

Détermination exhaustive des substances utilisées, ou susceptibles de l'être, pour le forage et la fracturation au Québec, et de leurs sous-produits de dégradation et de réaction

Évaluation de leurs propriétés toxicologiques et de leur potentiel de biodégradation, de bioaccumulation, de persistance et de toxicité globale

Étude E3-5

(incluant E3-6 et E3-8)

Préparée par le MDDEFP (CEAEQ, DSÉE, BCÉS)
(avec la participation du CRIQ)

Dans le cadre de l'évaluation environnementale stratégique
sur le gaz de schiste

Décembre 2013

Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, 2013. *Détermination exhaustive des substances utilisées, ou susceptibles de l'être, pour le forage et la fracturation au Québec, et des sous-produits de dégradation et de réaction ; évaluation de leurs propriétés toxicologiques et de leur potentiel de biodégradation, de bioaccumulation, de persistance et de toxicité globale.* Direction du suivi de l'état de l'environnement et Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Québec. ISBN 978-2-550-69919-4 (PDF), 85 p. + annexes.

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2013
ISBN : 978-2-550-69919-4 (PDF)
© Gouvernement du Québec, 2013

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Conception

Yvon Couture²
Isabelle Guay¹
Gaëlle Triffault-Bouchet³

Rédaction

Patricia Côté¹
Yvon Couture²
Mireille Dion¹
Isabelle Guay
Laurence Nadeau¹
Gaëlle Triffault-Bouchet

Collaboration

Sylvie Cloutier¹
Marc Daigle⁴
Alix Fortin²
Line Jaulin⁴
Christelle Guillemain¹

¹ Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Édifice Marie-Guyart, 675, boulevard René-Lévesque Est, 7^e étage, Québec (Québec) G1R 5V7

² Bureau de coordination sur les évaluations stratégiques, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Édifice Marie-Guyart, 675, boulevard René-Lévesque Est, 8^e étage, Québec (Québec) G1R 5V7

³ Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Complexe scientifique, 2700, rue Einstein, bureau E2-220, Québec (Québec) G1P 3W8

⁴ Centre de recherche industrielle du Québec, 333, rue Franquet, Québec (Québec) G1P 4C7

Sommaire

Plusieurs études ont été réalisées afin de dresser un portrait complet des contaminants susceptibles de se retrouver dans l'environnement aquatique suite aux activités de l'industrie du gaz de schiste. Chacune d'elles a permis d'identifier, en plus des composés utilisés dans les intrants au Québec, les éléments d'origine naturelle et les produits transformés, lesquels sont susceptibles de se retrouver dans les eaux usées. Ce portrait est complété par une évaluation de danger des composés à la base des intrants de fracturation.

Intrants de fracturation

La composition des 36 produits commerciaux recensés au Québec indique que 62 composés chimiques différents ont pu être utilisés dans l'une ou l'autre des 18 fracturations qui ont eu lieu. Au total, 54 de ces composés, dont la description chimique était suffisante (n° CAS), ont été évalués au regard de leur danger intrinsèque pour la faune et la flore aquatique. Leur potentiel de toxicité, de persistance et de bioaccumulation dans les tissus des organismes aquatiques a été pris en compte. Des essais réalisés au Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec ont permis de compléter presque toutes les informations manquantes.

Les intrants et les solutions de pré-fracturation, avant leur utilisation, apparaissent comme des solutions très toxiques pour l'environnement, car certains composés chimiques y sont présents en concentrations très élevées avant toute dilution ou réaction (p. ex., l'acide chlorhydrique). Par conséquent, des précautions doivent être prises lors de la manipulation et de l'entreposage de ces produits pour limiter les fuites et les déversements susceptibles de ruisseler vers les eaux de surface ou les eaux souterraines.

Cependant, une fois injectés dans le puits, ces intrants peuvent réagir entre eux et avec le shale, et ils sont dilués au moment de l'étape de fracturation. Leur danger intrinsèque est alors fonction de leur toxicité, mais aussi de leur devenir et de leur dilution qui gouvernent leur concentration et leur charge résiduelle. De façon générale, selon les critères établis et les données disponibles, les composés les plus fréquemment utilisés dans la fracturation hydraulique se sont révélés pour la plupart relativement peu toxiques, non bioaccumulables et fortement dégradables. Il s'agit principalement des alcools et des alcools éthoxylés. Le danger intrinsèque de ces substances une fois qu'elles auront réagi et qu'elles se retrouveront dans les eaux de reflux est faible.

Suite à cette analyse, il demeure toutefois quelques composés plus préoccupants.

- Trois composés présentent à la fois des potentiels de persistance, de bioaccumulation et de toxicité. Il s'agit du solvant naphta aromatique lourd, de l'octaméthylcyclotétrasiloxane et du chlorure d'ammonium triméthyle d'octadécyle. Parmi les composés étudiés, ces derniers présentent le danger intrinsèque le plus élevé.
- Deux autres composés présentent soit un potentiel de bioaccumulation dans les organismes aquatiques et de persistance dans l'environnement (distillats de pétrole C₉-C₁₆), soit un potentiel de toxicité et de persistance dans l'environnement (1,2,4-triméthylbenzène).

Cette évaluation de danger ne tient toutefois pas compte des volumes et des concentrations utilisées, ni des traitements appliqués. Cette évaluation permet d'indiquer qu'il faut porter une attention particulière à ces composés, si les volumes et concentrations utilisés le justifient. Les pistes envisageables pour s'assurer d'une absence d'impact lié à la présence de ces contaminants sont un suivi particulier du fluide de fracturation et de l'eau de reflux, une

modification de l'intrant ou des résultats empiriques démontrant l'enlèvement de ces produits par les technologies de traitement prévues.

Intrants de forage

Des constats similaires peuvent être faits pour les additifs utilisés pour les forages. Une information plus complète sur leur utilisation serait nécessaire.

Sous-produits de dégradation

L'étude théorique sur les produits de dégradation montre que plusieurs sous-produits peuvent être formés, mais que ceux-ci seraient difficilement quantifiables, soit parce qu'il n'existe pas actuellement de méthode d'analyse standard pour se faire, soit parce que leurs concentrations sont trop faibles pour être détectées, soit à cause des nombreuses interférences analytiques. Pour la plupart des composés identifiés dans l'étude, il existe peu de données dans la littérature sur leur toxicité ou leur biodégradabilité. D'autres outils analytiques auraient à être utilisés pour évaluer leur impact potentiel (voir « Toxicité globale », ci-dessous).

L'étude de simulation a permis de recréer les conditions de pression et de température qui prévalent lors d'une fracturation hydraulique afin d'étudier le comportement des composés chimiques utilisés dans les additifs. Les principales conclusions de l'étude sont les suivantes :

- Les études de simulation des conditions de fracturation à l'échelle laboratoire et d'évaluation des contaminants d'origine naturelle confirment la présence importante de contaminants dans les eaux de reflux provenant de la roche-mère soumise à une acidification dans la première étape d'une fracturation (SDT, phosphore, anions, cations, métaux);
- Très peu de COV ont été détectés dans les différents extraits des essais en réacteur;
- Parmi les COSV détectés lors des essais, on note des phénols, des alcools benzyliques, des chlorophénols, des phtalates, des triméthylbenzènes, du naphthalène, du triéthylène glycol, du chlorure de triméthyl-octadécyl ammonium et quelques hydrocarbures aromatiques polycycliques;
- Parmi les additifs utilisés, le nitrilotriacétate de sodium, le formaldéhyde, le diéthanolamine, le triéthanolamine et le bétaïne de cocamidopropyle ne subissent pas ou peu de transformation chimique. On les retrouve à la fin de la simulation dans les eaux récupérées à des concentrations beaucoup plus faibles en raison de la dilution à l'étape de la fracturation;
- Les alcools éthoxylés utilisés dans les additifs de fracturation ne réagissent pas et se retrouvent dans les eaux récupérées.

Contaminants d'origine naturelle

L'étude d'évaluation des contaminants d'origine naturelle met en évidence qu'un apport important de contaminants dans les eaux de reflux provient de la roche-mère qui est soumise à une acidification dans la première étape d'une fracturation. Les résultats de cette étude confirment la nécessité de suivre les concentrations de plusieurs éléments qui peuvent être libérés par le shale d'Utica dans les eaux de reflux : le phosphore total, les solides dissous totaux, les chlorures, les fluorures, les cations, le fer, le manganèse, les métaux, en particulier le baryum, ainsi que l'uranium et le thorium par mesure de précaution.

Eaux usées gazières

Finalement, les données disponibles sur les eaux usées gazières permettent de tirer des constats généraux, mais ne permettent pas de statuer avec certitude sur les caractéristiques des eaux usées de l'industrie du gaz de schiste au Québec. De fait, s'il y avait développement de cette industrie au Québec, des campagnes de caractérisation, en conditions contrôlées, devraient être réalisées sur les eaux usées avant et après traitement.

En fonction des indicateurs retenus et selon les données partielles détenues, déjà la DBO₅ (demande biochimique en oxygène pendant cinq jours), le baryum, le fer, le plomb, le zinc, les chlorures, les nitrites et les hydrocarbures pétroliers (C₁₀-C₅₀) présentent des concentrations dans les eaux usées gazières suffisantes pour être nuisibles à court ou à moyen terme pour la vie aquatique. De plus, les concentrations très élevées de conductivité, DCO (demande chimique en oxygène), MES (matières en suspension) et SDT (solides dissous totaux) sont aussi susceptibles d'avoir un impact sur la vie aquatique. Ces résultats indiquent que les traitements et les mesures de bonnes pratiques mises en place doivent viser, au minimum, tous ces contaminants.

Radioactivité

Au Québec, l'activité volumique des eaux usées n'a pas été mesurée. Bien qu'il ne soit pas attendu que les eaux usées du Québec présentent une activité semblable à celle du shale de Marcellus dans le bassin appalachien, au vu des concentrations rapportées dans les eaux usées du shale de Marcellus et des résultats obtenus lors des études, il apparaît prudent de procéder à la caractérisation des différents radionucléides. Le lithium et le strontium devraient également être ajoutés à la liste des métaux analysés.

Suivis recommandés

Suivi régulier : Plusieurs contaminants doivent être visés par un suivi régulier dans les eaux usées gazières. Il s'agit du pH, de la DBO₅, de la DCO, de toutes les formes d'azote (azote ammoniacal, nitrites et nitrates) et des solides dissous totaux, y compris les anions et cations qui les composent, incluant les bromures. L'étude de simulation et celle sur les contaminants d'origine naturelle indique que le phosphore devrait aussi être inclus dans ce suivi. Les résultats de caractérisation ainsi que les études de simulation corroborent le besoin du maintien d'un suivi régulier pour l'ensemble des métaux analysés, à de bonnes limites analytiques, de même que pour les BTEX et les triméthylbenzènes. Finalement, les hydrocarbures pétroliers incluant l'ensemble des formes d'hydrocarbures usuellement échantillonnés doivent faire l'objet de ce suivi régulier. La toxicité globale aiguë et chronique doit aussi faire partie d'un suivi régulier, et ce, tant qu'une toxicité serait mesurée. Il en va de même des radioéléments.

Suivi exploratoire : Le manque de données de caractérisation pour certains contaminants ne permet pas de conclure à leur absence. Toutefois, les données analytiques disponibles indiquent un risque plus faible de les retrouver. Pour ceux-ci, un suivi exploratoire est recommandé.

Toxicité globale

Considérant que :

- Les données de caractérisation d'eaux usées gazières obtenues sont très partielles;
- Plusieurs composés utilisés sont peu documentés;

- L'information sur le danger des produits de transformation est rare, voire inexistante pour certains;
- Il est difficile de rechercher toutes les possibilités de composés résiduels à partir d'analyses chimiques usuelles.

Un suivi de la toxicité globale aiguë (létalité) et chronique (effet sous-létal) sur les organismes aquatiques serait essentiel pour évaluer la qualité et le risque relié au rejet d'eaux usées gazières du shale d'Utica. Ce suivi permettrait aussi d'identifier les contaminants les plus préoccupants pour la vie aquatique.

Traitement

L'ensemble de ces constats confirme la nécessité d'implanter un traitement de ces eaux usées, notamment l'utilisation d'une filière complète pour l'enlèvement et la gestion de composés organiques et inorganiques (métaux et sels).

TABLE DES MATIÈRES

1.	INTRODUCTION.....	13
2.	OBJECTIFS DE L'ÉTUDE.....	15
3.	STRATÉGIE DE L'ÉTUDE	17
4.	LES INTRANTS DE FRACTURATION.....	19
4.1.	Bilan des intrants utilisés au Québec	19
4.2.	Évaluation de danger des composés	23
4.2.1.	Toxicité aquatique	23
4.2.2.	Devenir dans l'environnement aquatique	29
4.2.2.1.	Persistance.....	29
4.2.2.2.	Bioaccumulation	33
4.3.	Conclusions.....	35
5.	LES INTRANTS DE FORAGE.....	36
6.	TRANSFORMATION DES INTRANTS.....	39
6.1.	Étude théorique (annexe 4)	39
6.1.1.	Objectif	39
6.1.2.	Méthodologie.....	40
6.1.3.	Résultats	41
6.2.	Étude sur la dégradation chimique des intrants par une simulation en laboratoire des conditions de fracturation (annexe 5).....	43
6.2.1.	Introduction.....	43
6.2.2.	Objectifs	43
6.2.3.	Méthodologie.....	43
6.2.4.	Conclusions.....	44
7.	LES CONTAMINANTS NATURELS.....	46
8.	CARACTÉRISATION DES EAUX USÉES	48
8.1.	Données disponibles	48
8.1.1.	Données québécoises.....	48
8.1.2.	Données américaines.....	51
8.2.	Tendances dominantes dans les eaux usées gazières au Québec.....	52
8.2.1.	pH.....	57
8.2.2.	Demande biochimique et chimique en oxygène.....	57
8.2.3.	Azote	57
8.2.4.	Solides dissous totaux et principaux ions.....	57
8.2.5.	Métaux.....	58
8.2.6.	Composés organiques volatils et semi-volatils.....	59
8.2.7.	Hydrocarbures pétroliers	59
8.2.8.	Substances phénoliques	59

8.2.9. Autres composés analysés au Québec.....	59
8.2.10. Autres composés analysés aux États-Unis	60
8.3. Composés utilisés dans les intrants	60
8.3.1. Origine des principaux contaminants mesurés dans les eaux usées gazières.....	61
8.4. Les contaminants préoccupants pour l'environnement.....	63
8.4.1. Indicateurs de la qualité des eaux usées gazières.....	63
8.4.2. Potentiel de bioaccumulation	65
8.4.3. Toxicité globale aiguë.....	66
8.4.4. Éléments radioactifs	68
8.5. Recommandations quant au suivi des contaminants d'intérêt	69
8.6. Conclusion.....	71
9. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	74
9.1. Conclusion.....	74
9.2. Recommandations	77
10. RÉFÉRENCES.....	80
ANNEXES.....	97

LISTE DES FIGURES

Figure 1 – Schéma conceptuel de l'étude et de ses sous-étapes	18
Figure 2 – Exemple typique de la proportion des intrants utilisés pour une fracturation hydraulique au Québec	20

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 – Composés chimiques les plus fréquemment utilisés au Québec	22
Tableau 2 – Critères d'évaluation de danger au sujet de la toxicité pour la vie aquatique.	25
Tableau 3 – Évaluation de la toxicité aiguë des composés présents dans les intrants de fracturation (n.d. : non disponible; * : composés qui ne seraient plus utilisés au Québec).....	26
Tableau 4 – Évaluation de la toxicité sous-létale des composés présents dans les intrants de fracturation (n.d. : non disponible; * : composés qui ne seraient plus utilisés au Québec).....	27
Tableau 5 – Critères d'évaluation de la biodégradabilité.....	31
Tableau 6 – Évaluation de la persistance des composés présents dans les intrants de fracturation (n.d. : non disponible, * : composés qui ne seraient plus utilisés au Québec).....	32
Tableau 7 – Évaluation du potentiel de bioaccumulation des composés présents dans les intrants de fracturation.....	35
Tableau 8 – Composés chimiques présents dans les intrants de forage utilisés au Québec.....	36
Tableau 9 – Contaminants analysés dans les eaux usées gazières en provenance du shale d'Utica, au Québec	49
Tableau 10 – Concentrations des contaminants mesurés et fréquence de détection dans les échantillons d'eaux usées gazières provenant de puits de gaz de schiste du shale d'Utica ou du shale de Marcellus.....	52
Tableau 11 – Composés utilisés dans les intrants des fluides de fracturation au Québec et détectés dans les eaux usées gazières au Québec ou aux États-Unis...	61
Tableau 12 – Provenance soupçonnée des contaminants détectés dans les eaux usées au Québec.....	61
Tableau 13 – Liste des principaux contaminants préoccupants pour la qualité de l'eau de surface du Québec, issus du forage ou de la fracturation hydraulique du shale d'Utica	64
Tableau 14 – Conditions des essais de toxicité aiguë globale	66
Tableau 15 – Résultats des essais de toxicité aiguë globale réalisés sur 4 échantillons d'eaux usées gazières prélevés le 30 novembre 2010 et provenant de 4 puits différents	67
Tableau 16 – Activité volumique des radionucléides mesurés dans les eaux usées du shale de Marcellus aux États-Unis	69

LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1 – Inventaire écotoxicologique et propriétés physicochimiques des intrants de fracturation utilisés au Québec
- Tableau 1 – Liste des composés présents dans les intrants utilisés au Québec entre 2007 et 2011 pour la fracturation hydraulique et leur fonction
- Tableau 2 – Inventaire écotoxicologique et propriétés physicochimiques des intrants de fracturation utilisés au Québec
- Annexe 2 – Recensement des explosifs organiques et inorganiques susceptibles d'être utilisés au Québec
- Annexe 3 – Détermination de la biodégradabilité de huit produits
- Annexe 4 – Analyse des sous-produits de dégradation chimique des substances utilisées dans les fluides de fracturation hydraulique
- Annexe 5 – Étude sur la dégradation chimique des additifs par une simulation en laboratoire des conditions de fracturation et essais de biodégradabilité de neuf substances
- Annexe 6 – Simulation des conditions de fracturation hydraulique à l'échelle laboratoire et étude de comportement des composés chimiques utilisés dans les additifs – Présentation et interprétation des résultats
- Annexe 7 – Évaluation des contaminants d'origine naturelle présents dans le schiste et susceptibles de se retrouver dans les eaux de reflux
- Annexe 8 – Comparaison des résultats de caractérisation des eaux usées non traitées provenant du forage ou de la fracturation hydraulique au Québec et aux États-Unis (Pennsylvanie et Virginie-Occidentale)
- Annexe 9 – Résultats pour les contaminants dont les concentrations dans les eaux usées gazières sont supérieures aux indicateurs de qualité préétablis
- Tableau 1 – Contaminants présents en concentration importante relativement à leur toxicité potentielle sur la vie aquatique
- Tableau 2 – Contaminants présents en concentration importante relativement à leur potentiel à expliquer une toxicité globale sur la vie aquatique à partir d'essais de toxicité réglementés
- Tableau 3 – Présence potentielle de contaminants bioaccumulables dans les eaux usées gazières au Québec
- Annexe 10 – Exemple de chaîne de traitement commerciale des eaux usées de l'industrie gazière utilisée en Pennsylvanie

1. INTRODUCTION

Dans son rapport de février 2011 sur le développement durable de l'industrie du gaz de schiste au Québec, le Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE), devant le besoin d'acquisition de connaissances scientifiques et en l'absence de faits probants permettant de déterminer les risques que pourraient comporter l'exploration et l'exploitation du gaz de schiste au Québec, a formulé plusieurs recommandations, dont celle de procéder à une évaluation environnementale stratégique. Désirant donner suite à cette recommandation, le ministre Pierre Arcand a mandaté un comité d'experts pour réaliser l'évaluation environnementale stratégique (ÉES). Ce comité (CÉES) a produit en avril 2012 un plan de réalisation qui définissait une série de besoins d'acquisition de connaissances pour la réalisation de cette ÉES. Plus de soixante-dix études ont été ainsi mises sur pied.

La présente étude a été réalisée dans le but de répondre à une préoccupation, plusieurs fois mentionnée lors des audiences publiques, sur l'utilisation de produits chimiques toxiques dans le procédé de fracturation hydraulique et des risques associés. Plus spécifiquement, l'étude porte sur l'identification des intrants utilisés, leur toxicité, leur devenir et le danger qu'ils représentent pour l'environnement par, notamment, le rejet d'eaux usées, des fuites ou des déversements accidentels.

- Des eaux usées contaminées par les différents produits chimiques sont produites lors du forage, du nettoyage et de la fracturation des puits de gaz de schiste. Le forage des puits génère des boues qui, lorsque décantées ou épaissies, génèrent des eaux qui doivent être entreposées convenablement, caractérisées et traitées avant leur rejet à l'environnement. Elles sont souvent gérées en même temps que les eaux de reflux de la fracturation.
- Avant la fracturation proprement dite du puits, une opération de nettoyage à partir d'une solution acide est systématiquement réalisée. Au Québec, cette étape est majeure en raison de la formation carbonatée du shale d'Utica.
- Selon le projet type défini dans l'étude M-2 (CIRAIG, 2012) décrivant les différentes phases d'activités reliées à l'exploration et l'exploitation du gaz de schiste au Québec, le taux de reflux moyen, calculé à partir de 13 fracturations réalisées au Québec depuis 2006, est de 45 %. Ces eaux de reflux sont stockées dans des bassins de rétention, réutilisées comme fluide de forage ou de fracturation, traitées, puis rejetées dans l'environnement aquatique (CÉES, plan de réalisation de l'ÉES 2012, études E4-1 et E4-2). Ces eaux de reflux peuvent contenir les réactifs présents dans les intrants initiaux ou transformés sous l'effet de la pression, de la température et de réactions chimiques. Elles contiennent également des contaminants naturels libérés de la roche-mère : métaux, sels, etc. Ces eaux de reflux sont souvent gérées avec les eaux de forage. On parle alors d'eaux usées gazières.

Il y a eu au Québec, depuis 2006, la réalisation de 18 fracturations hydrauliques visant l'exploration de gaz naturel dans le shale d'Utica. La composition des intrants utilisés pour le forage, le nettoyage ou la fracturation hydraulique lors de ces activités est connue. Toutefois, on connaît mal comment les composés dont ces intrants sont formés se comportent une fois injectés dans les puits, puis comment ils réagissent avec le shale. Il y a encore peu de liens établis entre les produits injectés et les composés qui ressortent des puits par les eaux de reflux. Plusieurs composés ont complètement déjà réagi et ne sont plus présents dans les eaux de reflux, d'autres peuvent être présents ou avoir formé d'autres composés. Bien que certaines études tentent de dresser ce portrait, dont la plus connue est celle du New York State Department of Environmental Conservation (NYSDEC, 2011), les données publiques sont incomplètes et elles étaient jusqu'ici inexistantes pour le Québec.

De même, chaque shale présentant des caractéristiques différentes, on ne peut prétendre que les teneurs en contaminants naturels observés dans les échantillons d'eau de reflux émanant du shale de Marcellus sont représentatives de celles qui émaneraient du shale d'Utica. Des données québécoises sont nécessaires.

Ainsi, l'industrie du gaz de schiste au Québec utilise de nombreux composés chimiques dans ses procédés de forage, de nettoyage et de fracturation hydraulique et ceux-ci pourraient être émis dans l'environnement aquatique, dans leur forme d'origine ou sous une autre forme. Dans ce contexte, les composés utilisés dans les intrants, les produits de dégradation ou de transformation de ces intrants et les contaminants naturels mobilisés par ces procédés doivent être identifiés et documentés afin d'en connaître les caractéristiques chimiques, physiques et écotoxicologiques, puis d'en déterminer le danger.

2. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

La présente étude s'inscrit dans le cadre de l'ÉES sur le gaz de schiste. Elle relève des enjeux précisés dans le plan de réalisation de cette ÉES (CÉES, 2012) pour les aspects associés aux impacts potentiels des composés et des eaux de reflux pour l'environnement, à savoir :

- E3-5 : Détermination exhaustive des substances utilisées, ou susceptibles de l'être, pour le forage et la fracturation au Québec, et des sous-produits de dégradation et de réaction; évaluation de leurs propriétés toxicologiques et de leur potentiel de biodégradation, de bioaccumulation, de persistance et de toxicité globale;
- E3-6 : Évaluation des contaminants d'origine naturelle présents dans le schiste et susceptibles de se retrouver dans les eaux de reflux;
- E3-8 : Revue de littérature sur les données disponibles sur d'autres États (Pennsylvanie et Ohio) ayant foré dans le shale d'Utica¹ concernant les substances utilisées pour le forage et la fracturation et les sous-produits de dégradation et de réaction.

Les objectifs particuliers de la présente étude sont les suivants :

- dresser, pour le Québec, le portrait le plus complet possible de tous les contaminants susceptibles d'être générés par les procédés de forage ou de fracturation hydraulique, qu'ils soient ajoutés comme additifs dans les fluides de fracturation, qu'ils en dérivent ou qu'ils soient d'origine naturelle;
- fournir une banque d'information sur le danger intrinsèque des composés utilisés au Québec pour le forage ou la fracturation hydraulique, en particulier relativement à leurs effets potentiels sur le milieu aquatique, et ce, de manière à permettre l'évaluation des risques de projets à venir, le cas échéant.

Cette banque d'information permettra au MDDEFP :

- de s'assurer de connaître l'ensemble des contaminants pouvant être générés par le procédé;
- de s'assurer que les suivis demandés par le MDDEFP ciblent bien les contaminants préoccupants;
- d'émettre des avis sur les produits employés, voire proscrire certains produits;
- de prioriser les interventions en cas de déversements;
- de s'assurer de l'absence de substances ne pouvant être traitées par des technologies économiquement réalisables;
- de procéder à l'évaluation des risques liés à un rejet d'eau usée particulier avant la délivrance d'un certificat d'autorisation.

Cette banque sera enrichie à chaque nouvelle demande de certificat d'autorisation, dans la mesure où de nouveaux composés seront proposés pour la fracturation hydraulique.

Cette étude porte sur les dangers liés au rejet de contaminants dans le milieu aquatique, notamment leurs effets potentiels sur les organismes aquatiques (toxicité ou accumulation). Les

¹ La revue de littérature sur les données obtenues d'autres États nous fournit des données pour le shale de Marcellus (Pennsylvanie et Ohio), mais pas encore pour le shale d'Utica.

effets potentiels des divers composés ou substances sur la santé humaine sont couverts par l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ).

Finalement, l'évaluation du danger de ces contaminants ne donne pas d'indication sur les risques engendrés par un rejet particulier dans l'environnement. En effet, mis à part le cas d'un déversement accidentel, aucune eau usée ne peut être rejetée dans l'environnement sans traitement préalable. En effet, les risques associés à la présence d'un contaminant dans l'environnement sont fonction de ses caractéristiques intrinsèques ainsi que des quantités utilisées et du milieu dans lequel le rejet a lieu. Pour une évaluation de risques, une information précise sur les concentrations et charges rejetées est requise. Ces études se font au cas par cas, ce qui ne fait pas l'objet de la présente étude.

3. STRATÉGIE DE L'ÉTUDE

Afin de dresser le portrait complet des contaminants susceptibles de se retrouver dans l'environnement aquatique suite aux activités de l'industrie du gaz de schiste, plusieurs études ont été réalisées (Figure 1). Chacune d'elles a permis d'identifier, parmi les composés utilisés dans les intrants, les éléments d'origine naturelle et les produits transformés, lesquels sont susceptibles de se retrouver dans les eaux usées. Ce portrait est complété par une évaluation de danger des composés à la base des intrants de fracturation (section 4.2).

La section 4 porte sur les composés chimiques à la base des produits commerciaux (intrants) employés dans les fluides de fracturation. Un court bilan de leur composition et de leur utilisation au Québec est présenté. Pour chacun des composés identifiés, une série d'information sur leur toxicité et leur devenir a été recensée. Pour certains composés, cette information n'étant pas disponible, des essais de laboratoire ont été réalisés par le Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ) du ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP) afin de les compléter.

La section 5 présente un court bilan des composés employés pour le forage. Sur les sites où il y a eu fracturation hydraulique, les eaux usées de forage ont été gérées avec les eaux de reflux de fracturation et la présence de certains contaminants pourrait s'expliquer par la présence de composés utilisés pour le forage dans les eaux usées gazières.

La transformation des composés chimiques utilisés dans les intrants a été étudiée à l'aide d'une analyse théorique (Lessard, 2013; annexe 4) basée sur les mécanismes réactionnels connus et en fonction des conditions qui prévalent lors d'une fracturation hydraulique. La section 6.1 présente un résumé de cette étude. L'interprétation des résultats vise à déterminer si certains composés identifiés parmi les sous-produits potentiellement formés peuvent être considérés comme des éléments importants du point de vue de la toxicité. Par la suite, une simulation des conditions de fracturation hydraulique à l'échelle laboratoire a été réalisée pour valider les résultats de l'étude théorique. Cette étude, réalisée par le Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ; annexe 5), a permis de vérifier le relargage des contaminants naturels par le shale (Utica) dans des conditions similaires aux conditions rencontrées lors d'une fracturation hydraulique, ainsi que le comportement de plusieurs composés chimiques utilisés au Québec lors des opérations de fracturation hydraulique. L'étude est décrite à la section 6.2. Les résultats de la simulation, comparés à ceux de l'étude théorique, permettront de dresser une liste de sous-produits et d'évaluer s'ils doivent être considérés au même titre que les composés des intrants utilisés.

En parallèle, une étude portant sur le potentiel de relargage des contaminants naturels par le shale d'Utica a été réalisée par le CEAEQ (annexe 7). Le résumé de cette étude est présenté à la section 7.

Finalement, la section 8 présente les résultats des caractérisations des eaux usées gazières réalisées au Québec. Elle dresse le portrait et les limites de ces caractérisations, notamment en comparant les résultats à ceux obtenus dans des études américaines pour des puits fracturés dans le shale de Marcellus. Une évaluation sommaire permet d'identifier les contaminants potentiellement les plus problématiques.

Ces études ont permis de préciser quels sont les contaminants susceptibles d'être présents dans les eaux usées et qui nécessitent une attention particulière. Ces contaminants sont présentés dans la conclusion du présent document.

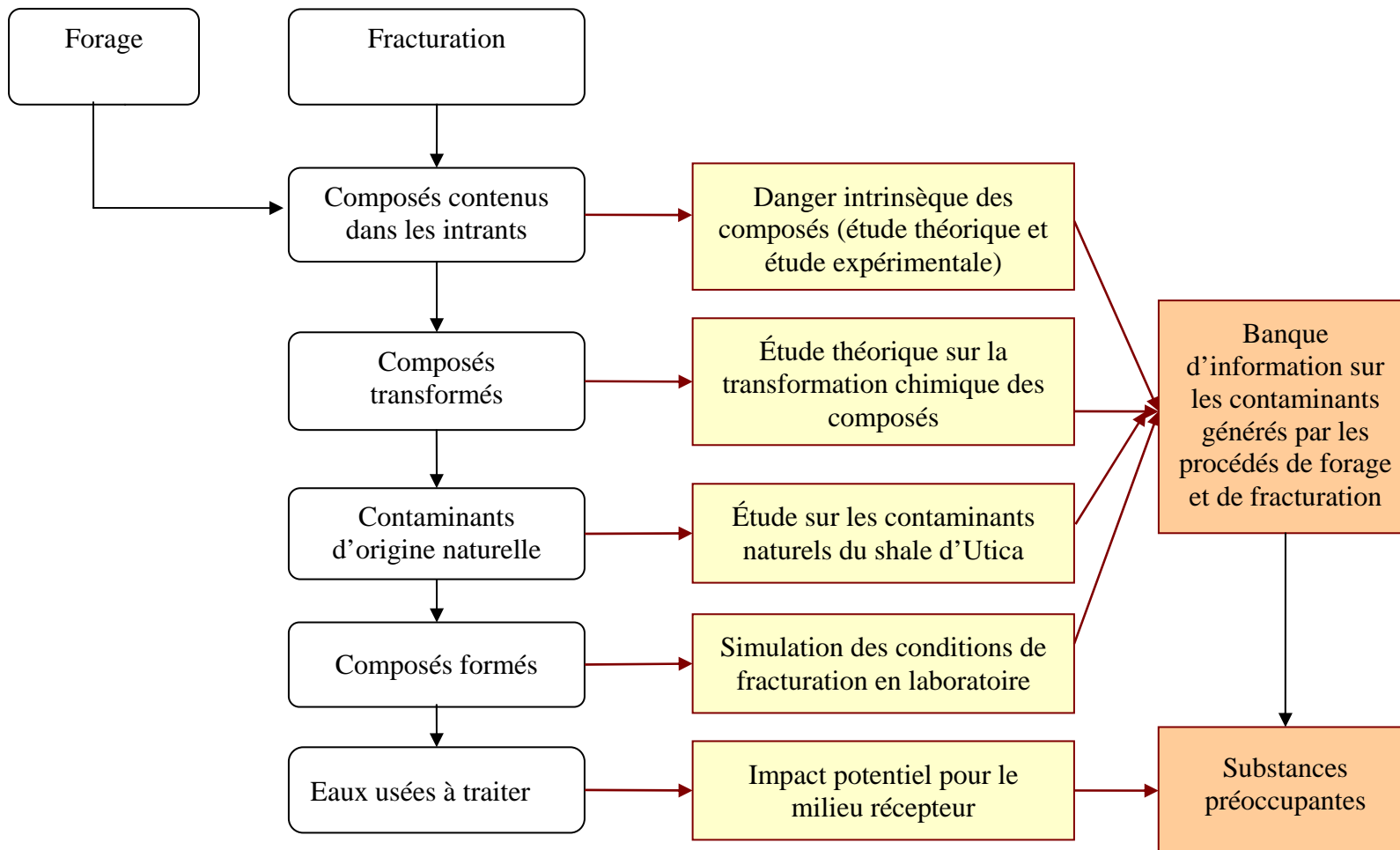


Figure 1 – Schéma conceptuel de l'étude et de ses sous-étapes

4. LES INTRANTS DE FRACTURATION

On entend par « intrants de fracturation » les produits chimiques commerciaux qui sont ajoutés, de façon séquentielle, au fluide injecté sous haute pression pour fracturer le shale et libérer le gaz naturel. Ils sont aussi appelés « additifs de fracturation ». Ces intrants, ou additifs, sont constitués d'un ou de plusieurs composés chimiques, dosés en proportion variable selon le shale à fracturer. Ces composés chimiques ont pour fonction de procurer certaines caractéristiques au fluide pour améliorer l'efficacité de la fracturation. Cette étape est décrite dans CIRAIG (2012).

4.1. BILAN DES INTRANTS UTILISÉS AU QUÉBEC

Le fluide de fracturation est constitué d'eau, d'un agent de soutènement, souvent du sable, et de produits chimiques. Ces trois éléments sont mélangés immédiatement avant leur utilisation et leur proportion est suivie et ajustée de façon continue lors de l'injection. Ces produits chimiques ont notamment pour fonction le transport de l'agent de soutènement, le contrôle de la corrosion, du fer et des microorganismes, l'augmentation de la viscosité, la diminution de la friction et la facilitation du retour de la solution usée.

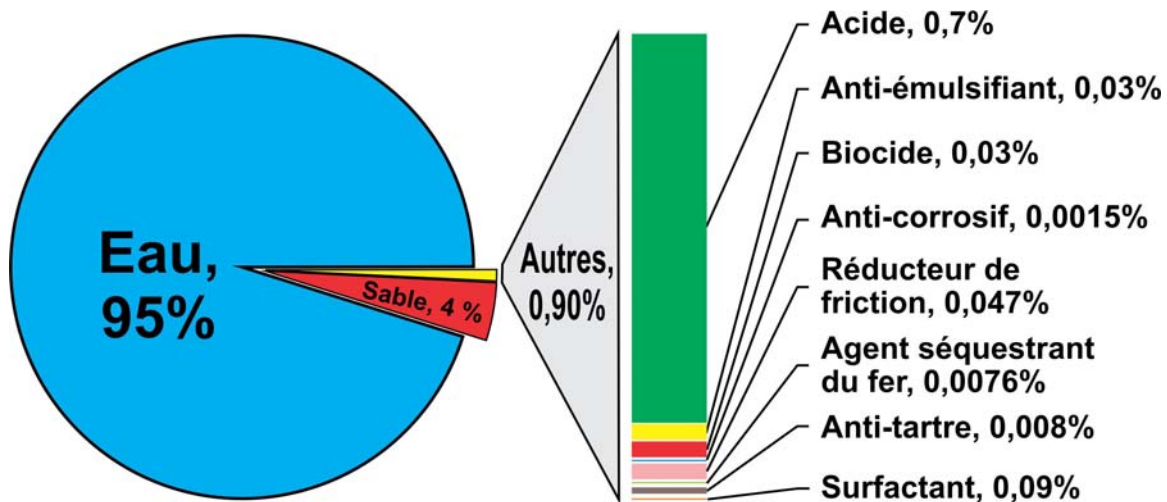
Au Québec, les proportions de ces éléments dans le fluide sont généralement réparties de la façon suivante :

- 95 % d'eau;
- 4,4 % de sable de silice, utilisé comme agent de soutènement pour maintenir les fractures ouvertes;
- 0,56 % de produits chimiques qui peuvent inclure :
 - des acides, essentiellement de l'acide chlorhydrique (HCl), utilisé pour nettoyer le puits par dissolution des minéraux et des argiles et, ainsi, augmenter la pénétration du fluide de fracturation,
 - des agents séquestrant du fer pour prévenir la précipitation des oxydes de fer durant le traitement à l'acide,
 - des agents anticorrosion pour prévenir la corrosion des coffrages et des équipements du fait de l'emploi du HCl,
 - des agents émulsifiants qui facilitent le transport de l'agent de soutènement vers les fractures de la roche,
 - des agents gélifiants pour augmenter la viscosité des fluides et ainsi augmenter leur capacité à transporter l'agent de soutènement vers les fractures,
 - des agents antitartre pour prévenir l'accumulation de tartre sur les parois de coffrage et l'équipement,
 - des agents réducteurs de friction pour minimiser la friction de l'eau sur la roche-mère et augmenter le taux et l'efficacité de déplacement du fluide de fracturation, tels que des surfactants,
 - des biocides pour prévenir la croissance des bactéries dont la présence est due à l'abondance de polymères organiques, source de carbone pour les bactéries, et empêcher la dégradation des surfactants indispensables au transport du sable. Les

bactéries peuvent, par ailleurs, produire des enzymes susceptibles de dégrader les agents gélifiants et réduire la viscosité des fluides,

- des agents antigélifiants pour briser les agents gélifiants, diminuer la viscosité des fluides et faciliter le retour en surface des fluides de fracturation,
- des agents antiémulsifiants qui facilitent le retour du gaz vers la surface.

Figure 2 – Exemple typique de la proportion des intrants utilisés pour une fracturation hydraulique au Québec



Ces intrants ne sont pas tous employés à chacune des fracturations. La composition des fluides de fracturation varie en fonction des caractéristiques de la roche-mère, comme cela a pu être constaté au Québec (section 6) et aux États-Unis (U.S. EPA, 2004; Colborn et coll., 2011).

Les recettes de fracturation sont confidentielles, mais, uniquement en ce qui concerne la proportion des intrants utilisés et de la séquence d'injection. Grâce au Règlement sur la transmission de renseignements liés à l'exécution de certains travaux de forage et de fracturation de puits gaziers ou pétroliers², le MDDEFP a obtenu les fiches signalétiques de chacun des intrants. Ces fiches signalétiques fournissent la description de chacun des composés chimiques contenus à plus de 1 % dans le produit commercial et des composés reconnus cancérigènes contenus à plus de 0,1 %. Ces fiches ont permis de dresser la liste complète des composés chimiques qui ont été utilisés au Québec pour au moins une fracturation hydraulique.

Trente-six (36) produits commerciaux différents ont été recensés comme intrants dans les solutions de fracturation et d'acidification. Certains de ces produits ne contiennent qu'un seul composé chimique, alors que d'autres peuvent contenir jusqu'à 12 composés chimiques différents.

² http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/Q_2/Q2R47_1.htm

La composition détaillée des 36 produits commerciaux indique que 62 composés chimiques différents ont pu être utilisés au Québec. La liste complète de ces composés chimiques se trouve au tableau 2 de l'annexe 1.

Si, aux États-Unis, on rapporte plutôt de 700 à 900 composés utilisés (Colborn et coll., 2011; U.S. House of Representatives, 2011), c'est entre autres parce que l'inventaire de ces composés a été établi à partir de données sur des centaines de fracturations qui ont eu lieu de 2005 à 2009, que plusieurs de ces composés ne sont plus utilisés et que de nombreux composés identiques ou quasi identiques se retrouvent dans la liste sous plusieurs appellations.

Parmi les 62 composés recensés au Québec, on retrouve 7 composés inorganiques et 55 composés organiques. Sur ces 55 composés organiques, certains sont identifiés de façon trop générale pour être documentés spécifiquement (p. ex., huiles de base de toxicité faible et mélange de polysaccharides).

Les compilations subséquentes contenues dans le présent chapitre sont établies pour les 7 composés inorganiques et les 47 composés organiques pour lesquels des numéros CAS³ ont pu être clairement établis. Les composés inorganiques incluent notamment l'acide chlorhydrique, l'hypochlorite de sodium et le persulfate de sodium. Les composés organiques sont diversifiés. Ils comprennent notamment des alcools (p. ex., méthanol, propyn-2-ol), des glycols (p. ex., éthylène, diéthylène et triéthylène glycol), des amines, amides et aldéhydes, des dérivés du pétrole (p. ex., naphta aromatique lourd), des dérivés du benzène et des surfactants (p. ex., alcools éthoxylés).

Certains composés font partie de la formulation de plus d'un intrant. Plusieurs composés sont en effet plus systématiquement utilisés que d'autres. Outre l'injection d'acide chlorhydrique concentré qui sert à nettoyer les puits, les composés qui ont été les plus fréquemment employés pour les fracturations au Québec font l'objet du Tableau 1. Ceux qui ont été utilisés dans plus de la moitié des 18 fracturations sont présentés dans ce tableau. Certains ressortent comme ayant été presque systématiquement utilisés. Ce sont les alcools (méthanol et propanol) et les alcools éthoxylés.

Tableau 1 – Composés chimiques les plus fréquemment utilisés au Québec

Composés	Fonction de l'intrant dans lequel se trouve le composé	Fréquence (n/n fracturations)
Acide d'huile de tall	Anticorrosif	14/18
Alcools éthoxylés, ramifiés	Antiémulsifiant	14/18
Alcools éthoxylés C ₁₄ -C ₁₅	Anticorrosif	11/18
Alpha-alcènes, C > 10	Anticorrosif	11/18
Amino triacétate de sodium	Agent séquestrant du fer	14/18
Chlorure d'ammonium triméthylque d'octadécyle	Surfactant	9/18
Chlorure d'hydrogène	Agent acidifiant	10/18
Hypochlorite de sodium	Antiémulsifiant	9/18

³ Numéro d'enregistrement unique auprès de la banque de données de *Chemical Abstract Service* (CAS).

Composés	Fonction de l'intrant dans lequel se trouve le composé	Fréquence (n/n fracturations)
Méthanol	Agent acidifiant Antiémulsifiant Surfactant Agent de liaison entre polymères Contrôleur du pH Anticorrosif	16/18
Polymère de thiourée	Anticorrosif	10/18
Propane-2-ol (Isopropanol)	Agent acidifiant Stimulateur de reflux Surfactant Antiémulsifiant Anticorrosif	17/18
Prop-2-yne-1-ol	Anticorrosif	15/18
Xylène sulfonate de sodium	Surfactant	9/18

Certains de ces composés ont déjà été établis par l'U.S. EPA comme étant les meilleurs choix environnementaux parmi les solvants chimiques utilisés dans l'industrie (<http://www.epa.gov/oppt/library/pubs/archive/solvents/finlchr4.htm>) en raison de leur faible toxicité ou de leur faible persistance. Il s'agit entre autres des alcools (éthanol, méthanol), de certains acides (acide hypochlorique et acide formique), des mono et triéthanolamines, des acides gras et du d-limonène. Cette information est confirmée par l'évaluation de risque qui suit. Par ailleurs, cette liste référerait aussi à des alkylphénols polyéthoxylés qui sont maintenant proscrits en raison de leur capacité à produire des effets de perturbation endocrinienne chez les organismes.

Une évaluation de danger des explosifs pouvant être utilisés pour la fracturation n'a pas été réalisée. L'importance relative de ces explosifs n'est pas documentée. Néanmoins, le suivi de différentes formes d'azote, un produit de dégradation de ces explosifs a été réalisé (section 8). L'annexe 2 présente à titre informatif un tableau qui répertorie les explosifs inorganiques et organiques susceptibles d'avoir été utilisés au Québec. La liste a été fournie au MDDEFP par l'industrie gazière. Une information plus précise sur les quantités et les sortes d'explosifs utilisées devra être fournie, le cas échéant.

4.2. ÉVALUATION DE DANGER DES COMPOSÉS

Le danger intrinsèque d'une substance correspond à sa propension à engendrer des effets néfastes sur la vie (faune, flore, humain). Par exemple, une substance qui peut générer des effets mortels à très basse concentration présente un danger intrinsèque plus grand qu'une substance qui crée le même effet, mais à une concentration beaucoup plus élevée.

L'évaluation de danger se fait par la gradation des effets potentiels d'une substance à partir de certains critères, notamment à partir du devenir et de la toxicité de cette substance. Dans la présente étude, le danger des intrants de fracturation est évalué en fonction de leur toxicité intrinsèque pour la vie aquatique, de leur propension à s'accumuler dans les organismes aquatiques et de leur dégradabilité.

Notons, par ailleurs, que le danger intrinsèque n'informe pas sur les risques associés à une substance présente dans l'environnement à la suite d'une situation particulière, car la substance moins dangereuse peut se retrouver en concentrations telles qu'elle en est toxique pour les organismes vivants. Une substance hautement toxique, mais facilement biodégradable présente un danger moins élevé qu'une substance un peu moins toxique, mais très persistante dans l'environnement. Une substance bioaccumulable dans les organismes aquatiques peut entraîner des effets sur les consommateurs de ces organismes (faune ou humain), en plus de leur nuire directement. De fait, plusieurs substances ne seront pas toxiques à faibles concentrations pour les organismes aquatiques, mais leur pouvoir de bioaccumulation est si grand que malgré cette très basse concentration dans l'eau, les organismes accumuleront petit à petit dans leur chair ou leurs tissus des concentrations nuisibles à ceux qui consommeront poissons, mollusques ou crustacés. Ainsi, le risque associé au rejet d'une substance dans l'environnement est fonction des caractéristiques intrinsèques de cette substance, mais aussi des quantités contenues dans les eaux usées, du traitement effectué et du milieu dans lequel le rejet se fait. Pour procéder à une évaluation de risques, pour une situation donnée, une information précise sur les concentrations et les charges rejetées est requise et se fait au cas par cas, ce qui ne fait pas l'objet de la présente étude.

4.2.1. Toxicité aquatique

La toxicité potentielle des divers contaminants est évaluée à partir de données écotoxicologiques qui permettent d'évaluer les risques d'effet à court terme (toxicité aiguë ou létale) ou à long terme (toxicité chronique ou sous-létale) de ces composés sur les organismes aquatiques (flore et faune).

Des données de toxicité létale mesurant la mortalité ou l'immobilisation des organismes sont utilisées pour juger du danger que représente un composé sur les organismes aquatiques, même exposés sur une courte période de temps. Ce sont en général des CL₅₀, c'est-à-dire des concentrations létales pour 50 % des organismes, pour une exposition de courte durée (p. ex., 48 ou 96 h). Des données de toxicité sous-létale mesurant entre autres des taux de croissance ou de reproduction sont utilisées pour juger du danger que représente un composé sur les organismes aquatiques exposés à des concentrations plus faibles, mais sur une plus longue période. Ce sont en général des CSEO, c'est-à-dire des concentrations sans effet observable pour l'effet recherché. On utilise aussi, de façon équivalente aux CSEO, des CI₁₀₋₂₅, qui sont les concentrations inhibitrices de 10 à 25 % d'une fonction d'un organisme.

Des critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique relativement aux effets aigus et chroniques sont aussi utilisés, lorsqu'ils sont disponibles, à titre d'indicateurs des effets potentiels des divers composés. Les critères de qualité de l'eau sont des valeurs obtenues à partir de l'analyse et de la synthèse des données de toxicité aiguë ou chronique. Ainsi, les critères de qualité pour la protection des effets chroniques représentent des concentrations sans effet pour tous les stades de vie des organismes.

Les données de toxicité qui ont été colligées dans la présente étude sont essentiellement issues d'essais de toxicité usuellement utilisés : mortalité de la daphnie *Daphnia magna* ou de la céridaphnie *Ceriodaphnia dubia*, mortalité des jeunes truites *Oncorhynchus mykiss* et du mené tête-de-boule *Pimephales promelas*, reproduction de la céridaphnie *Ceriodaphnia dubia*, croissance des larves du tête-de-boule *Pimephales promelas* et croissance de l'algue d'eau douce *Pseudokirchneriella subcapitata*. Ces données ont été complétées par l'information

fournie par les critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique chronique quand ils étaient disponibles.

Malgré le recensement de toute cette information, il n'a pas été possible d'obtenir tous les renseignements requis pour évaluer le potentiel toxique de dix substances, ces données n'étant pas publiques ou n'étant pas produites par l'industrie. Ces substances sont les suivantes :

- le 4-éthyl-1-octyn-3-ol, $C_{10}H_{18}O$ (CAS : 5877-42-9), de la famille des alcools, utilisé comme agent anticorrosion;
- l'octaméthylcyclotétrasiloxane (CAS : 556-67-2), utilisé comme agent antiémulsifiant;
- le chlorure d'ammonium triméthylrique d'octadécyle, $C_{21}H_{46}N, Cl$ (CAS : 223-03-8), de la famille des surfactants cationiques, utilisé comme agent anticorrosion et émulsifiant;
- l'huile de ricin éthoxylée (CAS : 61791-12-6), utilisée comme stimulateur de reflux des fluides de fracturation;
- le formamide, CH_3NO (CAS : 75-12-7), utilisé comme agent acidifiant;
- les composés d'acides gras et d'huile de tall (CAS : 68188-40-9), de la famille des acides carboxyliques, utilisés comme agent anticorrosion;
- les dérivés de quinoline (CAS : 72480-70-7), de la famille des amines, utilisés comme agent anticorrosion;
- les polymères de thiourée (CAS : 68527-49-1), de la famille des thiocarbamides, utilisés comme agent anticorrosion;
- un complexe de zirconium [Zirconium, 1,1'-((2-((2-hydroxyethyl)(2-hydroxypropyl)amino)ethyl)imino)bis(2-propanol) complexes] (CAS : 197980-53-3), utilisé comme agent de liaison entre polymères;
- les résines alkyphénoliques oxyalkylées (CAS : 68891-11-2), de la famille des phénols, utilisées comme agent anticorrosion.

Une étude expérimentale a été mise en œuvre au CEAEQ pour combler ces lacunes. La toxicité des dix substances listées ci-dessus a été évaluée à l'aide de trois essais de toxicité :

- toxicité létale chez les microcrustacés d'eau douce *Daphnia magna* (CEAEQ, 2011a);
- létalité aiguë de la truite arc-en-ciel *Oncorhynchus mykiss* (Environnement Canada, 1990);
- croissance de l'algue *Pseudokirchneriella subcapitata* (CEAEQ, 2011b).

Étant donné sa faible solubilité, l'octaméthylcyclotétrasiloxane n'a finalement pas pu être évalué au laboratoire. Par ailleurs, le polymère de thiourée et les dérivés de quinoline sont des noms génériques et les numéros CAS fournis par l'industrie ne nous ont pas permis d'identifier clairement les substances utilisées. Par conséquent, les essais ont porté sur des composés chimiques apparentés : la thiourée et le chlorure de 1-benzylquinolinium. Par ailleurs, plusieurs composés n'étaient pas disponibles commercialement : le 4-éthyl-1-octyn-3-ol, les composés d'acides gras et d'huile de tall et le complexe de zirconium. Les essais de toxicité n'ont pu être réalisés sur ces substances.

Toutes les données de toxicité répertoriées ou produites pour les besoins de l'étude sont disponibles au tableau 2 de l'annexe 1. Les critères de qualité de l'eau de surface du MDDEFP

qui étaient disponibles pour certains composés ainsi que ceux établis pour des composés apparentés sont aussi présentés dans ce tableau.

Les concentrations ayant des effets sont très variables d'un composé à l'autre. Ainsi, les données de toxicité létale des espèces les plus sensibles sont comprises entre 0,075 et 3 000 mg/l. Les données de toxicité sous-létale des espèces les plus sensibles sont comprises entre 0,02 et 500 mg/l.

Pour faciliter l'interprétation, les données ont été classées selon les critères présentés dans le Tableau 2. Pour la toxicité aiguë, la classification des composés est basée sur la CL₅₀ de l'espèce la plus sensible, c'est-à-dire la plus basse. Pour la toxicité chronique, la classification des composés est basée sur la CSEO ou Cl₁₀₋₂₅ de l'espèce la plus sensible, sur la CE₁₀₋₅₀ pour les algues ou sur le critère chronique pour la protection de la vie aquatique (CVAC). La plus basse valeur entre le CVAC et les données de toxicité a été retenue.

Tableau 2 – Critères d'évaluation de danger au sujet de la toxicité pour la vie aquatique

Toxicité aiguë CL(E) ₅₀		Toxicité chronique Cl ₁₀₋₂₅ , CSEO ou CVAC CE ₁₀₋₅₀ (algues)	
< 1 mg/l	Très toxique	< 0,01 mg/l	Très toxique
1 à 10 mg/l	Toxique	0,01 à 0,1 mg/l	Toxique
> 10 mg/l	Peu toxique	> 0,1 mg/l	Peu toxique

Le Tableau 3 présente les résultats obtenus pour l'analyse des données de toxicité aiguë.

Tableau 3 – Évaluation de la toxicité aiguë des composés présents dans les intrants de fracturation (n.d. : non disponible; * : composés qui ne seraient plus utilisés au Québec)

CL ₅₀ (mg/l)	Composés	N° CAS
Très toxique (< 1)	Chlorure d'ammonium	12125-02-9
	D-limonène	5989-27-5
	Octaméthylcyclotetrasiloxane	556-67-2
	Hypochlorite de sodium	7681-52-9
	Chlore	7782-50-5
	1,2,4-Triméthylbenzène	95-63-6
	Chlorure d'ammonium triméthylque d'octadécyle	112-03-8
	Alcools éthoxylés C ₁₂ -C ₁₅	68131-39-5
	Alcools éthoxylés C ₁₄ -C ₁₅	68951-67-7
	Solvant naphta aromatique lourd	64742-94-5
	N,N-Diméthyl-octadécylamine	124-28-7
	Hydroxyde de sodium	1310-73-2
	Dérivés d'acide benzosulfonique C ₁₀ -C ₁₆	68584-22-5
	2,2-Dibromo-2-cyanoacétamide	10222-01-2
Toxique (1 à 10)	Bétaïne de cocamidopropyle	61789-40-0
	Distillats de pétrole (C ₉ -C ₁₆) (2x)	64742-47-8
	Nonyl phénol éthoxylé*	9016-45-9
	Chlorure d'hydrogène	7647-01-0
	Naphtalène	91-20-3
	Prop-2-yne-1-ol	107-19-7
	Dérivé de sulfonate de benzène	147732-60-3
	Diéthanolamine	111-42-2
	Éthanolamine	141-43-5
	Chlorure de 1-benzylquinolinium (en remplacement des dérivés de quinoline)	15619-48-4 72480-70-7
Résines alkylphénol oxylalkylées	68891-11-2	
Peu toxique (> 10)	Formaldéhyde	50-00-0
	Acide formique	64-18-6
	Persulfate de sodium	7775-27-1
	Acide acétique	64-19-7
	Carbonate de potassium	584-08-7
	2-Butoxy éthanol	111-76-2
	Esters d'acides gras*	91744-20-6
	Formamide	75-12-7
	Propane-2-ol	67-63-0
	Méthanol	67-56-1
	Alcool propylique	71-23-8

CL ₅₀ (mg/l)	Composés	N° CAS
	Propane-1,2-diol	57-55-6
	Xylène sulfonate de sodium	1300-72-7
	Acide d'huile de tall	61790-12-3
	Triéthanolamine	102-71-6
	Triéthylène glycol	112-27-6
	Éthylène glycol	107-21-1
	Huile de ricin éthoxylé	61791-12-6
	Amino triacétate de sodium (critère de l'acide nitriloacétique)	18662-53-8
	Thiourée (en remplacement de polymère de thiourée)	62-56-6 68527-49-1
	Copolymère d'acrylamide (critère de l'acrylamide)	38193-60-1
	4-Éthyl-1-octyn-3-ol	5877-42-9

Selon les critères établis, plusieurs composés utilisés pour la fracturation hydraulique se sont avérés toxiques (11) ou très toxiques (14) pour les espèces cibles retenues ici et faisant l'objet d'essais de toxicité létale standardisés en laboratoire. Ces substances à l'état pur occasionnent 50 % de mortalité à de faibles concentrations, c'est-à-dire à moins de 1,0 mg/l à 10 mg/l. Notons que la moitié des composés utilisés dans la fracturation hydraulique (22), dont l'information sur la toxicité était disponible, présente une faible toxicité.

Les informations sont manquantes pour sept composés.

Tableau 4 présente les résultats obtenus à partir de l'analyse des données de toxicité sous-létale et les CVAC disponibles. Le manque de données disponibles pour 22 substances ne nous a pas permis de classer l'ensemble des composés selon leur toxicité chronique.

Tableau 4 – Évaluation de la toxicité sous-létale des composés présents dans les intrants de fracturation (n.d. : non disponible; * : composés qui ne seraient plus utilisés au Québec)

CSEO ou Cl ₁₀₋₂₅ ou CVAC (mg/l)	Composés	N° CAS
Très toxique (< 0,01)	Dérivés d'acide benzosulfonique C ₁₀ -C ₁₆ (critère de qualité pour les alkylbenzènes linéaires)	68584-22-5
	2,2-Dibromo-2-cyanoacétamide	10222-01-2
	Hypochlorite de sodium	7681-52-9
	Chlore	7782-50-5
	D-limonène	5989-27-5
	Chlorure d'ammonium triméthyle d'octadécyle	112-03-8

CSEO ou Cl ₁₀₋₂₅ ou CVAC (mg/l)	Composés	N° CAS
Toxique (0,01 à 0,1)	Nonyl phénol éthoxylé*	9016-45-9
	1,2,4-Triméthylbenzène	95-63-6
	Chlorure d'ammonium (critère de qualité pour l'azote ammoniacal)	12125-02-9
	Dérivés de sulfonate de benzène (critère de qualité pour les surfactants anioniques)	147732-60-3
	Résines alkyphénoliques oxyalkylées	68891-11-2
	Polymère de thiourée (critère du thiourée)	68527-49-1
Peu toxique (> 0,1)	Alcool éthoxylés C ₁₂ -C ₁₅	68131-39-5
	Alcool éthoxylés, ramifiés	78330-19-5
	Alcool éthoxylés C ₁₂ -C ₁₄	68951-67-7
	2-Butoxy-éthanol (critère de l'éthylène glycol)	111-76-2
	Formaldéhyde	50-00-0
	Propane-2-ol	67-63-0
	Méthanol	67-56-1
	Naphtalène	91-20-3
	Amino triacétate de sodium (critère de l'acide nitrilotriacétique)	18662-53-8
	Propane-1,2-diol	57-55-6
	Acide d'huile de tall	61790-12-3
	Triéthylène glycol (critère de l'éthylène glycol)	112-27-6
	Chlorure de 1-benzylquinolinium (en remplacement des dérivés de quinoline)	15619-48-4 72480-70-7
	Copolymères d'acrylamide (critère de qualité pour l'acrylamide)	38193-60-1
	Bétaïne de cocamidopropyle	61789-40-0
	Diétanolamine	111-42-2
	Acide acétique	64-19-7
	Solvant naphta aromatique lourd	64742-94-5
	Chlorure d'hydrogène	7647-01-0
	Éthylène glycol	107-21-1

De même que pour les effets létaux, selon les critères établis, il apparaît que plusieurs composés utilisés dans la fracturation hydraulique sont toxiques (6) ou très toxiques (6) pour les espèces cibles retenues ici et faisant l'objet d'essais de toxicité sous-létaux standardisés en laboratoire. Ces substances à l'état pur peuvent entraîner des effets sous-létaux sur les organismes aquatiques qui y seraient exposés durant une certaine période (p. ex., > 7 jours). Notons que de nombreux composés utilisés dans la fracturation hydraulique (23), dont l'information sur la toxicité était disponible, présentent une faible toxicité sous-létaux.

Les informations étaient manquantes pour 22 composés. Dans ces cas-là, la toxicité aiguë des composés tient lieu d'indicateur.

4.2.2. Devenir dans l'environnement aquatique

4.2.2.1. Persistance

Une fois émis dans l'environnement, les intrants seront soumis à différents processus physiques, chimiques et biologiques (diffusion, ruissellement, sorption/désorption, précipitation, activités bactériennes, bioturbation) qui gouvernent leur devenir dans le sol et, éventuellement leur transfert vers des eaux souterraines, leur devenir dans les eaux de surface et, par conséquent, l'exposition des organismes (Peijnenburg et coll., 1996; De Vaufléury et Gomot, 2004). La détermination des propriétés ou des caractéristiques intrinsèques des intrants permet d'évaluer le devenir potentiel de ces substances dans le milieu, notamment leur persistance dans l'environnement. Les caractéristiques physicochimiques suivantes ont été recensées pour l'ensemble des composés :

- la pression de vapeur des substances, qui permet d'estimer leur potentiel de volatilisation;
- la solubilité des substances dans l'eau;
- le coefficient de partage carbone organique/eau (Koc), qui permet d'estimer la capacité d'une substance à s'adsorber sur la matière organique dissoute (MOD) ou en suspension (MOS) et les sédiments;
- la dégradabilité des composés par des processus abiotiques tels que la photodégradation ou l'hydrolyse, qui peuvent constituer des étapes de transformation des substances sans qu'une dégradation totale soit atteinte et qui peuvent, par ailleurs, entraîner la formation de substances plus toxiques pour les organismes aquatiques;
- la biodégradabilité intrinsèque des composés en conditions aérobies et anaérobies.

Pour les besoins de la présente étude, le potentiel de persistance des composés organiques est estimé par l'analyse de leur potentiel de dégradation dans l'environnement aquatique, c'est-à-dire leur transformation ultime en dioxyde de carbone (CO₂), eau et sels. La dégradabilité et la biodégradabilité sont des propriétés intrinsèques majeures pour déterminer la persistance des substances dans l'environnement. On comprend aisément qu'une substance non (bio)dégradable persiste dans l'environnement et représente alors un potentiel d'effets toxiques

important pour les organismes comparativement à une substance qui se (bio)dégrade facilement par des processus abiotiques et biologiques dans le milieu aquatique ou qui peut être biodégradée dans une unité de traitement.

Ce sont les données issues d'essais de biodégradation facile ou ultime, réalisés selon les lignes directrices 301 de l'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE), qui ont été privilégiées (OCDE, 1992). Il s'agit des méthodes 301 A à F : essai de disparition du carbone organique dissous (COD), essai de dégagement de CO₂ (essai de Sturm modifié), essai MITI modifié (I) [*Ministry of International Trade and Industry*, Japon], essai en flacon fermé, essai de *screening* modifié de l'OCDE et essai de respirométrie manométrique. Une solution ou une suspension de la substance d'essai est ensemencée et incubée en conditions aérobies dans l'obscurité ou dans la lumière diffuse, avec un inoculum non adapté à la substance évaluée, pendant 28 jours. La dégradation de la substance est suivie par la détermination des paramètres tels que le COD, la production de CO₂ ou la consommation d'oxygène. Une substance est dite facilement biodégradable si une diminution de 70 % du COD est mesurée, ou, dans le cas des méthodes respirométriques, si une consommation de 60 % de la demande théorique en oxygène ou une production de 60 % de CO₂ est enregistrée. Les données obtenues à l'aide des lignes directrices 302 de l'OCDE ont également été considérées. Il s'agit des méthodes 302 A à C : essai SCAS modifié, essai Zahn-Wellens/EMPA et essai MITI modifié (II). Les essais décrits dans ces documents permettent de déterminer la biodégradabilité intrinsèque.

Les bases de données suivantes ont également été consultées : OECD SIDS (*Screening Information Data Set*), HSDB (*Hazardous Substances Data Bank*, U.S. Department of Health and Human Services), NICNAS (*National Industrial Chemicals Notification and Assessment Scheme*, Australie), CTSA (*Cleaner Technologies Substitutes Assessment*, U.S. EPA), EPA R.E.D. (*Reregistration Eligibility Document*, U.S. EPA), HPVIS (*High Production Volume Information System*, U.S. EPA) ainsi que celles de l'Organisation mondiale de la santé et du Conseil canadien des ministres de l'environnement.

Il n'a pas été possible d'obtenir par la revue de littérature toute l'information nécessaire pour évaluer le potentiel de biodégradation de neuf substances. Ces données ne sont pas publiques ou n'ont pas été produites par l'industrie. Ces substances sont les suivantes :

- l'octaméthylcyclotétrasiloxane, utilisé comme agent antiémulsifiant;
- le chlorure d'ammonium triméthylrique d'octadécyle, de la famille des surfactants cationiques, utilisé comme agent anticorrosion et émulsifiant;
- l'huile de ricin éthoxylée, utilisée comme stimulateur de reflux des fluides de fracturation;
- les composés d'acides gras et d'huile de tall de la famille des acides carboxyliques, utilisés comme agent anticorrosion;
- les dérivés de quinoline de la famille des amines, utilisés comme agent anticorrosion;
- les polymères de thiourée de la famille des thiocarbamides, utilisés comme agent anticorrosion;
- les résines alkylphénoliques oxyalkylées de la famille des phénols, utilisées comme agent anticorrosion;
- le solvant naphta aromatique lourd (CAS : 64772-94-5), dérivé du pétrole, utilisé comme agent anticorrosion et agent acidifiant;

- le dihalogénure de hexaalkyl- 1,3-diammonium-2-substitué-propane, utilisé comme stabilisateur d'argile.

Une étude expérimentale a été mise en œuvre au Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ, 2013; annexe 5) pour combler ces lacunes. Pour chacun des composés listés ci-dessus, des essais ont été menés pour déterminer la biodégradabilité intrinsèque des intrants, selon les lignes directrices 302 C de l'OCDE (1981), établies d'après la méthode MITI modifiée. L'essai consiste à mesurer en continu la demande biochimique en oxygène à l'aide d'un DBO-mètre et à analyser les substances résiduelles. La substance à évaluer est la seule source de carbone pour les microorganismes qui ne sont pas adaptés.

Le polymère de thiourée et les dérivés de quinoline sont des noms génériques et les numéros CAS ne nous ont pas permis d'identifier les substances utilisées par l'industrie, pas plus que les informations qui sont en notre possession. Par conséquent, les essais ont porté sur des représentants : la thiourée et le chlorure de 1-benzylquinolinium, respectivement. Le dichlorure de 2-hydroxy-N1,N1,N3,N3-tétraméthyle-N1,N3-dioctadécyle-1,3-Propanediammonium (CAS : 118516-73-7) a été utilisé pour représenter le dihalogénure de hexaalkyl- 1,3-diammonium-2-substitué-propane. Enfin, un composé n'était pas commercialement disponible : les composés d'acides gras et d'huile de tall.

Toutes les données de (bio)dégradabilité répertoriées ou produites pour les besoins de l'étude sont disponibles au tableau 2 de l'annexe 1.

Pour faciliter l'interprétation, les données ont été classées selon les critères présentés dans le Tableau 5. Ainsi, les composés sont classés dans trois catégories : non biodégradable, biodégradable et rapidement biodégradable.

Tableau 5 – Critères d'évaluation de la biodégradabilité

Rapidement biodégradable	Minéralisation rapide et complète > 60 % ou > 70 % de la biodégradation est atteint en 28 j
Biodégradable	Entre 20 - 60 -70 % (selon le test) de la biodégradation est atteinte en 28 j
Peu ou non biodégradable	Quantité de matière organique retirée négligeable dans les conditions des tests où moins de < 20 % de la matière organique est biodégradée en 28 j

Le

Tableau 6 présente les résultats obtenus pour l'analyse des données de persistance des composés présents dans les intrants de fracturation. Un composé n'a pu être évalué, soit les composés d'acides gras et d'huile de tall.

Tableau 6 – Évaluation de la persistance des composés présents dans les intrants de fracturation (n.d. : non disponible; * : composés qui ne seraient plus utilisés au Québec)

	Composés	N° CAS
Rapidement biodégradable	Acide acétique	64-19-7
	Dérivés de sulfonate de benzène	147732-60-3
	Dérivés d'acide benzosulfonique, C ₁₀ -C ₁₆	68584-22-5
	Bétaïne de cocamidopropyle	61789-40-0
	Huile de ricin éthoxylé	61791-12-6
	Diéthanolamine	111-42-2
	Oxydipropanol ou dipropylène glycol	25265-71-8
	Éthanolamine	141-43-5
	2-Butoxy éthanol	111-76-2
	Formaldéhyde	50-00-0
	Acide formique	64-18-6
	Propane-2-ol	67-63-0
	Méthanol	67-56-1
	Chlorhydrate de N,N-diméthyl-octadécylamine	1613-17-8
	Résines alkylphénoliques oxyalkylées	68891-11-2
	Prop-2-yne-1-ol	107-19-7
	Propane-1,2-diol	57-55-6
	Xylène sulfonate de sodium	1300-72-7
	Éthylène glycol	107-21-1
	Copolymère d'acrylamide*	38193-60-1
2,2-Dibromo-2-cyanoacétamide	10222-01-2	
Alcool propylique	71-23-8	
Biodégradable	Formamide	1975-12-07
	D-limonène	5989-27-5
	N,N-Diméthyl-octadécylamine	124-28-7
	Acide d'huile de tall	61790-12-3
	Triéthylène glycol	112-27-6
	Alcools éthoxylés C ₁₂ -C ₁₅	68131-39-5
	Alcools éthoxylés, ramifiés	78330-19-5
	Alcools éthoxylés C ₁₄ -C ₁₅	68951-67-7
	Esters d'acides gras*	91744-20-6
	Triéthanolamine	102-71-6
Peu ou non biodégradable	4-Éthyl-1-octyn-3-ol	5877-42-9
	Distillats de pétrole (C ₉ -C ₁₆) (2x)	64742-47-8
	Solvant naphta aromatique lourd	64742-94-5
	Nonyl phénol éthoxylé*	9016-45-9
	Naphtalène	91-20-3
Octaméthylcyclotétrasiloxane	556-67-2	

	Composés	N° CAS
	Chlorure de 1-benzylquinolinium (en remplacement des dérivés de quinoline)	15619-48-4 72480-70-7
	1,2,4-Triméthylbenzène	95-63-6
	Chlorure d'ammonium triméthylrique d'octadécyle	112-03-8
	Dichlorure de 2-hydroxy-N1,N1,N3,N3-tétraméthyle-N1,N3-dioctadécyle-1,3-Propanediammonium (en remplacement du dihalogénure de hexaalkyl- 1,3-diammonium-2-substitué-propane)	118516-73-7 n.d.
	Thiourée (en remplacement de polymère de thiourée)	62-56-6 68527-49-1

De façon générale, les composés utilisés lors de la fracturation hydraulique pour lesquels l'information est disponible sont rapidement biodégradables (22) ou biodégradables (10). Cependant, 11 substances sont persistantes dans l'environnement.

4.2.2.2. Bioaccumulation

Une substance bioaccumulable est une substance qui s'accumule dans un organisme à mesure que ce dernier absorbe de l'air, de l'eau ou de la nourriture contaminée. Cette substance est lentement métabolisée et excrétée par l'organisme. La bioaccumulation ne représente pas un danger en soi, mais ce processus peut aboutir à une charge corporelle en contaminant qui pourrait conduire à des effets toxiques sur l'organisme lui-même ou sur ceux qui le consomment.

Le potentiel de bioaccumulation d'une substance dans les organismes aquatiques donne une indication du potentiel d'effets toxiques que peut avoir cette substance sur les consommateurs de poissons, mollusques ou crustacés. Pour les besoins de cette étude, le potentiel de bioaccumulation pour les organismes aquatiques a été estimé par l'analyse des éléments suivants :

- le coefficient de partage octanol-eau (log K_{ow}), qui correspond au rapport entre la concentration d'une substance dans l'octanol et sa concentration dans l'eau. Ce coefficient permet d'estimer le caractère lipophile d'une substance et sa capacité à se distribuer dans les graisses. Les substances ayant des log K_{ow} compris entre 3 et 7 sont modérément hydrophobes, tandis que les substances ayant un log K_{ow} supérieur à 7 sont hautement hydrophobes. Ces substances auront un fort potentiel d'accumulation dans les tissus adipeux des organismes suite à leur absorption;
- le facteur de bioconcentration (FBC), c'est-à-dire le rapport entre la concentration de la substance dans un organisme et sa concentration dans l'eau. La bioconcentration est définie comme le résultat net de l'absorption, de la transformation et de l'élimination d'une substance par l'organisme suite à une exposition à l'eau uniquement;

- le facteur de bioaccumulation (FBA), c'est-à-dire le rapport entre la concentration d'une substance dans un organisme et sa concentration dans l'eau, en considérant l'exposition à l'eau, la nourriture, etc.

Les facteurs de bioaccumulation sont privilégiés par rapport aux facteurs de bioconcentration. En l'absence de données sur les FBA ou les FBC, le coefficient de partage entre l'octanol et l'eau a été utilisé.

Les bases de données suivantes ont été consultées : OECD SIDS (*Screening Information DataSet*), HSDB (*Hazardous substances data bank*, U.S. Department of Health and Human Services), HPVIS (*High Production Volume Information System*, U.S. EPA), ainsi que celle du MDDEFP. Du fait de la complexité des études à mettre en œuvre, aucune étude expérimentale n'a été entreprise pour établir le potentiel de bioaccumulation pour combler les manques de données. Toutes les données répertoriées sont disponibles à l'annexe 1.

