



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

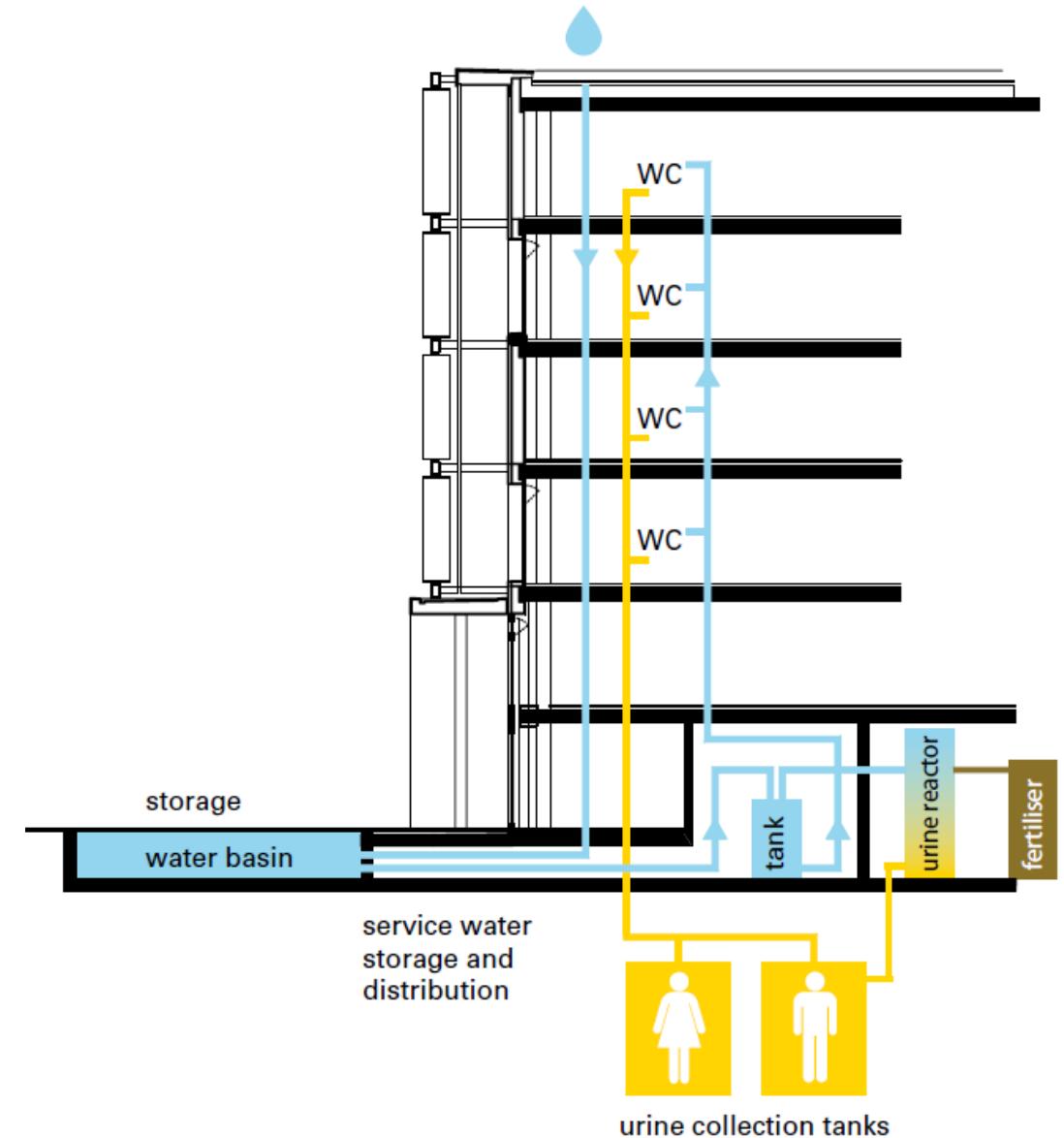
Prof. Dr. Kai M. Uder

Eawag - Institut Fédéral Suisse des Sciences et
Technologies de l'Eau
ETHZ - École polytechnique fédérale Zurich

