



Bioréacteurs et distillation pour produire un engrais de l'urine humaine

Prof. Dr. Kai M. Udert

Eawag - Institut Fédéral Suisse des Sciences et
Technologies de l'Eau

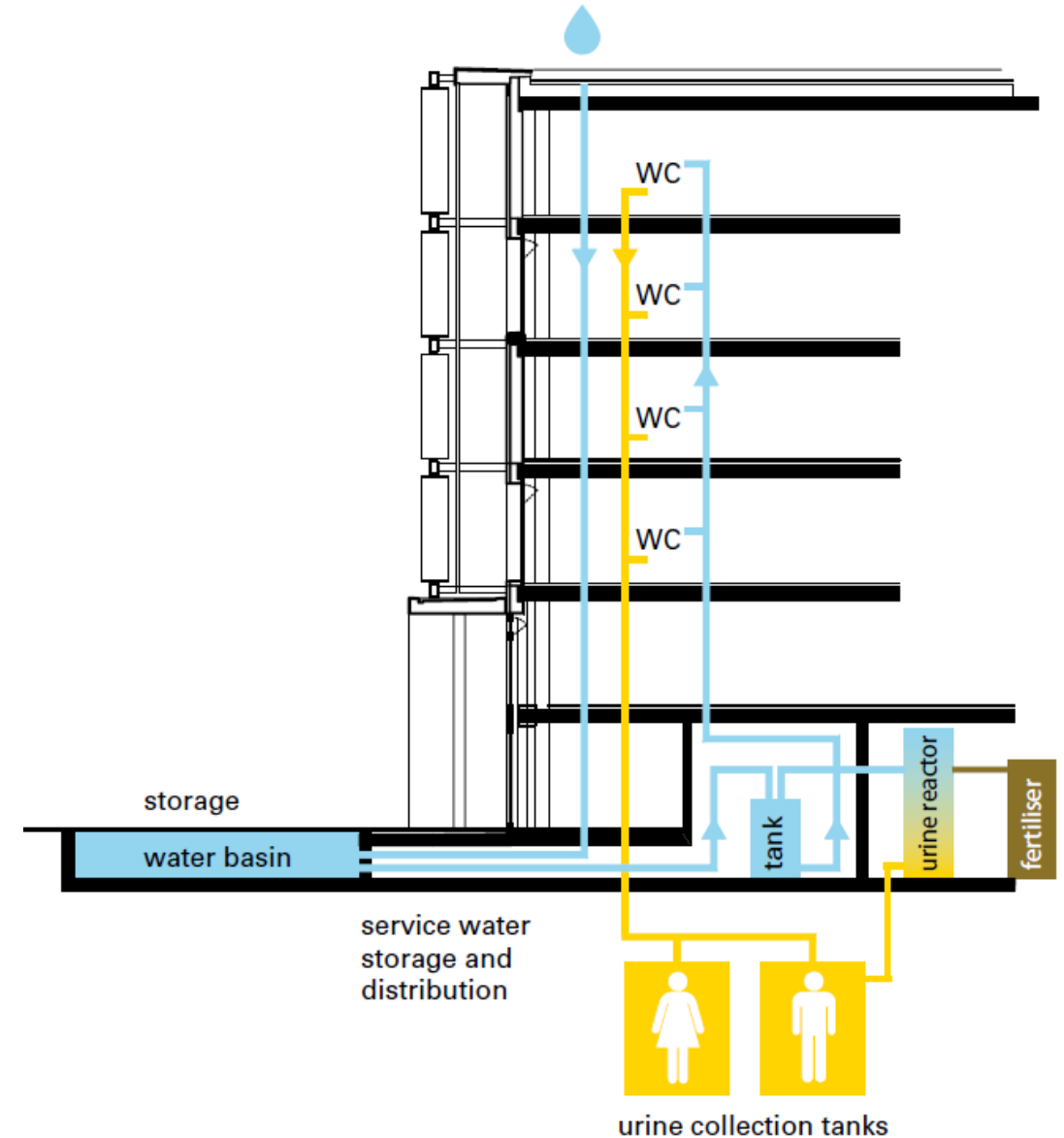
ETHZ - École polytechnique fédérale Zurich