Pour faciliter l'interprétation, les données ont été classées selon les critères ci-dessous.

- Si le FBA est supérieur ou égal à 5 000, un intrant est qualifié de bioaccumulable au sens du Règlement sur la persistance et la bioaccumulation (RPB; Gouvernement du Canada, 2000) et de la Politique de gestion des substances toxiques (PGST; Gouvernement du Canada, 1995).
- En l'absence de FBA, ce sont les FBC qui ont été utilisés pour classer les intrants :
 - si le FBC est supérieur ou égal à 5 000 (RPB et PGST), un composé est qualifié de bioaccumulable;
 - si le FBC est supérieur à 1 000 (U.S. EPA; GLWQI), le composé est considéré comme étant suffisamment bioaccumulable pour que les risques soient évalués;
 - si le FBC est inférieur à 1 000, un composé est qualifié de peu bioaccumulable.
- En l'absence de FBC, le classement était basé sur les valeurs du log K_{ow}. On parle alors de potentiel de bioconcentration plutôt que de substance bioaccumulable, car le log K_{ow} fournit une tendance qui doit être confirmée. En effet, il ne permet pas de prendre en considération les processus de métabolisation et d'élimination qui peuvent avoir lieu dans les organismes et qui peuvent diminuer les risques de bioaccumulation dans les tissus. Selon le RPB et la PGST :
 - si le log K_{ow} est supérieur ou égal à 5, un composé est qualifié de fortement bioaccumulable;
 - si le log K_{ow} est supérieur à 4, et inférieur à 5, il est alors considéré que le composé présente un potentiel de bioconcentration. Les résultats obtenus, sur la base de ces critères de classification, sont présentés dans le Tableau 7 – Évaluation du potentiel de bioaccumulation des composés présents dans les intrants de fracturation

De façon générale, les composés utilisés lors de la fracturation hydraulique sont non bioaccumulables (11). Cependant, six substances présentent un potentiel de bioaccumulation élevé ($\log K_{ow} > 5$) et une substance présente un potentiel de bioconcentration ($4 < \log K_{ow} < 5$).

Pour plusieurs composés, l'information est toujours manquante.

Tableau 7 – Évaluation du potentiel de bioaccumulation des composés présents dans les intrants de fracturation

	Composés	N° CAS
Log K _{ow} > 5	Distillats de pétrole (C ₉ -C ₁₆) (2x)	64742-47-8
	Alcools éthoxylés, C ₁₂ -C ₁₅	68131-39-5
	Solvant naphtha aromatique lourd	64742-94-5
	N,N-Diméthyl-octadécylamine	124-28-7
	Octaméthylcyclotétrasiloxane	556-67-2
	Acide d'huile de tall	61790-12-3
4 < log K _{ow} < 5	Chlorure d'ammonium triméthylque d'octadécyle (ammonium quaternaire)	112-03-8

4.3. CONCLUSIONS

Plusieurs informations sur la toxicité chronique, la persistance et la bioaccumulation sont toujours manquantes pour plusieurs composés. Des demandes concernant ces informations seront toujours à faire auprès de l'industrie si elle désire utiliser ces composés.

Le portrait est tout de même assez complet. De façon générale, les composés les plus fréquemment utilisés dans la fracturation hydraulique (tableau 1) sont pour la plupart, d'après les données dont nous disposons, peu toxiques, non bioaccumulables et fortement dégradables. Le danger intrinsèque de ces substances est donc faible. Il s'agit des alcools (méthanol et propanol) et des alcools éthoxylés. Notons que d'autres agences ont déjà classifié plusieurs de ces composés. Prenons l'exemple de la commission OSPAR qui a établi ce constat pour l'acide acétique, l'acide formique, l'alcool propylique, le carbonate de potassium, le chlorure d'ammonium, l'éthane-1,2-diol, le méthanol et le propane-2-ol (OSPAR, 2012).

Cependant, d'après les données présentées dans cette section, plusieurs des composés utilisés dans la fracturation hydraulique sont dangereux pour l'environnement. Le fluide de fracturation non dilué apparaît ainsi comme une solution extrêmement toxique pour l'environnement. Par conséquent, des précautions doivent être prises lors de la manipulation et de l'entreposage de ces produits pour limiter les fuites et les déversements susceptibles de ruisseler vers les eaux de surface ou les eaux souterraines.

Tel que nous l'avons précisé précédemment, une substance hautement toxique, mais facilement biodégradable présente un danger moins élevé qu'une substance un peu moins toxique, mais très persistante dans l'environnement. Une substance bioaccumulable dans les organismes aquatiques peut entraîner des effets sur les consommateurs de ces organismes (faune ou humain) en plus de leur nuire directement. De fait, plusieurs substances ne seront pas toxiques à faibles concentrations pour les organismes aquatiques, mais leur pouvoir de bioaccumulation est si grand que malgré cette très basse concentration dans l'eau, les organismes accumuleront petit à petit dans leur chair ou leurs tissus des concentrations nuisibles à ceux qui consommeront poissons, mollusques ou crustacés. Ainsi :

- Parmi les composés persistants, quatre composés ont un potentiel de bioaccumulation dans les organismes aquatiques. Il s'agit des distillats de pétrole (C₉-C₁₆), du solvant naphta aromatique lourd, de l'octaméthylcyclotétrasiloxane et du chlorure d'ammonium triméthylque d'octadécyle;
- Parmi les composés persistants, quatre composés s'avèrent être également très toxiques au regard de leur toxicité aiguë. Ces quatre composés présentent un danger intrinsèque important. Il s'agit du solvant naphta aromatique lourd, de l'octaméthylcyclotétrasiloxane, du 1,2,4-triméthylbenzène et du chlorure d'ammonium triméthylque d'octadécyle;
- Trois composés s'avèrent donc être persistants, bioaccumulables et toxiques. Il s'agit du solvant naphta aromatique lourd, de l'octaméthylcyclotétrasiloxane et du chlorure d'ammonium triméthylque d'octadécyle. Parmi les composés étudiés, ces derniers présentent le danger intrinsèque le plus élevé.

5. LES INTRANTS DE FORAGE

La section 5 présente un court bilan des composés employés pour le forage. Les eaux de forage n'ont pas été visées en particulier dans le cadre de la présente étude, c'est-à-dire que l'objectif n'était pas de cumuler l'information sur tous les forages, ces derniers étant beaucoup plus fréquents que les fracturations. Néanmoins, sur les sites où il y a eu fracturation hydraulique, les eaux usées de forage ont été gérées avec les eaux de reflux de fracturation et la présence de certains contaminants pourrait s'expliquer par la présence de composés utilisés pour le forage dans les eaux usées gazières.

Le forage d'un puits d'exploration à l'aide d'un trépan est accompagné de l'injection d'une boue dense constituée majoritairement d'eau et d'argile telle que la bentonite (BAPE, 2011). Plusieurs composés chimiques sont également ajoutés à cette boue appelée fluide de forage.

Les composés chimiques utilisés dans les intrants du forage ont été recensés de façon systématique pour huit forages. Au Québec, 53 composés ont été utilisés dans les fluides de forage. Parmi ces 53 composés, on retrouve 20 composés inorganiques, 18 composés organiques et 15 composés identifiés de façon trop générale pour être documentés spécifiquement. La liste de ces composés fait l'objet du Tableau 8.

Ainsi, la nature de ces composés chimiques est très variable; on y retrouve même des coquilles de noix et du papier journal. Plusieurs de ces composés sont de même nature que ceux utilisés pour la fracturation hydraulique. Ceux-ci sont indiqués dans le Tableau 8.

Tableau 8 – Composés chimiques présents dans les intrants de forage utilisés au Québec

Composés	N° CAS	Fréquence (n/8 forages)	Présents aussi dans les intrants de fracturation	Composés non préoccupants selon OSPAR
Acide adipique	124-04-9	6/8		
Acide formique	64-18-6	6/8	x	x
Acide citrique	77-92-9	6/8		x
Acides humiques	1415-93-6	—		
Chlorure d'hydrogène	7647-01-0	—	x	

Composés	N° CAS	Fréquence (n/8 forages)	Présents aussi dans les intrants de fracturation	Composés non préoccupants selon OSPAR
Acrylamide	79-06-1	6/8	x	
Alcools C ₁₂ -C ₁₈ éthoxylés, proxylés	69227-21-0	6/8		
Alkoxyat de sel métallique	—	6/8		
Résines alkylphénoliques oxyalkylées	68891-11-2	—	x	
Amidon à carboxyméthyle de sodium	9063-38-1	6/8		
Bentonite	1302-78-9	6/8		x
Bicarbonate de soude	144-55-8	2/8		x
2-Bromo-2-nitropropane-1,3-diol	52-51-7	2/8		
2-Butoxy éthanol	111-76-2	—	x	
Carbonate de calcium	471-34-1	—		x
Carbonate de potassium	584-08-7	—	x	x
Carbonate de sodium	497-19-8	2/8		x
Cosses	—	—		
Distillat de naphthalénique légèrement hydrotraité	64742-53-6	6/8		
Distillat de pétrole légèrement hydrotraité	64742-47-8	8/8	x	
Distillats de pétrole (C ₉ -C ₁₆) (2x)				
Éthylèneglycol	107-21-1	6/8	x	x
2-Éthylhexanol	104-76-7	6/8		
Fibres naturelles	-	—		
Fluorure d'hydrogène	7664-39-3	—		
1, 6-Hexanediamine	124-09-4	6/8		
Hydrate de sodium (Hydroxyde de sodium)	1310-73-2	8/8	x	
Hydrocarbure de pétrole – Distillats moyens (pétrole)	64741-44-2	6/8		
Hydroxyde de potassium	1310-58-3	6/8		
Hydroxyde de calcium	1305-62-0	2/8		x
D-limonène	5989-27-5	—	x	
Nitrate d'ammonium hydraté	6484-52-2	8/8		x
Nitrate de calcium	10124-37-6	—		x
Papier de journal	—	—		
Polymère de propène	—	—		
Polymère organique	9005-81-6	2/8		
Pyrophosphate d'acide de sodium (Dihydrogénopyrophosphate de disodium)	7758-16-9	8/8		x
Pyrophosphate de tétrapotassium	7320-34-5	6/8		
Quartz : silice cristalline	14808-60-7	2/8		x
Hypochlorite de sodium	7681-52-9	—	x	
Sulfate de calcium	7778-18-9	6/8		x
Sulfate ferreux	17375-41-6	6/8		
Sulfite de sodium	7757-83-7	6/8		x
Silicate de potassium en solution	1312-76-1	6/8		

Composés	N° CAS	Fréquence (n/8 forages)	Présents aussi dans les intrants de fracturation	Composés non préoccupants selon OSPAR
liquide				
Urée	57-13-6	—		x
Polymère anionique soluble dans l'eau	25085-02-3	8/8		
Fibres minérales	65977-17-3	—		
Cellulose polyanionique	—	—		
Gomme de xanthane (Polymère de polysaccharides)	—			
Fibres végétales et polymétriques	—			
Acides gras, esters avec polyol et acides gras, C ₁₆ -C ₁₈ – produits non saturés avec 2,2,2"-nitrioltriéthanol	—	—		
Sous-produit du bois	—	—		
Sel sodique inorganique	—	—		
Coquille de noix (organique)	—	—		

Une évaluation de danger de même nature que celle réalisée pour les composés de fracturation a été amorcée pour les composés utilisés dans les intrants de forage. Toutefois, elle a été considérée comme étant trop incomplète pour être présentée dans le présent rapport.

De plus, on ne connaît pas l'importance relative de ces composés dans les eaux usées, alors qu'une partie est plutôt gérée dans les boues de forage. La caractérisation indépendante des eaux usées de fracturation et de forage aiderait à connaître l'importance relative des contaminants générés par ces deux procédés.

Une information plus complète sur les intrants et les quantités utilisées permettrait de procéder à une telle évaluation de danger et, éventuellement, à une évaluation de risque.

Par ailleurs, plusieurs formes d'azote et d'ions comme résidus des explosifs ont été suivies dans les eaux usées et sont décrites au chapitre 8.

6. TRANSFORMATION DES INTRANTS

La présente étude sur la toxicité des différents intrants et, par extension, sur les eaux usées résultantes n'aurait pas été complète sans un travail de réflexion et d'identification des sous-produits qui sont susceptibles de se former. Ces sous-produits peuvent, tout comme les intrants utilisés et les contaminants libérés du shale, selon leurs propriétés, conférer aux eaux usées résultantes une certaine toxicité. Évidemment, dans cette analyse, il faut prendre en considération non seulement leur potentiel de formation, mais aussi l'importance de ces sous-produits formés pour ce qui est de la quantité. Afin d'évaluer le danger que les eaux usées représentent en cas de fuites ou déversements, et afin de choisir la meilleure technologie possible pour traiter ces eaux et d'en disposer de manière sécuritaire, il est essentiel d'en connaître la composition. Malgré cela et par souci de prévention, un effort doit être fait pour comprendre le comportement des substances utilisées et anticiper la présence de certains autres contaminants.

Chacun des composés utilisés dans les intrants possède ses propres propriétés chimiques et physiques, donc sa propre réactivité selon les conditions du milieu dans lequel il se trouve (pression, température, acidité, oxygène). Il peut donc se dégrader partiellement ou complètement, réagir avec d'autres composés et conduire à la formation de sous-produits. Les processus de transformation des intrants lors de la fracturation hydraulique sont très complexes et empreints d'incertitude.

Étant donné que les activités des compagnies gazières ont cessé depuis 2010 au Québec et que les eaux usées ont été disposées depuis un certain temps, l'étude de l'évolution des intrants utilisés devient un incontournable pour l'élaboration d'un programme de suivi environnemental dans la perspective d'un développement de cette industrie au Québec. Cette étude sur l'évolution des intrants s'est faite de deux façons : par une étude théorique des mécanismes de réaction possibles pour des conditions de fracturation connues, et, parallèlement, par des essais de simulation en laboratoire des conditions qui prévalent lors d'une fracturation hydraulique. Les deux prochaines sections présentent ces deux études.

6.1. ÉTUDE THÉORIQUE (ANNEXE 4)

L'étude théorique sur les sous-produits formés exigeait de la part du mandataire⁴ une très grande connaissance non seulement des réactivités des différentes familles de composés utilisés, mais également des mécanismes réactionnels possibles entre les différents composés.

6.1.1. Objectif

L'étude vise à évaluer, par l'analyse des réactions chimiques possibles, les transformations des composés chimiques utilisés dans les intrants lors d'une fracturation hydraulique pouvant conduire à la formation de nouveaux composés dans de telles conditions (pression, température, acidité, etc.). Cette analyse est basée sur les connaissances actuelles des mécanismes réactionnels en chimie. Considérant son niveau d'incertitude, l'étude vise avant tout à identifier des sous-produits potentiels pour en évaluer par la suite le niveau de toxicité ou de danger, et non d'en déterminer avec certitude la présence et la concentration. L'aspect « probabilité » de l'étude est conséquent avec le principe de précaution de toute analyse de danger ou de risque.

⁴ M. Jean Lessard, Université de Sherbrooke. « Analyse des sous-produits de dégradation chimique des substances utilisées dans les fluides de fracturation hydraulique », avril 2013; annexe 4.

Ainsi, si on soupçonne la présence d'un composé dans les eaux usées, il sera toujours plus facile d'obtenir une confirmation par une analyse ciblée. Dans le cas inverse, les analyses usuelles sont souvent inefficaces pour la caractérisation de composés non anticipés. Dans une perspective de gestion, la connaissance de sous-produits potentiels prend toute son importance, ne serait-ce que pour le choix de la meilleure technique de traitement.

Il est important de souligner le niveau élevé de complexité d'une telle étude créée par le degré d'incertitude entourant l'information nécessaire à l'exercice. Cette étude a été réalisée au meilleur des connaissances actuelles et en posant une série d'hypothèses sur certaines propriétés du milieu, comme le pH, le niveau d'oxygène présent ainsi que les concentrations résultantes ou le facteur de dilution.

6.1.2. Méthodologie

Les compagnies gazières utilisent différents types d'additifs, qui ont tous une fonction particulière, pour fracturer avec la plus grande efficacité possible le shale afin de libérer le maximum de gaz. Ces additifs peuvent contenir une ou plusieurs substances à différentes concentrations. Le choix des additifs, selon le lieu et les caractéristiques géologiques, peut varier et fait partie de ce qu'on peut appeler la recette. Donc, une recette utilisera certains additifs spécifiques et une séquence d'injection particulière, selon l'endroit.

Sept recettes ont été créées à partir des informations disponibles sur les fracturations réalisées au Québec. Les intrants ont été choisis parmi ceux ayant été le plus souvent utilisés. Étant donné que les différents composés chimiques contenus dans les intrants peuvent réagir les uns avec les autres, il devenait important de choisir des mélanges d'intrants correspondant à ceux que les compagnies utilisent. Il faut comprendre que ce ne sont pas tous les intrants qui se retrouvent en même temps au fond d'un puits. La description des sept recettes apparaît dans le rapport de Lessard joint en annexe 4. Pour l'étude des mécanismes de réaction, les hypothèses formulées concernant les séquences et la chronologie d'injection, les proportions des divers constituants et les durées ont été déterminées en fonction de l'information disponible. L'étude a donc été réalisée en examinant les réactions possibles des composés chimiques impliqués dans chacune des recettes en fonction des paramètres pouvant influencer la transformation chimique des produits présents dans le liquide de fracturation, à savoir la température, la pression, le pH, le pourcentage d'oxygène et le temps de réaction.

Données techniques

Une fracturation hydraulique fonctionne généralement en trois étapes. L'**étape 1**, dite de pré-fracturation, sert à nettoyer les perforations, amorcer la fracturation et fixer les conditions de pression pour la seconde étape. L'**étape 2** est la fracturation proprement dite. Les intrants utilisés à l'étape 1 ne sont pas les mêmes qu'à l'étape 2. Les volumes de l'étape 1 ne représentent qu'environ 0,8 % du volume total utilisé lors d'une fracturation. Cette donnée est très importante lorsque viendra le temps d'interpréter les résultats et de déterminer l'ordre d'importance des composés formés entre autres selon les concentrations finales estimées. À l'étape 3, pour terminer l'injection, on ajoute du sable à la solution 2 pour conserver les fractures ouvertes et libérer le gaz. L'influence du sable sur les réactions chimiques dans le milieu n'a pas été considérée dans l'étude théorique.

La température et la pression utilisées lors des fracturations réalisées au Québec sont de 50 à 60 °C et de 50 à 60 MPa. Toutefois, l'acidité et le niveau d'oxygène présent demeurent inconnus et font partie des hypothèses.

Hypothèses

- pH : Pour l'**étape 1**, le milieu est **acide** ($\text{pH} \leq 1$), la concentration en acide étant égale ou supérieure à 0,1 M (elle est de 4,5 M après l'ajout de HCl); pour l'**étape 2**, en prenant en compte d'un facteur de dilution de 250 et la neutralisation due aux carbonates (shale d'Utica) au cours de l'étape 1, le milieu est plutôt **neutre** ($6 \leq \text{pH} \leq 9$).
- Effet de la température : À des températures de 50 à 60 °C, il n'y a pas de thermolyse (bris de liaison chimique causés par la chaleur). Les réactions chimiques sont tout simplement plus rapides qu'à la température ambiante. Par exemple, une réaction chimique est en moyenne 8 à 10 fois plus rapide à 60 °C qu'à 20 °C.
- Effet de la pression : Cet effet dépend du volume d'activation de la réaction. Mais comme les liquides sont peu compressibles, l'effet sur la vitesse des réactions en solution est négligeable. Par exemple, la vitesse de réaction peut augmenter d'un facteur 3 à 5 pour une augmentation de pression d'un facteur 2000. Dans le cas présent, la pression est seulement de 500 à 600 fois plus élevée que la pression atmosphérique. La pression n'a pas d'influence sur le mécanisme de réaction.
- Quantité d'oxygène dissous : La concentration d'oxygène dissous doit être un peu plus faible que dans l'eau utilisée au départ à cause de la présence des produits organiques ajoutés. La solubilité de l'oxygène dans l'eau douce à 20 °C est de 9 mg/l (9 g/m^3). L'hypothèse est qu'une si petite quantité d'oxygène n'aura pas d'effet.

6.1.3. Résultats

Le rapport de Lessard (annexe 4) montre pour chacun des composés de chaque recette la probabilité de dégradation et les sous-produits qui pourraient se former.

Le rapport consacre également une section sur le comportement des composés chimiques lors de l'entreposage dans les bassins.

Nous ne reprendrons pas ici tous les résultats présentés dans le rapport, mais uniquement ceux qui sont indiqués dans la conclusion.

Les liquides de fracturation sont constitués de mélanges complexes de différents produits. La dégradation chimique lors de la fracturation devrait se produire surtout lors de l'étape 1 où le milieu pourrait être assez acide pour produire les composés indiqués dans les tableaux d'analyse des sous-produits (Lessard, 2013; annexe 4). Cependant, après l'ajout du liquide de fracturation à l'étape 2, la concentration de la grande majorité des composés introduits à l'étape 1 devrait au plus être égale à 5 ppm et dans bien des cas, nettement inférieure à 5 ppm. Les additifs de l'étape 2 ne devraient pas être dégradés de façon importante lors de la fracturation si le milieu est neutre et sans oxygène tel que supposé. Lors de la mise en bassins, l'exposition à l'air et à la lumière solaire va conduire à la dégradation de tout composé contenant des doubles liaisons, des alcools primaires et secondaires ainsi que des aldéhydes et cétones. Plusieurs produits différents pourront se retrouver dans ces bassins. Pour faire suite à ces considérations, voici une liste des principales substances organiques provenant de la transformation chimique des additifs qui sont susceptibles de se retrouver dans les eaux de fracturation récupérées à des concentrations égales ou supérieures à 2 ppm.

- **Sous-produits formés à la sortie de la fracturation** contenus dans les eaux de reflux :
 - Anhydride nitrilotriacétique, anhydride du monosodium nitriloacétate, monosodium nitrilomonoacétate, disodium nitrilodiacétate. Ces composés proviennent du même

intrait et pourraient évoluer selon le pH du milieu. Ces composés n'ont pas été analysés ou détectés dans les différentes caractérisations réalisées sur les eaux usées au Québec. Ils peuvent être détectés par des analyses spécifiques;

- Alcools primaires aliphatiques (RCH₂OH) et alcools dérivés d'acides gras insaturés et de terpènes. Cette désignation représente des familles de composés de type « alcool primaire insaturé » qui peuvent se former dans le milieu à partir d'une série de transformations. Il est impossible d'évaluer la toxicité par des données de la littérature puisqu'il ne s'agit pas de substance spécifique;
- Propène. Du propène peut être formé, mais c'est un composé gazeux aux conditions normales de température et de pression. Même si une certaine quantité était formée, une bonne partie s'évaporerait dès la sortie du puits et lors du transfert dans les bassins d'entreposage;
- Phénol. Le phénol fait partie d'une famille de composés phénoliques dont certains ont été détectés dans les eaux usées. Cette désignation a donc déjà été confirmée par certaines analyses;
- 4-éthyl-3-octène-1-yne. Composé spécifique non détecté, il demande une méthode d'analyse particulière;
- Acétone. L'acétone est un liquide volatil très soluble dans l'eau et utilisé fréquemment comme solvant. La charge en solides dissous totaux et en anions et cations rend l'analyse très difficile. Sa durée de vie en entreposage dans les bassins peut être relativement courte puisqu'il peut s'évaporer assez facilement. L'acétone ne constitue pas un élément préoccupant;
- Propanal. Composé de la famille des aldéhydes, le propanal est soluble dans l'eau et, comme l'acétone, il est assez volatil. Il peut s'évaporer en grande partie dès sa sortie du puits ou réagir dans le bassin d'entreposage assez rapidement puisque les aldéhydes sont en général plutôt réactifs selon le pH de l'eau;
- Glycérol. Liquide visqueux contenant trois fonctions alcool et très soluble dans l'eau, le glycérol possède une toxicité faible. L'analyse des alcools ou glycols, déjà fortement présents dans le milieu, permettra de le détecter;
- Acide ricinoléique reliées par des chaînes de polyéthylène glycol. Déjà présent dans les intrants sous forme d'acides gras, il peut être détecté par analyse;
- 2-cyano-2-oxo-acétamide. Composé spécifique dérivé du dibromo-3-nitrilopropionamide, il demande une méthode d'analyse particulière. Il existe peu de références dans la littérature sur ce composé.

– **Après stockage à l'air et la lumière**, les produits ci-dessus plus les suivants :

- Certains produits spécifiques comme l'acide formique, l'acide propanoïque, oxo-propanedioïque et pyruvique sont de la même famille, soit des acides organiques. Ils sont solubles dans l'eau et deviennent très difficiles à analyser à cause des nombreuses interférences dans ce type d'eaux usées. Les cétones, alcools, et acides carboxyliques (acide 4-isopropényl-1-cyclohexène-1-carboxylique) sont des groupes ou familles de composés, dont la toxicité ne peut être déterminée par une recherche dans la littérature. La même conclusion s'applique aux dérivés d'amines tels que les N-oxydes (triéthanolamine) et les hydroxylamines;

- Glycine. La glycine est un acide aminé simple et soluble dans l'eau; elle sera très difficile à détecter dans ces eaux usées.

La plupart des principaux produits formés selon Lessard (2013) pourront difficilement être analysés par des méthodes d'analyses standards étant donné que leurs concentrations sont faibles et qu'il pourrait y avoir de nombreuses interférences analytiques. De plus, les concentrations élevées en solides dissous totaux, en chlorures et en cations rendent le développement de méthodes très difficile. Finalement, aucune information concernant la toxicité des substances identifiées ici n'a pu être trouvée dans la littérature. La détermination de la toxicité des eaux usées devra passer par la réalisation d'essais de toxicité sur les eaux usées.

6.2. ÉTUDE SUR LA DÉGRADATION CHIMIQUE DES INTRANTS PAR UNE SIMULATION EN LABORATOIRE DES CONDITIONS DE FRACTURATION (ANNEXE 5)

6.2.1. Introduction

En l'absence de travaux d'exploration du gaz de schiste au Québec qui auraient permis de réaliser des analyses directement sur des eaux de fracturation, et dans le but de compléter l'étude théorique sur le comportement des substances utilisées lors de la fracturation, un montage expérimental a été conçu par les experts du CRIQ (annexe 5) pour simuler les conditions rencontrées pendant une fracturation hydraulique. Dans la littérature, on retrouve quelques études de caractérisation des eaux de reflux ou des eaux entreposées dans des bassins, mais les méthodes d'analyse utilisées sont générales et ne ciblent pas spécifiquement les composés chimiques utilisés. De plus, les additifs utilisés au Québec pour fracturer le shale d'Utica ne sont pas nécessairement les mêmes que ceux utilisés pour d'autres shales dans l'Ouest canadien ou aux États-Unis. En analysant les solutions générées lors des essais en fonction des intrants et des réactions potentielles, il est possible d'identifier les sous-produits formés lors de la fracturation.

6.2.2. Objectifs

L'objectif principal de la présente étude est de recréer à l'échelle laboratoire les conditions de pression et de température représentatives du milieu de fracturation afin de soumettre les intrants et les échantillons de shale à ces conditions et observer les transformations chimiques. Le second objectif de l'étude est de confirmer la présence de certains composés identifiés dans l'étude théorique (Lessard, 2013; annexe 4) sur les sous-produits de dégradation. Un deuxième volet de l'étude réalisée par le CRIQ a pour but d'étudier la biodégradation de certains composés utilisés dans les intrants et pour lesquels il n'existe pas de données dans la littérature. Ce deuxième volet servira à documenter la présente étude.

6.2.3. Méthodologie

Le procédé de fracturation hydraulique comporte plusieurs étapes qui visent principalement à fracturer le shale pour libérer le gaz. Les différentes étapes sont exécutées selon une séquence précise qui varie peu d'une compagnie à l'autre. Les intrants, ou additifs, utilisés varient selon les compagnies et la recette choisie, selon les caractéristiques du shale. Les intrants sont des produits commerciaux propres à chaque compagnie et utilisés pour des fonctions particulières (réducteur de friction, inhibiteur de corrosion, biocide, etc.). L'information sur la composition de ces intrants se résume à ce que l'on trouve dans les fiches signalétiques du produit; la description que l'on y retrouve est basée principalement sur des considérations d'utilisation sécuritaire. L'information est donc souvent fragmentaire ou générale et incomplète pour les

besoins de la présente étude. Les proportions des divers constituants chimiques sont souvent imprécises (p. ex., 10 %-30 %) et varient d'un produit commercial à l'autre. Toutefois, certains composés chimiques reviennent régulièrement.

En compilant l'ensemble des données, nous avons pu établir des moyennes et créer quatre recettes types qui font intervenir la majorité des composés chimiques utilisés au Québec. Même si l'objectif de la présente étude n'est pas de fracturer le shale, il est important de respecter les différentes étapes, les séquences d'injection, les proportions (en fonction de l'information disponible) et la durée du processus pour que les résultats des transformations soient fidèles à la réalité et représentatifs de ce qui se passe dans le fluide de fracturation. Des échantillons composites broyés du shale d'Utica provenant de carottes de forage à différentes profondeurs, issus des deux corridors d'intérêt des basses-terres du Saint-Laurent, sont intégrés au milieu pour respecter l'intégralité du processus. Les détails du protocole ainsi que la compilation et l'interprétation des résultats se retrouvent à l'annexe 6.

6.2.4. Conclusions

L'appareillage (réacteur et pompe) conçu et réalisé par le CRIQ a permis de reconstituer avec succès les conditions de pression et de température qui prévalent lors d'une fracturation hydraulique.

Le nombre de composés chimiques dans les additifs, les concentrations élevées de certains additifs, le niveau d'acidité et les solubilités variables de certains composés organiques en milieu aqueux ont créé des matrices très complexes pour lesquelles les méthodes standards d'analyse étaient peu adaptées et par le fait même beaucoup moins performantes. Les limites de détection étaient à certains moments trop élevées pour permettre de conclure de manière satisfaisante. D'un point de vue pratique, il aurait été impossible de développer une méthode pour chaque sous-produit potentiellement formé, considérant la complexité des matrices et le temps alloué à la réalisation de l'étude.

Les résultats des analyses n'ont pas permis d'établir de différence significative entre les échantillons des corridors 1 et 2. Dans l'étude E3-6, on constate une grande variabilité des résultats à l'intérieur d'un même horizon de shale selon la profondeur. Il n'est donc pas étonnant de ne pas percevoir de différence entre les corridors 1 et 2, d'autant plus que ce sont des échantillons composites.

Selon les résultats obtenus, le shale n'a pas une influence significative sur les processus de dégradation des composés chimiques utilisés dans les additifs. Nous n'avons observé aucune indication que le shale lui-même ou les éléments libérés du shale (métaux, cations, anions) pouvaient jouer un rôle quelconque, ni comme catalyseurs ni comme inhibiteurs de réactions chimiques. À la limite, ils peuvent avoir un impact sur la solubilité de certains composés dans le milieu, la solution aqueuse étant déjà très chargée.

Le pH est très acide à l'étape de pré-fracturation, mais il augmente à l'étape de fracturation pour se situer entre 7 et 8 dans les eaux récupérées.

Les résultats démontrent que les transformations chimiques se produisent majoritairement à l'étape de pré-fracturation, comme l'indique Lessard (Lessard, 2013; annexe 4) dans son étude théorique sur les sous-produits de dégradation. Nous n'avons pu caractériser tous les composés identifiés dans le cadre de l'étude de Lessard à cause des limites des méthodes

d'analyse (LD > concentrations, matrices aqueuses très chargées, interférences analytiques, méthodes non disponibles).

Les résultats ont démontré que le nitrilotriacétate de sodium se transforme en acide nitrilotriacétique à l'étape de pré-fracturation, qu'il redevient sous forme de sel à pH neutre et qu'il demeure stable par la suite. Nous n'avons pu déterminer la présence d'anhydride nitrilotriacétique mentionné dans l'étude théorique de Lessard (Lessard, 2013; annexe 4).

Le formaldéhyde pourrait avoir été formé dans la première étape, mais en concentration faible. Par la suite, le formaldéhyde contenu dans certaines solutions de fracturation semble stable durant le processus.

Les alcools éthoxylés réagissent en milieu acide pour conduire à des alcools de différentes structures et aussi à des alcènes (non caractérisés); ils ne réagissent pas en milieu neutre.

Certains acides gras sont dégradés de manière importante à l'étape de pré-fracturation.

L'étape de fracturation amène une grande dilution, ce qui fait chuter les concentrations des différents composés utilisés dans les additifs de manière importante, à un point tel que plusieurs sont difficiles à détecter dans les eaux résiduelles.

Les composés chimiques contenus dans les additifs de fracturation subissent peu de transformations en milieu neutre. Les concentrations résultantes sont souvent inférieures aux limites de détection des méthodes d'analyse courantes. Il faudrait de gros efforts de recherche pour développer des méthodes d'analyse adaptées à ce type de matrice et aux concentrations rencontrées.

Finalement, d'un point de vue analytique, l'attention doit se porter sur les composés chimiques contenus dans les additifs à l'étape de fracturation principalement; ils réagissent peu et demeurent relativement intacts dans les eaux de reflux. À l'étape de pré-fracturation, plusieurs transformations peuvent survenir et la dilution à l'étape de fracturation rend ces composés difficiles à caractériser. Toutefois, l'entreposage extérieur en bassin ouvert entraîne plusieurs phénomènes (réactions photochimiques, évaporation, précipitations, température) qui peuvent changer de façon importante le profil analytique des eaux entreposées, si on le compare à celui des eaux de reflux récupérées immédiatement après fracturation, et compliquer sérieusement le travail analytique pour un suivi.

7. LES CONTAMINANTS NATURELS

La fracturation hydraulique est un procédé qui permet de transmettre une grande quantité d'énergie à un fluide ou à un gaz pour produire des fissures ou agrandir des fissures existantes dans les gisements non conventionnels d'hydrocarbures. Lors de la fracturation, le fluide de fracturation peut réagir avec le shale, particulièrement l'acide chlorhydrique qui peut vraisemblablement entraîner la dissolution de la roche-mère et entraîner la présence de contaminants d'origine naturelle (p. ex., anions, cations, métaux) dans les eaux de reflux.

Afin de choisir la meilleure technologie possible pour traiter les eaux de reflux et d'en disposer de façon sécuritaire, il est indispensable de déterminer quelles sont les substances qui peuvent être présentes dans les eaux de reflux. Cependant, étant donné qu'aucune activité n'a lieu présentement au Québec et qu'aucun échantillon réel ne peut être soumis à l'analyse à des fins de caractérisation, une étude en laboratoire a été réalisée pour évaluer le potentiel de relargage de contaminants d'origine naturelle (anions, cations, métaux et composés organiques) par le shale (annexe 7).

Les échantillons extraits du shale d'Utica proviennent de la carothèque du ministère des Ressources naturelles du Québec (MRN). Vingt-deux échantillons ont été prélevés dans des carottes issues de deux des trois corridors d'intérêt pour les gaz de schiste. Les échantillons ont été broyés au laboratoire, puis tamisés à 4 mm. Trois extractions ont ensuite été réalisées sur la portion inférieure à 4 mm : une extraction acide à un pH final de 2,0 afin de représenter l'utilisation d'acide pour le nettoyage des puits avant fracturation, une extraction à un pH final de 7,0 et une extraction en milieu très oxydant avec de l'acide nitrique (HNO₃), de l'acide chlorhydrique (HCl) et du peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) pour déterminer les métaux extractibles contenus dans le shale en oxydant toute la matière organique. Chaque extrait a été analysé pour déterminer la présence de contaminants inorganiques et organiques.

Les extractions en milieu acide et en milieu oxydant ont mis en évidence un potentiel de relargage important du shale pour plusieurs contaminants naturels. Or, ces conditions acides ou oxydantes sont présentes dans les puits, à un moment ou un autre de la fracturation.

L'arsenic, le béryllium, le bore, le cadmium, le chrome et le strontium sont présents dans les extraits à de faibles concentrations. Le potentiel de relargage de ces métaux par le shale est faible et leur concentration ne devrait pas être problématique, en ce qui concerne la toxicité notamment, dans les eaux de reflux. Par ailleurs, ces résultats indiquent que les bromures et les sulfures ne semblent pas être relargués par le shale d'Utica dans les basses-terres du Saint-Laurent, ni en conditions neutres ni en conditions acides.

Le potentiel de relargage des sulfates, des fluorures, du fer et du manganèse par le shale apparaît faible. Si l'on considère le volume d'eau utilisée lors de la fracturation qui devrait assurer une dilution importante, les sulfates, le fer et le manganèse devraient être présents à de faibles concentrations dans les eaux de reflux. Pour les fluorures, nous ne disposons pas de données pour les extractions en conditions acides ou oxydantes. Les fluorures devraient par conséquent faire l'objet d'un suivi dans les eaux de reflux pour documenter leur présence dans ces eaux suite à la fracturation. Il en va de même pour le cuivre, le nickel, le plomb, le vanadium et le zinc. En effet, le potentiel de relargage de ces métaux par le shale semble tout de même limité. Les concentrations dans les eaux de reflux devraient par conséquent être faibles. Un suivi de ces éléments permettra de confirmer ces résultats.

Étant donné les concentrations mesurées dans les extraits issus de l'extraction en conditions acides ou oxydantes, le potentiel de relargage par le shale de phosphore, de solides dissous totaux, de chlorures, de cations, en particulier le calcium, et de baryum apparaît élevé dans des conditions qui sont proches de ce qui prévaut dans les puits au cours du processus de fracturation. Bien que le volume d'eau utilisé pour la fracturation des puits soit important, il est vraisemblable que ces contaminants puissent être présents à des concentrations importantes dans les eaux de reflux. Ces résultats confirment la nécessité de suivre ce paramètre pour définir la qualité des eaux de reflux.

Finalement, au vu de ces résultats, il apparaît que le potentiel de relargage de l'uranium 238 et du thorium 232 par le shale doit être pris en considération. Ces résultats confirment la nécessité de suivre ces deux éléments pour définir la qualité des eaux de reflux et de s'assurer de l'absence de problématique associée à la radioactivité.

Les résultats détaillés de cette étude sont présentés à l'annexe 7.

8. CARACTÉRISATION DES EAUX USÉES

Il y a actuellement peu d'information disponible sur les caractéristiques physicochimiques que peuvent présenter les eaux de reflux d'une fracturation hydraulique dans le shale d'Utica. La présente section a pour objet d'exposer les résultats des caractérisations des eaux usées non traitées issues de forages ou de fracturations hydrauliques qui ont été réalisées entre 2007 et 2010 sur le territoire des basses-terres du Saint-Laurent. Ces résultats devraient permettre d'identifier, d'une part, certains composés utilisés dans les intrants qui se retrouvent dans les eaux de reflux et, d'autre part, les contaminants d'origine naturelle. Ces caractérisations devraient également permettre d'identifier les autres composés d'intérêt susceptibles d'être présents dans les eaux de reflux. Ces résultats de caractérisation viendront ainsi compléter les résultats présentés dans les autres sections du présent document.

Les eaux usées visées par cette caractérisation regroupent les eaux de forage et les eaux de reflux de fracturation, aucune distinction n'ayant pu être faite entre ces deux types d'eau. Comme les caractérisations visaient particulièrement les eaux de reflux de fracturation, les expressions eaux de reflux et eaux usées gazières sont utilisées de façon interchangeable dans la présente section.

L'analyse des résidus d'explosifs autres que les différentes formes d'azote ainsi que l'analyse de la radioactivité n'ont pas fait l'objet de ces caractérisations. Il en va de même pour la plupart des composés organiques identifiés au chapitre 4, qui n'ont pas fait l'objet d'une analyse particulière en tant que produits purs. À cet effet, l'étude du NYSDEC (2011) indique que la plupart des composés purs utilisés dans les intrants ne se retrouvent pas dans les eaux usées.

La section 8.1 traite de l'origine des données de caractérisation des eaux usées issues du forage ou de la fracturation. À la section 8.2 sont présentés les résultats obtenus pour le shale d'Utica situé dans les basses-terres du Saint-Laurent, et on décrit les tendances dominantes observées au Québec dans la composition de ces eaux usées. La section 8.3 met en lumière la provenance potentielle des substances mesurées dans les eaux usées gazières. La section 8.4 présente ensuite les contaminants contenus dans ces eaux usées et pouvant représenter un risque d'effets sur l'écosystème aquatique. En conclusion, la section 8.5 expose les besoins de caractérisations futures.

8.1. DONNÉES DISPONIBLES

L'évaluation de la qualité des eaux usées gazières du shale d'Utica qui suit s'appuie, d'une part, sur les données empiriques provenant des différents opérateurs actifs de l'industrie de l'exploration gazière au Québec et, d'autre part, sur les données provenant d'une station d'épuration d'eaux usées municipales qui a reçu ce type d'eaux usées (Drummondville). Afin de couvrir l'ensemble des contaminants susceptibles d'être mesurés dans ces eaux usées et de compléter l'évaluation, une recherche d'information a été menée dans des sites gouvernementaux, des rapports et des articles scientifiques canadiens et américains. Toutes ces informations ont été colligées et une synthèse est présentée dans le présent document.

8.1.1. Données québécoises

Le Service des avis et des expertises (SAVEX) du MDDEFP a procédé à la compilation des données de suivi des eaux usées issues de la fracturation hydraulique du shale d'Utica au Québec. Ces données ont été obtenues à partir :

- 1) De données présentées à titre d'exemple dans les demandes de certificat d'autorisation pour des travaux de fracturation hydraulique;
- 2) D'engagements de suivi sur les eaux usées pris par les entreprises autorisées par le MDDEFP à faire des travaux de fracturation;
- 3) De caractérisations effectuées par les municipalités qui ont accepté de traiter des eaux usées de fracturation dans leur station d'épuration municipale; ce suivi vise à vérifier le respect des normes de rejet en réseau de la municipalité ou de toute autre norme imposée par le ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire ou le MDDEFP;
- 4) De demandes d'information faites en vertu du Règlement sur la transmission de renseignements liés à l'exécution de certains travaux de forage et de fracturation de puits gaziers ou pétroliers auprès des différentes entreprises gazières ayant effectué du forage ou de la fracturation.

Les résultats d'analyse proviennent de 40 échantillons prélevés majoritairement dans des bassins de rétention d'eaux usées gazières entre 2008 et 2010. Ces échantillons proviennent de 18 puits distincts, appartenant à cinq compagnies gazières. De 5 à 25 contaminants ont été analysés sur chacun des 40 échantillons. Toutefois, une caractérisation plus complète, comportant plus de 50 contaminants, a été réalisée sur cinq de ces échantillons provenant de trois puits distincts. Les différents contaminants analysés et le nombre d'échantillons visés sont présentés au tableau 9.

Tableau 9 – Contaminants analysés dans les eaux usées gazières en provenance du shale d'Utica, au Québec

Contaminant (Nombre d'échantillons visés pour le paramètre)		
Chimie générale		
Azote ammoniacal (36)	Azote Kjeldahl (11)	Carbone organique total (4)
Chlorures (34)	Conductivité (5)	Couleur vraie (2)
Cyanure (11)	DBO ₅ (17)	DCO (30)
Fluorures (5)	Huiles et graisses totales (6)	MES (18)
Nitrates (2)	Nitrites (2)	Nitrites/nitrates (21)
pH (35)	Solides dissous totaux (5)	Sulfates (12)
Sulfures totaux (10)		
Métaux et ions majeurs		
Aluminium (5)	Antimoine (5)	Argent (5)
Arsenic (8)	Baryum (10)	Béryllium (5)
Bismuth (4)	Bore (10)	Cadmium (16)
Calcium (5)	Chrome (15)	Cobalt (5)
Cuivre (15)	Étain (5)	Fer (12)
Magnésium (5)	Manganèse (5)	Mercure (12)
Molybdène (5)	Nickel (16)	Plomb (16)
Phosphore (21)	Potassium (5)	Sélénium (1)
Sodium (5)	Thallium (5)	Titane (4)
Uranium (1)	Vanadium (5)	Zinc (16)

Hydrocarbures pétroliers		
C ₆ -C ₁₀ (2)	C ₆ -C ₁₀ sans BTEX (2)	C ₁₀ -C ₁₆ (2)
C ₁₆ -C ₃₄ (2)	C ₃₄ -C ₅₀ (2)	C ₁₀ -C ₅₀ totaux (21)
Composés organiques volatils et semi-volatils		
Benzène (2)	Chlorobenzène (2)	Trichlorométhane (Chloroforme) (2)
Chloroéthène (Chlorure de vinyle) (2)	1,2-Dichlorobenzène (2)	1,3-Dichlorobenzène (2)
1,4-Dichlorobenzène (2)	1,1-Dichloroéthane (2)	1,2-Dichloroéthane (2)
1,1-Dichloroéthène (2)	1,2-Dichloroéthène (2)	cis-1,2-Dichloroéthène (2)
Trans-1,2-Dichloroéthène (2)	Dichlorométhane (2)	1,2-Dichloropropane (2)
1,3-Dichloropropane (2)	1,3-Dichloropropène (2)	Éthylbenzène (7)
Hexachloroéthane (2)	Pentachloroéthane (2)	Styrène (2)
1,1,2,2-Tétrachloroéthane (2)	Tétrachloroéthène (2)	Tétrachlorométhane (Tétrachlorure de carbone) (2)
Toluène (7)	1,1,1-Trichloroéthane (2)	1,1,2-Trichloroéthane (2)
Trichloroéthène (2)	Xylène (7)	
Composés phénoliques		
3-Chlorophénol (5)	4-Chlorophénol (5)	Chlorophénols (5)
2-Méthylphénol (Crésol) (5)	4-Méthylphénol (Crésol) (5)	2,3-Dichlorophénol (5)
2,4+2,5-Dichlorophénol (5)	2,6-Dichlorophénol (5)	3,4-Dichlorophénol (5)
3,5-Dichlorophénol (5)	2,4-Dichlorophénol (5)	4-Nitrophénol (5)
Pentachlorophénol (5)	2,3,4,6-Tétrachlorophénol (5)	2,3,5,6-Tétrachlorophénol (5)
2,4,5-Trichlorophénol (5)	2,4,6-Trichlorophénol (5)	Substances phénoliques 4AAP (12)
Substances phénoliques GC/MS (5)	Substances phénoliques chlorées GC/MS (5)	
Autres		
BPC (3)		
Dioxines et furanes chlorés (Équivalents toxiques) (4)		
Toxicité globale aiguë		
Essai daphnies (4)	Essai truite (4)	Essai mené tête-de-boule (4)

Plusieurs facteurs peuvent avoir eu une incidence sur la qualité des données amassées et, par conséquent, sur l'interprétation de celles-ci. Les principaux facteurs qui limitent les conclusions pouvant en être tirées se résument comme suit :

- Les modalités de ces caractérisations, notamment les méthodes d'échantillonnage, le choix des contaminants mesurés et les méthodes d'analyse, varient d'un échantillon à l'autre étant donné que celles-ci ont été accomplies par les différents opérateurs actifs de l'industrie de l'exploration gazière au Québec. Notons que les analyses ont généralement été réalisées par des laboratoires accrédités par le CEAQ (MDDEFP).

- Les eaux usées issues du forage ou de la fracturation peuvent avoir été gérées conjointement dans les mêmes bassins de rétention avant d'être acheminées à une usine de traitement des eaux usées autorisée ou d'avoir été réutilisées sur un autre site. Il est donc impossible d'établir si les résultats compilés réfèrent aux caractéristiques des eaux usées issues du forage ou de la fracturation.
- Les eaux usées sont souvent réutilisées pour des fracturations subséquentes, pour un même puits ou pour des puits situés à des sites différents. L'échantillon prélevé peut donc être constitué d'un mélange des eaux usées de plusieurs fracturations, ne représentant pas nécessairement les caractéristiques propres au puits qui lui est associé.
- Les eaux usées sont entreposées, pour une période variable d'un site à l'autre, dans des bassins de rétention non couverts. Étant donné que l'échantillonnage de ces eaux usées a été effectué sans égards à la durée et aux conditions d'entreposage, plusieurs éléments peuvent avoir influencé les résultats obtenus. Parmi ceux-ci, on note la durée de l'entreposage, la dilution probante des eaux usées par les précipitations (pluies et neige) et la présence d'aération et de chauffage. Dans ce contexte, la dilution, la dégradation et la volatilisation des contaminants peuvent avoir modifié considérablement la composition des eaux usées (p. ex., évaporation des COV).
- Il est probable que, dans les bassins d'entreposage, les matières particulaires sédimentent. Or, rien n'indique que l'eau des bassins ait été agitée avant l'échantillonnage. Par contre, les solides ont possiblement été transférés avec l'eau au moment du transfert vers la station municipale d'épuration des eaux usées pour traitement.
- Finalement, le nombre d'échantillons n'est pas représentatif des volumes d'eau usée produits, ni des volumes acheminés à une station municipale d'épuration des eaux usées. À cet effet, il est recommandé de ne pas utiliser d'indicateur de tendance centrale des séries de données (médiane, moyenne) de caractérisation.

8.1.2. Données américaines

À ce jour, trois études de caractérisation exhaustives des eaux usées issues de la fracturation du shale de Marcellus ont été publiées, soit celles de l'URS Corporation (United Research Services Corporation), du Gas Technology Institute et de Palmerton Group.

En 2009, le New York State Energy Research and Development Authority (NYSERDA) mandatait l'URS Corporation pour qu'elle inventorie et regroupe les connaissances jusqu'ici disponibles sur la fracturation hydraulique dans le shale de Marcellus (URS Corporation, 2009). Pour ce faire, l'URS Corporation a, entre autres, compilé les données rapportées au NYSDEC par les différents opérateurs localisés en Pennsylvanie et en Virginie-Occidentale (NYSDEC, 2011).

Mandaté par le Marcellus Shale Coalition (MSC), le Gas Technology Institute a réalisé une étude rigoureuse sur 19 sites de fracturation qui ont été échantillonnés aux jours 0, 1, 15, 14 et 90 dans les États de la Pennsylvanie et de la Virginie-Occidentale (Hayes, 2009). L'échantillonnage au jour 0 correspond à la mesure de l'affluent. Les méthodes d'analyse ont cependant été critiquées par l'Independent Oil and Gas Association of New York (ALL Consulting, 2010). De plus, les contaminants détectés seraient parfois invalides en raison de leur présence dans les blancs de terrain (ALL Consulting, 2010).

Des données ont également été comptabilisées par Palmerton Group (2009) pour le Pennsylvania Department of Environmental Protection (PADEP). Ce sont 42 échantillons de fluides de fracturation et d'eaux de reflux qui ont été analysés en laboratoire. Seules les données brutes sont accessibles au public.

La comparaison entre les caractéristiques des eaux usées gazières du shale d'Utica au Québec avec celles du shale de Marcellus aux États-Unis a été effectuée uniquement sur la base des données publiées par l'étude de l'URS Corporation (2009). Le manque d'information concernant les données publiées par Hayes (2009) et Palmerton Group (2009) a rendu impossible la prise en compte de celles-ci. Toutefois, l'information contenue dans ces deux études a permis de dégager certaines tendances générales ou encore de valider celles observées dans le rapport de l'URS Corporation.

8.2. TENDANCES DOMINANTES DANS LES EAUX USÉES GAZIÈRES AU QUÉBEC

Les concentrations mesurées dans le cadre des caractérisations effectuées entre 2007 et 2011 dans les eaux usées gazières au Québec sont présentées et discutées dans la présente section. Pour combler le manque d'information, les caractéristiques des eaux usées de fracturation provenant de puits dans le shale de Marcellus, en Pennsylvanie et en Virginie-Occidentale (URS Corporation, 2009), ont été utilisées afin de compléter l'évaluation et de présenter un aperçu plus complet de la composition de ce type d'eaux usées.

Au tableau 10 sont présentées les concentrations minimales et maximales observées pour chacun des contaminants recherchés ainsi que leur fréquence de détection. Ce tableau met également en lumière les similarités et les différences observées dans la composition des eaux usées gazières provenant de puits de gaz du shale d'Utica au Québec et du shale de Marcellus aux États-Unis. Seuls les contaminants qui ont été recherchés au Québec sont présentés dans ce tableau. Plusieurs autres contaminants ont fait l'objet d'une caractérisation dans les études américaines précitées. Les résultats exhaustifs de la comparaison des caractérisations des deux shales sont fournis à l'annexe 8.

Tableau 10 – Concentrations des contaminants mesurés et fréquence de détection dans les échantillons d'eaux usées gazières provenant de puits de gaz du shale d'Utica ou du shale de Marcellus

Contaminants	Eaux usées <u>non traitées</u> provenant de puits de gaz de schiste au <u>Québec</u> ⁽¹⁾			Eaux usées <u>non traitées</u> provenant d'échantillons limités de <u>Pennsylvanie</u> et de <u>Virginie-Occidentale</u> ⁽²⁾⁽³⁾		
	Shale d'Utica			Shale de Marcellus		
	Concentration avant traitement (mg/l)			Concentration avant traitement (mg/l)		
	Min	Max	Fréq.	Min	Max	Fréq.
Chimie générale						
Azote ammoniacal	0,16	15,8	36/36	29	232	16/16
Azote Kjeldahl	1,8	44	11/11	37,5	585	25/25
Carbone organique total	25	370	4/4	69,2	1 080	23/28
Chlorures	80	16 380	34/34	287	228 000	208/208
Conductivité (pmhos/cm)	4 620	11 900	5/5	< 1	165 000	30/31

Contaminants	Eaux usées <u>non traitées</u> provenant de puits de gaz de schiste au Québec ⁽¹⁾			Eaux usées <u>non traitées</u> provenant d'échantillons limités de Pennsylvanie et de Virginie-Occidentale ⁽²⁾⁽³⁾		
	Shale d'Utica			Shale de Marcellus		
	Concentration avant traitement (mg/l)			Concentration avant traitement (mg/l)		
	Min	Max	Fréq.	Min	Max	Fréq.
Couleur vraie (PCU)	23	94	2/2	200	1 250	3/3
Cyanure	< 0,003	0,041	5/11	0,006	0,019	2/7
DBO ₅	4	675	17/17	3	4 450	37/38
DCO	95	13 440	30/30	223	33 300	38/38
Fluorures	< 1	6	3/5	5,23	780	2/4
Huiles et graisses totales	< 1	91	3/6	< 5	1 470	14/48
MES	7	643	18/18	6	2 080	59/59
Nitrates	< 0,1	11	1/2			
Nitrites	< 0,1	24	1/2	0,025	0,025	1/1
Nitrites-nitrates	< 0,02	36	11/21			
pH	6,4	9,7	35/35	0	8,6	206/206
Solides dissous totaux	2 480	7 190	5/5	1 530	337 000	209/209
Sulfates	30	170	12/12	0	1 270	176/209
Sulfures totaux	< 0,02	0,78	2/10	29,5	29,5	1/8
Métaux et ions majeurs						
Aluminium	< 5	< 5	0/5	< 0,02	11 100	15/59
Antimoine	< 0,05	< 0,05	0/5	< 0,02	50	2/36
Argent	< 0,02	< 0,02	0/5	< 0,01	6,3	3/59
Arsenic	< 0,001	0,08	6/8	< 0,015	0,15	9/59
Baryum	< 1	3	8/10	0,553	15 700	63/64
Béryllium	< 0,5	< 0,5	0/5	< 0,001	422	1/59
Bismuth	< 0,2	< 0,2	0/4			
Bore	1,3	12	6/10	0,539	26,8	9/23
Cadmium	< 0,001	0,05	0/16	< 0,007	1,2	6/58
Calcium	< 100	155	2/5	29,9	123 000	202/203
Chrome	< 0,01	< 0,5	2/15	< 0,009	760	11/59
Cobalt	< 1	< 1	0/5	0,03	0,62	6/30
Cuivre	< 0,003	0,5	2/15	0,01	1,67	15/59
Étain	< 0,5	0,5	0/5			
Fer	< 0,5	9,1	8/12	0	810	184/209
Magnésium	< 10	27	3/5	9	3 190	196/209
Manganèse	< 0,5	< 0,5	0/5	0,003	97,6	45/59
Mercure	< 0,0001	0,002	1/12	0,0006	0,59	2/30
Molybdène	< 0,5	< 0,5	0/5	0,16	1,08	12/34
Nickel	< 0,01	0,5	5/16	< 0,01	0,137	17/59
Plomb	< 0,002	0,4	5/16	< 0,008	27,4	11/59
Phosphore	< 0,01	1,7	7/21	0,89	4,46	3/3
Potassium	7	34	5/5	15,5	7 810	33/49
Sélénium	< 0,5	< 0,5	0/1	0,058	0,181	2/36

Contaminants	Eaux usées <u>non traitées</u> provenant de puits de gaz de schiste au Québec ⁽¹⁾			Eaux usées <u>non traitées</u> provenant d'échantillons limités de <u>Pennsylvanie et de Virginie-Occidentale</u> ⁽²⁾⁽³⁾		
	Shale d'Utica			Shale de Marcellus		
	Concentration avant traitement (mg/l)			Concentration avant traitement (mg/l)		
	Min	Max	Fréq.	Min	Max	Fréq.
Sodium	952	3260	5/5	83,1	96 700	57/58
Thallium	< 1	< 1	0/5	< 0,02	0,26	2/36
Titane	< 0,1	< 0,1	0/4	0,06	0,06	1/25
Uranium	< 0,5	< 0,5	0/1			
Vanadium	< 0,5	< 0,5	0/5	40,4	40,4	1/24
Zinc	< 0,016	7,5	8/16	< 0,01	8 570	25/59
Hydrocarbures pétroliers						
C ₆ -C ₁₀ (F1)	0,2	0,5	2/2			
C ₆ -C ₁₀ (F1 sans BTEX)	0,2	0,5	2/2			
C ₁₀ -C ₁₆ (F2)	1	18	2/2			
C ₁₆ -C ₃₄ (F3)	0,6	8,4	2/2			
C ₃₄ -C ₅₀ (F4)	0,3	0,5	2/2			
C ₁₀ -C ₅₀ (F2+F3+F4)	1,9	27	2/2			
C ₁₀ -C ₅₀ totaux	0,19	100	21/21	0,21	0,21	1/1
Composés organiques volatils et semi-volatils						
Benzène	< 0,0002	0,0091	2/7	< 0,0005	1,95	18/54
Chlorobenzène	< 0,0002	< 0,0002	0/2	< 0,0005	< 0,005	0/19
Chloroforme	< 0,001	< 0,001	2/2	< 0,0005	0,0119	2/19
Chloroéthène (Chlorure de vinyle)	< 0,0002	< 0,0002	0/2	< 0,0005	0,01	1/19
1,2-Dichlorobenzène	< 0,0002	< 0,0002	0/2	< 0,0005	0,005	0/19
1,3-Dichlorobenzène	< 0,0001	< 0,0001	0/2	< 0,0005	0,005	0/19
1,4-Dichlorobenzène	< 0,0002	< 0,0002	0/2	< 0,0005	0,005	0/19
1,1-Dichloroéthane	< 0,0002	< 0,0002	0/2	< 0,0005	0,005	0/19
1,2-Dichloroéthane	< 0,0001	< 0,0001	0/2	< 0,0005	0,052	3/19
1,1-Dichloroéthène	< 0,001	< 0,001	0/2	< 0,0005	< 0,005	0/19
Cis-1,2-Dichloroéthène	< 0,0002	< 0,0002	0/2	< 0,0005	< 0,005	0/19
Trans-1,2-Dichloroéthène	< 0,0002	< 0,0002	0/2	< 0,0005	< 0,005	0/19
Dichlorométhane	< 0,0009	< 0,0009	0/2	< 0,0005	0,00104	2/19
1,2-Dichloropropane	< 0,0001	< 0,0001	0/2	<	< 0,005	0/19

Contaminants	Eaux usées <u>non traitées</u> provenant de puits de gaz de schiste au Québec ⁽¹⁾			Eaux usées <u>non traitées</u> provenant d'échantillons limités de <u>Pennsylvanie et de Virginie-Occidentale</u> ⁽²⁾⁽³⁾		
	Shale d'Utica			Shale de Marcellus		
	Concentration avant traitement (mg/l)			Concentration avant traitement (mg/l)		
	Min	Max	Fréq.	Min	Max	Fréq.
				0,0005		
1,3-Dichloropropane	< 0,0001	< 0,0001	0/2	< 0,0005	< 0,005	0/19
Trans-1,3-Dichloropropène	< 0,0001	< 0,0001	0/2	< 0,0005	< 0,005	0/19
Éthylbenzène	< 0,0001	0,0028	3/7	< 0,0005	0,049	2/19
Hexachloroéthane	< 0,0001	< 0,0001	0/2			
Pentachloroéthane	< 0,0004	< 0,0004	0/2			
Styrène	< 0,0001	< 0,0001	0/2	< 0,0005	0,1	1/19
1,1,2,2-Tétrachloroéthane	< 0,0001	< 0,0001	0/2	< 0,0005	< 0,005	0/19
Tétrachloroéthène	< 0,0002	< 0,0002	0/2	< 0,0005	0,00501	1/45
Tétrachlorométhane (Tétrachlorure de carbone)	< 0,0002	< 0,0002	0/2			
Méthylbenzène (Toluène)	< 0,0005	0,0112	4/7	< 0,0005	3,19	19/57
1,1,1-Trichloroéthane	< 0,0002	< 0,0002	0/2	< 0,0005	< 0,005	0/19
1,1,2-Trichloroéthane	< 0,0001	< 0,0001	0/2	< 0,0005	< 0,005	0/19
Trichloroéthène	< 0,0001	< 0,0001	0/2	< 0,0005	< 0,005	0/19
Xylène	< 0,0004	0,0059	3/7	0,0153	2,67	15/38
Composés phénoliques						
3-Chlorophénol	< 0,001	< 0,001	0/5			
4-Chlorophénol	< 0,001	< 0,001	0/5			
Chlorophénols	< 0,001	< 0,001	0/5			
2-Méthylphénol (o-Crésol)	0,0022	0,0229	5/5			
4-Méthylphénol (p-Crésol)	< 0,001	0,0726	3/5			
2,3-Dichlorophénol	< 0,001	< 0,001	0/5			
2,4+2,5-Dichlorophénol	< 0,001	< 0,001	0/5			
2,6-Dichlorophénol	< 0,001	< 0,001	0/5			
3,4-Dichlorophénol	< 0,001	< 0,001	0/5			
3,5-Dichlorophénol	< 0,001	< 0,001	0/5			
2,4-Diméthylphénol	< 0,001	0,0067	3/5			
4-Nitrophénol	0,0016	0,0141	5/5			
Pentachlorophénol	< 0,001	< 0,001	0/5			
Phénol	0,0013	0,0443	5/5	0,459	0,459	1/20
2,3,4,6-Tétrachlorophénol	< 0,001	< 0,001	0/5			

Contaminants	Eaux usées <u>non traitées</u> provenant de puits de gaz de schiste au <u>Québec</u> ⁽¹⁾			Eaux usées <u>non traitées</u> provenant d'échantillons limités de <u>Pennsylvanie</u> et de <u>Virginie-Occidentale</u> ⁽²⁾⁽³⁾		
	Shale d'Utica			Shale de Marcellus		
	Concentration avant traitement (mg/l)			Concentration avant traitement (mg/l)		
	Min	Max	Fréq.	Min	Max	Fréq.
2,3,5,6-Tétrachlorophénol	< 0,001	< 0,001	0/5			
2,4,5-Trichlorophénol	< 0,001	< 0,001	0/5			
2,4,6-Trichlorophénol	0,0016	0,0137	5/5			
Subs. Phénoliques 4AAP	< 0,002	0,12	8/12	0,05	0,44	5/35
Subs. Phénoliques GC/MS	0,0059	0,167	5/5			
Subs. Phénoliques chlorés GC/MS	< 0,001	0,0137	4/5			
Autres						
Biphényles polychlorés totaux (µg/l)	< 0,02	< 0,02	0/3			
Dioxines et furanes chlorés (pg/l)	0,00176	1,14	1/4			
Légende						
(1) Résultats de caractérisation d'eaux usées non traitées provenant du forage ou de la fracturation de 18 différents puits de gaz de schiste au Québec.						
(2) Résultats provenant de la compilation des données de l'URS Corporation (2009) présentée dans NYSDEC (2011) et de Palmerton Group (2009).						
(3) La liste des contaminants n'est pas exhaustive. Les contaminants n'ayant pas fait l'objet de la caractérisation au Québec sont présentés en l'annexe 8.						

Bien que les concentrations des différents contaminants varient d'un puits à un autre, il est possible de constater que la composition des eaux usées gazières du shale d'Utica au Québec se caractérise de façon générale par :

- 1) Une teneur en SDT importante;
- 2) Une concentration élevée de certains ions et métaux;
- 3) La présence de composés organiques, tels que les huiles et graisses, les hydrocarbures pétroliers (C₁₀-C₅₀) et quelques composés organiques volatils typiques de l'exploitation d'hydrocarbures;
- 4) La présence de quelques substances phénoliques;
- 5) Une demande biochimique et chimique en oxygène élevée.

Les tendances spécifiques pour l'ensemble des contaminants caractérisés sont détaillées dans les sections suivantes.

8.2.1. pH

Malgré une acidification importante du puits avant fracturation, les pH des eaux usées gazières se situent tous au-dessus de 6, jusqu'à une tendance vers la basicité (près de 10).

8.2.2. Demande biochimique et chimique en oxygène

Les concentrations maximales rapportées pour la DBO₅ (17 échantillons) et la DCO (30 échantillons) sont respectivement de 675 mg/l et de 13 440 mg/l. Ces résultats témoignent de fortes concentrations en matières organiques dans les eaux gazières. Les concentrations de l'ordre de 4 450 mg/l et 33 300 mg/l rapportées aux États-Unis corroborent également ces fortes concentrations en matières organiques dans les eaux usées gazières.

8.2.3. Azote

L'azote ammoniacal ainsi que les nitrates et les nitrites ont également fait l'objet d'analyses dans le cadre de la caractérisation des eaux usées gazières.

L'azote ammoniacal a été rapporté dans tous les échantillons (36). Une concentration maximale de 15,8 mg/l a été observée pour ce paramètre. Une concentration maximale de 36 mg/l en nitrites-nitrates a été mesurée. Ce paramètre a été quantifié dans 11 des 21 échantillons analysés.

Ces résultats pourraient témoigner de l'utilisation d'explosifs lors des activités de forage et de fracturation. Un patron similaire est observé pour les résultats rapportés pour l'azote ammoniacal dans le shale de Marcellus. Les nitrites-nitrates n'ont toutefois pas été analysés.

8.2.4. Solides dissous totaux et principaux ions

Les solides dissous totaux sont présents en concentration importante dans les eaux usées. Au Québec, les concentrations des SDT enregistrées sont généralement beaucoup moins fortes que celles observées aux États-Unis. Elles varient entre 2 480 et 7 190 mg/l, pour une valeur médiane de 6 390 mg/l, alors que celles provenant du shale de Marcellus affichent régulièrement des valeurs dans les centaines de milliers de mg/l. Bien que les teneurs semblent nettement inférieures pour le shale d'Utica, il est à noter qu'il n'y a eu que cinq analyses de SDT et que les teneurs maximales enregistrées sont nettement inférieures aux teneurs maximales enregistrées pour les chlorures (16 380 mg/l, 34 échantillons). Étant donné que la concentration en SDT est usuellement supérieure à celle en chlorures, parfois jusqu'à deux fois plus élevées, on peut conclure que les teneurs mesurées dans les cinq échantillons analysés pour les SDT ne représentent pas les concentrations maximales possibles. En se rapportant aux teneurs maximales mesurées pour les chlorures au Québec ainsi qu'au ratio chlorures/SDT observé dans les 209 échantillons de Marcellus, il est possible de penser que des teneurs en SDT au-delà de 24 000 mg/l dans certains échantillons auraient pu être observées. Il semble ainsi que les eaux usées gazières échantillonnées au Québec en 2011 étaient diluées, notamment par les précipitations. Par conséquent, les concentrations en SDT mesurées ainsi que celles des autres composés mesurés dans ces échantillons sont probablement sous-estimées. Le nombre restreint d'échantillons (cinq échantillons analysés) limite toutefois l'interprétation des résultats.

D'après les analyses réalisées, l'augmentation en SDT est liée aux concentrations élevées de deux principaux cations, le sodium et le calcium, dont les concentrations maximales peuvent

atteindre au Québec des valeurs de 3 260 mg/l et de 155 mg/l respectivement. Les chlorures sont les anions présents en teneurs les plus élevées (maximum de 16 380 mg/l).

Certains auteurs attribuent les teneurs élevées des SDT dans les eaux usées du shale de Marcellus à la présence d'eau de formation (Haluszczak, L.O. et coll., 2012). Ce type d'eau est susceptible de remonter dans le puits, suite à la remontée des eaux de reflux de fracturation, pendant une certaine période de temps. Cependant, ce type d'eau n'a pas été retrouvé au Québec. D'après les résultats obtenus dans la présente étude (sections 6.2 et 7), les concentrations rapportées dans les eaux usées gazières pour les solides dissous totaux semblent attribuables à la fois aux concentrations naturellement présentes dans le shale d'Utica et aux sous-produits de dégradation.

Parmi les cations échantillonnés, le potassium et le sodium ont été détectés dans tous les échantillons prélevés. Le calcium et le magnésium ont été détectés respectivement dans deux et trois des cinq des échantillons analysés. Le faible nombre d'échantillons limite toutefois l'interprétation des résultats. Notons que le sodium et le calcium présentent des concentrations élevées dans les eaux usées gazières du Québec, avec des maxima de 3 260 mg/l et de 155 mg/l respectivement. Les chlorures sont les anions présents aux teneurs les plus élevées, avec un maximum de 16 380 mg/l. Aux États-Unis, les ions dominants sont également le calcium, le sodium et les chlorures. Leur importance relative varie cependant selon les études (Hayes, 2009; URS Corporation, 2009; Palmerton Group, 2009). Tout comme pour les SDT, les concentrations enregistrées aux États-Unis sont beaucoup plus élevées que celles observées au Québec. Les résultats obtenus dans notre étude tendent à montrer que dans des eaux usées gazières fraîches, les concentrations en cations et anions pourraient être élevées, en particulier pour les chlorures.

Les bromures n'ont pas fait l'objet d'analyse au Québec. Cependant, on observe une présence de bromures dans tous les échantillons analysés (30) aux États-Unis, avec un maximum de concentration de 3 070 mg/l (annexe 8; URS Corporation, 2009; Palmerton, 2009). Il nous apparaît envisageable que les bromures soient présents dans les eaux usées du shale d'Utica. Cette hypothèse n'a toutefois pas été confirmée par les résultats obtenus au cours de la présente étude (sections 6.2 et 7).

8.2.5. Métaux

Les métaux les plus fréquemment présents dans les eaux usées gazières au Québec sont l'arsenic, le baryum, le bore, le fer et le zinc. Le bore, le fer et le zinc présentent les plus forts maxima. Des concentrations maximales de 12 mg/l, 9,1 mg/l et 7,5 mg/l ont été respectivement rapportées pour ces contaminants. Les fréquences de détection s'élèvent à 60 % des analyses pour le bore (6/10 échantillons), à 67 % pour le fer (8/12 échantillons) et à 50 % pour le zinc (8/16 échantillons). La quantité restreinte d'échantillons analysés au Québec pour l'ensemble de ces contaminants limite l'interprétation des résultats.

Aux États-Unis, le baryum et le fer sont les métaux les plus fréquemment mesurés. Le baryum a été détecté dans 63 des 64 échantillons et le fer, dans 184 des 209 échantillons analysés. Le bore et le zinc n'ont été mesurés que dans 9 des 23 échantillons et 25 des 59 échantillons respectivement. Finalement, le manganèse a été mesuré dans 45 des 59 échantillons analysés. Le baryum, utilisé comme intrant de forage, est le métal se retrouvant en plus forte concentration dans les eaux usées américaines (maximum de 15 700 mg/l). L'aluminium et le zinc sont également présents en concentration importante aux États-Unis. Des concentrations maximales de l'ordre de 11 100 mg/l et 8 750 mg/l ont été respectivement rapportées.

8.2.6. Composés organiques volatils et semi-volatils

La plupart des composés organiques volatils (COV) et semi-volatils (COSV) analysés n'ont pas été détectés. Notons toutefois que seuls deux échantillons ont fait l'objet d'une analyse approfondie pour l'ensemble des COV et COSV au Québec, à l'exception des principaux composés organiques mono-aromatiques volatils, à savoir les BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylène), pour lesquels sept échantillons ont été analysés. Les BTEX ont été mesurés en faible concentration à quelques reprises. Le benzène a été mesuré dans deux échantillons, alors que l'éthylbenzène et le xylène ont été rapportés dans trois échantillons. Finalement, le toluène est le COV le plus couramment mesuré dans les eaux échantillonnées. Il est présent dans quatre des sept échantillons analysés. Malgré le nombre d'échantillons limité, les résultats obtenus dans les eaux gazières du shale d'Utica corroborent ceux des États-Unis. En effet, le benzène, le toluène et le xylène ont été détectés dans plus de 30 % des échantillons d'eaux usées provenant du shale de Marcellus (entre 38 et 57 échantillons ont été analysés). L'éthylbenzène a, quant à lui, été rapporté uniquement dans 2 des 19 échantillons analysés. À l'exception du toluène, ces substances se trouvent également dans la formulation des intrants et peuvent être des composés libérés du shale. Les résultats obtenus dans le cadre de l'étude rapportée à la section 6.2 ont permis de préciser ce point.

8.2.7. Hydrocarbures pétroliers

Les produits pétroliers représentent des mélanges complexes qui peuvent contenir des centaines d'hydrocarbures différents. Vingt-et-un échantillons ont été analysés pour les hydrocarbures pétroliers (C_{10} - C_{50}), alors que seuls deux échantillons ont fait l'objet de l'analyse des formes de composés aromatiques plus légères, à savoir les hydrocarbures pétroliers C_6 - C_{10} , C_{10} - C_{16} , C_{16} - C_{34} et C_{34} - C_{50} . Les hydrocarbures pétroliers (C_{10} - C_{50}) ont été mesurés dans tous les échantillons analysés et présentent des teneurs maximales allant jusqu'à 100 mg/l.