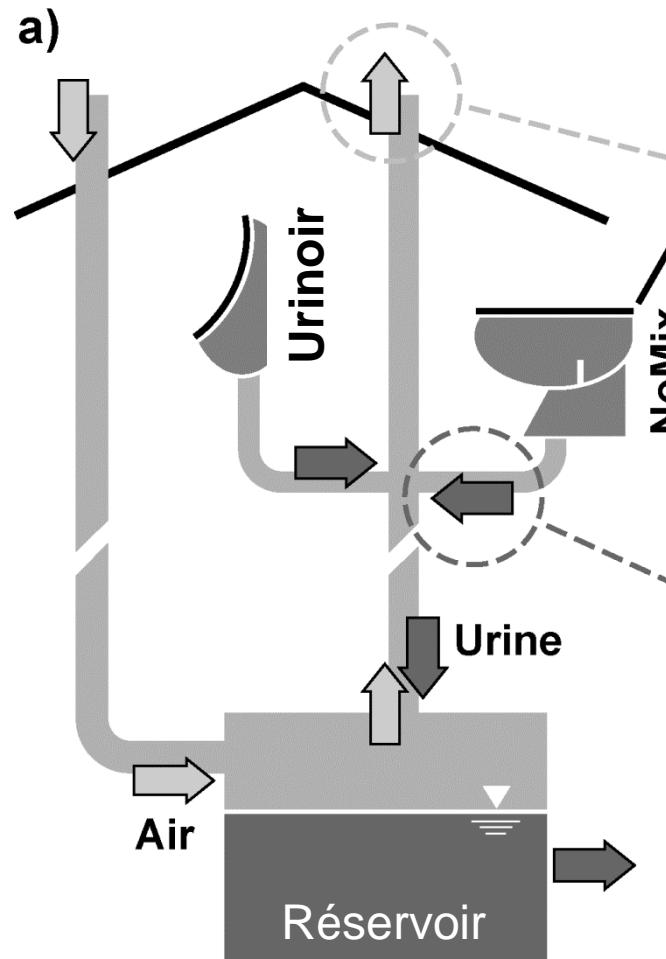
Traitements de l'urine en 1669

Joseph Wright of Derby: The Alchemist in Search
of the Philosopher's Stone (wikipedia.org)

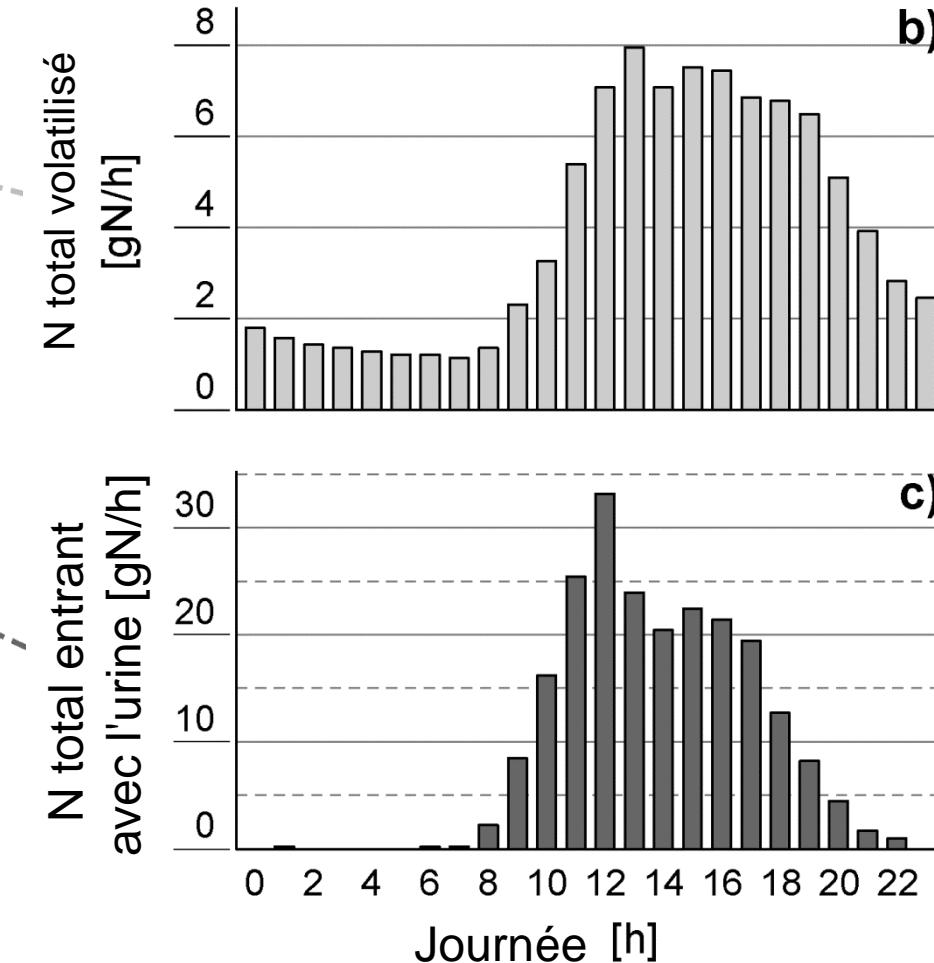
Bâtiment principal de l'Eawag « Forum Chriesbach »