Traitement de l'urine en 1669

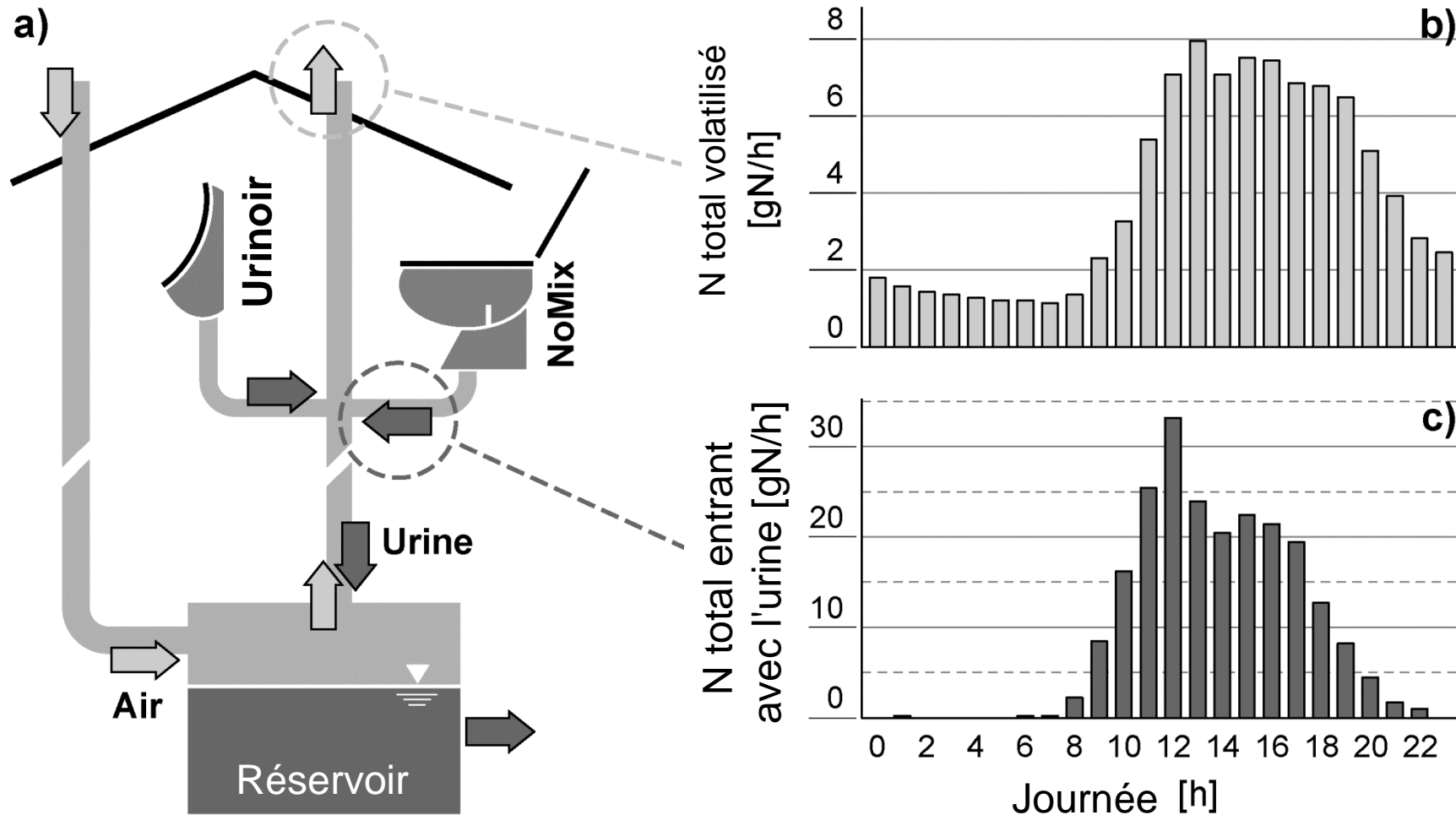
Joseph Wright of Derby: The Alchemist in Search
of the Philosopher's Stone ([wikipedia.org](https://en.wikipedia.org/wiki/The_Alchemist_in_Search_of_the_Philosopher's_Stone))

Bâtiment principal de l'Eawag « Forum Chriesbach »

eawag
aquatic research ooo



Perte d'azote pendant la collecte d'urine



30 à 50 % de P précipité pendant le stockage

Près de 50 % de perte d'azote

Objectifs du traitement

Récupération d'un seul nutriment

N, P, K

Élimination de l'eau

Stabilisation

*Élimination des Matières organiques
Conservation du N*



Élimination de l'azote

Production d'énergie

Atténuation des risques

*Élimination des agents pathogènes
et des micropolluants*

Production de l'or

Exigences de qualité pour les engrais issus d'excréments humains: DIN SPEC 91421

Dezember 2020

DIN SPEC 91421



ICS 13.030.50; 65.080

Qualitätssicherung von Recyclingprodukten aus Trockentoiletten zur Anwendung im Gartenbau

Quality assurance of recycling products from dry toilets for use in horticulture

Assurance qualité du recyclage des produits des toilettes sèches pour l'horticulture

Quatre catégories de risques

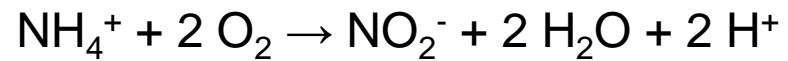
- Hygiène épidémique
- Phytohygiène
- Faible teneur en polluants
- Aptitude horticole

Assurance qualité du recyclage des produits des toilettes sèches pour l'horticulture

