

# SisClever: Simultaneous separation of multi-component systems to high level of recovery

SFGP 2024, Deauville

16/10/2024

---

Marc Philippart de Foy, Ezgi Uslu, Andreas Pfennig

Products, Environment, and Processes (PEPs)

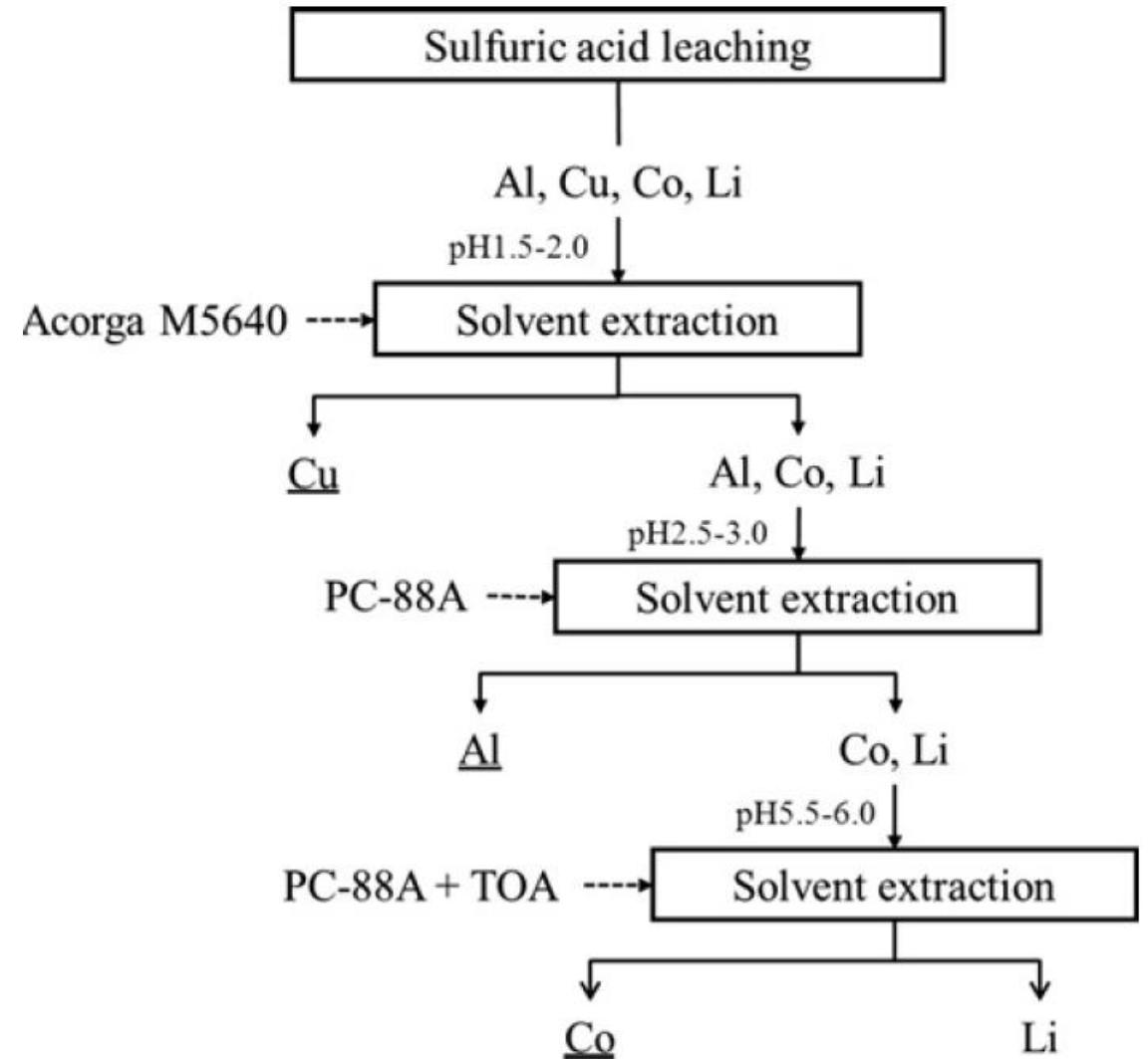
Department of Chemical Engineering

Université de Liège

[www.chemeng.uliege.be/pfennig](http://www.chemeng.uliege.be/pfennig)

# motivation

- séparation de métaux dissous en phase aqueuse
- plusieurs opérations unitaires
- différents extractants

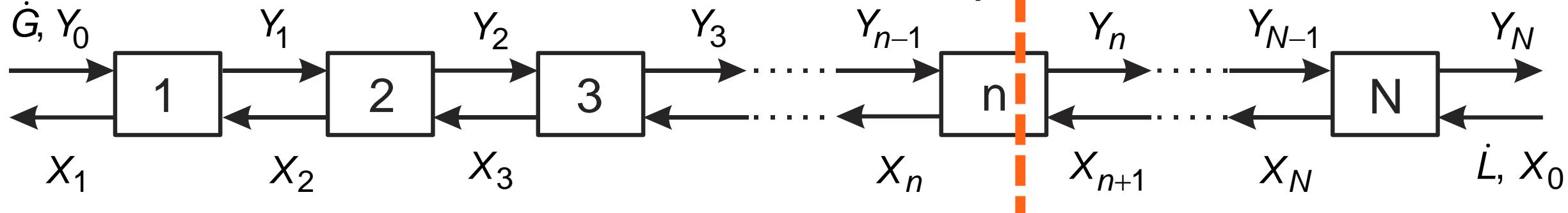


Suzuki, T., Nakamura T., Inoue, Y., Niinae, M., Shibata, J., 2012: A hydrometallurgical process for the separation of aluminum, cobalt, copper and lithium in acidic sulfate media. *Separation and purification technology*, 98, 396-401.