La concentration maximale mesurée pour les composés plus légers ($< C_{10}$) est de 0,5 mg/l. Les concentrations maximales rapportées pour les formes d'hydrocarbures C_{10} - C_{16} , C_{16} - C_{34} et C_{34} - C_{50} sont respectivement de 18 mg/l, 8,4 mg/l et 0,5 mg/l. Les longues durées d'entreposage des eaux avant leur analyse ont pu favoriser la volatilisation des hydrocarbures plus légers. Le nombre d'échantillons pour cette caractérisation est toutefois trop limité pour tirer une conclusion à leur sujet.

8.2.8. Substances phénoliques

Les substances phénoliques ont été analysées dans cinq échantillons au Québec. Quelques substances phénoliques ont été mesurées dans ces eaux : o-crésol (2-méthylphénol), le p-crésol (4-méthylphénol), le 2,4-diméthylphénol, le 4-nitrophénol, le phénol et le 2,4,6-trichlorophénol. Ces contaminants ont été mesurés dans les cinq échantillons analysés, à l'exception du p-crésol et du 2,4-diméthylphénol qui n'ont été observés que dans trois des cinq échantillons.

8.2.9. Autres composés analysés au Québec

Trois échantillons ont fait l'objet d'un dosage pour les biphényles polychlorés (BPC). Parmi les congénères de BPC analysés, aucun n'a été détecté. Cependant, la limite de détection utilisée et le nombre limité d'échantillons ne permettent pas de conclure avec certitude à leur absence dans les eaux usées gazières. Aux États-Unis, Hayes (2009) a procédé à l'analyse des BPC dans les eaux usées de Marcellus, ce qui a relevé la présence de l'aroclore 1248. À l'instar du

Québec, la méthode d'analyse employée ne permettait pas une grande précision. Leur présence pourrait être attribuable à l'eau d'alimentation où un bruit de fond est toujours détectable dans les eaux de surface. Ces substances ne sont pas liées à l'exploration des gaz de schiste.

Il en est de même pour les dioxines et furanes chlorés. Un échantillon sur quatre permet de mettre en évidence une détection. Leur présence pourrait aussi être attribuable à l'eau d'alimentation où un bruit de fond est toujours détectable dans les eaux de surface.

8.2.10. Autres composés analysés aux États-Unis

Plusieurs contaminants n'ayant pas été mesurés dans les eaux usées gazières du shale d'Utica ont fait l'objet des campagnes d'échantillonnage dans les puits du shale de Marcellus (annexe 8). Parmi ceux-ci, on note des contaminants de nature organique, inorganique et microbiologique. Les analyses ont permis d'identifier quelques contaminants supplémentaires à ceux identifiés dans les caractérisations effectuées au Québec.

Les trihalométhanes, les surfactants et les glycols figurent parmi les paramètres organiques analysés. Les concentrations maximales mesurées pour les deux formes de trihalométhanes analysés, soit le tribromométhane et le bromodichlorométhane, sont respectivement de 0,039 mg/l et de 0,0022 mg/l. La présence de surfactants a été détectée dans les 12 échantillons analysés et une concentration maximale de 0,61 mg/l a été rapportée. En ce qui a trait aux glycols caractérisés, des concentrations maximales de 0,13 mg/l et de 0,16 mg/l ont respectivement été mesurées pour l'éthylène glycol et le propane-1,2-diol. Ces concentrations sont à toute fin limitée pour des eaux non traitées.

Le lithium, le strontium et les bromures ont été détectés dans tous les échantillons analysés. Des concentrations maximales très élevées de 297 mg/l, 5 841 mg/l et 3 070 mg/l ont été mesurées respectivement pour ces métaux et ions.

La présence de plusieurs radionucléides a également été décelée dans la majorité des échantillons. Par ailleurs, l'uranium 235 et l'uranium 238 ont été détectés respectivement dans seulement 1 et 2 des 14 échantillons. Le césium 137 n'a été détecté que dans 2 des 16 échantillons prélevés.

Les coliformes fécaux ainsi que les bactéries hétérotrophes ont fait l'objet des analyses effectuées dans les eaux usées du shale de Marcellus. Des concentrations de l'ordre de 228 000 colonies/100 ml pour les coliformes fécaux et de 565 CFU/ml (unités formatrices de colonies par ml) pour les bactéries hétérotrophes ont été rapportées.

Finalement, des teneurs de dureté s'élevant jusqu'à 98 000 mg/l de CaCO₃ ont été mesurées dans les 186 échantillons caractérisés, témoignant encore une fois des fortes concentrations en ions.

8.3. COMPOSÉS UTILISÉS DANS LES INTRANTS

Certains des composés utilisés dans les intrants des fluides de fracturation (section 4) sont susceptibles de se retrouver dans les eaux usées gazières. Parmi ces composés, seuls les dérivés d'acide benzènesulfonique (C₁₀-C₁₆) et les hydrocarbures pétroliers (C₁₀-C₅₀) ont fait l'objet d'une caractérisation particulière dans les eaux usées au Québec.

Afin de compléter la liste des composés pouvant se retrouver sous leur forme d'origine dans les eaux usées, les résultats des caractérisations plus exhaustives des études américaines ont été intégrés à l'analyse. Parmi les 62 composés utilisés au Québec, 9 ont été détectés, soit dans les eaux usées en provenance du shale d'Utica, soit dans celles provenant du shale de Marcellus. La liste de ces composés est présentée au tableau 11.

Tableau 11 – Composés utilisés dans les intrants des fluides de fracturation au Québec et détectés dans les eaux usées gazières au Québec ou aux États-Unis

N° CAS	Composés	Sources
64-19-7	Acide acétique	1, 2
7782-50-5	Chlore	1
67-63-0	Isopropanol	1, 2
67-56-1	Méthanol	1, 2
91-20-3	Naphtalène	1
57-55-6	Propane-1,2-diol	1, 2
95-63-6	1,2,4-triméthylbenzène	1, 2
68584-22-5	Dérivés d'acide benzènesulfonique (C ₁₀ -C ₁₆)	3
-	Hydrocarbures pétroliers (C ₁₀ -C ₅₀)	3
Légende		
1- URS Corporation, 2009		
2- Hayes, 2009		
3- Caractérisation des eaux usées au Québec		

8.3.1. Origine des principaux contaminants mesurés dans les eaux usées gazières

La comparaison des concentrations de quelques contaminants mesurées dans le fluide de fracturation utilisé aux États-Unis avec les eaux de reflux du shale de Marcellus a également permis de cibler les substances dont l'origine est principalement naturelle (Palmeron Group, 2009). L'augmentation de leur concentration dans les eaux de reflux témoignait ainsi de leur présence naturelle dans le milieu, puis de leur mobilisation subséquente vers la surface.

De plus, certains des contaminants naturels identifiés à la section 7 ont également été détectés dans les eaux usées gazières issues de l'exploration du shale d'Utica au Québec. Ces contaminants sont principalement le phosphore, les solides dissous totaux ainsi que certains métaux, ions majeurs, composés organiques volatils et composés phénoliques. Par ailleurs, certains contaminants semblent associés à la fois à une origine naturelle ainsi qu'aux sous-produits de dégradation et de réaction des composés utilisés lors du forage ou de la fracturation hydraulique, ou encore à des composés formés par l'interaction des réactifs utilisés dans les intrants avec les substances naturellement présentes dans le milieu. La source de certains contaminants demeure toutefois indéterminée. La provenance potentielle pour l'ensemble des contaminants mesurés dans les eaux gazières du shale d'Utica est présentée au tableau 12.

Tableau 12 – Provenance soupçonnée des contaminants détectés dans les eaux usées au Québec

N° CAS	Substances	Origine
Chimie générale		
-	Carbone organique total	*
-	Conductivité	*
-	Couleur vraie	*
-	DBO ₅	*
-	DCO	*
-	Huiles et graisses totales	*
-	MES	3
-	pH	*
-	Solides dissous totaux	1, 3
Ions		
007664-41-7	Azote ammoniacal	2, 3
07727-37-9	Azote Kjeldahl	*
07440-70-2	Calcium	1, 2, 3
-	Chlorures	1, 2, 3
16984-48-8	Fluorures	1
07439-95-4	Magnésium	1, 3
-	Nitrites-nitrates	*
07440-09-7	Potassium	1, 2, 3
07440-23-5	Sodium	1, 2, 3
14808-79-8	Sulfate	1,2
18496-25-8	Sulfures	2
Métaux		
07440-38-2	Arsenic	1, 3
07440-39-3	Baryum	1, 3
07440-42-8	Bore	1
00100-41-4	Nickel	1
07439-92-1	Plomb	1, 3
57723-14-0	Phosphore	1
07440-66-6	Zinc	1, 3
Hydrocarbures pétroliers		
-	C ₆ -C ₅₀	2
Composés organiques volatils et semi-volatils		
00071-43-2	Benzène	1, 2, 3
00100-41-4	Éthylbenzène	1, 2, 3
00108-88-3	Toluène	1, 3
001330-20-7	Xylène	1, 2
Composés phénoliques		
000095-48-7	2-Méthylphénol	3
000106-44-5	4-Méthylphénol	1, 3
000105-67-9	2,4-Diméthylphénol	1, 3
000100-02-7	4-Nitrophénol	1
00108-95-2	Phénol	1, 3
000088-06-2	2,4,6-Trichlorophénol	1
Dioxines et furanes chlorés		
-	Dioxines et furanes totales	*
Légende		

- 1- Substance naturellement présente dans le shale d'Utica identifiée au chapitre 7
 - 2- Substance entrant dans la composition des intrants de forage ou de fracturation au Québec
 - 3- Substance dont la concentration est plus élevée dans les eaux usées que dans le fluide de fracturation dans le shale de Marcellus aux États-Unis (Palmerston Group, 2009)
- *Source indéterminée

8.4. LES CONTAMINANTS PRÉOCCUPANTS POUR L'ENVIRONNEMENT

Pour évaluer les risques reliés à un rejet de contaminants dans le milieu aquatique, il est nécessaire de connaître les concentrations rejetées, obtenues après traitement des eaux usées, ainsi que les volumes rejetés. Les caractéristiques du milieu récepteur et les usages de l'eau à préserver doivent être connus. Dans la situation actuelle, il n'est pas possible de procéder à une évaluation de ce type. Toutefois, afin d'estimer si l'ampleur des teneurs mesurées dans les eaux usées gazières non traitées nécessite la mise en place de systèmes de traitement propres à ces contaminants, des indicateurs de qualité de l'eau ont été utilisés de façon à obtenir un portrait des contaminants susceptibles de représenter un risque pour l'environnement.

8.4.1. Indicateurs de la qualité des eaux usées gazières

Les concentrations mesurées pourraient être comparées directement aux critères de qualité de l'eau de surface du MDDEFP (www.mddefp.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.asp). Ces derniers indiquent les valeurs seuils protégeant chacun des usages de l'eau. Toutefois, ces valeurs sont déterminées pour évaluer la qualité d'un milieu naturel. Ils ne s'appliquent pas directement à un effluent et encore moins à un effluent non traité. De manière à faire ressortir les contaminants les plus susceptibles d'être préoccupants, les concentrations maximales mesurées pour chacun des contaminants ont été comparées aux indicateurs suivants :

- La valeur aiguë finale à l'effluent (VAFe), qui est la concentration théorique d'une substance pouvant entraîner 50 % de mortalité sur des organismes aquatiques sensibles, même dans le cas d'une exposition de courte durée. Cette valeur est comparée directement aux concentrations à l'effluent pour évaluer les risques de toxicité globale aiguë à l'effluent, comme définie dans les lois et règlements et vérifiée à l'aide d'essais de toxicité pour les truites et les daphnies;
- 100 fois le critère de vie aquatique chronique (100 x CVAC). Le CVAC correspond à la concentration la plus élevée d'un contaminant qui ne produira aucun effet néfaste sur les organismes aquatiques (et leur progéniture) lorsqu'ils y sont exposés quotidiennement sur tout leur cycle de vie;
- 100 fois le critère de prévention de la contamination des organismes aquatiques (100 x CPCO), à l'exception des substances persistantes, toxiques et bioaccumulables que sont le mercure, les BPC et les dioxines et furanes chlorés. Pour ces dernières, leur CPCO n'a pas été augmenté d'un facteur 100. Le CPCO représente la concentration au-delà de laquelle les organismes aquatiques peuvent commencer à accumuler la substance à des niveaux impropres à la consommation.

Malgré l'insuffisance de données de caractérisation, les indicateurs retenus ont permis de mettre en évidence, d'ores et déjà, certains contaminants présents en concentrations préoccupantes dans les eaux usées gazières non traitées. Ces principaux contaminants sont présentés au tableau 13. La comparaison des résultats de caractérisation avec chacun des indicateurs est présentée aux tableaux 1, 2 et 3 de l'annexe 9.

Tableau 13 – Liste des principaux contaminants préoccupants pour la qualité de l'eau de surface du Québec, issus du forage ou de la fracturation hydraulique du shale d'Utica

Contaminants	Indicateurs de la qualité des eaux gazières non traitées		
	Vie aquatique (Effet léthal) VAFe	Vie aquatique (Effet sous-léthal) 100 x CVAC	Contamination potentielle de la chair des poissons 100 x CPCO ou CPCO*
DBO ₅		X	
Baryum	X		
Chlorures	X		
Fer	X		
Mercuré			X
Nitrites		X	
Plomb	X	X	
Zinc		X	
Hydrocarbures pétroliers	X	X	
Dioxines et furanes chlorés			X

* Pour les dioxines et furanes chlorés ainsi que le mercure qui sont des substances hautement persistantes, toxiques et bioaccumulables.

Il n'existe pas d'indicateur officiel d'un effet léthal à 50 % (VAF) pour la conductivité, la DBO₅ et la DCO, les MES et les SDT. C'est pourquoi ils n'apparaissent pas au tableau ci-dessus. Toutefois, malgré le peu de données, les concentrations mesurées pour ces contaminants sont suffisamment élevées pour être préoccupantes.

En fonction des indicateurs retenus et selon les données partielles détenues, la DBO₅, le baryum, le fer, le plomb, le zinc, les chlorures, les nitrites et les hydrocarbures pétroliers (C₁₀-C₅₀) présentent des concentrations dans les eaux usées gazières suffisantes pour être nuisibles à court ou à moyen terme pour la vie aquatique. De plus, les concentrations très élevées de conductivité, DCO, MES et SDT sont aussi susceptibles d'avoir un impact sur la vie aquatique. Ces résultats indiquent que les traitements et mesures de bonnes pratiques mises en place doivent viser, au minimum, tous ces contaminants.

Pour l'argent, le béryllium, le cadmium et le thallium, les limites de détection de la méthode employée ne permettent pas de vérifier le respect du 100 x CVAC. Conséquemment, bien qu'ils n'aient pas été détectés au Québec, il est impossible de déterminer s'ils font partie des éléments à viser en particulier. Aux États-Unis, ces contaminants n'ont été identifiés qu'à de rares occasions (1 à 6 fois sur 59 échantillons – tableau 10). Cependant, les concentrations détectées pour l'argent, le béryllium et le cadmium affichaient une valeur nettement au-delà de l'indicateur. On peut donc s'attendre à ce que ces substances puissent parfois se retrouver en concentrations suffisantes pour être préoccupantes. Le thallium, quant à lui, a été détecté deux fois aux États-Unis avec une concentration maximale sous l'indicateur.

Aucun critère de qualité officiel n'a été publié sur les SDT en raison de la variabilité des effets qu'une même concentration en SDT peut entraîner selon la combinaison d'ions en présence. Une valeur guide de 1 340 mg/l a été publiée en 2000 (Goodfellow et coll. [U.S. EPA], 2000). Certains États américains limitent les chlorures et les sulfates au lieu de limiter les SDT. Bien qu'un critère de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique relatif aux SDT n'ait pas encore été officiellement adopté pour le Québec, il est reconnu que ce paramètre, aux teneurs mesurées, peut s'avérer problématique pour l'environnement. Aux États-Unis, une étude portant sur un cours d'eau recevant des rejets d'eaux de fracturation a démontré que la concentration mesurée en aval de ces rejets pouvait être suffisante pour dégrader l'environnement (Christie, 2012). Les concentrations mesurées dans le panache de dispersion de 200 m pouvaient mener à une déplétion en oxygène et à des effets toxiques sur la faune piscicole. Ces mesures ont été prises en aval de sept stations de traitement situées dans les bassins versants des rivières Allegheny et Monongahela et les conclusions tirées sont propres aux conditions dans lesquelles les effluents ont été déversés. Les concentrations en SDT rejetées étaient grandement supérieures à celles mesurées (ou estimées à partir des concentrations en chlorures) au Québec.

8.4.2. Potentiel de bioaccumulation

Le critère de prévention de la contamination des organismes aquatiques (CPCO), servant principalement à établir des objectifs environnementaux de rejet préventifs pour les effluents traités, a été utilisé ici comme un indice de la présence de contaminants présentant un potentiel de bioaccumulation dans les organismes aquatiques. Le CPCO représente la concentration au-delà de laquelle les organismes aquatiques peuvent commencer à accumuler la substance à des niveaux impropres à la consommation. Un facteur de 100 a été ajouté au CPCO (sauf pour le mercure et les dioxines et furanes chlorés) pour tenir compte du fait que l'on évalue un effluent non traité. La comparaison de cet indicateur avec les résultats de caractérisation (tableau 3 de l'annexe 9) permet ainsi de déterminer si ces eaux usées gazières contiennent des contaminants qui seraient susceptibles de se bioaccumuler dans les organismes aquatiques (tableau 13).

Le mercure ainsi que les dioxines et furanes chlorés représentent les contaminants détectés dans les eaux usées gazières au Québec étant les plus susceptibles de se bioaccumuler dans les organismes du milieu exposé. Le thallium et les biphényles polychlorés n'ont pas été détectés. Toutefois, étant donné que les limites de détection pour ces contaminants sont supérieures à l'indice de bioaccumulation, il est impossible de déterminer leur importance relative. Aux États-Unis, le thallium a été détecté dans 2 échantillons sur 34 et les valeurs mesurées étaient supérieures à l'indice de bioaccumulation. Les BPC n'ont pas été détectés, à l'exception de l'aroclore 1248 (Hayes, 2009). Toutefois, l'auteur indique que ce résultat doit être considéré comme une anomalie.

Bien qu'il ressorte que le mercure et les dioxines et furanes chlorés sont les contaminants les plus susceptibles de se bioaccumuler dans les organismes, leur fréquence de détection dans les eaux usées gazières est non significative (tableau 3 de l'annexe 9). En effet, ces contaminants ont été mesurés uniquement dans un échantillon, sur un total de 12 et de 4 échantillons analysés respectivement.

Finalement, les limites de détection rapportées pour le thallium ne sont pas suffisamment précises pour évaluer si les teneurs mesurées pourraient compromettre la qualité du milieu récepteur.

8.4.3. Toxicité globale aiguë

Les quelques résultats de toxicité globale aiguë obtenus à partir des essais de toxicité usuels confirment le potentiel de toxicité aiguë des eaux usées gazières. Trois essais de toxicité ont été réalisés dans le cadre du suivi plus exhaustif mentionné à la section 8.1. Ces derniers ont été réalisés sur quatre échantillons d'eaux usées gazières, issues de quatre puits différents. Les conditions dans lesquelles se sont déroulés les essais sont précisées au tableau 14.

Les résultats obtenus à l'aide de ces essais sont présentés au tableau 15. Il en ressort que pour ces échantillons prélevés le 30 novembre 2010, et donc possiblement influencés par les pluies d'automne, les eaux usées gazières ont été très toxiques pour *Daphnia magna*. Un échantillon d'eau usée dilué jusqu'à une concentration inférieure à 2 % v/v a causé la mortalité de 50 % de ces petits crustacés. Les résultats des essais de toxicité effectués chez les deux espèces de poissons, *Oncorhynchus mykiss* et *Pimephales promelas*, n'ont pas révélé de toxicité systématique. Le peu de données ainsi que l'hypothèse soulevée sur le fait que ces échantillons ne sont pas représentatifs des caractéristiques des eaux usées gazières ne permettent pas de conclure à une absence de toxicité pour les deux espèces de poissons testées.

Tableau 14 – Conditions des essais de toxicité aiguë globale

Espèces	Protocole	Durée	Concentration
<i>Daphnia magna</i>	EPS1/RM/11, 2000	48 h	Multiple
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	EPS1/RM/13, 2000	96 h	Simple
<i>Pimephales promelas</i>	EPA 821/R-02-012	96 h	Multiple

Tableau 15 – Résultats des essais de toxicité aiguë globale réalisés sur 4 échantillons d'eaux usées gazières prélevés le 30 novembre 2010 et provenant de 4 puits différents

Essais de toxicité globale aiguë					
Toxicité aiguë daphnies	UTa	91	11	46	91
Toxicité aiguë truite abs/prés	UTa	> 1	< 1	< 1	< 1
Toxicité aiguë mené tête-de-boule	UTa	1,6	< 1	< 1	< 1
Conventionnels					
Azote ammoniacal (mg/l)		4,9	4	1,5	
DBO ₅ (mg/l)		366	37	73	23
DCO (mg/l)		662	258	190	117
Nitrite-nitrate (mg/l)		0,254	< 0,067	< 0,067	< 0,067
Métaux et ions majeurs					
Cadmium (mg/l)		< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Chrome (mg/l)		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Cuivre (mg/l)		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Nickel (mg/l)		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Plomb (mg/l)		0,1	< 0,1	0,4	< 0,1
Phosphore (mg/l)		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Zinc (mg/l)		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Hydrocarbures pétroliers					
C ₁₀ -C ₅₀ totaux (mg/l)		35	2,4	3,8	7,9

Il n'est toutefois pas possible de mettre en cause, dans ces cas précis, les contaminants particuliers qui sont à l'origine de la toxicité mesurée, car très peu d'analyses ont été réalisées sur ces échantillons. Par exemple, la teneur en chlorures n'est pas rapportée alors qu'elle pourrait expliquer une toxicité plus prononcée sur la daphnie que sur les poissons. À la lumière des quelques résultats physicochimiques actuels (tableau 15), il n'y a pas un contaminant dont les concentrations fluctuent selon un patron similaire à la toxicité aiguë observée.

Toutefois, certains contaminants ressortent de la comparaison des résultats de caractérisation pour l'ensemble des échantillons analysés et de la VAFé (tableau 2 de l'annexe 9). Cette dernière donne une indication du potentiel de toxicité aiguë des concentrations mesurées.

Les eaux usées gazières non traitées se sont révélées très toxiques pour l'un des organismes standards testés pour la toxicité aiguë. Elles ont été toxiques malgré le fait que ces eaux aient pu être diluées par les précipitations automnales.

Selon les données actuelles (tableau 2 de l'annexe 9), certains contaminants sont en concentrations susceptibles d'engendrer une toxicité aiguë. Ce sont les chlorures, les nitrites, le plomb, les hydrocarbures pétroliers ainsi que, dans une moindre mesure, le baryum et le fer. Les données de caractérisation chimique et toxicologique sont toutefois insuffisantes pour conclure à ce sujet.

Dans les eaux usées américaines, plusieurs contaminants, notamment l'argent, le béryllium, le cadmium, thallium et le vanadium, ont aussi été détectés à des concentrations supérieures à l'indicateur de toxicité aiguë. Bien qu'on ne puisse conclure à leur présence au Québec, ces substances peuvent se retrouver en concentration suffisante dans les eaux usées gazières non traitées pour être potentiellement létales.

8.4.4. Éléments radioactifs

Des éléments naturels radioactifs ont été détectés aux États-Unis dans les eaux usées du shale de Marcellus, à des concentrations excédant plus de 1 000 fois la concentration maximale acceptable (CMA) pour l'eau potable⁵ établie aux États-Unis (Belcher, 2013). L'activité volumique de l'eau de reflux augmenterait dans le temps, de sorte que les eaux présentant les plus fortes concentrations seraient les eaux de production (Hayes, 2009), un type d'eau qui n'est jamais apparu au Québec. Parmi les éléments radioactifs détectés dans les eaux usées américaines, le radium 226 est l'élément le plus préoccupant (NYSDEC, 2011). Les données de Palmerton Group (2009) révèlent la présence de ce radionucléide en concentration supérieure à la CMA dans les 14 échantillons analysés. Sa présence en forte concentration pourrait être expliquée par sa solubilité (Resnikoff, 2010; NYSDEC, 1999; Rowan et al, 2011). Le radium présent dans la formation rocheuse serait en effet solubilisé dans les eaux de formation adjacente (Rowan et al, 2011). L'injection du fluide de fracturation entraînerait, d'une part, un mélange avec l'eau de formation du shale et, d'autre part, la dissolution du radionucléide présent dans la roche (Resnikoff, 2010). De plus, la réutilisation des eaux usées contribuerait à concentrer davantage les éléments radioactifs (Resnikoff, 2010). De fait, les concentrations les plus élevées de radionucléides mesurées se trouvent dans les eaux usées (NYSDEC, 2011).

La présence d'éléments radioactifs peut s'avérer problématique puisque les usines de traitement des eaux usées ne sont généralement pas conçues pour les éliminer (Kiviat, 2013). Les éléments radioactifs seraient donc rejetés dans le milieu récepteur et pourraient alors sédimenter et contaminer le lit des rivières (Christie, 2012; Vengosh, 2009). La radioactivité, ayant un potentiel de bioaccumulation, peut présenter un risque à long terme pour la flore et la faune aquatiques (Christie, 2012; Vengosh, 2009).

L'activité volumique des radionucléides mesurés dans les eaux usées issues du shale de Marcellus aux États-Unis est présentée au tableau 16.

⁵ La comparaison est faite avec un critère de qualité pour l'eau potable et non pour l'environnement. Le ministère se penche présentement sur les indicateurs à suivre pour vérifier les risques pour l'environnement liés à la radioactivité de certains éléments.

Tableau 16 – Activité volumique des radionucléides mesurés dans les eaux usées du shale de Marcellus aux États-Unis

Radionucléides	Concentration avant traitement (pCi/L)				CMA*
	Min	Max	Nb	Défectés	(pCi/L)
Gross Alpha ⁽¹⁾	22,41	18 950	15	15	15
Gross Beta ⁽¹⁾	62	7 445	15	15	---
Césium 137 ^{107 (2)}	9,9	10,5	16	2	---
Plomb 212 ⁽³⁾	4	1 430	14	14	---
Plomb 214 ⁽³⁾	0	2 200	14	10	---
Radium 226 ⁽³⁾	63	9 280	14	14	5
Radium 228 ⁽³⁾	0	1 360	14	12	
Uranium 235 ⁽³⁾	0	20	14	1	---
Uranium 238 ⁽³⁾	0	497	14	2	---
Légende					
pCi/L = picocuries par litre					
Concentration maximale acceptable pour l'eau potable définie aux États-Unis (U.S. EPA, 2009)					
⁽¹⁾ Valeur basée sur une quantité d'échantillons limités provenant de la Pennsylvanie et de la Virginie Occidentale (NYSDEC, 2011)					
⁽²⁾ Données provenant de URS Corporation (2009)					
⁽³⁾ Valeurs compilées par Palmerton Group (2009)					

Au Québec, l'activité volumique des eaux usées n'a pas été mesurée. Toutefois, étant donné la dépendance entre le niveau de SDT et la concentration en radium (USGS, 2011), il n'est pas attendu que les eaux usées du Québec présentent une activité semblable à celle du shale de Marcellus dans le bassin appalachien. D'ailleurs, les eaux usées de Marcellus contiennent statistiquement plus de radium que les eaux provenant des autres formations (USGS, 2001).

8.5. RECOMMANDATIONS QUANT AU SUIVI DES CONTAMINANTS D'INTÉRÊT

Les données disponibles sur les eaux usées gazières permettent de tirer des constats généraux, mais ne permettent pas de statuer avec certitude sur les caractéristiques précises des eaux usées de l'industrie du gaz de schiste au Québec. De fait, s'il y avait développement de cette industrie au Québec, des campagnes de caractérisation, en conditions contrôlées, devraient être réalisées sur les eaux usées avant et après traitement.

Tous les résultats de caractérisation du Québec et des États-Unis présentés aux sections précédentes corroborent ainsi le besoin de maintenir un suivi régulier pour plusieurs contaminants.

En fonction des résultats observés, le maintien d'un suivi régulier des eaux usées gazières pour le pH, la DBO₅, la DCO ainsi que toutes les formes d'azote (azote ammoniacal, nitrites et nitrates) est justifié. Un suivi régulier des solides dissous totaux, ainsi que des anions et cations qui les composent, est également essentiel. Bien que la présence de bromures n'ait pas été

confirmée par les études de laboratoire menées au Québec et présentées aux chapitres 6 et 7, l'analyse des bromures devrait être intégrée au suivi régulier des eaux usées gazières. En effet, cet élément particulier a entraîné des problèmes environnementaux importants aux États-Unis (Kiviat, 2013). L'augmentation de la concentration en bromures dans les eaux de surface liée aux nombreux rejets d'eaux usées gazières, jumelée à la chloration de l'eau aux prises d'eau potable en aval des rejets, a eu pour conséquence d'entraîner la formation d'organochlorés et d'organobromés dans l'eau potable.

Les résultats de caractérisation des eaux usées gazières du shale d'Utica au Québec et du shale de Marcellus aux États-Unis corroborent le besoin du maintien d'un suivi régulier pour l'ensemble des métaux analysés. Notons que le suivi de ces paramètres devrait être exprimé en métal extractible total, soit la somme du métal dissous et du métal lié aux particules, sans digestion du réseau silicaté. À titre informatif, le suivi réalisé par Palmerton Group (2009) a fourni des résultats en métaux extractibles totaux et en métaux dissous (annexe 8). Le suivi des métaux sous la forme dissoute permet d'éliminer la fraction du métal lié aux particules. On voit que pour certains métaux la différence entre les deux formes d'un même métal est considérable, notamment pour l'aluminium, l'argent, le béryllium, le cadmium, le cuivre, le fer, le manganèse et le plomb. Cette information indique que l'enlèvement des particules contenues dans les eaux usées non traitées éliminerait vraisemblablement une partie des métaux particuliers de façon à rendre la concentration totale inférieure aux concentrations à risque. Cette hypothèse serait à confirmer.

En ce qui a trait aux COV et COSV, le nombre d'échantillons analysés dans les eaux gazières du shale d'Utica est insuffisant. Pour cette raison, ces contaminants devraient également faire l'objet d'un suivi particulier pour confirmer leur présence ou absence. Toutefois, le suivi d'une plus grande liste de COV et COSV analysés dans un plus grand nombre d'échantillons aux États-Unis indique que la majorité des composés n'ont pas été détectés et que ceux qui doivent faire l'objet d'un suivi régulier sont les BTEX et les triméthylbenzènes.

Bien que très partiels, les résultats de caractérisation du Québec indiquent qu'un suivi régulier des hydrocarbures pétroliers est nécessaire, et ce, pour l'ensemble des formes d'hydrocarbures usuellement échantillonnés.

Les informations relatives aux substances phénoliques, notamment en ce qui a trait à la formation de chlorophénols, sont trop partielles et ne permettent que de tirer des constats généraux. De fait, vu que la quantité de données obtenues au Québec est insuffisante (seulement cinq échantillons ont été analysés) et que les concentrations rapportées sont possiblement diluées, comme discuté précédemment, un suivi exploratoire plus complet de ces substances est recommandé.

Selon les résultats de caractérisation des eaux usées gazières du shale de l'Utica, le suivi des BPC et des dioxines et furanes chlorés n'est pas requis.

Les données de caractérisation, bien que très partielles, indiquent qu'un suivi de la toxicité aiguë est essentiel pour évaluer la qualité des eaux usées gazières du shale d'Utica et le risque qu'elles représentent. Ceci s'explique notamment par le fait que plusieurs composés utilisés sont peu documentés, que les produits de transformation ne sont pas tous connus et qu'il est difficile de rechercher toutes les possibilités de composés résiduels par des analyses chimiques usuelles. De plus, un suivi de la toxicité chronique est nécessaire afin de compléter l'évaluation des eaux usées gazières.

Par ailleurs, quelques éléments supplémentaires n'ayant pas fait l'objet des caractérisations au Québec devraient être ajoutés au suivi. Il est question, notamment, de la dureté des bromures, du lithium, du strontium, des glycols et des radionucléides. Le suivi de la dureté est justifié pour deux raisons : d'une part, parce qu'elle exerce une influence sur la toxicité de certains métaux et, d'autre part, parce qu'aux teneurs observées, elle peut elle-même devenir la cause de la toxicité de l'effluent. Des concentrations s'élevant jusqu'à 98 000 mg/l de CaCO₃ (carbonate de calcium) ont été rapportées dans les eaux usées du shale de Marcellus (annexe 8).

Les trihalométhanes et les glycols pourraient être d'intérêt, toutefois la fréquence de détection et les teneurs mesurées ne montrent pas une grande problématique (annexe 8). Parce qu'ils sont utilisés de façon systématique comme intrants de fracturation, un suivi exploratoire du propane-1,2-diol et de l'éthylène glycol est recommandé.

Au vu des concentrations rapportées dans les eaux usées du shale de Marcellus et des résultats obtenus lors des études présentées aux sections 6.2 et 7, il apparaît prudent de procéder à la caractérisation des différents radionucléides. Le lithium et le strontium devraient également être ajoutés à la liste des métaux analysés.

8.6. CONCLUSION

L'analyse des résultats de caractérisation des eaux usées gazières avait comme objectif de cibler les contaminants les plus préoccupants, entre autres pour valider la filière de traitement appropriée et établir un programme de suivi exhaustif de ces substances.

L'étude montre que plusieurs facteurs ont pu influencer la qualité des résultats de caractérisation obtenus. Pour les contaminants qui ont été recherchés dans un faible nombre d'échantillons d'eaux usées gazières, il est fort probable que les teneurs maximales observées ne soient pas représentatives de ce qu'elles ont pu être réellement en cours d'activités. La preuve en est que les concentrations maximales en solides dissous totaux sont bien inférieures aux concentrations maximales observées pour les chlorures. La gestion conjointe des eaux de reflux de forage et de fracturation, dans les bassins de rétention, représente également un élément non négligeable ayant pu avoir une incidence sur la qualité des données vu que les caractérisations ont été réalisées, sans distinction, sur ces deux types d'eaux usées. Aussi, les méthodes analytiques et les techniques de prélèvement n'ont pas été uniformément appliquées, ce qui a pu entraîner certains biais dans la comparaison des résultats obtenus d'un échantillon à un autre. Finalement, pour plusieurs contaminants, les limites de détection des méthodes analytiques employées n'étaient pas toujours suffisantes pour s'assurer, avec certitude, de l'absence de détection de ceux-ci.

Plusieurs contaminants n'ont pas été mesurés au Québec alors qu'ils ont été retrouvés en concentrations importantes dans les caractérisations de la Pennsylvanie et de la Virginie-Occidentale. De ce fait, toute nouvelle caractérisation d'eau usée gazière devra inclure ces contaminants. Au vu des résultats obtenus, une campagne de caractérisation standardisée des eaux de reflux de fracturation est toujours nécessaire. Cette caractérisation devrait inclure à la fois les concentrations et les débits injectés et ceux qui refont surface. Le besoin d'information sur les éléments radioactifs ainsi que le développement analytique, le cas échéant, apparaissent également justifiés.

Quoique les données relatives aux caractérisations effectuées sur les eaux usées gazières du shale d'Utica du Québec ne soient que partielles, certains constats peuvent en être tirés. À cet

effet, il apparaît que la composition des eaux usées gazières non traitées se caractérise, de façon générale, par :

- des concentrations élevées en contaminants organiques, comme le démontrent les résultats de DBO₅ et DCO;
- la présence de composés organiques, tels que les huiles et graisses, les hydrocarbures pétroliers (C₁₀-C₅₀) ainsi que quelques COV typiques de l'exploitation d'hydrocarbures et composés phénolés;
- la présence systématique d'azote ammoniacal et fréquente des autres formes d'azote. Celles-ci peuvent être en partie d'origine naturelle et en partie liée aux résidus des explosifs employés;
- des teneurs élevées en ions (SDT) et en certains métaux, notamment en baryum qui provient fort probablement de la baryte utilisée au moment du forage. Les résultats présentés à la section 7 du présent document mettent également en évidence que le baryum peut être issu du shale d'Utica. Notons que pour tous les métaux et ions, les teneurs observées au Québec sont très en deçà des teneurs observées en Pennsylvanie. La raison peut en être que ce sont les eaux de formation, c'est-à-dire celles qui font résurgence pendant un certain temps une fois les eaux de reflux de fracturation remontées, qui, aux États-Unis, présentent les plus fortes concentrations (confirmé par plusieurs références). Au Québec, ces eaux ne se sont pas présentées jusqu'ici. Toutefois, les données du Québec sont encore trop limitées pour en être certain.

L'ensemble de ces constats confirme la nécessité d'implanter un traitement de ces eaux usées, notamment l'utilisation de techniques permettant l'enlèvement de composés organiques et inorganiques. Les filières de traitement les plus poussées présentées aux États-Unis incluent diverses étapes permettant l'enlèvement de chacune de ces composantes (annexe 10).

Certains des contaminants détectés au Québec ou aux États-Unis ont pour origine les intrants de fracturation, comme c'est le cas, par exemple, du triméthylbenzène. Ce contaminant n'a toutefois pas fait l'objet de la caractérisation au Québec. Par ailleurs, même si des ions sont ajoutés dans les intrants de fracturation et de forage, il apparaît que les concentrations importantes mesurées aux États-Unis, et confirmées par l'étude présentée au chapitre 7, proviennent du shale lui-même.

Parmi les contaminants précédemment mentionnés, ceux qui semblent les plus préoccupants pour le milieu aquatique en raison des concentrations mesurées (et sans tenir compte du volume d'eau usée rejeté à cette concentration et du milieu qui les recevrait) sont la charge organique mesurée par la DBO₅ et la DCO, le baryum, le fer, les nitrites, le plomb, le zinc, les hydrocarbures pétroliers et les chlorures.

Concernant les résultats de toxicité globale, les résultats de létalité aiguë obtenus pour les quatre échantillons prélevés à la fin de l'automne 2010 s'avèrent insuffisants pour caractériser adéquatement la toxicité potentielle de ces eaux usées, d'autant plus que les essais de toxicité létale ne permettent pas à eux seuls d'assurer la protection des organismes aquatiques du milieu récepteur. Une caractérisation complète de ces eaux usées, en complément au suivi de la toxicité sous-létale, est nécessaire afin de s'assurer d'une qualité de rejet permettant, une fois les eaux déversées dans le milieu, le développement et la croissance des organismes vivants. Une caractérisation de la toxicité globale des eaux usées gazières, avant et après traitement, devrait donc être incluse dans le suivi demandé à cette industrie.

Enfin, notamment en raison de la forme qu'a prise le développement de cette industrie aux États-Unis (jusqu'à 6 000 puits pour un seul État), il apparaît que si cette industrie venait à voir le jour au Québec, certains contaminants présents dans les eaux usées gazières devront être visés par une approche cumulative. Ceci s'explique par le fait que chacun des rejets pourrait être en soi non problématique localement, mais que l'ensemble de ces rejets pourrait le devenir. Rappelons que deux impacts majeurs liés à l'augmentation en ions dans les eaux de surface ont été observés dans les eaux de la Pennsylvanie, soit un changement de la flore aquatique et la production d'organohalogénés aux prises d'eau potable. Le rejet d'ions et possiblement d'un certain niveau de radioactivité pourrait de plus nécessiter l'ajout d'un suivi biologique pour vérifier si les exigences édictées pour les rejets sont suffisantes. Cette évaluation de l'impact cumulatif pourrait également inclure une évaluation de la vulnérabilité des prises d'eau potable aux solides dissous totaux, dont les chlorures et les bromures.

9. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

9.1. CONCLUSION

Les objectifs particuliers de la présente étude étaient :

- de fournir une banque d'information sur le danger intrinsèque des composés utilisés au Québec pour le forage ou la fracturation hydraulique, en particulier relativement à leurs effets potentiels sur le milieu aquatique;
- de dresser, pour le Québec, le portrait le plus complet possible de tous les contaminants susceptibles d'être générés par les procédés de forage ou de fracturation hydraulique, qu'ils soient ajoutés comme additifs, qu'ils en dérivent ou qu'ils soient d'origine naturelle.

Pour ce faire, plusieurs études ont été réalisées. Chacune d'elles a permis d'identifier, en plus des composés utilisés dans les intrants au Québec, les éléments d'origine naturelle et les produits transformés, lesquels sont susceptibles de se retrouver dans les eaux usées. Ce portrait a été complété par une évaluation de danger des composés à la base des intrants de fracturation.

Évaluation de danger des intrants de fracturation et de forage

La composition des 36 produits commerciaux recensés indique que 62 composés chimiques différents ont pu être utilisés dans l'une ou l'autre des 18 fracturations qui ont eu lieu au Québec. Au total, 54 de ces composés, dont la description chimique était suffisante, ont été évalués au regard de leur danger intrinsèque pour la faune et la flore aquatique. Leurs potentiels de toxicité, de persistance et de bioaccumulation dans les tissus des organismes aquatiques ont été pris en compte. Des essais réalisés au CEAEQ ont permis de compléter la majeure partie des informations manquantes.

La solution de pré-fracturation (*spearhead*), avant son utilisation, apparaît comme une solution très toxique pour l'environnement, car certains additifs y sont présents en concentrations très élevées, avant que toute dilution ou réaction intervienne (p. ex., l'acide chlorhydrique). Par conséquent, des précautions doivent être prises lors de la manipulation et de l'entreposage de ces produits pour limiter les fuites et les déversements susceptibles de ruisseler vers les eaux de surface ou les eaux souterraines.

Cependant, une fois injectés dans le puits, ces intrants peuvent réagir entre eux et avec le shale, et ils sont dilués au moment de l'étape de fracturation. Leur danger intrinsèque est alors fonction de leur toxicité, mais aussi de leur devenir et de leur dilution qui gouvernent leur concentration et leur charge résiduelle. De façon générale, selon les critères établis et les données disponibles, les composés les plus fréquemment utilisés dans la fracturation hydraulique se sont révélés pour la plupart relativement peu toxiques, non bioaccumulables et fortement dégradables. Le danger intrinsèque de ces substances une fois qu'elles auront réagi, qu'elles se retrouveront dans les eaux de reflux et qu'elles seront traitées est faible.

Suite à cette analyse, il demeure toutefois quelques composés plus préoccupants :

- Trois composés présentent à la fois des potentiels de persistance, de bioaccumulation et de toxicité. Il s'agit du solvant naphta aromatique lourd, de l'octaméthylcyclotétrasiloxane et du chlorure d'ammonium triméthylque

d'octadécyle. Parmi les composés étudiés, ces derniers présentent le danger intrinsèque le plus élevé;

- Deux autres composés présentent soit un potentiel de bioaccumulation dans les organismes aquatiques et de persistance dans l'environnement (distillats de pétrole C₉-C₁₆), soit un potentiel de toxicité et de persistance dans l'environnement (1,2,4-triméthylbenzène).

Cette évaluation de danger ne tient toutefois pas compte des volumes et des concentrations utilisées, ni des traitements appliqués. Cette évaluation permet d'indiquer qu'il faut porter une attention particulière à ces composés, si les volumes et concentrations utilisés le justifient. Les pistes envisageables pour s'assurer d'une absence d'impact lié à la présence de ces contaminants sont un suivi particulier du fluide de fracturation et de l'eau de reflux, une modification de l'intrant ou des résultats empiriques démontrant l'enlèvement de ces produits par les technologies de traitement prévues.

Des constats similaires peuvent être établis pour les additifs utilisés pour les forages. Plusieurs composés sont identiques ou similaires à ceux utilisés pour la fracturation, malgré une proportion plus grande d'additifs inorganiques. Parmi les cinq composés les plus préoccupants pour la fracturation, les distillats de pétrole se retrouvent aussi dans les intrants de forage. Une évaluation de danger de tous les additifs utilisés pour le forage n'a pas été réalisée; une information plus complète sur les produits et quantités utilisées serait nécessaire.

Une évaluation de danger des explosifs pouvant être utilisés pour la fracturation n'a pas non plus été réalisée. Toutefois, différentes formes d'azote, qui peuvent dériver de résidus d'explosifs, ont été suivies dans les eaux usées. Une information plus précise sur les quantités et les sortes d'explosifs utilisées serait nécessaire.

Portrait complet des contaminants

L'acidification préalable à la fracturation a pour effet de générer une très grande quantité de chlorures, dont la teneur devient suffisamment élevée pour nuire à la vie aquatique. Toutefois, l'étape de fracturation (*slickwater*) amène une dilution importante de ces concentrations. Certains produits de transformation des intrants de fracturation et de forage expliquent en partie la présence de ces ions dans les eaux de reflux. Par ailleurs, il apparaît que les concentrations importantes de chlorures et autres ions, mesurées aux Etats-Unis, proviennent du shale lui-même en raison de la présence d'eau de formation très saline dans le shale.

En excluant les ions, neuf composés présents dans les intrants de fracturation ont été détectés, soit dans les eaux usées en provenance du shale d'Utica, soit dans les eaux usées provenant du shale de Marcellus. Ce sont l'acide acétique, le chlore, l'isopropanol, le méthanol, le naphthalène, le propane-1,2-diol, le 1,2,4-triméthylbenzène, les dérivés d'acide benzènesulfonique et les hydrocarbures pétroliers. Au Québec, seuls les deux derniers composés ont été détectés dans les eaux usées, les autres, à l'exception du naphthalène, n'ayant pas été recherchés.

L'étude théorique sur les produits de dégradation montre que plusieurs sous-produits peuvent être formés, mais que ceux-ci seront difficilement quantifiables, soit parce qu'il n'existe pas actuellement de méthode d'analyse standard pour se faire, soit parce que leurs concentrations sont trop faibles pour être détectées, soit à cause des nombreuses interférences analytiques. Pour la plupart des composés identifiés dans l'étude, il existe peu de données dans la littérature sur leur toxicité ou leur biodégradabilité.

L'étude de simulation a permis de recréer les conditions de pression et de température qui prévalent lors d'une fracturation hydraulique afin d'étudier le comportement des composés chimiques utilisés dans les additifs. Les principales conclusions de l'étude sont les suivantes :

- Les études de simulation des conditions de fracturation à l'échelle laboratoire (section 6.2) et d'évaluation des contaminants d'origine naturelle (section 7) confirment la présence importante de contaminants dans les eaux de reflux provenant de la roche-mère soumise à une acidification dans la première étape d'une fracturation (SDT, phosphore, anions, cations, métaux);
- Le pH des solutions récupérées dans l'étude de simulation (étapes 1b, 2 et 3) se situe entre 6,6 et 7,8;
- Très peu de COV ont été détectés dans les différents extraits des essais en réacteur;
- Parmi les COSV détectés lors des essais, on note des phénols, des alcools benzyliques, des chlorophénols, des phtalates, des triméthylbenzènes, du naphthalène, du triéthylène glycol, du chlorure de triméthyl octadécyl ammonium et quelques hydrocarbures aromatiques polycycliques;
- Parmi les additifs utilisés, le nitrilotriacétate de sodium, le formaldéhyde, le diéthanolamine, le triéthanolamine et le bétaïne de cocamidopropyle ne subissent pas ou peu de transformation chimique. On les retrouve à la fin de la simulation dans les eaux usées à des concentrations beaucoup plus faibles en raison de la dilution à l'étape de la fracturation;
- Les alcools éthoxylés utilisés dans les additifs de fracturation ne réagissent pas et se retrouvent dans les eaux usées.

Les résultats de l'étude sur les contaminants d'origine naturelle confirment la nécessité de suivre les concentrations de plusieurs éléments qui peuvent être libérés par le shale d'Utica dans les eaux de reflux : le phosphore total, les solides dissous totaux, les chlorures, les fluorures, les cations, le fer, le manganèse, les métaux, en particulier le baryum, ainsi que l'uranium et le thorium par mesure de précaution.

Malgré que les données relatives aux caractérisations effectuées sur les eaux usées gazières au Québec ne soient que partielles, certains constats peuvent en être tirés. La composition des eaux usées gazières non traitées se caractérise de façon générale par :

- Des concentrations élevées en contaminants organiques, tels que le démontrent les résultats de DBO₅ et DCO;
- La présence de composés organiques, tels que les huiles et graisses, les hydrocarbures pétroliers (C₁₀-C₅₀) ainsi que quelques COV typiques de l'exploitation d'hydrocarbures et composés phénolés;
- La présence systématique d'azote ammoniacal et fréquente des autres formes d'azote. Celles-ci peuvent être en partie d'origine naturelle et en partie liée aux résidus des explosifs employés;
- Des teneurs élevées en ions (SDT) et en certains métaux, notamment en baryum qui provient fort probablement de la baryte utilisée au moment du forage. Les résultats présentés à la section 7 du présent document mettent également en évidence que le baryum peut être issu du shale d'Utica. Notons que pour tous les métaux et ions, les teneurs observées au Québec sont très en deçà des teneurs observées en Pennsylvanie;

- Plusieurs facteurs ont pu influencer la qualité des résultats de caractérisation obtenus, notamment le faible nombre d'échantillons, les méthodes analytiques et les techniques de prélèvement qui n'ont pas été uniformément appliquées, ainsi que les limites de détection des méthodes analytiques parfois trop élevées; malgré cela, les eaux usées gazières non traitées contiennent des concentrations en ions, métaux et azote suffisantes pour entraîner une toxicité sur les organismes aquatiques. En fonction des indicateurs retenus et selon les données partielles détenues, la DBO₅, le baryum, le fer, le plomb, le zinc, les chlorures, les nitrites et les hydrocarbures pétroliers (C₁₀-C₅₀) présentent des concentrations dans les eaux usées gazières suffisantes pour être nuisibles à court ou à moyen terme pour la vie aquatique. De plus, les teneurs et concentrations très élevées de conductivité, DCO, MES et SDT sont aussi susceptibles d'avoir un impact sur la vie aquatique. Ces résultats indiquent que les traitements et de bonnes pratiques ainsi que les suivis mis en place doivent viser, au minimum, tous ces contaminants.

Au Québec, l'activité volumique des eaux usées n'a pas été mesurée. Au vu des concentrations rapportées dans les eaux usées du shale de Marcellus et des résultats obtenus lors des études présentées aux sections 6.2 et 7, il apparaît prudent de procéder à la caractérisation des différents radionucléides. Le lithium et le strontium devraient également être ajoutés à la liste des métaux visés par un suivi régulier.

Concernant la toxicité globale des eaux usées non traitées, les quatre résultats de létalité aiguë obtenus à la fin de l'automne 2010 s'avèrent insuffisants pour caractériser adéquatement la toxicité potentielle de ces eaux, d'autant plus que les essais de toxicité létale ne permettent pas à eux seuls d'assurer la protection ou de prévoir les effets sur les organismes aquatiques du milieu récepteur. Un suivi de la toxicité globale est essentiel pour tenir compte :

1. de l'effet combiné de la présence de plusieurs contaminants dans l'effluent;
2. de la toxicité potentielle liée à la présence de composés résiduels non soupçonnés ou difficilement analysables par les méthodes usuelles;
3. de la toxicité de composés non documentés.

Une caractérisation complète de la toxicité globale de ces eaux incluant un suivi de la toxicité létale et sous-létale, sur plusieurs organismes sentinelles, doit faire partie du suivi régulier afin de s'assurer d'une qualité de rejet permettant, une fois les eaux déversées dans le milieu, le développement et la croissance des organismes vivants.

Une telle caractérisation devrait être réalisée sur les eaux usées non traitées et traitées de façon à permettre d'identifier les contaminants en cause. En effet, lorsque combinée à la caractérisation physicochimique, elle permet d'identifier les composés les plus susceptibles d'être la cause de la toxicité mesurée. Une étude d'identification de la toxicité et de réduction de la toxicité (EIT/ERT) peut alors être enclenchée pour, d'une part, identifier les contaminants à l'origine de cette toxicité et, d'autre part, déterminer les moyens pour l'éliminer (MEF, 1996; MDDEP, 2007).

9.2. RECOMMANDATIONS

Les données disponibles sur les eaux usées gazières et les études de simulation permettent de tirer des constats généraux, mais ne permettent pas de statuer avec certitude sur les caractéristiques des eaux usées de l'industrie du gaz de schiste au Québec. De fait, s'il y avait

développement de cette industrie au Québec, des campagnes de caractérisation, en conditions contrôlées, devraient être réalisées.

L'analyse des résultats de caractérisation des eaux usées gazières et les études de simulation avaient comme objectif de cibler les contaminants les plus préoccupants, entre autres pour valider la filière de traitement et le programme de suivi de ces substances si des activités reprenaient.

Plusieurs contaminants doivent être visés par un suivi régulier dans les eaux usées gazières. Il s'agit du pH, de la DBO₅, de la DCO, de toutes les formes d'azote (azote ammoniacal, nitrites et nitrates) et des solides dissous totaux, y compris les anions et cations qui les composent, incluant les bromures. L'étude de simulation et celle sur les contaminants d'origine naturelle indique que le phosphore devrait aussi être inclus dans ce suivi. Les résultats de caractérisation ainsi que les études de simulation corroborent le besoin du maintien d'un suivi régulier pour l'ensemble des métaux analysés, à de bonnes limites analytiques, de même que pour les BTEX et les triméthylbenzènes. Finalement, les hydrocarbures pétroliers incluant l'ensemble des formes d'hydrocarbures usuellement échantillonnés doivent faire l'objet de ce suivi régulier. La toxicité globale aiguë et chronique doit aussi faire partie d'un suivi régulier, et ce, tant qu'une toxicité serait mesurée. Il en va de même pour les éléments radioactifs.

Ces suivis devraient avoir lieu sur les eaux usées non traitées et sur les eaux traitées de manière à pouvoir déterminer les causes et vérifier l'efficacité d'enlèvement de tous les contaminants par les traitements mis en place.

Le manque de données de caractérisation pour certains contaminants ne permet pas de conclure à leur absence et de les éliminer d'un suivi. Toutefois, les données indiquent un plus faible risque de les retrouver. Ce sont les composés organiques volatils et semi-volatils, les substances phénoliques, le lithium, le strontium et les glycols. Les études théoriques et de simulation identifient aussi un certain nombre de composés dont la présence dans les eaux usées serait à vérifier le cas échéant.

Sur cette base, les composés suivants devraient faire l'objet d'un suivi exploratoire :

- les composés organiques volatils et semi-volatils, les substances phénoliques, le lithium, le strontium et les glycols ;
- les composés présents dans les intrants et détectés dans les eaux usées aux États-Unis qui ne sont pas déjà visés par le suivi régulier, soit l'acide acétique, le chlore résiduel, l'isopropanol, le méthanol, le naphthalène, le propane-1,2-diol et les dérivés d'acide benzènesulfonique;
- des familles de composés comme les acides organiques à courte chaîne, les aldéhydes et les alcools ainsi que les polyalcools amines (diéthanolamine, triéthanolamine), grâce au développement de méthodes pouvant les analyser à de très basses concentrations;
- le 2-cyano-2-oxo-acétamide ou son précurseur, le dibromo-3-nitrilopropionamide;
- les composés qui présentent une toxicité élevée et des potentiels de bioaccumulation et de persistance élevés, notamment le naphta aromatique lourd, l'octaméthylcyclotétrasiloxane et le chlorure d'ammonium triméthylque d'octadécyle.

L'ensemble de ces constats confirme la nécessité d'adopter une filière de traitement des eaux usées permettant l'enlèvement de composés organiques et inorganiques, si un rejet direct ou indirect à l'environnement était envisagé. Les filières de traitement les plus poussées présentées aux États-Unis incluent diverses étapes permettant d'enlever chacune de ces composantes (annexe 10).

Finalement, notamment en raison de la forme qu'a prise le développement de cette industrie aux États-Unis, il apparaît que si cette industrie venait à voir le jour au Québec, certains contaminants présents dans les eaux usées gazières devraient être visés par une approche tenant compte des effets cumulatifs. Ceci s'explique par le fait que chacun des rejets pourrait être en soi non problématique localement, mais que l'ensemble de ces rejets pourrait l'être. Rappelons que deux impacts majeurs liés à l'augmentation en ions dans les eaux de surface ont été observés dans les eaux de la Pennsylvanie, soit un changement de la flore aquatique et la production d'organohalogénés aux prises d'eau potable. Le rejet d'ions et possiblement d'un certain niveau de radioactivité pourrait de plus nécessiter l'ajout d'un suivi dans les milieux récepteurs (physico-chimique ou biologique) pour vérifier si les exigences édictées pour les rejets sont suffisantes. Cette évaluation de l'impact cumulatif pourrait également inclure une évaluation de la vulnérabilité des prises d'eau potable aux solides dissous totaux, incluant les chlorures et les bromures.

En résumé, ces études et la banque d'information qui en découle permettent au MDDEFP :

- de documenter et de connaître l'ensemble des contaminants pouvant être générés par le procédé et d'identifier ceux pour lesquels l'information est toujours insuffisante;
- de fournir cette liste aux professionnels de la santé qui participent à l'évaluation des risques de ces contaminants pour la santé humaine;
- de préciser les suivis qui devront, le cas échéant, être demandés par le MDDEFP afin de cibler les contaminants préoccupants;
- d'émettre des avis sur les produits employés, voire proscrire certains produits a priori si, au moment de la demande d'un certificat d'autorisation, les informations relatives aux composés qui ont un potentiel de toxicité élevée, de bioaccumulation et de persistance confirment qu'ils peuvent générer un risque pour l'environnement ou l'humain;
- de s'assurer de l'absence de substances ne pouvant être traitées par des technologies économiquement réalisables;
- de cibler le type de traitement envisageable selon la nature des contaminants;
- de prioriser les interventions en cas de déversements;
- de procéder à l'évaluation des risques liés à un rejet d'eau usée particulier avant la délivrance des certificats d'autorisation.

Finalement, selon la nature des intrants qui seraient employés pour une future fracturation hydraulique du shale d'Utica au Québec, une mise à jour de ces informations pourrait être nécessaire.

10. RÉFÉRENCES

- ALL CONSULTING. 2010. *NY DEC SGEIS Information Requests and Industry Responses*. Préparé pour l'Independent Oil and Gas Association, 356 p.
- ARNOT, J. ET F. GOBAS. 2006. « A review of bioconcentration factors (BCF) and bioaccumulation factors (BAF) assessments for organic chemicals in aquatic organisms ». *Environmental Review*, volume 14, n° 4, p. 257-297.
- BAPE – Voir Bureau d'audiences publiques sur l'environnement.
- BUREAU D'AUDIENCES PUBLIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT. 2011. *Développement durable de l'industrie des gaz de schiste au Québec*. Rapport d'enquête et d'audiences publiques n° 273, 323 p.
- BELCHER, M. ET M. RESNIKOFF. 2013. *Hydraulic Fracturing Radiological Concerns for Ohio*. 37 p.
- CÉES – Voir Comité de l'évaluation environnementale stratégique sur le gaz de schiste.
- CENTRE INTERUNIVERSITAIRE DE RECHERCHE SUR LE CYCLE DE VIE DES PRODUITS, PROCÉDÉS ET SERVICES. 2012. « Projet type concernant les activités liées au gaz de schiste au Québec – Document synthèse ». Évaluation environnementale stratégique, étude M-2, CIRAIG, École Polytechnique de Montréal, 51 p.
- CIRAIG – Voir Centre interuniversitaire de recherche sur le cycle de vie des produits, procédés et services.
- COMITÉ DE L'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE STRATÉGIQUE SUR LE GAZ DE SCHISTE. 2012. *Plan de réalisation de l'évaluation environnementale stratégique sur le gaz de schiste*. ISBN 978-2-550-64543-6 (PDF), 84 p.
- CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC. 2010a. *Détermination des sulfures : méthode colorimétrique avec le chlorure ferrique et l'oxalate du diméthyl-p-phénylène diamine, MA. 300 – S. 1.1, Rév. 4*. Québec : ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 18 p.
- CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC. 2010b. *Détermination des fluorures : méthode colorimétrique par distillation, MA. 300 – F. 1.2, Rév. 1*. Québec : ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 19 p.
- CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC. 2010c. *Détermination des solides dissous totaux et volatils : méthodes gravimétriques, MA. 115 – S.D. 1.0, Rév. 3*. Québec : ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 9 p.
- CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC. 2011a. *Détermination de la toxicité létale CL₅₀ 48 h, Daphnia magna, MA. 500 – D.mag. 1.1, Rév. 1*. Québec : ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 18 p.

- CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC. 2011b. *Détermination de la toxicité : inhibition de la croissance chez l'algue Pseudokirchneriella subcapitata, MA. 500 – P.sub. 1.0, Rév. 2.* Québec : ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 21 p.
- CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC. 2011c. *Détermination de l'azote Kjeldahl et du phosphore total : digestion acide – méthode colorimétrique automatisée, MA. 300 – NTPT. 2.0.* Québec : ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 15 p.
- CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC. 2012a. *Détermination des anions : méthode par chromatographie ionique, MA. 300 – Ions. 1.3, Rév. 1.* Québec : ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 16 p.
- CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC. 2012b. *Détermination des métaux : méthode par spectrométrie de masse à source ionisante au plasma d'argon, MA. 200 – Mét. 1.2, Rév. 2.* Québec : ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 34 p.
- CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC. s.d. *Détermination des composés organiques semi-volatils dans l'eau : dosage par chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse, MA. 403 – COSV 1.1.* Québec : ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, non publiée.
- CHRISTIE, C. 2012. *Disposal of Produced Water from oil and Gas Exploration: Environmental Impacts on Waterways in Western Pennsylvania.* 53 p.
- COLBORN, T. ET AL. 2011. « Natural Gas Operations from a Public Health Perspective ». *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, volume 17, n° 5, p. 1039-1056.
- CRIQ – voir Centre de recherche industrielle du Québec.
- CENTRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE DU QUÉBEC. 2013. « Détermination de la biodégradabilité de huit produits ». Rapport technique, Québec, 12 p. + annexes.
- DE VAUFLEURY, A., ET GOMOT, L. 2004. Bioaccumulation et biomagnification dans la faune terrestre. Evaluation des risques pour les écosystèmes- Expériences françaises et québécoises sur la mise en oeuvre des méthodes et des outils. Recueil des interventions- Journée d'information et d'échanges 17 mars, ADEME, Paris. 8p.
- ENVIRONNEMENT CANADA. 1990 (mis à jour 2007). « Méthode d'essai biologique : essai de létalité aiguë sur la truite arc-en-ciel, SPE 1/RM/9 ». 71 p.
- EPA – Voir U.S. Environmental Protection Agency.
- GOODFELLOW ET AL. (US EPA), 2000. *Major ion toxicity in effluents : a review with permitting recommendations*, Environmental toxicology and chemistry, Vol. 19, No. 1, pp. 175-182.
- GOUVERNEMENT DU CANADA. 2000. *Règlement sur la persistance et la bioaccumulation.* Gazette du Canada, Partie II, vol. 134, n° 7, DORS/2000-107, 23 mars 2000, p. 607-608.

GOUVERNEMENT DU CANADA. 1995. « Politique de gestion des substances toxiques ». Environnement Canada, Gouvernement du Canada. En ligne. <<http://www.ec.gc.ca/toxics/fr/policy.cfm>>.

HAYES, T. 2009. *Sampling and Analysis of Water Streams Associated with the Development of Marcellus Shale Gas*. Final Report, Gas Technology Institute, 249 p.

HALUSZCAK, L.O., ROSE, A.W., KUMP, L.R., "Geochemical evaluation of flowback brine from Marcellus gas wells in Pennsylvania, USA", *Appl. Geochem.* (2012). <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeochem.2012.10.002>

IARC – Voir International Agency For Research On Cancer.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. 2006. « IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans – Preamble ». World Health Organization, Lyon (France), 27 p.

KIVIAT, E. 2013. « Risks to biodiversity from hydraulic fracturing for natural gas in the Marcellus and Utica shales ». *Annals of the New York Academy of Sciences*, volume 1286, *The Year in Ecology and Conservation Biology*, p. 1-14.

LESSARD, J. 2013. « Analyse des sous-produits de dégradation chimique des substances utilisées dans les fluides de fracturation hydraulique ». Rapport technique réalisé dans le cadre de l'évaluation environnementale stratégique, Université de Sherbrooke, Département de chimie, 55 p.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE (MEF). 1996. *Guide d'évaluation et de réduction des toxiques*. Québec : ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction du suivi de l'état de l'environnement, 66 p.

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP). 2007. *Calcul et interprétation des objectifs environnementaux de rejet pour les contaminants du milieu aquatique, 2^e édition*. Québec : ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-49172-9 (PDF), 57 p. + 4 annexes.

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP). 2009 (mis à jour en avril 2012). *Critères de qualité de l'eau de surface*. Québec : ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-64798-0 (PDF), 510 p. + 16 annexes.

NATIONS UNIES. 2011. « Système général harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques (SGH) ». Nations Unies, New York, 4^e version révisée, 262 p. + annexes.

NYSDEC – Voir New York State Department of Environmental Conservation.

NEW YORK STATE DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL CONSERVATION. 1999. *An Investigation of Naturally Occurring Radioactive Materials (NORM) in Oil and Gas Wells in New York State*. New York state department of environmental conservation. 86 p.

NEW YORK STATE DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL CONSERVATION. 2011. *Revised Draft Supplemental Generic Environmental Impact Statement on the Oil, Gas and Solution*

Mining Regulatory Program – Well Permit Issuance for Horizontal Drilling and High-Volume Hydraulic Fracturing to Develop the Marcellus Shale and Other Low-Permeability Gas Reservoirs. 1537 p.

OCDE – Voir Organisation de coopération et de développement économique.

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE. 1981. « Ligne directrice de l'OCDE pour les essais de produits chimiques – Biodégradabilité dite intrinsèque : essai MITI modifié (II), 302 A ». 22 p.

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE. 1981. « Ligne directrice de l'OCDE pour les essais de produits chimiques – Biodégradabilité dite intrinsèque : essai MITI modifié (II), 302 B ». 22 p.

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE. 1981. « Ligne directrice de l'OCDE pour les essais de produits chimiques – Biodégradabilité dite intrinsèque : essai MITI modifié (II), 302 C ». 22 p.

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE. 1992. « Ligne directrice de l'OCDE pour les essais de produits chimiques – Biodégradabilité facile, 301 ». 63 p.

OSPAR COMMISSION. 2012. « List of Substances Used and Discharged Offshore which Are Considered to Pose Little or No Risk to the Environment (PLONOR) ». Revised at OIC 2013. OSPAR Commission Agreement 2013-06, 10 p.

PALMERTON GROUP. 2009. « Pennsylvania Department of Environmental Protection (PADEP) Frac and Flowback Water Analytical Data ». Environmental consulting services.

PEIJNENBURG, W.J.G.M., ET AL. 1997, *A conceptual framework for implementation of bioavailability of metals for environmental management purposes*, *Ecotoxicology and environmental safety*, 37, 163-172.

RESNIKOFF, M, E. ALEXANDROVA ET J. TRAVERS. 2010. *Radioactivity in Marcellus Shale*. Radioactive Waste Management Associates, 14 p.

ROWAN, E.L. ET AL. 2011, *Radium content of oil- and gas-field produced waters in the northern Appalachian Basin (USA)—Summary and discussion of data*: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2011–5135. 31 p.

URS CORPORATION. 2009. *Water-related issues associated with gas production in the Marcellus shale*. NYSERDA Contract PO Number 10666, 92 p.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 2004. « Evaluation of impacts to underground sources of drinking water by hydraulic fracturing of coalbed methane reservoirs ». EPA/816-R-04-003, Washington, DC, 424 p.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 2005. « Guidelines for carcinogen risk assessment ». EPA/630/P-03/001F, Washington, DC, 166 p.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 2009. « Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories ». EPA 822-R-09-011, Office of Water, Washington. DC. 18p.

- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 2010. « Hydraulic fracturing research study ». EPA/600/F-10/002, Washington, DC, 2 p.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 2011. « Plan to study the potential impacts of hydraulic fracturing on drinking water resources ». EPA/600/R-11/122, Washington, DC, 174 p.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 2012. « Study of the potential impacts of hydraulic fracturing on drinking water resources – Progress report ». EPA/601/R-12/011, Washington, DC, 262 p.
- U.S. HOUSE OF REPRESENTATIVES. 2011. « Chemicals used in Hydraulic Fracturing ». Committee on Energy and Commerce, 30 p.
- VENGOSH, A. ET AL. 2013. « The effects of shale gas exploration and hydraulic fracturing on the quality of water resources in the United States ». *Procedia Earth and Planetary Science*, volume 7, p. 863-866.