Récupération complète des nutriments

Étape 1

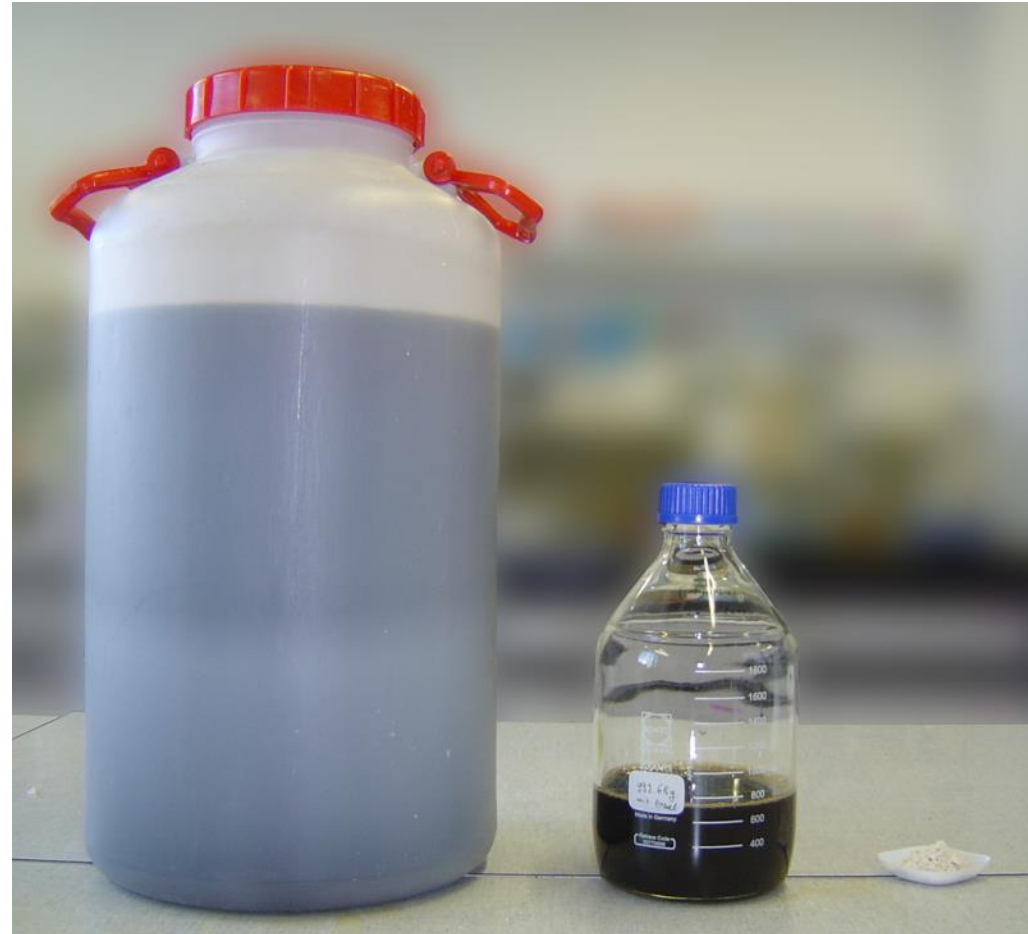
Stabilisation par nitrification



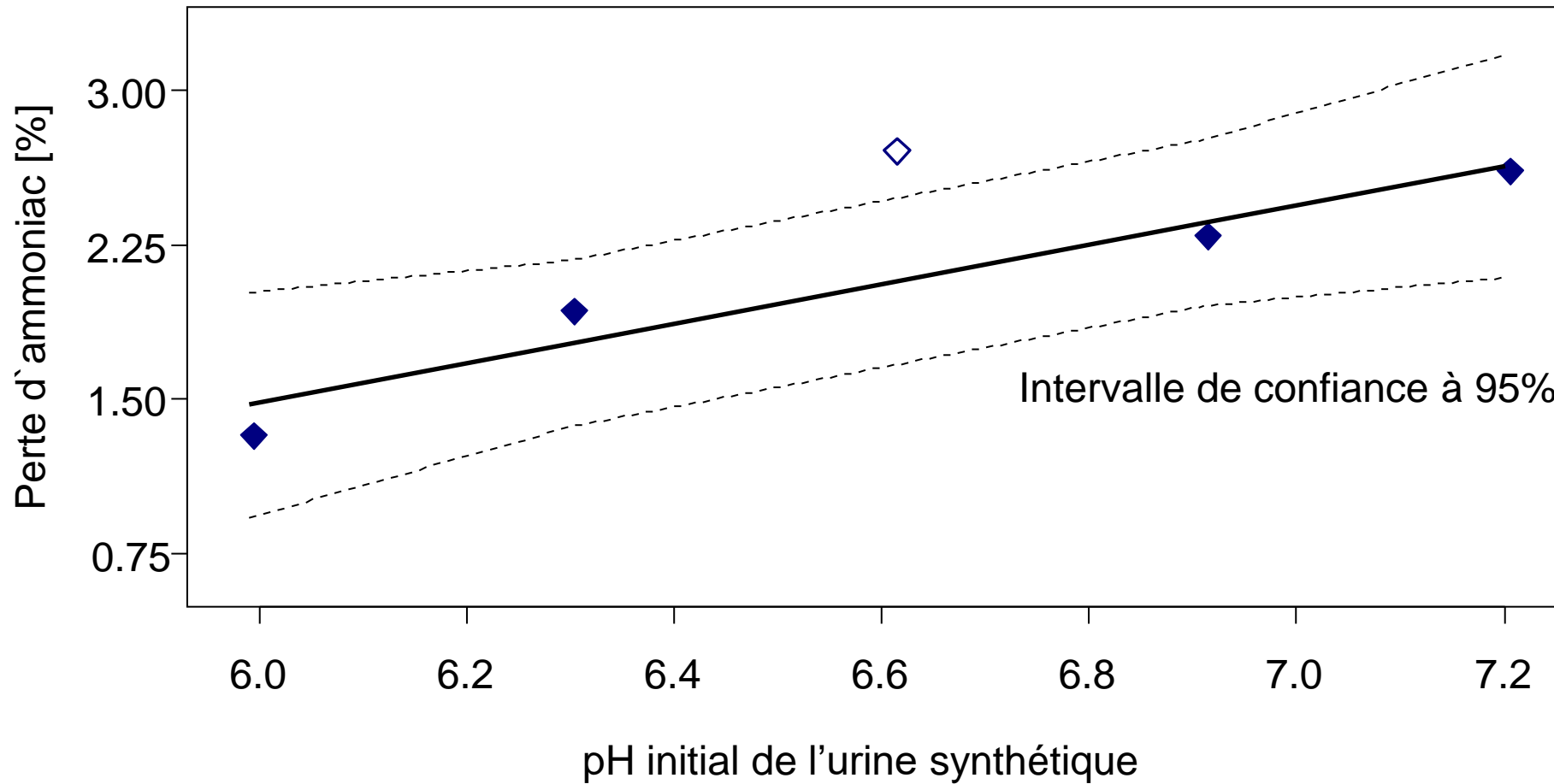
Élimination de 90 % des matières organiques