## idée du procédé

- **objectif:** un seul procédé pour séparer un mélange de plusieurs composés en différents flux de produits qui ont une pureté arbitraire et une grande concentration  
→ SisClever process
- **idée:** créer des zones d'accumulations, une zone par composé, en contrôlant les coefficients de partition

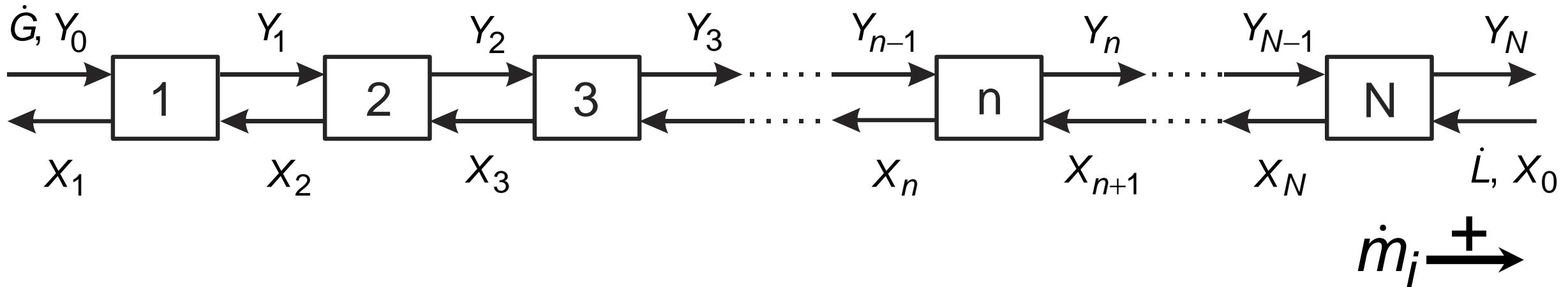
# flux massique net



- flux massique net :  $\dot{m}_i = \dot{G}Y_i - \dot{L}X_i$
- coefficient de partition :  $K_i = \frac{Y_i}{X_i}$
- facteur d'extraction :  $\lambda_i = \frac{\dot{G}Y_i}{\dot{L}X_i} = \frac{\dot{G}}{\dot{L}}K_i$

