

# OPTIMISATION DE LA PRÉCIPITATION DE CARBONATES DE MAGNÉSIMUM DANS UN CRISTALLISOIR À RECIRCULATION FORCÉE POUR L'APPLICATION DANS UN PROCÉDÉ DE SÉQUESTRATION DE CO<sub>2</sub>

Nguyen, Thi Yen Chau<sup>1</sup>; Mercier, Guy<sup>1</sup>; Blais, Jean-François<sup>1</sup>; Pasquier, Louis-César<sup>1</sup>

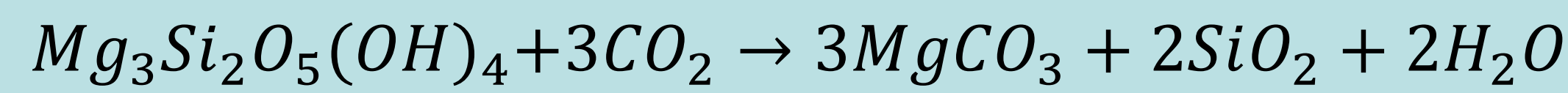
<sup>1</sup> Institut National de la Recherche scientifique, INRS, 490 rue de la Couronne G1K 9A9 Québec (Québec) CANADA

## Introduction

Parmi les gaz émis par les activités humaines, le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) est le plus abondant. Il contribue aux deux tiers du phénomène de réchauffement climatique. Pour limiter l'émission des gaz à effet de serre, de nombreuses techniques de séquestration du CO<sub>2</sub> ont été développées au cours des dernières années. Parmi ces procédés, la **carbonatation minérale** du CO<sub>2</sub> avec des résidus de serpentine a été privilégiée par l'INRS.

## Contexte : Carbonatation minérale

Réaction du CO<sub>2</sub> avec le Magnésium contenu dans une matrice minérale ou non, amenant à la formation de carbonates, stables et inertes:



Le procédé développé par l'INRS (résidus miniers de serpentine) est composé de 4 étapes

- ❖ Le prétraitement du minerai;
- ❖ le traitement thermique des résidus;
- ❖ la séquestration du CO<sub>2</sub>;
- ❖ la **précipitation de carbonate magnésium**.