Perte d'azote pendant la collecte d'urine



30 à 50 % de P précipité pendant le stockage



Près de 50 % de perte d'azote

Récupération d'un seul nutriment

N, P, K

Stabilisation

*Élimination des Matières organiques
Conservation du N*

Atténuation des risques

*Élimination des agents pathogènes
et des micropolluants*

Élimination de l'eau

Élimination de l'azote

Production d'énergie

Production de l'or



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



Quatre catégories de risques

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

Récupération complète des nutriments

Étape 1

Stabilisation par nitrification



Élimination de 90 % des matières organiques

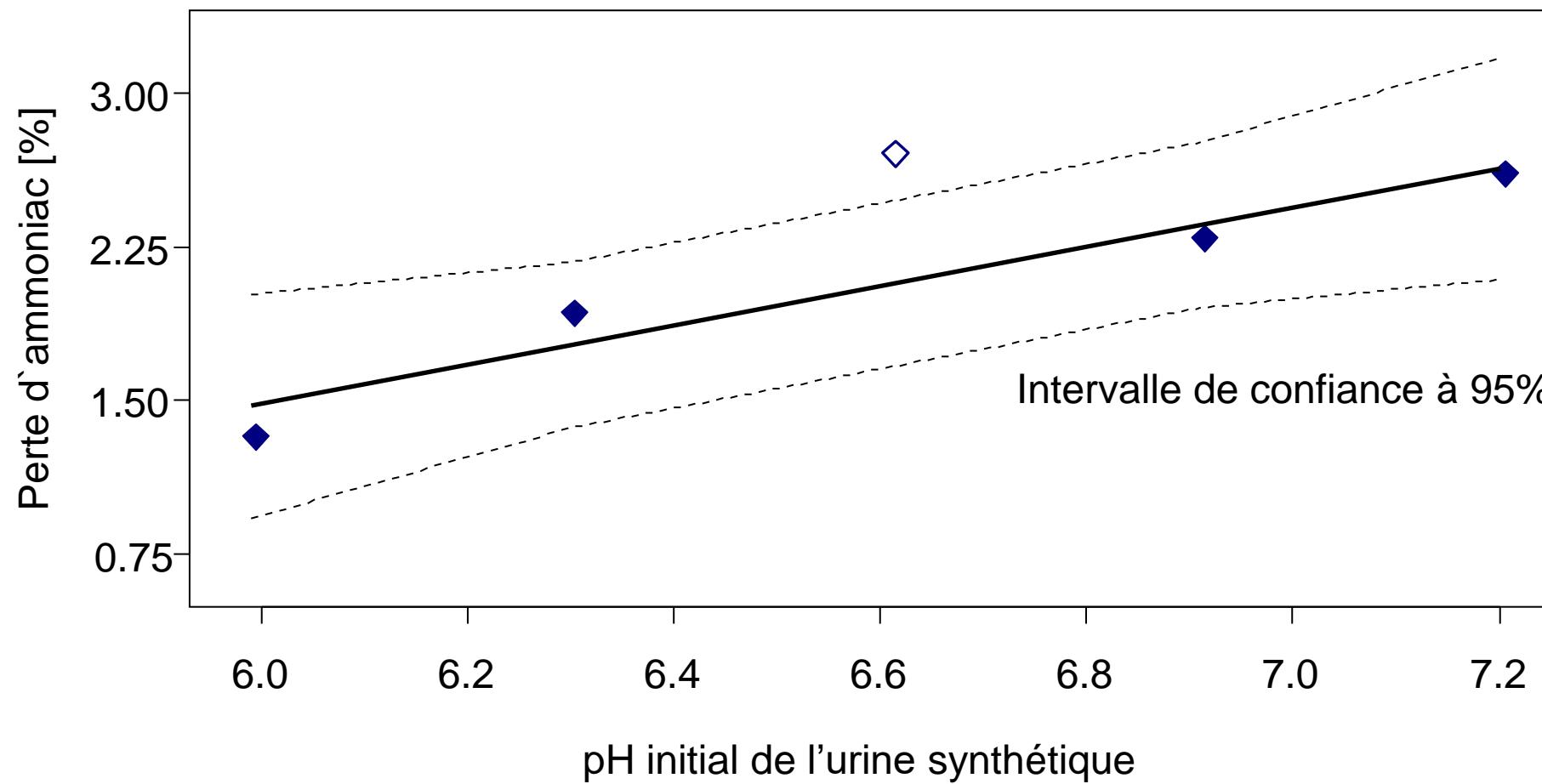
Étape 2

Élimination de l'eau par distillation



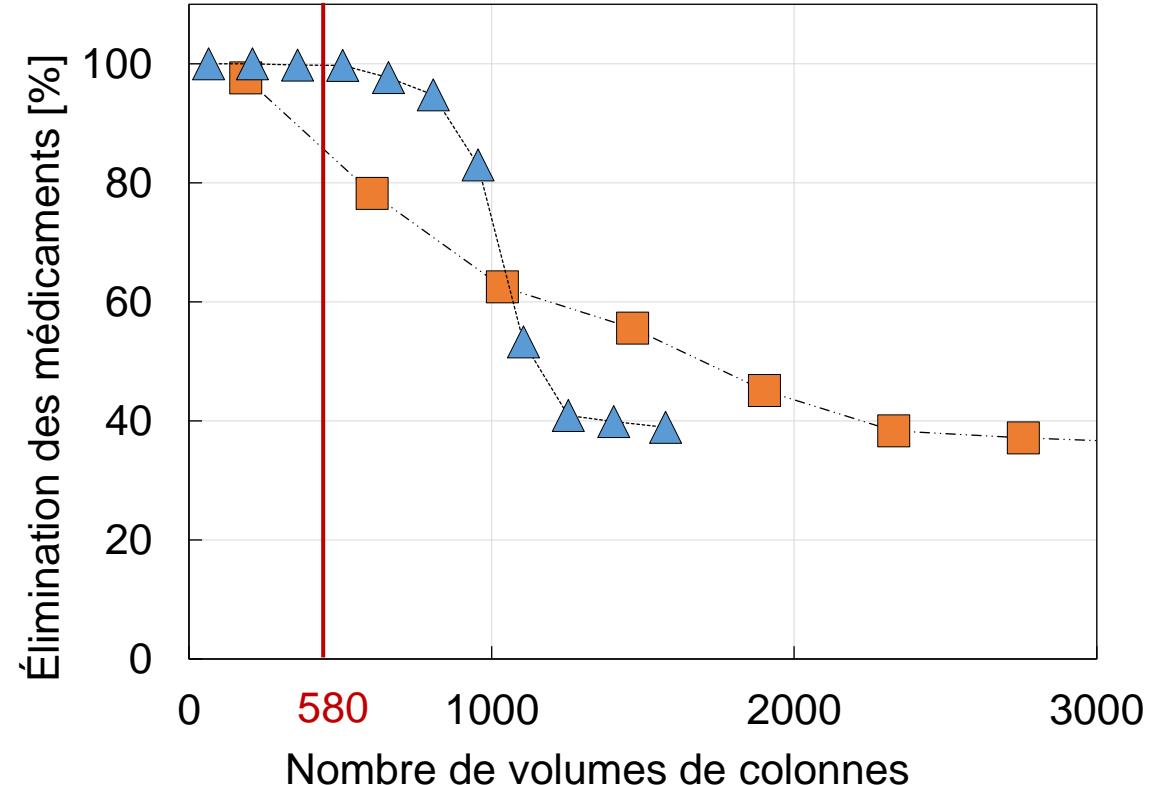
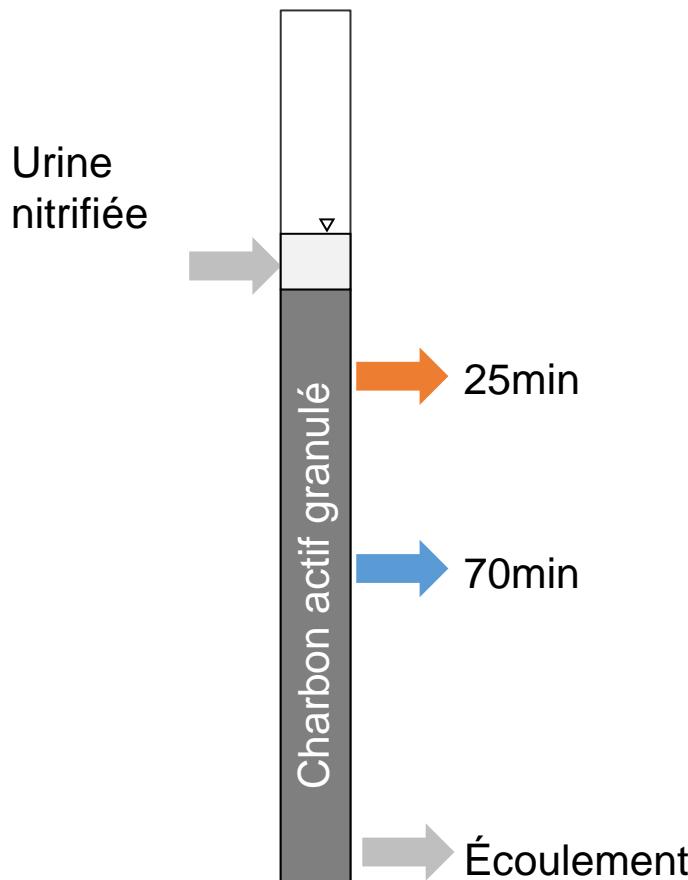
Image: Michael Wächter