$$\dot{m}_i = \dot{L}X_i (\lambda_i - 1)$$

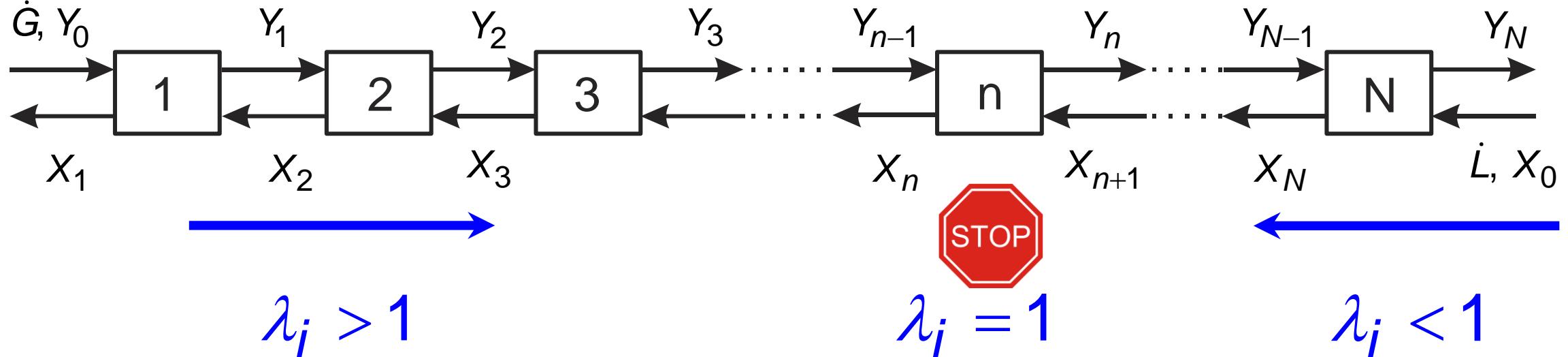
# flux massique net



- la direction du flux dépend de  $\lambda_i$

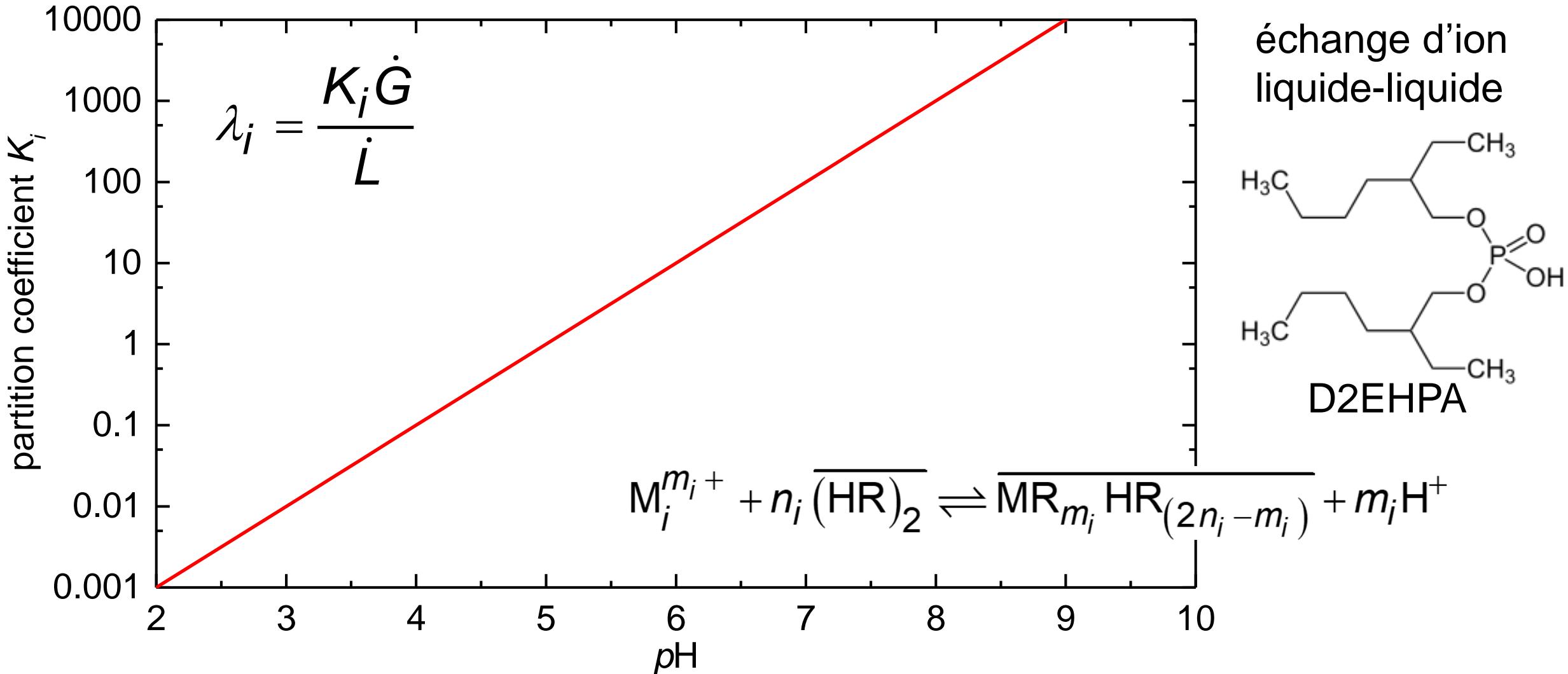
$$\dot{m}_i = \dot{L}X_i (\lambda_i - 1) \implies \dot{m}_i \begin{cases} > 0 & \text{for } (\lambda_i - 1) > 0, \quad \lambda_i > 1 \quad \rightarrow \\ = 0 & \text{for } (\lambda_i - 1) = 0, \quad \lambda_i = 1 \quad \text{STOP} \\ < 0 & \text{for } (\lambda_i - 1) < 0, \quad \lambda_i < 1 \quad \leftarrow \end{cases}$$

# procédé à contre-courant

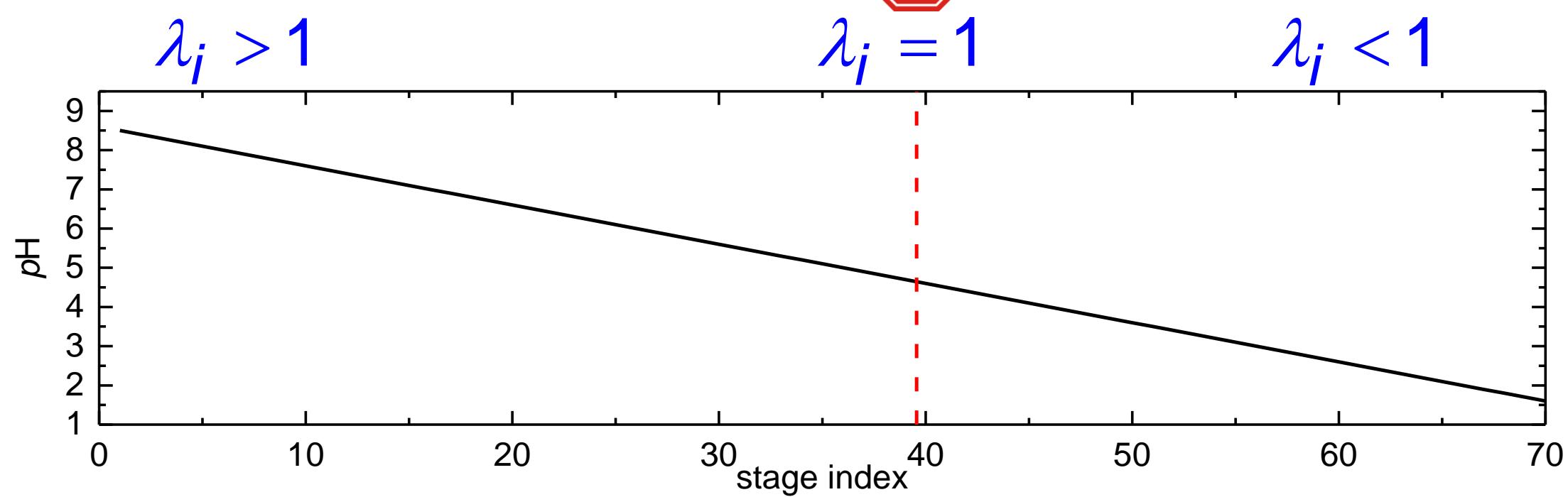
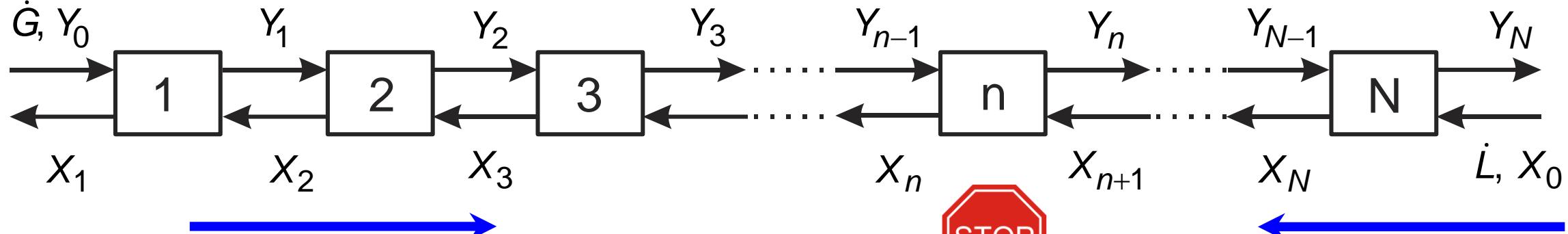


