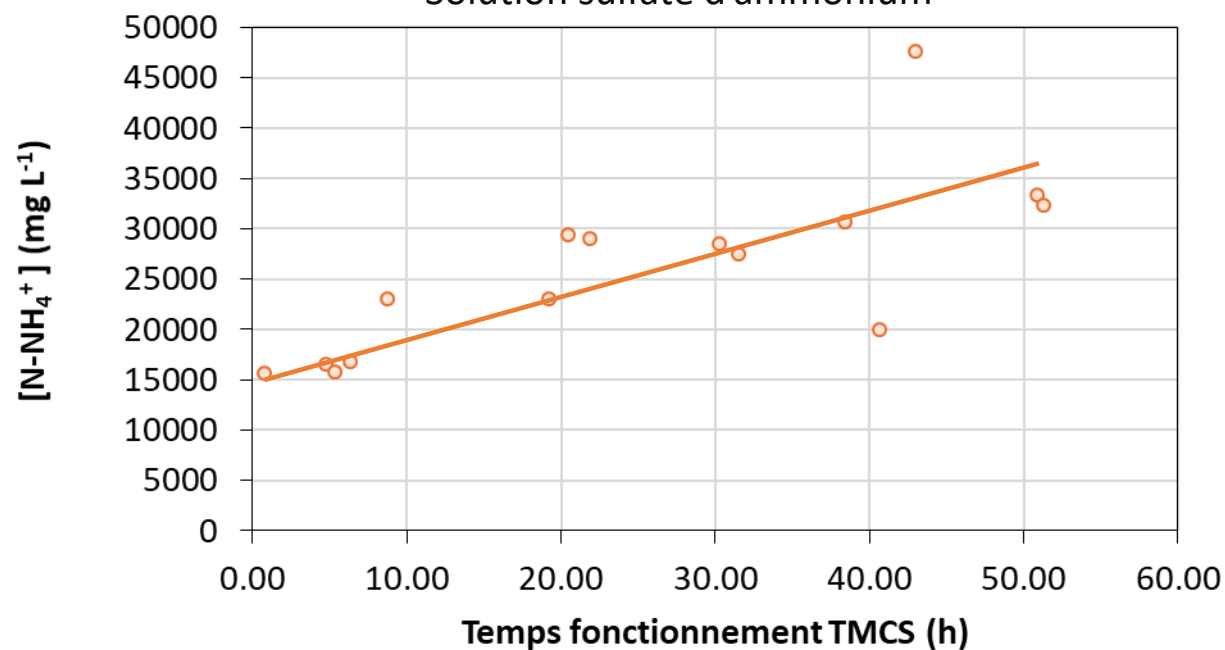


3400 L traités par la membrane TMCS
Equivalent urine journalier 2250 personnes

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

Concentration en azote dans la solution de sulfate d'ammonium

Pilote STEP de la Feyssine Dans le compartiment acide /
Solution sulfate d'ammonium

