

CAPTURE DU CO₂ PAR ABSORPTION DANS DES SOLVANTS AMINÉS PURS ET EN MÉLANGES : EXPÉRIMENTATION VS SIMULATION

Lionel DUBOIS, Diane THOMAS*

Service de Génie des Procédés Chimiques, Faculté Polytechnique de Mons, AUWB

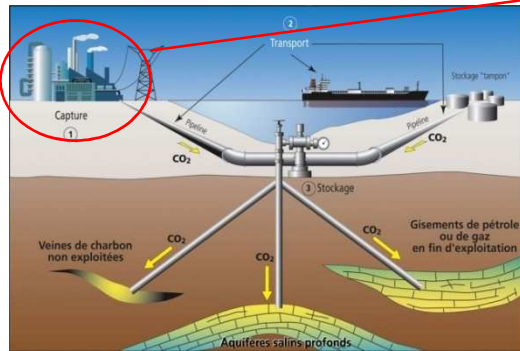
*Diane.Thomas@fpms.ac.be

OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

- Etudier les performances d'absorption du CO₂ dans des solutions aqueuses d'amines : monoéthanolamine (MEA), méthyl-diéthanolamine (MDEA) et pipérazine (PZ)
- Comparer rapidement les cinétiques d'absorption de CO₂ dans des mélanges innovants : comparaison entre des résultats expérimentaux et issus d'une simulation

Protocole de Kyoto = diminution des émissions de gaz à effet de serre de 5,2 % entre 2008 et 2012

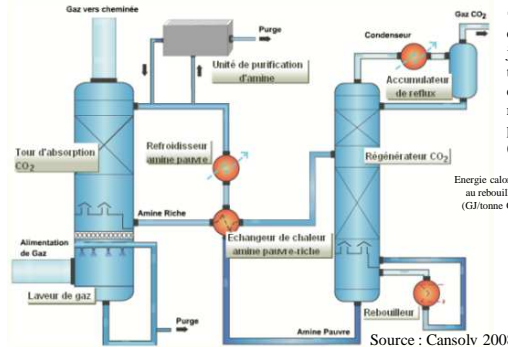
Filière de capture, transport et stockage du CO₂ :



Source : IFP 2008

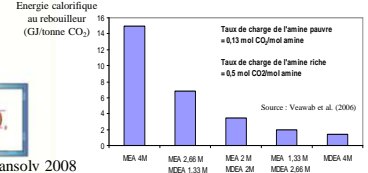
I. CONTEXTE

Absorption du CO₂ des fumées par les amines + régénération du solvant et production d'un flux riche en CO₂ :

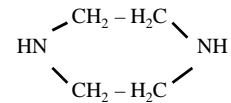
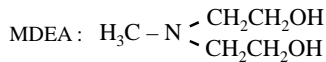


Enjeux :

→ Obtenir les meilleures performances d'absorption (influence des cinétiques mises en jeu et de l'hydrodynamique sur la compacité de la tour d'absorption) tout en essayant de limiter le coût global du traitement d'absorption-régénération, dont la part la plus importante provient des frais de régénération du solvant (consommation énergétique).

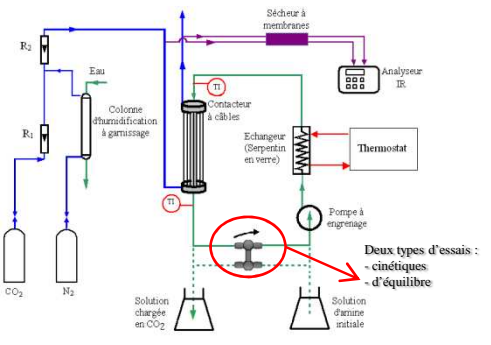


Amines étudiées :