$$\lambda_i = K_i \frac{\dot{G}}{\dot{L}}$$

# coefficient de partition vs. pH en extraction réactive

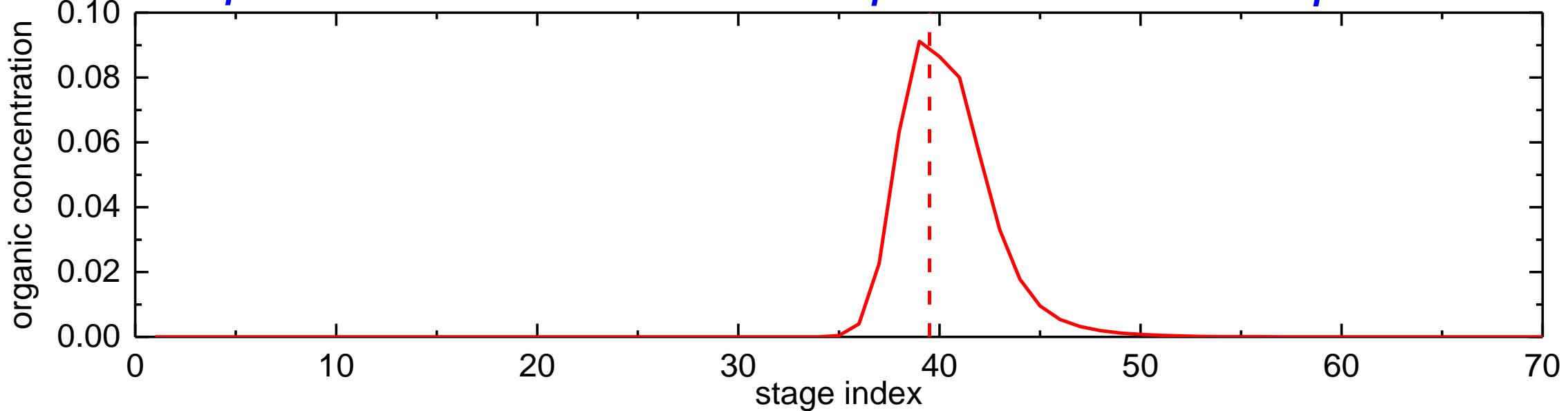
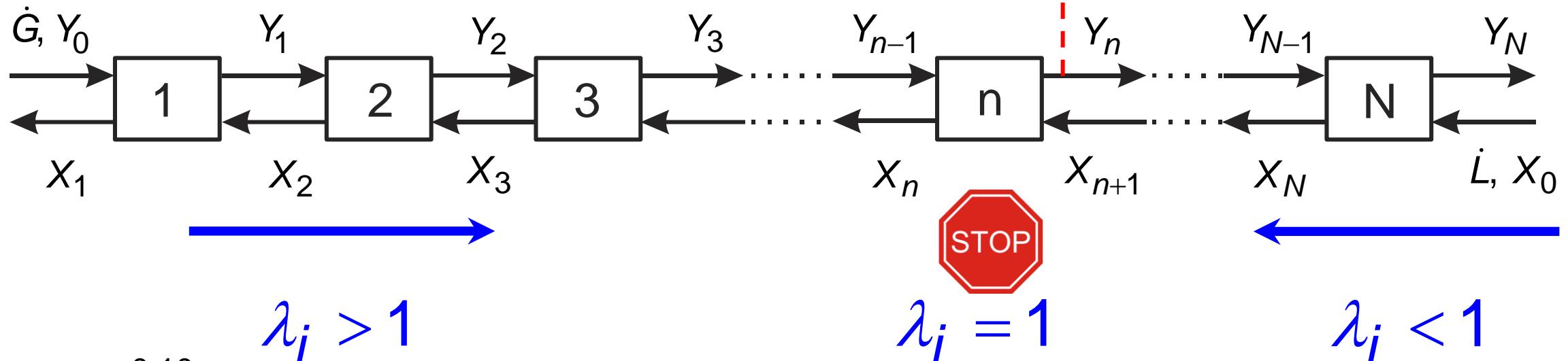