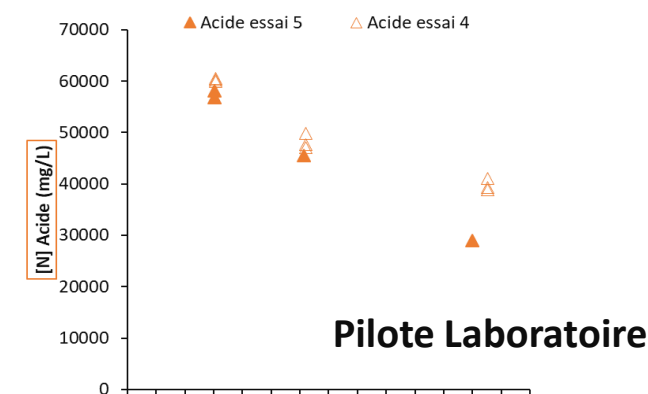


150 L de sulfate d'ammonium produits

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



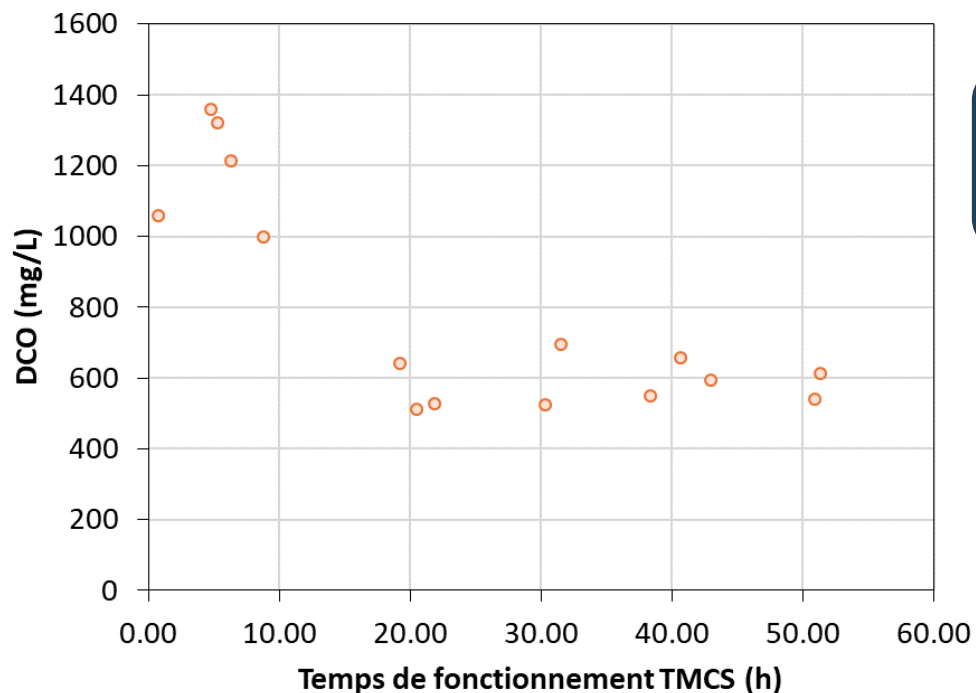
Conditions opératoires testées

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 !

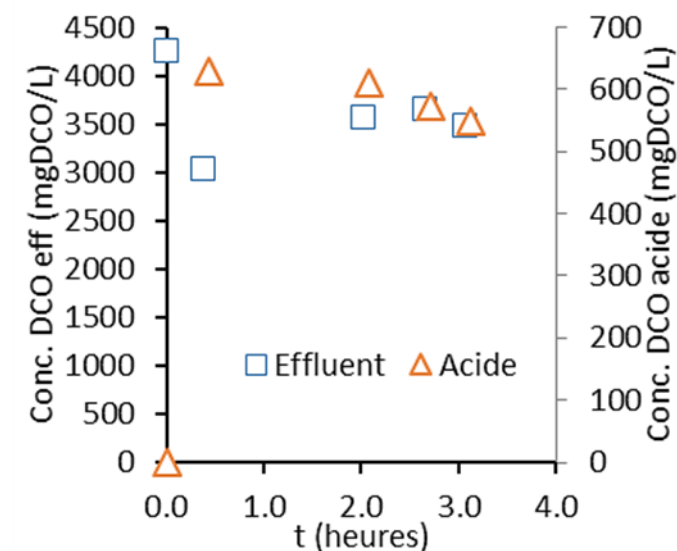
~ 0,4 % de la DCO coté pilote in-situ
~ 1% de la DCO coté laboratoire