Étape 2

Élimination de l'eau par distillation

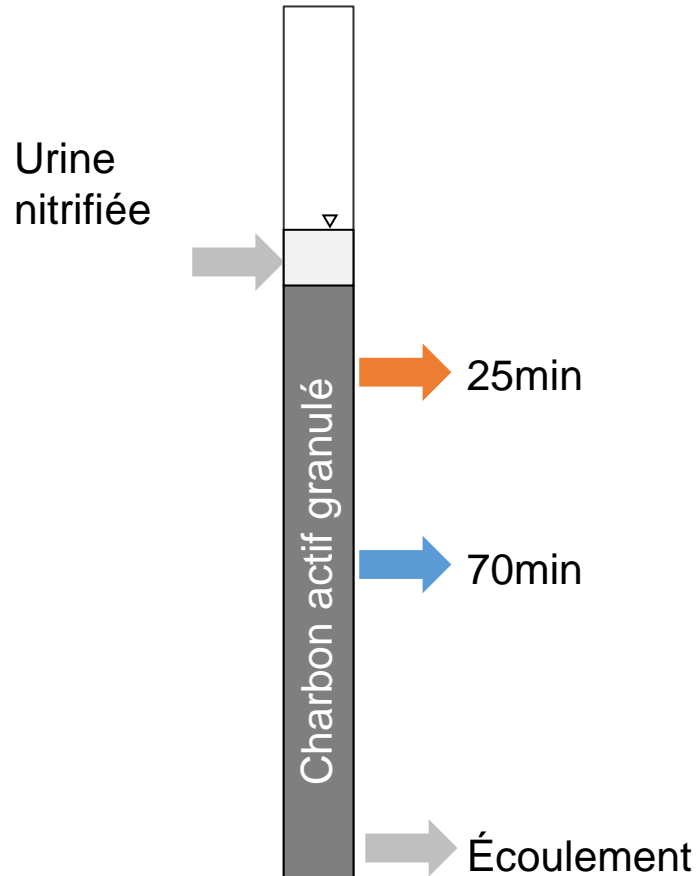


Perte d'ammoniac liée à la distillation

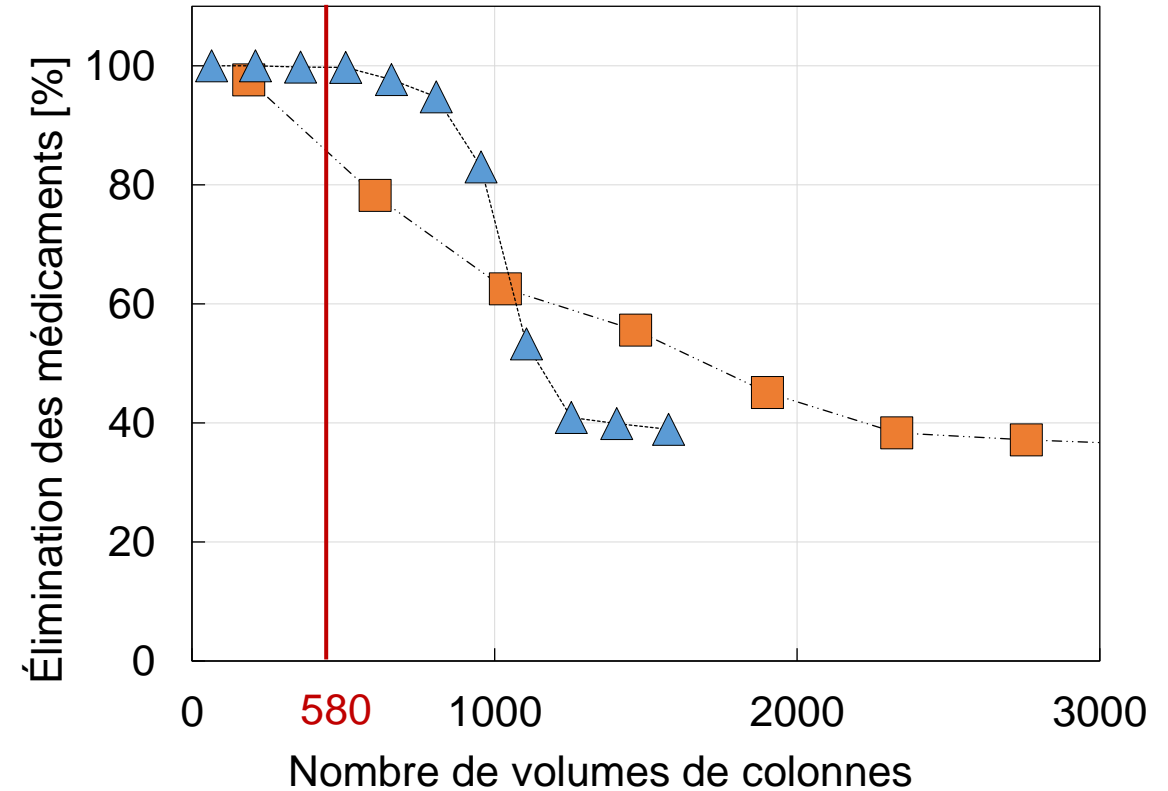


Perte maximale d'azote < 3%

Élimination des micropolluants



Essai avec 10 médicaments



60 fois moins de charbon actif par personne
que dans une station d'épuration conventionnelle

Le procédé Vuna

eawag
aquatic research ooo

collecter

Des urinoirs ou des toilettes séparatives collectent l'urine : par ex. *Laufen save!* ou *Ecodomeo* resp. *Sanisphère*.

transformer



Le procédé biologique Vuna stabilise l'azote (nitrification).

purifier



Le filtre à charbon actif élimine les médicaments et les hormones.

concentrer



La distillation élimine les pathogènes et réduit le volume du liquide.

fertiliser



Le procédé produit de l'eau et l'engrais liquide pour toutes les plantes: Aurin.

urine fraîche

Que deviennent les ingrédients de l'urine ?