# procédé à contre-courant

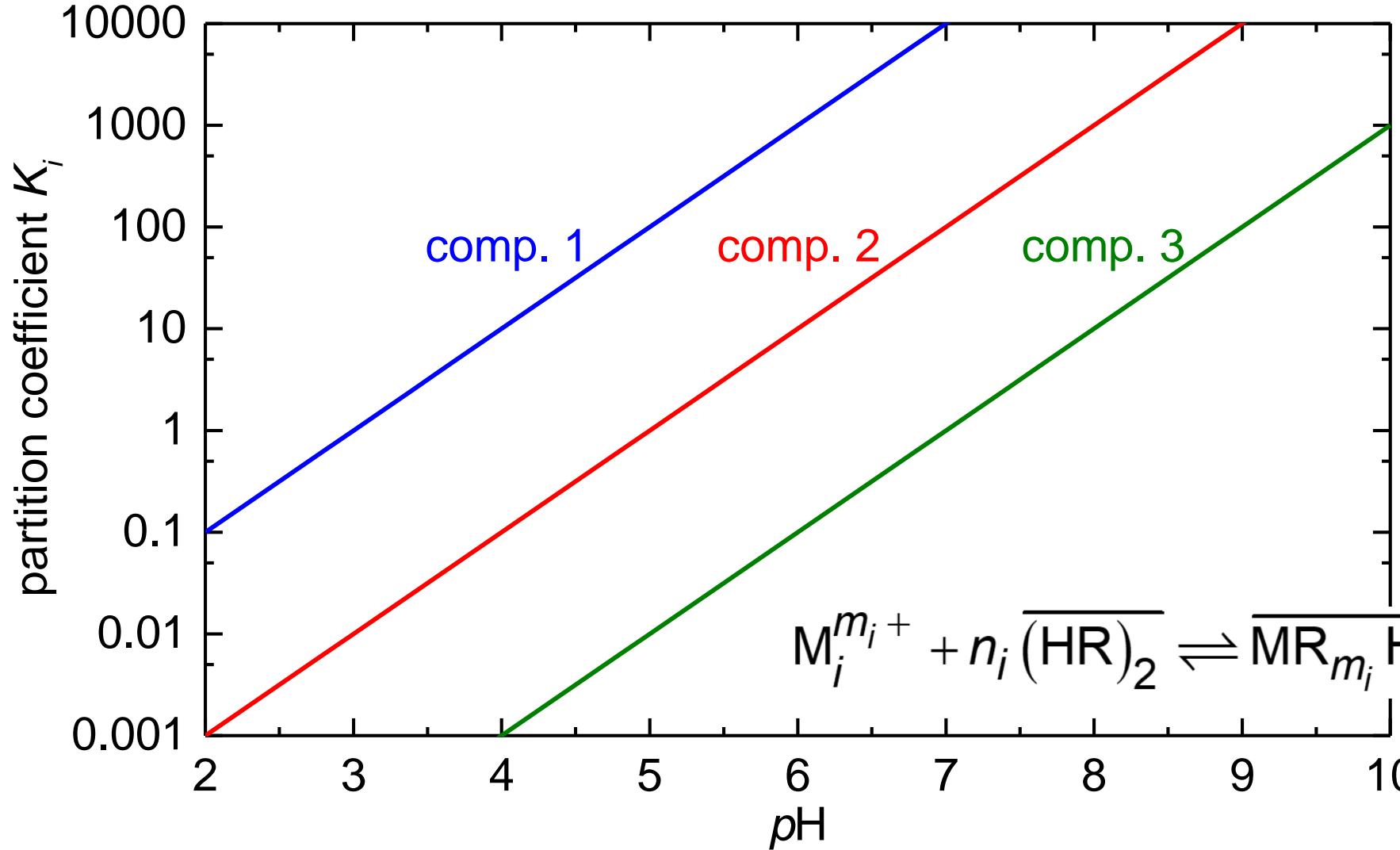


# procédé à contre-courant

récupération

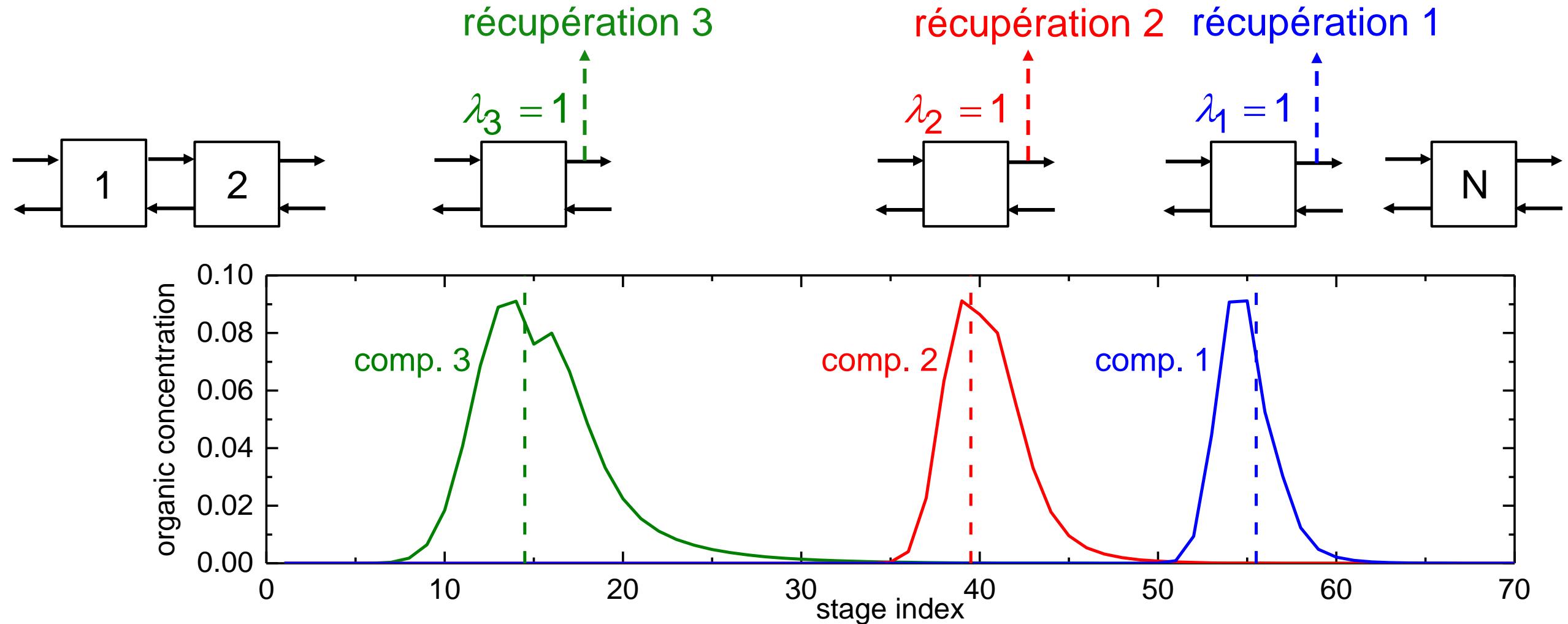


