

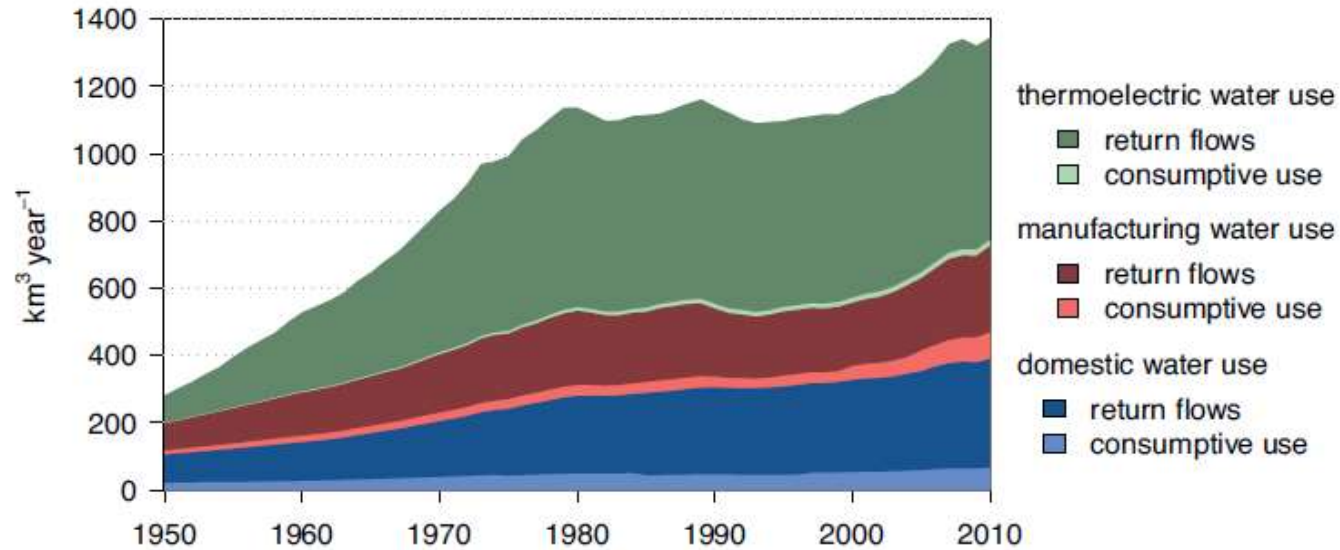


AQUAHIVE : Une Technologie de Distillation Membranaire

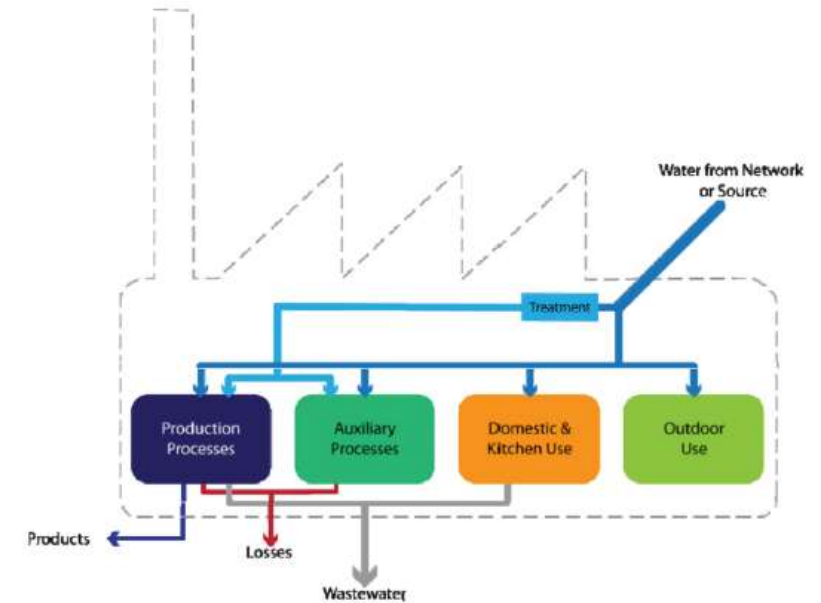
Valorisation de la chaleur fatale industrielle et traitement des effluents

