



# Résumé de recherche - Réactivité du chlore avec les matières environnementales dans les modèles de dispersion atmosphérique

*Direction générale du transport des marchandises dangereuses | Division de la recherche scientifique*

## RÉSUMÉ

La présente étude a permis de déterminer les taux de dépôt (élimination par réaction chimique) du chlore gazeux au moyen de tests de réactivité chimique environnementale (TRCE) afin de déterminer le taux de réactivité initial et maximal du chlore avec des matières environnementales communes (sol nu et divers types de végétation communs). Cette étude a donné lieu à la recommandation de paramètres de modèle qui peuvent être utilisés directement dans les modèles de dispersion atmosphérique pour le chlore.



*Figure 1 – Chambre de TRCE située à l'Université de l'Arkansas*

## CONTEXTE

En Amérique du Nord, le chlore est le deuxième gaz toxique par inhalation le plus transporté. Il est difficile pour les modèles informatiques de simuler les rejets de chlore, car le chlore est plus dense que l'air. En 2010, le Chemical Security Analysis Center du Department of Homeland Security (centre d'analyse de la sécurité chimique du département américain de la Sécurité intérieure – US DHS CSAC) et la Defense Threat Reduction Agency (organisme américain de la réduction des menaces dans le domaine de la défense) ont lancé le programme de recherche Jack Rabbit afin de combler ce manque de connaissances.

Le programme a été créé à l'origine pour étudier les petits rejets de chlore et d'ammoniac. Depuis 2013, la Direction générale du transport des marchandises dangereuses (TMD) de Transports Canada (TC) a participé à la deuxième phase du programme de recherche Jack Rabbit (Jack Rabbit II) afin de mieux comprendre le comportement des rejets de

chlore à grande échelle dans les scénarios de transport.

Grâce au financement de Recherche et développement pour la défense Canada, le TMD a participé à des essais à grande échelle sur le terrain (rejets de chlore à l'échelle des wagons) et à une étude sur les chambres de réactivité du chlore. Les résultats des essais sur le terrain ont servi à mettre à jour les modèles informatiques d'évaluation des zones d'impact et à valider les distances initiales d'isolement et de protection dans l'édition 2020 du [Guide des mesures d'urgence \(GMU\)](#) élaboré conjointement par TC, le Département aux Transports des États-Unis, et le Secrétariat aux Communications et au Transport du Mexique avec l'aide du Centre d'information pour urgences chimiques (CIQUIME) de l'Argentine.

Il est connu que le chlore est très réactif avec les matières environnementales auxquelles il est exposé (à savoir les plantes). La présente étude avait pour but de quantifier l'impact de la réactivité chimique sur le comportement du panache de chlore. Cette réactivité est généralement incorporée dans les modèles de dispersion en tant que dépôt sec.

Des études antérieures ont révélé qu'il existe une limite maximale de réactivité. Cependant, c'est la première étude à inclure le cyclage du chlore (qui crée un flux, par opposition à une injection dans un récipient fermé agité) ainsi que des concentrations élevées de chlore (1000 ppm comparativement à 50 ppm dans les études antérieures d'Argonne Lab), ce qui représente mieux un scénario de rejet important. Il est important de noter que les modèles actuels de dispersion atmosphérique ne tiennent pas compte de cette limite de réactivité.

## OBJECTIFS

La présente étude avait les objectifs suivants :

- Élaborer, concevoir et construire une chambre capable de tester la réactivité de différentes matières lorsqu'elles sont exposées à des gaz.
- Mesurer la réduction de la concentration de chlore lors de l'exposition aux matières environnementales. Les expériences ont été menées en tenant compte de plusieurs vitesses de vent.
- Élaborer un modèle fondé sur les mesures pour calculer le taux de réactivité et la limite de réactivité de chaque matière testée qui peut être incorporée dans les modèles de dispersion.

## MÉTHODES

L'appareil TRCE a été conçu pour exposer des échantillons de matériaux au chlore sous des vitesses et des turbulences similaires à celles de l'atmosphère.

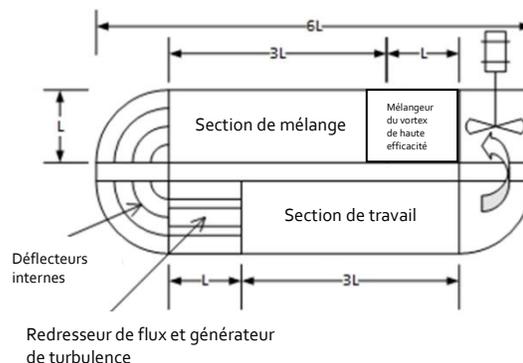


Figure 2 – Schéma de TRCE

Les matières environnementales insérées dans la section de travail de la chambre ont été exposées à 1000 ppm de chlore, et la réduction de la concentration de chlore (c'est-à-dire la quantité qui a réagi) a été mesurée pendant toute la durée de l'expérience.