# coefficient de partition vs. pH en extraction réactive

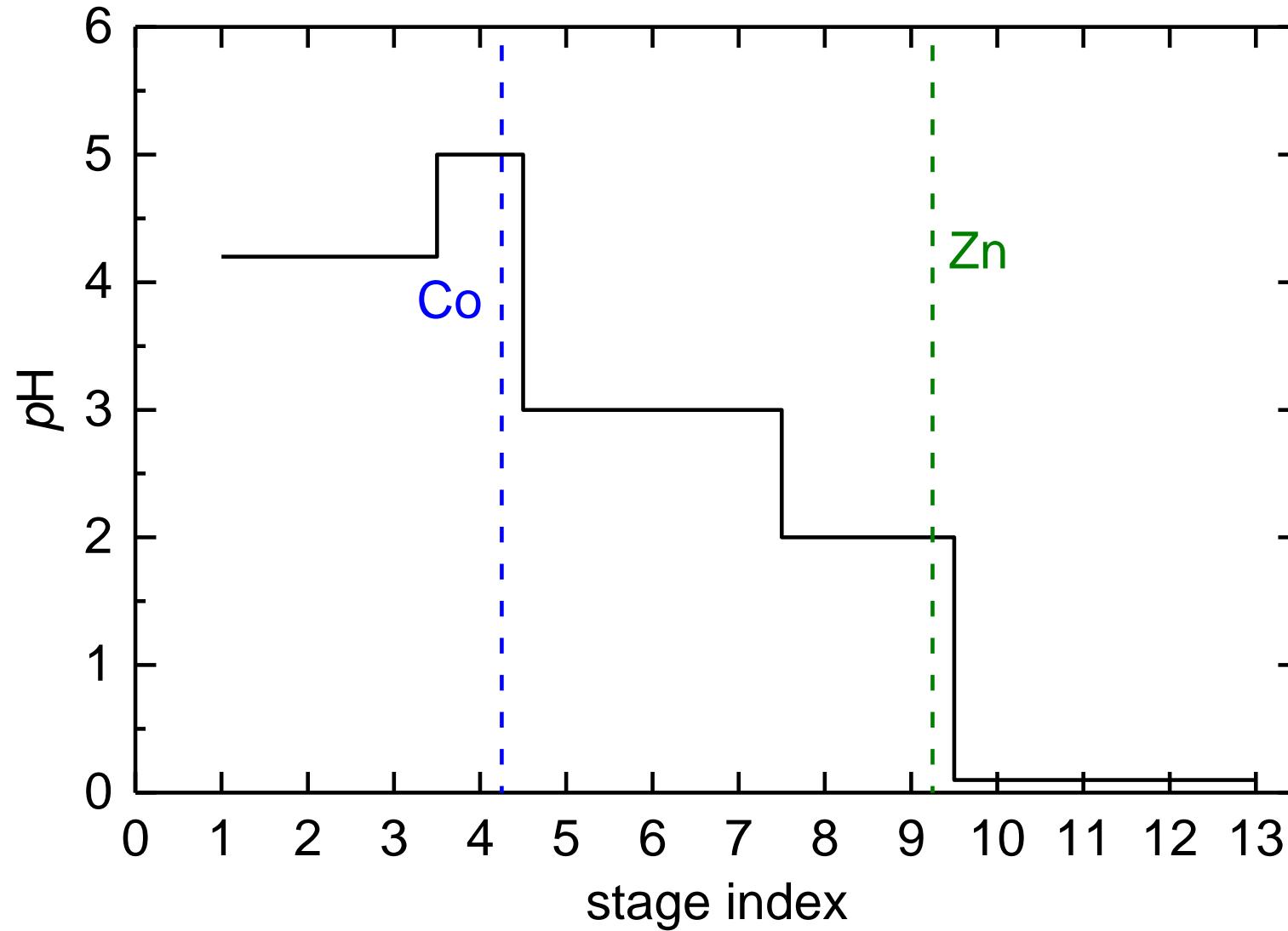


$$\lambda_i = \frac{K_i \dot{G}}{\dot{L}}$$

# procédé à contre-courant



# profil de pH optimal