Perte d'ammoniac liée à la distillation



Perte maximale d'azote < 3%

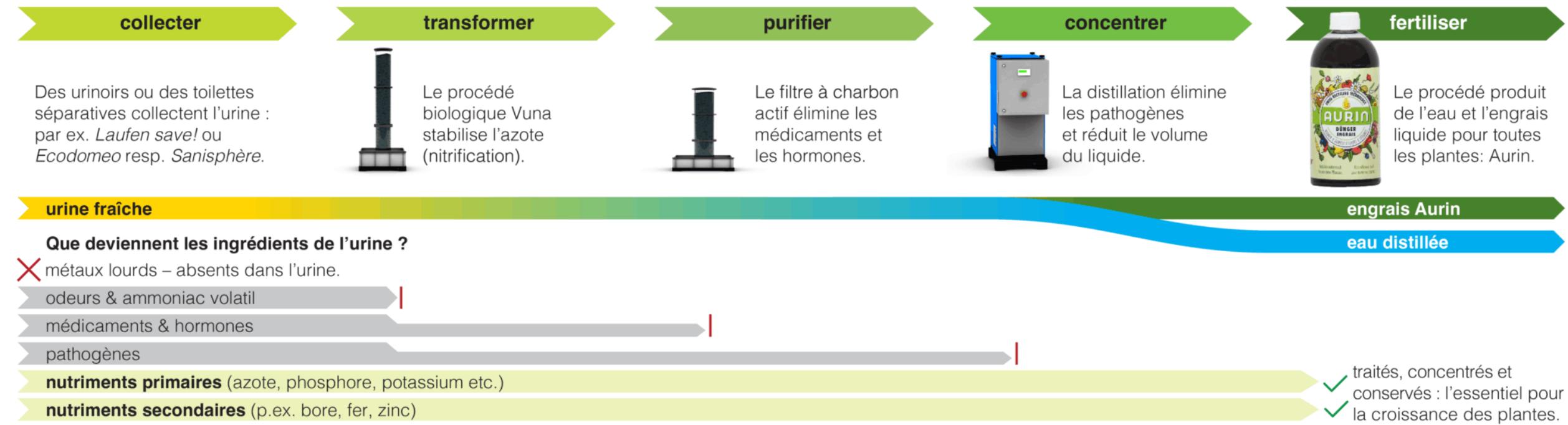
Élimination des micropolluants



Essai avec 10 médicaments

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

Le procédé Vuna



www.vuna.ch



www.vunanexus.com

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

Trois engrais de l'urine humaine



		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



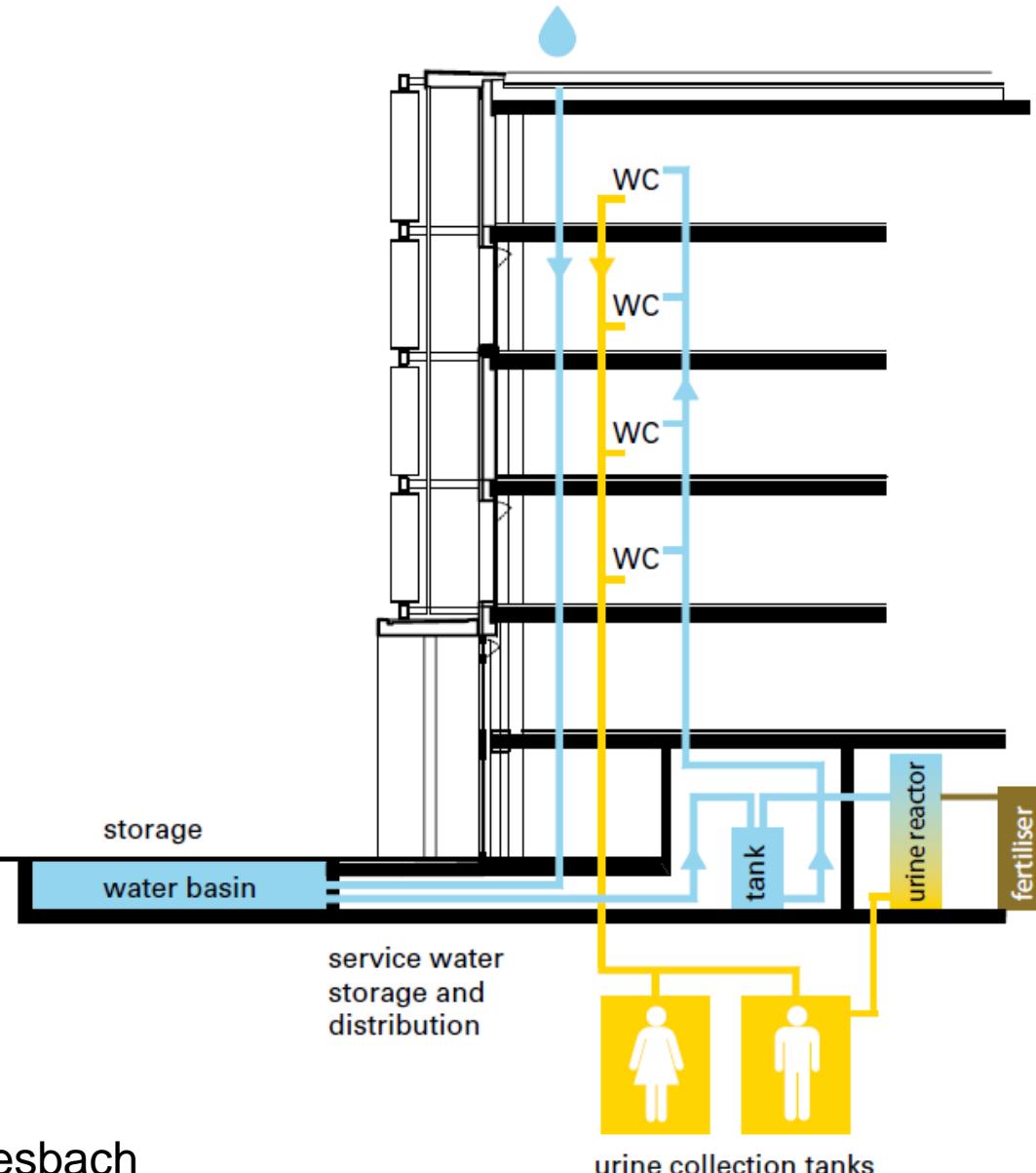
© VunaNexus AG