ANNEXE 1 - Liste des composés présents dans les intrants utilisés au Québec (entre 2007 et 2011) pour la fracturation hydraulique et leur fonction

Tableau 1 – Liste des composés présents dans les intrants utilisés au Québec (entre 2007 et 2011) pour la fracturation hydraulique et leur fonction

Nom de la substance	Fonction*	CAS
Acide acétique	Antitartre, tampon acide	64-19-7
4-Éthyl-1-octyn-3-ol	Inhibiteur de corrosion	5877-42-9
Copolymère d'acrylamide	Antitartre, réducteur de friction	38193-60-1
Copolymère d'acrylamide et d'acrylate	Antitartre, réducteur de friction	—
Alcool	Surfactant	—
Alpha-alcènes, C > 10	Inhibiteur de corrosion	64743-02-8
Alcoxylates d'alkyle	Surfactant	—
Chlorure d'ammonium	Agent de contrôle du pH, antitartre	12125-02-9
Dérivé de sulfonate de benzène	Additif acide	147732-60-3
Dérivés d'acide benzosulfonique, C ₁₀₋₁₆	Additif acide	68584-22-5
Carbonate de potassium	Contrôle de pH	584-08-7
Bétaine de cocamidopropyle	Stabilisateur d'argile/tampon acide /surfactant	61789-40-0
Huile de ricin éthoxylé	Stimulateur de reflux	61791-12-6
Chlore	Fluide de stimulation	7782-50-5
Composé d'acide gras et d'huile de tall	Inhibiteur de corrosion	68188-40-9
1,2-Ethanediaminium,N1,N2-bis[2-[bis(2-hydroxyethyl)methylammonio]ethyl]-N1,N2-bis(2-hydroxyethyl)-N1,N2-dimethyl-,chloride (1:4)	Stabiliseur d'argile/tampon acide /surfactant	138879-94-4
2,2-Dibromo-3-nitripropionamide	Biocide	10222-01-2
Diéthanolamine	Agent interrupteur	111-42-2
Distillats de pétrole (C ₉ -C ₁₆) (2x)	Réducteur de friction, épaississant	64742-47-8
Dipropylène glycol	Antitartre, additif acide	25265-71-8
Éthanolamine	Antitartre	141-43-5
Alcools éthoxylés, C ₁₂ -C ₁₅	Stimulateur de reflux, surfactant	68131-39-5
Alcools éthoxylés, ramifiés	Anti émulsifiant	78330-19-5
Alcools éthoxylés C ₁₄ -C ₁₅	Inhibiteur de corrosion	68951-67-7
2-Butoxy éthanol	Surfactant, réducteur de tension de surface, agent acidifiant	111-76-2
Nonyl phénol éthoxylé	Surfactant	9016-45-9
Esters d'acides gras	Réducteur de friction	91744-20-6
Formaldéhyde	Antitartre, anticorrosion, agent acidifiant	50-00-0
Formamide	Agent acidifiant	75-12-7
Acide formique	Inhibiteur de corrosion	64-18-6

Nom de la substance	Fonction*	CAS
Glycol	Surfactant	—
Solvant Naphta aromatique lourd	Inhibiteur de corrosion	64742-94-5
Huiles de base de faible toxicité	Anti-émulsifiant, agent gélifiant, agent interrupteur	—
Chlorure d'hydrogène	Agent acidifiant	7647-01-0
Propane-2-ol	Inhibiteur de corrosion, anti émulsifiant, stimulateur de reflux, agent acidifiant, fluide de stimulation	67-63-0
d-Limonène	Stimulateur de reflux, surfactant	5989-27-5
Méthanol	Anticorrosion, agent acidifiant	67-56-1
Naphtalène	Inhibiteur de corrosion	91-20-3
Amino triacétate de sodium	Agent séquestrant du fer	18662-53-8
Chlorhydrate de N,N-diméthyl-octadécylamine	Surfactant	1613-17-8
N,N-Diméthyl-octadécylamine	Surfactant	124-28-7
Octaméthylcyclotétrasiloxane	Anti-émulsifiant (anti-foamer)	556-67-2
Résines alkylphénoliques oxyalkylées	Inhibiteur de corrosion	68891-11-2
Propanediamine-2-substitué,-1,3-di-chlorure d'hexaalkyle	Stabilisateur d'argile (peu utilisé)	
Mélange de polysaccharide	Épaississant (viscosifier)	—
Prop-2-yne-1-ol	Inhibiteur de corrosion	107-19-7
Propane-1-ol	Agent de réticulation (crosslinker) surfactant, anti-émulsifiant	71-23-8
Propane-1,2-diol	Stimulateur de reflux	57-55-6
Dérivés de quinoline	Inhibiteur de corrosion	72480-70-7
Hydroxyde de sodium	Fluide de stimulation	1310-73-2
Hypochlorite de sodium	Anti émulsifiant, fluide de stimulation, agent interrupteur	7681-52-9
Persulfate de sodium	Breaker (agent interrupteur)	7775-27-1
Xylène sulfonate de sodium	Surfactant	1300-72-7
Acide d'huile de tall	Inhibiteur de corrosion acide	61790-12-3
Terpène	Surfactant	—
Polymère de thiourée	Inhibiteur de corrosion, surfactant	68527-49-1
Triéthanolamine	Anti émulsifiant, surfactant, agent interrupteur	102-71-6
Triéthylène glycol	Stimulateur de reflux, Antibactérien	112-27-6
Éthylène glycol	Antitartre, agent de réticulation, réducteur de friction, agent gélifiant	107-21-1
1,2,4-Triméthylbenzène	Inhibiteur de corrosion	95-63-6
Chlorure d'ammonium triméthylque d'octadécyle (ammonium quaternaire)	Stabilisateur d'argile, surfactant, tampon acide	112-03-8

Nom de la substance	Fonction*	CAS
Complexe de zirconium Zirconium, 1,1'-((2-((2-hydroxyethyl)(2-hydroxypropyl)amino)ethyl)imino)bis(2-propanol) complexes	Agent de réticulation	197980-53-3

*Un composé chimique peut avoir différentes fonctions

#	PRÉSENTATION DES COMPOSÉS						ÉCOTOXICITÉ ET CANCÉROGÉNÉCITÉ					DEVENIR ENVIRONNEMENTAL							
	Nom des composés en anglais	Nom des composés en français	CAS Structures moléculaires	Classe	Description des composés (Organique/Inorganique) (Utilisations: FH et autres)	Critères de qualité par usage (MDDEFP) (mg/L)	Données écotoxicologiques usuelles	Conc. (en mg/L)	Sources	Produits de dégradation ou de réaction	Cancéro-génicité ⁽¹⁾ (humain)	Propriétés physiques et chimiques (Log Koe, Koc, Pression de vapeur (PV) et solubilité dans l'eau)			Interprétation des propriétés physiques et chimiques		Biodégradation		Dégradation abiotique (photolyse, hydrolyse)
												Propriétés	Données	Sources			Aérobie	Anaérobie	
8	Ammonium chlorure	Chlorure d'ammonium	12125-02-9 NH4Cl	Composés inorganiques	Inorganique FH: Antitartre Se retrouve naturellement dans les crevasses des volcans (HSDB).	(CVAC: azote ammoniacal)	C. dubia CL50 48h: 0,28 à 3,08 D. magna CL50 48h: 0,39 à 161 O. mykiss CL50 96h: 0,056 à 161 P. promelas CL50 96h: 0,190 à 254 C. dubia CME0 7j: 0,7 à 4,22 CSEO 7j: 0,68 à 8,49 P. promelas CSEO 7j: 0,262 à 0,666 CSEO 28j: 11,8 CSEO 30j: 0,049 à 12,33 P. subcapitata Cl25 >3j:		(AQUIRE) (OCDE SIDS) (AQUIRE) (AQUIRE) (AQUIRE) (AQUIRE) (OCDE SIDS) (AQUIRE)	Formation d'azote ammoniacal. Se transforme rapidement en nitrites et nitrates en présence d'oxygène. NH4 transformé en NO3 par nitrosomonas et nitrobacter en présence d'O2. (SOURCE?)	CIRC: Pas listé IRIS: Pas listé	Log Koe : Ne peuvent être mesurés expérimentalement, mais attendu d'être très bas (OCDE SIDS). Solubilité-eau: 372 000 mg/L à 20°C (HSDB) PV : 1 mm Hg à 160,4°C (HSDB) Koc : NA	Log Koe	Pas de données puisque que le NH4+ et/ou NH3- et le Cl- sont des composés communs retrouvée dans les organismes vivants (OCDE SIDS).	Des données quantitatives ne sont pas disponibles, il est connu que l'ammoniac (NH3 ou NH4) est rapidement minéralisé en ion nitrite (NO2-) par plusieurs espèces de bactéries telles que Nitrosomonas europea, Nitrosococcus, Nitrosospir (OCDE SIDS).			Photodégradation Non probable (OCDE SIDS).	
													Sédiment	Fortes solubilités. Ce composé se dissocie en ion NH4 et/ou NH3 et Cl- dans l'eau. Les ions présents dans l'eau varient selon le pH et la température (OCDE SIDS).				Hydrolyse	
														Volatilisation					
9	Benzène sulphonate derivative	Dérivé de sulfonate de benzène	147732-60-3 Voir Surfactants anioniques	Surfactants anioniques	Organique FH: Additif pour acide Nom commercial: DOWFAX® DRY HYDROTROPE POWDER (ESIS). Mélange de : Disulfonate disodique d'éther d'hexyldiphényle (ESIS).	CVAC: 0,04	C. dubia CL50 48h: 47 D. magna CL50 48h: 47 O. mykiss CL50 96h: 13 P. promelas CL50 96h: 13 C. dubia Cl25 >7j: 55 - 220 P. promelas Cl25> 7j: 10 P. subcapitata CE50 72h: 22 CSEO 72h inhibition de croissance CSEO 72h réduction du taux de croissance		(IUCLID) (NICNAS, 1999) (NICNAS, 1999) (HPVIS) (IUCLID) (NICNAS, 1999)	CIRC: Pas listé IRIS: Pas listé Pas listé comme cancérigène par STP ET OSHA (MSDS_Nowfer10).	Log Koe : -3,5 à 0,6 (HPVIS) FBC : Solubilité-eau : >100 000 mg/L à 25°C (HPVIS) PV : 0,0015 mm Hg à 20°C (HPVIS) Koc : entre 0 et 12,3 (NICNAS, 1999)	Log Koe		OCDE 301E - Rapidement biodégradable - 63,3% en 19j (NICNAS, 1999).			Photodégradation Demi-vie: 13h (HPVIS).		
													Sédiment					Hydrolyse Peu probable (HPVIS).	
															Volatilisation				
10	Benzenesulphonic acid, C10-16 alkyl derivatives	Dérivés d'acide benzosulfonique, C10-16 Acide benzenesulfonique, dérivés alkyles en C10-16	68584-22-5 Voir Alkylbenzènes linéaires (ABL)	Surfactants anioniques	Organique FH: Additif pour acide Ce composé est répertorié sous le SDA (Soap and Detergent Manufacturers Association) : Nom: C10-C16 alkyl benzene sulfonic acid et porte le SDA Reporting Number 15-080-00 (ESIS).	Alkylbenzène linéaire: VAFe: 0,013 CVAA: 0,0063 CVAC: 0,006	C. dubia CE50 48h: 5,65 D. magna CL50 48h: 2,9 à 5,2 O. mykiss CL50 96h: 3 P. promelas CL50 96h: 3 C. dubia Cl25 >7j: 170 P. promelas Cl25> 7j: 170 P. subcapitata CE50 4j:		(AQUIRE) (HPVIS) (IUCLID) (HPVIS)	CIRC: Pas listé IRIS: Pas listé	Log Koe : 2 (IUCLID, HPVIS) FBC : Solubilité-eau : 400 000 mg/L (HPVIS) PV : 2,17 x 10 ⁻¹¹ mm Hg à ??°C Koc :	Log Koe		OCDE 301A - Rapidement Biodégradable - 94 % biodégradé en 28j (HPVIS). OCDE 301B - Rapidement Biodégradable - 80% biodégradé en 28j (IUCLID).			Photodégradation		
															Sédiment				Hydrolyse
															Volatilisation	Non volatil à partir de la surface de l'eau (HSDB).			Photolyse
																			Hydrolyse ABL stable dans l'eau (HPVIS).
11	Carbonic acid, dipotassium salt (EC, 2011)	Carbonate de potassium	584-08-7 CH2O3.2K	Composés inorganiques	Inorganique FH: Contrôle de pH Utilisé dans la composition de fongicide, d'herbicide, de microbicide et ajusteur de pH (PAN).		C. dubia CL50 48h: 630 D. magna CL50 48h: 650 O. mykiss CL50 96h: <510 P. promelas CL50 96h: <510 C. dubia Cl25 >7j: <510 P. promelas Cl25> 7j: <510 P. subcapitata Cl25 >3j: <510		(AQUIRE) (AQUIRE) (AQUIRE)	CIRC: Pas listé IRIS: Pas listé	Log Koe : NA FBC : NA Solubilité-eau: 820 000 à 1 120 000 mg/L (IUCLID) à 20°C PV : Koc : NA	Log Koe					Photodégradation		
														Sédiment				Hydrolyse Composé très soluble et rend basique une solution. En solution, il forme de l'hydroxyde de potassium. Dans une solution acide, il forme du dioxyde de carbone et du sel de potassium.	

#	PRÉSENTATION DES COMPOSÉS						ÉCOTOXICITÉ ET CANCÉROGÉNÉCITÉ					DEVENIR ENVIRONNEMENTAL						
	Nom des composés en anglais	Nom des composés en français	CAS Structures moléculaires	Classe	Description des composés (Organique/inorganique) (Utilisations: FH et autres)	Critères de qualité par usage (MDDEFP) (mg/L)	Données écotoxicologiques usuelles	Conc. (en mg/L)	Sources	Produits de dégradation ou de réaction	Cancérogénicité ⁽¹⁾ (humain)	Propriétés physiques et chimiques (Log Koe, Koc, Pression de vapeur (PV) et solubilité dans l'eau)			Interprétation des propriétés physiques et chimiques	Biodégradation		Dégradation abiotique (photolyse, hydrolyse)
												Propriétés	Données	Sources		Aérobie	Anaérobie	
12	Cocamide propyl betaine	Bétaine de cocamidopropyle Propanaminium-1, amino-3 N- (carboxyméthyl) N,N-diméthyl-, dérivés N-acyles de coco, hydroxydes, sels internes	61789-40-0		Organique FH: Clay control/low pH buffer/surfactant Surfactant synthétique dérivé de huile de noix de coco et de diméthylaminopropylamine utilisé dans les shampoings, les savons à main, les revitalisants et dans les cosmétiques (Wikipédia).	C. dubia CL50 48h: D. magna CE50 48h: O. mykiss CL50 96h: C. dubia CI25 >7j; P. promelas CI25> 7j; P. subcapitata CI25 >3j; O. mykiss CSEO 28j; CMEQ 28j;	6,4 - 100	(HPVIS; IUCLID)		CIRC: Pas listé IRIS: Pas listé	Log Koe : FBC : Solubilité-eau : 50 000 mg/L à 20°C PV : Koc :	(IUCLID) (HPVIS)	Log Koe Sédiment Volatilisation	Possède les propriétés d'un surfactant, il va s'accumuler dans les interfaces entre les phases hydrophobiques et hydrophiliques plutôt que de rester en équilibre entre les deux phases (HPVIS). Ce composé est une molécule large et complexe avec une longue chaîne d'hydrocarbures qui n'est pas volatile (HPVIS).	OCDE 301D -Rapidement biodégradable- 84% biodégradé en 20j (IUCLID).	"Guideline for Screening of Chemicals for Anaerobic Biodegradability" Auteur: European chemical industry toxicology, 1989 (pas accès au document) Inoculum: Boue anaérobie 43% +/- 17,9% biodégradé en 42j (IUCLID).	Photodégradation Hydrolyse	
13	Castor oil ethoxylated	Huile de ricin éthoxylé	61791-12-6		Organique FH: Stimulateur de reflux Adjuvant, savon/surfactant (PAN).	AQUIRE Aucune donnée C. dubia CE50 48h: O. mykiss CL50 96h:	1408 987	(CEAEQ, 2012) (CEAEQ, 2012)		CIRC: Pas listé IRIS: Pas listé	Log Koe : FBC : Solubilité-eau : 3 mg/L PV : Koc : <0,1 mm Hg à 20°C	(CTSA, 1994). (CTSA, 1994).	Log Koe Sédiment Volatilisation	Les courtes chaînes éthoxylées peuvent s'adsorber aux sédiments et aux solides en suspension (CTSA, 1994).	Rapidement biodégradable 100% biodégradé en 28j (composé testé (CRIQ GQ)) Biodegradation rapide en eau de surface. 100 % d'enlèvement prévu dans les eaux usées traitées (CTSA, 1994).		Photodégradation Hydrolyse	
14	Chlorine	Chlore	7782-50-5 Cl2		Inorganique FH: Fluide de stimulation Microbiocide, traitement d'eau (PAN).	C. dubia CL50 48h: D. magna CL50 48h: O. mykiss CL50 96h: P. promelas CL50 96h: C. dubia CI25 >7j; P. promelas CI25> 7j; P. subcapitata CI25 >3j;	0,085 à 0,150 0,014 à 0,291 0,08 à 0,35	(AQUIRE; PAN) (AQUIRE; PAN) (IUCLID)	Formation d'organochlorés en présence de matières organiques.	CIRC: Gr 3, non classifiable quant à sa cancérogénicité IRIS: Non déterminé	Log Koe : FBC : Solubilité-eau : 6 300 mg/L à 25°C PV : Koc : NA NA 5830 mm Hg à 25°C NA	(HSDB) (HSDB)	Log Koe Sédiment Volatilisation				Photodégradation Demi-vie (air et eau) : < 6h (IUCLID). Hydrolyse	
15	Complex alkylaryl polyo-ester ou Tall oil fatty acid	Composé d'acide gras et d'huile de tall	68188-40-9	Acides carboxyliques	Organique FH: Anticorrosion	Toxicité dans les poissons (CL50 en mg/L) prédit par PNN 1,91441 (OCDE LIS).				CIRC: Pas listé IRIS: Pas listé	Log Koe : FBC : Solubilité-eau : PV : Koc :		Log Koe Sédiment Volatilisation	Bioaccumulable (OCDE LIS).			Photodégradation Hydrolyse	
	ou Fatty acids, tall oil reaction products w/ acetophenone, formaldehyde & thiourea (NYSDEC, 2011)	Tall Oil (anglais) Tallol (français)	8002-26-4	-	Organique Combinaison complexe de cotéphane de tallol et d'acides gras dérivés de l'acidulation du savon de tallol brut, et contenant ce même composé sous une forme requérant un raffinage complémentaire. Contient au moins 10% de cotéphane (ESIS).	C. dubia CL50 48h: D. magna CE50 48h: O. mykiss CL50 96h: P. promelas CL50 96h: C. dubia CI25 >7j; P. promelas CI25> 7j; P. subcapitata CE50 3j;	39,7	(IUCLID)		CIRC: IRIS: Pas listé	Log Koe : FBC : Solubilité-eau : PV : Koc : 3,2 - 5,4 (pH 7,5) 6,1 - 8,2 (pH 2) Insoluble Koc :	(IUCLID) (IUCLID) (IUCLID)	Log Koe Sédiment Volatilisation		OCDE 301D -Rapidement biodégradable - 71% biodégradé en 28 jours (IUCLID).			
16	Complexe polyamine sals	Ethanediaminium,N 1,N2-bis[2-[bis(2-hydroxyethyl)methylammonio]ethyl]-N1,N2-bis(2-hydroxyethyl)-N1,N2-dimethyl-chloride (1.4), 1.2-	138879-94-4	-	Organique FH: Clay control/low pH buffer/surfactant	L'étude de la structure moléculaire de ce composé permet de voir qu'il possède beaucoup de groupements fonctionnels ce qui augmente la possibilité et l'accessibilité aux organismes de réagir avec lui. De plus amples informations seraient nécessaires pour mieux évaluer le danger potentiel de ce composé.				CIRC: IRIS: Pas listé	Log Koe : FBC : Solubilité-eau : PV : Koc :		Log Koe Sédiment Volatilisation		-	-	-	

#	PRÉSENTATION DES COMPOSÉS						ÉCOTOXICITÉ ET CANCÉROGÉNÉICITÉ					DEVENIR ENVIRONNEMENTAL							
	Nom des composés en anglais	Nom des composés en français	CAS Structures moléculaires	Classe	Description des composés (Organique/inorganique) (Utilisations: FH et autres)	Critères de qualité par usage (MDDEFP) (mg/L)	Données écotoxicologiques usuelles	Conc. (en mg/L)	Sources	Produits de dégradation ou de réaction	Cancéro génicité ⁽¹⁾ (humain)	Propriétés physiques et chimiques (Log K _{ow} , K _{oc} , Pression de vapeur (PV) et solubilité dans l'eau)			Interprétation des propriétés physiques et chimiques		Biodégradation		Dégradation abiotique (photolyse, hydrolyse)
												Propriétés	Données	Sources	Aérobic	Anaérobic			
17	Dibromo-3-nitropropionamide, 2,2- (biocide)	Dibromo-2-cyanoacétamide, 2,2- (biocide)	10222-01-2 C3H2Br2N2O	Dérivés d'amides	Organique Composé de conservation (fibre, cuire, caoutchouc et matériaux polymérisés (HSDB; ESIS) et un microbicide (PAN).	VAF: 0.14 CVAA: 0.071 CVAC: 0.0078	C. dubia CL50 48h: D. magna CE50 48h: O. mykiss CL50 96h: P. promelas CL50 96h: 0,86 à 2,5 1 à 8,2 (AQUIRE; PAN) (AQUIRE; PAN; MDEQ) (AQUIRE; PAN)	28,8 à 160 55 à 306 (AQUIRE) (AQUIRE)	Produits de dégradation : à haute température: Bromure de cyanogène, dibromo-acétonitrile, bromure d'hydrogène, brome et Nox (MSDS, accepta).	CIRC: Pas listé IRIS: Pas listé	Log K _{ow} : 0,8 (HSDB) FBC: 2,4 (HSDB) Solubilité-eau: 15 000 mg/L (HSDB) PV: 0,0009 mm Hg à 25°C (HSDB) Koc: 65 (HSDB)	Log K _{ow} Sédiment Volatilisation	Faible potentiel de bioaccumulation (HSDB). Adsorption non probable aux sédiments et aux solides en suspension (HSDB). Non volatil (HSDB). La PV indique que ce composé existe principalement sous forme de vapeur dans l'atmosphère ambiante.	Demi-vie (milieu aquatique anaérobie): < 4h (HSDB). Selon ECHA, une demi-vie <16 j correspond à un composé rapidement biodégradable . S'hydrolyse rapidement dans l'eau en produit de dégradation qui continue à être dégradé par des organismes aquatiques aérobies et anaérobies (EPA, R.E.D.).	Demi-vie (milieu aquatique anaérobie): < 4h (HSDB).	Photodégradation Hydrolyse Plus le pH est basique plus la demi-vie diminue (HSDB). Demi-vie: < 5h (EPA, R.E.D.).			
	Dibromo-3-nitropropionamide, glycol	20 % de DBNPA	10222-01-2 (DBNPA)			Info écotox. ingrédient (10222-01-2) de Accepta 2028 (2004) C. dubia CL50 48h: D. magna CL50 48h: O. mykiss CL50 96h: P. promelas CL50 96h: 1,2 mg/L (MSDS Accepta 2028, 2004); 0,66 mg/L (FS_DOW, 2011) 1 mg/L (MSDS Accepta 2028, 2004; FS_DOW, 2011) 1,4 mg/L (MSDS Accepta 2028, 2004)				CIRC: Pas listé Pas listé dans ACGIH, CIRC ET NTP (MSDS_ACC#03949)		Log K _{ow}		OCDE 301A (old version) - Rapidement biodégradable - 97% biodégradé en 5j (IUCLID). OCDE 301D - Rapidement biodégradable - 88% biodégradé en 20j (IUCLID).		Photodégradation			
18	Diethanolamine	Diéthanolamine	111-42-2 C4H11NO2	Amines	Organique FH: Breaker Utilisé dans certains savons, shampoings, cosmétiques, détergents, produits lubrifiants de plusieurs machines de construction et de métallurgie (HSDB).		28,8 à 160 55 à 306 (AQUIRE) (AQUIRE)	100 à 4 710 (AQUIRE; PAN)		CIRC: Gr 2B IRIS: Pas listé	Log K _{ow} : -1,43 (HSDB) FBC: < 1 (HSDB) Solubilité-eau: 95 400 mg/L à 20°C (IUCLID) PV: 0,00015 mm Hg à 25°C (HSDB) Koc: 4 (HSDB)	FBC Sédiment Volatilisation	Faible potentiel de bioaccumulation (HSDB). "Protonated DEA" peut s'adsorber aux matières humiques et aux sédiments (HSDB). Volatilisation non probable (HSDB). La PV indique que ce composé existe principalement sous forme de vapeur dans l'atmosphère ambiante (HSDB).			Hydrolyse			
19	Distillates, pétroleum, hydrotreated light ou Kérosène	Distillats de pétrole (C9-C16) (2x)	64742-47-8	Dérivés du pétrole	Organique FH: Réducteur de friction, épaississant (viscofier). Utilisé comme solvant (PAN). Combinaison complexe d'hydrocarbures obtenue par traitement d'une fraction pétrolière à l'hydrogène en présence d'un catalyseur. Se compose d'hydrocarbures dont le nombre de carbones se situe principalement dans la gamme C9-C16 et dont le point d'ébullition est compris approximativement entre 150°C et 290°C (ESIS).		2,4 à 2,9 45 (PAN; AQUIRE) (IUCLID)			CIRC: Pas listé IRIS: Pas listé ACGIH: A3; Confirmé cancérigène pour les animaux avec des pertinences inconnues pour l'humain (HSDB).	Log K _{ow} : 3,3 à 5,4 à 25°C (HPVIS) FBC: Solubilité-eau: 29 à 142,1 mg/L à 25°C (HPVIS) PV: 1,58 à 3 mm Hg à 25°C (HPVIS) Koc:	Log K _{ow} Sédiment Volatilisation	Faible à fort potentiel de bioaccumulation. Adsorption aux sédiments et aux solides en suspension probable considérant la valeur le K _{oc} du kérosène. La volatilisation de la surface de l'eau est attendue pour le kérosène (HSDB). La volatilisation peut être atténuée par l'adsorption aux sédiments et solides en suspension (HSDB).	OCDE 301D et 301F - Non biodégradable - 7,3 à 29 % biodégradé en 28j (HPVIS).		Photodégradation Hydrolyse Processus peu important quant à la dégradation de ce type de composé (HPVIS).			
	Kérosène	Kérosène - non spécifié (ESIS)	8008-20-6	Dérivés du pétrole	Organique					CIRC: Pas listé IRIS: Pas listé ACGIH: A3; Confirmé cancérigène pour les animaux avec des pertinences inconnues pour l'humain (HSDB).	Log K _{ow} : FBC: Solubilité-eau: PV: Koc: 671 à > 50 000 (HPVIS)	Log K _{ow} Sédiment Volatilisation	Le rythme de biodégradation du kérosène est attendu de décroître avec l'augmentation du poids moléculaire, le branchement, la présence de structures aromatiques et de substitution (HSDB). Adsorption aux sédiments et aux solides en suspension probable considérant la valeur le K _{oc} du kérosène. La volatilisation de la surface de l'eau est attendue pour le kérosène (HSDB). La volatilisation peut être atténuée par l'adsorption aux sédiments et solides en suspension (HSDB).			Photodégradation Hydrolyse			

#	PRÉSENTATION DES COMPOSÉS						ÉCOTOXICITÉ ET CANCÉROGÉNÉICITÉ					DEVENIR ENVIRONNEMENTAL							
	Nom des composés en anglais	Nom des composés en français	CAS Structures moléculaires	Classe	Description des composés (Organique/inorganique) (Utilisations: FH et autres)	Critères de qualité par usage (MDDEFP) (mg/L)	Données écotoxicologiques usuelles	Conc. (en mg/L)	Sources	Produits de dégradation ou de réaction	Cancéro-génicité ⁽¹⁾ (humain)	Propriétés physiques et chimiques (Log K _{ow} , K _{oc} , Pression de vapeur (PV) et solubilité dans l'eau)			Interprétation des propriétés physiques et chimiques		Biodégradation		Dégradation abiotique (photolyse, hydrolyse)
												Propriétés	Données	Sources			Aérobic	Anaérobic	
20	Dipropylene glycol	Oxydiopropanol	25265-71-8 C6H14O3 Voir Propylène glycol (Propane-1,2-diol (57-55-6))	Glycols	Organique FH: Additif pour acide Stabilisateur dans les cosmétiques (HSDB). Adjuvant, fongicide, insecticide, microbiocide (PAN). Note: ce composé possède 2 CAS 110-98-5 (PAN).	C. dubia CL50 48h: D. magna CL50 48h: O. mykiss CL50 96h: P. promelas CL50 96h: C. dubia CI25 >7j: P. promelas CI25> 7j: P. subcapitata CI25 >3j: Carassius. Auratus CL50 24h; > 5 000					CIRC: Pas listé IRIS: Pas listé	Log K _{ow} : -1,07 à 0,64 (HSDB) FBC : 3,2 (HSDB) Solubilité-eau : 1 000 000 mg/L à 25°C (HSDB) PV : 0,03 mm Hg à 25°C (HSDB) K _{oc} : 1 (HSDB)	Log K _{ow} Sédiment Volatilisation	Non bioaccumulable (HSDB). Adsorption non probable aux sédiments et aux solides en suspension (HSDB). Volatilisation non probable à partir de l'eau de surface (HSDB).	OCDE 301B - Rapidement biodégradable - 92% biodégradé en 28j (IUCLID).		Photodégradation Peu probable (HSDB). Hydrolyse Peu probable (HSDB).		
21	Ethanolamine	Éthanolamine	141-43-5 C2H7NO	Amines	Organique FH : Antitartre Utilisé dans le produit de nettoyage à sec et le traitement de textile, composante des produits pour friser les cheveux, de produits pharmaceutiques (HSDB), de fongicides et de microbiocides (PAN).	C. dubia CL50 48h: D. magna CE50 48h: O. mykiss CL50 96h: P. promelas CL50 96h: C. dubia CI25 >7j: P. promelas CI25> 7j: P. subcapitata CI25 >3j:	65 (IUCLID) 150 à >200 (AQUIRE, HSDB) 2070 (AQUIRE)				CIRC: Pas listé IRIS: Pas listé	Log K _{ow} : -1,31 (HSDB) FBC : 3 (HSDB) Solubilité-eau : 1 000 000 mg/L à 25°C (HSDB) PV : 0,4 mm Hg à 25°C (HSDB) K _{oc} : 5 (HSDB)	Log K _{ow} Sédiment Volatilisation	Faible potentiel de bioaccumulation (HSDB). Adsorption non probable aux sédiments et aux solides en suspension non probable (HSDB). La volatilisation n'est pas attendue (HSDB).	OCDE 301B - Rapidement biodégradable - 92% biodégradé en 28j (IUCLID).		Photodégradation Peu probable (HSDB). Hydrolyse Peu probable (HSDB).		
22	Ethoxylated alcohol C12-15	Alcools éthoxylés, C12-15	68131-39-5	Alcools non-ioniques	Organique FH: Stimulateur de reflux Surfactant, détergent (USP, 1972).	C. dubia CE50 48h: D. magna CE50 48h: O. mykiss CL50 96h: P. promelas CL50 96h: C. dubia CI25 >7j: P. promelas CI25> 7j: P. subcapitata CE50 4j:	0,39 (AQUIRE) 0,30 à 1,4 (AQUIRE) 1,03 à 1,16 (AQUIRE) 1,4 à 3,62 (AQUIRE) 0,7 (AQUIRE)				CIRC: Pas listé IRIS: Pas listé	(CAS 68439-50-9 Alcool éthoxylé C12-14) Log K _{ow} : 3 à 7 (CCME, 2008) FBC : (CCME, 2008) Solubilité-eau : (CCME, 2008) PV : < 0,01 mm Hg à 20°C (CTSA) K _{oc} :	Log K _{ow} Sédiment Volatilisation	FBC moins de 300 (CCME, 2008). Par ailleurs log K _{ow} de 3 à 7 suggère que certains AEs peuvent bioaccumuler (CCME, 2008). Faible à fort potentiel de bioaccumulation. Adsorption mineure (CCME, 2008).	Biodégradable en condition aérobie/ eaux usées (CCME, 2008).	Biodégradable en condition aérobie/ eaux usées (CCME, 2008).	Photodégradation Hydrolyse		
		Alcools éthoxylés, C12-14	68439-50-9	Alcools non-ioniques		C. dubia CE50 48h: D. magna CE50 48h: O. mykiss CL50 96h: P. promelas CL50 96h: C. dubia CI25 >7j: P. promelas CI25> 7j: P. subcapitata CE50 4j:					CIRC: Pas listé IRIS: Pas listé	Log K _{ow} : 4 à 7 (CCME, 2008) FBC : (CCME, 2008) Solubilité-eau : < 0,01 mm Hg à 20°C (CTSA) K _{oc} :	Log K _{ow} Sédiment Volatilisation	FBC moins de 300 (CCME, 2008). Par ailleurs log K _{ow} de 3 à 7 suggère que certains AEs peuvent bioaccumuler (CCME, 2008). Faible à fort potentiel de bioaccumulation. Adsorption mineure (CCME, 2008).	Biodégradable en condition aérobie/ eaux usées (CCME, 2008).	Biodégradable en condition aérobie/ eaux usées (CCME, 2008).	Photodégradation Hydrolyse		
23	Ethoxylated alcohol, branched	Alcools éthoxylés, ramifiés Alcool, C7-9-iso-, C8-riche, éthoxylé (OCDE LIS)	78330-19-5	Alcools non-ioniques	Organique FH: Anti émulsifiant L'utilisation majeure des alcools gras éthoxylés (AE) est dans les détergents domestiques, les nettoyants ménagers et les produits de soins tels que les shampoings (P&G).	C. dubia CE50 48h: D. magna CE50 48h: O. mykiss CL50 96h: C. dubia CI25 >7j: P. promelas CI25> 7j: P. subcapitata CE50 4j: Pas de données particulières pour cet alcool éthoxyé, mais on peut penser que sa toxicité est similaire à celles des 68131-39-5 et 68951-67-7 AQUIRE Aucune donnée					CIRC: Pas listé IRIS: Pas listé	(CAS 68439-50-9 Alcool éthoxylé C12-14) Log K _{ow} : 3 à 7 (CCME, 2008) FBC : (PPDB, CAS 68439-46-3) Solubilité-eau : 70 mg/L à 20°C (PPDB, CAS 68439-46-3) PV : K _{oc} :	Log K _{ow} Sédiment Volatilisation	FBC moins de 300 (CCME, 2008). Par ailleurs log k _{ow} de 3 à 7 suggère que certains AE peuvent bioaccumuler (CCME, 2008). Faible à fort potentiel de bioaccumulation. Adsorption mineure (CCME, 2008).	Biodégradable en condition aérobie/ eaux usées (CCME, 2008).	Biodégradable en condition aérobie/ eaux usées (CCME, 2008).	Photodégradation Hydrolyse		
23.1		Alkyl(C9-11) alcool, éthoxylé	68439-46-3	Organique		C. dubia CE50 48h: D. magna CE50 48h: O. mykiss CL50 96h: P. promelas CL50 96h: C. dubia CI25 >7j: P. promelas CI25> 7j: P. subcapitata CE50 4j:	12 (PPDB) 8,5 (PPDB)					Log K _{ow} : FBC : Solubilité-eau : PV : K _{oc} :	Log K _{ow} Sédiment Volatilisation				Photodégradation Hydrolyse		

#	PRÉSENTATION DES COMPOSÉS						ÉCOTOXICITÉ ET CANCÉROGÉNÉCITÉ					DEVENIR ENVIRONNEMENTAL							
	Nom des composés en anglais	Nom des composés en français	CAS Structures moléculaires	Classe	Description des composés (Organique/inorganique) (Utilisations: FH et autres)	Critères de qualité par usage (MDDEFP) (mg/L)	Données écotoxicologiques usuelles	Conc. (en mg/L)	Sources	Produits de dégradation ou de réaction	Cancéro-génicité ⁽¹⁾ (humain)	Propriétés physiques et chimiques (Log K _{ow} , K _{oc} , Pression de vapeur (PV) et solubilité dans l'eau)			Interprétation des propriétés physiques et chimiques		Biodégradation		Dégradation abiotique (photolyse, hydrolyse)
												Propriétés	Données	Sources			Aérobie	Anaérobie	
24	Ethoxylated alcohols, C14-15	Alcools éthoxylés C14-15	68951-67-7	Alcools non-ioniques	Organique FH: Anticorrosion Composante de produits ménagers domestiques de type aérosol et liquide (HPD).	C. dubia CL50 48h: 0,22 à 1,5 (AQUIRE) D. magna CL50 48h: 0,7 à 0,9 (AQUIRE) O. mykiss CL50 96h: 0,77 à 1,38 (AQUIRE) C. dubia C50 7j: 1 (AQUIRE) P. promelas C50 10j: 0,46 (AQUIRE) C50 30j: 0,33 à 0,56 (AQUIRE) P. subcapitata Cl25 >3j:				CIRC: Pas listé IRIS: Pas listé	CAS 68439-50-9 Alcool éthoxylé C12-14) Log K _{ow} : 3 à 7 (CCME, 2008) FBC: Solubilité-eau: Complètement soluble (MSDS, Air Products) PV: < 0,10 mm Hg à 37,78 °C (MSDS, Air Products) K _{oc} :	Log K _{ow} Sédiment Volatilisation	FBC moins de 300 (CCME, 2008). Par ailleurs log K _{ow} de 3 à 7 suggère que certains AEs peuvent bioaccumuler (CCME, 2008). Faible à fort potentiel de bioaccumulation. Adsorption mineure (CCME, 2008). Non volatil (CCME, 2008).	Biodégradable en condition aérobie /eaux usées (CCME, 2008).	Biodégradable en condition aérobie /eaux usées (CCME, 2008).	Photodégradation Hydrolyse			
25	Ethylene glycol mono-n-butyl ether (Butoxy ethanol)	Butoxy éthanol, 2- Voir Ethylene glycol (107-21-1)	111-76-2 C6H14O2	Alcools	Organique FH: Agent acidifiant Utilisé dans la peinture acrylique, des produits nettoyant ménagers, un solvant dans certains produits cosmétiques (HSDB). Le 2-butoxy éthanol se retrouve dans certains fongicides, microbicides et solvants(PAN). Considéré comme "toxique" au sens de l'article 64 de la LCPE, 1999 (EC, 2004).	Critères pour l'éthylène glycol (CAS 107-21-1) VAFe: 3 400 CVAA: 1700 CVAC: 192 C. dubia Cl25 >7j: P. promelas Cl25- 7j: P. subcapitata Cl25 >3j:	1 000 (PAN) >1 000 (HSDB) 2137 (HSDB)			CIRC: Gr 3, non classifiable quant à sa cancérogénicité IRIS: Gr C, Pas susceptible d'être cancérogène pour l'humain.	Log K _{ow} : 0,83 (HSDB) FBC: 3 (HSDB) Solubilité-eau: Miscible dans l'eau (HSDB) PV: 0,88 mm Hg à 25°C (HSDB) K _{oc} : 8 (HSDB)	Log K _{ow} Sédiment Volatilisation	Faible potentiel de bioaccumulation (HSDB). Adsorption non problable aux sédiments et aux solides en suspension (HSDB). La volatilisation de la surface de l'eau est un devenir important (HSDB). Demi-vie de volatilisation des modèles rivière et lac de 17j et 185j respectivement (HSDB).	OCDE 301E -Rapidement biodégradable - 95% biodégradé en 28j (IUCLID).		Photodégradation Peu probable (HSDB). Hydrolyse Peu probable (HSDB).			
26	Polyethylene glycol- (pheno)l ethers	Nonyl phénol éthoxylé ou Polyéthylène glycol nonyl phényl éther	9016-45-9 (C2H4O) _n C15H24O	Polyalkoxy compound (PAN)	Organique FH: Surfactant Ce composé est un mélange de composés avec des unités variables éthoxylées connectées sur la portion alkyle de la molécule (HSDB). Le nonyl phénol éthoxylé est utilisé comme surfactant (HSDB), adjuvant, régulateur de croissance de plante, surfactant/savon (PAN), entre autres.	Nonyl phénol VAFe: 0,06 CVAA: 0,029 CVAC: 0,006 C. dubia CL50 48h: 12,2 à 17 (AQUIRE; PAN) D. magna CL50 48h: 4,7 (AQUIRE; PAN) O. mykiss CL50 96h: 4,7 (AQUIRE; PAN) P. promelas CL50 96h: P. promelas CE50 6j: 2 (AQUIRE) P. subcapitata MATC 96h: 11,3 (AQUIRE) P. subcapitata CE50 4j: 12 (AQUIRE) C50 4j: 16 (AQUIRE) C50 4j: 8 (PAN) MATC 4j: 11,3 (AQUIRE)				CIRC: Pas listé IRIS: Pas listé	Log K _{ow} : <0,2 à 1,4 (mesuré dans des carpes) (HSDB) Solubilité-eau: > 1 000 mg/L (HSDB) PV: 0,00075 mm Hg à 25°C (HSDB) K _{oc} : 6,1 (HSDB)	Log K _{ow} Sédiment Volatilisation	Faible potentiel de bioaccumulation (HSDB). Adsorption non problable aux sédiments et aux solides en suspension (HSDB). Volatilisation non problable à partir de l'eau de surface (HSDB).	(Polyéthylène glycol nonylphényl) OCDE 301C - Non biodégradable - non biodégradé après 3 semaines (HSDB). Dégradation primaire dans les sédiments et l'eau de rivière indique que cette forme de dégradation est importante (97 à 99% en		Photodégradation Hydrolyse			
27	Fatty acid esters (Glycerides, C16-18 and C18-unsatd. mono-, di and tri-)	Esters d'acides gras	91744-20-6	Esters	Organique FH: Réducteur de friction.	C. dubia CL50 48h: 100 (IUCLID) D. magna EC0 48h: > 1 000 (IUCLID) O. mykiss CL50 96h: > 1 000 (IUCLID) P. promelas CL50 96h: C. dubia Cl25 >7j: P. promelas Cl25> 7j: P. subcapitata Cl25 >3j: AQUIRE Pas de données de toxicité usuelles				CIRC: Pas listé IRIS: Pas listé	Log K _{ow} : FBC: Solubilité-eau: Non soluble (IUCLID) PV: K _{oc} :	Log K _{ow} Sédiment Volatilisation	Non-soluble (IUCLID)	Directive 94/449/EEC - Biodégradable - Effluent d'eaux usées domestiques, 90% en 28j (IUCLID).		Photodégradation Hydrolyse			
28	Formaldehyde	Formaldéhyde	50-00-0 CH2O	Aldéhydes	Organique FH: Antitartre, anticorrosion, agent acidifiant. Le formaldéhyde est un endogène qui se retrouve dans la plupart des formes de vie, incluant l'humain. Utilisé dans certains désinfectants, d'agents de préservation et une variété d'autres produits chimiques (HSDB).	CPCO: 390 VAFe: 2,1 CVAA: 1,0 CVAC: 0,12 C. dubia CL50 48h: 12,98 (AQUIRE) D. magna CE50 48h: 14,6 à 29 (AQUIRE) 62 à 145 (Verschuereen, 1989) 106,7 à 183,524 (MDEQ) O. mykiss CL50 96h: 106,7 à 183,524 (MDEQ) P. promelas CL50 96h: 24,1 à 26,3 (AQUIRE; MDEQ) P. promelas Cl25> 7j: P. subcapitata Cl25 >3j: Note: Le composé testé dans AQUIRE est la formaline, une solution à 40% de formaldéhyde. Les données du MDEQ et de Verschuereen sont celles du formaldéhyde.				CIRC: Gr 1, cancérogène. IRIS: Gr B1, cancérogène.	Log K _{ow} : 0,35 (HSDB) FBC: 3 (HSDB) FBA: 1,1 (MDEQ) Solubilité-eau: 400 000 mg/L à 20°C à 20°C (HSDB) PV: 3,89 mm Hg à 25°C (HSDB) K _{oc} : 37 (HSDB)	Log K _{ow} Sédiment Volatilisation	Faible potentiel de bioaccumulation (HSDB). Adsorption non problableaux sédiments et aux solides en suspension (HSDB). Volatilisation à la surface de l'eau n'est pas attendue (HSDB).	La demi-vie du formaldéhyde en eau de surface est entre 1-7 j. et de 2-14 j. en eau souterraine (U.S. EPA, 2008). OCDE 301D -Rapidement biodégradable - 90% biodégradé en 28j (IUCLID). Biodégradable en condition aérobie (SAVEX, 1999; HSDB).	SAVEX, 1999; HSDB Biodégradable en condition anaérobie. Die-away test Eau d'un lac stagnant, dégradation complète en 48h dans des conditions d'anaérobies (HSDB).	Photodégradation Hydrolyse			

#	PRÉSENTATION DES COMPOSÉS						ÉCOTOXICITÉ ET CANCÉROGÉNÉCITÉ					DEVENIR ENVIRONNEMENTAL												
	Nom des composés en anglais	Nom des composés en français	CAS Structures moléculaires	Classe	Description des composés (Organique/Inorganique) (Utilisations: FH et autres)	Critères de qualité par usage (MDDEFP) (mg/L)	Données écotoxicologiques usuelles	Conc. (en mg/L)	Sources	Produits de dégradation ou de réaction	Cancéro-génicité ⁽¹⁾ (humain)	Propriétés physiques et chimiques (Log K _{ow} , K _{oc} , Pression de vapeur (PV) et solubilité dans l'eau)			Interprétation des propriétés physiques et chimiques		Biodégradation		Dégradation abiotique (photolyse, hydrolyse)					
												Propriétés	Données	Sources	Log K _{ow}	Sédi-ment	Volatilisation	Aérobic		Anaérobic				
29	Formamide	Formamide	75-12-7 CH3NO		Organique FH: Agent acidifiant Utilisé dans les produits pharmaceutiques, des fongicides, des pesticides, dans la fabrication et production de plastique, dans des finitions antistatiques (HSDB).						CIRC: Pas listé IRIS: Pas listé P. promelas CL50 96h: C. dubia CI25 >7j; P. promelas CI25 >7j; P. subcapitata CI25 >3j; AQUIRE Pas de données de toxicité usuelles (note: juste des données pour des amphibiens africains) HSDB Aucune donnée écotoxicologique	12 500 500 6300 (une seule donnée)	(CEAEQ, 2012) (IUCLID) (CEAEQ, 2012)								La biodégradation dans les milieux aqueux est un processus important (HSDB). OCDE 301C DBOTh > 30% après 2 semaines d'incubation et 22,6 et 57,7% après 2 semaines d'incubation ont été notés en utilisant ce test (HSDB).		Photodégradation Hydrolyse Processus lent à T° pièce, accéléré en présence d'acide ou de base ou encore à des T° élevées (HSDB).	
30	Formic acid	Acide formique	64-18-6 CH2O2	Acides carboxyliques	Organique FH: Agent acidifiant Utilisé dans la conservation des fibres, cuir, caoutchouc et matériaux polymérisés, du bois, produits d'hygiène biocide pour les humains (ESIS) et insecticides (PAN).	CPCO : 3 100					CIRC: Pas listé IRIS: Non disponible C. dubia CI25 >7j; P. promelas CI25 >7j; P. subcapitata CI25 >3j;	34 151,2	(HSDB) (AQUIRE; PAN)								Non bioaccumulable (HSDB). Adsorption non probable aux sédiments et aux solides en suspension (HSDB). Volatilisation importante (HSDB). Les demi-vies de volatilisation des modèles rivière et lac sont estimées à 150 et 1100 jours respectivement (HSDB).	Biodégradable en condition anaérobic (HSDB). OCDE 301-E - Rapidement biodégradable - 98% biodégradé en 14j (IUCLID).	La biodégradation anaérobic est possible. Dans une étude 89% Biodégradé en 4j par la fermentation avec du méthane (HSDB).	Photodégradation 50% après 35,7 j (IUCLID) Hydrolyse Résistant à l'hydrolyse vu le manque de fonction hydrolysable (HSDB).
31	Glycol	Glycol	—	—	Organique — Trop général — FH: oilwell treating compound.	—	—	—	—	—	CIRC: Pas listé ni ATP ou OSHA (MSDS Baker Hughes)	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
32	Heavy aromatic Naphtha	Solvant Naphta aromatique lourd Kérosène - non spécifié	64742-94-5	Dérivés du pétrole	Organique FH: Anticorrosion, agent acidifiant. Diluant pour les peintures, vernis, encres d'imprimerie, solvant dans l'industrie agrochimique, agent de nettoyage industriel (INRS, 1999), insecticide et solvant (PAN). Ce composé est une combinaison complexe d'hydrocarbures obtenue par distillation de fractions aromatiques. Se compose principalement d'hydrocarbures aromatiques dont le nombre de carbones se situe en majorité dans la gamme C9-C16 et dont le point d'ébullition est compris approximativement entre 165°C et 290°C (ESIS).						CIRC : Pas listé IRIS : Pas listé Augmentation significative de fréquence de cancers du poumon et de la prostate aux sujets exposés plus de 20 ans (INRS, 1999).	0,48 à 2,3 0,95 2,34 4,2 à 20,8 19 à >50	(Verschuere, (IUCLID) (IUCLID) (Verschuere, (IUCLID)								Bioaccumulation attendue de la plupart des composés dans les organismes aquatiques (CTSA). Adsorption fort probable aux sédiments et aux solides en suspension (CTSA). Les demi-vies de volatilisation du modèle et du modèle lac sont estimées à 2 heures et > 100 jours, respectivement (CTSA).	Biodégradable en condition aérobic modérée eau de surface (CTSA). OCDE 301D - Biodégradable - 39% biodégradé en 28j (IUCLID). Non biodégradable 5% biodégradé en 28j (CRIQ GQ, 2012)		Photodégradation Hydrolyse Peu probable (IUCLID).
33	Huiles de base de faible toxicité	Huiles de base de faible toxicité	—	—	Organique — TROP GÉNÉRAL . FH: Anti-émulsifiant, breaker	—	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—				
34	Hydrochloric acid	Chlorure d'hydrogène (Solution de chlorure d'hydrogène)	7647-01-0 H3O+Cl-		Inorganique FH : Agent acidifiant Ce composé est utilisé dans la production de produits chimiques, dans le décapage de métal, le raffinage de minerai, la transformation d'aliments, la fabrication d'engrais et de colorant ainsi que dans la production de caoutchouc et de textile (HSDB).						CIRC: Gr 3, non classifiable quant à sa cancérogénicité IRIS: Non déterminé	7,45 à 10,3 0,0492	(HSDB) (HSDB)								Log K _{ow} : 0,25 FBC : Solubilité-eau : 721 000 mg/L à 20°C PV : 35,424 mm Hg à 25°C K _{oc} : (IUCLID) (IUCLID) (HSDB)	Faible potentiel de bioaccumulation (HSDB). Il ne s'accumule pas dans la chaîne alimentaire (HSDB). Non volatil à partir de la surface de l'eau (HSDB).	Dans l'eau, ce composé se dissocie rapidement en ions chlorure et hydronium, ce qui abaisse le pH de l'eau (HSDB).	Photodégradation Hydrolyse Résistant à l'hydrolyse vu le manque de fonction hydrolysable (HSDB).

#	PRÉSENTATION DES COMPOSÉS						ÉCOTOXICITÉ ET CANCÉROGÉNÉCITÉ					DEVENIR ENVIRONNEMENTAL							
	Nom des composés en anglais	Nom des composés en français	CAS Structurales moléculaires	Classe	Description des composés (Organique/Inorganique) (Utilisations: FH et autres)	Critères de qualité par usage (MDDEFP) (mg/L)	Données écotoxicologiques usuelles	Conc. (en mg/L)	Sources	Produits de dégradation ou de réaction	Cancéro-génicité ⁽¹⁾ (humain)	Propriétés physiques et chimiques (Log Koe, Koc, Pression de vapeur (PV) et solubilité dans l'eau)			Interprétation des propriétés physiques et chimiques		Biodégradation		Dégradation abiotique (photolyse, hydrolyse)
												Propriétés	Données	Sources			Aérobie	Anaérobie	
35	Isopropanol	Propane-2-ol	67-63-0 C3H8O	Alcools	Organique FH : anticorrosion, anti émulsifiant, stimulateur de reflux, agent acidifiant, fluide de stimulation. Utilisé dans les lave-glaces (HSDB), certains microbiocides et solvants (PAN).	CPCO: 2200 VAFe: 1000 CVAA: 500 CVAC: 57	C. dubia CL50 48h: 29 906 D. magna CE50 48h: 14 700 O. mykiss CL50 96h: 6 550 à 11 130 P. promelas CL50 96h: 6 550 à 11 130 P. promelas CI25 > 7j; P. subcapitata CI25 > 3j;	29 906 14 700 6 550 à 11 130	(HPVIS) (MDEQ) (AQUIRE; PAN)	CIRC: Gr 3, non classifiable quant à sa cancérogénicité IRIS: Pas listé ACGIH: A4, Non classifiable.	Log Koe : 0,05 FBC: 3 FBA: 1 Solubilité-eau : 1 PV : 45,3 mm Hg à 25°C Koc : 1,5	(HSDB) (HSDB) (MDEQ) (HSDB) (HSDB) (HSDB)	Log Koe Sédiment Volatilisation	Faible potentiel de bioaccumulation (HSDB). Adsorption non problématique aux sédiments et aux solides en suspension (HSDB). Volatilisation possible. Les demi-vies de volatilisation du modèle rivière et du modèle lac sont estimées à 57 heures et 29 jours, respectivement (HSDB).	Demi vie de biodégradation en condition anaérobie: < 1 à 48 j (HSDB). OCDE 301C - Rapidement biodégradable - 86% biodégradé en 14j (HSDB).	Biodégradable en condition d'anaérobie, l'actone en est un sous-produit (HSDB).	Photodégradation Demi-vie: 0,886 h (HPVIS). Hydrolyse Peu probable (HSDB).		
36	Limonène, d- ou Cyclohexène, 1-méthyl-4-(1-méthylethényl)-, (R)-	Limonène, d-	5989-27-5 C10H16	Dérivés du benzène	Organique FH: Stimulateur de reflux Le d-limonène est utilisé comme une fragrance, un arôme et dans certains cosmétiques. Il est émis naturellement dans l'environnement par les plantes et la combustion de bois (HSDB). On le retrouve dans la pelure d'agrumes, le comichon, le céleri (CSST), c'est aussi un répulsif pour chien et chat, insectifuge, insecticide (PAN).	CVAA: 0,035 mg/L CVAC: 0,002 mg/L (Guay, 1994)	C. dubia CL50 48h: 0,557 à 0,924 D. magna CL50 48h: 0,0275 à 0,924 O. mykiss CL50 96h: 35 à 569 P. promelas CL50 96h: 0,0385 à 0,72 C. dubia CI25 > 7j; P. promelas CI25 > 7j; P. subcapitata CI50 96h: 1,81 à 3,38	0,557 à 0,924 0,0275 à 0,924 35 à 569 0,0385 à 0,72 1,81 à 3,38	(AQUIRE) (PAN) (AQUIRE; PAN) (AQUIRE; PAN) (HPVIS)	CIRC: Gr 3, non classifiable quant à sa cancérogénicité IRIS: Non déterminé	Log Koe : 4,23 à 4,83 FBC: 660 Solubilité-eau : 13,8 mg/L (mesuré à 25°C) PV : 1,93 mm Hg à 25°C Koc : 1 300	(HPVIS; HSDB) (HSDB) (HSDB) (HSDB)	Log Koe Sédiment Volatilisation	Modéré à élevé potentiel de bioaccumulation (HSDB). Adsorption fort probable aux sédiments et aux solides en suspension (HSDB; WHO, 1998). Volatilisation possible (HSDB). Les demi-vies de volatilisation des modèles rivière et lac sont estimées à 1h et 5j respectivement (HSDB).	Biodégradable en condition anaérobie (WHO, 1998). OCDE 301C - Biodégradable - 41 – 98% par DBO en 14 j (WHO, 1998).	Résistant à la biodégradation en condition anaérobie (WHO, 1998). Méthanogènes. Formation chloro-terpène toxique stable (WHO, 1998).	Photodégradation Demi-vie: 0,886 h (HPVIS). Hydrolyse Peu probable (WHO, 1998).		
37	Methanol	Méthanol	67-56-1 CH4O	Alcools	Organique FH : Anticorrosion, agent acidifiant Utilisé comme un antigel, solvant à peinture et carburant, solvant, adjuvant et microbiocide (PAN).	CPCO: 1100 VAFe: 2700 CVAA: 1300 CVAC: 590	C. dubia CL50 48h: 11 D. magna CL50 48h: 15 732 à 21 400 O. mykiss CL50 96h: 3 289 P. promelas CL50 96h: 19 000 à 20 100 C. dubia CI25 > 7j: 28 100 à 29 400 P. promelas CI25 > 7j: 6 550 à 11 130 P. subcapitata CI25 > 3j: 100 à 29 400	11 15 732 à 21 400 3 289 19 000 à 20 100 28 100 à 29 400 6 550 à 11 130 100 à 29 400	(HSDB; IUCLID) (MDEQ) (AQUIRE) (AQUIRE; MDEQ) (HSDB; MDEQ) (PAN) (AQUIRE)	CIRC: Pas listé IRIS: Non déterminé	Log Koe : -0,77 FBC : 1 FBA: 1 Solubilité-eau : Miscible PV : 95,26 mm Hg à 25°C Koc : 2,75	(HPVIS) (MDEQ) (HPVIS) (HSDB) (HSDB)	Log Koe Sédiment Volatilisation	Faible potentiel de bioaccumulation (HSDB). Adsorption non problématique aux sédiments et aux solides en suspension (HSDB). Volatilisation relativement importante (HSDB).	Biodégradable en condition anaérobie (HSDB). OCDE 301D - Rapidement biodégradable - 99% biodégradé en ?j (IUCLID). Les demi-vies de volatilisation du modèle rivière et du modèle lac sont estimées à 3 et 35j, respectivement (HSDB).	Biodégradable en condition anaérobie (HSDB).	Photodégradation Hydrolyse		
38	Naphthalène	Naphtalène	91-20-3 C10H8	Dérivés du benzène et HAP	Organique FH: Anticorrosion Le naphthalène est utilisé au Canada dans une variété de secteurs notamment dans le secteur des pesticides/herbicides/biocides et les produits anti-moustiques. c'est un additif de combustible (CEPA, DSL). Le naphthalène est utilisé dans certains produits pharmaceutiques et teinture (HSDB).	CPCO: 1,2 VAFe: 0,2 CVAA: 0,1 CVAC: 0,11 (MDEQ)	C. dubia CL50 48h: 3,4 à 22,6 D. magna CL50 48h: 8,6 O. mykiss CL50 96h: 1,8 à 6,1 P. promelas CL50 96h: 1,99 à 9,93 C. dubia CI25 > 7j; P. promelas CI25 > 7j; P. subcapitata CI25 > 3j;	3,4 à 22,6 8,6 1,8 à 6,1 1,99 à 9,93	(AQUIRE) (MDEQ) (AQUIRE) (AQUIRE)	CIRC: Gr 2B, possiblement cancérogène IRIS: Gr C, cancérogénicité possible pour l'humain	Log Koe : 3,3 FBC: 23 - 168 FBA: 125 Solubilité-eau : 31 mg/L à 25°C PV : 0,085 mm Hg à 25°C Koc : 440-1 300	(HSDB) (HSDB) (MDEQ) (HSDB) (HSDB) (HSDB)	Log Koe Sédiment Volatilisation	Potentiel de bioaccumulation de faible à élevé, basé sur le FBC (HSDB). Non bioaccumulable (EC SC). Adsorption probable aux sédiments et aux solides en suspension (HSDB). La PV indique que ce composé existe principalement sous forme de vapeur dans l'atmosphère ambiante (HSDB). Volatilisation importante (EC Défi). Les demi vies de volatilisation des modèles rivière et lac sont estimées à 3h et 5j, respectivement (HSDB).	Test non-mentionné - Biodégradable - Biodegradation, eaux usées domestiques 100% biodégradé en 7j (IUCLID). OCDE 301C - Non biodégradable - 2% de sa DBOTh en 28 j (HSDB). Biodégradation dans l'eau ,demi-vie de 0,8 à 43 jours (HSDB).	Photodégradation Hydrolyse Peu probable (HSDB).			

#	PRÉSENTATION DES COMPOSÉS						ÉCOTOXICITÉ ET CANCÉROGÉNÉCITÉ					DEVENIR ENVIRONNEMENTAL							
	Nom des composés en anglais	Nom des composés en français	CAS Structures moléculaires	Classe	Description des composés (Organique/Inorganique) (Utilisations: FH et autres)	Critères de qualité par usage (MDEFFP) (mg/L)	Données écotoxicologiques usuelles	Conc. (en mg/L)	Sources	Produits de dégradation ou de réaction	Cancéro génicité ⁽¹⁾ (humain)	Propriétés physiques et chimiques (Log Koe, Koc, Pression de vapeur (PV) et solubilité dans l'eau)			Interprétation des propriétés physiques et chimiques		Biodégradation		Dégradation abiotique (photolyse, hydrolyse)
												Propriétés	Données	Sources	Aérobie	Anaérobie			
39		Amino triacétate de sodium	18662-53-8 Voir Acide nitrilotriacétique (139-13-9)		Organique FH: Agent séquestrant du fer				Nitrogen oxides, carbon monoxide, carbon dioxide, toxic fumes of sodium oxide, cyanides. (MSDS_ACC)	CIRC: Gr 2B, possiblement cancérigène, l'acide nitriloacétique et ses sels (HSDB). IRIS: Pas listé Cancérogénicité possible (ICSC; (CSST))	Log Koe : FBC: Solubilité-eau : 50g/100ml à 25 °C PV : 4,3 mm Hg à 20°C Koc : (ICSC) (MSDS Trican)		Log Koe Sédiment Volatilisation	(139-13-9) Faible à modéré potentiel de bioaccumulation (HSDB). Adsorption probable aux sédiments et aux solides en suspension (HSDB). La volatilisation n'est pas un devenir environnemental important (HSDB).				Photodégradation Hydrolyse	
	Nitrilotriacetic acid trisodium salt monohydrate	Acide nitrilotriacétique	139-13-9 C6H9NO6	Acides carboxyliques	Organique Ce composé était auparavant permis dans les ingrédients des détergents de lessive (HSDB) et un adjuvant (PAN). L'acide nitriloacétique est un agent chélateur important c'est pourquoi il était utilisé dans de nombreuses applications industrielles (SC, 1990).	C. dubia CL50 48h: D. magna CL50 48h: O. mykiss CL50 96h: P. promelas CL50 96h: C. dubia CI25 >7j: P. promelas CI25> 7j: P. subcapitata CME0 5j:	35,1	(AQUIRE)		CIRC: Gr 2B, Possiblement cancérigène. IRIS: Pas listé Information datant de 1990 (SC, 1990): 3B (possiblement cancérigène pour l'homme) puisque la dose induisant des tumeurs est supérieure à celles néphrotoxiques.	Log Koe : FBC : Solubilité-eau : 59 100 mg/L à 25°C PV : 7 x 10-9 mm Hg à 25°C Koc : <286	(HSDB) (HSDB) (HSDB) (HSDB)	Log Koe Sédiment Volatilisation	Faible à modéré potentiel de bioaccumulation (HSDB). Adsorption aux sédiments et aux solides en suspension probable (HSDB). Volatilisation non probable. Ce n'est pas un devenir environnemental important (HSDB).	OCDE 301E - Rapide biodégradable - >80% biodégradé en 24j (IUCLID). OCDE 301C - Biodégradable - DBOTH est de 80% en 14j (IUCLID). Plusieurs "River die-away test" montrent que la demi-vie est entre 0,34 et 15j (HSDB).	Demi-vie dans l'eau souterraine: 31h (SC, 1990).	Photodégradation Non probable (HSDB). Hydrolyse Peu probable (HSDB).		
40	Octadecanamine, N,N-dimethyl-, hydrochloride, 1-(1:1) Diméthyl-octadécylamine hydrochloride, N,N-	Chlorhydrate de N,N-diméthyl-octadécylamine	1613-17-8 C20H43N.ClH Voir 124-28-7	(Fatty Nitrogen Derived Amines HPV)	Organique FH: Surfactant	C. dubia CL50 48h : D. magna CE50 48h : O. mykiss CL50 96h: P. promelas CL50 96h: C. dubia CI25 >7j: P. promelas CI25> 7j: P. subcapitata CI25 >3j:				CIRC: Pas listé IRIS : Pas listé	Log Koe : FBC : Solubilité-eau : PV : Koc :		Log Koe Sédiment Volatilisation	Fort potentiel de bioaccumulation (U.S.EPA, 2010).	Biodégradation aérobie (HSDB) OCDE 301D - Biodégradable - 99% biodégradé (IUCLID). 20j :95% biodégradé, boue activée (HPVIS).	Biodégradable en condition anaérobie (HSDB).	Photodégradation Hydrolyse Peu probable (HSDB).		
41	Octadecanamine, N,N-dimethyl-, 1-Dimantine	Diméthyl-octadécylamine, N,N-Dimantine	124-28-7 C20H43N		Organique FH: Surfactant Ce composé est utilisé comme des détergents à essence, des inhibiteurs de corrosion, des additifs de transformation du caoutchouc, des émulsifiants pour les herbicides, un adoucisseur de textile, les matériaux de forage de champs pétroliers (MSDS_P&G) et microbiocide (PAN).	C. dubia CL50 48h: D. magna CE50 48h: O. mykiss CL50 96h: P. promelas CL50 96h: C. dubia CI25 >7j: P. promelas CI25> 7j: P. subcapitata CI25 >3j: AQUIRE Aucune donnée	0,35 0,18	(MSDS_P&G) (HPVIS)		CIRC: Pas listé IRIS : Pas listé	Log Koe : 8,4 FBC : Solubilité-eau : 0,44 mg/L PV : 0,00014 mm Hg Koc : (U.S. EPA, 2010) (U.S. EPA, 2010) (U.S. EPA, 2010)		Log Koe Sédiment Volatilisation	Fort potentiel de bioaccumulation (U.S.EPA, 2010).	OCDE 301B - Biodégradable - 49% biodégradé en 29 j (HPVIS; MSDS P&G).	Anaérobie - test non-mentionné - Aucune biodégradation a été observée en 6 et 11 semaines dans un réacteur de laboratoire (HSDB). Biodegradation plus importante dans les sédiments que dans l'eau de 8 à 20 fois plus rapide (HSDB). La demi-vie dans les sédiments est de 4,9h et > 88j dans des sols contaminés de pétrole ou non contaminés (HSDB).	Photodégradation Demi-vie = 1,3 hr (TSR). Hydrolyse		

#	PRÉSENTATION DES COMPOSÉS						ÉCOTOXICITÉ ET CANCÉROGÉNÉCITÉ					DEVENIR ENVIRONNEMENTAL							
	Nom des composés en anglais	Nom des composés en français	CAS Structures moléculaires	Classe	Description des composés (Organique/inorganique) (Utilisations: FH et autres)	Critères de qualité par usage (MDDEFP) (mg/L)	Données écotoxicologiques usuelles	Conc. (en mg/L)	Sources	Produits de dégradation ou de réaction	Cancérogénicité ⁽¹⁾ (humain)	Propriétés physiques et chimiques (Log Koe, Koc, Pression de vapeur (PV) et solubilité dans l'eau)			Interprétation des propriétés physiques et chimiques		Biodégradation		Dégradation abiotique (photolyse, hydrolyse)
												Propriétés	Données	Sources	Log Koe	Sédi-ment	Volatilisation	Aérobic	
42	Octamethylcyclotetra-siloxane	Octaméthylcyclotétrasiloxane	556-67-2	Organique	FH: Anti-émulsifiant (anti-foamer) Utilisé dans les processus de fermentation, dans la production de café instantané, dans les boissons gazeuses diètes, dans des détergents à vaisselles, les adhésifs, les textiles, les produits cosmétiques (HSDB).	C. dubia CL50 48h: 0,0019 (AQUIRE) D. magna CSEO 48h: 0,01 (AQUIRE) O. mykiss CL50 14j: 0,01 (AQUIRE) P. promelas CL50 96h: 0,01 (AQUIRE) C. dubia Cl25 >7j: P. promelas Cl25> 7j: P. subcapitata Cl25 >3j: AQUIRE Pas de données de toxicité usuelles N'a pu être testé par le CEAEQ, 2012				CIRC: Pas listé IRIS: Pas listé	Log Koe : 5,1 à 6,46 (HSDB, EC_HC) FBC: 12 400 (HSDB) Solubilité-eau : 0,005 mg/L à 25°C (HSDB) PV : 1,5 mm Hg à 25°C (HSDB) Koc : 14 000 (HSDB)	Log Koe	Fort potentiel de bioaccumulation (HSDB).	Non biodégradable 0% biodégradé en 28j (CRIQ GQ, 2012)			Photodégradation		
43	Oxyalkylated alkylphenol ou Oxirane, methyl-, polymer with oxirane, mono(nonylphenyl) ether, branched ou C9 branched alkyl phenol ethoxylate propoxylate	Résines alkylphénoliques oxyalkylées	68891-11-2	Phénols	Organique FH: Acide anticorrosion Les alkylphénols éthoxylés ont été introduits en 1944 en Grande-Bretagne où ils étaient largement utilisés dans des produits domestiques et industriels (Warhurst, 1994).	"Alkylphenol Ethoxylates" C. dubia CL50 48h: 13 (CEAEQ, 2012) D. magna EC 48h: 1,5 (Warhurst,1994) O. mykiss CL50 96h: 3,21 (CEAEQ, 2012) C. dubia Cl25 >7j: P. promelas Cl25> 7j: P. subcapitata CMEQ 3d growth: 20 à 50 (Warhurst,1994) CE50 96h: 0,09 (Warhurst,1994) CE25 96h: 0,43 (CEAEQ, 2012) AQUIRE Aucune donnée				CIRC: Pas listé IRIS: Pas listé N'est pas listé dans OSHA, NTP ou ACGIH pour être probablement ou suspecté cancérigènes pour l'humain (MSDS, Antaro, 99% 68891-11-2) Perturbateur endocrinien (Warhurst, 1994).	Log Koe : 1 mg/L Soluble (NICNAS, 1996) (MSDS, Antaro, 99% 68891-11-2) PV : < 0,01 mmHg à 25°C (MSDS, Antaro, 99% 68891-11-2) Koc :	Log Koe	Les métabolites des alkylphénols éthoxylés s'accumulent dans les organismes avec des FBC variant entre 10 à 1000, dépendant des espèces, des métabolites et des organes (Warhurst, 1994).	Rapidement biodégradable 94% biodégradé en 28j (CRIQ GQ, 2012)			Photodégradation Demi-vie = 1.3 hr (TSR).		
44	Propanediaminium-2-substitued, -hexaalkyl-, di halide, 1,3-	Dihalogénure de hexaalkyl-1,3-diammonium-2-substitué-Propane		Organique	FH: Stabilisateur d'argile (peu utilisé)	C. dubia CL50 48h : D. magna CE50 48h : O. mykiss CL50 96h: P. promelas CL50 96h: C. dubia Cl25 >7j: P. promelas Cl25> 7j: P. subcapitata CE50 72h: AQUIRE Aucune donnée La seule information d'écotoxicité se retrouve dans la fiche signalétique de Trican où la pureté de ce composé y est entre 30 et 60%.				Pas listé dans ACGIH, OSHA et NTP (MSDS Trican)	Log Koe : FBC : Solubilité-eau : Soluble dans l'eau (MSDS Trican) PV : Koc :	Log Koe		Non Rapidement biodégradable (MSDS Trican).	Biodégradable 60% en 28 j (CRIQ GQ, 2012)			Photodégradation Hydrolyse	
45	Polysaccharide blend	Mélange de polysaccharide	—	—	Organique — TROP GÉNÉRAL— FH: Épaississant (viscosifier)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
46	Propargyl alcohol ou Propynole	Prop-2-yne-1-ol	107-19-7 C3H4O	Alcools	Organique FH: Anticorrosion Le propargyl alcool est une des formes les plus efficaces d'alcools acétyléniques. Utilisé comme agent anti-corrosion, un stabilisateur de solvant (HSDB) et est aussi un produit de dégradation (PAN).	C. dubia CL50 48h: 11 (HPVIS; AQUIRE) D. magna CL50 48h: 1,44 à 1,53 (HPVIS; AQUIRE) O. mykiss CL50 96h: 1,44 à 1,53 (HPVIS; AQUIRE) P. promelas CL50 96h: 1,44 à 1,53 (HPVIS; AQUIRE) C. dubia Cl25 >7j: P. promelas Cl25> 7j: P. subcapitata Cl25 >3j:		PAN		CIRC: Pas listé IRIS: Non déterminé	Log Koe : -0,35 (HPVIS) (HSDB) FBC: 3 (HPVIS) (HSDB) Solubilité-eau : >1 000 mg/L à 20°C (HPVIS) (HSDB) PV : 16 mm Hg à 25°C (HSDB) Koc : 14 (HSDB)	Log Koe	Faible potentiel de bioaccumulation (HSDB).	Biodégradation eaux de surface (U.S EPA, 2003).	OCDE 301C - Rapidement biodégradable - 95% en 28j (HPVIS).			Photodégradation Peu probable (HSDB).	
													Sédi-ment	Adsorption non probable aux sédiments et aux solides en suspension (HSDB).				Hydrolyse Peu probable (HSDB).	
													Volatilisation	Volatilisation probable. C'est un devenir environnemental important (HSDB). Demi-vie de volatilisation des modèles rivière et lac sont de 16j et 176j respectivement (HSDB).				Les alcènes et les alcools sont considérés comme généralement résistant à l'hydrolyse (U.S. EPA, 2003)	

#	PRÉSENTATION DES COMPOSÉS						ÉCOTOXICITÉ ET CANCÉROGÉNÉCITÉ					DEVENIR ENVIRONNEMENTAL								
	Nom des composés en anglais	Nom des composés en français	CAS Structures moléculaires	Classe	Description des composés (Organique/Inorganique) (Utilisations: FH et autres)	Critères de qualité par usage (MDDEFP) (mg/L)	Données écotoxicologiques usuelles	Conc. (en mg/L)	Sources	Produits de dégradation ou de réaction	Cancéro génicité ⁽¹⁾ (humain)	Propriétés physiques et chimiques (Log Koe, Koc, Pression de vapeur (PV) et solubilité dans l'eau)			Interprétation des propriétés physiques et chimiques		Biodégradation		Dégradation abiotique (photolyse, hydrolyse)	
												Propriétés	Données	Sources	Log Koe	Sédiment	Volatilisation	Aérobic		Anaérobic
47	Propyllic Alcohol ou n-propanol ou Propane-1-ol	Alcool propylique	71-23-8 C3H8O	Alcools	Organique FH: Crosslinker L'alcool propylique compose certaines saveurs et parfums dans la nourriture, pratiquement tous les breuvages alcoolisés contiennent du n-propanol puisqu'il est un produit de la fermentation (HSDB) et un solvant (PAN).	C. dubia CL50 48h: 6 300 à 8 150 D. magna CL50 48h: 4 480 à 4 630 O. mykiss CL50 96h: 4 480 à 4 630 C. dubia CI25 >7j; P. promelas CI25> 7j; P. subcapitata CI25 >3j;		(AQUIRE; PAN) (AQUIRE; PAN)		CIRC: Pas listé IRIS: Pas listé	Log Koe : 0,25 (HSDB) FBC: 3 (HSDB) Solubilité-eau : 1 000 000 mg/L à 25°C (HSDB) PV : 21 mm Hg à 25°C (HSDB) Koc : 33 (HSDB)		Log Koe	Volatilisation	Log Koe	Interprétation des propriétés physiques et chimiques	Aérobic	Anaérobic	Photodégradation Peu probable (HSDB). Hydrolyse Peu probable (HSDB).	
48	Propylene glycol	Propane-1,2-diol	57-55-6 C3H8O2	Glycols	Organique FH: Stimulateur de reflux Solvant dans les aliments pour les colorants et certains arômes, antigel dans les brasseries et les laiteries. Utilisé pour créer de la fumée et du brouillard artificiel dans les théâtres (HSDB). Utilisé dans la production de fongicide, d'adjuvant et de microbiocidicé (PAN).	C. dubia CL50 48h: 1 020 à 18 340 D. magna CE50 48h: 1 000 (AQUIRE) O. mykiss CL50 96h: 43 500 (MDEQ) P. promelas CL50 96h: 45 588 à 51 600 (AQUIRE) C. dubia CI25 3brood: 640 à 13 470 P. promelas CI25> 7j: 112 à 6 941 P. subcapitata CI25 >3j;		(AQUIRE) (AQUIRE)		CIRC: Pas listé IRIS: Non déterminé	Log Koe : -0,92 (HSDB) FBC: 3 (HSDB) FBA: 1 (MDEQ) Solubilité-eau : 1 000 000 mg/L (HSDB) PV : 21 mm Hg à 25°C (HSDB) Koc : 1 (HSDB)		Log Koe	Sédiment	Volatilisation	Log Koe	Interprétation des propriétés physiques et chimiques	Aérobic	Anaérobic	Photodégradation Peu probable (HSDB). Hydrolyse Peu probable (HSDB).
49	Derives de quinoline Bases de goudron, dérivés quinoléiques, quaternisés par le chlorure de benzyle (ammonium quaternaire)		72480-70-7	Amines	Organique FH: Anticorrosion	AQUIRE Acune donnée D. magna CE50 48h: 8,4 P. subcapitata CI25 96h <1		(CEAEQ, 2012) (CEAEQ, 2012)		CIRC: Pas listé IRIS: Pas listé	Log Koe : 2,03 (Isnard & Lambert, 1989) FBC: (HSDB) Solubilité-eau : (HSDB) PV: (HSDB) Koc: (HSDB)		Log Koe	Sédiment	Volatilisation	Log Koe	Interprétation des propriétés physiques et chimiques	Aérobic	Anaérobic	Photodégradation Hydrolyse
	Quaternary quinoline derivatives ou Tar bases quinoline derivatives,benzyl chloride quaternized	Quinoline ou Quinoléine	91-22-5 C9H7N	Amines	Organique La quinoline est présente naturellement dans le charbon et ses composés apparentés, comme le goudron de houille et la créosote (EC, 2011).	C. dubia CL50 48h: 34,5 à 42 D. magna CL50 48h: 28,5 à 39,5 O. mykiss CL50 96h: 11,5 P. promelas CL50 96h: 0,44 à 78 C. dubia CI25 >7j; P. promelas CI25> 7j; P. subcapitata CI25 >3j;		(AQUIRE) (IUCLID) (CCME) (EC, 2011)		CIRC: Pas listé IRIS: Gr C, cancérogénicité possible pour l'humain. Endommagement l'ADN et altèrent la reproduction et la régénération des cellules (voie orale) (EC, 2011). Des éléments portent à croire que la toxicité de la quinoléine peut être associée à sa conversion dans les organismes, par activation métabolique, en une molécule mutagène (EC, 2011).	Log Koe : 2,1 (EC, 2011) FBC: 8 à 21 (EC, 2011; EPA, 2001) Solubilité-eau : 6 110 mg/L (HSDB) PV: 0,06 mm Hg (HSDB) Koc: 2,84 à 10,9 (HSDB) (EPA, 2001)		Log Koe	Sédiment	Volatilisation	Log Koe	Interprétation des propriétés physiques et chimiques	Aérobic	Anaérobic	Photodégradation Susceptible de se dégrader par ce processus (HSDB). Hydrolyse Non probable (HSDB).