Pr. Assaad Zoughaib (MINES Paris PSL University)

Contexte – Utilisation de l'eau par l'industrie



M. Flörke et al. / *Global Environmental Change* 23 (2013) 144–156



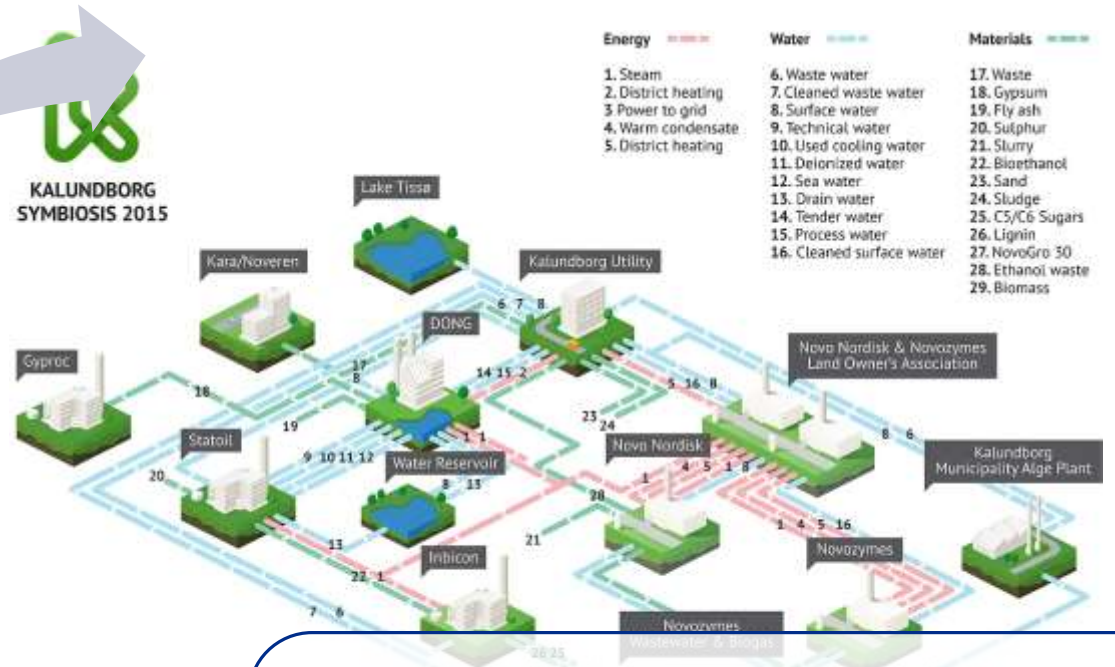
T.T. Pham et al. / *Water Resources and Industry* 13 (2016) 14–21

Avec le développement annoncé de l'H2 vert, la consommation d'eau va augmenter de 34 km³/an à l'horizon 2050

Contexte – Les Eco Parc industriels



Ecologie industrielle et territoriale: Kalundborg EIP



2,9 Mm³ water saved
Annual reduction of 175 000 tonnes CO₂
Pay-back period : 5 years

Contexte – Développements méthodologiques

Comment poussez plus loin les limites de l'écologie industrielle?