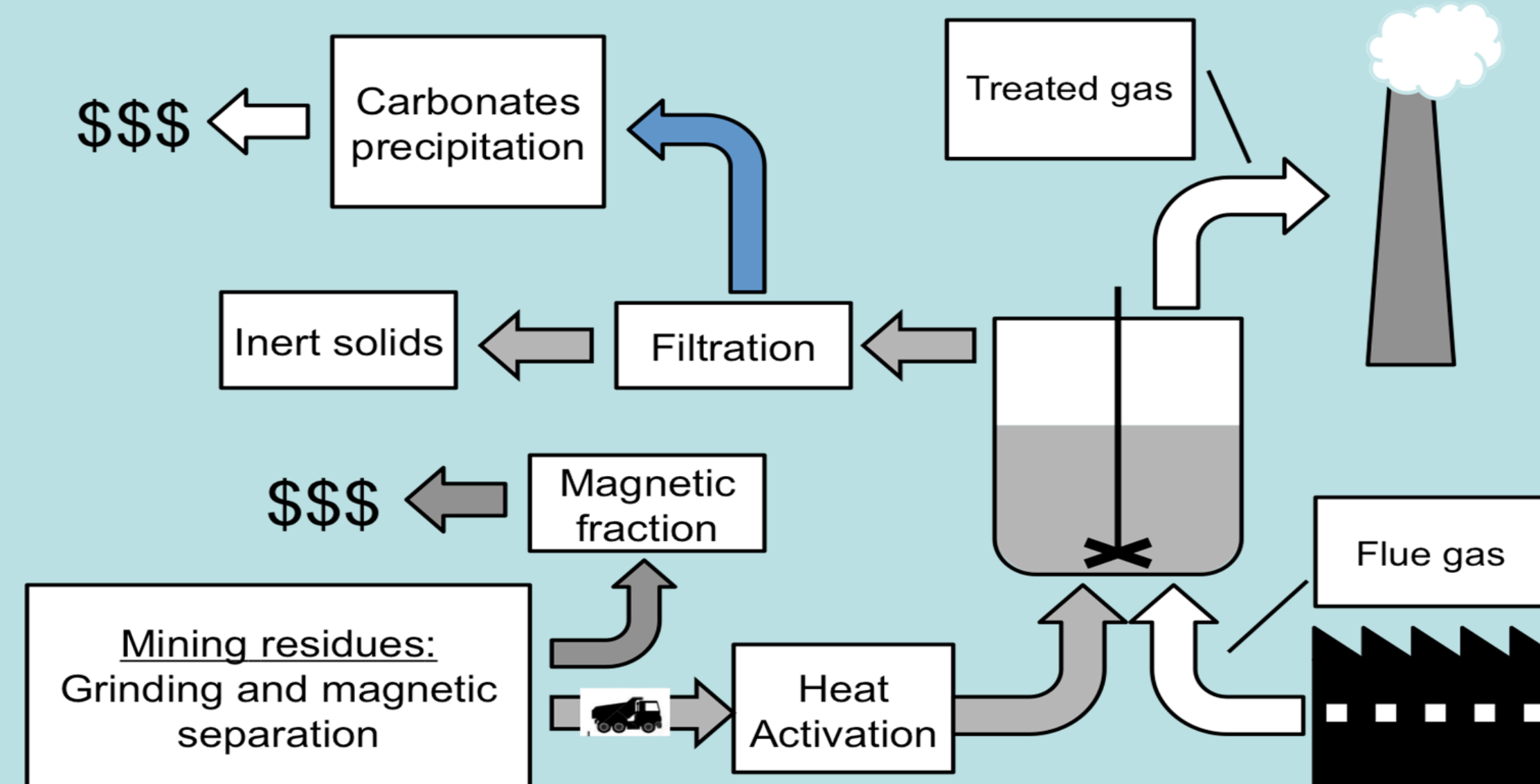


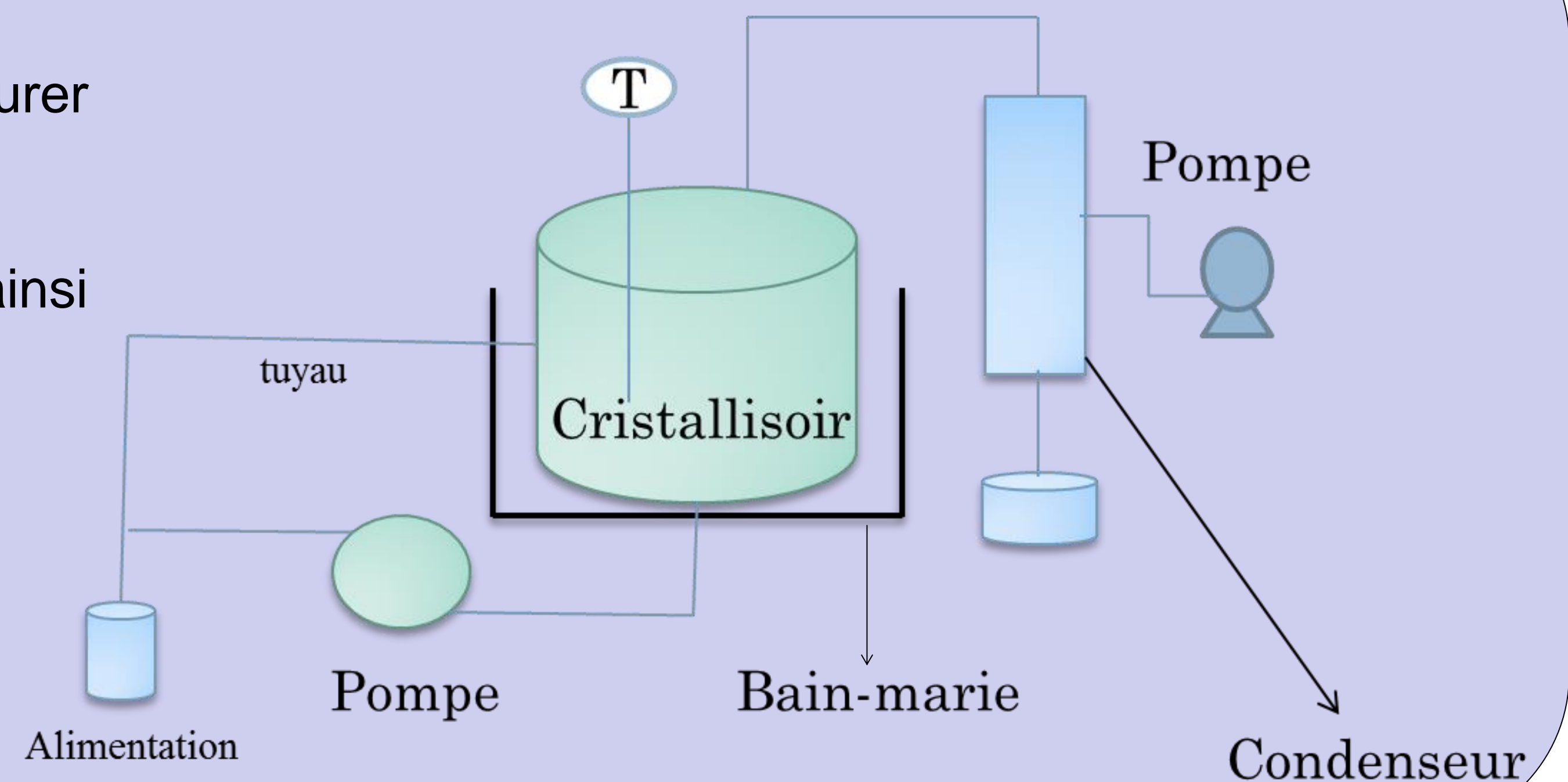
Schéma du procédé développé à l'INRS (Louis-César Pasquier et al., 2016)

L'objectif de cette étude s'intéresse à l'optimisation de l'étape de la précipitation de carbonate magnésium (MgCO<sub>3</sub>) dans un **crystalliseur à recirculation forcée** à l'aide d'un **plan d'expérience de type Box-Behnken**.

## Principe d'un cristalliseur à recirculation forcée et d'un plan d'expérience de type Box-Behnken

Les essais de la précipitation de carbonates de magnésium ont été réalisés dans un **crystalliseur à recirculation forcée** qui comporte:

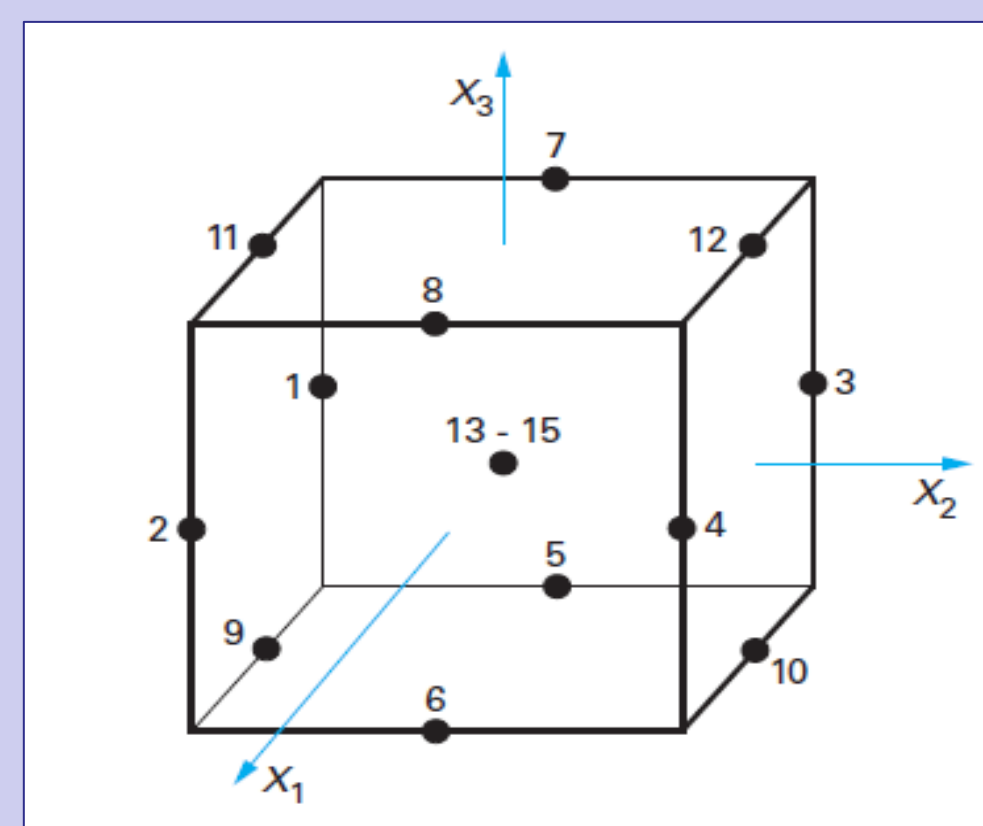
- une **pompe** permettant d'injecter la solution dans le cristalliseur et d'assurer l'agitation de la solution par recirculation de la phase liquide;
- une **pompe à air** permettant de diminuer la pression dans le cristalliseur et ainsi abaisser la température d'ébullition;
- un **condenseur** permettant de récupérer l'eau évaporée pendant la réaction;
- un **bain-marie** pour permettre de chauffer la solution dans le cristalliseur;
- un **thermomètre** permettant de contrôler la température de la solution



Le **plan d'expérience de type Box-Behnken** pour la précipitation de carbonates de magnésium:

3 facteurs à 3 niveaux:

Facteurs	Unités	Bas (-1)	Centre (0)	Haut (+1)
Temps de réaction (X1)	minutes	15	45	75
Débit (X2)	ml/min	50	75	100
Température (X3)	°C	60	70	80



Plan d'expérience de type Box-Behnken pour établir un modèle avec 3 facteurs

N° essai	Facteur X1	Facteur X2	Facteur X3
1	0	-1	-1
2	+1	0	-1
3	0	+1	-1
4	-1	0	-1
5	-1	-1	0
6	+1	-1	0
7	-1	+1	0
8	+1	+1	0
9	0	-1	+1
10	+1	0	+1
11	0	+1	+1
12	-1	0	+1
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0
16	0	0	0

Pour prédire le point optimal, une équation polynomiale du second ordre a été déterminée afin de relier les variables indépendantes à la réponse pour k facteurs à l'aide du logiciel de plan d'expérience Design Expert 9.03 (Stat-ease, INc. Minneapolis, USA).

$$Y = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j x_j + \sum_{j=1}^k \beta_{jj} x_j^2 + \sum_{i < j=2}^k \sum_{i=1}^k \beta_{ij} x_i x_j + e_i$$

- Y: réponse (% de magnésium précipité)
- k : nombre de paramètres indépendants
- β: coefficient
- e: erreur

## Conclusion

La vitesse de précipitation des carbonates de magnésium dans le cristalliseur à recirculation forcée a été doublée par rapport aux études antérieures de l'équipe dans le réacteur fermé.

Continuer l'optimisation des paramètres comme l'effet de l'agitation, le moyen de chauffage, le mode en continu pour avoir le procédé plus efficace.