#	PRÉSENTATION DES COMPOSÉS						ÉCOTOXICITÉ ET CANCÉROGÉNÉCITÉ					DEVENIR ENVIRONNEMENTAL							
	Nom des composés en anglais	Nom des composés en français	CAS Structures moléculaires	Classe	Description des composés (Organique/Inorganique) (Utilisations: FH et autres)	Critères de qualité par usage (MDDEFP) (mg/L)	Données écotoxicologiques usuelles	Conc. (en mg/L)	Sources	Produits de dégradation ou de réaction	Cancéro génicité ⁽¹⁾ (humain)	Propriétés physiques et chimiques (Log Koe, Koc, Pression de vapeur (PV) et solubilité dans l'eau)			Interprétation des propriétés physiques et chimiques		Biodégradation		Dégradation abiotique (photolyse, hydrolyse)
												Propriétés	Données	Sources			Aérobie	Anaérobie	
															Log Koe	FBC			
50	Sodium hydroxide	Hydroxyde de sodium	1310-73-2 NaOH	Composés inorganiques	Inorganique FH: Fluide de stimulation Utilisé comme un ajusteur de pH, fongicide, herbicide et microbiocide (PAN).	Toxicité faible (EPA solvants) ↑ pH	C. dubia CL50 48h: 40,38 D. magna CL50 48h: 45,4 O. mykiss CL50 96h: 45,4 P. promelas CL50 96h: 0,44 à 77,8 C. dubia CI25 >7j: P. promelas CI25> 7j: P. subcapitata CI25 >3j:	(AQUIRE; PAN) (IUCLID) (AQUIRE)		CIRC: Pas listé IRIS: Pas listé	Log Koe : FBC : Solubilité-eau : 420 000 mg/L à 20°C PV : Koc : 0 mm Hg à 20°C	(IUCLID) (IUCLID)	Log Koe Sédi-ment Volatilisation	Puisque ce composé se dissocie rapidement en ions sodium et hydroxyle, on ne s'attend pas qu'il s'accumule dans les tissus vivants (OCDE SIDS). Puisque ce composé se dissocie rapidement en ions sodium et hydroxyle, on ne s'attend pas à ce qu'il s'adsorbe aux sédiments et solides en suspension (OCDE SIDS).	NaOH est un fort alcalin qui se dissocie complètement dans l'eau en ion sodium et hydroxyles (OCDE SIDS).		Photodégradation Hydrolyse		
51	Sodium hypochlorite	Hypochlorite de sodium	7681-52-9 NaClO	Composés inorganiques	Inorganique FH: Anti émulsifiant, fluide de stimulation Microbiocide, nematicide, traitement de l'eau (PAN).		C. dubia CL50 48h: 0,032 à 0,055 D. magna CL50 48h: 0,059 à 4,180 O. mykiss CL50 96h: 0,080 à 40 P. promelas CL50 96h: 0,176 à 0,565 C. dubia CI25 >7j: P. promelas CI25> 7j: P. subcapitata CI25 >3j:	(AQUIRE) (AQUIRE; PAN) (AQUIRE; PAN) (AQUIRE; PAN)		CIRC: Gr 3, non classifiable quant à sa cancérogénicité (HSDB). IRIS: Pas listé	Log Koe : FBC : Solubilité-eau : Miscible PV : Koc : 13,05 mm Hg à 20°C	(IUCLID) (IUCLID)	Log Koe Sédi-ment Volatilisation	L'hypochlorite de sodium étant un oxydant, ce produit n'a ni DBO ni DCO. Il se transforme graduellement en sel et oxygène ou plus probablement encore, se dégrade au contact du sol ou de la matière organique véhiculée dans les eaux (EC, 1985).		Photodégradation Hydrolyse			
52	Sodium persulfate	Persulfate de sodium	7775-27-1 H2O8S2.2Na	Composés inorganiques	Inorganique FH: Anti émulsifiant Le persulfate de sodium est un agent blanchissant et oxydant, un promoteur de réactions émulsifiantes de polymérisation (Merk, 1989). C'est aussi un ingrédient de décolorant à cheveux, graveur et nettoyeur dans les produits électroniques et les circuits imprimés (MSDS SPC, 1990).		C. dubia CL50 48h: 64,6 à 133 D. magna CL50 48h: 771 O. mykiss CL50 96h: 163 à 771 P. promelas CL50 96h: 133 à 519 C. dubia CI25 >7j: P. promelas CI25> 7j: P. subcapitata CI25 >3j: Poisson CL50 Invertébré CL50 Algues CE50 116	(AQUIRE; IUCLID) (IUCLID) (OCDE SIDS) (OCDE SIDS) (OCDE SIDS)		CIRC: Pas listé IRIS: Pas listé	Log Koe : FBC : Solubilité-eau : 556 mg/L à 20°C PV : Koc : Pas attendu de se bioaccumuler	(IUCLID) (IUCLID) (OCDE SIDS)	Log Koe Sédi-ment Volatilisation	Bioaccumulation non probable dans les cellules puisque le composé est très soluble dans l'eau (IUCLID). Adsorption non probable dans le sol due à leur propriété de dissociation, leur instabilité (hydrolyse) et leur grande solubilité dans l'eau (OCDE SIDS).	Les persulfates vont se décomposer en sulfates ou bisulfates inorganiques (OCDE SIDS, 2005).		Photodégradation Hydrolyse Fort probable (OCDE SIDS).		
53	Sodium xylene sulfonate	Xylène sulfonate de sodium	1300-72-7 C8H10O3S.Na	Surfactants anioniques	Organique FH: Surfactant Le xylène sulfonate de sodium est un hydrotrope dans les détergents ménagers liquides, les shampoings et les produits de dégraissage, les additifs pour certaines colles utilisés dans les industries du cuir (HSDB) et la production de savon/adjuvant (PAN).		C. dubia CL50 48h: > 400 - > 1000 D. magna CE50 48h: 408 O. mykiss CL50 96h: >400 - > 1000 P. promelas CL50 96h: C. dubia CI25 >7j: P. promelas CI25> 7j: P. subcapitata CI25 >3j: AQUIRE Aucune donnée	(HERA, 2005; MSDS_NEASE) (HERA, 2005) (HERA, 2005; MSDS_NEASE)		CIRC: Pas listé IRIS: Pas listé Pas d'évidence de cancérogénicité (NTP - USA).	Log Koe : FBC : Solubilité-eau : 400 000 mg/L à 20°C PV : Koc : -1,86 (prédit) 9 x 10 ⁻⁴ mm Hg à ?°C 52	(OCDE LIS) (IUCLID) (Kolling & Ellington)	Log Koe Sédi-ment Volatilisation	Faible potentiel de bioaccumulation basé sur la valeur du Log Koe (OCDE LIS).	Biodégradation eaux de surface et eaux usées (source?). OCDE 301 B - Rapidement biodégradable - 74% biodégradé en 15j 88% biodégradé en 28j, (HERA, 2005). Le groupe d'hydrotropes sont considérés rapidement biodégradables selon les critères de l'OCDE (Stanton, K. et al., 2010).	Aucune donnée n'existe sous les conditions anaérobies (Stanton, K. et al., 2010). Dû au groupement sulfonate, on ne s'attend pas à ce que cette molécule se biodégrade dans des conditions d'anaérobies. De plus, le faible potentiel de s'adsorber aux sédiments (Koc) fait en sorte qu'il y ait peu de chances de retrouver cette molécule dans de telles conditions (HERA, 2005).		Photodégradation Pas de données sont disponibles sur le sujet (HERA, 2005). Hydrolyse Pas de données sont disponibles sur le sujet. Par contre, considérant le fait que l'hydrotrope est vendu sous forme de solution, cela suggère que la molécule doit pouvoir résister à l'hydrolyse (HERA, 2005).	

#	PRÉSENTATION DES COMPOSÉS						ÉCOTOXICITÉ ET CANCÉROGÉNÉCITÉ					DEVENIR ENVIRONNEMENTAL							
	Nom des composés en anglais	Nom des composés en français	CAS Structures moléculaires	Classe	Description des composés (Organique/inorganique) (Utilisations: FH et autres)	Critères de qualité par usage (MDDEFP) (mg/L)	Données écotoxicologiques usuelles	Conc. (en mg/L)	Sources	Produits de dégradation ou de réaction	Cancéro-génicité ⁽¹⁾ (humain)	Propriétés physiques et chimiques (Log Koe, Koc, Pression de vapeur (PV) et solubilité dans l'eau)			Interprétation des propriétés physiques et chimiques		Biodégradation		Dégradation abiotique (photolyse, hydrolyse)
												Propriétés	Données	Sources			Aérobie	Anaérobie	
54	Tall oil acid ou fatty acids	Acide d'huile de tall	61790-12-3	Acides carboxyliques	Organique FH: Anticorrosion Adjuvant (PAN).		C. dubia CL50 48h: D. magna NOELr ou EL50 (CE50) 48h: O. mykiss CL50 96h: P. promelas LL50 (CL50)96h: > 1000 C. dubia CI25 >7j: P. promelas CI25> 7j: P. subcapitata CSEO 3j: 750	1000 750	(HPVIS) (HPVIS)		CIRC: Pas listé IRIS: Pas listé	Log Koe : 4,89 à 7,6 (IUCLID; HPV) FBC : Solubilité-eau : 12,6 (HPV) PV : 0 mm Hg à 20°C (HPV) Koc :	Log Koe Sédiment Volatilisation	Adsorption non probable aux sédiments et les matériaux solides en suspension (HPV).	Biodégradation eau de surface, eau usée (IUCLID). OCDE 301F - Rapidement Biodégradable - 84% biodégradé en 28j (HPVIS). OCDE 301D - Biodégradable - 56% biodégradé en 28j (HPV).		Photodégradation Peu probable vu la complexité de ce mélange (HPVIS). Hydrolyse Peu probable (HPVIS).		
55	Terpenes	Terpène	—	—	Organique — TROP GÉNÉRAL — FH: Oilwell treating compound	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
56	Thiourea polymer Thiourea, polymer with formaldehyde and 1-phenylethanone	Polymère de thiourée	68527-49-1	Thiocarbamides	Organique FH: Anticorrosion		AQUIRE Aucune donnée				CIRC: Pas listé IRIS: Pas listé	Log Koe : FBC : Solubilité-eau : PV : Koc :	Log Koe Sédiment Volatilisation		Peu biodégradable (SAVEX, 2005). Biodégradable par une biomasse adaptée sur une longue période (BL).		Photodégradation Hydrolyse		
		Thiourée (Syn. Thiocarbamide)	62-56-6 CH4N2S		Utilisé comme un fixateur en photographie et pour enlever les taches sur des négatifs (HSDB).	VAFe: 0,9 CVAA: 0,45 CVAC: 0,02	D. magna CE50 48h: 9,1 D. magna CL50 48h: 9 O. mykiss CL50 96h: >50 P. promelas CL50 96h: > 600 C. dubia CI25 >7j: P. promelas CI25> 7j: P. subcapitata CL25 96h: 17	9,1 9 >50 > 600 17	(CEAEQ, 2012) (AQUIRE) (CEAEQ, 2012) (MSDS de Fisher Scientific, 1999) (CEAEQ, 2012)		CIRC: Gr 3, non classifiable quant à sa cancérogénicité. IRIS: Pas listé EPA: B2 (Probable cancérogène pour l'humain)	Log Koe : 0,108 FBC : < 0,2 Solubilité-eau : 142 000 mg/L à 25°C (HSDB) PV : 0,0028 mm Hg à 25°C (HSDB) Koc : 3 (HSDB)	Log Koe Sédiment Volatilisation	Faible potentiel de bioaccumulation (HSDB). Adsorption peu probable aux sédiments et aux solides en suspension (HSDB).	Non biodégradable 0% biodégradé en 28j (CRIQ GQ, 2012) OCDE 301C - Non biodégradable - 0% biodégradé en 34 j (IUCLID).	Très faible biodégradation de thiourée a été observée dans une solution inoculée dans de la boue d'épuration (HSDB).	Photodégradation Hydrolyse Non probable, composé résistant à l'hydrolyse (HSDB).		
57	Triethanolamine	Triéthanolamine	102-71-6 C6H15NO3	Amines	Organique FH: Anti émulsifiant Le triéthanolamine est un intermédiaire chimique tensioactif utilisé dans les produits de soins personnels, détergents, des inhibiteurs de corrosion, des liquides de refroidissement pour les moteurs automobiles (HSDB). Aussi utilisé dans la production d'insecticide, de microbicide et d'adjuvant (PAN).		C. dubia CL50 48h: 609 à 980 D. magna CL50 48h: 1 386 O. mykiss CL50 96h: P. promelas LL50 96h: 11 800 C. dubia CI25 >7j: P. promelas CI25> 7j: P. subcapitata CSEO 3j:	609 à 980 1 386 11 800	(AQUIRE; PAN) (HPVIS) (PAN)		CIRC: Gr 3, non classifiable quant à sa cancérogénicité. IRIS: Pas listé	Log Koe : -1 FBC : 3 Solubilité-eau : Miscible (HSDB) PV : 3,53 x 10 ⁻⁸ mm Hg à 25°C (HSDB) Koc : 7 (HSDB)	Log Koe Sédiment Volatilisation	Bioaccumulation peu probable (HSDB). Adsorption non probable aux sédiments et aux solides en suspension (HSDB).	OCDE 301C <30% de la DThO en 14j (HSDB). OCDE 302B - Biodégradable - 82% biodégradé en 8j (HPVIS). OCDE 302B 89% en 14j (HPVIS). MITI probabilité de biodégradation 0,9511 (OCDE LIS)	(aérobie) Dans un test de rivière de type "die-away", après 10j le test a atteint 70% de la DThO (HSDB).	Photodégradation Peu probable (HSDB). Hydrolyse Peu probable (HSDB).		

#	PRÉSENTATION DES COMPOSÉS						ÉCOTOXICITÉ ET CANCÉROGÉNÉCITÉ					DEVENIR ENVIRONNEMENTAL							
	Nom des composés en anglais	Nom des composés en français	CAS Structures moléculaires	Classe	Description des composés (Organique/Inorganique) (Utilisations: FH et autres)	Critères de qualité par usage (MDDEFP) (mg/L)	Données écotoxicologiques usuelles	Conc. (en mg/L)	Sources	Produits de dégradation ou de réaction	Cancéro-génicité ⁽¹⁾ (humain)	Propriétés physiques et chimiques (Log K _{ow} , K _{oc} , Pression de vapeur (PV) et solubilité dans l'eau)			Interprétation des propriétés physiques et chimiques		Biodégradation		Dégradation abiotique (photolyse, hydrolyse)
												Propriétés	Données	Sources	FBC/FBA	Sédiment	Volatilisation	Aérobie	
58	Triethylene glycol	Triéthylène glycol (éthylenedioxy)diéthanol, 2,2'-	112-27-6 C6H14O4 Voir Éthylène glycol (107-21-1)	Glycols	Organique FH: Stimulateur de reflux Utilisé comme un ingrédient de fragrance dans les produits cosmétiques, solvant, plastifiant dans les résines de vinyle, de polyester et de polyuréthane et comme humectant dans les encres d'impression, entres autres (HSDB).	C. dubia CL50 48h: D. magna CL50 48h: O. mykiss CL50 96h: P. promelas CL50 96h: C. dubia Cl25 >7j: P. promelas Cl25> 7j: P. subcapitata Cl25 >3j:	35 000 à 52 400 (AQUIRE) 59 900 à 92 500 (AQUIRE)			CIRC: Pas listé IRIS: Pas listé	Log K _{ow} : -1,75 FBC: 3 Solubilité-eau: Miscible PV: 0,00135 mm Hg à 25°C K _{oc} : 10	(HSDB) (HSDB) (HSDB) (HSDB) (HSDB)	FBC/FBA Sédiment Volatilisation	Faible potentiel de bioaccumulation (HSDB). Adsorption non probable aux sédiments et aux solides en suspension (HSDB). Volatilisation non probable (HSDB).					Biodégradation rapide en eaux de surface (HSDB). OCDE 301E - Biodégradable - 11,2 ; 23,5 ; 63 % biodégradé en 10, 14, 35j respectivement (IUCLID). Résultat de la biodégradation expérimentale: 92%, en ? (OCDE LIS).
59		Éthylène glycol (Syn. Éthane-1,2-diol)	107-21-1 C2H6O2	Glycols	Organique FH: Brasseur d'enzymes Liquide de refroidissement et un antigel, solvant, liquide de frein, utilisé dans les cosmétiques (jusqu'à 5%), dans les encres de stylos à bille, les encres d'imprimerie et les adhésifs (HSDB).	C. dubia CL50 48h: D. magna CL50 48h: O. mykiss CL50 96h: P. promelas CL50 96h: C. dubia Cl25 >7j: P. promelas Cl25> 7j: P. subcapitata Cl25 >3j:	6 900 à 34 440 (AQUIRE; PAN) 10 000 à 57 600 (AQUIRE; PAN) 16 mL (AQUIRE) 18500 à 60 828 (AQUIRE; PAN) 8 050 à 72 860 (PAN; AQUIRE) 3 960 à 12 310 (PAN) 3 330 à 32 000 (AQUIRE) 3 660 à 22 520 (AQUIRE)			CIRC: Pas listé IRIS: Non déterminé	Log K _{ow} : -1,36 FBC: 10 dans une ide dorée Solubilité-eau: Miscible dans l'eau PV: 0,09 mm Hg à 25°C K _{oc} : 0,2	(HSDB) (HSDB) (HSDB) (HSDB) (HSDB)	Log K _{ow} Sédiment Volatilisation	Faible potentiel de bioaccumulation (HSDB). Adsorption non probable aux sédiments et aux solides en suspension (HSDB). Volatilisation non probable à partir de la surface de l'eau (HSDB).	OCDE 301D - Rapidement biodégradable - 44, 83 et 96% biodégradé en 5, 15 et 28j respectivement (HSDB). River die-away test - Biodégradable - Biodégradation complète en 3j dans l'eau à 20°C et en 5-14j à 8°C (HSDB).	Biodégradable en condition anaérobie Complètement biodégradé en 7j (HSDB).		Photodégradation Peu probable (HSDB). Hydrolyse Peu probable (HSDB).	
60	Trimethylbenzene, 1,2,4-	Triméthylbenzène, 1,2,4-	95-63-6 C9H12	Dérivés du benzène	Organique FH: Anticorrosion Utilisé dans les colorants, les produits pharmaceutiques, son utilisation industrielle est en tant que solvant et diluant à peinture (HSDB).	C. dubia CL50 48h: D. magna CE50 48h: O. mykiss CL50 96h: P. promelas CL50 96h: C. dubia Cl25 >7j: P. promelas Cl25> 7j: P. subcapitata Cl25 >3j:	0,00477 (MDEQ) 3,61 (U.S. EPA, 1994) 7,72 (AQUIRE; PAN) 0,0133 (MDEQ)			CIRC: Pas listé IRIS: Pas listé	Log K _{ow} : 3,78 FBC: 31 à 439 FBA: 195 Solubilité-eau: 57 mg/L à 20°C PV: 2,03 mm Hg à 25°C K _{oc} : 537	(U.S. EPA, 1994) (HSDB; U.S. EPA, 1994) (MDEQ) (U.S. EPA, 1994) (U.S. EPA, 1994) (HSDB)	Log K _{ow} Sédiment Volatilisation	Modéré à élevé, potentiel de bioaccumulation (HSDB). Adsorption probable aux sédiments et aux solides en suspension (HSDB). Volatilisation rapide de la surface de l'eau (U.S. EPA, 1994).	Biodégradation eaux de surface et eaux usées (HSDB). OCDE 301C - Non biodégradable - Atteint 4-18% de sa DBO th en 4 semaines (HSDB). Demi-vie: 3h et 4J pour les modèles lacs et rivières, respectivement (HSDB).	Aucune biodégradation anaérobie (Hutchins, 1991, 1992).		Photodégradation Hydrolyse Peu probable (HSDB).	
61	Trimethyloctadecyl ammonium chloride ou Octadecanaminium, N,N,N-trimethyl-, chloride, 1-	Chlorure d'ammonium triméthylrique d'octadécyle (ammonium quaternaire)	112-03-8 C21H46N.Cl	Surfactants cationiques	Organique FH: Surfactant Utilisé comme agent anti-corrosion, émulsifiant, germicide. Agent désinfectant, adoucisseur de textile (Verschueren, 1996) et savon désinfectant (Santé Canada).	D. magna CE50 48h: D. magna CE50 48h: O. mykiss CL50 96h: P. promelas CL50 96h: C. dubia Cl25 >7j: P. promelas Cl25> 7j: P. subcapitata Cl50: 72h: P. subcapitata Cl25 96h AQUIRE Aucune donnée	0,063 (CEAEQ, 2012) 0,021 (MSDS deSUNIVO [100% de 112-03-8] (CEAEQ, 2012)) 0,073 0,0052 (MSDS deSUNIVO [100% de 112-03-8] (CEAEQ, 2012)) 0,064			CIRC: Pas listé IRIS: Pas listé	Log K _{ow} : 4,17 (estimé) FBC: Solubilité-eau: 1,76 mg/L à 25°C PV: 5,4 x 10 ⁻¹¹ mm Hg K _{oc} :	(HPVCB; HPV, 2003) (HPVCB; HPV, 2003); (HPV, 2001)	Log K _{ow} Sédiment Volatilisation	Potential modéré de bioaccumulation considérant la valeur du log K _{ow} . Non bioaccumulable (MSDS deSUNIVO [100% de 112-03-8]). Pas de biodégradation après une exposition de 28 jours par un inoculum non adapté à des eaux usées d'égout (Versch., 1996)			Photodégradation Hydrolyse		
62	Zirconium complex	Complexe de zirconium Zirconium, 1,1'-((2-(2-hydroxyethyl))(2-hydroxypropyl)amino)ethyl)imino)bis(2-propanol) complexes	197980-53-3		Organique FH: Crosslinker Le zirconium est pyrophorique et très explosif en présence d'impuretés (FISC).	Sous ses formes naturelles, le zirconium est plus susceptible de présenter des risques pour l'environnement (?) AQUIRE Aucune donnée				CIRC: Pas listé IRIS: Pas listé Composé impossible à classer comme cancérogène chez l'homme (FISC). Le zirconium est un métal de transition. Il n'est pas classé cancérogène (?).									

Substances ne comportant que peu ou pas de risques pour l'environnement selon OSPAR (2012)

(1) Vérifié en ligne dans IRIS et CIRC entre mai et août 2012

(2) Critère calculé pour une eau de pH 7

(3) Critère calculé pour un rejet de 120 minutes ou plus

#	PRÉSENTATION DES COMPOSÉS						ÉCOTOXICITÉ ET CANCÉROGÉNÉCITÉ					DEVENIR ENVIRONNEMENTAL						
	Nom des composés en anglais	Nom des composés en français	CAS Structures moléculaires	Classe	Description des composés (Organique/Inorganique) (Utilisations: FH et autres)	Critères de qualité par usage (MDDEFP) (mg/L)	Données écotoxicologiques usuelles	Conc. (en mg/L)	Sources	Produits de dégradation ou de réaction	Cancéro génicité ⁽¹⁾ (humain)	Propriétés physiques et chimiques (Log Koe, Koc, Pression de vapeur (PV) et solubilité dans l'eau)			Interprétation des propriétés physiques et chimiques	Biodégradation		Dégradation abiotique (photolyse, hydrolyse)
												Propriétés	Données	Sources		Aérobie	Anaérobie	

Acronymes, abréviations et définitions

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists		Gr C	Cancérogénicité possible pour l'humain
AE	Alcool éthoxylé		N	Aucune information sur le site Internet
AQUIRE	AQUatic Information Retrieval, maintenant ECOTOX DATABASE		Non déterminé	Cancérogénicité non déterminée
AQUIRE Aucune donnée	Signifie que pour ce composé il n'existe aucune donnée dans AQUIRE (Juillet 2012)		IUCLID	International Uniform Chemical Information Database
AQUIRE données de toxicité	Signifie qu'il existe dans AQUIRE des données écotoxicologiques autres que celles présentées ici (Juillet 2012)		Koc	Coefficient de partage carbone organique-eau
ATC	Association toxicologique-Chimie		LCPE	Loi canadienne sur la protection de l'environnement
C. dubia	<i>Ceriodaphnia dubia</i>		LL	"Lethal Loading Rate" ou charge létale entraînant 50% d'effet
CAS	Chemical Abstract Service		Log Koe	Logarithme du coefficient de partage octanol-eau
CCME	Conseil canadien des ministres de l'Environnement		MATC	Maximum Allowable Toxicant Concentration
CEAEQ, 2012	Centre d'expertise en analyses environnementales du Québec		MDDEFP	Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs
CE50	Concentration efficace qui affecte 50 % des organismes exposés		MDEQ	Michigan Department of Environmental Quality
CEPA DSL	Canadian Environmental Protection Act Domestic Substances List		MITI	Ministry of International Trade and Industry
CI25	Concentration inhibitrice pour 25 % des organismes exposés		MSDS	Material Safety Data Sheet
CIRC (IARC)	Centre international de recherche sur le cancer (International Agency for Research on Cancer)		NA	Non applicable
Gr 2A	Cancérogénicité probable pour l'humain		NICNAS	National Industrial Chemicals Notification and Assessment Scheme
Gr 2B	Cancérogénicité possible pour l'humain		NOELr	No Observed Effect Loading Rate
Gr 3	Non classifiable quand à la cancérogénicité pour l'humain		NTA	Acide nitroloacétique
CL50	Concentration létale pour 50 % des organismes exposés		NTP	National Toxicology Program
CMA	Concentration maximale acceptable		NYSDEC	New York State Department of Environment Conservation
CMEQ	Concentration minimale avec un effet observé		O. mykiss	<i>Oncorhynchus mykiss</i>
Conc.	Concentration		OCDE 301 [A - F]	301 A 70% d'élimination du carbone organique dissous (COD).
COV	Composé organique volatil			301 B 60% de dioxyde de carbone théorique.
CPCEO	Critère de prévention de la contamination de l'eau et des organismes aquatiques			301 C 60% de demande théorique en oxygène (équivalent au Japanese MITI test).
CPCO	Critère de prévention de la contamination des organismes aquatiques			301 D 60% de demande théorique en oxygène.
CQ	Critère de qualité			301 E 70% d'élimination de la demande de carbone organique.
CRIQ GQ	Centre de Recherche Industrielle du Québec, Gouvernement du Québec			301 F 60% de la demande théorique en oxygène
CSEO	Concentration sans effet observé			
CSST	Commission de la Santé et de la Sécurité du Travail du Québec		OCDE SIDS	Organisation de coopération et de développement économique, Screening Information Data Set
CTSA	Cleaner Technologies Substitutes Assessment		OCDE LIS	Organisation de coopération et de développement économique, Catégorisation écologique de la liste intérieure des substances, Canada.
CVA	Critère de qualité pour la protection de la vie aquatique (effet aigu)		OSHA	Occupational Safety and Health Administration
CVAC	Critère de qualité pour la protection de la vie aquatique (effet chronique)		P&G	Procter & Gamble
D. magna	<i>Daphnia magna</i>		P. promelas	<i>Pimephales promelas</i>
DBO	Demande biochimique en oxygène		P. subcapitata	<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i> anciennement connu sous le nom de <i>Selenastrum capricornutum</i>
DBOth	Demande biochimique en oxygène théorique		PAN	PAN Pesticides Database
EC	Environnement Canada		pH	Potentiel hydrogène
EC, SC	Environnement Canada, Santé Canada		PNN	Probabilistic Neural Network
EL50	"Effective Loading Rate" ou "charge efficace" entraînant 50% d'effet.		PPDB	Pesticide properties DataBase
EPA	Environmental Protection Agency		PV	Pression de vapeur
EPA R.E.D	Environmental Protection Agency Reregistration Eligibility Decision		SAVEX	Service des avis et de l'expertise du ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs du Québec
ESIS	European chemical Substances Information System		SC	Santé Canada
FBA	Facteur de bioaccumulation		SDA	Soap and Detergent Manufacturers Association
FBC	Facteur de bioconcentration		SDS	Safety Data Sheet
FH	Fracturation hydraulique		TRS	Toxicology/Regulation Service
FISC	Fiche internationale de sécurité chimique		U.S. EPA	U.S. Environmental Protection Agency
FSSP	Fiche signalétique de sécurité du produit		U.S. HPV	U.S. High Production Volume (HPV) Chemical Challenge Program
HA inc	Horticultural Alliance Incorporated		VAF	Valeur aiguë finale à l'effluent qui correspond à la concentration causant la mortalité de 50% des organismes sensibles.
HERA	Human and Environmental Risk Assessment on Ingredient of Household Cleaning Products		Versch	Verschueren
HPD	Household Products Database		WHO	World Health Organization
HPV	High Production volume (HPV) Chemical Challenge program		WV	West Virginia
HPVCB	High Production Volume Chemicals Branch			
HPVIS	High Production Volume Information System			
HSDB	Hazardous Substances Data Bank (Site consulté mai - août 2012)			
ICSC	International Chemical Safety Cards (NIOSH : National Institute for Occupational Safety and Health)			
INRS	Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (France)			
IRIS ou EPA	Integrated Risk Information System ou Environmental Protection Agency			
Gr B1	Cancérogénicité probable pour l'humain (Évidence limitée)			
Gr B2	Cancérogénicité probable pour l'humain (Évidence inadéquate)			

Unités

h	Heure
j	Jour
mg/L	Milligramme par litre
mm Hg	Milligramme de mercure
°C	Degré Celsius

Annexe 2 – Recensement des composés organiques et inorganiques présents dans les explosifs et pouvant être utilisés dans le cadre de l'exploration du gaz de schiste au Québec

Organique		Inorganique		Composés génériques*	
Composés	CAS	Composés	CAS	Composés	CAS
2, 6-(PYX)-bio (Picrylamino)-3,5-dinitropyridine	38082-89-2	Aluminium	7429-90-5	Acier résistant à la corrosion	
Octahydro-1,3,5,7-tétranitro-1,3,5,7-tetrazocine	2691-41-0	Antimoine	7440-36-0	Cire désensibilisante	
Perhydro-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazine	121-82-4	Chlorure d'ammonium	12125-02-9	α -Amylase	9000-90-2
Dinitrate d'éthylène glycol	628-96-6	Chlorure de sodium	7647-14-5	Gravité spécifique	
Subtilisine	9014-01-1	Cuivre	7440-50-8	Nitricellulose	9004-70-0
Hexanitrostilbène (HNS)	20062-22-0	Étain	7440-31-5		
2,2',4,4',6,6'-Hexanitrostilbène					
Tétranitrate de pentaérythrityle (PETN)	78-11-5	Fer	7439-89-6		
Thiocyanate de sodium	540-72-7	Nitrate d'ammonium	6484-52-2		
Trinitrate de glycéryle (Nitroglycérine)	55-63-0	Nitrate de sodium	7631-99-4		
2,4,6-Trinitrotoluène (TNT)	118-96-7	Nitrite de sodium	7632-00-0		
		Oxyde de zinc	1314-13-4		
		Perchlorate de sodium	7601-89-0		
		Plomb	7439-92-1		
		Poussière de zinc	7440-66-6		
		Sulfure	7704-37-9		

*Ces composés trop génériques ne possèdent pas de numéro CAS, ou alors ce sont des polymères ou des composés peu documentés.

Annexe 3 - Détermination de la biodégradabilité de huit produits

**Détermination de la
biodégradabilité de
huit produits**

Dossier CRIQ n° PE44966 Act. 1

Rapport d'étape

PARTENAIRE D'INNOVATION

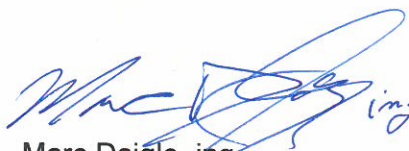
DÉTERMINATION DE LA BIODÉGRADABILITÉ DE HUIT PRODUITS

Dossier CRIQ n° 640-PE44966 Activité 1

Rapport d'étape

Monsieur Yvon Couture, chimiste, M. Sc.
Bureau de coordination sur les évaluations stratégiques
**Ministère du Développement durable,
de l'Environnement, de la Faune et des Parcs**
Édifice Marie-Guyart, 8^e étage
675, boulevard René-Lévesque Est, case 03
Québec (Québec) G1R 5V7

Marc St-Arnaud
Conseiller industriel

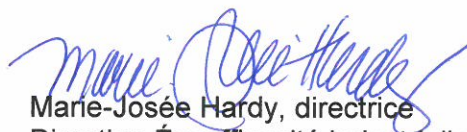


Marc Daigle, ing.
Responsable technique



CHIMISTE
SYLVAIN SAVARD
79-217
QUÉBEC

Sylvain Savard, chim. Ph. D.
Chimiste responsable



Marie-Josée Hardy, directrice
Direction Écoefficacité industrielle
et Environnement

Québec, le 17 mai 2013

Le Centre de recherche industrielle du Québec a pour mission de contribuer à la compétitivité des secteurs industriels québécois en soutenant l'innovation en entreprise.

Enseignement supérieur,
Recherche, Science
et Technologie



PRINCIPAL PARTENAIRE FINANCIER DU CRIQ

DÉTERMINATION DE LA BIODÉGRADABILITÉ DE HUIT PRODUITS

Équipe de projet

Line Jaulin M. Sc. A., agente de recherche, responsable technique lors des essais
Michel Comeau, technicien R-D, responsable d'activités
Sylvain Savard, chimiste Ph. D., superviseur en physico-chimie
Odette Petitclerc, technicienne R-D en microbiologie
Alain Sauvé, technicien R-D en physico-chimie
Johanne Gosselin, technicienne R-D en physico-chimie
France Chalifour, technicienne en information industrielle et technologique

Pour tout renseignement concernant le projet

Responsable technique

Marc Daigle, ing.
333, rue Franquet, Québec (Québec) G1P 4C7
Téléphone : 418 659-1550 poste 2908
Télécopieur : 418 652-2202
Courriel : Marc.Daigle@criq.qc.ca

Conseiller industriel

Marc St-Arnaud
333, rue Franquet, Québec (Québec) G1P 4C7
Téléphone : 418 659-1550 poste 2227
Télécopieur : 418 652-2251
Courriel : Marc.St-Arnaud@criq.qc.ca

© CRIQ 2013, tous droits réservés.

L'information contenue dans ce document ne peut être utilisée ou reproduite par une tierce partie, à moins d'une autorisation écrite du CRIQ.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
Contenu	
1. OBJECTIF DU PROJET	1
2. DESCRIPTION DES TRAVAUX	1
2.1 Détermination de la demande théorique en oxygène	1
2.1.1 Calcul de la demande théorique en oxygène	1
2.1.2 Détermination de la demande chimique en oxygène	2
2.2 Évaluation de la toxicité vis-à-vis des micro-organismes	2
2.3 Détermination de la biodégradabilité	2
3. RÉSULTATS OBTENUS	4
3.1 Demande théorique en oxygène	4
3.2 Toxicité	5
3.3 Biodégradabilité	6
4. ANALYSE DES RÉSULTATS DE LA BIODÉGRADABILITÉ	10
5. CONCLUSION	12

Liste des tableaux et de la figure

TABLEAU I	CONDITIONS EXPÉRIMENTALES	3
TABLEAU II	IDENTIFICATION DES SUBSTANCES UTILISÉES	4
TABLEAU III	DEMANDE <u>THÉORIQUE</u> EN OXYGÈNE	5
TABLEAU IV	DEMANDE <u>CHIMIQUE</u> EN OXYGÈNE	5
TABLEAU V	CROISSANCE OBSERVÉE LORS DE L'ÉVALUATION DE LA TOXICITÉ	6
TABLEAU VI	CONSOMMATION D'OXYGÈNE DANS LE TEMPS (série 1)	7
TABLEAU VII	CONSOMMATION D'OXYGÈNE DANS LE TEMPS (série 2)	8
TABLEAU VIII	CONSOMMATION D'OXYGÈNE DANS LE TEMPS (reprise du Catemol)	8
TABLEAU IX	BIODÉGRADABILITÉ (série 1)	9
TABLEAU X	BIODÉGRADABILITÉ (série 2)	10
TABLEAU XI	BIODÉGRADABILITÉ (reprise du Catemol)	10
Figure 1	Vitesse de biodégradation	11

1. OBJECTIF DU PROJET

L'objectif de ce projet consistait, au départ, à évaluer la biodégradabilité intrinsèque de neuf produits entrant dans la composition d'additifs chimiques utilisés lors de la fracturation hydraulique selon la méthode OCDE 302C *Modified MITI Test* sur une période de 28 jours. Cette méthode est applicable aux produits solubles ou peu solubles dans l'eau ainsi qu'aux composés faiblement volatils.

2. DESCRIPTION DES TRAVAUX

2.1 Détermination de la demande théorique en oxygène

La méthode OCDE 302C consiste à suivre l'évolution de la demande biochimique en oxygène d'un produit donné dans le temps. Pour ce faire, la quantité d'oxygène requise pour dégrader le matériel soumis à l'essai par voie biochimique doit d'abord être déterminée. Deux méthodes peuvent être utilisées : par calcul ou par détermination de la demande chimique en oxygène.

2.1.1 Calcul de la demande théorique en oxygène

La demande théorique en oxygène (DThO) peut être calculée si la composition élémentaire est connue ou déterminée par analyse chimique.

Par exemple, pour le composé suivant : $C_cH_hCl_{cl}N_nNa_{na}O_oP_pS_s$, la DThO, en l'absence de nitrification, sera égale à :

$$DThONH3 = \frac{16 [2c + 1/2(h - cl - 3n) + 3s + 5/2p + 1/2na - o] \text{ mg/mg}}{PM}$$

et, si une nitrification a lieu, elle sera égale à :

$$DThONO3 = \frac{16 [2c + 1/2(h - cl) + 5/2n + 3s + 5/2p + 1/2na - o] \text{ mg/mg}}{PM}$$

où PM = poids moléculaire

2.1.2 Détermination de la demande chimique en oxygène

Dans les cas où la composition élémentaire d'un produit n'est pas connue, la demande chimique en oxygène (DCO) est déterminée à partir d'une solution aqueuse de celui-ci selon la procédure du *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 5220 C (Closed Reflux)*. L'échantillon est ainsi oxydé pendant qu'il est chauffé en reflux fermé dans une solution fortement acide contenant un excès de dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) en quantité connue. Après la digestion, le $K_2Cr_2O_7$, qui n'a pas été réduit, est titré avec une solution de sulfate d'ammonium ferreux pour déterminer la quantité de $K_2Cr_2O_7$ consommée et la matière oxydable est calculée en équivalent d'oxygène.

2.2 Évaluation de la toxicité vis-à-vis des micro-organismes

Avant de procéder à l'évaluation de la biodégradabilité, il est également important de déterminer au préalable si les produits à tester, une fois dilués, seront ou non toxiques envers les micro-organismes mis en contact avec l'échantillon lors de l'essai de biodégradation.

Pour ce faire, une solution de chaque produit a été préparée dans du bouillon nutritif et inoculée avec une suspension de micro-organismes d'un inoculum provenant de la même source que celui utilisé lors de la réalisation de l'essai de biodégradation. Cette évaluation de la toxicité a été réalisée à des concentrations finales équivalentes à 15, 30, 60 et 120 mg de produit par litre. La croissance des micro-organismes indique que le produit n'est pas toxique à une concentration donnée alors qu'à l'inverse, l'absence de croissance démontre que le produit est toxique envers l'inoculum à cette concentration.

Comme la méthode OCDE 302C recommande d'effectuer l'essai à une concentration de produit égale à 30 mg/l, tout composé inhibant la croissance des micro-organismes contenus dans l'inoculum à ces concentrations ne peut être testé selon cette méthode.

2.3 Détermination de la biodégradabilité

Une fois les valeurs de toxicité connues, l'essai de biodégradabilité proprement dit peut finalement être effectué.

Pour réaliser l'essai, chaque produit a été dilué dans une solution minérale à une concentration de 30 mg par litre. Deux réacteurs ont été préparés pour chaque produit et inoculés avec une préparation de boues activées préalablement lavées et centrifugées conformément à la procédure décrite dans la méthode OCDE 302B *Zahn-Wellens / EMPA Test*. Un troisième réacteur préparé de la même façon, mais contenant un agent stérilisant (le chlorure de mercure), a été ajouté à la série afin d'évaluer la perte abiotique causée par l'oxydation de l'échantillon sans que l'action des micro-organismes ne soit nécessaire.

Afin de valider l'essai, des réacteurs contenant un matériau de référence dont la biodégradabilité est connue ont été ajoutés à la série. De plus, des réacteurs ne contenant que le milieu minéral et l'inoculum ont été préparés pour la détermination de la consommation d'oxygène engendrée par l'inoculum aux fins du calcul du pourcentage de dégradation. Finalement, un inhibiteur de nitrification (2-chloro-6-(trichlorométhyl) pyridine) a été ajouté à chaque réacteur dans le but d'inhiber l'activité des bactéries nitrifiantes pouvant être présentes dans l'échantillon de boues activées.

Les réacteurs ont été placés sur la base d'un DBO-mètre manométrique placé dans un incubateur maintenu à 23 °C et mis en agitation à l'aide d'un barreau magnétique. Un capteur de CO₂ à base d'hydroxyde de lithium a été placé dans l'ouverture de chaque contenant. Après stabilisation de la température et saturation du contenu des réacteurs en oxygène dissous, ceux-ci ont été fermés hermétiquement et les échelles permettant de mesurer la consommation en oxygène ont été ajustées à zéro. La consommation en oxygène de chaque réacteur a été mesurée quotidiennement pendant les jours ouvrables, et ce, jusqu'à concurrence de 28 jours.

Le tableau I ci-dessous résume les conditions expérimentales de l'essai.

TABLEAU I CONDITIONS EXPÉRIMENTALES

SÉRIE D'ESSAIS	
Début de l'essai	13 septembre 2012 (série 1) 24 octobre 2012 (série 2) 15 janvier 2013 (reprise du Catemol)
Matériau de référence	Aniline
Concentration du matériau de référence	100 mg/l

Note : Le produit composé d'acides gras et huile de Tall (n° CAS : 68188-40-9) n'a pas été testé puisqu'il n'a pas été possible de se le procurer.

Il n'existe pas de critère à atteindre dans le cas de la détermination de la biodégradabilité intrinsèque. Cependant, l'essai n'est valide que si le matériau de référence s'est dégradé à plus de 65 % en 14 jours.

À titre de référence, le tableau II présente l'identification des substances soit leur nom commun, leur n° de CAS, leur nom chimique en anglais et les produits utilisés lors des essais. De plus, les fiches signalétiques des produits utilisés se retrouvent à l'annexe A.

TABLEAU II IDENTIFICATION DES SUBSTANCES UTILISÉES

NOM COMMUN	NOM CHIMIQUE (ANGLAIS)	PRODUIT UTILISÉ
Chlorure d'ammonium triméthylrique d'octadécyle N° CAS : 112-03-8	Octadecyltrimethylammonium chloride	Trimethyl octadecyl ammonium chloride N° CAS : 112-03-8
Polymère de thio-urée N° CAS : 68527-49-1	Acetophenone, thiourea, formaldehyde polymer	Thiourée N° CAS : 62-56-6
Octaméthylcyclotétrasiloxane N° CAS : 556-67-2	Octamethylcyclotetrasiloxane	Octaméthylcyclotétrasiloxane N° CAS : 556-67-2
Huile de ricin éthoxylé N° CAS : 61791-12-6	Castor oil ethoxylated	Cremophor EL N° CAS : 61791-12-6
Résines alkylphénoliques oxyalkylées N° CAS : 68891-11-2	Oxirane, 2-methyl, polymer with ixurane, mono (nonylphenyl) ether, branched	Surfonic LF-41 N° CAS : 68891-11-2
Dérivés de quinoléine N° CAS : 72480-70-7	Benzyl quinolinium chloride	Chlorure de 1-benzylquinolinium N° CAS : 15619-48-4
Solvant naphta aromatique lourd N° CAS : 64742-94-5	Heavy aromatic petroleum naphta	Solvant Solvesso 150 N° CAS : 64742-94-5
Propanediaminium-2-substitued, hexaalkyl-di halide, 1,3 N° CAS : inconnu	Propanediaminium-2-substitued, hexaalkyl-di halide, 1,3	Catamol HBC-18 (échantillon séché) N° CAS : 118516-73-7

Lors de la réalisation des travaux, il n'a pas été possible de trouver un produit représentant les composés d'acides gras et d'huile de Tall (n° CAS : 68188-40-9). En ce sens, huit produits ont été analysés au lieu de neuf.

3. RÉSULTATS OBTENUS

3.1 Demande théorique en oxygène

La demande théorique en oxygène en absence de nitrification des produits dont la composition élémentaire était connue apparaît au tableau III tandis que la demande chimique en oxygène des produits de composition inconnue est présentée au tableau IV.

TABLEAU III DEMANDE THÉORIQUE EN OXYGÈNE

PRODUIT	FORMULE CHIMIQUE	MASSE MOLÉCULAIRE	DTHO _{NH3} (MG/MG)
Aniline (produit de référence)	C ₆ H ₇ N	93,13	2,41
Trimethyl octadecyl ammonium chloride N° CAS : 112-03-8	C ₂₁ H ₄₆ ClN	348,05	2,90
Thiourée N° CAS : 68527-49-1	CH ₄ N ₂ S	76,12	0,84
Octaméthylcyclotétrasiloxane N° CAS : 556-67-2	C ₈ H ₂₄ O ₄ Si ₄	296,62	1,73
Chlorure de 1-benzylquinolinium N° CAS : 15619-48-4	C ₁₆ H ₁₄ ClN	255,74	2,31
Solvant Solvesso 150 N° CAS : 64742-94-5	C ₁₀ H ₁₄ (formule approximative)	134	3,22
Catamol HBC-18 (échantillon séché) N° CAS : 118516-73-7	C ₄₃ H ₉₂ N ₂ O · 2 Cl	724,1	2,81

TABLEAU IV DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGÈNE

PRODUIT	DCO (mg/l)
Cremophor EL N° CAS : 61791-12-6	2 030 000
Surfonic LF-41 N° CAS : 68891-11-2	2 260 000
Catamol HBC-18 (solution à 50 % dans un mélange eau-éthanol) N° CAS : 118516-73-7	1 630 000

3.2 Toxicité

Le tableau V présente les résultats de l'évaluation de la toxicité de chaque produit pour les micro-organismes présents dans l'inoculum. Une croissance positive indique que le produit n'est pas toxique.

Comme les résultats démontrent qu'aucun produit n'est toxique à 30 mg/l, les essais de biodégradabilité ont donc pu être démarrés.

**TABLEAU V CROISSANCE OBSERVÉE LORS DE L'ÉVALUATION
DE LA TOXICITÉ**

PRODUIT	CROISSANCE OBSERVÉE			
	120 mg/l	60 mg/l	30 mg/l	15 mg/l
Aniline	+	+	+	+
Trimethyl octadecyl ammonium chloride	-	±	+	+
Thiourée	+	+	+	+
Octaméthylcyclotétrasiloxane	+	+	+	+
Cremophor EL	+	+	+	+
Surfonic LF-41	+	+	+	+
Chlorure de 1-benzylquinolinium	+	+	+	+
Solvant Solvesso 150	+	+	+	+
Catamol HBC-18 (solution à 50 % dans un mélange eau-éthanol)	+	+	+	+

3.3 Biodégradabilité

Les tableaux VI, VII et VIII fournissent les mesures de consommation en oxygène qui ont été réalisées tout au long des essais tandis que les tableaux IX, X et XI font état des résultats de biodégradation obtenus. Ce pourcentage est obtenu par le calcul suivant :

$$D = \left[\frac{(C_{e(t)} - C_{b(t)})}{C_{th}} \right] \times 100$$

où

- D : % de dégradation au temps t;
- $C_{e(t)}$: Consommation d'O₂ du réacteur échantillon au temps t;
- $C_{b(t)}$: Consommation d'O₂ dissous du blanc au temps t;
- C_{th} : Demande théorique en O₂ du réacteur.

TABLEAU VI CONSOMMATION D'OXYGÈNE DANS LE TEMPS (série 1)

RÉACTEUR	DThO _{NH3} (mg/l)	TEMPS (jours)																			
		0	1	4	5	6	7	8	11	12	13	14	15	18	19	20	21	22	26	27	28
Blanc 1	---	0	3	6	6	6	11	13	17	18,5	19	21	23	24	25	28	29	29	34,5	33	29
Blanc 2	---	0	2	6	7	9	10	11	13	14	14	15	16	18	18	18,5	20	20	20	20	20
<i>Blanc (moyenne)</i>		0	2,5	6	7	7,5	10,5	12	15	16,25	16,5	18	19,5	21	21,5	23,25	24,5	24,5	27,25	26,5	24,5
Référence 1 (Aniline)	241	0	2,5	155	180	200	210	210	210	210	220	220	225	230	230	230	230	230	230	230	230
Référence 2 (Aniline)	241	0	10	170	190	210	220	220	230	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Triméthyl octadecyl ammonium chloride-1	87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Triméthyl octadecyl ammonium chloride-2	87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Triméthyl octadecyl ammonium chloride (HgCl ₂)	87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Thiourée-1	25,2	0	2	9,5	11,5	13	14	16	17	17	18	18	18	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	19	18,5	*
Thiourée-2	25,2	0	0	2,5	4,5	5	11	11	13	12	13	15	17	12	14	17	18	17	20,2	19	*
Thiourée (HgCl ₂)	25,2	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	2	2	0	0	2	2	0	2	2	*
Octaméthylcyclotétrasiloxane-1	51,9	0	4	12	14	16	17	18	20	20	22	22	22	24	26	26	26	26	26	26	26
Octaméthylcyclotétrasiloxane-2	51,9	2	2	2,5	5	8	9	10	11	11	11	11	11	10	10	10	10	8	0	0	*
Octaméthylcyclotétrasiloxane (HgCl ₂)	51,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*
Cremophor EL-1	60,9	0	16	48	57	59	63	66	70	78	80	82	86	90	92	94	94	94	92	92	92
Cremophor EL-2	60,9	0	14	50	57,5	60	64	68	70	76	78	80	84	90	91	92	92	92	92	92	92
Cremophor EL (HgCl ₂)	60,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Surfonic LF-41-1	67,8	0	0	8	10	12	16	28	52	56	58	60	62	63	64	64	64	64	64	63	63
Surfonic LF-41-2	67,8	0	0	16	18	24	38	58	70	78	82	86	88	88	88	89	88	88,5	88,5	88	88
Surfonic LF-41 (HgCl ₂)	67,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chlorure de 1-benzylquinolinium -1	69,3	0	6	16	16	20	20	22	26	28	28	30	30	31	32	32	32	32	32	32	32
Chlorure de 1-benzylquinolinium -2	69,3	0	8	16	18	20	22	24	28	28	30	30	30	30	31	32	32	32	31	30	30
Chlorure de 1-benzylquinolinium (HgCl ₂)	69,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

*Bris d'appareil

TABLEAU VII CONSOMMATION D'OXYGÈNE DANS LE TEMPS (série 2)

RÉACTEUR	DThO _{NH3} (mg/l)	TEMPS (jours)																				
		0	1	2	5	6	7	8	9	12	13	14	15	16	19	20	21	22	23	26	27	28
Blanc 1	---	0	5	7	19	19	19	20	21	23	23	23	25	26	27	28	28	28	29	29	29	29
Blanc 2	---	0	7	13	21	23	25	26	27	29	29	29	31	31	31	31	31	31	31	32	31	31
<i>Blanc (moyenne)</i>		0	6	10	20	21	22	23	24	26	26	26	28	28,5	29	29,5	29,5	29,5	30	30,5	30	30
Référence 1 (Aniline)	241	0	10	15	170	190	200	210	220	230	230	230	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
Référence 2 (Aniline)	241	0	0	0	200	220	240	250	260	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270
Solvant Solvesso 150-1	96,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	30	35	30	30	30
Solvant Solvesso 150-2	96,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Solvant Solvesso 150 (HgCl ₂)	96,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Catamol HBC-18-1 (solution à 50 %)	48,9	0	10	18	28	30	32	32	34	36	36	37	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
Catamol HBC-18-2 (solution à 50 %)	48,9	0	24	32	46	48	50	52	52	55	56	56	56	57	58	58	58	58	58	58	58	58
Catamol HBC-18 (HgCl ₂) (solution à 50 %)	48,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Le Catamol testé dans la série 2 a été utilisé tel que reçu. Ce produit se présentait en solution à une concentration d'environ 50 % dans un mélange eau-éthanol. L'essai a donc été repris sur le produit séché à une température de 80 °C pour en éliminer le solvant.

TABLEAU VIII CONSOMMATION D'OXYGÈNE DANS LE TEMPS (reprise du Catamol)

RÉACTEUR	DThO _{NH3} (mg/l)	TEMPS (jours)																				
		0	1	2	3	6	7	8	9	10	13	14	15	16	17	20	21	22	23	24	27	28
Blanc 1	---	0	11	20	28	35	42	44	46	48	50	51	51	51	51	50	49,5	49	48	47	45	44
Blanc 2	---	0	7	14	20	29	32	33	35	36	39	39	40	39,5	39,5	39	39,5	39	39	39	37	36
<i>Blanc (moyenne)</i>		0	9	17	24	32	37	38,5	40,5	42	44,5	45	45,5	45,25	45,25	44,5	44,5	44	43,5	43	41	40
Référence (Aniline)	241	0	0	0	130	210	210	210	220	220	220	220	220	220	220	210	210	210	210	200	200	200
Catamol HBC-18-1 (échantillon séché)	84,3	0	11	22	28	40	40	42	43	45	46	46	46	46	48	47	46	47	46	46	46	45
Catamol HBC-18-2 (échantillon séché)	84,3	0	3	12	18	28	30	30	32	33	34	34	35	35	36	36	36	36	35	34	32	30
Catamol HBC-18 (HgCl ₂) (échantillon séché)	84,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TABLEAU IX BIODÉGRADABILITÉ (série 1)

PRODUIT	% DÉGRADATION			
	T = 7 jours	T = 14 jours	T = 21 jours	T = 28 jours
Matériau de référence (Aniline)	83	94	85	85
Minimum de 65 % après 14 jours pour valider l'essai	87	96	94	94
Moyenne	85	95	90	90
Trimethyl octadecyl ammonium chloride	0	0	0	0
	0	0	0	0
Moyenne	0	0	0	0
Perte abiotique	0	0	0	0
% net de biodégradation	0	0	0	0
Thiourée	14	0	0	0
	2	0	0	0
Moyenne	8	0	0	0
Perte abiotique	8	8	8	8
% net de biodégradation	0	0	0	0
Octaméthylcyclotétrasiloxane	12	8	0	0
	0	0	0	0
Moyenne	6	4	0	0
Perte abiotique	0	0	0	0
% net de biodégradation	6	4	0	0
Cremophor EL	86	100	100	100
	88	100	100	100
Moyenne	87	100	100	100
Perte abiotique	0	0	0	0
% net de biodégradation	87	100	100	100
Surfonic LF-41	8	62 ⁽¹⁾	68 ⁽¹⁾	58 ⁽¹⁾
	41	100	94	94
Moyenne	25	100	94	94
Perte abiotique	0	0	0	0
% net de biodégradation	25	100	94	94
Chlorure de 1-benzylquinolinium	14	17	11	11
	17	17	11	8
Moyenne	16	17	11	10
Perte abiotique	0	0	0	0
% net de biodégradation	16	17	11	10

⁽¹⁾ Fuite au réacteur

TABLEAU X BIODÉGRADABILITÉ (série 2)

PRODUIT	% DÉGRADATION			
	T = 7 jours	T = 14 jours	T = 21 jours	T = 28 jours
Matériau de référence (Aniline)	74	85	87	87
Minimum de 65 % après 14 jours pour valider l'essai	90	100	100	100
Moyenne	82	92	94	94
Solvant Solvesso 150	0	0	0	0
	0	0	11	10
Moyenne	0	0	6	5
Perte abiotique	0	0	0	0
% net de biodégradation	0	0	6	5
Catamol HBC (solution à 50 %)	20 ⁽²⁾	22 ⁽²⁾	17 ⁽²⁾	16 ⁽²⁾
	57	61	58	57
Moyenne	57	61	58	57
Perte abiotique	0	0	0	0
% net de biodégradation	57	61	58	57

⁽²⁾ Fuite au réacteur

TABLEAU XI BIODÉGRADABILITÉ (reprise du Catamol)

PRODUIT	% DÉGRADATION			
	T = 7 jours	T = 14 jours	T = 21 jours	T = 28 jours
Matériau de référence (Aniline)				
Minimum de 65 % après 14 jours pour valider l'essai	72	73	69	66
Catamol HBC (échantillon séché)	3,6	1,8	1,8	5,9
	0	0	0	0
Moyenne	1,8	0,9	0,9	3,0
Perte abiotique	0	0	0	0
% net de biodégradation	1,8	0,9	0,9	3,0

4. ANALYSE DES RÉSULTATS DE LA BIODÉGRADABILITÉ

Les essais ont été validés puisque le matériau de référence s'est dégradé à plus de 65 % en moins de 14 jours.

Comme l'indique le tableau IX, pour la thiourée et l'octaméthylcyclotétrasiloxane, un certain taux de biodégradation a été enregistré au cours des premiers jours d'essai, mais ce taux est devenu finalement nul plus tard. Cela s'explique par une consommation en oxygène légèrement plus élevée que celle du blanc en début de test de l'ordre de 5 ppm.

Mais puisque l'imprécision sur la mesure de consommation en oxygène est de ± 2 ppm, cet écart entre le blanc et les réacteurs d'essais est négligeable et ne peut pas être interprété comme une dégradation effective des produits en question.

Pour des raisons évidentes, lorsque la consommation en oxygène d'un réacteur donné est inférieure à celle enregistrée pour le blanc de méthode, le taux de biodégradation calculé est nul.

Aucun produit testé n'a enregistré de perte abiotique significative, ce qui signifie que pour les produits dégradables, l'oxydation est essentiellement liée au phénomène de biodégradation.

Tous les réacteurs ont été inspectés à la fin de l'essai afin de déceler toutes fuites qui auraient pu apparaître à l'embouchure des réacteurs pendant l'essai. Dans le cas du Surfonic LF-41 et du Catemol HBC en solution, une fuite a effectivement été identifiée pour un des deux réacteurs d'essais. Par conséquent, les valeurs obtenues pour ces réacteurs n'ont pas été retenues dans le calcul du taux de biodégradation net.

Seuls le Cremophor EL, le Surfonic LF-41 et le Catemol HBC en solution ont enregistré un taux de biodégradation supérieur à 10 %. Une indication de leur vitesse de biodégradation est présentée à la figure 1.

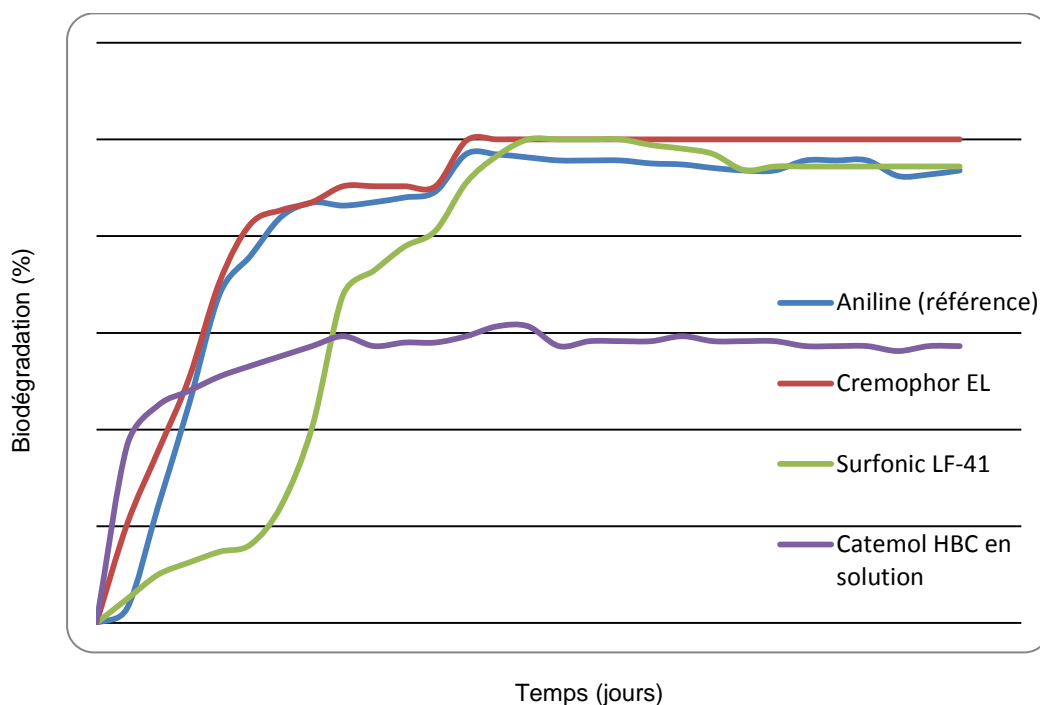


Figure 1 Vitesse de biodégradation

Lors de la reprise de l'essai sur le Catemol séché, aucune dégradation significative n'a été enregistrée tandis qu'à l'inverse, une dégradation de près de 60 % avait été notée pendant la réalisation de l'essai sur la solution à 50 % dans un mélange eau-éthanol. En réalité, la biodégradation enregistrée dans ce cas était vraisemblablement reliée à la dégradation de l'éthanol et possiblement au fait que le Catemol était mieux dispersé dans la solution d'essai, facilitant du même coup un meilleur contact avec les micro-organismes.

Finalement, dans le cas du Trimethyl octadecyl ammonium chloride, aucune consommation d'oxygène n'a été enregistrée pendant l'essai de biodégradation, et ce, même s'il avait été démontré que ce produit n'était pas toxique envers l'inoculum à la concentration d'essai. Puisque l'inoculum est composé d'un consortium de micro-organismes, il est probable que certains d'entre eux, qui sont anaérobies facultatifs, puissent se multiplier sans utiliser d'oxygène, d'où une consommation nulle dans les réacteurs qui contiennent le Trimethyl octadecyl ammonium chloride pendant l'essai alors qu'une certaine consommation est enregistrée dans les réacteurs qui ne contiennent que l'inoculum sans ajout de substance dégradables. Comme l'évaluation de la toxicité n'a pour but que de détecter si une substance est nocive pour l'inoculum, Trimethyl octadecyl ammonium chloride n'est donc pas biodégradable lorsque testé selon l'OCDE 302C.

5. CONCLUSION

Pour considérer qu'un produit puisse être facilement biodégradable, les critères généralement reconnus sont de 60 % pour les techniques d'évaluation basées sur le suivi de la consommation en oxygène et de 70 % pour celles basées sur la réduction de la concentration en carbone organique dissous. Ces valeurs de seuil doivent être atteintes dans un intervalle de temps de 10 jours compris à l'intérieur de la durée d'essai de 28 jours. Cet intervalle de 10 jours débute lorsque le taux de biodégradation atteint 10 % de la DThO et doit se terminer avant le 28^e jour de l'essai.

En se basant sur ces critères et à la suite de l'évaluation des produits testés selon la méthode OCDE 302C, nous pouvons conclure que :

Le trimethyl octadecyl ammonium chloride	n'est pas biodégradable
La thiourée	n'est pas biodégradable
L'octaméthylcyclotétrasiloxane	n'est pas biodégradable
Le Cremophor EL	est entièrement biodégradable
Le Surfonic LF-41	est entièrement biodégradable
Le chlorure de 1-benzylquinolinium	n'est pas biodégradable
Le solvant Solvesso 150	n'est pas biodégradable
La solution de Catemol HBC-18 à 50 % dans un mélange eau-éthanol	est biodégradable à environ 60 %
Le Catemol HBC-18 séché	n'est pas biodégradable

ANNEXE A

Fiches signalétiques des produits utilisés

Material Safety Data Sheet

Version 4.3
Revision Date 09/26/2012
Print Date 11/29/2012

1. PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION

Product name : Trimethyloctadecylammonium chloride

Product Number : 53112
Brand : Sigma
Product Use : For laboratory research purposes.

Supplier : Sigma-Aldrich Canada, Ltd Manufacturer : Sigma-Aldrich Corporation
2149 Winston Park Drive 3050 Spruce St.
OAKVILLE ON L6H 6J8 St. Louis, Missouri 63103
CANADA USA

Telephone : +1 9058299500
Fax : +1 9058299292
Emergency Phone # (For : 1-800-424-9300
both supplier and
manufacturer)

Preparation Information : Sigma-Aldrich Corporation
Product Safety - Americas Region
1-800-521-8956

2. HAZARDS IDENTIFICATION

Emergency Overview

WHMIS Classification

Not WHMIS controlled.

GHS Classification

Acute toxicity, Dermal (Category 4)

Acute toxicity, Oral (Category 4)

GHS Label elements, including precautionary statements

Pictogram



Signal word

Warning

Hazard statement(s)

H302 + H312

Harmful if swallowed or in contact with skin

Precautionary statement(s)

P280

Wear protective gloves/ protective clothing.

HMIS Classification

Health hazard:

1

Flammability:

0

Physical hazards:

0

Potential Health Effects

Inhalation

May be harmful if inhaled. May cause respiratory tract irritation.

Skin

Harmful if absorbed through skin. May cause skin irritation.

Eyes

May cause eye irritation.

Ingestion

Harmful if swallowed.

3. COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

Formula : C₂₁H₄₆ClN
Molecular Weight : 348.05 g/mol

CAS-No.	EC-No.	Index-No.	Concentration
Trimethyloctadecylammonium chloride			
112-03-8	203-929-1	-	-

4. FIRST AID MEASURES

General advice

Consult a physician. Show this safety data sheet to the doctor in attendance. Move out of dangerous area.

If inhaled

If breathed in, move person into fresh air. If not breathing, give artificial respiration. Consult a physician.

In case of skin contact

Wash off with soap and plenty of water. Consult a physician.

In case of eye contact

Flush eyes with water as a precaution.

If swallowed

Never give anything by mouth to an unconscious person. Rinse mouth with water. Consult a physician.

5. FIREFIGHTING MEASURES

Conditions of flammability

Not flammable or combustible.

Suitable extinguishing media

Use water spray, alcohol-resistant foam, dry chemical or carbon dioxide.

Special protective equipment for firefighters

Wear self contained breathing apparatus for fire fighting if necessary.

Hazardous combustion products

Hazardous decomposition products formed under fire conditions. - Carbon oxides, nitrogen oxides (NO_x), Hydrogen chloride gas

Explosion data - sensitivity to mechanical impact

no data available

Explosion data - sensitivity to static discharge

no data available

6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

Personal precautions

Use personal protective equipment. Avoid dust formation. Avoid breathing vapors, mist or gas. Ensure adequate ventilation. Avoid breathing dust.

Environmental precautions

Do not let product enter drains.

Methods and materials for containment and cleaning up

Pick up and arrange disposal without creating dust. Sweep up and shovel. Keep in suitable, closed containers for disposal.

7. HANDLING AND STORAGE

Precautions for safe handling

Avoid contact with skin and eyes. Avoid formation of dust and aerosols.

Provide appropriate exhaust ventilation at places where dust is formed. Normal measures for preventive fire protection.

Conditions for safe storage

Keep container tightly closed in a dry and well-ventilated place.

Keep in a dry place.

8. EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION

Contains no substances with occupational exposure limit values.

Personal protective equipment

Respiratory protection

For nuisance exposures use type P95 (US) or type P1 (EU EN 143) particle respirator. For higher level protection use type OV/AG/P99 (US) or type ABEK-P2 (EU EN 143) respirator cartridges. Use respirators and components tested and approved under appropriate government standards such as NIOSH (US) or CEN (EU).

Hand protection

Handle with gloves. Gloves must be inspected prior to use. Use proper glove removal technique (without touching glove's outer surface) to avoid skin contact with this product. Dispose of contaminated gloves after use in accordance with applicable laws and good laboratory practices. Wash and dry hands.

Eye protection

Safety glasses with side-shields conforming to EN166 Use equipment for eye protection tested and approved under appropriate government standards such as NIOSH (US) or EN 166(EU).

Skin and body protection

Complete suit protecting against chemicals, The type of protective equipment must be selected according to the concentration and amount of the dangerous substance at the specific workplace.

Hygiene measures

Handle in accordance with good industrial hygiene and safety practice. Wash hands before breaks and at the end of workday.

Specific engineering controls

Use mechanical exhaust or laboratory fumehood to avoid exposure.

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Appearance

Form	powder
Colour	white

Safety data

pH	5.5 - 6.5 at 25 °C (77 °F)
Melting point/freezing point	no data available
Boiling point	no data available
Flash point	no data available
Ignition temperature	no data available
Autoignition temperature	no data available
Lower explosion limit	no data available
Upper explosion limit	no data available
Vapour pressure	no data available
Density	no data available
Water solubility	348 g/l at 20 °C (68 °F)
Partition coefficient: n-octanol/water	no data available
Relative vapour density	no data available

Odour	no data available
Odour Threshold	no data available
Evaporation rate	no data available

10. STABILITY AND REACTIVITY

Chemical stability

Stable under recommended storage conditions.

Possibility of hazardous reactions

no data available

Conditions to avoid

no data available

Materials to avoid

Strong oxidizing agents

Hazardous decomposition products

Hazardous decomposition products formed under fire conditions. - Carbon oxides, nitrogen oxides (NOx), Hydrogen chloride gas

Other decomposition products - no data available

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

Acute toxicity

Oral LD50

LD50 Oral - mouse - 536 mg/kg

Remarks: Behavioral:Somnolence (general depressed activity). Behavioral:Ataxia. Diarrhoea

Inhalation LC50

no data available

Dermal LD50

LD50 Dermal - mouse - 1,600 mg/kg

Remarks: Behavioral:Somnolence (general depressed activity). Prolonged skin contact may cause skin irritation and/or dermatitis. Skin and Appendages: Other: Hair.

Other information on acute toxicity

no data available

Skin corrosion/irritation

no data available

Serious eye damage/eye irritation

no data available

Respiratory or skin sensitization

no data available

Germ cell mutagenicity

Carcinogenicity

IARC: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as probable, possible or confirmed human carcinogen by IARC.

ACGIH: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as a carcinogen or potential carcinogen by ACGIH.

Reproductive toxicity

no data available

Teratogenicity

no data available

Specific target organ toxicity - single exposure (Globally Harmonized System)

no data available

Specific target organ toxicity - repeated exposure (Globally Harmonized System)

no data available

Aspiration hazard

no data available

Potential health effects

Inhalation	May be harmful if inhaled. May cause respiratory tract irritation.
Ingestion	Harmful if swallowed.
Skin	Harmful if absorbed through skin. May cause skin irritation.
Eyes	May cause eye irritation.

Signs and Symptoms of Exposure

To the best of our knowledge, the chemical, physical, and toxicological properties have not been thoroughly investigated.

Synergistic effects

no data available

Additional Information

RTECS: BT1750000

12. ECOLOGICAL INFORMATION

Toxicity

no data available

Persistence and degradability

no data available

Bioaccumulative potential

no data available

Mobility in soil

no data available

PBT and vPvB assessment

no data available

Other adverse effects

no data available

13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

Product

Offer surplus and non-recyclable solutions to a licensed disposal company.

Contaminated packaging

Dispose of as unused product.

14. TRANSPORT INFORMATION

DOT (US)

Not dangerous goods

IMDG

Not dangerous goods

IATA

Not dangerous goods

15. REGULATORY INFORMATION

WHMIS Classification

Not WHMIS controlled.

This product has been classified in accordance with the hazard criteria of the Controlled Products Regulations and the MSDS contains all the information required by the Controlled Products Regulations.

16. OTHER INFORMATION

Further information

Copyright 2012 Sigma-Aldrich Co. LLC. License granted to make unlimited paper copies for internal use only. The above information is believed to be correct but does not purport to be all inclusive and shall be used only as a guide. The information in this document is based on the present state of our knowledge and is applicable to the product with regard to appropriate safety precautions. It does not represent any guarantee of the properties of the product. Sigma-Aldrich Corporation and its Affiliates shall not be held liable for any damage resulting from handling or from contact with the above product. See www.sigma-aldrich.com and/or the reverse side of invoice or packing slip for additional terms and conditions of sale.



12314-1

FICHE SIGNALÉTIQUECentre Anti-Poison pour le Québec:
(800) 463-5060Tél. (Qc): (418) 660-8666
Tél. (Mt): (450) 443-1046
Fax. (Qc): (418) 660-8998

610, rue Adanac (suite 300) Beauport (Québec) G1C 7B7

THIOURÉE**SECTION 01 - IDENTIFICATION DU PRODUIT**

Nom chimique	THIOURÉE
Nom commercial ou semblable	THIOUREA, ISOTHIUREA, THIOCARBAMIDE, THIOCARBAMATE, 2-THIOUREA, SULOUREA, THU.
Formule chimique	H ₂ NCSNH ₂
Poids moléculaire	76,12
Numéro MAT	
Identification N.I.P.	UN2811
Classement Merck Index	12,9505
CLASSIFICATION SIMDUT	D2A

SECTION 02 - INGRÉDIENTS DANGEREUX

Ingrédients dangereux	Numéro CAS	Concentration (%)	DL ₅₀	CL ₅₀
Thiourée	62-56-6	99	125 mg/kg	

SECTION 03 - CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

État physique	Solide.
Apparence et odeur	Poudre cristalline de couleur blanche.
Limite de détection olfactive	
Densité	1.40
Point de fusion	174 - 177°C
Point d'ébullition	
Pression de la vapeur	
Densité spécifique de la vapeur	2.6
Solubilité	Modérément soluble dans l'eau et l'alcool.
Taux d'évaporation	
Coefficient H ₂ O / Hulle	
Pourcentage de volatilité	
pH	

SECTION 04 - RISQUES D'INCENDIE ET D'EXPLOSION

Inflammabilité	Non.
Conditions d'allumage	
Agents d'extinction	Utiliser l'agent d'extinction convenant aux conditions environnantes du feu.
Émanations dangereuses - combustion	Lorsque chauffé jusqu'à décomposition, la thiourée dégage des vapeurs toxiques d'oxydes d'azote, d'oxydes de soufre, de monoxyde et dioxyde de carbone.
Sensibilité aux chocs	Non.
Sensibilité à une décharge statique	Non.
Dangers spéciaux de feu et d'explosion	La thiourée peut réagir violemment au contact de l'acroléine.