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

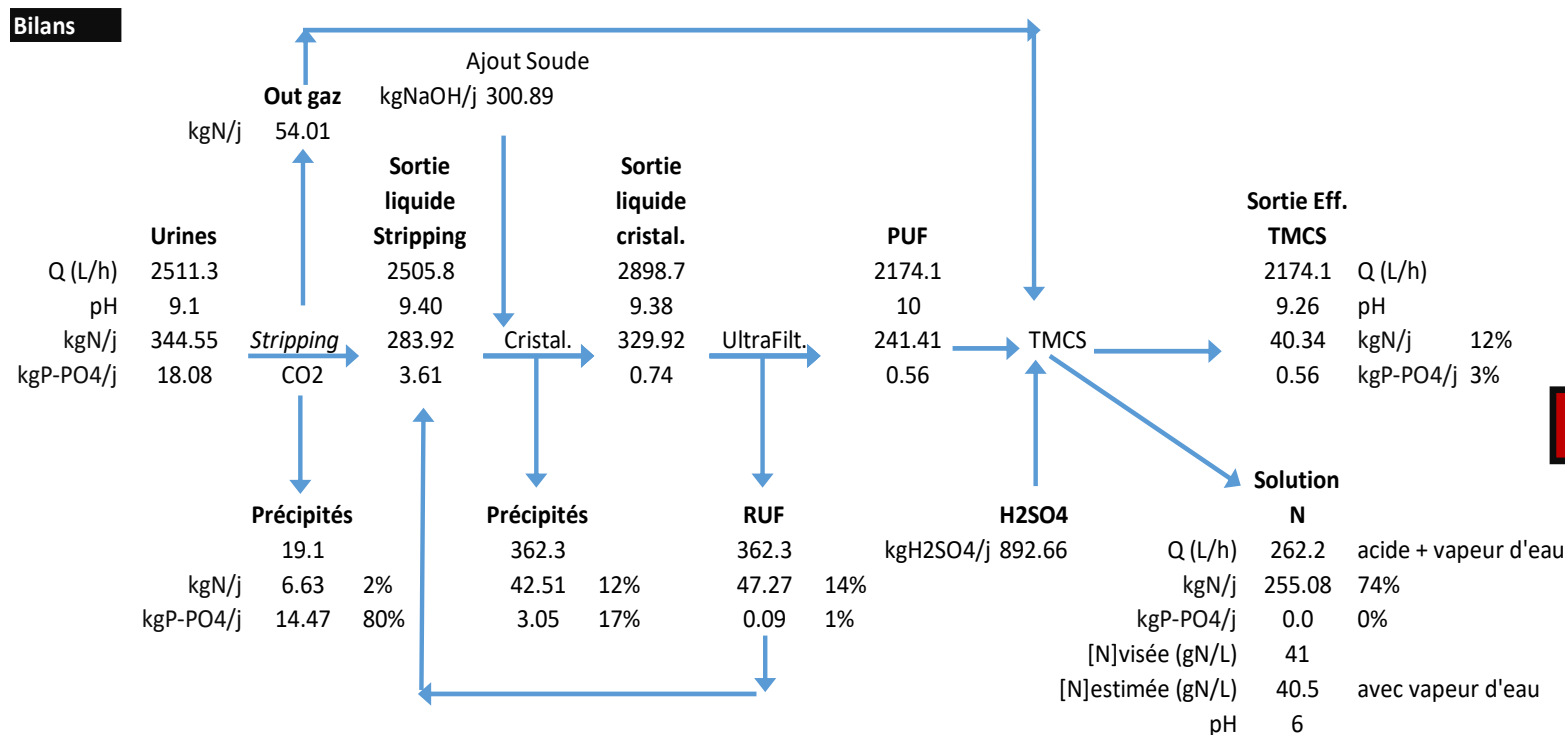
Résultats confirmés en laboratoire



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

Le TMCS est un procédé de traitement est 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-il un marché pour ces solutions de sulfate d'ammonium ?
- **Potentiel agronomique de ces solutions de sulfate d'ammonium avec ce quelles contiennent en plus ?**



Projet exploratoire TEVALU - 2 (2025)

METAPROGRAMME
BETTER

Réalisée par