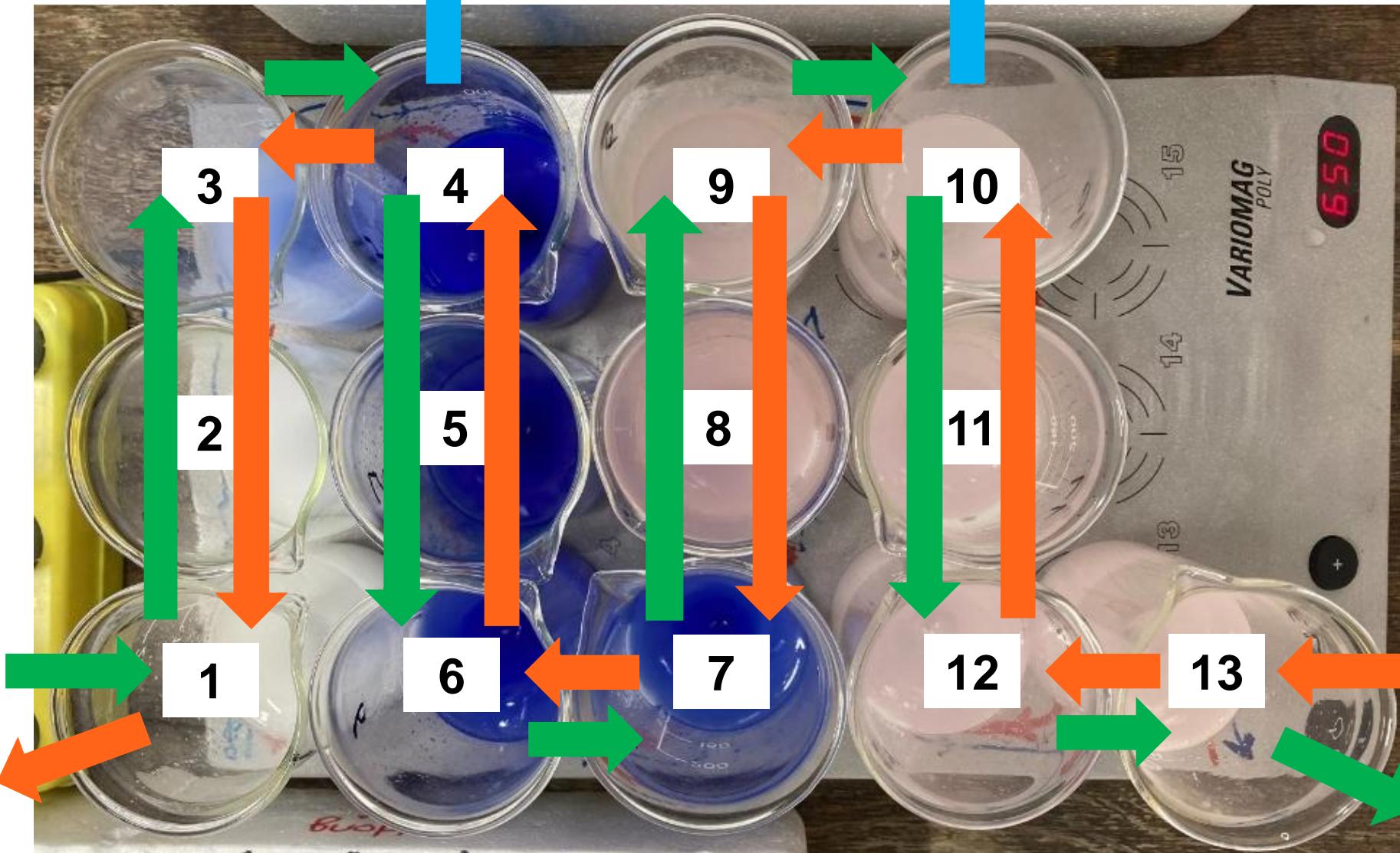


# dispositif expérimental

récupération Zn

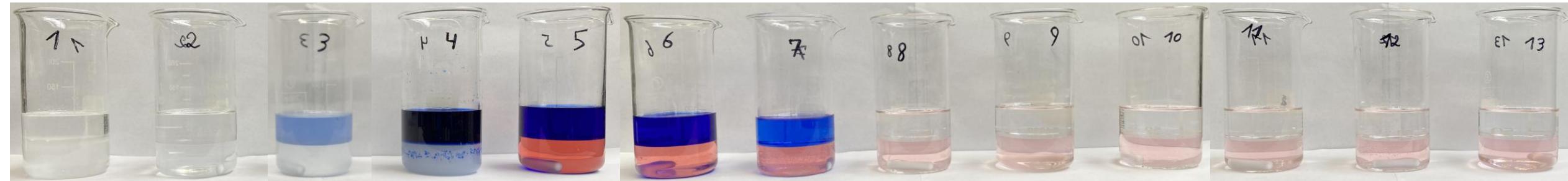
flux aqueux  
flux organique  
récupération  
organique