© 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



Traitements au Forum Chriesbach



Eawag, Empa, fsp Architekten, Implenia

Autres installations de traitement Vuna



Water Hub dans le bâtiment NEST



Empa, Eawag

Siège principal de l'ESA à Paris



mairie15.paris.fr, VunaNexus

2023 Projet zirkulierbar à Eberswalde / Berlin

2025 2 x Genève Fribourg

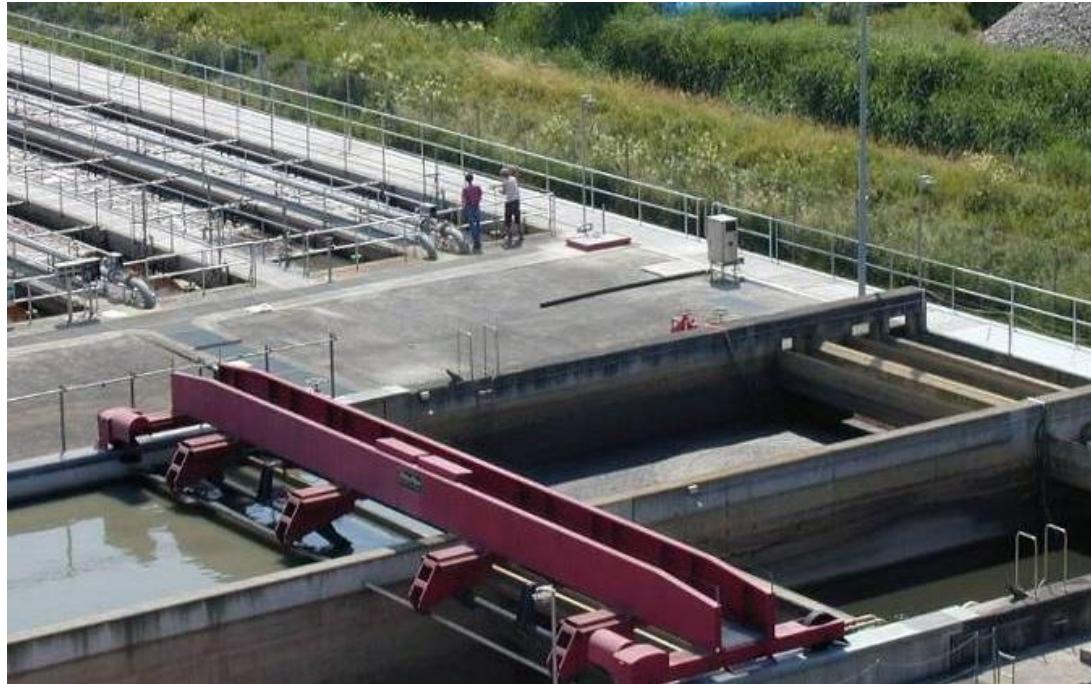
Autres projets prévus à Paris, Lausanne, Berne, Winterthur, Darmstadt

Et l'avenir?