Plusieurs types de végétation ont été choisis pour représenter une gamme de matières environnementales courantes :

- Trèfle blanc
- Gazon de seigle
- Épinette norvégienne
- Érable Jeffersred
- Érable à sucre
- Sol

## RÉSULTATS

L'étude a déterminé le taux initial de dépôt (c'est-à-dire l'élimination par réaction) du chlore pour des surfaces environnementales typiques ainsi que le dépôt maximal représentant la limite de la quantité de chlore pouvant réagir avec les matières environnementales. On a également procédé à une comparaison entre les résultats des données de ce travail et les résultats expérimentaux précédents réalisés par l'Argonne National Laboratory. Les deux ensembles de données ont été analysés à l'aide des modèles de réactivité élaborés au cours de l'Étude pour comparer la vitesse de dépôt sec ( $k_s$ ) et le dépôt maximal ( $M_{\max}$ ).

Matière	Réanalyse des données de l'Argonne National Laboratory		Pour ce travail	
	$k_s$ (cm/s)	$M_{\max}$ (mg/m <sup>2</sup> )	$k_s$ (cm/s)	$M_{\max}$ (mg/m <sup>2</sup> )
Trèfle blanc	0,30	700	0,0055	500
Trèfle des prés	0,077	5 000		
Gazon de seigle			0,018	3 000
Épinette blanche	0,12	5 000		
Épinette norvégienne			0,017 à 0,0017	1 000

Érable Jeffersred			0,0015	2 000
Érable à sucre			0,00032	2 000
Sol (0 % d'humidité)	0,54	5 000		
Sol (2 % d'humidité)	0,50	1 000		
Sol (4 % d'humidité)	0,57	600		
Sol (8 % d'humidité)	0,71	600		
Sol (pour la présente étude)			0,1	4 500

Les données de l'Argonne National Laboratory reflétaient des paramètres cinétiques nettement plus élevés. Cependant, les deux ensembles de données ont produit des valeurs de dépôt maximal similaire lorsqu'elles ont été appliquées aux modèles de dispersion. Ces résultats sont en cours d'intégration dans les modèles de dispersion utilisés par Argonne National Laboratory, ce qui pourrait entraîner des mises à jour des distances dans le GMU.

## CONCLUSIONS

L'analyse des données expérimentales révèle que la réactivité du chlore avec les surfaces environnementales peut être efficacement modélisée comme des réactions de surface de premier ordre avec une limite maximale (c'est-à-dire que la vitesse de la réactivité est proportionnelle à la surface disponible exposée). De plus, on a observé que la vitesse du fluide et les niveaux de turbulence n'ont pas d'impact significatif sur la réactivité des surfaces avec le chlore.

En général, on a constaté que la réactivité des espèces d'arbres n'était pas aussi rapide que celle des autres plantes couvre-sol dans cette étude. Cependant, l'efficacité des



plantes couvre-sol pourrait être limitée si les plantes ne sont pas actives (c'est-à-dire durant l'hiver).

## MESURES À VENIR

Des tests sur d'autres matières environnementales telles que d'autres plantes et des matériaux de construction (comme l'asphalte et le béton) sont en cours. TC contribue à cette recherche élargie en participant au groupe de travail du projet du centre d'analyse de la sécurité chimique (CSAC) du département de la Sécurité intérieure (DHS) des États-Unis.

## REMERCIEMENTS

Ce projet a été mené par Tom Spicer, Ph. D., de l'Université de l'Arkansas, avec le soutien de Sun McMaster et de Shannon Fox, du centre d'analyse de la sécurité chimique (CSAC) du département de la Sécurité intérieure des États-Unis, et du Centre des sciences pour la sécurité de Recherche et développement pour la défense Canada.

**Titre du rapport :** *Chlorine Reactivity with Environmental Materials in Atmospheric Dispersion Models* (réactivité du chlore avec les matières environnementales dans les modèles de dispersion atmosphérique)

**Auteurs :** Tom Spicer, Shannon B. Fox

**N° de TP :** S.O.

**ISBN :** S.O.

**Numéro de catalogue :** CSAC 20-011  
(numéro de rapport du département de la Sécurité intérieure des États-Unis)

## POUR OBTENIR UNE COPIE

Pour obtenir une copie du rapport, veuillez consulter le site :

<https://www.dhs.gov/publication/st-chlorine-reactivity-environmental-materials-atmospheric-dispersion-models>

Si vous avez des questions, veuillez communiquer avec nous :

Division de la recherche scientifique de la DGTMD

[TC.TDGScientificResearch-RecherchescientifiqueTMD.TC@tc.gc.ca](mailto:TC.TDGScientificResearch-RecherchescientifiqueTMD.TC@tc.gc.ca)

## MOTS CLÉS

Rejet de chlore, modélisation de la dispersion, rejet à grande échelle, réactivité