THIOURÉE

SECTION 05 - STABILITÉ ET RÉACTIVITÉ

Substances incompatibles	Les agents oxydants forts (acide nitrique, acide perchlorique, les peroxydes, les chlorates et les perchlorates), les acides forts, l'acroléine, l'acryaldéhyde, le peroxyde d'hydrogène, la chaleur et l'humidité.
Produits de décomposition dangereux	Vapeurs toxiques d'oxydes d'azote, d'oxydes de soufre, de monoxyde et dioxyde de carbone.
Polymérisation dangereuse	Non.
Conditions d'instabilité	

SECTION 06 - DANGERS POUR LA SANTÉ

Premières voies d'absorption	Inhalation, la peau et les yeux.
Valeur limite d'exposition	
Effets de l'exposition aiguë :	
- Yeux	Irritation et peut entraîner une inflammation de la conjonctive.
- Peau	Irritation. Peut entraîner une réaction allergique et inflammatoire de la peau sous forme d'eczéma, d'ulcère ou d'une décoloration locale.
- Respiration	Irritation des muqueuses et des voies respiratoires. Troubles nerveux, toux, dyspnée, maux de tête, vertiges, tremblements, diaphorèse, convulsions, nausées et vomissements.
- Ingurgitation	Irritation des muqueuses. Douleurs abdominales, hémorragie gastrique, crampes, diarrhées, méléna, hématurie, anémie, leucopénie, thrombocytopénie, stupeur, convulsions, perte de conscience, coma et peut entraîner la mort.
Effets de l'exposition chronique	Sensation de brûlure, conjonctivite, allergie cutanée, troubles nerveux, lésions au foie, désordres sanguins, toux, dyspnée, laryngite, maux de tête, vertiges, diaphorèse, fatigue, anémie, irritabilité, faiblesse musculaire, perte de poids et perte d'appétit, nausées et vomissements. L'exposition prolongée à ce produit est susceptible de causer le cancer.

SECTION 07 - PREMIERS SOINS

Si au contact des yeux	Laver les yeux à grande eau pendant au moins 15 minutes tout en maintenant les paupières écartées afin de bien rincer l'œil.
Si au contact de la peau	Laver la peau à grande eau pendant au moins 15 minutes. Enlever les vêtements souillés.
Si respiré	Déplacer la personne incommodée à l'air frais. Si la respiration est difficile, donner de l'oxygène. Si la victime ne respire plus, faire la respiration artificielle.
Si avalé	Si la personne est consciente, faire boire de l'eau et faire vomir. Obtenir une aide médicale immédiate.
* EN CAS D'URGENCE CENTRE ANTI-POISON POUR LA PROVINCE DE QUÉBEC: (800) 463-5060	

SECTION 08 - DONNÉES TOXICOLOGIQUES

Cancérogénicité	Ce produit est susceptible de causer le cancer chez l'humain. L'exposition chronique à la thiourée chez des rats a généré des tumeurs hépatiques. Études confirmées de la cancérogénicité chez les animaux. * Références documentées: RTECS# YU2800000
Effets toxiques sur la reproduction	
Capacité de sensibilisation	La thiourée peut induire une réaction allergique et inflammatoire de la peau sous forme d'eczéma, d'ulcère ou d'une décoloration locale. * Références documentées: RTECS# YU2800000
Produits synergiques	
Mutagénicité	
Données répertoriées	RTECS# YU2800000 ORL-RAT DL50: 125 mg/kg ORL-MUS DL50: 8500 mg/kg IPR-RAT DL50: 436 mg/kg IPR-MUS DL50: 100 mg/kg CONSENSUS REPORTS: NTP Fifth Annual Report on Carcinogens. IARC Cancer Review: Group 2B IMEMDT 7,56,87; Animal Sufficient Evidence IMEMDT 7,95,74. Reported in EPA TSCA Inventory. 1986 Genetox Program experimental results have been published.

THIOURÉE

SECTION 09 - MESURES PRÉVENTIVES

ÉQUIPEMENT DE PROTECTION INDIVIDUELLE

Respiratoire	Appareil respiratoire autonome agréé par NIOSH/MSHA.
Ventilation	Hotte.
Gants	Gants imperméables en néoprène.
Yeux	Lunettes protectrices avec des volets de sécurité.
Chaussures	Chaussures de sécurité.
Vêtements	Sarrau.
Contrôle technique	Disposer de douches de sécurité sur les lieux de travail en cas d'urgence.
Méthode de manutention	Disposer d'une bonne aération lors de la manipulation, utiliser une hotte de préférence. Éviter toutes sources de contamination.
Mesures en cas de déversement	Ramasser à l'aide d'une pelle ou d'un balai en prenant soin de ne pas disperser les poussières. Diluer les résidus avec de l'eau, nettoyer et rincer. Assurer une bonne aération des lieux. Disposer des résidus dans un contenant prévu pour l'élimination des matières dangereuses. Lors de la manipulation, porter un équipement de sécurité adéquat. Utiliser un appareil respiratoire au besoin.
Mesures pour l'élimination	Dissoudre ou mélanger les résidus de la thiourée avec un solvant combustible et brûler dans un incinérateur équipé d'un système à post-combustion. Se conformer aux réglementations fédérales, provinciales et locales concernant l'élimination des déchets.

SECTION 10 - ENTREPOSAGE ET MANIPULATION

Conditions d'entreposage	Entreposer dans un endroit frais et sec. Garder le contenant hermétiquement fermé et le ranger à l'écart de la chaleur, de l'humidité et des produits incompatibles. Garder à l'abri des rayons du soleil.
Méthode et équipement de manutention	

SECTION 11 - INFORMATIONS SUR LE TRANSPORT

Appellation réglementaire	SOLIDE ORGANIQUE TOXIQUE, N.S.A.	
Numéro UN	UN2811	
Classification du TMD	Classe 6.1	Groupe d'emballage: III
Indice de quantité limitée	5	
Indice PIU		
Dispositions particulières	16	
DEGRÉ DU DANGER (NFPA) (Max=4)		
Santé	3	SÉRIEUX
Feu	0	MINIMAL
Réactivité	0	MINIMAL
Spécial		

SECTION 12 - PRÉPARATION DE LA FICHE SIGNALÉTIQUE

L'UTILISATION, LA MANUTENTION ET L'ENTREPOSAGE DU PRODUIT VISÉ PAR LA PRÉSENTE FICHE SIGNALÉTIQUE SONT AUX RISQUES DES UTILISATEURS SEULEMENT.

LABORATOIRE MAT INC. DÉCLINE TOUTE RESPONSABILITÉ POUR TOUTE PERTE OU TOUT DOMMAGE DE QUELQUE NATURE QUE CE SOIT, RELATIVEMENT À L'UTILISATION, À LA MANUTENTION OU À L'ENTREPOSAGE DU PRODUIT, OU AUX ÉNONCÉS ET RENSEIGNEMENTS CONTENUS OU OMIS DANS LA FICHE SIGNALÉTIQUE.

PRÉPARÉ PAR LES SERVICES DE PRÉVENTION DU LABORATOIRE MAT INC.
NUMÉRO DE TÉLÉPHONE: (418) 660-8666

DERNIÈRE MISE À JOUR: 2010-04-12

Material Safety Data Sheet



SURFONIC® LF-41

1. Product and company identification

SURFONIC® LF-41

Material uses : Surfactant.

Validation date : 15/08/2012

Supplier : Laboratoire MAT Inc.
610 Adanac street
Quebec, QC, G1C 7B7, CANADA

Phone number : 418-660-8666 / 418-660-8998 (FAX)
Website: www.labmat.com

In case of emergency : Canutec : 613-996-6666

2. Hazards identification

Physical state : Liquid.

Odor : Slight

Color : Clear.

OSHA/HCS status : This material is considered hazardous by the OSHA Hazard Communication Standard (29 CFR 1910.1200).

Emergency overview : WARNING!
CAUSES EYE IRRITATION. MAY CAUSE SKIN IRRITATION.
Do not get in eyes. Avoid breathing vapor or mist. Avoid contact with skin and clothing.
Wash thoroughly after handling.

See toxicological information (Section 11)

GENERAL INFORMATION : Read the entire MSDS for a more thorough evaluation of the hazards.

3. Composition/information on ingredients

<u>Name</u>	<u>CAS number</u>	<u>%</u>
(C9) Branched alkylphenol ethoxylate propoxylate	68891-11-2	60 - 100

4. First aid measures

Eye contact : Check for and remove any contact lenses. Immediately flush eyes with plenty of water for at least 15 minutes, occasionally lifting the upper and lower eyelids. Get medical attention immediately.

Skin contact : In case of contact, immediately flush skin with plenty of water for at least 15 minutes while removing contaminated clothing and shoes. Wash clothing before reuse. Clean shoes thoroughly before reuse. Get medical attention immediately.

Inhalation : Move exposed person to fresh air. If not breathing, if breathing is irregular or if respiratory arrest occurs, provide artificial respiration or oxygen by trained personnel. Loosen tight clothing such as a collar, tie, belt or waistband. Get medical attention immediately.

4 . First aid measures

Ingestion : Wash out mouth with water. Do not induce vomiting unless directed to do so by medical personnel. Never give anything by mouth to an unconscious person. Get medical attention immediately.

Notes to physician : No specific treatment. Treat symptomatically. Call medical doctor or poison control center immediately if large quantities have been ingested.

5 . Fire-fighting measures

Flash point : Closed cup: 185°C (365°F) [ASTM D 93 (Pensky-Martens Closed Cup)]

Hazardous thermal decomposition products : No specific data.

Extinguishing media

Suitable : Use an extinguishing agent suitable for the surrounding fire.

Not suitable : None known.

Special exposure hazards : Promptly isolate the scene by removing all persons from the vicinity of the incident if there is a fire. No action shall be taken involving any personal risk or without suitable training.

Special protective equipment for fire-fighters : Fire-fighters should wear appropriate protective equipment and self-contained breathing apparatus (SCBA) with a full face-piece operated in positive pressure mode.

6 . Accidental release measures

Personal precautions : No action shall be taken involving any personal risk or without suitable training. Evacuate surrounding areas. Keep unnecessary and unprotected personnel from entering. Do not touch or walk through spilled material. Avoid breathing vapor or mist. Provide adequate ventilation. Wear appropriate respirator when ventilation is inadequate. Put on appropriate personal protective equipment (see Section 8).

Environmental precautions : Avoid dispersal of spilled material and runoff and contact with soil, waterways, drains and sewers. Inform the relevant authorities if the product has caused environmental pollution (sewers, waterways, soil or air).

Methods for cleaning up : Stop leak if without risk. Move containers from spill area. Approach release from upwind. Prevent entry into sewers, water courses, basements or confined areas. Wash spillages into an effluent treatment plant or proceed as follows. Contain and collect spillage with non-combustible, absorbent material e.g. sand, earth, vermiculite or diatomaceous earth and place in container for disposal according to local regulations (see section 13). Dispose of via a licensed waste disposal contractor. Contaminated absorbent material may pose the same hazard as the spilled product. Note: see section 1 for emergency contact information and section 13 for waste disposal.

7 . Handling and storage

Handling : Put on appropriate personal protective equipment (see Section 8). Eating, drinking and smoking should be prohibited in areas where this material is handled, stored and processed. Workers should wash hands and face before eating, drinking and smoking. Remove contaminated clothing and protective equipment before entering eating areas. Do not ingest. Avoid contact with eyes, skin and clothing. Avoid breathing vapor or mist. Keep in the original container or an approved alternative made from a compatible material, kept tightly closed when not in use. Empty containers retain product residue and can be hazardous. Do not reuse container.

7 . Handling and storage

- Storage** : Store in accordance with local regulations. Store in original container protected from direct sunlight in a dry, cool and well-ventilated area, away from incompatible materials (see section 10) and food and drink. Keep container tightly closed and sealed until ready for use. Containers that have been opened must be carefully resealed and kept upright to prevent leakage. Do not store in unlabeled containers. Use appropriate containment to avoid environmental contamination.

8 . Exposure controls/personal protection

Consult local authorities for acceptable exposure limits.

- Recommended monitoring procedures** : If this product contains ingredients with exposure limits, personal, workplace atmosphere or biological monitoring may be required to determine the effectiveness of the ventilation or other control measures and/or the necessity to use respiratory protective equipment.

- Engineering measures** : No special ventilation requirements. Good general ventilation should be sufficient to control worker exposure to airborne contaminants. If this product contains ingredients with exposure limits, use process enclosures, local exhaust ventilation or other engineering controls to keep worker exposure below any recommended or statutory limits.

- Hygiene measures** : Wash hands, forearms and face thoroughly after handling chemical products, before eating, smoking and using the lavatory and at the end of the working period. Appropriate techniques should be used to remove potentially contaminated clothing. Wash contaminated clothing before reusing. Ensure that eyewash stations and safety showers are close to the workstation location.

Personal protection

- Respiratory** : In case of inadequate ventilation wear respiratory protection. Respirator selection must be based on known or anticipated exposure levels, the hazards of the product and the safe working limits of the selected respirator.

- Hands** : Chemical-resistant, impervious gloves complying with an approved standard should be worn at all times when handling chemical products if a risk assessment indicates this is necessary.

- Eyes** : Safety eyewear complying with an approved standard should be used when a risk assessment indicates this is necessary to avoid exposure to liquid splashes, mists or dusts.

- Skin** : Personal protective equipment for the body should be selected based on the task being performed and the risks involved and should be approved by a specialist before handling this product.

- Environmental exposure controls** : Emissions from ventilation or work process equipment should be checked to ensure they comply with the requirements of environmental protection legislation. In some cases, fume scrubbers, filters or engineering modifications to the process equipment will be necessary to reduce emissions to acceptable levels.

9 . Physical and chemical properties

General information

Appearance

Physical state : Liquid.

Color : Clear.

Odor : Slight

Important health, safety and environmental information

pH : 6 to 8

Boiling/condensation point : Not available.

Melting/freezing point : Not available.

Flash point : Closed cup: 185°C (365°F) [ASTM D 93 (Pensky-Martens Closed Cup)]

Flammable limits : Not available.

9 . Physical and chemical properties

Auto-ignition temperature	: Not available.
Vapor pressure	: Not available.
Specific gravity	: 1.04
Partition coefficient: n-octanol/water (log Kow)	: Not available.
Viscosity	: Kinematic: 1.23 cm ² /s (123 cSt at 40°C)
Density	: Not available.
Vapor density	: >1 [Air = 1]
Evaporation rate (butyl acetate = 1)	: Not available.
VOC	: Not available.

10 . Stability and reactivity

Chemical stability	: The product is stable. Under normal conditions of storage and use, hazardous reactions will not occur.
Hazardous polymerization	: Under normal conditions of storage and use, hazardous polymerization will not occur.
Conditions to avoid	: No specific data.
Hazardous decomposition products	: Under normal conditions of storage and use, hazardous decomposition products should not be produced.

11 . Toxicological information

Potential acute health effects

Inhalation	: No known significant effects or critical hazards.
Ingestion	: No known significant effects or critical hazards.
Skin	: Slightly irritating to the skin.
Eyes	: Severely irritating to eyes. Risk of serious damage to eyes.

Product/ingredient name	Result	Species	Dose	Exposure
(C9) Branched alkylphenol ethoxylate propoxylate	LD50 Dermal	Rabbit	>2000 mg/kg	-
	LD50 Oral	Rat	2000 to 5000 mg/kg	-

Potential chronic health effects

Chronic effects	: No known significant effects or critical hazards.
Target organs	: Not available.
Carcinogenicity	: No known significant effects or critical hazards.
Mutagenicity	: No known significant effects or critical hazards.
Teratogenicity	: No known significant effects or critical hazards.
Fertility effects	: No known significant effects or critical hazards.
Developmental effects	: No known significant effects or critical hazards.
Medical conditions aggravated by over-exposure	

11 . Toxicological information

None known.

12 . Ecological information

Environmental effects : No known significant effects or critical hazards.

Aquatic ecotoxicity

Biodegradability

Other ecological information

Biological Oxygen Demand (BOD 5 DAY) : Not Determined

Chemical Oxygen Demand (COD) : Not Determined

Other adverse effects : No known significant effects or critical hazards.

PBT : Not applicable.

Other information

13 . Disposal considerations

Waste disposal : The generation of waste should be avoided or minimized wherever possible. Significant quantities of waste product residues should not be disposed of via the foul sewer but processed in a suitable effluent treatment plant. Dispose of surplus and non-recyclable products via a licensed waste disposal contractor. Disposal of this product, solutions and any by-products should at all times comply with the requirements of environmental protection and waste disposal legislation and any regional local authority requirements. Waste packaging should be recycled. Incineration or landfill should only be considered when recycling is not feasible. This material and its container must be disposed of in a safe way. Care should be taken when handling emptied containers that have not been cleaned or rinsed out. Empty containers or liners may retain some product residues. Avoid dispersal of spilled material and runoff and contact with soil, waterways, drains and sewers.

Disposal should be in accordance with applicable regional, national and local laws and regulations.

14 . Transport information

Proper shipping name

DOT : Not regulated.

TDG : Not regulated.

IMDG : Not regulated.

IATA : Not regulated.

Regulatory information	UN number	Classes	PG*	Label	Additional information
DOT Classification	Not regulated.	-	-		-
TDG Classification	Not regulated.	-	-		-
IMDG Class	Not regulated.	-	-		-

14 . Transport information

IATA-DGR Class	Not regulated.	-	-	-
-----------------------	----------------	---	---	---

PG* : Packing group

15 . Regulatory information**U.S. Federal regulations****HCS Classification** : Irritating material**U.S. Federal regulations** : **United States inventory (TSCA 8b):** All components are listed or exempted.**TSCA 5(a)2 final significant new use rule (SNUR)** : None.**TSCA 5(e) substance consent order** : None.**TSCA 12(b) one-time export notification:** : None.**TSCA 12(b) annual export notification** : None.**SARA 302/304/311/312 extremely hazardous substances** : **SARA 302/304/311/312 extremely hazardous substances:** No Ingredient Listed**SARA 311/312 hazard identification** : **SARA 311/312 MSDS distribution - chemical inventory - hazard identification:** No Ingredient Listed

Clean Air Act Section 112(b) Hazardous Air Pollutants (HAPs)	: <u>Product name</u>	<u>CAS number</u>	<u>Concentration</u>
	No Ingredients Listed.		

Clean Air Act - Ozone Depleting Substances (ODS) : This product does not contain nor is it manufactured with ozone depleting substances.**SARA 313** : No ingredients listed.**CERCLA: Hazardous substances:** No ingredients listed.**STATE REGULATIONS:****PENNSYLVANIA - RTK:** None of the components are listed.**California Prop 65 :****WARNING:** This product contains less than 0.1% of a chemical known to the State of California to cause cancer.**WARNING:** This product contains less than 1% of a chemical known to the State of California to cause birth defects or other reproductive harm.

<u>Ingredient name</u>	<u>Cancer</u>	<u>Reproductive</u>	<u>No significant risk level</u>	<u>Maximum acceptable dosage level</u>
Ethylene oxide	Yes.	Yes.	Yes.	Yes.
Propylene oxide	Yes.	No.	No.	No.

15 . Regulatory information

Canada

- WHMIS (Canada)** : Class D-2B: Material causing other toxic effects (Toxic).
CEPA DSL : All components are listed or exempted.

This product has been classified in accordance with the hazard criteria of the Controlled Products Regulations and the MSDS contains all the information required by the Controlled Products Regulations.

- International lists** : **Australia inventory (AICS)**: Not determined.
China inventory (IECSC): Not determined.
Japan inventory: Not determined.
Korea inventory: Not determined.
New Zealand Inventory of Chemicals (NZIoC): Not determined.
Philippines inventory (PICCS): Not determined.

16 . Other information

- Label requirements** : CAUSES EYE IRRITATION. MAY CAUSE SKIN IRRITATION.
Hazardous Material Information System (U.S.A.) :

Health	2
Flammability	1
Physical hazards	0
Personal protection	

The customer is responsible for determining the PPE code for this material.

- National Fire Protection Association (U.S.A.)** :



- Date of issue** : 15/08/2012

Notice to reader

While the information and recommendations in this publication are to the best of our knowledge, information and belief accurate at the date of publication, NOTHING HEREIN IS TO BE CONSTRUED AS A WARRANTY, EXPRESS OR OTHERWISE.

IN ALL CASES, IT IS THE RESPONSIBILITY OF THE USER TO DETERMINE THE APPLICABILITY OF SUCH INFORMATION AND RECOMMENDATIONS AND THE SUITABILITY OF ANY PRODUCT FOR ITS OWN PARTICULAR PURPOSE.

THE PRODUCT MAY PRESENT HAZARDS AND SHOULD BE USED WITH CAUTION. WHILE CERTAIN HAZARDS

SURFONIC® LF-41

16 . Other information

ARE DESCRIBED IN THIS PUBLICATION, NO GUARANTEE IS MADE THAT THESE ARE THE ONLY HAZARDS THAT EXIST.

Hazards, toxicity and behaviour of the products may differ when used with other materials and are dependent upon the manufacturing circumstances or other processes. Such hazards, toxicity and behaviour should be determined by the user and made known to handlers, processors and end users.



LABORATOIRE MAT



3517-1

Nom du produit: SOLVANT SOLVESSO 150

Date de révision: 09 sept. 2012

Page 1 de 11

FICHE SIGNALÉTIQUE

SECTION 1 IDENTIFICATION DU PRODUIT ET DE LA SOCIÉTÉ

PRODUIT

Nom du produit: **SOLVANT SOLVESSO 150**
Description du produit: Hydrocarbure aromatique
Numero de produit: HP-0885

IDENTIFICATION DE LA SOCIÉTÉ

Fournisseur: **Laboratoire MAT**
610 Adanac
Québec, Qc. G1C 7B7

Fax 418 660-8998
Données techniques sur le produit 418 660-8666
24 Hour Health Emergency 613 996-6666

SECTION 2 COMPOSITION / INFORMATION SUR LES COMPOSANTS

Substances Dangereuses ou Complexes À Déclarer

Nom	CAS#	Concentration*	Toxicité aiguë
SOLVANT NAPHTA (PÉTROLE), FRACTION DES AROMATIQUES LOURDS	64742-94-5	100%	None

Composants dangereux contenus dans des substances complexes

Nom	CAS#	Concentration*	Toxicité aiguë
NAPHTALÈNE	91-20-3	< 9.9%	Dermal Lethality: LD50 > 20 g/kg (Rabbit); Oral Lethality: LD50 0.49 g/kg (Rat)
PSEUDOCUMÈNE (TRIMÉTHYL-1,2,4 BENZÈNE)	95-63-6	< 1.7%	Inhalation Lethality: LC50 3662 ppm (Rat); Oral Lethality: LD50 5.0 g/kg (Rat)

* Les concentrations sont en pourcentage massique sauf si la matière est un gaz. Les concentrations de gaz sont en pourcentage volumique.

SECTION 3 IDENTIFICATION DES DANGERS

Ce matériel est considéré comme dangereux selon les directives réglementaires (voir Section 15).

Effets Physiques et Chimiques

COMBUSTIBLE. Le produit peut dégager des vapeurs qui forment rapidement des mélanges inflammables. Les vapeurs accumulées peuvent donner lieu à une vaporisation instantanée ou exploser si elles s'enflamment. Cette matière peut accumuler des charges électrostatiques et possiblement provoquer une inflammation.

EFFETS SUR LA SANTÉ

Peut provoquer le cancer. Une exposition répétée peut assécher ou gercer la peau. En cas d'ingestion, susceptible d'être aspiré dans les poumons et d'y causer des lésions. Peut déprimer le système nerveux central.

Identificateur de danger NFPA:	Santé: 2	Inflammabilité: 2	Réactivité: 0
Identificateur de danger HMIS:	Santé: 2*	Inflammabilité: 2	Réactivité: 0

REMARQUE: Ne pas utiliser cette matière à d'autres fins que celles qui sont prévues à la section 1 sans l'avis d'un expert. Les études sur la santé ont révélé qu'une exposition à ce produit chimique peut poser des risques pour la santé humaine qui varient d'une personne à l'autre.

SECTION 4 MESURES DE PREMIERS SOINS

INHALATION

Retirer la personne de la zone d'exposition. Ceux qui dispensent de l'aide doivent éviter de s'exposer ou d'exposer d'autres personnes. Utiliser une protection respiratoire adéquate. En cas d'irritation respiratoire, d'étourdissement, de nausée ou d'évanouissement, obtenir une aide médicale immédiate. Si la respiration s'est arrêtée, utiliser un appareil mécanique pour assister la ventilation ou pratiquer le bouche à bouche comme méthode de réanimation.

CONTACT CUTANÉ

Laver les régions touchées à l'eau et au savon. Enlever les vêtements souillés. Faire laver les vêtements souillés avec de les reporter.

CONTACT AVEC LES YEUX

Rincer à grande eau. En cas d'irritation, obtenir de l'aide médicale.

INGESTION

Obtenir des soins médicaux immédiats. Ne pas faire vomir.

NOTE AU MÉDECIN

En cas d'ingestion, la matière peut être aspirée dans les poumons et provoquer une pneumonite chimique. Traiter la personne comme il se doit.

SECTION 5 MESURES DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE

MOYENS D'EXTINCTION

Moyens d'extinction appropriés: Utiliser de l'eau pulvérisée, de la mousse, de la poudre chimique sèche ou du dioxyde de carbone (CO₂) pour éteindre les flammes.

Moyens d'extinction inappropriés: Jets d'eau directs

LUTTE CONTRE L'INCENDIE

Instructions de lutte contre l'incendie: Évacuer la zone. Empêcher les eaux de ruissellement issus de la lutte contre l'incendie ou le produit dilué de pénétrer dans les cours d'eau, les égouts ou dans le réseau d'eau potable. Les pompiers doivent porter l'équipement de protection standard et, dans un espace confiné, un appareil respiratoire autonome (ARA). Pulvériser de l'eau pour rafraîchir les récipients exposés au feu et protéger le personnel.

Dangers inhabituels d'incendie: COMBUSTIBLE. Les vapeurs sont inflammables et plus lourdes que l'air. Les vapeurs peuvent se diffuser le long du sol jusqu'à une source d'inflammation éloignée puis provoquer un retour de flamme. Matière dangereuse. Les pompiers devraient porter l'équipement protecteur énuméré à la section 8.

Produits de combustion dangereux: Vapeurs, fumées, Produits de combustion incomplète, Oxydes de carbone,

PROPRIÉTÉS D'INFLAMMABILITÉ

Point d'éclair [Méthode]: 63°C (145°F) [ASTM D-56]

Limites d'inflammabilité (Pourcentage volumique approximatif dans l'air): LIE: 0.8 LSE: 5.9

Température d'auto-inflammation: 455°C (851°F)

SECTION 6

MESURES À PRENDRE EN CAS DE DISPERSION ACCIDENTELLE

PROCÉDURES DE NOTIFICATION

En cas de déversement ou de rejet accidentel, avertir les autorités compétentes conformément au règlement en vigueur.

MESURES DE PROTECTION

Éviter tout contact avec la matière déversée. Avertir les habitants des environs ou des zones sous le vent, ou les évacuer s'il y a lieu, en raison de la toxicité ou de l'inflammabilité de la matière. Voir la section 5 pour les renseignements sur la lutte contre l'incendie. Voir la section Identification des dangers pour les principaux dangers. Voir la section 4 sur les premiers soins à dispenser. Voir la section 8 sur l'équipement de protection individuelle.

GESTION DES DÉVERSEMENTS

Déversement terrestre: Éliminez toutes les sources d'allumage, telles que des fusées éclairantes, des étincelles ou des flammes, et défense de fumer dans la région immédiate. Colmater la fuite si c'est possible de le faire sans risque. Mettre à la terre tout le matériel utilisé quand on manipule le produit. Ne pas toucher la matière déversée ni marcher dedans. Empêcher le produit de pénétrer dans les cours d'eau, les égouts, les sous-sols ou les espaces confinés. On peut utiliser une mousse supprimant l'émission de vapeurs pour réduire celles-ci. Utiliser des outils anti-étincelles propres pour recueillir la matière à absorber. Absorber ou recouvrir de terre sèche, de sable ou d'une autre matière incombustible et transvaser dans des contenants. Déversements importants : la pulvérisation d'eau peut réduire les vapeurs, mais ne pas empêcher l'inflammation dans des espaces confinés. Petits déversements : absorber avec de la terre, du sable ou une autre matière incombustible et transvaser dans des contenants pour une élimination ultérieure. Récupérer par pompage ou au moyen d'un absorbant approprié.

Déversement dans l'eau: Colmater la fuite si c'est possible de le faire sans risque. Circonscrire le déversement immédiatement au moyen d'estacades. Avertir les autres expéditeurs. Éliminer de la surface par écrémage ou au moyen d'absorbants appropriés. Obtenir les conseils d'un spécialiste avant d'utiliser des dispersants.

Les recommandations concernant les déversements dans l'eau et sur terre sont fondées sur le scénario de déversement le plus probable de ce produit; cependant, la situation géographique, le vent, la température (et dans le cas d'un déversement dans l'eau) les vagues ainsi que la direction et la vitesse du courant peuvent beaucoup influencer sur les mesures à prendre. Pour cette raison, il convient de consulter des experts locaux. Nota

: le règlement local peut prescrire ou limiter les mesures à prendre.

MESURES DE PRÉCAUTIONS ENVIRONNEMENTALES

Déversements importants : construire une digue à bonne distance du liquide déversé pour le récupérer ou l'éliminer ultérieurement. Empêcher le produit de pénétrer dans les cours d'eau, les égouts, les sous-sols ou les espaces confinés.

SECTION 7

MANUTENTION ET ENTREPOSAGE

MANUTENTION

Éviter de respirer les brouillards ou vapeurs. Éviter tout contact avec la peau. Le chauffage ou l'agitation de cette substance peut produire des émanations ou vapeurs potentiellement toxiques ou irritantes. À n'utiliser que dans un milieu bien aéré. Prévenir les petits déversements et les petites fuites pour éviter le risque de glisser. Le produit peut accumuler des charges statiques susceptibles de provoquer une étincelle électrique (source d'ignition). Lorsque le produit est manipulé en vrac, une étincelle électrique est susceptible d'enflammer toute vapeur inflammable provenant des liquides ou des résidus pouvant être présents (par exemple, durant les opérations de connexion/déconnexion au chargement). Appliquer des procédures de mise à la terre appropriées. Cependant, la mise à la terre peut ne pas éliminer le risque d'accumulation d'électricité statique. Consulter les normes locales applicables à titre de conseil. D'autres références utiles sont American Petroleum Institute 2003 (Protection Against Ignitions Arising out of Static, Lightning and Stray Currents) ou National Fire Protection Agency 77 (Recommended Practice on Static Electricity) ou CENELEC CLC/TR 50404 (Electrostatique - Code de bonne pratique pour la prévention des risques dûs à l'électricité statique)

Température de chargement/déchargement: [Ambiant]

Température de transport: [Ambiant]

Pressure de transport: [Ambiant]

Accumulateur de charges statiques: Cette matière accumule les charges électrostatiques. Un liquide est typiquement considéré comme non-conducteur, accumulateur d'électricité statique si sa conductivité est inférieure à 100 pS/m (100×10^{-12} Siemens par mètre) et comme semi-conducteur, accumulateur d'électricité statique si sa conductivité est inférieure à 10,000 pS/m. Qu'un liquide soit non-conducteur ou semi-conducteur, les précautions sont identiques. Un certain nombre de facteurs, par exemple la température du liquide, la présence de contaminants, d'additifs antistatiques et la filtration peuvent considérablement influencer sur la conductivité de ce liquide.

ENTREPOSAGE

Le choix du conteneur, réservoir de stockage par exemple, peut avoir un effet sur l'accumulation et la dissipation d'électricité statique.

Tenir le contenant fermé. Manipuler les contenants avec prudence. Ouvrir lentement afin de maîtriser le relâchement de pression qui peut se produire. Entreposer dans un endroit frais, bien aéré. Les récipients de stockage doivent être mis à la terre et à la masse.

Les fûts stationnaires ou de transfert de matériel et l'équipement associé doivent être mis à la terre et connectés afin de prévenir une accumulation de charge électrostatique.

Température d'entreposage: [Ambiant]

Pression de stockage: [Ambiant]



Récipients/emballages adaptés: Wagon-citerne; Camion-citerne; Barges; Fût
Matériaux et revêtements adaptés (Compatibilité Chimique): Acier au carbone; Acier inoxydable; Cuivre;
Revêtements de zinc inorganique; Époxy-phénolique; Époxy-polyamide; Époxy amine; Viton; Polypropylène
Matériaux et enduits inadéquats: Revêtements vinyliques; Caoutchouc butyle; Caoutchouc naturel

SECTION 8

CONTRÔLE DE L'EXPOSITION / PROTECTION INDIVIDUELLE

Nom de la substance	Forme	Limite/Norme			Remarque	Source
NAPHTALÈNE		STEL	15 ppm		Peau	ACGIH
NAPHTALÈNE		TWA	10 ppm		Peau	ACGIH
PSEUDOCUMÈNE (TRIMÉTHYL-1,2,4 BENZÈNE)		TWA	25 ppm			ACGIH
SOLVANT NAPHTA (PÉTROLE), FRACTION DES AROMATIQUES LOURDS	Vapeur.	VME (calcul réciproque)	17 ppm	100 mg/m3	Total des hydrocarbures	Fournisseur

NOTA : les limites et les normes ne sont données qu'à titre indicatif. Observer le règlement en vigueur.

MESURES D'ORDRE TECHNIQUE

Le degré de protection et la nature des contrôles nécessaires varieront selon les conditions d'exposition possibles. Mesures de contrôle à considérer :

Prévoir une ventilation suffisante afin de ne pas dépasser les limites d'exposition admissibles. Utiliser un dispositif de ventilation antidéflagrant.

PROTECTION INDIVIDUELLE

Le choix de l'équipement de protection individuelle varie selon les risques d'exposition comme les utilisations, les pratiques de manutention, la concentration et l'aération. Les renseignements fournis ci-après sur la sélection de l'équipement de protection à utiliser avec cette matière supposent qu'on en fait un usage normal comme prévu.

Protection respiratoire: Si les contrôles techniques ne maintiennent pas les concentrations de contaminant dans l'air à un niveau qui permet de protéger la santé des travailleurs, le port d'un respirateur homologué peut être approprié. Choisir, utiliser et entretenir les respirateurs conformément aux prescriptions réglementaires, le cas échéant. Types de respirateurs à considérer pour cette matière :

Demi-masque à élément filtrant

Dans le cas de fortes concentrations dans l'air, porter un respirateur par adduction d'air homologué, à pression positive. Le port d'un respirateur à adduction d'air avec une bouteille de réserve peut être approprié quand la teneur en oxygène est insuffisante, que les précurseurs de gaz/de vapeurs sont faibles ou que la capacité ou le débit des filtres de purification de l'air peut être dépassé.

Protection des mains: Tout renseignement particulier sur les gants est tiré de documents publiés et de données sur le fabricant des gants. Les conditions de travail peuvent influencer beaucoup sur la durabilité des gants; les inspecter et remplacer les gants usés ou endommagés. Genres de gants à porter pour cette matière:

Le port de gants de protection chimique est recommandé.



Protection des yeux: Si le contact est probable, le port de lunettes de protection avec écrans latéraux est recommandé.

Protection de la peau et du corps: Tout renseignement particulier fourni sur les vêtements est tiré de documents publiés ou des données du fabricant. Types de vêtements à porter pour cette matière :
Le port d'une tenue résistant à l'huile/aux produits chimiques est conseillé.

Mesures d'hygiène spécifiques: Toujours observer de bonnes pratiques d'hygiène personnelle comme se laver les mains après avoir manipulé la matière et avant de manger, de boire ou de fumer. Laver périodiquement les vêtements de travail et l'équipement de protection pour éliminer les contaminants. Jeter les vêtements et les chaussures contaminées qui ne peuvent pas être nettoyés. Assurer une bonne tenue des lieux.

MESURES D'ORDRE ENVIRONNEMENTAL

Voir Sections 6, 7, 12, 13.

SECTION 9 PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES

Caractéristiques physiques et chimiques types données ci-après. Pour des données supplémentaires, consulter le fournisseur dont le nom figure dans la section 1.

INFORMATIONS GÉNÉRALES

État physique: liquide
Forme: transparent
Couleur: Incolore
Odeur: Aromatique
Seuil olfactif: N/D

INFORMATION IMPORTANTE CONCERNANT LA SANTÉ, LA SÉCURITÉ ET L'ENVIRONNEMENT

Densité (à 15.5 °C): 0.897
Masse volumique (à 15 °C): 898 kg/m³ (7.49 lb/gal, 0.9 kg/dm³)
Point d'éclair [Méthode]: 63°C (145°F) [ASTM D-56]
Limites d'inflammabilité (Pourcentage volumique approximatif dans l'air): LIE: 0.8 LSE: 5.9
Température d'auto-inflammation: 455°C (851°F)
Point d'ébullition / Intervalle: 179°C (354°F) - 203°C (397°F)
Densité de vapeur (air = 1): 4.7 à 101 kPa
Tension de vapeur: 0.078 kPa (0.59 mm Hg) à 20°C | 0.26 kPa (1.95 mm Hg) à 38°C
Taux d'évaporation (Acétate de n-butyle = 1): < 0.1
pH: N/A
Log Pow (coefficient de répartition n-octanol/eau): N/D
Solubilité dans l'eau: Négligeable
Viscosité: 1.11 cST (1.11 mm²/sec) à 40°C | 1.34 cST (1.34 mm²/sec) à 25°C
Propriétés oxydantes: Voir la rubrique concernant l'identification des dangers.

AUTRES INFORMATIONS

Point de congélation: -2°C (28°F)
Point de fusion :: N/A
Poids moléculaire: 134
Hygroscopique: No

Coefficient de dilatation thermique: 0.0008 V/V °C

SECTION 10 STABILITÉ ET RÉACTIVITÉ

STABILITÉ: Matière stable dans des conditions normales.

CONDITIONS À ÉVITER: Flammes nues et sources d'inflammation à haute énergie.

MATÉRIAUX À ÉVITER: Acides forts, Oxydants puissants

PRODUITS DE DÉCOMPOSITION DANGEREUX: La substance ne se décompose pas à température ambiante.

Polymérisation dangereuse: Ne se produira pas.

SECTION 11 INFORMATIONS TOXICOLOGIQUES

TOXICITÉ AIGUË

Voie d'exposition	Conclusion / Remarques
Inhalation	
Toxicité: Données existantes	Peut entraîner des effets sur le système nerveux central. Basé sur les données des essais d'analyse pour le matériel
Irritation: Données existantes	Peut être un irritant pour les voies respiratoires. Les effets sont réversibles. Basé sur des données expérimentales relatives à des produits de structure semblable.
Ingestion	
Toxicité: DL50 > 6000 mg/kg	Toxicité minimale. Basé sur les données des essais d'analyse pour le matériel
Peau	
Toxicité: DL50 > 2000 mg/kg	Toxicité minimale. Basé sur les données des essais d'analyse pour le matériel
Irritation: Données existantes	Légèrement irritant pour la peau en cas d'exposition prolongée. Basé sur les données des essais d'analyse pour le matériel
Œil	
Irritation: Données existantes	Peut causer une légère gêne oculaire de courte durée. Basé sur les données des essais d'analyse pour le matériel

EFFETS CHRONIQUES OU AUTRES

Produit seul:

Les concentrations de vapeurs/aérosols supérieures aux niveaux d'exposition conseillés sont irritantes pour les yeux et les voies respiratoires et peuvent causer maux de tête, vertiges, anesthésie, somnolence, perte de conscience et autres effets sur le système nerveux central y compris la mort. De petites quantités de liquide aspirées dans les poumons durant l'ingestion ou le vomissement sont susceptibles de causer une pneumonite chimique ou un œdème pulmonaire.

Contient:

NAPHTALÈNE: L'exposition à de fortes concentrations de naphthalène peut causer la destruction des globules rouges, de l'anémie et des cataractes. Le naphthalène a provoqué l'apparition d'un cancer dans des études sur les animaux de laboratoire, mais il n'a pas été démontré que ces résultats s'appliquaient à l'être humain.

On peut obtenir des renseignements complémentaires sur demande.



Statut CMR:

Nom chimique	Numéro CAS	Listes réglementaires
NAPHTALÈNE	91-20-3	3, 4
PSEUDOCUMÈNE (TRIMÉTHYL-1,2,4 BENZÈNE)	95-63-6	4

--LISTES RÉGLEMENTAIRES CONSULTÉES--

1 = CIRC 1
 2 = CIRC 2A

3 = CIRC 2B
 4 = ACGIH ALL

5 = ACGIH A1
 6 = ACGIH A2

SECTION 12	INFORMATIONS ÉCOLOGIQUES
-------------------	---------------------------------

Les renseignements fournis sont fondés sur les données qui existent sur la matière, ses ingrédients et d'autres matières comparables.

ÉCOTOXICITÉ

Matière -- Effet toxique attendu pour les organismes aquatiques. Peut causer des effets néfastes à long term l'environnement aquatique.

MOBILITÉ

Matière -- Très volatil, se décompose rapidement dans l'air. Ne devrait pas se séparer pour former des sédiments et des solides résiduels.

PERSISTENCE ET DÉGRADABILITÉ

Biodégradation:

Matière -- Ce produit devrait être essentiellement biodégradable.

Hydrolyse:

Matière -- L'effet d'hydrolyse n'est pas présumé être important.

Photolyse:

Matière -- L'effet de photolyse n'est pas présumé être important.

Oxydation atmosphérique:

Matière -- Devrait se dégrader rapidement dans l'air.

AUTRES INFORMATIONS ÉCOLOGIQUES

COV (méthode EPA 24): 7.485 lbs/gal

SECTION 13	CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ÉLIMINATION
-------------------	---

Recommandations d'élimination fondées sur la matière telle qu'elle est fournie. Son élimination doit respecter les lois et règlements en vigueur et les caractéristiques de la matière au moment de son élimination.

CONSEILS RELATIFS À L'ÉLIMINATION

Le produit peut être brûlé dans un incinérateur à air contrôlé, à construction fermée pour la valeur du combustible ou éliminé par incinération supervisée, à température très élevée pour prévenir la formation de



produits de combustion indésirables.

INFORMATIONS RÉGLEMENTAIRES RELATIVES À L'ÉLIMINATION

Mise en garde concernant les contenants vides. (le cas échéant) : Les contenants vides peuvent contenir un résidu et être dangereux. **NE PAS METTRE SOUS PRESSION, COUPER, SOUDER, PERCER, MEULER NI EXPOSER CES CONTENANTS À LA CHALEUR, À LA FLAMME, AUX ÉTINCELLES, À L'ÉLECTRICITÉ STATIQUE OU À UNE AUTRE SOURCE D'INFLAMMATION; ILS PEUVENT EXPLOSER ET CAUSER DES BLESSURES POUVANT ÊTRE MORTELLES.** Ne pas tenter de remplir ou de nettoyer le contenant car le résidu est difficile à enlever. Purger complètement les fûts vides, poser leurs bondes comme il se doit et les expédier sans tarder à un rénovateur de fûts. Éliminer les contenants dans le respect de l'environnement et de la réglementation gouvernementale.

SECTION 14

INFORMATIONS RELATIVES AU TRANSPORT

TERRE (TDG): Non réglementé pour le transport terrestre

Note: Si livré par voie maritime, la classification TMD sera SEA (IMDG).

TERRE (DOT)

Nom d'expédition correct: DISTILLATS DE PÉTROLE, N.S.A (Naphtalène)

Classe et division de danger: LIQUIDE INFLAMMABLE

Numéro d'identification: 1268

Groupe d'emballage: III

Polluant marin: Oui

Numéro ERG: 128

Étiquette(s): NONE

Nom du document de transport: UN1268, DISTILLATS DE PÉTROLE, N.S.A., LIQUIDE INFLAMMABLE, GE III, POLLUANT MARIN (Naphtalène)

SEA (IMDG)

Nom d'expédition correct: MATIÈRE DANGEREUSE DU POINT DE VUE DE L'ENVIRONNEMENT, LIQUIDE, N.S.A. (Naphtalène)

Classe et division de danger: 9

EMS Number: F-A, S-F

Numéro UN: 3082

Groupe d'emballage: III

Polluant marin: Oui

Étiquette(s): 9

Nom du document de transport: UN3082, MATIÈRE DANGEREUSE DU POINT DE VUE DE L'ENVIRONNEMENT, LIQUIDE, N.S.A. (Naphtalène), 9, GE III, POLLUANT MARIN

SECTION 15

INFORMATIONS RÉGLEMENTAIRES

SIMDUT: Catégorie B, division 3 : Liquides combustibles

Ce produit a été classé selon les critères de dangerosité du règlement sur les produits contrôlés et sa fiche signalétique contient tous les renseignements prescrits par le Règlement sur les produits contrôlés.

LCPE: Les constituants de ce produit figurent sur la liste intérieure (LI), sont exempts, ou ont été annoncés sous LCPE.

INVENTAIRE DES PRODUITS CHIMIQUES NATIONAL: AICS, IECSC, DSL, EINECS, ENCS, KECI, PICCS, TSCA

Les composants suivants figurent sur les listes ci-dessous:

Nom chimique	CAS Number	Listes réglementaires
NAPHTALÈNE	91-20-3	1, 5, 6
PSEUDOCUMÈNE (TRIMÉTHYL-1,2,4 BENZÈNE)	95-63-6	6

–LISTES RÉGLEMENTAIRES CONSULTÉES–

1 = TSCA 4
 2 = TSCA 5a2

3 = TSCA 5e
 4 = TSCA 6

5 = TSCA 12b
 6 = INRP

SECTION 16 AUTRES INFORMATIONS

N/D = Non déterminé, N/A = Néant, Sans objet

TEXTE DE L'ÉTIQUETTE DE MISE EN GARDE:

Contient: SOLVANT NAPHTA (PÉTOLE), FRACTION DES AROMATIQUES LOURDS, NAPHTALÈNE
SIMDUT: Catégorie B, division 3 : Liquides combustibles

DANGERS POUR LA SANTÉ

Peut provoquer le cancer. Une exposition répétée peut assécher ou gercer la peau. En cas d'ingestion, susceptible d'être aspiré dans les poumons et d'y causer des lésions.

DANGERS PHYSIQUES

COMBUSTIBLE. Cette matière peut accumuler des charges électrostatiques et possiblement provoquer une inflammation.

MESURES DE PRÉCAUTION

Éviter de respirer les brouillards ou vapeurs. Éviter tout contact avec la peau. Le chauffage ou l'agitation de cette substance peut produire des émanations ou vapeurs potentiellement toxiques ou irritantes. À n'utiliser que dans un milieu bien aéré. Observer les consignes de mise à la masse et de mise à la terre. Cependant, ces précautions ne peuvent pas éliminer le hazard d'accumulation électrostatique.

PREMIERS SOINS

Inhalation: Retirer la personne de la zone d'exposition. Ceux qui dispensent de l'aide doivent éviter de s'exposer ou d'exposer d'autres personnes. Utiliser une protection respiratoire adéquate. En cas d'irritation respiratoire, d'étourdissement, de nausée ou d'évanouissement, obtenir une aide médicale immédiate. Si la respiration s'est arrêtée, utiliser un appareil mécanique pour assister la ventilation ou pratiquer le bouche à bouche comme méthode de réanimation.

Œil: Rincer à grande eau. En cas d'irritation, obtenir de l'aide médicale.

Voie orale: Obtenir des soins médicaux immédiats. Ne pas faire vomir.

Peau: Laver les régions touchées à l'eau et au savon. Enlever les vêtements souillés. Faire laver les vêtements souillés avec de les reporter.

MOYENS DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE

Utiliser de l'eau pulvérisée, de la mousse, de la poudre chimique sèche ou du dioxyde de carbone (CO₂) pour éteindre les flammes.

DÉVERSEMENT/FUITE

Déversement terrestre: Éliminez toutes les sources d'allumage, telles que des fusées éclairantes, des étincelles ou des flammes, et défense de fumer dans la région immédiate. Colmater la fuite si c'est possible de le faire sans risque. Empêcher le produit de pénétrer dans les cours d'eau, les égouts, les sous-sols ou les espaces confinés. On peut utiliser une mousse supprimant l'émission de vapeurs pour réduire celles-ci. Absorber ou recouvrir de terre sèche, de sable ou d'une autre matière incombustible et transvaser dans des contenants. Petits déversements : absorber avec de la terre, du sable ou une autre matière incombustible et transvaser dans des contenants pour une élimination ultérieure. Récupérer par pompage ou au moyen d'un absorbant approprié. Ne pas toucher la matière déversée ni marcher dedans.

Déversement dans l'eau: Colmater la fuite si c'est possible de le faire sans risque. Circonscrire le déversement immédiatement au moyen d'estacades. Avertir les autres expéditeurs. Éliminer de la surface par écrémage ou au moyen d'absorbants appropriés. Déclarer les déversements comme il est exigé aux autorités compétentes. Obtenir les conseils d'un spécialiste avant d'utiliser des dispersants.

Les renseignements et les recommandations contenus dans les présentes étaient, à la connaissance de Laboratoire MAT, exacts et fiables à la date de leur publication. Laboratoire MAT ne répond de l'exactitude de l'information que s'il s'agit de la version la plus à jour qu'elle a distribuée. Ces renseignements et ces recommandations sont publiés à l'intention de l'utilisateur et c'est à celui-ci de s'assurer qu'ils sont complets et conformes à l'usage qu'il compte faire du produit. L'acheteur qui remballage le produit est prié de consulter son conseiller juridique pour s'assurer que l'information sur la santé, la sécurité et les autres renseignements nécessaires figurent sur les contenants. Adresser aux manutentionnaires et aux utilisateurs les mises en garde et les consignes de manutention qui s'imposent. Il est formellement interdit de modifier ce document. Sauf dans les cas où la loi l'autorise, il est interdit de reproduire ou de retransmettre ce document en tout ou en partie.

LABORATOIRE MAT

Fiche de Données de Sécurité / Fiche Signalétique

Date de révision 09/08/2012

1. IDENTIFICATION DU PRODUIT ET DE LA SOCIÉTÉ

Nom du produit : Octaméthylcyclotétrasiloxane
Code Produit : OP-0853

Fournisseur : Laboratoire MAT Inc.
610 Adanac
Québec QC G1C 7B7
CANADA
Téléphone : 418-660-8666
Fax : 418-660-8998
Numéro d'Appel d'Urgence : 613-996-6666

2. IDENTIFICATION DES DANGERS

Aperçu des urgences

WHMIS Classification

B3	Liquide combustible	Liquide combustible
D2A	Matière très toxique qui provoque d'autres effets toxiques	Produit tératogène

Classification SGH

Liquides inflammables (Catégorie 3)
Toxicité aiguë, Oral(e) (Catégorie 5)
Toxicité aiguë, Inhalation (Catégorie 5)
Toxicité aiguë, Dermale (Catégorie 5)
Irritation cutanée (Catégorie 3)
Irritation oculaire (Catégorie 2B)
Toxicité pour la reproduction (Catégorie 2)

Éléments d'étiquetage SGH, y compris les conseils de prudence

Pictogramme



Mention d'avertissement Attention

Mention de danger

H226	Liquide et vapeurs inflammables.
H303 + H313	Peut être nocif en cas d'ingestion ou par contact cutané.
H316	Provoque une légère irritation cutanée.
H320	Provoque une irritation des yeux.
H333	Peut être nocif par inhalation.
H361	Susceptible de nuire à la fertilité ou au fœtus.

Conseils de prudence

P281	Utiliser l'équipement de protection individuel requis.
P305 + P351 + P338	EN CAS DE CONTACT AVEC LES YEUX: rincer avec précaution à l'eau pendant

plusieurs minutes. Enlever les lentilles de contact si la victime en porte et si elles peuvent être facilement enlevées. Continuer à rincer.

HMIS Classification

Danger pour la santé: 1
Danger chronique pour la santé: *
Inflammabilité: 2
Dangers physiques: 0

Effets potentiels sur la santé

Inhalation Peut être nocif par inhalation. Peut irriter le système respiratoire.
Peau Peut être nocif en cas d'absorption par la peau. Peut provoquer une irritation de la peau.
Yeux Peut provoquer une irritation des yeux.
Ingestion Peut être nocif par ingestion.

3. COMPOSITION/ INFORMATIONS SUR LES COMPOSANTS

Formule : $C_8H_{24}O_4Si_4$
Poids moléculaire : 296.62 g/mol

No.-CAS	No.-CE	No.-Index	Concentration
Octamethylcyclotetrasiloxane			
556-67-2	209-136-7	014-018-00-1	-

4. PREMIERS SECOURS

Conseils généraux

Consulter un médecin. Montrer cette fiche de données de sécurité au médecin traitant. S'éloigner de la zone dangereuse.

En cas d'inhalation

En cas d'inhalation, transporter la personne hors de la zone contaminée. En cas d'arrêt respiratoire, pratiquer la respiration artificielle. Consulter un médecin.

En cas de contact avec la peau

Laver au savon avec une grande quantité d'eau. Consulter un médecin.

En cas de contact avec les yeux

Bien rincer avec beaucoup d'eau pendant au moins 15 minutes et consulter un médecin.

En cas d'ingestion

Ne PAS faire vomir. Ne jamais rien faire avaler à une personne inconsciente. Se rincer la bouche à l'eau. Consulter un médecin.

5. MESURES DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE

Condition d'inflammabilité

Inflammable en présence d'une source d'allumage si la température est plus haute que le point d'éclair. Tenir à l'écart de la chaleur/étincelles/feu/surface chaude. Défense de fumer.

Moyens d'extinction appropriés

Utiliser de l'eau pulvérisée, de la mousse résistant à l'alcool, de la poudre sèche ou du dioxyde de carbone.

Équipement de protection spécial pour le personnel préposé à la lutte contre le feu

Porter un appareil de protection respiratoire autonome pour la lutte contre l'incendie, si nécessaire.

Produits de combustion dangereux

Des produits de décomposition dangereux se forment en cas de feu. - Oxydes de carbone, oxydes de silicium

Donnée d'explosivité - sensibilité à un impact mécanique

donnée non disponible

Donnée d'explosivité - sensibilité à une décharge statique

donnée non disponible

Information supplémentaire

Les récipients fermés peuvent être refroidis par eau pulvérisée.

6. MESURES À PRENDRE EN CAS DE DISPERSION ACCIDENTELLE

Précautions individuelles

Utiliser un équipement de protection individuelle. Éviter de respirer les vapeurs, les brouillards de pulvérisation ou les gaz. Assurer une ventilation adéquate. Enlever toute source d'ignition. Évacuer le personnel vers des endroits sûrs. Attention aux vapeurs qui s'accumulent en formant des concentrations explosives. Les vapeurs peuvent s'accumuler dans les zones basses.

Précautions pour la protection de l'environnement

Éviter un déversement ou une fuite supplémentaire, si cela est possible sans danger. Empêcher le produit de pénétrer dans les égouts.

Méthodes et matériel de confinement et de nettoyage

Contenir et collecter le matériel répandu à l'aide d'un aspirateur antistatique ou d'une brosse humide et le placer dans un conteneur pour l'élimination conformément aux réglementations locales (voir chapitre 13).

7. MANIPULATION ET STOCKAGE

Précautions à prendre pour une manipulation sans danger

Éviter le contact avec la peau et les yeux. Éviter de respirer les vapeurs ou le brouillard. Conserver à l'écart de toute flamme ou source d'étincelles - Ne pas fumer. Prendre des mesures pour éviter l'accumulation de charges électrostatiques.

Conditions de stockage sûres

Tenir le récipient bien fermé dans un endroit sec et bien aéré. Refermer soigneusement tout récipient entamé et le stocker verticalement afin d'éviter tout écoulement.

8. CONTRÔLES DE L'EXPOSITION/ PROTECTION INDIVIDUELLE

Ne contient pas de substances avec des valeurs limites d'exposition professionnelle.

Équipement de protection individuelle

Protection respiratoire

Quand l'évaluation des risques montre que le port d'appareils respiratoires est approprié, utiliser un masque facial total avec cartouche polyvalente (US) ou de type ABEK (EN 14387). Si le masque est le seul moyen de protection utiliser un appareil respiratoire autonome à écran facial total. Utiliser du matériel testé et approuvé par des normes telles que NIOSH (US) ou CEN (EU).

Protection des mains

Manipuler avec des gants. Les gants doivent être contrôlés avant l'utilisation. Utiliser une technique de retrait des gants appropriée afin d'éviter que la peau entre en contact avec le produit (i.e. sans toucher la surface extérieure du gant). Jeter les gants contaminés après l'utilisation conformément aux lois en vigueur et aux bonnes pratiques de laboratoire. Laver et Sécher les mains.

En cas d'immersion

Matériel: Caoutchouc nitrile

épaisseur minimum: 0.4 mm

Temps de pénétration: > 480 min

Matériel testé :Camatril®

En cas de contact par projection

Matériel: Caoutchouc nitrile

épaisseur minimum: 0.11 mm

Temps de pénétration: > 30 min

Matériel testé :Dermatril®

Source des données: KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Téléphone +49 (0)6659 873000, e-mail sales@kcl.de, Methode test: EN374

En cas d'utilisation en solution ou en mélange avec d'autres substances, et dans des conditions qui diffèrent de la norme EN 374, contacter le fournisseur des gants homologués CE. Cette recommandation est donnée à titre informatif et doit être évaluée par un spécialiste de l'hygiène et de la sécurité industrielle connaissant l'utilisation prévue par nos clients. Ceci ne doit pas être interprété comme une approbation dans un quelconque scénario d'utilisation.

Protection des yeux

protection faciale et lunettes de sécurité Utilisez un équipement de protection des yeux, testé et approuvé selon normes gouvernementales en vigueur, telles que NIOSH (US) or EN 166(EU).

Protection de la peau et du corps

vêtements étanches, Tenue de protection antistatique ignifuge, Le type d'équipement de protection doit être sélectionné en fonction de la concentration et de la quantité de la substance dangereuse au lieu de travail.

Mesures d'hygiène

À manipuler conformément aux bonnes pratiques d'hygiène industrielle et aux consignes de sécurité. Se laver les mains avant les pauses et à la fin de la journée de travail.

Contrôles techniques spécifiques

Utiliser ventilation mécanique ou une hotte chimique pour éviter l'exposition.

9. PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES

Aspect

Forme	liquide
Couleur	incolore

Données de sécurité

pH	donnée non disponible
Point de fusion/point de congélation	Point/intervalle de fusion: 17 - 18 °C (63 - 64 °F) - lit.
Point d'ébullition	175 - 176 °C (347 - 349 °F) - lit.
Point d'éclair	56 °C (133 °F) - coupelle fermée
Température d'inflammation	donnée non disponible
Température d'auto-inflammabilité	donnée non disponible
Limite d'explosivité, inférieure	donnée non disponible
Limite d'explosivité, supérieure	donnée non disponible
Pression de vapeur	donnée non disponible
Densité	donnée non disponible
Hydrosolubilité	donnée non disponible
Coefficient de partage: n-octanol/eau	donnée non disponible
Densité de vapeur relative	10.24 - (Air = 1.0)
Odeur	donnée non disponible
Seuil olfactif	donnée non disponible
Taux d'évaporation	donnée non disponible

10. STABILITÉ ET RÉACTIVITÉ

Stabilité chimique

Stable dans les conditions recommandées de stockage.

Possibilité de réactions dangereuses

donnée non disponible

Conditions à éviter

Chaleur, flammes et étincelles.

Matières à éviter

Oxydants forts, acides, Bases

Produits de décomposition dangereux

Des produits de décomposition dangereux se forment en cas de feu. - Oxydes de carbone, oxydes de silicium
Autres produits de décomposition - donnée non disponible

11. INFORMATIONS TOXICOLOGIQUES

Toxicité aiguë

Oral(e) DL50

DL50 Oral(e) - rat - > 2,000 mg/kg

Inhalation CL50

CL50 Inhalation - rat - 4 h - 36,000 mg/m³

Remarques: Effet comportemental:Excitation Poumons, Thorax ou Respiration:Dyspnée Peau et
Phanères:Autres:Chevelure

Dermale DL50

DL50 Dermale - lapin - > 4,640 mg/kg

Autres informations sur la toxicité aiguë

donnée non disponible

Corrosion cutanée/irritation cutanée

Peau - lapin - Irritation légère de la peau - 24 h

Lésions oculaires graves/irritation oculaire

Yeux - lapin - Irritation légère des yeux - 24 h

Sensibilisation respiratoire ou cutanée

donnée non disponible

Mutagenicité sur les cellules germinales

donnée non disponible

Cancérogénicité

IARC: Aucun composant de ce produit présent à des concentrations plus grandes que ou égales à 0,1% n'a été identifié comme cancérigène probable, possible ou reconnu pour l'homme par IARC.

ACGIH: Aucun composant de ce produit présent à des concentrations plus grandes que ou égales à 0,1% n'a été identifié comme cancérigène ni comme cancérigène possible par ACGIH.

Toxicité pour la reproduction

Toxicité pour la reproduction - rat - Inhalation

Conséquences pour le nouveau-né:Indice de naissance viable (nb de fœtus par portée; mesuré après la naissance)

Sur la base de tests en laboratoire sur des animaux, la surexposition peut causer une ou des affections reproductives.

donnée non disponible

Tératogénicité

Toxique suspecté pour la reproduction pour l'homme

Toxicité spécifique pour certains organes cibles - exposition unique (SGH)

donnée non disponible

Toxicité spécifique pour certains organes cibles - exposition répétée (SGH)

donnée non disponible

Danger par aspiration

donnée non disponible

Effets potentiels sur la santé

Inhalation	Peut être nocif par inhalation. Peut irriter le système respiratoire.
Ingestion	Peut être nocif par ingestion.
Peau	Peut être nocif en cas d'absorption par la peau. Peut provoquer une irritation de la peau.
Yeux	Peut provoquer une irritation des yeux.

Signes et Symptômes d'une Exposition

A notre connaissance, les propriétés chimiques, physiques et toxicologiques n'ont pas été complètement étudiées.

Effets synergiques

donnée non disponible

Information supplémentaire

RTECS: GZ4397000

12. INFORMATIONS ÉCOLOGIQUES

Toxicité

Toxicité pour le poisson	CL50 - Leuciscus idus(Ide) - 200.0 mg/l - 96.0 h
--------------------------	--

Persistance et dégradabilité

Potentiel de bioaccumulation

Bioaccumulation	Pimephales promelas (Vairon à grosse tête) - Facteur de bioconcentration (FBC): 12,400
	Pimephales promelas (Vairon à grosse tête) - 28 d Facteur de bioconcentration (FBC): 14,261

Mobilité dans le sol

donnée non disponible

Évaluation PBT et vPvB

donnée non disponible

Autres effets néfastes

13. CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ÉLIMINATION

Produit

Brûler dans un incinérateur chimique équipé d'un système de postcombustion et d'épuration mais faire très attention en allumant puisque ce produit est hautement inflammable. Remettre les excédents et les solutions non recyclables à une entreprise d'élimination des déchets agréée. Se mettre en rapport avec une entreprise spécialisée dans l'élimination de déchets pour procéder à l'élimination de ce produit.

Emballages contaminés

Éliminer comme produit non utilisé.

14. INFORMATIONS RELATIVES AU TRANSPORT

DOT (US)

Numéro ONU: 1993 Classe: 3 Groupe d'emballage: III
Nom d'expédition des Nations unies: Flammable liquids, n.o.s. (Octamethylcyclotetrasiloxane)
Polluant marin: No
Poison Inhalation Hazard: Non

IMDG

Numéro ONU: 1993 Classe: 3 Groupe d'emballage: III EMS-No: F-E, S-E
Nom d'expédition des Nations unies: FLAMMABLE LIQUID, N.O.S. (Octamethylcyclotetrasiloxane)
Polluant marin: No

IATA

Numéro ONU: 1993 Classe: 3 Groupe d'emballage: III
Nom d'expédition des Nations unies: Flammable liquid, n.o.s. (Octamethylcyclotetrasiloxane)

15. INFORMATIONS RÉGLEMENTAIRES

WHMIS Classification

B3	Liquide combustible	Liquide combustible
D2A	Matière très toxique qui provoque d'autres effets toxiques	Produit tératogène

Ce produit a été classé conformément aux critères de danger énoncés dans le Règlement sur les produits contrôlés et la fiche signalétique contient tous les renseignements exigés par le Règlement sur les produits contrôlés.

16. AUTRES INFORMATIONS

Information supplémentaire

Les informations ci-dessus ont été préparées sur la base des renseignements disponibles les plus sûrs. Elles ne prétendent pas être exhaustives et devront être considérées comme un guide. Laboratoire MAT Inc., ne pourra être tenu responsable des dommages résultant de l'utilisation ou de tout contact avec le produit sus-mentionné.



22522-1

LABORATOIRE MAT

Fiche de Données de Sécurité / Fiche Signalétique

Date de révision 09/08/2012

1. IDENTIFICATION DU PRODUIT ET DE LA SOCIETE

Nom du produit : **Cremophor EL**

Code Produit : CP-0555

Fournisseur : Laboratoire MAT Inc.
610 Adanac
QuébecQC G1C 7B7
CANADA

Téléphone : +1 9058299500

Fax : +1 9058299292

Numéro d'Appel d'Urgence : 1-800-424-9300

2. IDENTIFICATION DES DANGERS

Aperçu des urgences

WHMIS Classification

Non contrôlé par le SIMDUT

N'est pas une substance dangereuse selon le SGH.

HMIS Classification

Danger pour la santé: 1

Inflammabilité: 0

Dangers physiques: 0

Effets potentiels sur la santé

Inhalation : Peut être nocif par inhalation. Peut irriter le système respiratoire.

Peau : Peut être nocif en cas d'absorption par la peau. Peut provoquer une irritation de la peau.

Yeux : Peut provoquer une irritation des yeux.

Ingestion : Peut être nocif par ingestion.

3. COMPOSITION/ INFORMATIONS SUR LES COMPOSANTS

No.-CAS	No.-CE	No.-Index	Concentration
Castor oil, ethoxylated			
61791-12-6	500-151-7	-	-

4. PREMIERS SECOURS

En cas d'inhalation

En cas d'inhalation, transporter la personne hors de la zone contaminée. En cas d'arrêt respiratoire, pratiquer la respiration artificielle.

En cas de contact avec la peau

Laver au savon avec une grande quantité d'eau.

En cas de contact avec les yeux

Rincer les yeux à l'eau par mesure de précaution.

En cas d'ingestion

Ne jamais rien faire avaler à une personne inconsciente. Se rincer la bouche à l'eau.

5. MESURES DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE**Condition d'inflammabilité**

Non-inflammable ni combustible.

Moyens d'extinction appropriés

Utiliser de l'eau pulvérisée, de la mousse résistant à l'alcool, de la poudre sèche ou du dioxyde de carbone.

Équipement de protection spécial pour le personnel préposé à la lutte contre le feu

Porter un appareil de protection respiratoire autonome pour la lutte contre l'incendie, si nécessaire.

Produits de combustion dangereux

Des produits de décomposition dangereux se forment en cas de feu. - Oxydes de carbone

Donnée d'explosivité - sensibilité à un impact mécanique

donnée non disponible

Donnée d'explosivité -sensibilité à une décharge statique

donnée non disponible

6. MESURES À PRENDRE EN CAS DE DISPERSION ACCIDENTELLE**Précautions individuelles**

Éviter de respirer les vapeurs, les brouillards de pulvérisation ou les gaz.

Précautions pour la protection de l'environnement

Empêcher le produit de pénétrer dans les égouts.

Méthodes et matériel de confinement et de nettoyage

Conserver dans des récipients adaptés et fermés pour l'élimination.

7. MANIPULATION ET STOCKAGE**Précautions à prendre pour une manipulation sans danger**

Mesures préventives habituelles pour la protection contre l'incendie.

Conditions de stockage sûres

Tenir le récipient bien fermé dans un endroit sec et bien aéré.

8. CONTRÔLES DE L'EXPOSITION/ PROTECTION INDIVIDUELLE

Ne contient pas de substances avec des valeurs limites d'exposition professionnelle.

Équipement de protection individuelle**Protection respiratoire**

Protection respiratoire non exigée. Cartouches respiratoires conseillées en cas d'exposition: type OV/AG (US) ou de type ABEK (EU EN 14387). Utiliser du matériel testé et approuvé par des normes telles que NIOSH (US) ou CEN (EU).

Protection des mains

Manipuler avec des gants. Les gants doivent être contrôlés avant l'utilisation. Utiliser une technique de retrait des gants appropriée afin d'éviter que la peau entre en contact avec le produit (i.e. sans toucher la surface extérieure du gant). Jeter les gants contaminés après l'utilisation conformément aux lois en vigueur et aux bonnes pratiques de laboratoire. Laver et Sécher les mains.

Protection des yeux

Utilisez un équipement de protection des yeux, testé et approuvé selon normes gouvernementales en vigueur, telles que NIOSH (US) or EN 166(EU).

Protection de la peau et du corps

vêtements étanches, Le type d'équipement de protection doit être sélectionné en fonction de la concentration et de la quantité de la substance dangereuse au lieu de travail.

Mesures d'hygiène

Pratiques générales d'hygiène industrielle.

Contrôles techniques spécifiques

Utiliser ventilation mécanique ou une hotte chimique pour éviter l'exposition.

9. PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES**Aspect**

Forme liquide, clair

Couleur jaune clair

Données de sécurité

pH donnée non disponible

Point de fusion/point de congélation donnée non disponible

Point d'ébullition donnée non disponible

Point d'éclair donnée non disponible

Température d'inflammation donnée non disponible

Température d'auto-inflammabilité donnée non disponible

Limite d'explosivité, inférieure donnée non disponible

Limite d'explosivité, supérieure donnée non disponible

Pression de vapeur donnée non disponible

Densité donnée non disponible

Hydrosolubilité donnée non disponible

Coefficient de partage: n-octanol/eau donnée non disponible

Densité de vapeur relative donnée non disponible

Odeur donnée non disponible

Seuil olfactif donnée non disponible

Taux d'évaporation donnée non disponible

10. STABILITÉ ET RÉACTIVITÉ**Stabilité chimique**

Stable dans les conditions recommandées de stockage.

Possibilité de réactions dangereuses

donnée non disponible

Conditions à éviter

donnée non disponible

Matières à éviter

Oxydants forts

Produits de décomposition dangereux

Des produits de décomposition dangereux se forment en cas de feu. - Oxydes de carbone

Autres produits de décomposition - donnée non disponible

11. INFORMATIONS TOXICOLOGIQUES**Toxicité aiguë****Oral(e) DL50**

DL50 Oral(e) - rat - > 5,000 mg/kg

Inhalation CL50

Aucun effet indésirable n'a été observé dans les tests de toxicité aiguë.

Dermale DL50

DL50 Dermale - rat - > 5,000 mg/kg

Autres informations sur la toxicité aiguë

donnée non disponible

Corrosion cutanée/irritation cutanée

Peau - lapin - Pas d'irritation de la peau

Lésions oculaires graves/irritation oculaire

donnée non disponible

Sensibilisation respiratoire ou cutanée

N'a pas d'effet sensibilisant sur les animaux de laboratoire.

donnée non disponible

Mutagénicité sur les cellules germinales

Des tests sur cultures bactériennes ou de cellules de mammifères n'ont pas montré d'effets mutagène.

Cancérogénicité

Les tests sur les animaux n'ont montré aucun effet cancérigène.

IARC: Aucun composant de ce produit présent à des concentrations plus grandes que ou égales à 0,1% n'a été identifié comme cancérigène probable, possible ou reconnu pour l'homme par IARC.

ACGIH: Aucun composant de ce produit présent à des concentrations plus grandes que ou égales à 0,1% n'a été identifié comme cancérigène ni comme cancérigène possible par ACGIH.

Toxicité pour la reproduction

Les tests sur les animaux n'ont montré aucun effet sur la fertilité.

donnée non disponible

Tératogénicité

N'a pas montré d'effets tératogènes lors des expérimentations animales.

Toxicité spécifique pour certains organes cibles - exposition unique (SGH)

donnée non disponible

Toxicité spécifique pour certains organes cibles - exposition répétée (SGH)

donnée non disponible

Danger par aspiration

donnée non disponible

Effets potentiels sur la santé

Inhalation	Peut être nocif par inhalation. Peut irriter le système respiratoire.
Ingestion	Peut être nocif par ingestion.
Peau	Peut être nocif en cas d'absorption par la peau. Peut provoquer une irritation de la peau.
Yeux	Peut provoquer une irritation des yeux.

Signes et Symptômes d'une Exposition

A notre connaissance, les propriétés chimiques, physiques et toxicologiques n'ont pas été complètement étudiées.

Effets synergiques

donnée non disponible

Information supplémentaire

RTECS: donnée non disponible

12. INFORMATIONS ÉCOLOGIQUES

Toxicité

Toxicité pour le poisson	CL50 - <i>Leuciscus idus</i> (Ide) - 448 mg/l - 48 h Méthode: DIN 38412
Toxicité pour la daphnie et les autres invertébrés aquatiques	CE50 - <i>Daphnia magna</i> - > 100 mg/l - 48 h Méthode: OCDE Ligne directrice 202
Toxicité pour les algues	CE50 - <i>Desmodesmus subspicatus</i> (algues vertes) - > 93 mg/l - 72 h Méthode: OCDE Ligne directrice 201

Persistence et dégradabilité

Biodégradabilité	aérobie Résultat: 90 - 100 % - Biodégradable Méthode: OCDE Ligne directrice 302 Remarques: Selon les résultats des tests de biodégradabilité ce produit est considéré comme étant facilement biodégradable.
------------------	--

Potentiel de bioaccumulation

donnée non disponible

Mobilité dans le sol

donnée non disponible

Évaluation PBT et vPvB

donnée non disponible

Autres effets néfastes

donnée non disponible

13. CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ÉLIMINATION

Produit

Remettre les excédents et les solutions non recyclables à une entreprise d'élimination des déchets agréée.

Emballages contaminés

Éliminer comme produit non utilisé.

14. INFORMATIONS RELATIVES AU TRANSPORT

DOT (US)

Marchandise non dangereuse

IMDG

Marchandise non dangereuse

IATA

Marchandise non dangereuse

15. INFORMATIONS RÉGLEMENTAIRES

WHMIS Classification

Non contrôlé par le SIMDUT

Ce produit a été classé conformément aux critères de danger énoncés dans le Règlement sur les produits contrôlés et la fiche signalétique contient tous les renseignements exigés par le Règlement sur les produits contrôlés.