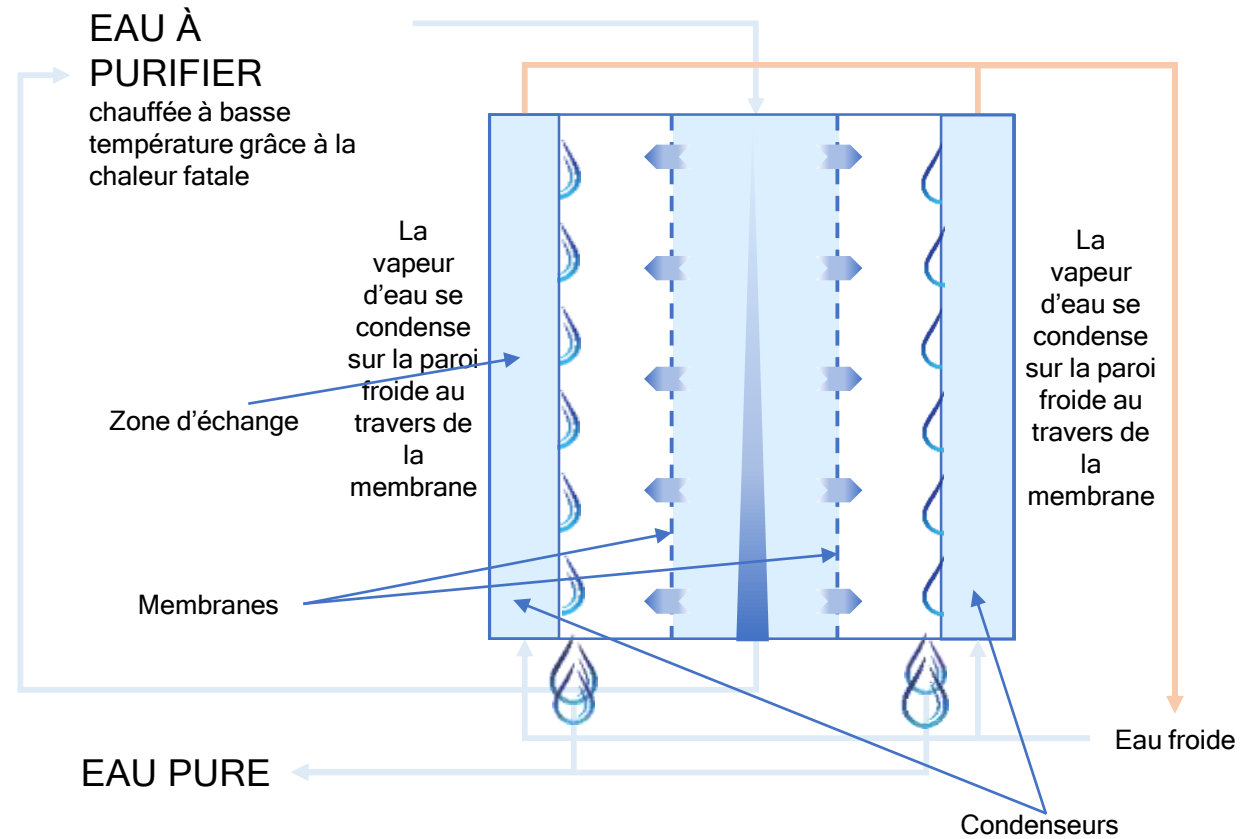
- Application de l'intégration énergie matière [Dhole & Linhoff, 1993] [Ghazouani et al, 2018] [Wissoq et al, 2021] et les travaux récents ECOPARC en partenariat avec EDF R&D et le territoire de Dunkerque

Quels sont les challenges et les barrières?

- Temporalité de la demande
- Distance
- Température et pureté
- Aspects économiques

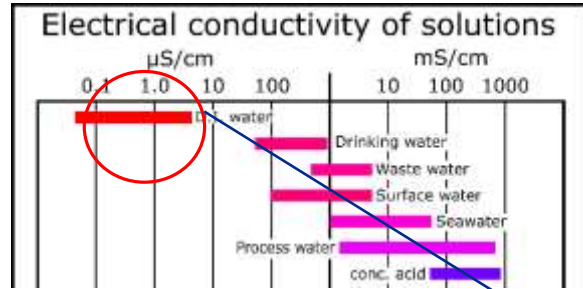
- ➔ Discretisation & stockage
- ➔ Réseaux de transport
- ➔ Systèmes de conversion
- ➔ Prise en compte des bénéfices par acteur