✗ métaux lourds – absents dans l'urine.

odeurs & ammoniac volatil

médicaments & hormones

pathogènes

nutriments primaires (azote, phosphore, potassium etc.)

nutriments secondaires (p.ex. bore, fer, zinc)

engrais Aurin

eau distillée

✓ traités, concentrés et
conservés : l'essentiel pour
la croissance des plantes.



www.vuna.ch

www.vunanexus.com

Autorisations pour Aurin en Suisse, au Liechtenstein, en Autriche et en France.

Trois engrais de l'urine humaine



© VunaNexus AG

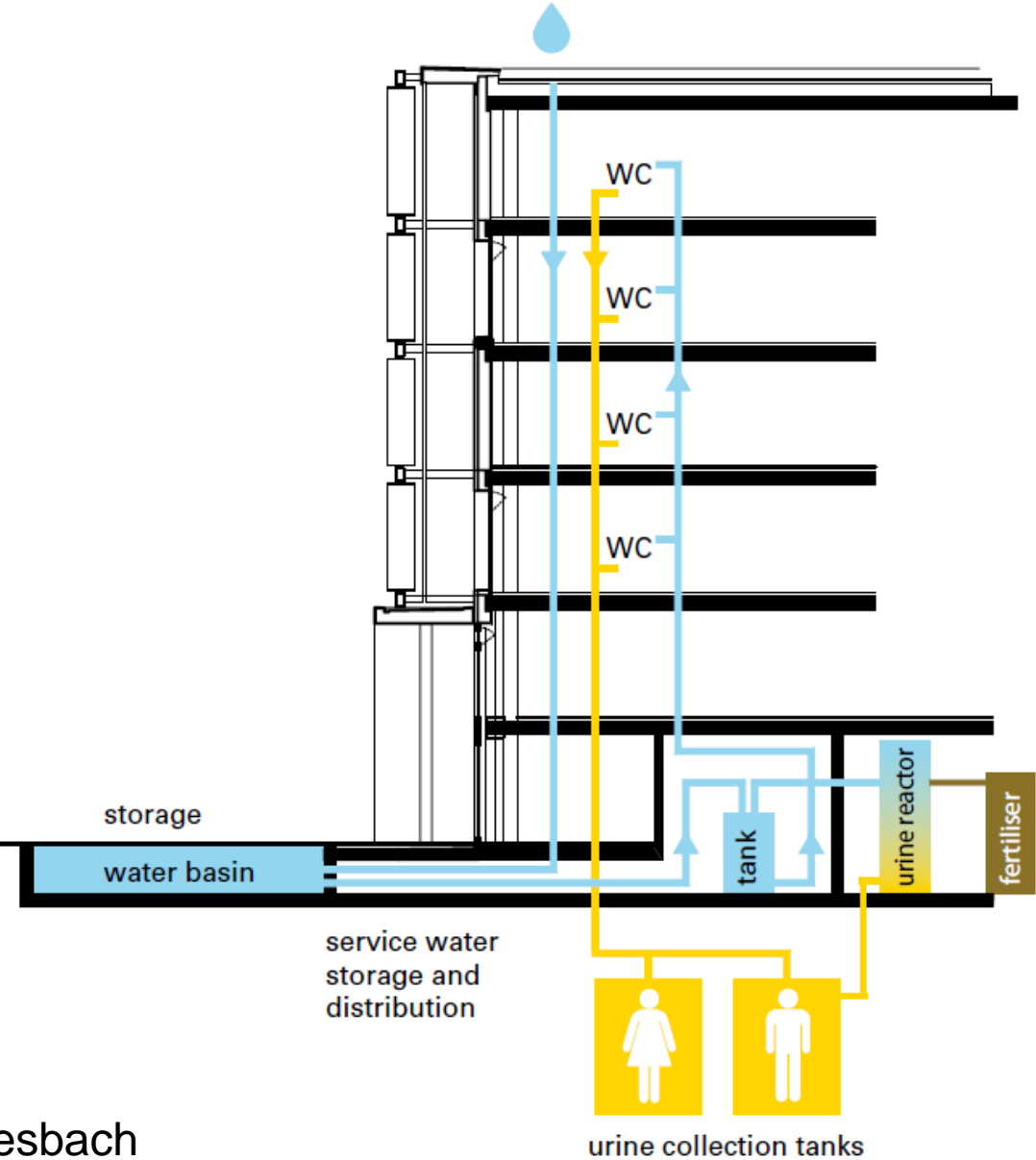
		Aurin	Aurin Pro	Gran-Urin	Gran-Urin
N	[%]	4.2	12	15 - 20	15 - 20
P	[%]	0.11	0.32	1 - 3	1 - 3
K	[%]	1.5	4.3	4 - 6	4 - 6
C	[%]	0.1	0.29	15 - 20	15 - 20
S	[%]	0.32	0.91	1 - 2	1 - 2
Facteur conc. [-]		14	40	58	58
Forme		liquide	liquide	solide	solide
Élimination pharma		Oui	Oui	Non	Non
Inactivation pathogènes		Oui	Oui	inconnu	inconnu
Récupération de l'eau		Oui	Oui	Non	Oui
Demande d'énergie estim.					
	[kWh·kgN ⁻¹]	44	57	60	130