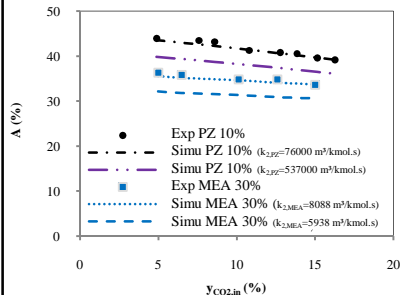
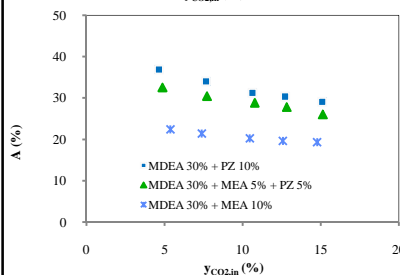
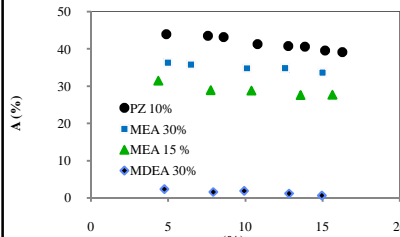
II. ÉTUDE EXPÉRIMENTALE ET SIMULATION

EXPÉRIMENTATION



Deux types d'essais :
- cinétiques
- d'équilibre

RÉSULTATS



MODÉLISATION DE L' ABSORPTION DU CO₂

Absorption basée sur la théorie du double film accompagnée d'une réaction chimique :

→ Pour une amine pure en solution aqueuse :

Réaction CO₂ amine irréversible et du second ordre :

$$r_{\text{CO}_2} = k_2 \cdot c_{\text{CO}_2} \cdot c_{\text{amine}}$$

Nombre de Hatta : $Ha = \frac{1}{k_L} \cdot \sqrt{k_2 \cdot D_{\text{CO}_2} \cdot c_{\text{amine}}}$

Flux d'absorption du CO₂ :

$$R_{\text{CO}_2} = k_G \cdot (p_{\text{CO}_2} - p_{\text{CO}_2,i}) = E \cdot k_L \cdot c_{\text{CO}_2,i}$$

(Réaction complète dans le film liquide : c_{CO₂,i} = 0)

E: facteur d'accélération = fct (nombre de Hatta)

• MDEA : réaction modérément rapide

$$0.3 < Ha < 3 \Rightarrow E = \frac{Ha}{\tanh Ha}$$

• MEA & PZ : réaction rapide du pseudo 1^{er} ordre

$$3 < Ha < Ei/2 \Rightarrow E \approx Ha$$

↳ E pour une réaction instantanée

$$R_{\text{CO}_2} = \frac{\sqrt{k_2 \cdot D_{\text{CO}_2}}}{H} \sqrt{c_{\text{amine}} \cdot p_{\text{CO}_2,i}}$$

Paramètre Global de dimensionnement : PTCG = f (t², amine)

→ Pour un mélange d'amines en solution aqueuse :

• Application des règles de mélanges :

$$\mu_{\text{mix}} \cdot D_{\text{CO}_2,\text{mix}} \text{ et } H_{\text{CO}_2,\text{mix}}$$

• Nombre de Hatta : $Ha = \frac{1}{k_L} \cdot \sqrt{\sum_j (k_j \cdot c_j) \cdot D_{\text{CO}_2,\text{mix}}}$

CONDITIONS OPÉRATOIRES

t = 25°C ± 0,2 °C, p = pression atmosphérique
Contacteur : à films tombants (6 fils torsadés)
D_{col} = 0.045 m – Section = 0.001276 m²
Débit (L) = 0.191 l/min Débit (G) = 0.808 m³/h
u_L : 0.0025 m/s u_G : 0.17 m/s
Teneurs en CO₂ : 4 à 16% (représentatives des fumées de combustion)
Concentrations en amines :
C_{MEA} : 15 à 30 % (massiques)
C_{MDEA} : 30 à 50 % (massiques)
C_{PZ} : 5 à 12.5 % (massiques)
Solutions aqueuses d'une ou plusieurs amines

CONCLUSIONS

- Meilleurs taux d'absorption : PZ > MEA > MDEA
- Effet très positif d'un activateur de l'absorption (PZ)
- Simulation dans le cas des solutions aqueuses d'une amine : bonne adéquation avec les résultats expérimentaux

PERSPECTIVES

- Etude d'autres amines comme par exemple la pipéridine
- Influence de la température : 25°C → 40°C
- Couplage avec l'étape de régénération
- Simulation de l'absorption du CO₂ dans des mélanges