Réponse technologique – Distillation membranaire



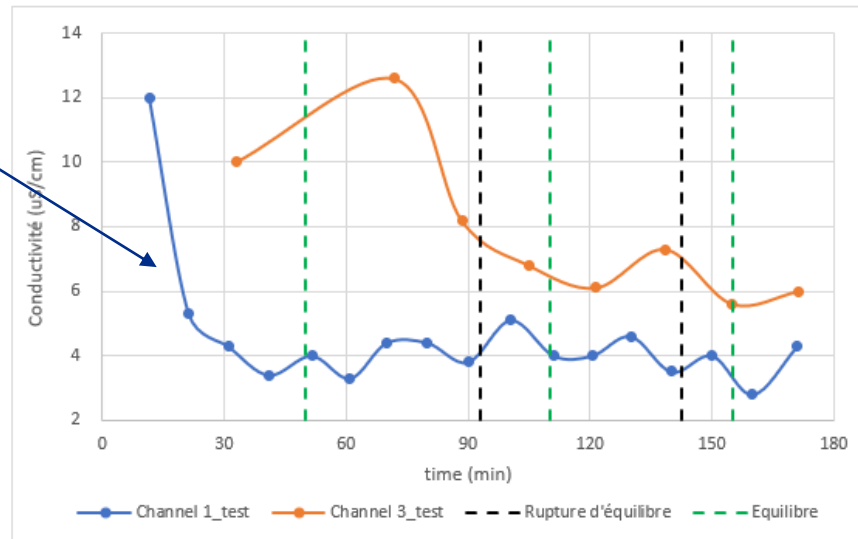
Opportunité de couplage entre chaleur fatale et valorisation effluents

AQUAHIVE: performance prototype



Source:
Connelly (2017)

Taux de rejet 99% supérieur à l'osmose inverse et moins sensible à la composition