16. AUTRES INFORMATIONS

Information supplémentaire

Les informations ci-dessus ont été préparées sur la base des renseignements disponibles les plus sûrs. Elles ne prétendent pas être exhaustives et devront être considérées comme un guide. Laboratoire MAT Inc., ne pourra être tenu responsable des dommages résultant de l'utilisation ou de tout contact avec le produit sus-mentionné.



12315-1

LABORATOIRE MAT

Fiche de Données de Sécurité / Fiche Signalétique

Date de révision 27/08/2012

1. IDENTIFICATION DU PRODUIT ET DE LA SOCIÉTÉ

Nom du produit : **CHLORURE DE 1-BENZYQUINOLINIUM**

Code Produit : BP-0848

Fournisseur : LABORATOIRE MAT
610 ADANAC, QUÉBEC, QC.
QUÉBEC, QC. G1C 7B7

Téléphone : 418 660-8666

Fax : 418 660-8998

Numéro d'Appel d'Urgence : 613-996-6666

(Pour le fournisseur et le fabricant)

2. IDENTIFICATION DES DANGERS

Aperçu des urgences

WHMIS Classification

D2B Matière toxique qui provoque d'autres effets toxiques

Produit irritant modéré de la peau
Irritant modéré pour le système respiratoire
Produit irritant modéré pour les yeux

Classification SGH

Toxicité aiguë, Oral(e) (Catégorie 5)

Irritation cutanée (Catégorie 2)

Lésions oculaires graves (Catégorie 1)

Toxicité spécifique pour certains organes cibles - exposition unique (Catégorie 3)

Éléments d'étiquetage SGH, y compris les conseils de prudence

Pictogramme



Mention d'avertissement Danger

Mention de danger

H303

Peut être nocif par ingestion.

H315

Provoque une irritation cutanée.

H318

Provoque des lésions oculaires graves.

H335

Peut irriter les voies respiratoires.

Conseils de prudence

P261

Éviter de respirer les poussières/ fumées/ gaz/ brouillards/ vapeurs/ aérosols.

P280

Porter des gants de protection/ un équipement de protection des yeux/ un équipement de protection du visage.

P305 + P351 + P338

EN CAS DE CONTACT AVEC LES YEUX: rincer avec précaution à l'eau pendant plusieurs minutes. Enlever les lentilles de contact si la victime en porte et si elles peuvent être facilement enlevées. Continuer à rincer.

HMIS Classification

Health hazard: 2
Flammability: 0
Physical hazards: 0

Effets potentiels sur la santé

Inhalation Peut être nocif par inhalation. Provoque une irritation du système respiratoire.
Peau Peut être nocif en cas d'absorption par la peau. Provoque une irritation de la peau.
Yeux Provoque une irritation des yeux.
Ingestion Peut être nocif par ingestion.

3. COMPOSITION/INFORMATIONS SUR LES COMPOSANTS

Formule : C16H14ClN
Poids moléculaire : 255.74 g/mol

No.-CAS	No.-CE	No.-Index	Concentration
1-(Benzyl)quinolinium chloride			
15619-48-4	239-695-2	-	-

4. PREMIERS SECOURS

Conseils généraux

Consulter un médecin. Montrer cette fiche de données de sécurité au médecin traitant. S'éloigner de la zone dangereuse.

En cas d'inhalation

En cas d'inhalation, transporter la personne hors de la zone contaminée. En cas d'arrêt respiratoire, pratiquer la respiration artificielle. Consulter un médecin.

En cas de contact avec la peau

Laver au savon avec une grande quantité d'eau. Consulter un médecin.

En cas de contact avec les yeux

Bien rincer avec beaucoup d'eau pendant au moins 15 minutes et consulter un médecin.

En cas d'ingestion

Ne jamais rien faire avaler à une personne inconsciente. Se rincer la bouche à l'eau. Consulter un médecin.

5. MESURES DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE

Condition d'inflammabilité

Non-inflammable ni combustible.

Moyens d'extinction appropriés

Utiliser de l'eau pulvérisée, de la mousse résistant à l'alcool, de la poudre sèche ou du dioxyde de carbone.

Équipement de protection spécial pour le personnel préposé à la lutte contre le feu

Porter un appareil de protection respiratoire autonome pour la lutte contre l'incendie, si nécessaire.

Produits de combustion dangereux

Des produits de décomposition dangereux se forment en cas de feu. - Oxydes de carbone, oxydes d'azote (NOx), Gaz chlorhydrique

Donnée d'explosivité - sensibilité à un impact mécanique

donnée non disponible

Donnée d'explosivité - sensibilité à une décharge statique

donnée non disponible

6. MESURES À PRENDRE EN CAS DE REJET ACCIDENTEL

Précautions individuelles

Utiliser un équipement de protection individuelle. Éviter la formation de poussière. Éviter de respirer les vapeurs, les brouillards de pulvérisation ou les gaz. Assurer une ventilation adéquate. Évacuer le personnel vers des endroits sûrs. Éviter l'inhalation de la poussière.

Précautions pour la protection de l'environnement

Empêcher le produit de pénétrer dans les égouts.

Méthodes et matériel de confinement et de nettoyage

Ramasser et évacuer sans créer de poussière. Balayer et enlever à la pelle. Conserver dans des récipients adaptés et fermés pour l'élimination.

7. MANIPULATION ET STOCKAGE**Précautions à prendre pour une manipulation sans danger**

Éviter le contact avec la peau et les yeux. Éviter la formation de poussières et d'aérosols.

Prévoir une ventilation adéquate aux endroits où la poussière se forme. Mesures préventives habituelles pour la protection contre l'incendie.

Conditions de stockage sûres

Tenir le récipient bien fermé dans un endroit sec et bien aéré.

8. CONTRÔLE DE L'EXPOSITION/PROTECTION INDIVIDUELLE

Ne contient pas de substances avec des valeurs limites d'exposition professionnelle.

Équipement de protection individuelle**Protection respiratoire**

Quand l'évaluation des risques montre que le port d'appareils respiratoires est approprié, utiliser un masque facial total avec cartouche à particules type N100 (US) ou de type P3 (EN 143). Si le masque est le seul moyen de protection utiliser un appareil respiratoire autonome à écran facial total. Utiliser du matériel testé et approuvé par des normes telles que NIOSH (US) ou CEN (EU).

Protection des mains

Manipuler avec des gants. Les gants doivent être contrôlés avant l'utilisation. Utiliser une technique de retrait des gants appropriée afin d'éviter que la peau entre en contact avec le produit (i.e. sans toucher la surface extérieure du gant). Jeter les gants contaminés après l'utilisation conformément aux lois en vigueur et aux bonnes pratiques de laboratoire. Laver et Sécher les mains.

Protection des yeux

protection faciale et lunettes de sécurité Utilisez un équipement de protection des yeux, testé et approuvé selon normes gouvernementales en vigueur, telles que NIOSH (US) or EN 166(EU).

Protection de la peau et du corps

Combinaison complète de protection contre les produits chimiques, Le type d'équipement de protection doit être sélectionné en fonction de la concentration et de la quantité de la substance dangereuse au lieu de travail.

Mesures d'hygiène

À manipuler conformément aux bonnes pratiques d'hygiène industrielle et aux consignes de sécurité. Se laver les mains avant les pauses et à la fin de la journée de travail.

Contrôles techniques spécifiques

Utiliser ventilation mécanique ou une hotte chimique pour éviter l'exposition.

9. PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES**Aspect**

Forme	solide
Couleur	donnée non disponible

Données de sécurité

pH	donnée non disponible
Point de fusion/point de congélation	donnée non disponible
Point d'ébullition	donnée non disponible
Point d'éclair	donnée non disponible

Température d'inflammation	donnée non disponible
Température d'auto-inflammabilité	donnée non disponible
Limite d'explosivité, inférieure	donnée non disponible
Limite d'explosivité, supérieure	donnée non disponible
Pression de vapeur	donnée non disponible
Densité	donnée non disponible
Hydrosolubilité	donnée non disponible
Coefficient de partage: n-octanol/eau	donnée non disponible
Densité de vapeur relative	donnée non disponible
Odeur	donnée non disponible
Seuil olfactif	donnée non disponible
Taux d'évaporation	donnée non disponible

10. STABILITÉ ET RÉACTIVITÉ

Stabilité chimique

Stable dans les conditions recommandées de stockage.

Possibilité de réactions dangereuses

donnée non disponible

Conditions à éviter

donnée non disponible

Matières à éviter

Oxydants forts

Produits de décomposition dangereux

Des produits de décomposition dangereux se forment en cas de feu. - Oxydes de carbone, oxydes d'azote (NOx), Gaz chlorhydrique

11. INFORMATIONS TOXICOLOGIQUES

Toxicité aiguë

Oral(e) DL50

donnée non disponible

Inhalation CL50

Dermale DL50

donnée non disponible

Autres informations sur la toxicité aiguë

donnée non disponible

Corrosion cutanée/irritation cutanée

donnée non disponible

Lésions oculaires graves/irritation oculaire

donnée non disponible

Sensibilisation respiratoire ou cutanée

donnée non disponible

Mutagénicité sur les cellules germinales

donnée non disponible

Cancérogénicité

IARC: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as probable, possible or confirmed human carcinogen by IARC.

ACGIH: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as a carcinogen or potential carcinogen by ACGIH.

Toxicité pour la reproduction

donnée non disponible

Tératogénicité

donnée non disponible

Toxicité spécifique pour certains organes cibles - exposition unique (SGH)

Inhalation - Peut irriter les voies respiratoires.

Toxicité spécifique pour certains organes cibles - exposition répétée (SGH)

donnée non disponible

Danger par aspiration

donnée non disponible

Effets potentiels sur la santé

Inhalation	Peut être nocif par inhalation. Provoque une irritation du système respiratoire.
Ingestion	Peut être nocif par ingestion.
Peau	Peut être nocif en cas d'absorption par la peau. Provoque une irritation de la peau.
Yeux	Provoque une irritation des yeux.

Signes et Symptomes d'une Exposition

A notre connaissance, les propriétés chimiques, physiques et toxicologiques n'ont pas été complètement étudiées.

Effets synergiques

donnée non disponible

Information supplémentaire

RTECS: donnée non disponible

12. INFORMATIONS ÉCOLOGIQUES**Toxicité**

donnée non disponible

Persistance et dégradabilité

donnée non disponible

Potentiel de bioaccumulation

donnée non disponible

Mobilité dans le sol

donnée non disponible

Évaluation PBT et vPvB

donnée non disponible

Autres effets néfastes

donnée non disponible

13. CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ÉLIMINATION

Produit

Remettre les excédents et les solutions non recyclables à une entreprise d'élimination des déchets agréée. Se mettre en rapport avec une entreprise spécialisée dans l'élimination de déchets pour procéder à l'élimination de ce produit.

Emballages contaminés

Éliminer comme produit non utilisé.

14. INFORMATIONS RELATIVES AU TRANSPORT**DOT (US)**

Not dangerous goods

IMDG

Not dangerous goods

IATA

Not dangerous goods

15. INFORMATIONS RÉGLEMENTAIRES**DSL Statut**

Tous les composants de ce produit sont sur la liste canadienne LIS.

WHMIS Classification

D2B	Matière toxique qui provoque d'autres effets toxiques	Produit irritant modéré de la peau Irritant modéré pour le système respiratoire Produit irritant modéré pour les yeux
-----	---	---

Ce produit a été classé conformément aux critères de danger énoncés dans le Règlement sur les produits contrôlés et la fiche signalétique contient tous les renseignements exigés par le Règlement sur les produits contrôlés.

16. AUTRES DONNÉES**Autres informations**

Les informations ci-dessus ont été préparées sur la base des renseignements disponibles les plus sûrs. Elles ne prétendent pas être exhaustives et devront être considérées comme un guide. LABORATOIRE ,MAT, ne pourra être tenu responsable des dommages résultant de l'utilisation ou de tout contact avec le produit sus-mentionné.



Material Safety Data Sheet

TRADE NAME: CATEMOL HBC-18 (Developmental)

Date of Preparation/Revision: 04/09/2012

Section 1 - Chemical Product and Company Identification

Product Name: CATEMOL HBC-18 (Developmental)
Chemical Name: Hydroxypropyl Bisstearyldimonium Chloride
CAS Number: 118516-73-7
Manufacturer: LABORATOIRE MAT
 610 ADANAC, QUEBEC, QC G1C 7B7
 Phone (418) 660-8666 Fax (418) 660-8998 EMERGENCY: 613-996-6666

Section 2 - Composition / Information on Ingredients

This product does not contain any active material considered hazardous

Ingredient Name	CAS Number	% wt/vol
Hydroxypropyl Bisstearyldimonium Chloride	118516-73-7	48-52
Ethanol	64-17-5	24-26
Water	7732-18-5	24-26

Trace Impurities:

Ingredient	OSHA PEL		ACGIH TLV		NIOSH REL		NIOSH IDLH
	TWA	STEL	TWA	STEL	TWA	STEL	
Ethanol	1000 ppm	1000 ppm	Not Estab.	Not Estab.	Not Estab.	Not estab.	Not Estab

Section 3 - Hazards Identification

Emergency Overview

NFPA

Potential Health Effects

Health	2
Fire	3
Reactivity	1

There are no potential health effects expected from handling this material. Good manufacturing practices are always recommended when handling any chemical.

There are no significant laboratory data to suggest any hazard to humans. A knowledge of the available toxicology information and of the physical and chemical properties of the material suggests that overexposure is unlikely to aggravate existing medical conditions.

A knowledge of the available toxicology information and of the physical and chemical properties of the material suggests that overexposure is unlikely to aggravate existing medical conditions.

Exposure to small quantities is not expected to cause adverse health effects. Good manufacturing practices are always recommended when handling any chemical.

There are no significant laboratory data to suggest any specific hazard to humans.

Inhalation: Short-term harmful health effects are not expected from vapor-generated at ambient temperatures.

Eye Contact: May cause moderate to severe eye irritation.

Skin Contact: May cause irritation or dermatitis.

Ingestion: May cause abdominal discomfort, nausea, vomiting and diarrhea.

Carcinogenicity: IARC, NTP, and OSHA do not list this product as a carcinogen.

Section 4 - First Aid Measures

Inhalation: Short-term harmful health effects are not expected from vapor-generated at ambient temperatures. If first aid is required, move victim to fresh air.

Eye Contact: May cause moderate to severe eye irritation. Flush immediately with water for 15 to 20 minutes. Obtain medical attention if severe irritation occurs.

Skin Contact: May cause irritation or dermatitis. Remove contaminated clothing. Wash affected area with soap & water.

Ingestion: May cause abdominal discomfort, nausea, vomiting and diarrhea. Give two glasses of water. Do not induce vomiting. Obtain medical attention.

CATEMOL HBC-18 (Developmental)

After first aid, get appropriate in-plant, paramedic, or community medical support.

Section 5 - Fire-Fighting Measures

Flash Point: 17°C

Flash Point Method: PCC

Extinguishing Media: Use water spray, carbon dioxide, alcohol type or universal type foam applied in accordance with the manufacturer's instructions.

Fire-Fighting Instructions: Do not release runoff from fire control methods to sewers or waterways.

Fire-Fighting Equipment: Because fire may produce toxic thermal decomposition products, wear a self-contained breathing apparatus (SCBA) with a full facepiece operated in pressure-demand or positive-pressure mode.



Section 6 - Accidental Release Measures

Safeguards (Personnel): Review FIRE FIGHTING MEASURES and HANDLING (PERSONNEL) sections before proceeding with clean up. Use appropriate PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT during clean up.

Spill /Leak Procedures: Collect for disposal in accordance with applicable Federal, State, or local regulations.

Containment: For large spills, dike far ahead of liquid spill for later disposal. Do not release into sewers or waterways.

Section 7 - Handling and Storage

Handling Precautions: (Personnel) Safety glasses, apron and PVC gloves.

Storage Requirements: Keep container tightly closed.

Section 8 - Exposure Controls / Personal Protection

Engineering Controls: No special engineering controls are required under normal use.

Ventilation: Provide general or local exhaust ventilation systems to maintain airborne concentrations below OSHA PELs (Sec.2). Local exhaust ventilation is preferred because it prevents contaminant dispersion into the work area by controlling it at its source.

Administrative Controls:

Respiratory Protection: Seek professional advice prior to respirator selection and use. Follow OSHA respirator regulations (29 CFR 1910.134) and, if necessary, wear an MSHA/NIOSH-approved respirator. Select respirator based on its suitability to provide adequate worker protection for given working conditions, level of airborne contamination, and presence of sufficient oxygen. For emergency or non-routine operations (cleaning spills, reactor vessels, or storage tanks), wear a SCBA.

Warning! Air-purifying respirators do not protect workers in oxygen-deficient atmospheres. If respirators are used, OSHA requires a written respiratory protection program that includes at least: medical certification, training, fit testing, periodic environmental monitoring, maintenance, inspection, cleaning, and convenient, sanitary storage areas.

Protective Clothing/Equipment: Wear chemically protective gloves, boots, aprons, and gauntlets to prevent prolonged or repeated skin contact. Wear protective eyeglasses or chemical safety goggles, per OSHA eye- and face-protection regulations (29 CFR 1910.133). Contact lenses are not eye protective devices. Appropriate eye protection must be worn instead of, or in conjunction with contact lenses.

Safety Stations: Make emergency eyewash stations, safety/quick-drench showers, and washing facilities available in work area.

Contaminated Equipment: Separate contaminated work clothes from street clothes. Launder before reuse. Remove this material from your shoes and clean personal protective equipment.

Comments: Never eat, drink, or smoke in work areas. Practice good personal hygiene after using this material, especially before eating, drinking, smoking, using the toilet, or applying cosmetics.

Section 9 - Physical and Chemical Properties

Physical State: Paste

Appearance and Odor: off white, ethanol

Vapor Pressure, mm Hg: N/D

Vapor Density (Air=1): N/A

Density: N/D

Specific Gravity (H₂O=1, @ 25°C): N/D

pH: N/A

Water Solubility: Dispersible

Boiling Point: N/D

Freezing/Melting Point: N/D

Viscosity: N/A

Refractive Index: N/A

% Volatile: 30-80

Evaporation Rate: N/A

Section 10 - Stability and Reactivity

Stability: Product is **STABLE** at room temperature in closed containers under normal storage and handling conditions.

Chemical Incompatibilities: Strong acids and oxidizers..

CATEMOL HBC-18 (Developmental)

Hazardous Decomposition Products: Oxides of nitrogen and carbon.

Hazardous Polymerization: Will not occur.

Section 11 - Toxicological Information

A knowledge of the available toxicology information and of the chemical properties of the material suggests that overexposure is unlikely to aggravate existing medical conditions.

Section 12 - Ecological Information

N/A

Section 13 - Disposal Considerations

Disposal: Contact a licensed contractor for detailed recommendations. Follow applicable Federal, State, and local regulations.

Section 14 - Transport Information

DOT Transportation Data (49 CFR 172.101):

Label Requirements DOT: Flammable liquid, n.o.s.

UN Number: UN1993

Proper Shipping Name: Flammable liquid, n.o.s. (Ethanol Solution)

Packing Groups: II

Hazard Classification: 3

Section 15 - Regulatory Information

TSCA Inventory Status: Not Listed

EPA Regulations: SARA 311/312 Codes:

Acute: None

Chronic: None

Fire: Yes

Reactivity: None

Pressure: None

State Regulations:

State	Component	CAS #	Wt.
NONE			

Section 16 - Other Information

Disclaimer: While the information herein is believed to be reliable, LABORATOIRE MAT does not guarantee its accuracy. Purchasers are urged to conduct their own tests. LABORATOIRE MAT INC. warrants its materials, as described herein, shall conform to the written specifications for such materials. LABORATOIRE MAT INC. makes no other warranty, either express or implied, as to the materials' merchantability or fitness for purpose. In no event shall LABORATOIRE MAT INC.'s liability for breach of this warranty exceed the purchase price of the material for which such breach is claimed. Nothing contained herein is intended as a recommendation to use LABORATOIRE MAT INC. products so as to infringe any patent and no liability for customer's violation of patent or other rights is assumed.



Centre de recherche industrielle du Québec

QUÉBEC 333, rue Franquet, Québec (Québec) G1P 4C7 T 418 659-1550 / 1 800 667-2386 F 418 652-2251

MONTRÉAL 1201, boul. Crémazie Est, bur. 1.210, Montréal (Québec) H2M 0A6 T 514 383-1550 / 1 800 667-4570 F 514 383-3250

infocriq@criq.qc.ca criq.qc.ca



Annexe 4 - Analyse des sous-produits de dégradation chimique des substances utilisées dans les fluides de fracturation hydraulique

**ANALYSE DES SOUS-PRODUITS DE DÉGRADATION
CHIMIQUE DES SUBSTANCES UTILISÉES DANS LES
FLUIDES DE FRACTURATION HYDRAULIQUE**

Contrat # 1999719079

**Rapport final soumis au Ministère du Développement durable,
de l'Environnement, de la Faune et des Parcs**

par

Jean Lessard

Chimiste Ph.D.

Le 30 avril 2013

Notes sur l'auteur

Jean Lessard obtint un B.Sc. (« honors ») en chimie appliquée en 1960 puis son doctorat en chimie organique en 1964, tous deux à l'Université Laval. Après deux années de stage postdoctoral à l'Imperial College, London, U.K., il entra au Conseil national de recherches du Canada comme Officier adjoint de recherche (l'équivalent de professeur adjoint) pour y démarrer sa propre recherche sur le mécanisme des réactions de la chimie organique. En 1969, il se joignit au Département de chimie de l'Université de Sherbrooke comme professeur adjoint, fut promu professeur agrégé en 1971 puis professeur titulaire en 1976. Depuis sa retraite en janvier 2008, Jean Lessard est professeur associé au Département de chimie de l'Université de Sherbrooke et a été nommé professeur émérite à vie de l'université de Sherbrooke en septembre 2008. Depuis octobre 2006, il est aussi professeur associé au Chemistry Department de Queen's University.

Jean Lessard a formé vingt-six (26) doctorants (Ph.D.) et trente-huit (38) étudiants à la maîtrise (M.Sc.) et a dirigé dix-neuf (19) stagiaires postdoctoraux. Il a publié cent dix-sept (117) articles scientifiques, deux (2) articles de revue, quatre (4) chapitres de livre et vingt-trois (23) comptes rendus de conférences avec jury de lecture. Il a présenté quatre-vingt-une (81) conférences sur invitation à des congrès scientifiques et cents (100) conférences sur invitation dans les universités et centres de recherche. De plus, ses collaborateurs et lui ont fait cent soixante-dix (170) présentations (orales et par affiches) sur les différents thèmes de recherche.

Les contributions de Jean Lessard ont été reconnues par l'octroi d'une chaire de recherche et l'attribution de deux prix : la Chaire de recherche MRN/Électrocatalyse-hydrogène du Ministère des Ressources naturelles du Québec d'octobre 1989 à octobre 2000; le 2002 Electrochemical Award (Gold Medal) of the Canadian Section of The Electrochemical Society Inc. (attribué aux quatre ans) pour sa contribution à l'électrochimie au Canada; le 2004 Murray Raney Award of the Organic Reactions Catalysis Society (attribué aux deux ans) pour ses contributions en hydrogénation catalytique et électrocatalytique utilisant les métaux de Raney comme catalyseurs et matériaux d'électrode.

TABLE DES MATIÈRES

1- Introduction	5
2- Objectifs.....	5
3- Méthodologie.....	5
4- Données techniques	6
5- Hypothèses concernant les transformations chimiques	6
6- Recette 1	8
6a- Diagramme Recette 1.....	8
6b- Analyse des sous-produits de la recette 1	9
6c- Tableaux des sous-produits Recette 1.....	11
7- Recette 2	14
7a- Diagramme Recette 2.....	14
7b- Analyse des sous-produits de la recette 2	15
7c- Tableaux des sous-produits Recette 2.....	17
8- Recette 3	21
8a- Diagramme Recette 3.....	21
8b- Analyse des sous-produits de la recette 3	22
8c- Tableaux des sous-produits Recette 3.....	23
9- Recette 4	26
9a- Diagramme Recette 4.....	26
9b- Analyse des sous-produits de la recette 4	27
9c- Tableaux des sous-produits Recette 4.....	29
10- Recette 5	32
10a- Diagramme Recette 5.....	32
10b- Analyse des sous-produits de la recette 5	33

10c- Tableaux des sous-produits Recette 5	36
11- Recette 6	40
11a- Diagramme Recette 6.....	40
11b- Analyse des sous-produits de la recette 6	41
11c- Tableaux des sous-produits Recette 6.....	42
12- Recette 7	46
12a- Diagramme Recette 7.....	46
12b- Analyse des sous-produits de la recette 7	47
12c- Tableaux des sous-produits de la recette 7.....	48
13- Bassins (transformations chimiques ou physiques).....	51
14- Interprétation des résultats.....	52
15- Conclusion	54

1. INTRODUCTION

Cette étude s'intègre dans une étude plus vaste de l'Évaluation environnementale stratégique portant sur la toxicité (E3-5) des additifs utilisés lors d'une fracturation hydraulique et par extension la toxicité des eaux usées générées. Afin de choisir la meilleure technologie possible pour traiter ces eaux et d'en disposer de manière sécuritaire, il convient d'en connaître la composition. Étant donné qu'aucune activité n'a lieu présentement au Québec, et qu'aucun échantillon ne peut être soumis à l'analyse pour fin de caractérisation, une étude théorique du devenir des substances utilisées a été réalisée pour déterminer les sous-produits susceptibles de se former.

Il est important de souligner d'entrée de jeu le niveau élevé de complexité d'une telle étude créée par le degré d'incertitude entourant l'information nécessaire à l'exercice. Cette étude a été réalisée au meilleur des connaissances actuelles et en posant une série d'hypothèses sur certaines propriétés du milieu, comme le pH, le niveau d'oxygène présent, ainsi que les concentrations résultantes ou le facteur de dilution.

Il est important de mentionner que l'objectif de la présente étude est avant tout d'identifier des sous-produits potentiels pour en évaluer par la suite le niveau de toxicité ou de danger, et non d'en déterminer avec certitude la présence et la concentration.

Nul doute que, malgré le niveau d'incertitude, l'exercice, dans une perspective de prévention, devrait se révéler fort utile.

2. OBJECTIFS

L'étude vise à évaluer le devenir des composés chimiques utilisés lors d'une fracturation hydraulique par une étude théorique des réactions chimiques possibles, pouvant conduire à la formation de nouveaux composés dans de telles conditions (pression, température, acidité, etc.). Cette étude théorique est basée sur les connaissances actuelles des mécanismes réactionnels en chimie.

3. MÉTHODOLOGIE

Les gazières utilisent différents types d'additifs, qui ont tous une fonction particulière, pour fracturer avec la plus grande efficacité possible le shale afin de libérer le maximum de gaz. Ces additifs peuvent contenir une ou plusieurs substances à différentes concentrations. Le choix des additifs selon le lieu et les caractéristiques géologiques peut varier et fait partie de ce qu'on peut appeler la recette. Donc une recette particulière utilisera certains additifs spécifiques, selon l'endroit. L'étude se fera donc en examinant les réactions possibles des composés chimiques impliqués dans une série de sept recettes créées à partir des fracturations réalisées au Québec. L'analyse des sous-produits

possibles a été faite pour chaque recette individuellement en fonction de certains paramètres pouvant influencer la transformation chimique des produits présents dans le liquide de fracturation. À cet égard, des hypothèses sur le pH du liquide de fracturation et le niveau d'oxygène présent ont été formulées.

4. DONNÉES TECHNIQUES

Une fracturation hydraulique fonctionne généralement en deux étapes : **une première** dite de conditionnement pour amorcer la fracturation et fixer les conditions de la seconde étape. La **deuxième étape** est la fracturation proprement dite. Les additifs utilisés dans l'étape 1 ne sont pas les mêmes que dans l'étape 2. Les volumes de liquide de l'**étape 1** sont généralement entre **10 et 20 m³** tandis que, pour l'**étape 2**, les volumes utilisés de fluide de fracturation sont de l'ordre de **1500 à 2500 m³**. Les volumes de l'étape 1 ne représentent qu'environ 0,8% du volume total lors d'une fracturation. Cette donnée est très importante lorsque viendra le temps d'interpréter les résultats et de déterminer l'ordre d'importance des composés formés entre autres selon les concentrations finales estimées. À la fin de l'étape 2 on additionne du sable pour conserver les fractures ouvertes.

La température et la pression utilisées lors des fracturations réalisées au Québec sont : 50-60°C et 60 mPa. Toutefois, l'acidité et le niveau d'oxygène présent restent inconnus.

5. HYPOTHÈSES CONCERNANT LES TRANSFORMATIONS CHIMIQUES

Le pH : Pour l'**étape 1**, le milieu serait **acide** ($\text{pH} \leq 1$), la concentration en acide étant égale ou supérieure à 0,1 M (elle est de 4.5 M après l'ajout de HCl); pour l'**étape 2**, en prenant en compte un facteur de dilution de 250 et la neutralisation des carbonates au cours de l'étape 1, le milieu serait plutôt **neutre** ($6 \leq \text{pH} \leq 9$).

L'effet de la température : À des températures de 50-60°C, il n'y a pas de thermolyse (bris de liaisons chimiques causés par la chaleur). Les réactions chimiques sont tout simplement plus rapides qu'à la température ambiante. Par exemple, une réaction chimique est en moyenne 8 à 10 fois plus rapide à 60°C qu'à 20°C.

L'effet de la pression : Cet effet dépend du volume d'activation de la réaction. Mais, comme les liquides sont peu compressibles, l'effet sur la vitesse des réactions en solution est négligeable. Par exemple, la vitesse de réaction peut augmenter d'un facteur 3 à 5 pour une augmentation de pression d'un facteur 2000. Dans le cas présent, la pression est seulement de 500 à 600 fois plus élevée que la pression atmosphérique. La pression n'a pas d'influence sur le mécanisme de réaction.

La quantité d'oxygène dissous : La concentration d'oxygène dissous devrait être un peu plus faible que dans l'eau utilisée au départ à cause de la présence des produits

organiques ajoutés. La solubilité de l'oxygène dans l'eau douce à 20 °C est de 9 mg/L (9 g/m³). L'hypothèse est qu'une si petite quantité d'oxygène n'aura pas d'effet.

Réactivité et mécanismes réactionnels :

En milieu acide, comme il y a beaucoup plus de molécules d'eau que d'ions chlorures, il est peu probable que des chlorures soient formés par addition de HCl aux liens doubles. Par contre, **certaines réactions catalysées par H₃O⁺**, l'acide présent en milieu aqueux, auront lieu : conversion des ions carboxylates en acides, isomérisation d'alcènes (migration du lien double le long d'une chaîne ou dans un cycle, isomérisation *cis-trans*), addition d'eau aux alcènes pour former des alcools, déshydratation des alcools en alcènes (l'équilibre alcène alcool est en \rightleftharpoons faveur de l'alcool), hydrolyse d'éthers en alcools, formation d'éthers à partir d'alcools (la constante d'équilibre $\text{ROH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{ROR}$ est voisine de 1), hydrolyse d'esters en acides carboxyliques, formation d'anhydrides cycliques à 5 et 6 membres à partir de diacides carboxyliques (équilibre en faveur de l'anhydride cyclique).

En milieu neutre, peu de réactions sont susceptibles de se produire. À des pH voisin de 9, il pourrait y avoir saponification des esters en alcool et en carboxylate.

En présence d'oxygène (stockage des solutions dans des bassins à l'air), les réactions d'oxydation et d'autoxydation peuvent avoir lieu : formation de peroxydes, oxydation d'alcools primaires en acides carboxyliques et d'alcools secondaires en cétones, oxydation d'éthers en esters, oxydation allylique d'oléfines en cétones α,β -insaturées (acides α,β -insaturés), dégradation d'acides gras insaturés en acides gras de plus courtes chaînes.

En présence de lumière ultraviolette (stockage des solutions dans des bassins à la lumière solaire), les cétones peuvent donner lieu à différentes réactions selon leur structure dont les plus fréquentes sont les coupures de liens carbone-carbone (Norrish I et Norrish II). Ce sont surtout les rayons UV B (280-315 nm) qui sont responsables de ces transformations photochimiques mais les rayons UV A (315-400 nm) peuvent aussi provoquer certaines réactions photochimiques.

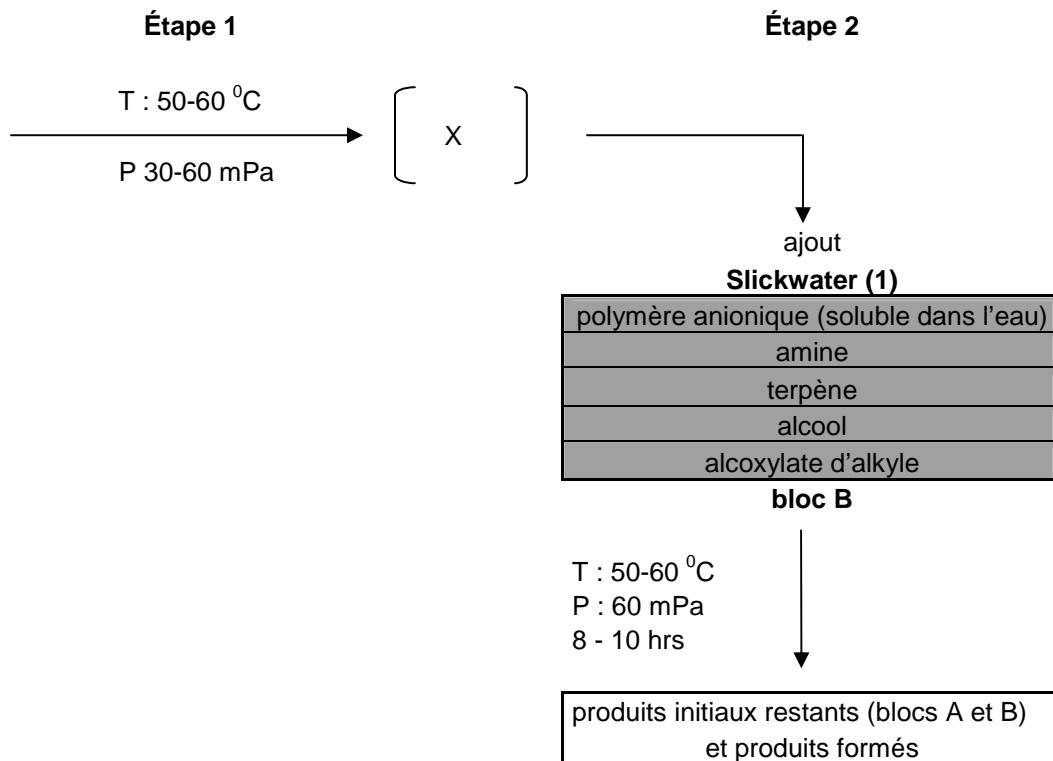
Les ions métalliques solubles pouvant être libérés par le milieu acide le seront dans leur état d'oxydation le plus stable : Fe(III), Cu(II), Mn(II), Cd(II), Pb(II)/Pb(IV). Ces ions peuvent agir comme acides de Lewis pour catalyser certaines réactions comme l'addition d'eau aux oléfines et des réactions de rétroaldolisation. Étant données les faibles concentrations de cétones et aldéhydes qui pourraient être produits, les réactions de condensation comme la condensation aldolique sont très peu probables. En l'absence d'oxygène, les ions Fe(II) et Cu(I) pourraient être présents également, mais ils agiront surtout comme acides de Lewis également. Ce sont des réducteurs trop faibles pour réduire les additifs de fracturation et leurs produits de dégradation en milieu acide.

6A. DIAGRAMME RECETTE 1

Recette # 1

Spearhead (1)
HCl
trisodium nitrilotriacétate
méthanol
polymère de thiourée
acide d'huile de tall
alcools éthoxylés C14-C15
alcool propargylique
alcènes C>10 alpha
isopropanol
alcool éthoxylé (ramifié)
Octamethylcyclotetrasiloxane

bloc A



6B. ANALYSE DES SOUS-PRODUITS DE LA RECETTE 1

Étape 1 (Spearhead (1), **Bloc A**) : Le milieu est acide pendant cette étape ($\text{pH} \leq 1$) et l'oxygène est pratiquement absent.

Trisodium nitrilotriacétate (additif 2 : concentration maximale de 10 g/L (0,04 g/L à l'étape 2)). À $\text{pH} \leq 1$, il existe sous forme d'acide nitrilotriacétique qui est en équilibre avec l'anhydride nitrilotriacétique (cyclisation et élimination d'eau). À des pH entre 6 et 9, le trisodium nitrilotriacétate peut être en équilibre avec le disodium nitrilotriacétate. La stabilité chimique croît avec le pH.

Méthanol (additif 3 : conc. max. $\approx 1,3$ g/L (0,005 g/L à l'étape 2)); additif 4 : conc. max. $\approx 0,3$ g/L (0,001 g/L à l'étape 2)) : Il peut être en équilibre avec le diméthyléther.

Polymère de thiourée (additif 3 : conc. max. $\approx 0,8$ g/L (0,003 g/L à l'étape 2)) : Un tel polymère est relativement stable, résistant aux acides et sa dégradation chimique devrait être minimale.

Acide d'huile de tall (additif 3 : conc. max. $\approx 0,6$ g/L (0,002 g/L à l'étape 2)) : Les principaux composants sont des diterpènes tricycliques de la famille de l'acide abiétique (acides abiétique, déhydroabiétique, néoabiétique, pimarique, isopimarique, lévopimarique, palustrique, sandacopimarique). Elle contient aussi des stérols (non spécifié), des acides gras saturés (acide palmitique, C_{16}) et insaturés (oléique - C_{18} avec une insaturation; linoléique - C_{18} avec deux insaturations), des alcools dits gras (saturés et insaturés) et des hydrocarbures (non spécifié). Tous les dérivés insaturés peuvent réagir avec l'eau sous catalyses acide pour donner des alcools.

Alcools éthoxylés C14-C15 (additif 3 : conc. max. $\approx 0,5$ g/L (0,002 g/L à l'étape 2)) de structure $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{O}[\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}]_x\text{H}$ où $n = 14$ et 15 (chaîne alkyle linéaire) mais x est non spécifié (généralement $x = 3$). Les liaisons éther peuvent être hydrolysées en alcools sous conditions acides.

Alcool propargylique (additif 3 : conc. max. $\approx 0,2$ g/L ($<0,001$ g/L à l'étape 2)) : Il peut former l'hydroxyacétone par réaction avec l'eau et l'éther dipropargylique.

Les alcènes alpha C>10 (additif 3 : conc. max. $\approx 0,1$ g/L ($<0,001$ g/L à l'étape 2)) : Ce sont des alcènes terminales de formule brute C_nH_{2n} ($n > 10$) qui peuvent être isomérisés en alcènes bêta, gamma, delta, sous catalyse acide, et qui peuvent former des alcools primaires et secondaires ($\text{C}_n\text{H}_{2n-1}\text{OH}$) par addition d'eau aux liens doubles.

Isopropanol (*additif 4* : conc. max. ≈ 6 g/L (0,02 g/L à l'étape 2)) : Il peut être en équilibre avec le propène (déshydratation catalysée par H_3O^+).

Alcool éthoxylé ramifié (*additif 4* : conc. max. $\approx 0,3$ g/L (0,001 g/L à l'étape 2)) : Il n'y a aucune indication du type de ramification et où se situe la ramification dans la chaîne alkyle. Les liaisons éther peuvent être hydrolysées en alcools sous conditions acides.

Octaméthylcyclotétrasiloxane (*additif 5* : conc. max. $\approx 0,1$ g/L ($<0,001$ g/L à l'étape 2)) : C'est un tétramère en équilibre avec le monomère, le diméthylsilanol. Ils sont tous deux chimiquement stables à cause de la grande force des liaisons Si-O.

Étape 2 (Slickwater (1), **Bloc B**) : Le milieu est neutre à cette étape ($6 \leq \text{pH} \leq 9$) et l'oxygène est pratiquement absent.

Polymère anionique soluble dans l'eau (*additif 6* : conc. max. $\approx 0,5$ g/L). La structure n'est pas spécifiée. C'est un polymère contenant des groupements carboxylates ou/et sulfates ou/et... Il devrait être stable pendant la fracturation.

Amine (*additif 8* : conc. max. $\approx 1,6$ g/L) : Amine non spécifiée. Elle devrait être stable.

Terpène (*additif 7* : conc. max. $\approx 1,6$ g/L si le terpène pur (100%) est utilisé) : Terpène non spécifié. Il devrait être peu réactif en milieu neutre.

Alcool (*additif 7* : conc. max. $\approx 1,6$ g/L si l'alcool pur (100%) est utilisé) : Alcool non spécifié. Il devrait être stable.

Alcoylate d'alkyle (*additif 7* : conc. max. $\approx 1,6$ g/L si l'alcoylate pur (100%) est utilisé) : Alcoylate non spécifié. Il s'agit probablement d'un alcoylate dérivé d'un alcool primaire à longue chaîne aliphatique. À $\text{pH} \leq 9$, il devrait être sous forme d'alcool (alcoolate protoné).

6C. TABLEAUX D'ANALYSE DES SOUS-PRODUITS RECETTE 1

Analyse des sous-produits de dégradation chimique des substances utilisées dans les fluides de fracturation hydraulique (recette 1)

N.B. Pour le **Bloc A**, le milieu est acide ($\text{pH} \leq 1$); 2). Les substances dont la concentration initiale *maximale* serait $\leq 0,5 \text{ g/L}$ ($\leq 500 \text{ g/m}^3$, concentration en g/L multipliée par 10^3) dans le fluide de fracturation ne devraient pas avoir d'effets importants.

Après l'ajout du **Bloc B** (quantité de liquide ajouté environ 250 fois plus importante que la quantité ajoutée pour le bloc A), le milieu devrait être plutôt neutre ($6 \leq \text{pH} \leq 9$).

N.B. À des températures de 50-60 °C, il n'y a pas de thermolyse (bris de liaisons chimiques causés par la chaleur). Les réactions chimiques sont tout simplement plus rapides qu'à la température ambiante. Par exemple, une réaction chimique est environ 8 à 10 fois plus rapide à 60 °C qu'à 20 °C. La pression n'a pas d'influence directe sur les réactions en solution.

MILIEU ACIDE ($\text{pH} \leq 1$) : HCl présent et pas ou très peu d'oxygène dissous dans le liquide (pas d'auto-oxydation)

SUBSTANCES	DÉGRADATION CHIMIQUE : PROBABILITÉ			SOUS-PRODUITS FORMÉS (étape 1)	
	Recette 1	Faible	Moyenne	Forte	Recette 1
Bloc A (étape 1)					Bloc A
Trisodium nitrilotriacétate (10 g/L)				X	acide nitrilotriacétique, anhydride nitrilotriacétique
Méthanol (1,3 g/L)				X	éther diméthylique (volatil)
Polymère de thiourée (0,8 g/L)	X				
Acide d'huile de tall (0,6 g/L)				X	dérivés hydroxylés des acides abiétiques et des acides gras insaturés
Alcools éthoxylés C14-C15 (0,5 g/L)			X		alcools
Alcool propargylique (0,2 g/L)				X	hydroxyacétone, éther dipropargylique
Alcènes C>10 alpha (0,1 g/L)				X	alcènes bêta, gamma, delta..., alcools primaires et secondaires
Isopropanol (5 g/L)				X	propène
Alcool éthoxylé (ramifié) (0,3 g/L)			X		alcools
Octaméthycyclotétrasiloxane (0,1 g/L)	X				

MILIEU NEUTRE OU FAIBLEMENT BASIQUE ($6 \leq \text{pH} \leq 9$) : très peu d'oxygène dissous dans le liquide (pas d'auto-oxydation)

SUBSTANCES	DÉGRADATION CHIMIQUE : PROBABILITÉ			SOUS-PRODUITS FORMÉS (étapes 1 et 2)
	Faible	Moyenne	Forte	
Recette 1				Recette 1
Bloc A (étape 1)				Bloc A
Trisodium nitrilotriacétate (10 g/L)		X		monosodium nitrilomonoacétate, disodium nitrilodiacétate
Méthanol (1,3 g/L)	X			
Polymère de thiourée (0,8 g/L)	X			
Acide d'huile de tall (0,6 g/L)	X			
Alcools éthoxylés C14-C15 (0,5 g/L)	X			
Alcool propargylique (0,2 g/L)	X			
Alcènes C>10 alpha (0,1 g/L)	X			
Isopropanol (5 g/L)	X			
Alcool éthoxylé (ramifié) (0,3 g/L)	X			
Octaméthycyclotétrasiloxane (0,1 g/L)	X			
Bloc B (étape 2)				Bloc B
Polymère anionique soluble dans l'eau (0,5 g/L)	X			
Amine (1,6 g/L)	X			
Terpène (1,8 g/L)	X			
Alcool (1,6 g/L)	X			
Alcoylate d'alkyle (1,6 g/L)	X			

INFLUENCE DES IONS MÉTALLIQUES SOLUBLES SUR LA DÉGRADATION DES SUBSTANCES

Les ions métalliques solubles pouvant être libérés le seront dans leur état d'oxydation le plus stable : Fe(III), Cu(II), Mn(II), Cd(II), Pb(II)/Pb(IV). Ces ions peuvent agir comme acides de Lewis pour catalyser certaines réactions : addition d'eau aux oléfines, condensations aldoliques, rétroaldols... Les ions Fe(II) et Cu(I) peuvent être présents également et ces ions peuvent réduire les peroxydes avec formation des radicaux hydroxyles très agressifs (*e.g.* réaction de Fenton).

STOCKAGE DES LIQUIDES RÉCUPÉRÉS DE LA FRACTURATION ($6 \leq \text{pH} \leq 9$)

Les substances volatiles et peu solubles dans l'eau se volatiliseront.

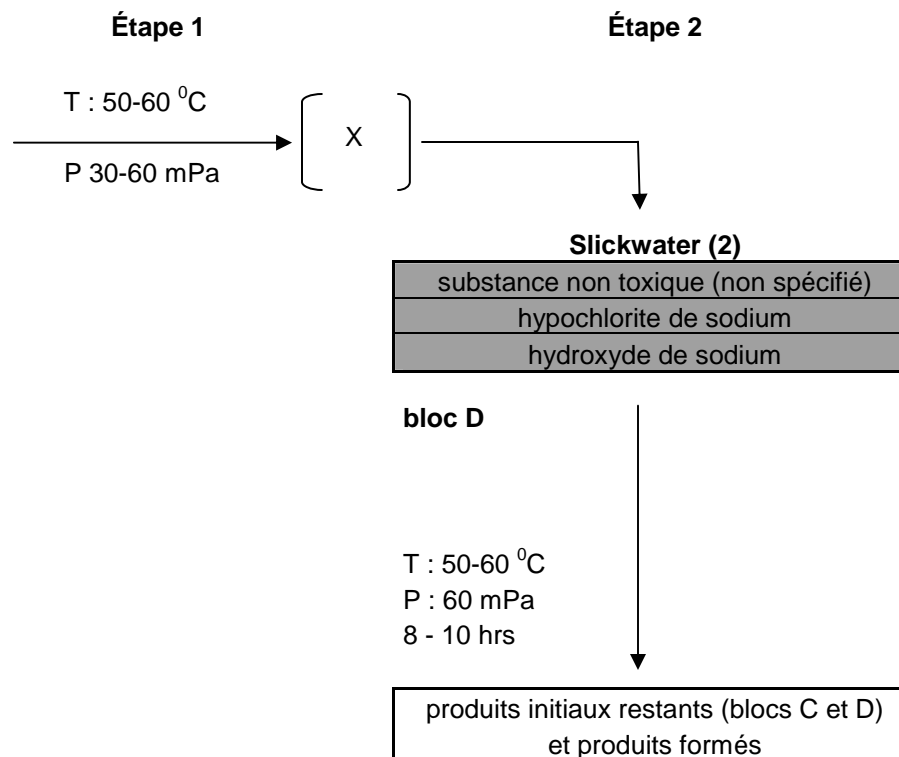
- *Stockage à l'air et à la lumière* : L'oxydation des alcools et l'auto-oxydation des systèmes insaturés (oléfiniques) et des éthers présents va se poursuivre. Les cétones, les oléfines conjuguées et les composés aromatiques seront lentement transformés par photolyse (dégradation, condensations (additions, cycloadditions) ...).
- *Stockage à l'air et dans l'obscurité* : L'oxydation des alcools et l'auto-oxydation des systèmes insaturés (oléfiniques) et des éthers présents va se poursuivre.

7A. DIAGRAMME RECETTE 2

Recette # 2

Spearhead (2)
HCl
trisodium nitrilotriacétate
1,2,4 triméthyl benzène
formaldéhyde
isopropanol
naphtalène
alcool propargylique
acide d'huile de tall
éthyl octynol
naphta (lourd)
alkylphénols oxyalkylés
quinolines dérivés quaternaires
méthanol
isopropanol
alcool éthoxylé (ramifié)
Octamethylcyclotetrasiloxane
dérivé sulfonate de benzène
dipropylène glycol
acide benzène sulfonique alkyl dérivé

bloc C



7B. ANALYSE DES SOUS-PRODUITS DE LA RECETTE 2

Étape 1 (Spearhead (2), **Bloc C**) : Le milieu est acide pendant cette étape ($\text{pH} \leq 1$) et l'oxygène est pratiquement absent.

Voir la recette 1 (pages 9 et 10) pour l'additif 2 (*trisodium nitrilotriacétate*), les additifs 4 (*méthanol, isopropanol, alcool éthoxylé* (ramifié)) et l'additif 5 (*octaméthylcyclotétrasiloxane*).

1,2,4-Triméthylbenzène (additif 9 : conc. max. $\approx 0,02$ g/L (moins de 0,1 mg/L à l'étape 2)) : Il ne réagit pas avec l'eau dans ces conditions.

Formaldéhyde (additif 9 : conc. max. $\approx 0,2$ g/L (moins de 0,001 g/L à l'étape 2)) : Il existe sous forme d'hydrate dans l'eau et est en équilibre avec un trimère, le paraformaldéhyde.

Isopropanol (additif 9 : conc. max. ≈ 5 g/L (0,02 g/L à l'étape 2)) : Il peut être en équilibre avec le propène (déshydratation catalysée par H_3O^+).

Naphtalène (additif 9 : conc. max. $\approx 0,1$ g/L (0,4 mg/L à l'étape 2)) : Il ne réagit pas avec l'eau dans ces conditions.

Alcool propargylique (additif 9 : conc. max. $\approx 0,1$ g/L (0,4 mg/L à l'étape 2)) : Il peut former l'hydroxyacétone par réaction avec l'eau et l'éther dipropargylique.

Acide d'huile de tall (additif 9 : conc. max. $\approx 0,2$ g/L (moins de 0,001 g/L à l'étape 2)) : Voir la recette 1.

Éthyloctynol (4-éthyl-1-octyn-3-ol) (additif 9 : conc. max. $\approx 0,1$ g/L (0,4 mg/L à l'étape 2)) : Il est plus réactif que l'alcool propargylique et est facilement déshydraté en 4-éthyl-3-octèn-1-yne. Ce dernier peut réagir avec l'eau pour donner la 4-éthyl-3-octèn-2-one et le 4-hydroxy-4-éthyl-1-octyne.

Naphta (lourd) (additif 9 : conc. max. $\approx 0,5$ g/L (0,002 g/L à l'étape 2)) : C'est un mélange d'alcane linéaires et de cycloalcanes possédant de 7 à 9 carbones. Ces alcanes ne sont pas réactifs.

Alkylphénols oxyalkylés (additif 9 : conc. max. $\approx 0,5$ g/L (0,002 g/L à l'étape 2)) : En milieu acide, ils peuvent être hydrolysés en phénol et un alcool primaire, RCH_2OH . La

déshydratation donne un alcène alpha qui peut être isomérisé en alcène bêta (gamma, delta, ... voir Recette 1). L'addition d'eau aux alcènes donne des alcools secondaires.

Quinolines dérivés quaternaires (additif 9 : conc. max. $\approx 0,2$ g/L (moins de 0,001 g/L à l'étape 2)) : Ils sont peu réactifs vis-à-vis l'eau en milieu acide.

Sulfonate de benzène (additif 10 : conc. max. $\approx 0,7$ g/L (0,003 g/L à l'étape 2)) : Il est peu réactif vis-à-vis l'eau en milieu acide.

Dipropylène glycol (additif 10 : conc. max. ≈ 2 g/L (0,008 g/L à l'étape 2)) : Il existe trois isomères de structure connus : $\text{HOCH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{OH}$ (A), $\text{HOCH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{OCH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{OH}$ (B), $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ (C). Le ou les isomères utilisés sont non spécifiés. En milieu acide, A et B peuvent être hydrolysés en 2-méthyl-éthylène glycol ($\text{HOCH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{OH}$) qui peut être déshydraté en acétone et en propanal. A et B peuvent être déshydratés en éthers vinyliques correspondants (diisopropényl éther et dipropényl éther) dont l'hydrolyse facile conduit à l'acétone et au propanal.

Dérivé alkyle de l'acide benzène sulfonique (additif 10 : conc. max. ≈ 2 g/L (0,008 g/L à l'étape 2)) : Il est peu réactif au même titre que le sulfonate de benzène ci-dessus.

Étape 2 (Slickwater (2), **Bloc D**) : Le milieu est neutre à cette étape ($6 \leq \text{pH} \leq 9$) et l'oxygène est pratiquement absent.

Substance non toxique : non spécifié (additif 6 : conc. max. ≈ 2 g/L?).

Hypochlorite de sodium (additif 11 : conc. max. $\approx 0,02$ g/L) : C'est un oxydant mais la quantité est probablement négligeable. Se transforme en chlore moléculaire en présence d'ions chlorures. Se transforme en ion chlorure et eau en agissant comme oxydant.

7C. TABLEAUX D'ANALYSE DES SOUS-PRODUITS RECETTE 2

Analyse des sous-produits de dégradation chimique des substances utilisées dans les fluides de fracturation hydraulique (recette 2)

N.B. Pour le **Bloc A**, le milieu est acide ($\text{pH} \leq 1$); 2). Les substances dont la concentration initiale *maximale* serait $\leq 0,5 \text{ g/L}$ ($\leq 500 \text{ g/m}^3$, concentration en g/L multipliée par 10^3) dans le fluide de fracturation ne devraient pas avoir d'effets importants.

Après l'ajout du **Bloc B** (quantité de liquide ajouté environ 250 fois plus importante que la quantité ajoutée pour le bloc A), le milieu devrait être plutôt neutre ($6 \leq \text{pH} \leq 9$).

N.B. À des températures de 50-60 °C, il n'y a pas de thermolyse (bris de liaisons chimiques causés par la chaleur). Les réactions chimiques sont tout simplement plus rapides qu'à la température ambiante. Par exemple, une réaction chimique est environ 8 à 10 fois plus rapide à 60 °C qu'à 20 °C. La pression n'a pas d'influence directe sur les réactions en solution.

MILIEU ACIDE ($\text{pH} \leq 1$) : HCl présent et pas ou très peu d'oxygène dissous dans le liquide (pas d'auto-oxydation)

SUBSTANCES	DÉGRADATION CHIMIQUE : PROBABILITÉ			SOUS-PRODUITS FORMÉS (étape 1)
	Faible	Moyenne	Forte	Recette 2
Recette 2				Recette 2
Bloc C (étape 1)				Bloc C
Trisodium nitrilotriacétate (10 g/L)			X	acide nitrilotriacétique, anhydride nitrilotriacétique
1,2,4-Triméthylbenzène (0,02 g/L)	X			
Formaldéhyde (0,2 g/L)	X			sous forme d'hydrate en milieu aqueux et en équilibre avec le paraformaldéhyde (trimère cyclique)
Isopropanol (0,5 g/L)			X	propène
Naphtalène (0,1 g/L)	X			
Alcool propargylique (0,1 g/L)			X	hydroxyacétone, éther dipropargylique
Acide d'huile de tall (0,2 g/L)			X	dérivés hydroxylés des acides abiétiques et des acides gras insaturés

Éthyl octynol (0,1 g/L)			X	4-éthyl-3-octèn-1-yne, 4-éthyl-3-octèn-2-one, 4-hydroxy-4-éthyl-1-octyne
Naphta (lourd) (0,5 g/L)	X			
Alkylphénols oxyalkylés (0,5 g/L)		X		phénol, alcool primaire (RCH ₂ OH), alcène alpha (R'CH=CH ₂) qui peut être isomérisé en alcène bêta (gamma, delta, ...voir Recette 1), formation d'alcools secondaires par addition d'eau aux alcènes
Quinolines dérivés quaternaires (0,2 g/L)	X			
Méthanol (1 g/L)			X	éther diméthylique (volatil)
Isopropanol (5 g/L)			X	propène
Alcool éthoxylé (ramifié) (0,3 g/L)	X			alcools
Octaméthycyclotétrasiloxane (0,1 g/L)	X			
Dérivé sulfonate de benzène (0,65 g/L)	X			
Dipropylène glycol (2 g/L) <i>Isomères A et B</i> <i>Isomère C</i>			X	2-méthyl-éthylèneglycol, acétone, propanal, diisopropényl éther, dipropényl éther 3-(allyloxy)-propan-1-ol, diallyléther
Acide benzènesulfonique alkyl dérivé (2 g/L)	X			

MILIEU NEUTRE OU FAIBLEMENT BASIQUE ($6 \leq \text{pH} \leq 9$) : HCl absent et pas ou très peu d'oxygène dissous dans le liquide (pas d'auto-oxydation)

SUBSTANCES	DÉGRADATION CHIMIQUE : PROBABILITÉ			SOUS-PRODUITS FORMÉS (étapes 1 et 2)
	Recette 2	Faible	Moyenne	
Bloc C (étape 1)				Bloc C
Trisodium nitrilotriacétate (10 g/L)		X		monosodium nitrilomonoacétate, disodium nitrilodiacétate
1,2,4-Triméthylbenzène (0,02 g/L)	X			
Formaldéhyde (0,2 g/L)	X			
Isopropanol (0,5 g/L)	X			
Naphtalène (0,1 g/L)	X			
Alcool propargylique (0,1 g/L)	X			
Acide d'huile de tall (0,2 g/L)	X			
Éthyl octynol (0,1 g/L)		X		4-éthyl-3-octène-1-yne
Naphta (lourd) (0,5 g/L)	X			
Alkylphénols oxyalkylés (0,5 g/L)	X			
Quinolines dérivés quaternaires (0,2 g/L)	X			
Méthanol (1 g/L)	X			
Isopropanol (5 g/L)	X			
Alcool éthoxylé (ramifié) (0,3 g/L)	X			
Octaméthycyclotétrasiloxane (0,1 g/L)	X			
Dérivé sulfonate de benzène (0,65 g/L)	X			
Dipropylène glycol (2 g/L)	X			
Acide benzènesulfonique alkyl dérivé (2 g/L)	X			
Bloc D (étape 2)				Bloc D
Substance non toxique (non spécifié) (2 g/L)	X			
Hypochlorite de sodium (0,02 g/L)			X	chlore moléculaire (Cl ₂)
Hydroxyde de sodium (0,01 g/L)	X			

INFLUENCE DES IONS MÉTALLIQUES SOLUBLES SUR LA DÉGRADATION DES SUBSTANCES

Les ions métalliques solubles pouvant être libérés le seront dans leur état d'oxydation le plus stable : Fe(III), Cu(II), Mn(II), Cd(II), Pb(II)/Pb(IV). Ces ions peuvent agir comme acides de Lewis pour catalyser certaines réactions : addition d'eau aux oléfines, condensations aldoliques, rétroaldols... Les ions Fe(II) et Cu(I) peuvent être présents également en l'absence d'oxygène et ces ions peuvent réduire les peroxydes avec formation des radicaux hydroxyles très agressifs (*e.g.* réaction de Fenton).

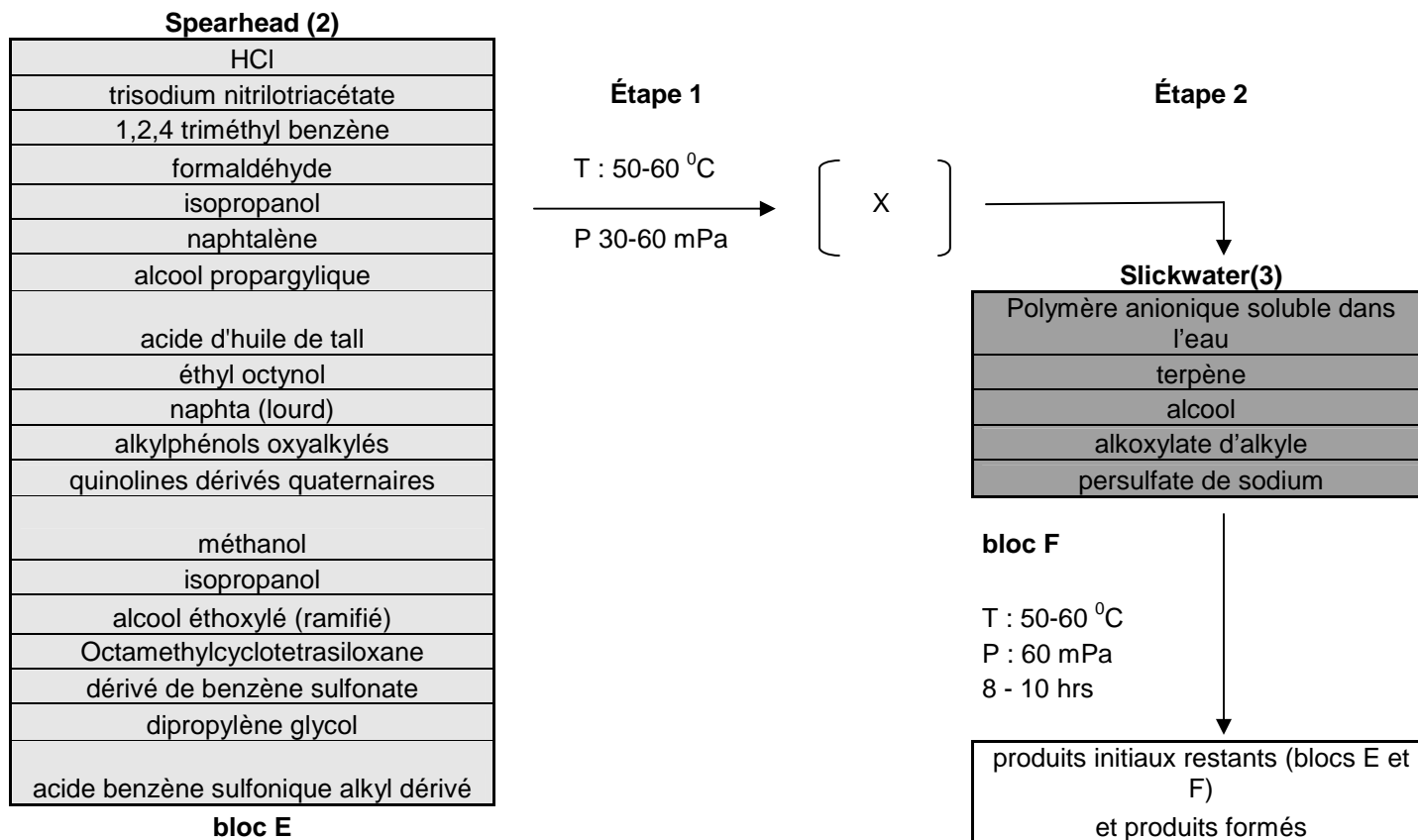
STOCKAGE DES LIQUIDES RÉCUPÉRÉS DE LA FRACTURATION ($6 \leq \text{pH} \leq 9$)

Les substances volatiles et peu solubles dans l'eau se volatiliseront.

- ***Stockage à l'air et à la lumière*** : L'oxydation des alcools et l'auto-oxydation des systèmes insaturés (oléfiniques) et des éthers présents va se poursuivre. Les cétones, les oléfines conjuguées et les composés aromatiques seront lentement transformés par photolyse (dégradation, condensations (additions, cycloadditions) ...).
- ***Stockage à l'air et dans l'obscurité*** : L'oxydation des alcools et l'auto-oxydation des systèmes insaturés (oléfiniques) et des éthers présents va se poursuivre.

8A. DIAGRAMME RECETTE 3

Recette # 3



8B. ANALYSE DES SOUS-PRODUITS DE LA RECETTE 3

Étape 1 (Spearhead (2), **Bloc E**) : Le milieu est acide pendant cette étape ($\text{pH} \leq 1$) et l'oxygène est pratiquement absent.

Le Bloc E est identique au Bloc C (voir Recette 2, pages 15 et 16).

Étape 2 (Slickwater (3), **Bloc F**) : Le milieu est neutre à cette étape ($6 \leq \text{pH} \leq 9$) et l'oxygène est pratiquement absent.

Le Bloc F est composé des *additifs 6 (polymère anionique soluble dans l'eau)* et *7 (terpène, alcool, alcoxylate d'alkyle)* du Bloc B (voir Recette 1, page 10) et du :

Persulfate de sodium (*additif 12* : conc. max. $\approx 0,3$ g/L) : $\text{NaOSO}_2\text{O-OH}$ est un peracide (un peroxyde), un oxydant qui va principalement oxyder les ions chlorures en acide hypochloreux (HOCl) et $\text{HOCl} + \text{Cl}^-$ (ion chlorure) $\rightleftharpoons \text{Cl}_2$ (chlore moléculaire). La quantité d'oxydants est environ 15 fois plus importante que dans le cas du Bloc D de la recette 2. Ces trois oxydants réagissent avec les alcools secondaires pour former des cétones, les alcools primaires pour former des acides carboxyliques (via les hydrates d'aldéhydes), avec les oléfines pour former des époxydes (réaction avec $\text{NaOSO}_2\text{O-OH}$ et/ou HOCl) et des dichlorures vicinaux (réaction avec Cl_2). Époxydes et dichlorures peuvent être transformés en diols vicinaux par réaction avec l'eau. Ces diols peuvent être déshydratés en diènes conjugués, etc. Le persulfate est transformé en Na_2SO_4 et NaHSO_4 .

8C. TABLEAUX D'ANALYSE DES SOUS-PRODUITS RECETTE 3

Analyse des sous-produits de dégradation chimique des substances utilisées dans les fluides de fracturation hydraulique (recette 3)

N.B. Pour le **Bloc E**, ce sont les mêmes composés dans les mêmes quantités que pour le **Bloc C** (recette 2). Pour le **Bloc F**, ce sont les mêmes composés dans les mêmes quantités que pour le **Bloc B** (recette 1). La seule différence est l'ajout de persulfate et l'absence d'amine.

MILIEU ACIDE (pH ≤ 1) : HCl présent et pas ou très peu d'oxygène dissous dans le liquide (pas d'auto-oxydation)

SUBSTANCES	DÉGRADATION CHIMIQUE : PROBABILITÉ			SOUS-PRODUITS FORMÉS (étape 1)
	Faible	Moyenne	Forte	Recette 3
Recette 3				Recette 3
<i>Bloc E</i> (étape 1)				<i>Bloc E</i>
Trisodium nitrilotriacétate (10 g/L)			X	acide nitrilotriacétique, anhydride nitrilotriacétique
1,2,4-Triméthylbenzène (0,02 g/L)	X			(quantité très faible)
Formaldéhyde (0,2 g/L)	X			sous forme d'hydrate en milieu aqueux et en équilibre avec le paraformaldéhyde (trimère cyclique)
Isopropanol (0,5 g/L)			X	propène
Naphtalène (0,1 g/L)	X			
Alcool propargylique (0,1 g/L)			X	hydroxyacétone, éther dipropargylique
Acide d'huile de tall (0,2 g/L)			X	dérivés hydroxylés des acides abiétiques et des acides gras insaturés
Éthyl octynol (0,1 g/L)			X	4-éthyl-3-octèn-1-yne, 4-éthyl-3-octèn-2-one, 4-hydroxy-4-éthyl-1-octyne
Naphta (lourd) (0,5 g/L)	X			
Alkylphénols oxyalkylés (0,5 g/L)		X		phénol, alcool primaire (RCH ₂ OH), alcène alpha (R'CH=CH ₂) qui peut être isomérisé en alcène bêta (gamma, delta, ... voir Recette 1), formation d'alcools secondaires par addition d'eau aux alcènes

Quinolines dérivés quaternaires (0,2 g/L)	X			
Méthanol (1 g/L)			X	éther diméthylique (volatil)
Isopropanol (5 g/L)			X	propène
Alcool éthoxylé (ramifié) (0,3 g/L)	X			alcools
Octaméthycyclotérasiloxane (0,1 g/L)	X			
Dérivé sulfonate de benzène (0,65 g/L)	X			
Dipropylène glycol (2 g/L) <i>Isomères A et B</i> <i>Isomère C</i>			X	2-méthyl-éthylèneglycol, acétone, propanal, diisopropényl éther, dipropényl éther 3-(allyloxy)-propan-1-ol, diallyléther
Acide benzènesulfonique alkyl dérivé (2 g/L)	X			

MILIEU NEUTRE OU FAIBLEMENT BASIQUE ($6 \leq \text{pH} \leq 9$) : HCl absent et pas ou très peu d'oxygène dissous dans le liquide (pas d'auto-oxydation)

SUBSTANCES	DÉGRADATION CHIMIQUE : PROBABILITÉ			SOUS-PRODUITS FORMÉS (étapes 1 et 2)	
	Recette 3	Faible	Moyenne	Forte	Recette 3
<i>Bloc E</i> (étape 1)					<i>Bloc E</i>
Trisodium nitrilotriacétate (10 g/L)			X		monosodium nitrilomonoacétate, disodium nitrilodiacétate
1,2,4-Triméthylbenzène (0,02 g/L)	X				
Formaldéhyde (0,2 g/L)	X				
Isopropanol (0,5 g/L)	X				
Naphtalène (0,1 g/L)	X				
Alcool propargylique (0,1 g/L)	X				
Acide d'huile de tall (0,2 g/L)	X				
Éthyl octynol (0,1 g/L)			X		4-éthyl-3-octène-1-yne
Naphta (lourd) (0,5 g/L)	X				
Alkylphénols oxyalkylés (0,5 g/L)	X				
Quinolines dérivés quaternaires (0,2 g/L)	X				
Méthanol (1 g/L)	X				

Isopropanol (5 g/L)	X			
Alcool éthoxylé (ramifié) (0,3 g/L)	X			
Octaméthycyclotétrasiloxane (0,1 g/L)	X			
Bloc F (étape 2)				Bloc F
Polymère anionique soluble dans l'eau (0,5 g/L)	X			
Terpène (1,8 g/L)	X			
Alcool (1,6 g/L)	X			
Alkoxylate d'alkyle(1,6 g/L)	X			
Persulfate de sodium (3 g/L)			X	NaHSO ₄ , Na ₂ SO ₄

INFLUENCE DES IONS MÉTALLIQUES SOLUBLES SUR LA DÉGRADATION DES SUBSTANCES

Les ions métalliques solubles pouvant être libérés le seront dans leur état d'oxydation le plus stable : Fe(III), Cu(II), Mn(II), Cd(II), Pb(II)/Pb(IV). Ces ions peuvent agir comme acides de Lewis pour catalyser certaines réactions : addition d'eau aux oléfines, condensations aldoliques, rétroaldols... Les ions Fe(II) et Cu(I) peuvent être présents également en l'absence d'oxygène et ces ions peuvent réduire les peroxydes avec formation des radicaux hydroxyles très agressifs (*e.g.* réaction de Fenton).

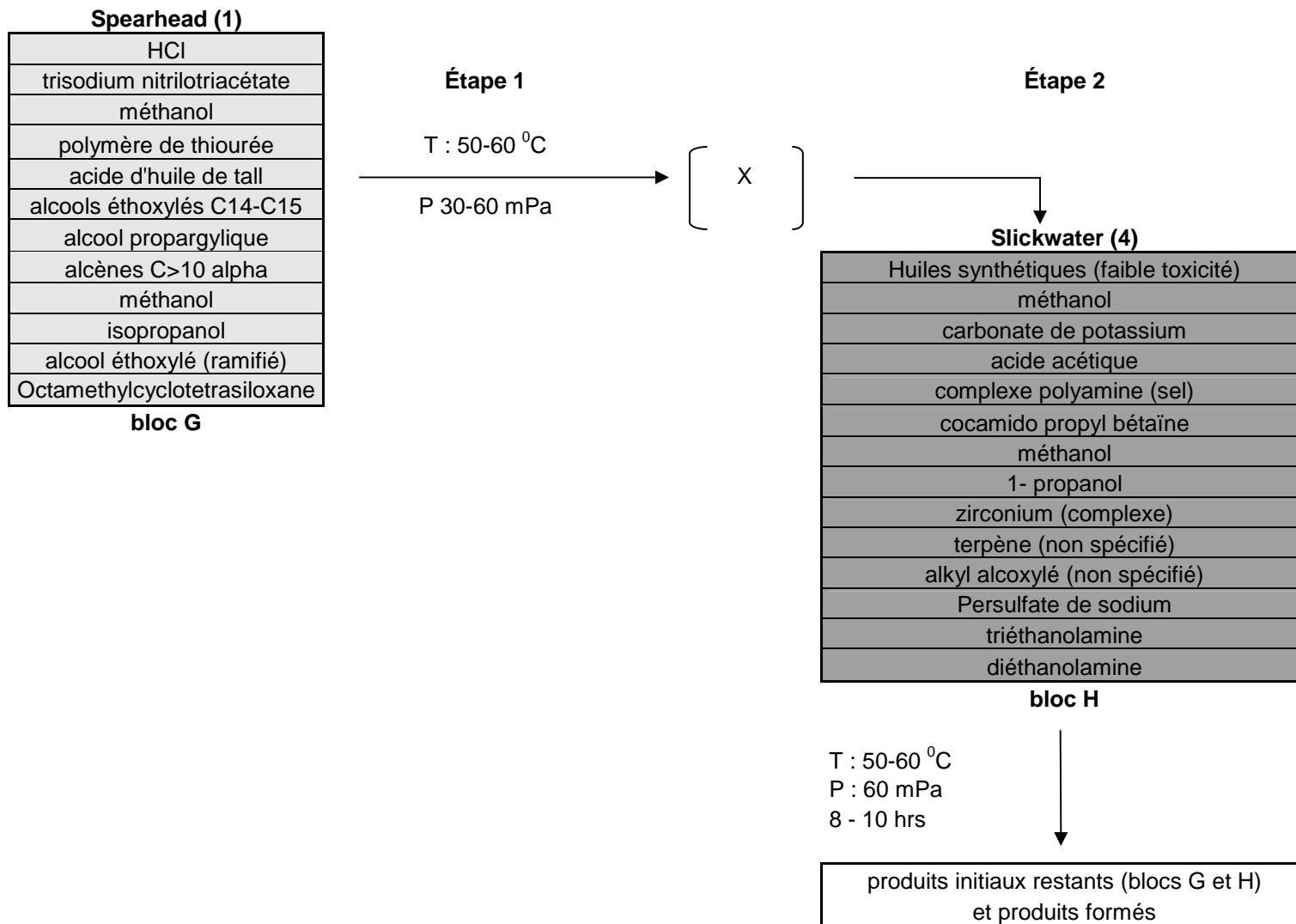
STOCKAGE DES LIQUIDES RÉCUPÉRÉS DE LA FRACTURATION ($6 \leq \text{pH} \leq 9$)

Les substances volatiles et peu solubles dans l'eau se volatiliseront.