© Sanitation 360

Calculé à partir des données fournies par VunaNexus (Aurin, Aurin Pro), Sanitation 360 (composition Gran-Urin), Ogmo (demande énergétique Gran-Urin).
Concentration totale en azote dans l'urine entrant dans le système : 3 gN·L⁻¹

Campus Eawag/Empa: 5 bâtiments avec séparation de l'urine



Traitement au Forum Chriesbach

Autres installations de traitement Vuna

eawag
aquatic research ooo



Water Hub dans le bâtiment NEST



Siège principal de l'ESA à Paris



2023 Projet zirkulierbar à
Eberswalde / Berlin

2025 2 x Genève
Fribourg

Autres projets prévus à
Paris, Lausanne, Berne,
Winterthur, Darmstadt

Empa, Eawag

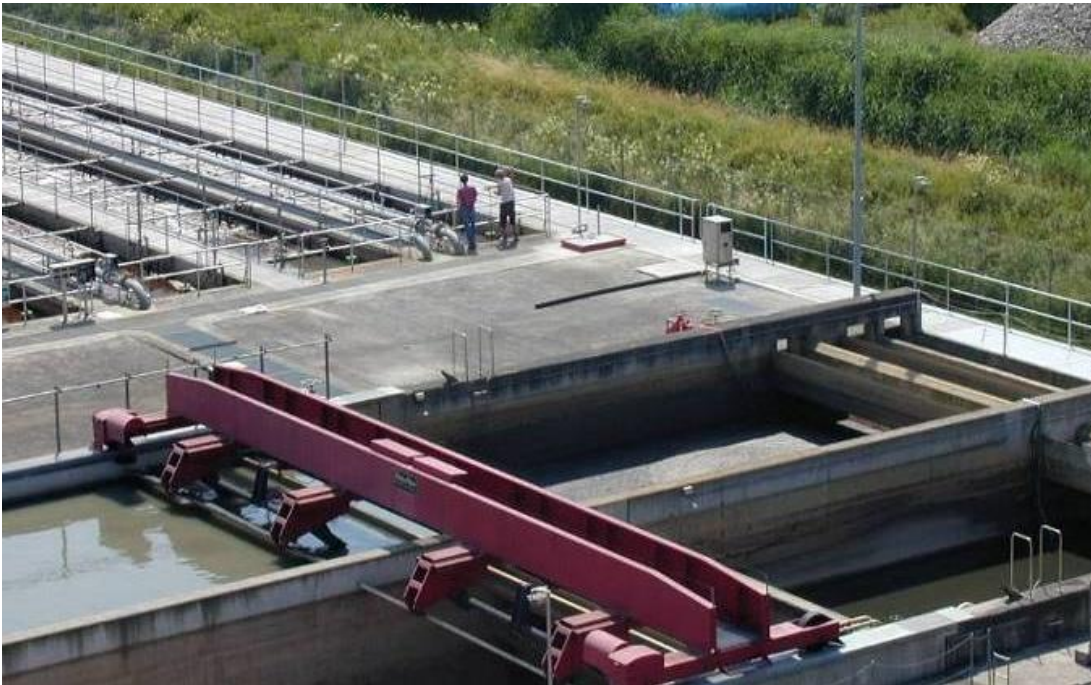
mairie15.paris.fr, VunaNexus

Et l'avenir?



Économies d'échelle

Approche génie civil



Approche d'industrialisation



Système de
chauffage

Deux exemples de technologies développées par l'Eawag

Le procédé Vuna



Processus biologique et physique

à partir de 100 l par jour

Installation dans la cave

Engrais liquide à base de nitrate d'ammonium
avec d'autres nutriments (Aurin)

www.vunanexus.com

Nutrient Harvester



Processus physico-chimique

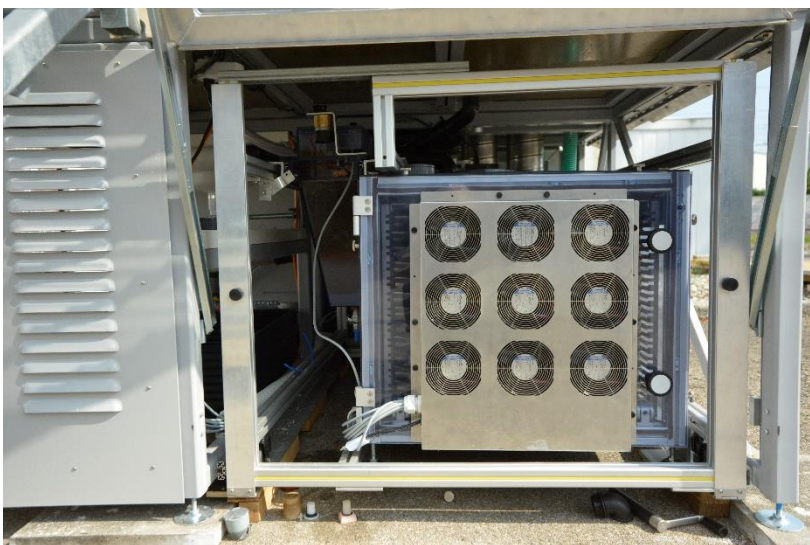
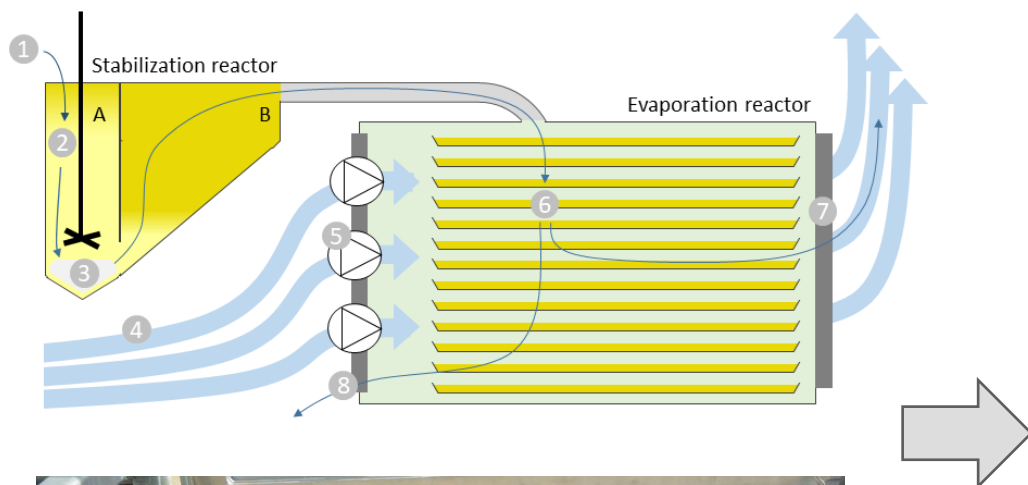
jusqu'à 25 litres par jour