L'oracle de Delphi: Heinrich Leutemann, Wikimedia Commons

Approche génie civil



Approche d'industrialisation



Système de
chauffage

Eawag, Hoval

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

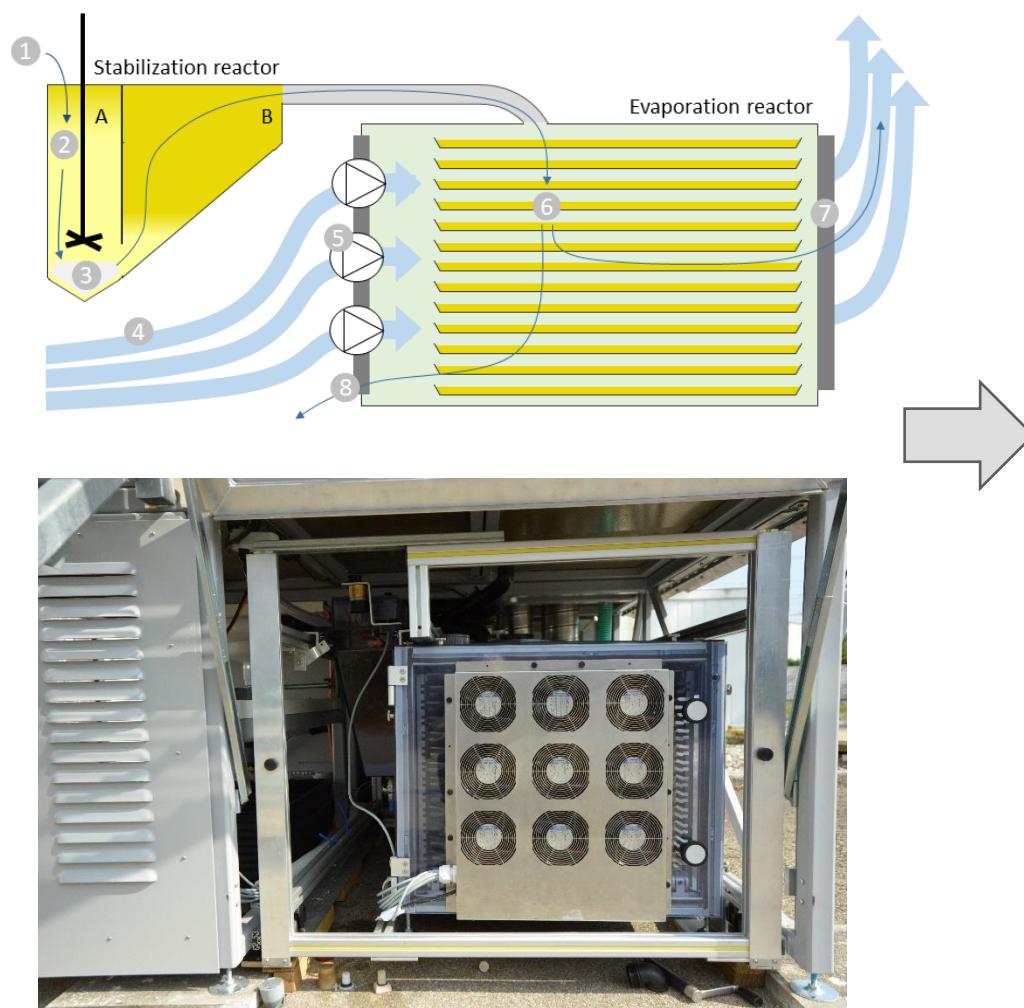
Nutrient Harvester



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 ooo

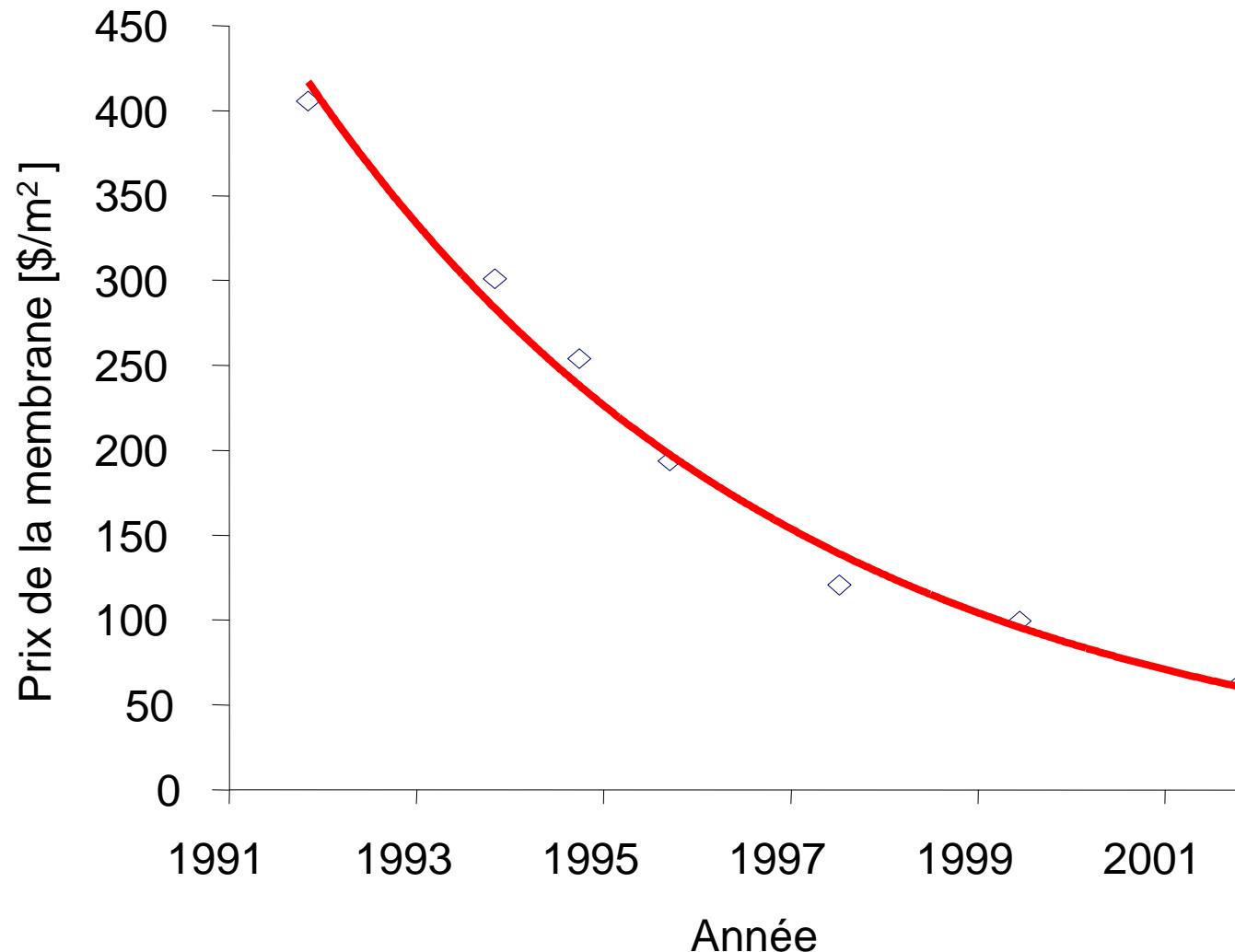