Technologie industrialisée par STEM spin off du CES Mines Paris

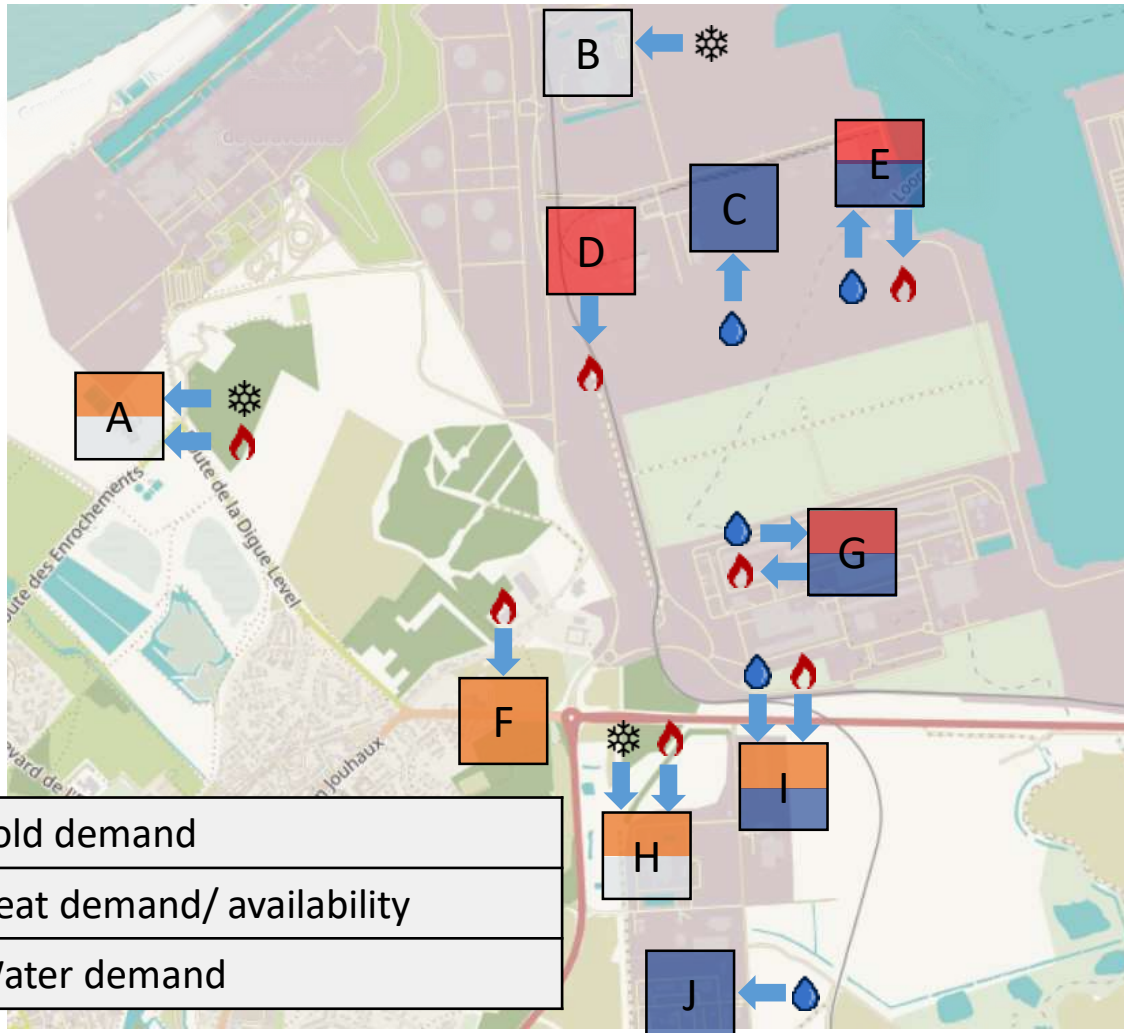


STEM SAS

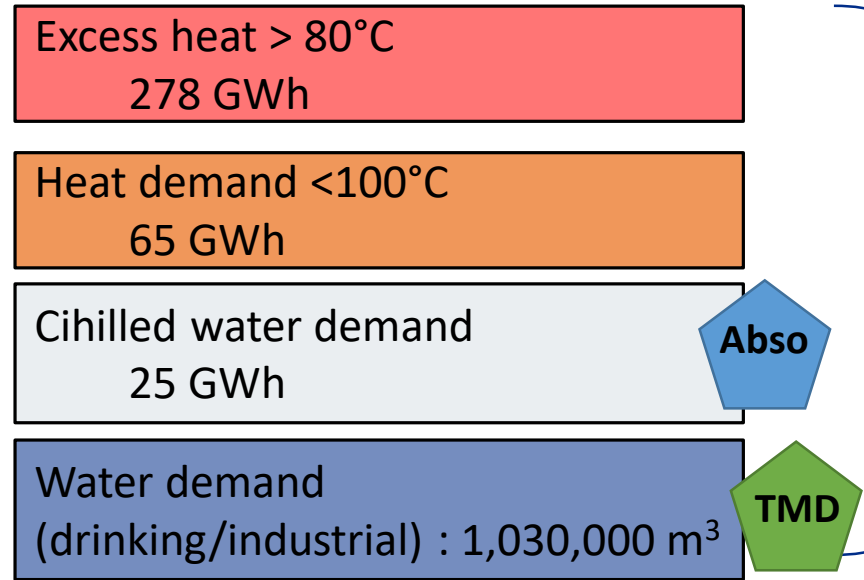
AQUAHIVE: performance prototype



Cas d'étude (EPIFLEX): Dunkerque



10 industries

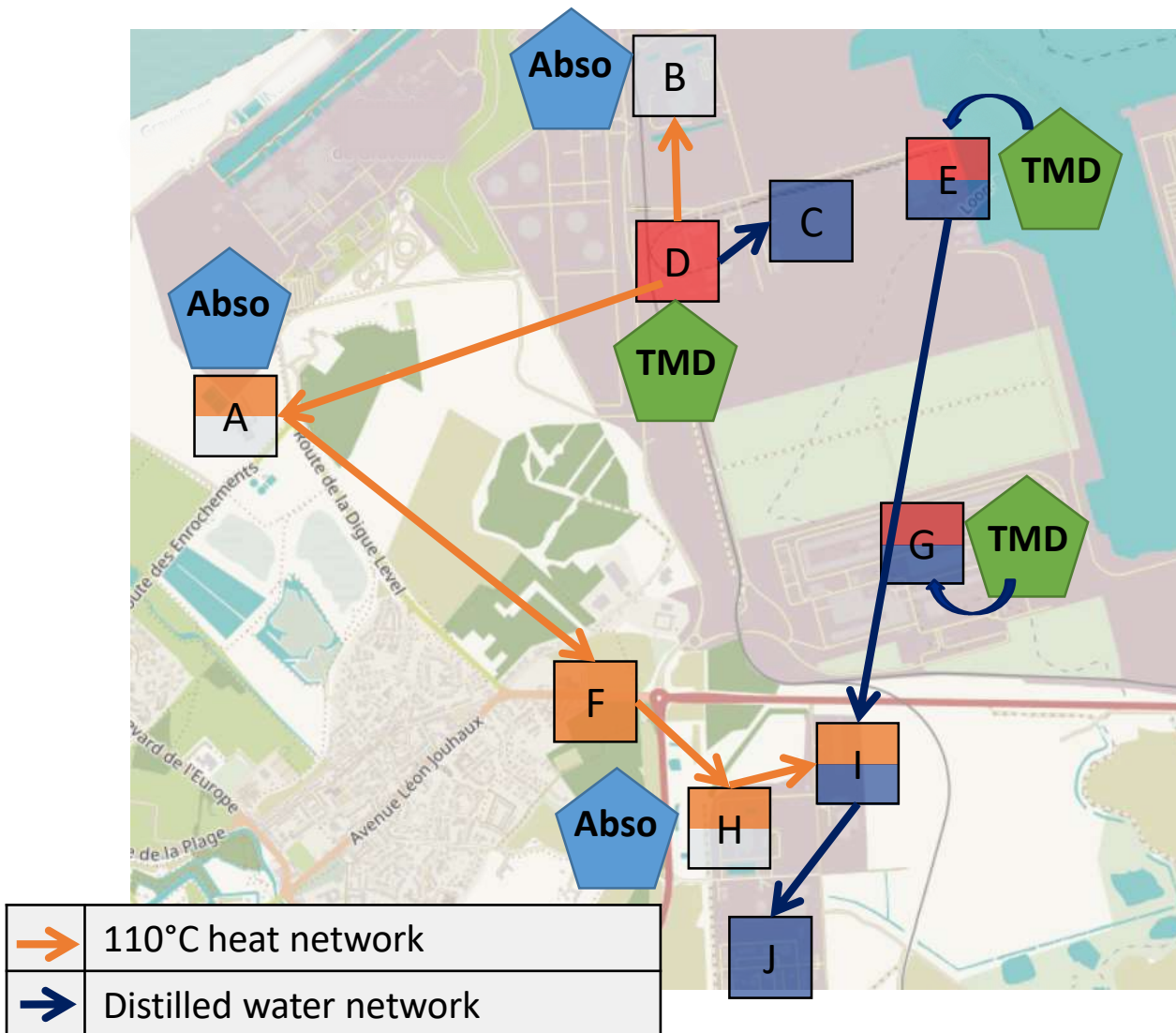


Dynamic demand (seasons, days)
 ↓
 Time representation : 4 typical days

Application of the optimization problem to determine

- Heat and mass network design
- Absorption machine location & design
- TMD location & design

Solution collaborative



Economic optimisation on 10 years

Hot utilities: 30€/MWh
Cooling: 2,5€/MWh

Drinking water: 1,5€/m³
Industrial water: 0,4 - 0,6€/m³
Electricity: 70€/MWh

Abso: COP=1 ; 250€/kW
TMD: 9,39€/kg.h⁻¹

Heat network: 750€/ml
Water network: 500€/ml

	Before	After
CAPEX	0 M€	4 M€
OPEX	3 500 k€/year	626 k€/year

Payback period : 2 years

AQUAHIVE: premier pilote industriel



- ❑ Unité pilote (~0,3 m³/h) installée chez Ryssen Alcool
- ❑ Valorisation flegmasses (refroidissement et réduction volume effluents de 7 à 9%)
- ❑ Reutilisation eau pure produite pour la génération de vapeur
- ❑ Projet soutenu par l'ADEME et partenariat STEM, EDF R&D, Ryssen Alcool et Mines Paris

Conclusions et perspectives

- ❑ La distillation membranaire
 - ❑ Technologie de couplage chaleur/eau
 - ❑ Valorisation chaleur fatale/effluents
 - ❑ Taux de rejet élevé et supérieur à l'osmose inverse (<10 microS/cm)

- ❑ Perspectives
 - ❑ Concentration effluents (reduction volume déchets ultimes à traiter)
 - ❑ Valorisation molécules d'intérêt dans effluents