Installation directement derrière les toilettes

Engrais solide à base d'urée

www.ogmo.ch

Essais pilotes à Durban (Afrique du Sud) Dübendorf (Suisse)



Nutrient Harvester

eawag
aquatic research

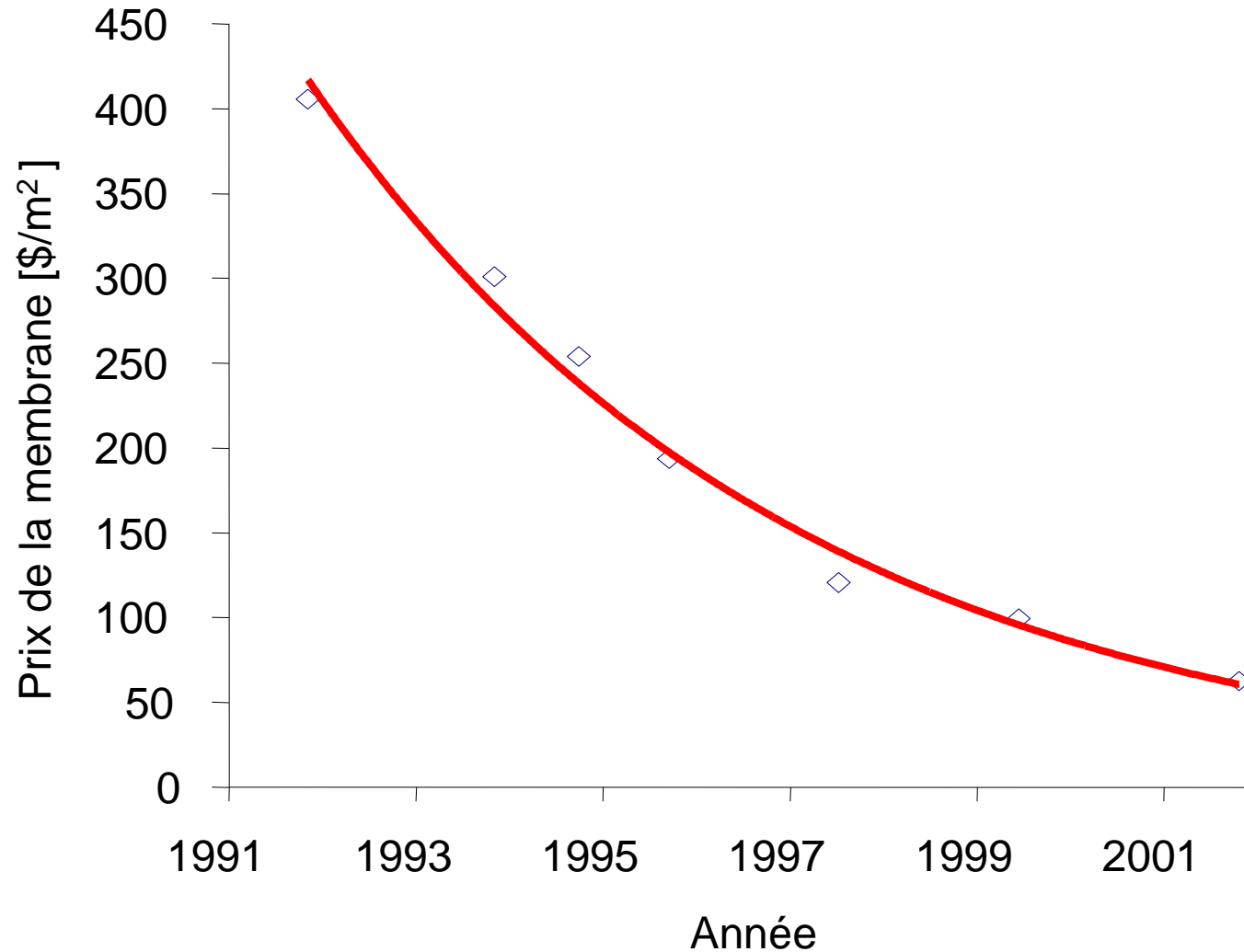


ogmo
sanitation anywhere

Eawag spin-off

Eawag

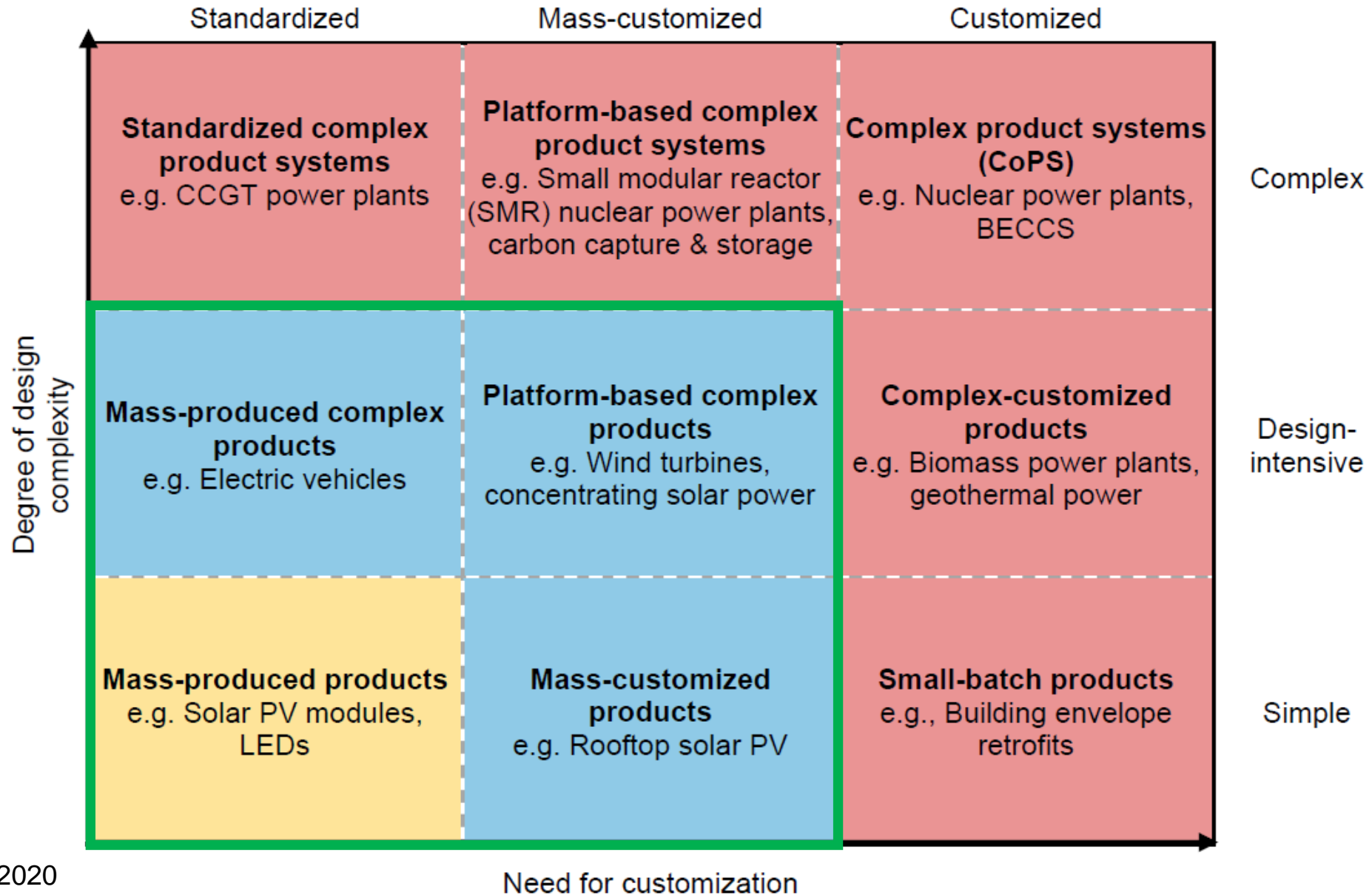
Courbe d'apprentissage



Exemple
membrane d'ultrafiltration

Baisse des prix
d'environ 20 % par an

Conditions préalables à la courbe d'apprentissage



Systemes d'assainissement circulaire: technologies, opportunités et difficultés

Symposium à Eawag (PEAK)
en collaboration avec
Valoo - Réseau Suisse pour un Assainissement Circulaire

20 Janvier 2026, 9h00 – 17h00

Eawag Dübendorf / Suisse

Langage de cours: allemand et français (avec traduction simultanée)



- Churchouse, S. and Wildgoose, D. (1999) Membrane bioreactors progress from the laboratory to full-scale use. *Membrane Technology* 1999(111), 4-8.
- Köpping, I., McArdell, C.S., Borowska, E., Böhler, M.A. and Udert, K.M. (2020) Removal of pharmaceuticals from nitrified urine by adsorption on granular activated carbon. *Water Research X* 9, Article No 100057.
- Larsen, T.A., Riechmann, M.E. and Udert, K.M. (2021) State of the art of urine treatment technologies: A critical review. *Water Research X* 13, 100114.
- Malhotra, A. and Schmidt, T.S. (2020) Accelerating Low-Carbon Innovation. *Joule* 4(11), 2259-2267.
- Siegrist, H., Laurenzi, M. and Udert, K.M. (2013) Transfer into the gas phase: ammonia stripping. In: *Source Separation and Decentralization for Wastewater Management*. Larsen, T.A., Udert, K.M. and Lienert, J. (eds), pp. 337-350, IWA Publishing, London, UK.
- Udert, K.M. and Wächter, M. (2012) Complete nutrient recovery from source-separated urine by nitrification and distillation. *Water Research* 46(2), 453-464.