OGMO
sanitation anywhere

Eawag spin-off

Eawag

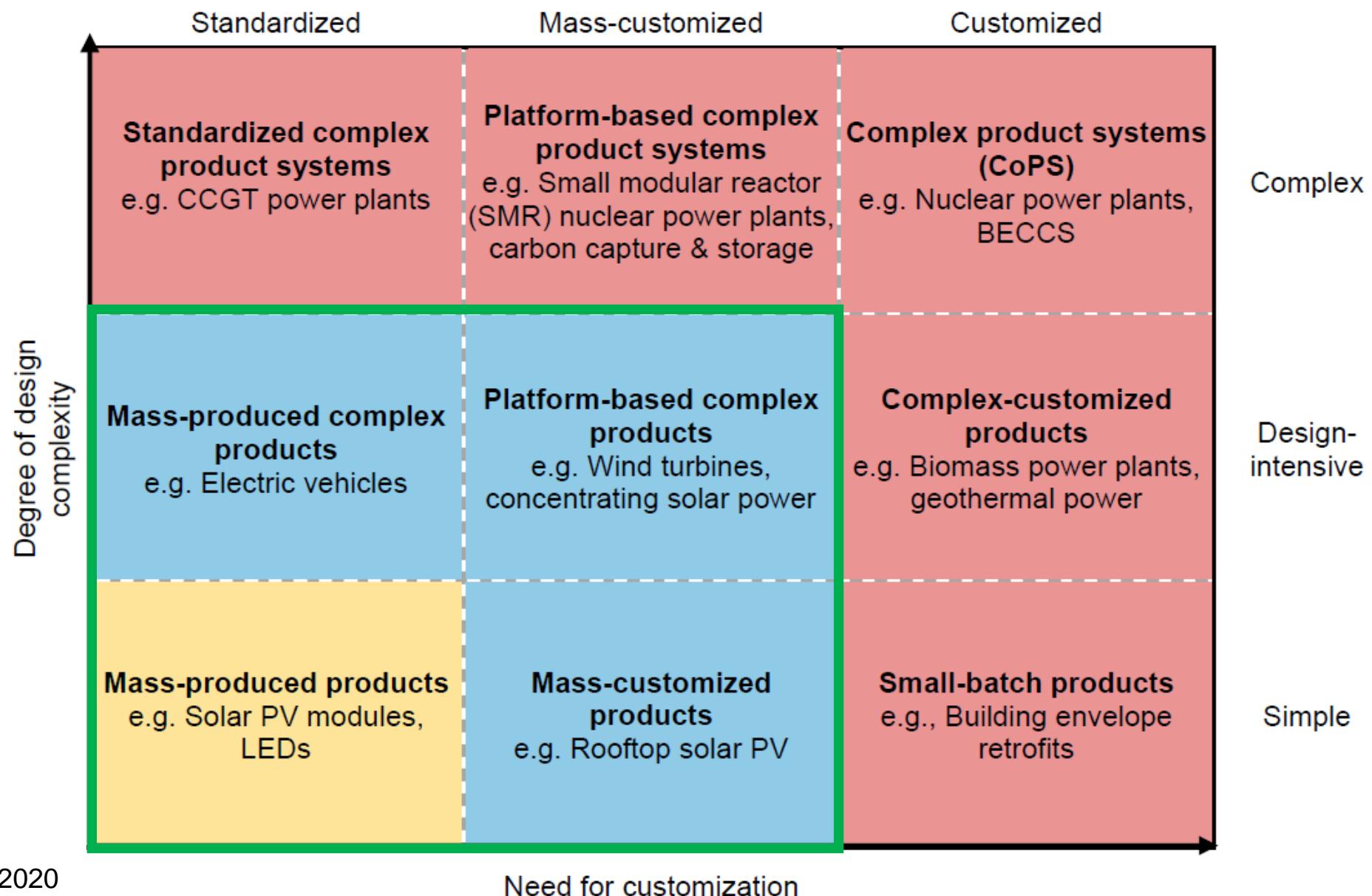
Courbe d'apprentissage



Exemple
membrane d'ultrafiltration

Baisse des prix
d'environ 20 % par an

Conditions préalables à la courbe d'apprentissage



Systèmes 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., Laureni, 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.