entrée  
organique

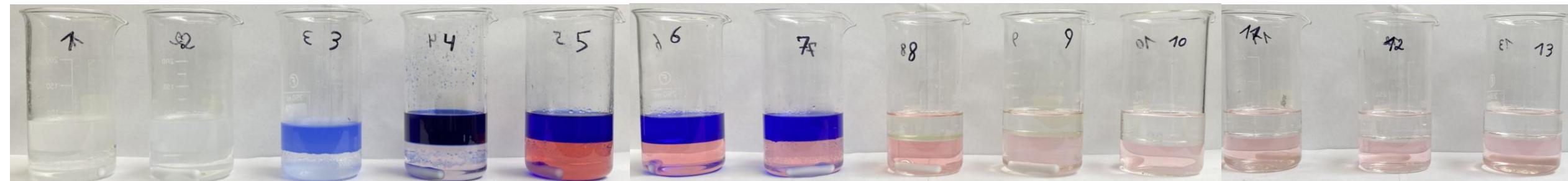


# résultats expérimentaux

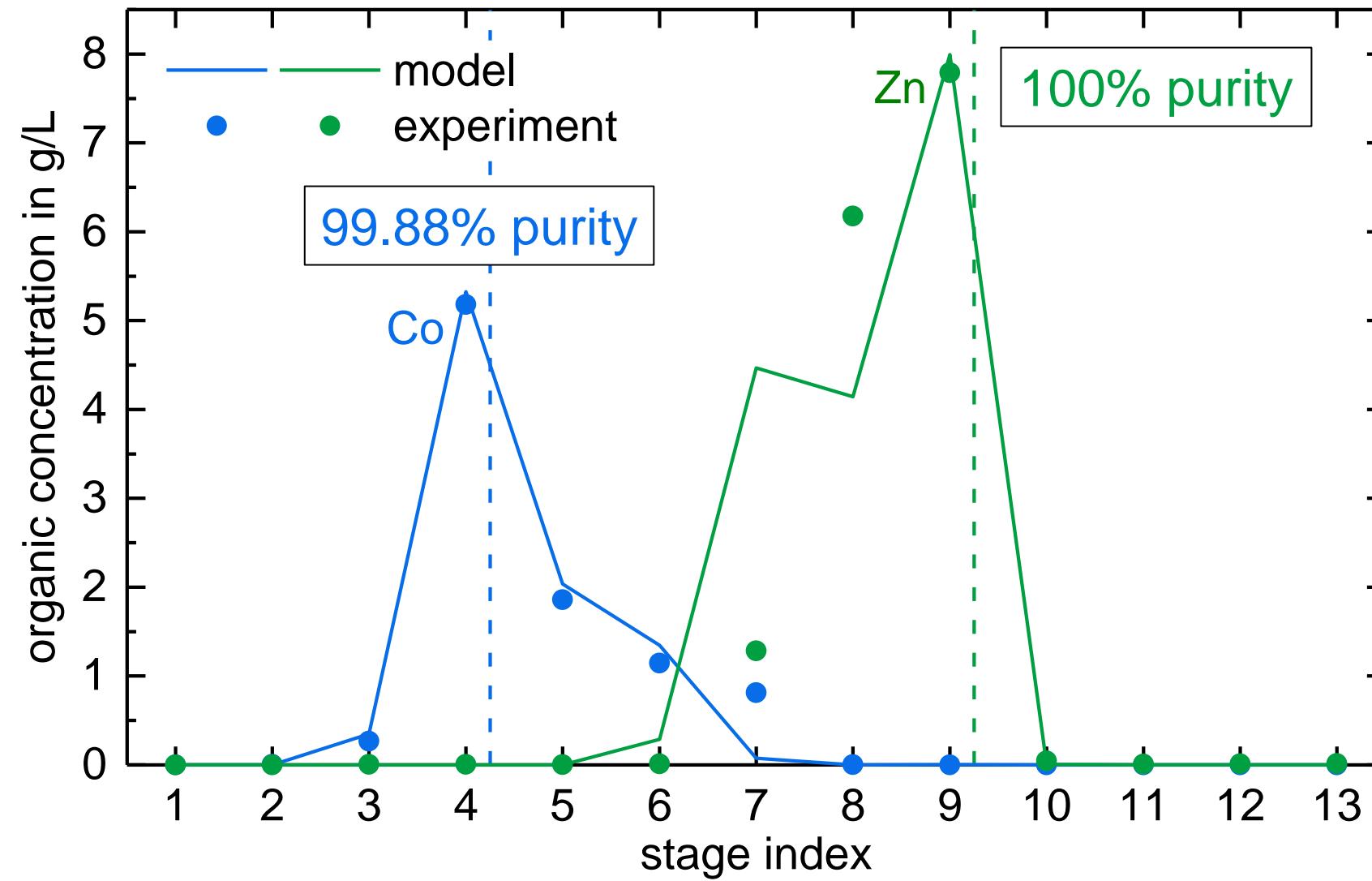
## ■ avant de débuter



## ■ après 5 temps de résidence



# résultats expérimentaux



concentrations  
d'entrée:  
 $\text{Co}^{2+}$  : 0,53 g/L  
 $\text{Zn}^{2+}$  : 0,80 g/L

# équations de design

- flux d'entrée & de récupération,  
concentration d'entrée  $\Rightarrow$  concentration de récupération
  - variation globale de  $pH$   $\Rightarrow$  consommation de base
  - dérivation de Tiller-Tour  $\Rightarrow$  nombre d'étapes entre deux points de récupération

# résumé

- **SisClever process:**  
simultaneous separation of multiple components to a high level of recovery in a **single process**, resulting in **high concentration** and **high purity**
- **zones d'accumulations**, une par composé, en contrôlant les **coefficients de partition**

# avantages compétitifs

- concentration élevée & pureté élevée
- valorisation de composés dilués dans un mélange de concentrations disparates
- procédé flexible
- flux principaux à contre-courant constants
- coûts  $\leq$  procédés conventionnels

# conclusions

- **simulations** du procédé, **validation expérimentale**
- **équations de design** simples
- brevet PCT/EP2024/069959
- exemples d'applications
  - batteries Li-ion
  - aimants de neodymium
  - déchets électroniques
  - bouillon de fermentation
- **idée générale** pour tout procédé de deux phases à contre-courant où le **contrôle des  $K_i$**  est possible

# SisClever: Simultaneous separation of multi-component systems to high level of recovery

SFGP 2024, Deauville

16/10/2024

---

Marc Philippart de Foy, Ezgi Uslu, Andreas Pfennig

Products, Environment, and Processes (PEPs)

Department of Chemical Engineering

Université de Liège

[www.chemeng.uliege.be/pfennig](http://www.chemeng.uliege.be/pfennig)