- **Stockage à l'air et à la lumière** : L'oxydation des alcools et l'auto-oxydation des systèmes insaturés (oléfiniques) et des éthers présents va se poursuivre. Les cétones, les oléfines conjuguées et les composés aromatiques seront lentement transformés par photolyse (dégradation, condensations (additions, cycloadditions) ...).
- **Stockage à l'air et dans l'obscurité** : L'oxydation des alcools et l'auto-oxydation des systèmes insaturés (oléfiniques) et des éthers présents va se poursuivre.

9A. DIAGRAMME RECETTE 4

Recette # 4



9B. ANALYSE DES SOUS-PRODUITS DE LA RECETTE 4

Étape 1 (Spearhead (1), **Bloc G**) : Le milieu est acide pendant cette étape ($\text{pH} \leq 1$) et l'oxygène est pratiquement absent.

Le Bloc G est identique au Bloc A (voir Recette 1, pages 9 et 10).

Étape 2 (Slickwater (4), **Bloc H**) : Le milieu est neutre à cette étape ($6 \leq \text{pH} \leq 9$) et l'oxygène est pratiquement absent.

Pour l'*additif 7 (terpène, alcool, alkyl alcoxylé)*, voir le Bloc B de la Recette 1 (page 10) et pour l'*additif 12 (persulfate de sodium)*, voir le Bloc F de la recette 3 (page 22).

Huiles synthétiques (toxicité faible) (additif 13 : conc. max. $\approx 3,6$ g/L) : Si ces huiles sont constituées principalement de polyalpha-oléfinés (polymères) et d'huiles résultant d'un traitement à l'hydrogène (hydrocraquage, hydroisomérisation), elles sont inertes. Les polyesters qui peuvent être des constituants de ces huiles sont aussi relativement inertes en milieu neutre.

Méthanol (additif 14 : conc. max. $\approx 0,15$ g/L). Il est peu réactif en milieu neutre.

Carbonate de potassium (additif 14 : conc. max. $\approx 0,5$ g/L) : Il est stable à pH 6-9 et peut être en équilibre avec le bicarbonate (NaHCO_3).

Acide acétique (additif 15 : conc. max. $\approx 1,2$ g/L) : Composé stable en milieu neutre et peut former des esters (acétates) avec les alcools présents dans le milieu ($K_{\text{éq.}} \approx 1$).

Complexe polyamine sel (additif 15 : conc. max. $\approx 1,2$ g/L) : Ce doit être un polymère contenant des sites ammonium quaternaires (chargés positivement) auxquels sont associés des anions tels des ions chlorures ou des ions carboxylates (chaîne alkyle saturée) et il devrait être relativement inerte.

Cocamido propyle bétaine (additif : conc. max = $1,2$ g/L) : Ce sel interne (bétaine) de formule $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{C}(\text{O})\text{N}(\text{H})\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{N}^+(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CO}_2^-$ devrait être stable en milieu acide comme en milieu neutre.

Méthanol (additif 16 : conc. max. $\approx 0,15$ g/L) : Il est peu réactif en milieu neutre.

1-Propanol (additif 16 : conc. max. $\approx 0,3$ g/L) : Il est peu réactif en milieu neutre.

Complexe de zirconium (*additif 26* : conc. max. $\approx 1,2$ g/L) : Ce doit être des complexes de Zr(IV), l'état d'oxydation le plus stable de cet élément, qui sont solubles dans l'eau. Si les ligands sont du type EDTA (éthylènediamine tétra-acétate), le complexe devrait être relativement inerte.

Triéthanolamine (*additif 17* : conc. max. $\approx 0,3$ g/L) : Elle est peu réactive en milieu neutre.

Diéthanolamine (*additif 17* : conc. max. $\approx 0,05$ g/L) : Elle est peu réactive en milieu neutre.

9C. TABLEAUX D'ANALYSE DES SOUS-PRODUITS RECETTE 4

Analyse des sous-produits de dégradation chimique des substances utilisées dans les fluides de fracturation hydraulique (recette 4)

N.B. Les additifs pour le **Bloc G** sont les mêmes que pour le **Bloc A** (recette 1). Deux additifs 7 du Bloc H (terpène et alkyl alkoxyate) se retrouvent aussi dans le Bloc B (recette 1) et le Bloc F (recette 3).

N.B. À des températures de 50-60 °C, il n'y a pas de thermolyse (bris de liaisons chimiques causés par la chaleur). Les réactions chimiques sont tout simplement plus rapides qu'à la température ambiante. Par exemple, une réaction chimique est environ 8 à 10 fois plus rapide à 60 °C qu'à 20 °C. La pression n'a pas d'influence directe sur les réactions en solution.

MILIEU ACIDE (pH ≤ 1) : HCl présent et pas ou très peu d'oxygène dissous dans le liquide (pas d'auto-oxydation)

SUBSTANCES	DÉGRADATION CHIMIQUE : PROBABILITÉ			SOUS-PRODUITS FORMÉS (étape 1)	
	Recette 4	Faible	Moyenne	Forte	Recette 4
Bloc G (étape 1)					Bloc G
Trisodium nitrilotriacétate (10 g/L)				X	acide nitrilotriacétique, anhydride nitrilotriacétique
Méthanol (1,3 g/L)				X	éther diméthylique (volatil)
Polymère de thiourée (0,8 g/L)	X				
Acide d'huile de tall (0,6 g/L)				X	dérivés hydroxylés des acides abiétiques et des acides gras insaturés
Alcools éthoxylés C14-C15 (0,5 g/L)			X		hydrolyse en alcools
Alcool propargylique (0,2 g/L)				X	hydroxyacétone, éther dipropargylique
Alcènes C>10 alpha (0,1 g/L)				X	alcènes bêta, gamma, delta..., alcools primaires et secondaires
Isopropanol (5 g/L)				X	propène
Alcool éthoxylé (ramifié) (0,3 g/L)			X		alcools
Octaméthycyclotérasiloxane (0,1 g/L)	X				

MILIEU NEUTRE OU FAIBLEMENT BASIQUE ($6 \leq \text{pH} \leq 9$) : HCl absent et pas ou très peu d'oxygène dissous dans le liquide (pas d'auto-oxydation)

SUBSTANCES	DÉGRADATION CHIMIQUE : PROBABILITÉ			SOUS-PRODUITS FORMÉS (étapes 1 et 2)	
	Recette 4	Faible	Moyenne		Forte
Bloc G (étape 1)				Bloc G	
Trisodium nitrilotriacétate (10 g/L)		X			monosodium nitrilomonoacétate, disodium nitrilodiacétate
Méthanol (1,3 g/L)	X				
Polymère de thiourée (0,8 g/L)	X				
Acide d'huile de tall (0,6 g/L)	X				
Alcools éthoxylés C14-C15 (0,5 g/L)	X				
Alcool propargylique (0,2 g/L)	X				
Alcènes C>10 alpha (0,1 g/L)	X				
Isopropanol (5 g/L)	X				
Alcool éthoxylé (ramifié) (0,3 g/L)	X				
Octaméthycyclotétrasiloxane (0,1 g/L)	X				
Bloc H (étape 2)				Bloc H	
Huiles synthétiques (faible toxicité) (conc. max. $\approx 3,6$ g/L)	X				
Méthanol (conc. max. $\approx 0,15$ g/L)	X				
Carbonate de potassium (conc. max. $\approx 0,5$ g/L)	X				
Acide acétique (conc. max. $\approx 1,2$ g/L)	X				
Complexe polyamine (sel) (conc. max. $\approx 1,2$ g/L)	X				
Cocamidopropyl bétaine (conc. max. $\approx 1,2$ g/L)	X				
Méthanol (conc. max. ≈ 2 g/L)	X				
1-Propanol (conc. max. $\approx 0,3$ g/L)	X				
Complexe de zirconium (conc. max. $\approx 1,2$ g/L)	X				

Terpène (conc. max. $\approx 1,6$ g/L)	X			
Alcoylate d'alkyle ou alkyl alcoylé (conc. max. $\approx 1,6$ g/L)	X			
Persulfate de sodium (conc. max. ≈ 3 g/L)			X	NaHSO ₄ , Na ₂ SO ₄
Triéthanolamine (conc. max. $\approx 0,3$ g/L)	X			
Diéthanolamine (conc. max. $\approx 0,05$ g/L)	X			

INFLUENCE DES IONS MÉTALLIQUES SOLUBLES SUR LA DÉGRADATION DES SUBSTANCES

Les ions métalliques solubles pouvant être libérés le seront dans leur état d'oxydation le plus stable : Fe(III), Cu(II), Mn(II), Cd(II), Pb(II)/Pb(IV). Ces ions peuvent agir comme acides de Lewis pour catalyser certaines réactions : addition d'eau aux oléfines, condensations aldoliques, rétroaldols... Les ions Fe(II) et Cu(I) peuvent être présents également et ces ions peuvent réduire les peroxydes avec formation des radicaux hydroxyles très agressifs (*e.g.* réaction de Fenton).

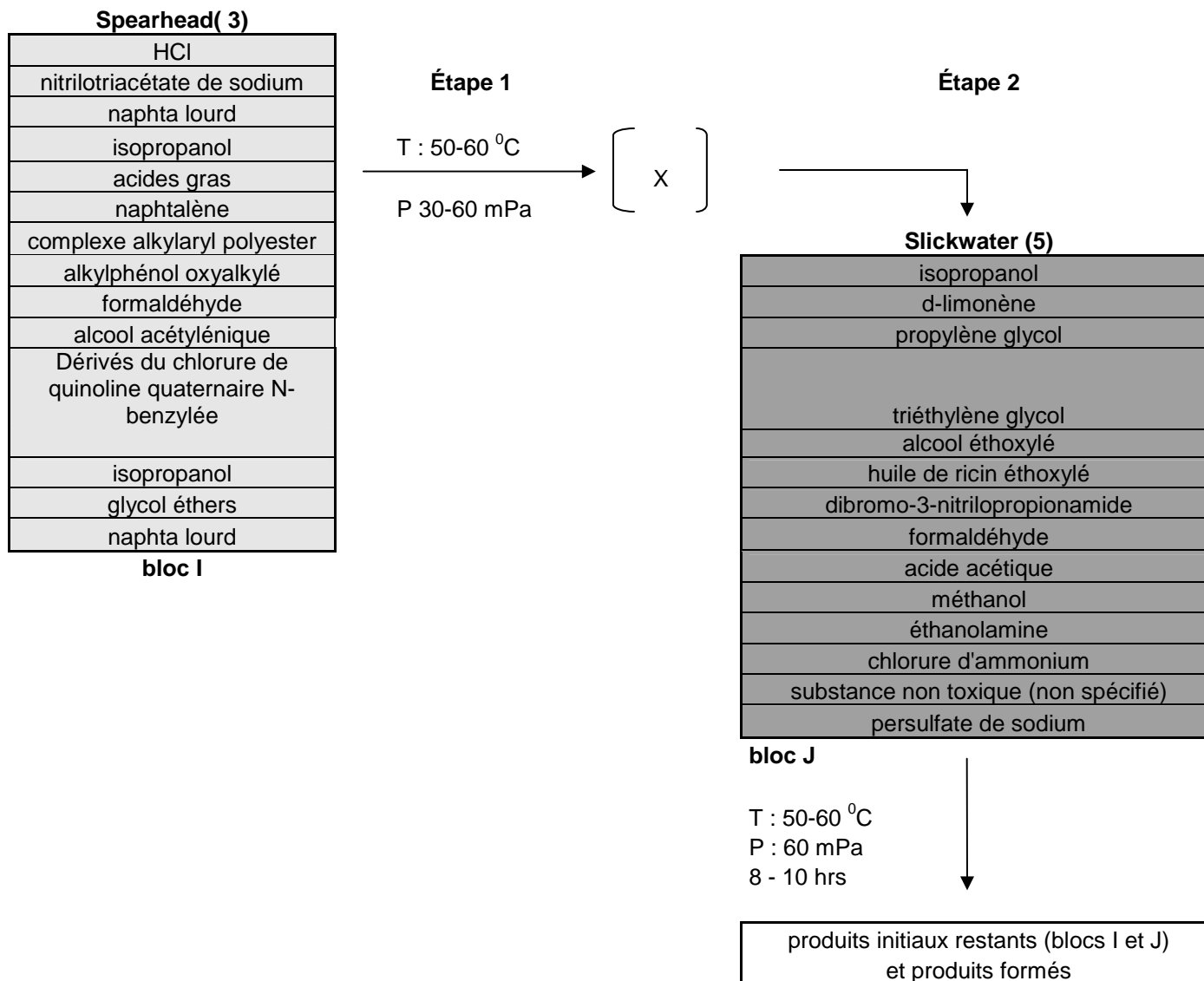
STOCKAGE DES LIQUIDES RÉCUPÉRÉS DE LA FRACTURATION ($6 \leq \text{pH} \leq 9$)

Les substances volatiles et peu solubles dans l'eau se volatiliseront.

- **Stockage à l'air et à la lumière** : L'oxydation des alcools et l'auto-oxydation des systèmes insaturés (oléfiniques) et des éthers présents va se poursuivre. Les cétones, les oléfines conjuguées et les composés aromatiques seront lentement transformés par photolyse (dégradation, condensations (additions, cycloadditions) ...).
- **Stockage à l'air et dans l'obscurité** : L'oxydation des alcools et l'auto-oxydation des systèmes insaturés (oléfiniques) et des éthers présents va se poursuivre.

10A. DIAGRAMME RECETTE 5

Recette # 5



10B. ANALYSE DES SOUS-PRODUITS DE LA RECETTE 5

Étape 1 (Spearhead (3), **Bloc I**) : Le milieu est acide pendant cette étape ($\text{pH} \leq 1$) et l'oxygène est pratiquement absent.

N.B. Pour le Bloc I, les concentrations sont données en gallon/1000 gallons d'eau. En prenant l'isopropanol (100%) de l'additif 20 comme exemple, la concentration indiquée est 1 gal/1000 gal ce qui donne 4,546 L/4546 L (1 gal imp = 4,546 L) et qui correspond à 1L/m^3 , ce qui est effectivement la même concentration que celle donnée dans la recette 7 (Bloc M).

Trisodium nitrilotriacétate (additif 18 : conc. max. $\approx 4,8 \text{ Kg/m}^3 \approx 0,5 \text{ g/L}$ (0,002 g/L à l'étape 2)) : Voir Recette 1, page 6.

Naphta lourd (additif 19 : conc. max. $\approx 2,73 \text{ g/gal} \approx 0,6 \text{ g/L}$ (0,002 g/L à l'étape 2); additif 20 : 0,2 g/L (moins de 1 mg/L à l'étape2)) : C'est un mélange d'alcane linéaires et de cycloalcanes possédant de 7 à 9 carbones. Ces alcanes ne sont pas réactifs.

Isopropanol (additif 19 : conc. max. $\approx 2,73 \text{ g/gal imp} \approx 0,6 \text{ g/L}$ (0,002 g/L à l'étape 2); additif 20 : conc. max. $\approx 4,55 \text{ g/gal imp} \approx 1 \text{ g/L}$ (0,004 g/L à l'étape2)) : Il peut être en équilibre avec le propène (déshydratation catalysée par H_3O^+).

Acides gras (additif 19 : conc. max. $\approx 0,91 \text{ g/gal} \approx 0,2 \text{ g/L}$ (moins de 1 mg/L à l'étape 2)) : Les acides gras **insaturés** peuvent réagir avec l'eau sous catalyse acide pour former des alcools.

Naphtalène (additif 19 : conc. max. $\approx 0,5 \text{ g/gal} \approx 0,1 \text{ g/L}$ (moins de 0,5 mg/L à l'étape2)) : Non réactif.

Complexe alkylaryl polyester (additif 19 : conc. max. $\approx 0,91 \text{ g/gal} \approx 0,2 \text{ g/L}$ (moins de 1 mg/L à l'étape 2)) : Ces polymères devraient être assez stables.

Alkylphénols oxyalkylés (additif 19 : conc. max. $\approx 2,73 \text{ g/gal} \approx 0,6 \text{ g/L}$ (0,002 g/L à l'étape 2)) : Voir Recette 2, page 8.

Formaldéhyde (additif 19 : conc. max. $\approx 0,91 \text{ g/gal} \approx 0,2 \text{ g/L}$ (moins de 1 mg/L à l'étape 2)) : Il existe sous forme d'hydrate dans l'eau et est en équilibre avec le paraformaldéhyde.

Alcool acétylénique (additif 19 : conc. max. $\approx 0,5$ g/gal $\approx 0,1$ g/L (moins de 0,5 mg/L à l'étape 2)) : Il n'est pas spécifié. Si c'est l'*alcool propargylique*, voir Recette 1, page 6. Si c'est un alcool 3-alkylpropargylique comme l'*éthylactynol* (4-éthyl-1-octyn-3-ol), voir Recette 2, page 8.

Dérivés du chlorure de quinoline quaternaire N-benzylée (additif 19 : conc. max. $\approx 0,91$ g/gal $\approx 0,2$ g/L (moins de 1 mg/L à l'étape 2)) : Ils sont peu réactifs.

Glycol éthers (additif 20 : conc. max. $\approx 1,18$ g/gal $\approx 0,3$ g/L (0,001 g/L à l'étape 2)) : S'il s'agit des dialkyléthers, les plus courants sont le *diméthoxyéthane*, le *diéthoxyéthane* et le *dibutoxyéthane* ($\text{RCH}_2\text{OCH}_2\text{OCH}_2\text{OCH}_2\text{R}$, R = H ou CH_3 ou *n*- C_3H_7). En milieu acide, ils peuvent être totalement hydrolysés en éthylène glycol et méthanol ou éthanol ou *n*-butanol ou partiellement hydrolysés en méthanol ou éthanol ou *n*-butanol et 2-méthoxyéthanol ou 2-éthoxyéthanol ou 2-*n*-butoxyéthanol. L'éthanol peut être déshydraté en éthylène et le *n*-butanol en 1-butène (pouvant être isomérisé en 2-butène).

Mais s'il s'agit de *glycols monoalkylés* ($\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OR}'$ où R' = RCH_2 ou R_2CH ou Ph...), il en existe une bonne douzaine... Ils seraient hydrolysés en éthylène glycol et R'OH (phénol pour R' = Ph) et les alcools déshydratés en alcènes.

Étape 2 (Slickwater (5), **Bloc J**) : Le milieu est neutre à cette étape ($6 \leq \text{pH} \leq 9$) et l'oxygène est pratiquement absent.

Isopropanol (additif 21 : conc. max $\approx 0,2$ g/L) : Il est peu réactif en milieu neutre.

D-Limonène (additif 21 : conc. max $\approx 0,3$ g/L) : Il est peu réactif en milieu neutre.

Propylène glycol (additif 21 : conc. max $\approx 0,15$ g/L) : Il est peu réactif en milieu neutre.

Triéthylène glycol (additif 21 : conc. max $\approx 0,16$ g/L) : Il est peu réactif en milieu neutre.

Alcool éthoxylé (additif 21 : conc. max $\approx 0,3$ g/L) : Dans les recettes, 1, 3 et 4, l'alcool éthoxylé est ramifié mais il ne le serait pas dans les recettes 5, 6 et 7? Il est peu réactif en milieu neutre.

Huile de ricin éthoxylée (additif 21 : conc. max $\approx 0,3$ g/L) : Cette huile est constituée de triglycérides (esters triples de glycérol et d'acides gras) et l'acide gras le plus important (≤ 90 %) dont serait l'acide ricinoléique un acide en C_{18} comportant une double liaison *cis* ou Z en position 9 et un groupement hydroxyle en position 12 [(R)-(+)-12-hydroxy-9Z-

octadécénoïque]. À un pH de 9 (milieu légèrement alcalin), un simple triglycéride pourrait être lentement saponifié en glycérol et en acide gras (trois molécules). La saponification pourrait être assez rapide à des pH plus élevés. Cependant, l'huile de ricin éthoxylée devrait être beaucoup moins réactive vis-à-vis de la saponification qu'un simple triglycéride. En effet, cette huile, qui est aussi appelée « huile de ricin de polyoxoéthylène », possède une structure polymérique de formule brute $C_{57}H_{104}O_9$ $(CH_2CH_2O)_n$: triester de glycérol et d'acide ricinoléique auquel sont fixés, par le OH en position 12, des chaînes de polyéthylène glycol (polyoxoéthylène) dont le nombre d'unités monomériques « n » n'est pas défini.

Dibromo-3-nitrilo-propionamide (additif 22 : conc. max $\approx 0,01$ g/L) : Il pourrait être hydrolysé lentement en 2-cyano-2-oxo-acétamide.

Formaldéhyde (additif 23 : conc. max. $\approx 0,001$ g/L) : Sous forme d'hydrate dans l'eau et en équilibre avec le paraformaldéhyde.

Méthanol (additif 23 : conc. max. $\approx 0,03$ g/L) : Il est peu réactif en milieu neutre.

Éthanolamine (additif 23 : conc. max. $\approx 0,005$ g/L) : Elle est peu réactive en milieu neutre.

Chlorure d'ammonium (additif 23 : conc. max $\approx 0,005$ g/L) : Il peut être transformé en ammoniac.

Substances non toxiques (additif 24 : conc. max. ≈ 1 g/L) : Non spécifié.

Persulfate de sodium (additif 26 : conc. max. $\approx 0,3$ g/L) : Voir Recette 3, Bloc F, page 21.

10C. TABLEAUX D'ANALYSE DES SOUS-PRODUITS RECETTE 5

Analyse des sous-produits de dégradation chimique des substances utilisées dans les fluides de fracturation hydraulique (recette 5)

N.B. Pour le **Bloc I**, le milieu est **acide** ($\text{pH} \leq 1$). Les substances dont la concentration initiale *maximale* serait $\leq 0,5$ g/L dans le fluide de fracturation ne devraient pas d'effets importants.

Après l'ajout du **Bloc J** (quantité de liquide ajouté environ 250 fois plus importante que la quantité ajoutée pour le bloc C), le milieu devrait être plutôt neutre ($6 \leq \text{pH} \leq 9$).

N.B. À des températures de 50-60 °C, il n'y a pas de thermolyse (bris de liaison chimiques causés par la chaleur). Les réactions chimiques sont tout simplement plus rapides qu'à la température ambiante. Par exemple, une réaction chimique est environ 8 à 10 fois plus rapide à 60°C qu'à 20°C. La pression n'a pas d'influence directe sur les réactions en solution.

MILIEU ACIDE ($\text{pH} \leq 2$) : HCl présent et pas ou très peu d'oxygène dissous dans le liquide (pas d'auto-oxydation)

SUBSTANCES	DÉGRADATION CHIMIQUE : PROBABILITÉ			SOUS-PRODUITS FORMÉS (étape 1)
	Faible	Moyenne	Forte	Recette 5
Recette 5				Recette 5
<i>Bloc I</i> (étape 1)				<i>Bloc I</i>
Trisodium nitrilotriacétate (0,5 g/L)			X	acide nitrilotriacétique, anhydride nitrilotriacétique
Naphta lourd (0,6 g/L)	X			
Isopropanol (0,6 g/L)			X	propène
Acides gras saturés Acides gras insaturés	X		X	dérivés alcools
Naphtalène (0,1 g/L)	X			
Complexe alkylaryl polyester (0,2 g/L)	X			
Alkylphénols oxyalkylés (0,6 g/L)				phénol, alcool primaire (RCH_2OH), alcène alpha ($\text{R}'\text{CH}=\text{CH}_2$) qui peut être isomérisé en alcène bêta (gamma, delta, ... voir Recette 1), formation

				d'alcools secondaires par addition d'eau aux alcènes
Formaldéhyde (0,2 g/L)	X			sous forme d'hydrate en milieu aqueux et en équilibre avec le paraformaldéhyde (trimère cyclique)
Alcool acétylénique (0,1 g/L) <i>Alcool propargylique?</i> <i>Alcool 3-alkylpropargylique (éthylactynol)?</i>			X	hydroxyacétone, éther dipropargylique 4-éthyl-3-octèn-1-yne, 4-éthyl-3-octèn-2-one, 4-hydroxy-4-éthyl-1-octyne par exemple
Dérivés du chlorure de quinoline quaternaire N-benzylée (0,2 g/L)	X			
Isopropanol (1 g/L)			X	propène
Glycol éthers (0,2 g/L) <i>Dialkyl éthers?</i> <i>Glycols monoalkylés?</i>			X	2-méthoxyéthanol ou 2-éthoxyéthanol ou 2- <i>n</i> -butoxyéthanol, éthylène glycol, méthanol (ou éthanol ou <i>n</i> -butanol), 1-butène (pouvant être isomérisé en 2-butène) éthylène glycol, alcools (phénol pour R' = Ph), alcènes
Naphta lourd (0,3 g/L)	X			

MILIEU NEUTRE OU FAIBLEMENT BASIQUE ($6 \leq \text{pH} \leq 9$) : HCl absent et pas ou très peu d'oxygène dissous dans le liquide (pas d'auto-oxydation)

SUBSTANCES	DÉGRADATION CHIMIQUE : PROBABILITÉ			SOUS-PRODUITS FORMÉS (étape1)
	Faible	Moyenne	Forte	
Recette 5				Recette 5
Bloc I (étape 1)				Bloc I
Trisodium nitrilotriacétate (0,5 g/L)		X		monosodium nitrilomonoacétate, disodium nitrilodiacétate
Naphta lourd (0,6 g/L)	X			
Isopropanol (0,6 g/L)	X			
Acides gras saturés	X			
Acides gras insaturés	X			
Naphtalène (0,1 g/L)	X			
Complexe alkylaryl polyester (0,2 g/L)	X			
Alkylphénols oxyalkylés (0,6 g/L)	X			
Formaldéhyde (0,2 g/L)	X			sous forme d'hydrate en milieu aqueux et en équilibre avec le paraformaldéhyde (trimère cyclique)
Alcool acétylénique (0,1 g/L) <i>Alcool propargylique?</i> <i>Alcool 3-alkylpropargylique?</i>	X			
Dérivés du chlorure de quinoline quaternaire N-benzylée (0,2 g/L)	X			
Isopropanol (1 g/L)	X			
Glycol éthers (0,2 g/L) <i>Dialkyl éthers?</i> <i>Glycols monoalkylés?</i>	X			
Naphta lourd (0,3 g/L)	X			
Bloc J (étape 2)				Bloc J
Isopropanol (0,2 g/L)	X			
D-Limonène (0,3 g/L)	X			
Propylène glycol (0,15 g/L)	X			
Triéthylène glycol (0,16 g/L)	X			

Alcool éthoxylé (0,3 g/L)	X			
Huile de ricin éthoxylée (0,3 g/L)		X		saponification des groupements esters
Dibromo-3-nitrilopropionamide (0,01 g/L)		X		2-cyano-2oxo-acétamide
Formaldéhyde (0,001 g/L)	X			
Acide acétique (0,005 g/L)	X			
Méthanol (0,03 g/L)	X			
Éthanolamine (0,005 g/L)	X			
Chlorure d'ammonium (0,005 g/L)		X		Ammoniac, quantité négligeable
Substances non toxiques (non spécifié) (1g/L)	X			
Persulfate de sodium (0,3 g/L)			X	NaHSO ₄ , Na ₂ SO ₄ .

INFLUENCE DES IONS MÉTALLIQUES SOLUBLES SUR LA DÉGRADATION DES SUBSTANCES

Les ions métalliques solubles pouvant être libérés le seront dans leur état d'oxydation le plus stable : Fe(III), Cu(II), Mn(II), Cd(II), Pb(II)/Pb(IV). Ces ions peuvent agir comme acides de Lewis pour catalyser certaines réactions : addition d'eau aux oléfines, condensations aldoliques, rétroaldols... Les ions Fe(II) et Cu(I) peuvent être présents également en l'absence d'oxygène et ces ions peuvent réduire les peroxydes avec formation des radicaux hydroxyles très agressifs (*e.g.* réaction de Fenton).

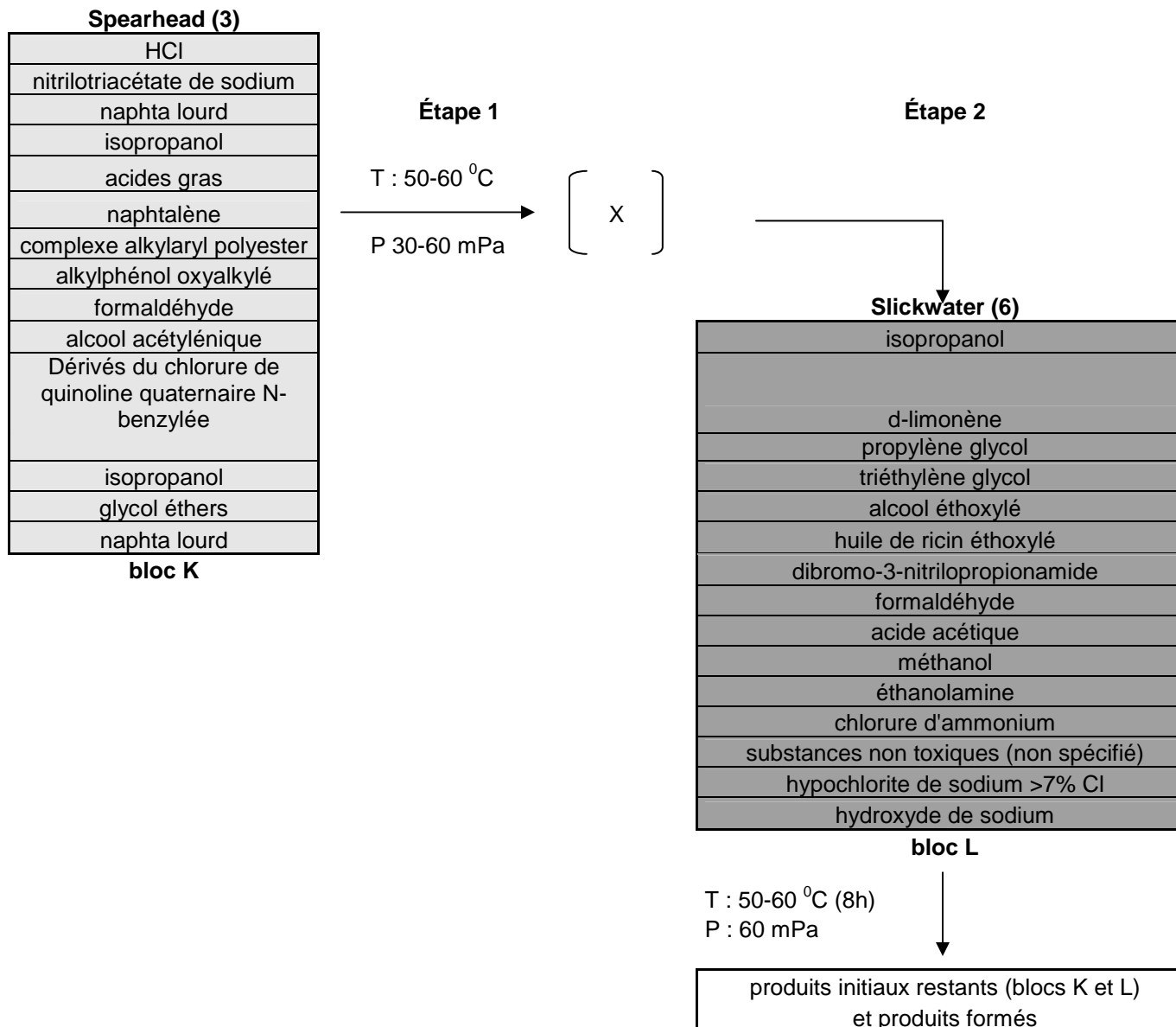
STOCKAGE DES LIQUIDES RÉCUPÉRÉS DE LA FRACTURATION ($6 \leq \text{pH} \leq 9$)

Les substances volatiles et peu solubles dans l'eau se volatiliseront.

- **Stockage à l'air et à la lumière** : L'oxydation des alcools et l'auto-oxydation des systèmes insaturés (oléfiniques) et des éthers présents va se poursuivre. Les cétones, les oléfines conjuguées et les composés aromatiques seront lentement transformés par photolyse (dégradation, condensations (additions, cycloadditions) ...).
- **Stockage à l'air et dans l'obscurité** : L'oxydation des alcools et l'auto-oxydation des systèmes insaturés (oléfiniques) et des éthers présents va se poursuivre.

11A. DIAGRAMME RECETTE 6

Recette # 6



11B. ANALYSE DES SOUS-PRODUITS DE LA RECETTE 6

Étape 1 (Spearhead (3), **Bloc K**) : Le milieu est acide pendant cette étape ($\text{pH} \leq 1$) et l'oxygène est pratiquement absent.

Les additifs sont identiques à ceux du Bloc I de la Recette 5 (pages 33 et 34).

Étape 2 (Slickwater (6), **Bloc L**) : Le milieu est neutre à cette étape ($6 \leq \text{pH} \leq 9$) et l'oxygène est pratiquement absent.

Additif 21 : Voir le Bloc J de la Recette 5 (pages 34 et 35).

Additif 22 : Voir le Bloc J de la Recette 5 (pages 34 et 35).

Additif 23 : Voir le Bloc J de la Recette 5 (pages 34 et 35).

Additif 24 : Voir le Bloc J de la Recette 5 (pages 34 et 35).

Hypochlorite de sodium $>7\%$ Cl (*additif 27* : conc. max. 0,3 g/L \approx 0,005 g/L de chlore actif) : En agissant comme oxydant, le chlore actif est réduit en ion chlorure.

Hydroxyde de sodium (*additif 27* : conc. max. \approx 0,025 g/L) : Si le pH de la solution finale est ≤ 9 , il sera neutralisé.

11C. TABLEAUX D'ANALYSE DES SOUS-PRODUITS RECETTE 6

Analyse des sous-produits de dégradation chimique des substances utilisées dans les fluides de fracturation hydraulique (recette 6)

N.B. Le Bloc K est identique au Bloc I de la recette 5. Le Bloc L est aussi presque identique au Bloc J (recette 5) sauf que le persulfate de sodium est remplacé par de l'hypochlorite de sodium et qu'on a ajouté un peu d'hydroxyde de sodium.

MILIEU ACIDE (pH ≤ 2) : HCl présent et pas ou très peu d'oxygène dissous dans le liquide (pas d'auto-oxydation)

SUBSTANCES	DÉGRADATION CHIMIQUE : PROBABILITÉ			SOUS-PRODUITS FORMÉS (étape 1)
	Faible	Moyenne	Forte	Recette 6
Recette 6				Recette 6
<i>Bloc K</i> (étape 1)				<i>Bloc K</i>
Trisodium nitrilotriacétate (0,5 g/L)			X	acide nitrilotriacétique, anhydride nitrilotriacétique
Naphta lourd (0,6 g/L)	X			
Isopropanol (0,6 g/L)			X	propène
Acides gras saturés Acides gras insaturés	X		X	dérivés alcools
Naphtalène (0,1 g/L)	X			
Complexe alkylaryl polyester (0,2 g/L)	X			
Alkylphénols oxyalkylés (0,6 g/L)				phénol, alcool primaire (RCH ₂ OH), alcène alpha (R'CH=CH ₂) qui peut être isomérisé en alcène bêta (gamma, delta, ... voir Recette 1), formation d'alcools secondaires par addition d'eau aux alcènes
Formaldéhyde (0,2 g/L)	X			sous forme d'hydrate en milieu aqueux et en équilibre avec le paraformaldéhyde (trimère cyclique)
Alcool acétylénique (0,1 g/L)			X	
<i>Alcool propargylique?</i>				hydroxyacétone, éther dipropargylique

<i>Alcool 3-alkylpropargylique (éthylactynol)?</i>				4-éthyl-3-octèn-1-yne, 4-éthyl-3-octèn-2-one, 4-hydroxy-4-éthyl-1-octyne par exemple
Dérivés du chlorure de quinoline quaternaire N-benzylée (0,2 g/L)	X			
Isopropanol (1 g/L)			X	propène
Glycol éthers (0,2 g/L) <i>Dialkyl éthers?</i> <i>Glycols monoalkylés?</i>			X	2-méthoxyéthanol ou 2-éthoxyéthanol ou 2-n-butoxyéthanol, éthylène glycol, méthanol (ou éthanol ou n-butanol), 1-butène (pouvant être isomérisé en 2-butène) éthylène glycol, alcools (phénol pour R' = Ph), alcènes
Naphta lourd (0,3 g/L)	X			

MILIEU NEUTRE OU FAIBLEMENT BASIQUE ($6 \leq \text{pH} \leq 9$) : HCl absent et pas ou très peu d'oxygène dissous dans le liquide (pas d'auto-oxydation)

SUBSTANCES	DÉGRADATION CHIMIQUE : PROBABILITÉ			SOUS-PRODUITS FORMÉS (étape 1)
	Faible	Moyenne	Forte	Recette 6
<i>Bloc K</i> (étape 1)				<i>Bloc K</i>
Trisodium nitrilotriacétate (0,5 g/L)		X		monosodium nitrilomonoacétate, disodium nitrilodiacétate
Naphta lourd (0,6 g/L)	X			
Isopropanol (0,6 g/L)	X			
Acides gras saturés	X			
Acides gras insaturés	X			
Naphtalène (0,1 g/L)	X			

Complexe alkylaryl polyester (0,2 g/L)	X			
Alkylphénols oxyalkylés (0,6 g/L)	X			
Formaldéhyde (0,2 g/L)	X			sous forme d'hydrate en milieu aqueux et en équilibre avec le paraformaldéhyde (trimère cyclique)
Alcool acétylénique (0,1 g/L) <i>Alcool propargylique?</i> <i>Alcool 3-alkylpropargylique?</i>	X			
Dérivés du chlorure de quinoline quaternaire N-benzylée (0,2 g/L)	X			
Isopropanol (1 g/L)	X			
Glycol éthers (0,2 g/L) <i>Dialkyl éthers?</i> <i>Glycols monoalkylés?</i>	X			
Naphta lourd (0,3 g/L)	X			
Bloc L (étape 2)				Bloc L
Isopropanol (0,2 g/L)	X			
D-Limonène (0,3 g/L)	X			
Propylène glycol (0,15 g/L)	X			
Triéthylène glycol (0,16 g/L)	X			
Alcool éthoxylé (0,3 g/L)	X			
Huile de ricin éthoxylée (0,3 g/L)		X		saponification des groupements esters
Dibromo-3-nitrilopropionamide (0,01 g/L)		X		2-cyano-2oxo-acétamide
Formaldéhyde (0,001 g/L)	X			
Acide acétique (0,005 g/L)	X			
Méthanol (0,03 g/L)	X			
Éthanolamine (0,005 g/L)	X			
Chlorure d'ammonium (0,005 g/L)		X		Ammoniac, quantité négligeable
Substances non toxiques (non spécifié) (1g/L)	X			
Hypochlorite de sodium > 7% Cl (0,005 g/L de Cl actif)			X	ions chlorures, quantité négligeable de Cl actif
Hydroxyde de sodium (0,025 g/L)	X			

INFLUENCE DES IONS MÉTALLIQUES SOLUBLES SUR LA DÉGRADATION DES SUBSTANCES

Les ions métalliques solubles pouvant être libérés le seront dans leur état d'oxydation le plus stable : Fe(III), Cu(II), Mn(II), Cd(II), Pb(II)/Pb(IV). Ces ions peuvent agir comme acides de Lewis pour catalyser certaines réactions : addition d'eau aux oléfines, condensations aldoliques, rétroaldols... Les ions Fe(II) et Cu(I) peuvent être présents également en l'absence d'oxygène et ces ions peuvent réduire les peroxydes avec formation des radicaux hydroxyles très agressifs (*e.g.* réaction de Fenton).

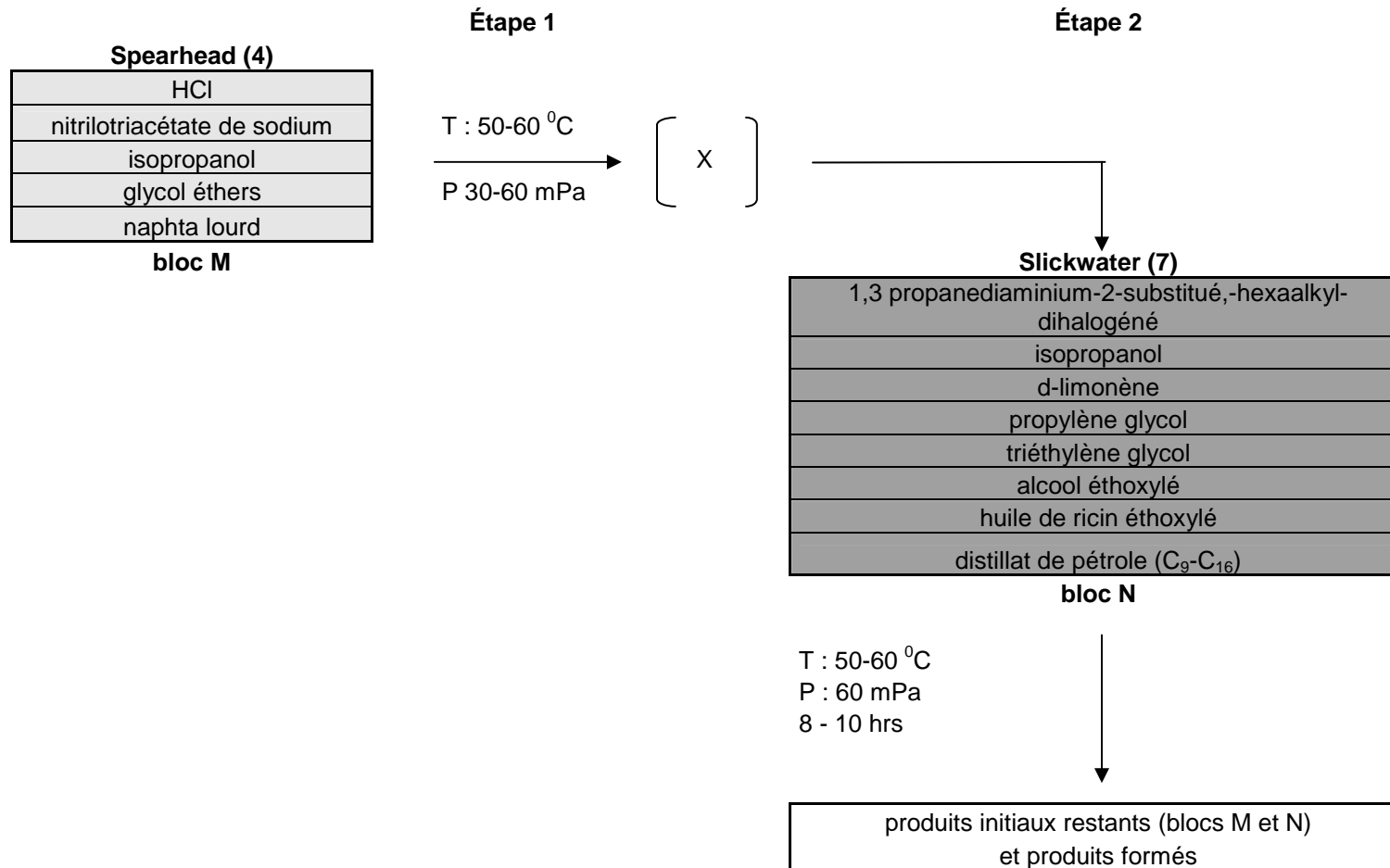
STOCKAGE DES LIQUIDES RÉCUPÉRÉS DE LA FRACTURATION ($6 \leq \text{pH} \leq 9$)

Les substances volatiles et peu solubles dans l'eau se volatiliseront.

- ***Stockage à l'air et à la lumière*** : L'oxydation des alcools et l'auto-oxydation des systèmes insaturés (oléfiniques) et des éthers présents va se poursuivre. Les cétones, les oléfines conjuguées et les composés aromatiques seront lentement transformés par photolyse (dégradation, condensations (additions, cycloadditions) ...).
- ***Stockage à l'air et dans l'obscurité*** : L'oxydation des alcools et l'auto-oxydation des systèmes insaturés (oléfiniques) et des éthers présents va se poursuivre.

12A. DIAGRAMME RECETTE 7

Recette # 7



12B. RECETTE 7

Étape 1 (Spearhead (4), **Bloc M**) : Le milieu est acide pendant cette étape ($\text{pH} \leq 1$) et l'oxygène est pratiquement absent.

Additif 18 : Voir le Bloc I de la Recette 5 (pages 33 et 34) et la Recette 1, page 9.

Additif 20 : Voir le Bloc I de la Recette 5 (pages 33 et 34).

Étape 2 (Slickwater (7), **Bloc N**) : Le milieu est neutre à cette étape ($6 \leq \text{pH} \leq 9$) et l'oxygène est pratiquement absent.

1,3-Propane-hexaalkyldiaminium-2-substituted (*additif 29* : conc. max. $\approx 1,2$ g/L) : Stable et non réactif.

Additif 21 : Voir le Bloc J de la Recette 5 (pages 34 et 35).

Distillat de pétrole C9-C16 (*additif 25* : conc. max. $\approx 0,3$ g/L) : Cette fraction est identifiée ainsi après hydrogénation (« hydrotraitement ») et est non réactive.

12C. TABLEAUX D'ANALYSE DES SOUS-PRODUITS RECETTE 7

Analyse des sous-produits de dégradation chimique des substances utilisées dans les fluides de fracturation hydraulique (recette 7)

N.B. Le Bloc M est composé de quatre additifs qu'on retrouve dans les Blocs I et K des recettes 5 et 6 sauf que la concentration en additif est donnée ici en Kg/m³ et L/m³ au lieu de gal/1000 gallons. Le Bloc N est composé de huit additifs dont six se retrouvent dans les Blocs J et L (recettes 5 et 6) avec les mêmes concentrations en g/L.

MILIEU ACIDE (pH ≤ 2) : HCl présent et pas ou très peu d'oxygène dissous dans le liquide (pas d'auto-oxydation)

SUBSTANCES	DÉGRADATION CHIMIQUE : PROBABILITÉ			SOUS-PRODUITS FORMÉS (étape 1)
	Faible	Moyenne	Forte	Recette 7
Recette 7				Recette 7
Bloc M (étape 1)				Bloc M
Trisodium nitrilotriacétate (5 g/L)			X	acide nitrilotriacétique, anhydride nitrilotriacétique
Isopropanol (1 g/L)			X	propène
Glycol éthers (0,13 g/L)			X	2-méthoxyéthanol ou 2-éthoxyéthanol ou 2- <i>n</i> -butoxyéthanol, éthylène glycol, méthanol (ou éthanol ou <i>n</i> -butanol), 1-butène (pouvant être isomérisé en 2-butène) éthylène glycol, alcools (phénol pour R' = Ph), alcènes
<i>Dialkyl éthers?</i>				
<i>Glycols monoalkylés?</i>				
Naphta lourd (0,13 g/L)	X			

MILIEU NEUTRE OU FAIBLEMENT BASIQUE ($6 \leq \text{pH} \leq 9$) : HCl absent et pas ou très peu d'oxygène dissous dans le liquide (pas d'auto-oxydation)

SUBSTANCES	DÉGRADATION CHIMIQUE : PROBABILITÉ			SOUS-PRODUITS FORMÉS (étape 1)
	Faible	Moyenne	Forte	
Recette 7				Recette 7
Bloc M (étape 1)				Bloc M
Trisodium nitrilotriacétate (5 g/L)			X	monosodium nitrilomonoacétate, disodium nitrilodiacétate
Isopropanol (1 g/L)	X			
Glycol éthers (0,13 g/L) <i>Dialkyl éthers?</i> <i>Glycols monoalkylés?</i>	X			
Naphta lourd (0,13 g/L)	X			
Bloc N (étape 2)				Bloc N
1,3-Propane-hexaalkyldiaminium-2-substitué (1,2 g/L)	X			
Isopropanol (0,2 g/L)	X			
D-Limonène (0,3 g/L)	X			
Propylène glycol (0,15 g/L)	X			
Triéthylène glycol (0,16 g/L)	X			
Alcool éthoxylé (0,3 g/L)	X			
Huile de ricin éthoxylée (0,3 g/L)		X		saponification des groupements esters
Distillat de pétrole (C9-C16) (0,3 g/L)	X			

INFLUENCE DES IONS MÉTALLIQUES SOLUBLES SUR LA DÉGRADATION DES SUBSTANCES

Les ions métalliques solubles pouvant être libérés le seront dans leur état d'oxydation le plus stable : Fe(III), Cu(II), Mn(II), Cd(II), Pb(II)/Pb(IV). Ces ions peuvent agir comme acides de Lewis pour catalyser certaines réactions : addition d'eau aux oléfines, condensations aldoliques, rétroaldols... Les ions Fe(II) et Cu(I) peuvent être présents également en l'absence d'oxygène et ces ions peuvent réduire les peroxydes avec formation des radicaux hydroxyles très agressifs (*e.g.* réaction de Fenton).

STOCKAGE DES LIQUIDES RÉCUPÉRÉS DE LA FRACTURATION ($6 \leq \text{pH} \leq 9$)

Les substances volatiles et peu solubles dans l'eau se volatiliseront.

- ***Stockage à l'air et à la lumière*** : L'oxydation des alcools et l'auto-oxydation des systèmes insaturés (oléfiniques) et des éthers présents va se poursuivre. Les cétones, les oléfines conjuguées et les composés aromatiques seront lentement transformés par photolyse (dégradation, condensations (additions, cycloadditions), etc.).
- ***Stockage à l'air et dans l'obscurité*** : L'oxydation des alcools et l'auto-oxydation des systèmes insaturés (oléfiniques) et des éthers présents va se poursuivre.

13. BASSINS (TRANSFORMATIONS CHIMIQUES ET/OU PHYSIQUES)

Le seul phénomène physique vraiment important est l'évaporation des substances volatiles comme le formaldéhyde (en équilibre avec l'hydrate et le paraformaldéhyde qui ne sont pas volatils), le propène, le 1-butène, le 2-butène, le diméthyléther, le diallyléther, l'acétone, le méthanol, l'isopropanol, le propanal, le limonène, etc.

Bassins exposés à l'air et à l'abri de la lumière

Des réactions d'**oxydation** et d'**autoxydation** peuvent avoir lieu : formation de peroxydes, oxydation d'alcools primaires en acides carboxyliques et d'alcools secondaires en cétones, oxydation d'éthers en esters, oxydation allylique d'oléfinés en cétones α,β -insaturées (acides α,β -insaturés), dégradation d'acides gras insaturés en acides gras de plus courtes chaînes. *Voici quelques exemples :*

Méthanol oxydé en formaldéhyde dont l'hydrate est oxydé en acide formique; **isopropanol** oxydé en acétone et en acétate de méthyle qui peut être hydrolysé en acide acétique et en méthanol; **alcools éthoxylés** de structure $C_nH_{2n+1}O[CH_2CH_2O]_xH$ (éthers) oxydés en esters (via des peroxydes) qui seront hydrolysés en $C_nH_{2n+1}OH + HO(CO)[CH_2CH_2O]_{x-1}H$ et en $C_{n-1}H_{(2n-1)-1}COOH + HO[CH_2CH_2O]_xH$, ceux-ci étant oxydables jusqu'à l'acide oxalique; **alcool propargylique** oxydé en propynal et acide propynoïque (qui peuvent réagir avec l'eau puis oxydation des produits en acide malonique qui peut être décarboxylé en acide acétique); **hydroxyacétone** oxydée en 2-oxopropanal et en acide pyruvique; oxydation allylique des **alcènes** aboutissant à des cétones; l'oxydation du **dipropylène glycol** et des produits de son hydrolyse conduisant à un grand nombre de produits possibles (acide propanoïque, $CH_3COCH_2OCH_2COCH_3$, $HOCOCH(CH_3)OCH(CH_3)COOH$, $CH_3COCO-O-CH_2COCH_3$, $CH_3COCO-O-COCOCH_3$, acide 2-hydroxy-propanoïque, hydroxyacétone, acide pyruvique, acide 3-(3-hydroxypropoxy)-propanoïque, bis(2-carboxyéthyl)éther, 3-hydroxypropanoate de 2-hydroxypropyle, propylène glycol, acide 3-hydroxypropanoïque, acide malonique, acrylate d'allyle, 3-hydroxypropène, acide acrylique; **1,2,4-Triméthylbenzène** oxydé en acide 2,4-diméthylbenzoïque, en acide 4-méthyl-benzènedicarboxylique qui peut être transformé en anhydride 4-méthylphtalique; **naphtalène** oxydé en 1,4-dihydronaphtalène endoperoxyde (1,4-dihydro-1,4-éthéno-2,3-benzodioxine) qui sera transformé en 1,4-naphtalènediol lui-même oxydé en *p*-naphtoquinone qui peut réagir avec H_2O pour donner le 1,2,4-naphtalènetriol oxydable en 2-hydroxy-1,4-naphtalènedione (celle-ci peut réagir avec H_2O pour donner le 1,2,3,4-naphtalènetétraol oxydable en 2,3-dihydroxy-1,4-naphtalènedione); **D-limonène** oxydé en hydroperoxyde de limonène, en limonène-4-ol, 4-isopropényl-1-cyclohexène-1-carboxaldéhyde, acide 4-isopropényl-1-cyclohexène-1-

carboxylique, isopipériténone, *p*-mentha-1,8-diène-10-al, acide 4-méthyl- α -méthylène-3-cyclohexène-1-carboxylique, *S*-vespéral (une phéromone), *S*-isorobinal; **amines** primaires et secondaires oxydés en hydroxylamines et amines tertiaires oxydées en dérivés N-oxyde; **éthanolamine** oxydée en hydroxylamine, aminoacétaldéhyde, glycine, 2-hydroxyamino-éthanol, hydroxyaminoacétaldéhyde, N-hydroxy-glycine.

Bassins exposés à l'air et à la lumière solaire

En présence de lumière ultraviolette, les cétones qui absorbent la lumière de longueur d'onde de 300 nm peuvent donner lieu à différentes réactions selon leur structure dont les plus fréquentes sont les coupures de liens carbone-carbone (Norrish I et Norrish II). Prenons *comme exemple* un alcène alpha à 12 carbones, le 1-dodécène. Par autoxydation de la position 3 (allylique), le 3-oxo-1-dodécène serait formé. Une dégradation photochimique Norrish II conduirait à la méthylvinylcétone et au 1-octène (qui pourrait être dégradé par autoxydation suivie d'un Norrish II en méthylvinylcétone et 1-butène). La méthylvinylcétone pourrait aussi être dégradée par Norrish I en monoxyde de carbone, éthane, butadiène, propène, éthylène et méthane.

14. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

La transformation des produits ajoutés aux eaux de fracturation (additifs) menant aux sous-produits identifiés dans les sections 6 à 12 (Recettes 1 à 7) et la section 13 (bassins) est basée sur des hypothèses qui ont été exposées à la section 5 (Hypothèses concernant les transformations chimiques) aux pages 6 et 7.

Il est important de rappeler que, selon les hypothèses, la solution est acide à l'étape 1 de la fracturation, qu'elle est neutre à l'étape 2, que la concentration en oxygène dissous est négligeable pendant tout le processus de fracturation et qu'à l'étape 2, la concentration (concentration maximum) des additifs introduits à l'étape 1 y est environ 250 fois plus faible (la concentration maximale donnée dans les tableaux d'analyse des sous-produits doit être divisée par 250). Les cations métalliques libérés lors de l'étape 1, auront peu d'effet sur la dégradation (voir page 7). C'est à l'étape 1 de la fracturation que la majorité des additifs subiront des transformations chimiques (dégradation) causées par l'acidité du milieu. Certains de ces additifs se retrouveront donc à des concentrations égales ou inférieures à 5 ppm ($\leq 0,005$ g/L) et leur effet pourrait être négligé. C'est le cas des *additifs* 3, 4 et 5 des **Blocs A** (recette 1) et **G** (recette 4), des *additifs* 9 des **Blocs C** (recette 2) et **E** (recette 3) sauf pour l'*isopropanol* (concentration maximum de 20 ppm), du *sulfonate de benzène* (un des *additifs* 10 des **Blocs C** et **E**), du *trisodium nitriлотriacétate* (*additif* 18 des **Blocs I** (recette 5), **K** (recette 6) et **M** (recette 7)), des *additifs* 19 des **Blocs I** (recette 5) et **K** (recette 6), des *glycol éthers* (*additif* 20 des **Blocs**

I (recette 5), **K** (recette 6) et **M** (recette 7)). De plus, certains produits pouvant être formés sont volatils et insolubles dans l'eau (diméthyléther et propène, des gaz à des températures supérieures à -20 °C). Une fois dans les bassins de récupération, des additifs comme l'isopropanol pourront être oxydés par l'air en acétone qui est soluble dans l'eau et assez volatil (p. éb = 56 °C) et oxydable en acétate de méthyle (saponification possible en acide acétique et méthanol). L'acétone peut être dégradée par la lumière en éthane et monoxyde de carbone.

La concentration de certains additifs du liquide de fracturation de l'étape 2 est inférieure à 5 ppm : *formaldéhyde*, *éthanolamine* et *chlorure d'ammonium* (parmi les *additifs 23* des **Blocs J** (recette 5) et **L** (recette 6)), hypochlorite de sodium [*additif 27* du **Bloc J** (recette 5)]. Pour les autres additifs, la concentration varie de 10 ppm [*dibromo-3-nitrilopropionamide* (*additif 22* du **Bloc J** (recette 5))] à 3600 ppm (*huiles synthétiques de faible toxicité* [*additif 13* du **Bloc H** (recette 4)]). Comme le montrent les tableaux d'analyse des sous-produits pour chacune des recettes, en milieu neutre et en absence d'oxygène, il ne devrait pratiquement pas y avoir de dégradation chimique. Les quelques dégradations chimiques qui pourraient se produire, et ce probablement de façon partielle, sont la transformation du **trisodium nitrilotriacétate** en monosodium nitrilomonoacétate et disodium nitrilodiacétate, de l'**éthylolctynol** en 4-éthyl-3-octène-1-yne, de l'**huile de ricin éthoxylée** en dérivés contenant des groupements carboxyles (acides carboxyliques), du **dibromo-3-nitrilopropionamide** en 2-cyano-2oxo-acétamide et du **persulfate de sodium** en NaHSO₄ et Na₂SO₄. Par contre, une fois dans les bassins, en présence d'air, tous les additifs suivants (additifs de l'étape 2) ou leurs produits de dégradation seront dégradés par auto-oxydation : produits comportant des insaturations [**terpène**, **D-limonène** (un monoterpène), acides gras insaturés (l'**huile de ricin éthoxylée** est constituée entre autre d'acides gras insaturés) et **alcènes**], des groupements éthers [**alcools éthoxylés**, alkoxyles d'alkyle (**alkyl alcoxyates**), **propylène glycol**, **diéthylène glycol**, **glycol éthers**], des fonctions alcools [**isopropanol**, **dipropylène glycol**, **diéthylène glycol**, **1-propanol**, **éthanolamine**, **diéthanolamine**, **triéthanolamine**] et des amines [**amines**, **éthanolamine**, **diéthanolamine**, **triéthanolamine**]. Une multitude de produits peuvent être formés dont des cétones, des acides carboxyliques (oxydation d'aldéhydes provenant de l'oxydation des alcools primaires), des oxydes d'amine, des acides aminés, des hydroxylamines. Sous lumière solaire, les cétones seront dégradées en différents produits dépendant de leur structure.

15. CONCLUSION

Les liquides de fracturation sont constitués de mélanges complexes de différents produits dont le rôle est loin d'être clair sauf pour celui de l'acide chlorhydrique ajouté à l'étape 1 qui sert à dissoudre les carbonates et certains oxydes de différents métaux et celui de quelques produits organiques qui peuvent servir de surfactants et/ou possiblement de lubrifiants.

La dégradation chimique lors de la fracturation devrait se produire surtout lors de l'étape 1 où le milieu pourrait être assez acide pour produire les composés indiqués dans les tableaux d'analyse des sous-produits. Cependant, dans le liquide de fracturation récupéré après l'étape 2, la concentration de la grande majorité des composés introduits à l'étape 1 devrait au plus égale à 5 ppm et dans beaucoup de cas, bien inférieure à 5 ppm.

Les additifs de l'étape 2 ne devraient pas être dégradés de façon significative lors de la fracturation si le milieu est neutre et sans oxygène tel que supposé.

Lors de la mise en bassins, l'exposition à l'air et à la lumière solaire va conduire à la dégradation de tout composé contenant des doubles liaisons, des alcools primaires et secondaires, et des aldéhydes et cétones. Plusieurs produits différents pourront se retrouver dans ces bassins.

L'analyse effectuée n'aurait pas été possible sans une connaissance approfondie des différents mécanismes réactionnels de la chimie organique.

Voici une liste des principales substances organiques provenant de la transformation chimique des additifs et susceptibles de se retrouver dans les eaux de fracturation récupérées à des concentrations égales ou supérieures à 2 ppm :

À la sortie de la fracturation :

- anhydride nitrilotriacétique;
- anhydride du monosodium nitriloacétate;
- monosodium nitrilomonoacétate;
- disodium nitrilodiacétate;
- alcools primaires aliphatiques (RCH₂OH) et alcools dérivés d'acides gras insaturés et de terpènes;
- propène;
- phénol;
- 4-éthyl-3-octène-1-yne;
- acétone;

propanal;
glycérol;
unités acide ricinoléique reliées par des chaînes de polyéthylène glycol;
2-cyano-2-oxo-acétamide.

Après stockage à l'air et la lumière, les produits ci-dessus plus :

N-oxyde d'amine tertiaire (N-oxyde de triéthanolamine);
hydroxylamines dérivées d'amines secondaires et primaires;
cétones insaturées et acides carboxyliques insaturés dérivés d'un terpène;
cétone dérivée d'un alcool aliphatique secondaire et acide carboxylique dérivé
d'un alcool aliphatique primaire;
hydroxyacétone;
acide formique;
acide propanoïque;
acide oxo-propanedioïque;
N-(carboxyméthyl)-N-(2-oxoéthyl)-glycine;
N,N-bis(2-hydroxyéthyl)-glycine;
glycine;
acide 4-isopropényl-1-cyclohexène-1-carboxylique;
acide pyruvique;
acide oxalique.

Annexe 5 - Fracturation hydraulique des gaz de shale : étude sur la dégradation chimique des additifs par une simulation en laboratoire des conditions de fracturation et essais de biodégradabilité de neuf substances

**Fracturation hydraulique des
gaz de shale :
Étude sur la dégradation
chimique des additifs par
une simulation en laboratoire
des conditions de
fracturation et essais de
biodégradabilité de neuf
substances**

Dossier CRIQ n° 640-PE44966

Rapport final

PARTENAIRE D'INNOVATION

**Fracturation hydraulique des gaz de shale :
Étude sur la dégradation chimique des additifs par une
simulation en laboratoire des conditions de fracturation et
essais de biodégradabilité de neuf substances**

Dossier CRIQ n° 640-PE44966

Rapport final

Monsieur Yvon Couture, chimiste, M. Sc.
Bureau de coordination sur les évaluations stratégiques
**Ministère du Développement durable,
de l'Environnement, de la Faune et des Parcs**
Édifice Marie-Guyart, 8^e étage
675, boulevard René-Lévesque Est, case 03
Québec (Québec) G1R 5V7

Marc Saint-Arnaud
Conseiller industriel



Marc Daigle, ing.
Responsable technique



Sylvain Savard, chim. Ph. D.
Chimiste responsable



Marie-Josée Hardy, directrice
Direction Écoefficacité industrielle
et Environnement

Québec, le 28 novembre 2013

Le Centre de recherche industrielle du Québec a pour mission de contribuer à la compétitivité des secteurs industriels québécois en soutenant l'innovation en entreprise.

Enseignement supérieur,
Recherche, Science
et Technologie



PRINCIPAL PARTENAIRE FINANCIER DU CRIQ

Fracturation hydraulique des gaz de shale : Étude sur la dégradation chimique des additifs par une simulation en laboratoire des conditions de fracturation et essais de biodégradabilité de neuf substances

Équipe de projet

Marc Daigle, ing., agent de recherche, responsable technique, conception du réacteur, développement des protocoles d'essais;

Sylvain Savard, chimiste Ph. D., agent de recherche, développement des méthodes analytiques, interprétation des résultats et superviseur en physico-chimie;

Line Jaulin, M. Sc. A., agente de recherche, responsable technique lors des essais de biodégradation;

Éric Légaré, technicien R-D, responsable de la réalisation des essais;

Michel Comeau, technicien R-D, responsable de l'installation du réacteur et des essais de démarrage ainsi que des essais de biodégradation;

Alain Sauvé, technicien R-D, réalisation des essais;

Louise Thibault, technicienne R-D, responsable de l'échantillonnage et des demandes d'analyses;

Richard-François Caron, ing., chim., M. Sc. A., agent de recherche, support à l'échantillonnage de gaz;

Jean Nadeau, technicien R-D, échantillonnage des gaz;

Odette Petitclerc, technicienne R-D en microbiologie;

Johanne Gosselin, technicienne R-D en physico-chimie;

Stéphane Breton, technicien R-D en chimie;

Suzanne Coulombe, chimiste, M. Sc., support à la santé et sécurité;

France Chalifour, technicienne en information industrielle et technologique, recherche d'information sur les substances.

Pour tout renseignement concernant le projet

Responsable technique

Marc Daigle, ing.
333, rue Franquet, Québec (Québec) G1P 4C7
Téléphone : 418 659-1550 poste 2908
Télécopieur : 418 652-2202
Courriel : Marc.Daigle@criq.qc.ca

Conseiller industriel

Marc St-Arnaud
333, rue Franquet, Québec (Québec) G1P 4C7
Téléphone : 418 659-1550 poste 2227
Télécopieur : 418 652-2251
Courriel : Marc.St-Arnaud@criq.qc.ca

© CRIQ 2013, tous droits réservés.

L'information contenue dans ce document ne peut être utilisée ou reproduite par une tierce partie, à moins d'une autorisation écrite du CRIQ.

TABLE DES MATIÈRES

Page

Contenu

Sommaire	1
1. MISE EN CONTEXTE	3
2. MANDAT	4
3. DESCRIPTION DES TRAVAUX	5
3.1 Volet 1 - essais de simulation des conditions de fracturation hydraulique à l'échelle laboratoire	5
3.1.1 Montage expérimental	5
3.1.2 Chambre de dépressurisation.....	8
3.1.3 Méthodologies des essais de simulation des conditions de fracturation ...	9
3.1.4 Méthodes et protocoles analytiques utilisés en vue de l'interprétation des résultats	17
3.2 Volet 2 - essais de biodégradabilité de neuf substances	28
3.2.1 Détermination de la demande théorique en oxygène.....	28
3.2.2 Évaluation de la toxicité vis-à-vis des micro-organismes	29
3.2.3 Détermination de la biodégradabilité	29
4. DESCRIPTION ET ANALYSE DES RÉSULTATS	31
4.1 Volet 1 - essais de simulation des conditions de fracturation hydraulique à l'échelle laboratoire	31
4.1.1 Montage expérimental	31
4.1.2 Essais de simulation des conditions de fracturation.....	33
4.1.3 Résultats des analyses chimiques et interprétation	39
4.2 Volet 2 - essais de biodégradabilité de neuf substances	53
4.2.1 Demande théorique en oxygène.....	53
4.2.2 Toxicité.....	54
4.2.3 Biodégradabilité.....	55
4.2.4 Analyse des résultats de la biodégradabilité	59
5. CONCLUSION	63
6. RECOMMANDATIONS	65

TABLE DES MATIÈRES (suite)

Page

Liste des figures

Figure 1	Schéma de l'unité pilote.....	5
Figure 2	Réacteur haute pression.....	7
Figure 3	Pompe d'alimentation.....	7
Figure 4	Contrôleur de température.....	7
Figure 5	Réacteur incliné pour le nettoyage et la récupération des solides.....	7
Figure 6	Montage du disque de rupture.....	8
Figure 7	Chambre de dépressurisation.....	8
Figure 8	Système de vidange.....	9
Figure 9	Opération de vidange du liquide surnageant.....	9
Figure 10	Préparation des solutions.....	11
Figure 11	Ajout de shale et agent de soutènement dans le réacteur.....	11
Figure 12	Emplacement géographique des échantillons de shale pour les corridors 1 et 2.....	12
Figure 13	Montage.....	17
Figure 14	Source d'ionisation par électronébuliseur (ESI).....	19
Figure 15	ESI+ (IONISATION POSITIVE).....	20
Figure 16	ESI- (IONISATION NÉGATIVE).....	20
Figure 17	ESI+ (section entre 200 et 210 m/e).....	21
Figure 18	Isolation de l'ion moléculaire de la diéthanolamine (M, M+1 et M+2) ESI+ (IONISATION POSITIVE) pour recherche de la formule brute.....	22
Figure 19	Recherche de la formule brute de la diéthanolamine ESI+ (IONISATION POSITIVE).....	22
Figure 20	Spectre infrarouge.....	23
Figure 21	Partie non volatile soluble dans l'hexane, spectre infrarouge.....	25
Figure 22	Partie non volatile insoluble dans l'hexane, spectre infrarouge.....	26
Figure 23	Partie non volatile soluble dans l'eau, spectre infrarouge.....	27
Figure 24	Courbe de pompage de la pompe d'alimentation.....	32
Figure 25	Variation de température de l'unité pilote.....	32
Figure 26	Solution libérant du gaz.....	34

TABLE DES MATIÈRES (suite)

Page

Liste des figures (suite)

Figure 27	Solution après réaction	34
Figure 28	Solution après simulation de l'étape 2.....	36
Figure 29	Solution après simulation de l'étape 3.....	36
Figure 30	Shale broyé	37
Figure 31	Vitesse de biodégradation.....	60

Liste des tableaux

TABLEAU 1	SPÉCIFICATION DU RÉACTEUR.....	6
TABLEAU 2	ADDITIFS CONTENUS DANS LES SOLUTIONS DE PRÉ- CONDITIONNEMENT (« SPEARHEAD »).....	10
TABLEAU 3	ADDITIFS CONTENUS DANS LES FLUIDES DE FRACTURATION (« SLICKWATER »).....	10
TABLEAU 4	PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL DE L'ÉTAPE 0.....	14
TABLEAU 5	PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL DE L'ÉTAPE 1.....	14
TABLEAU 6	PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL DE L'ÉTAPE 1B	15
TABLEAU 7	PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL DE L'ÉTAPE 2.....	15
TABLEAU 8	PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL DE L'ÉTAPE 3.....	16
TABLEAU 9	ANALYSES CHIMIQUES RÉALISÉES AU CRIQ	18
TABLEAU 10	CONDITIONS EXPÉRIMENTALES	30
TABLEAU 11	IDENTIFICATION DES SUBSTANCES UTILISÉES	31
TABLEAU 12	COMPOSÉS CHIMIQUES CONTENUS DANS LES SOLUTIONS DE PRÉ-CONDITIONNEMENT (« SPEARHEAD »)	34
TABLEAU 13	COMPOSÉS CHIMIQUES CONTENUS DANS LES SOLUTIONS DE FRACTURATION HYDRAULIQUE (« SLICKWATER »).....	35
TABLEAU 14	CALENDRIER DE RÉALISATION DES ESSAIS	38
TABLEAU 15	pH DES SOLUTIONS DE L'ÉTAPE 0	40

TABLE DES MATIÈRES (suite)

Page

Liste des tableaux (suite)

TABLEAU 16	EFFET DE DIFFÉRENTS SHALES (C1 ET C2) SUR LE COMPORTEMENT DES SOLUTIONS DE PRÉ-CONDITIONNEMENT POUR L'ÉTAPE 1	41
TABLEAU 17	ÉVOLUTION SP1 ET SP2 PENDANT L'ÉTAPE 1	42
TABLEAU 18	pH DES SOLUTIONS DE L'ÉTAPE 1B.....	43
TABLEAU 19	COMPARAISON SHALE CORRIDORS 1 ET 2 POUR L'ÉTAPE 1B.....	44
TABLEAU 20	ÉVOLUTION DES SOLUTIONS SP1, SL1 ET SL4 PENDANT L'ÉTAPE 1B	44
TABLEAU 21	ÉVOLUTION DES SOLUTIONS SP2, SL2 ET SL3 PENDANT L'ÉTAPE 1B	45
TABLEAU 22	EFFET DES SOLUTIONS SL UTILISÉES PENDANT L'ÉTAPE 1B SUR LES SOLUTIONS SP APRÈS RÉACTION DE L'ÉTAPE 1	46
TABLEAU 23	pH DES SOLUTIONS DE L'ÉTAPE 2	47
TABLEAU 24	INFLUENCE DU SABLE SUR LES RÉACTIONS CHIMIQUES	47
TABLEAU 25	EFFET DES SOLUTIONS SL UTILISÉS PENDANT L'ÉTAPE 2 SUR LES SOLUTIONS SP APRÈS RÉACTION DE L'ÉTAPE 1	48
TABLEAU 26	CALENDRIER DE RÉALISATION DES ESSAIS	49
TABLEAU 27	SUIVRE L'ÉVOLUTION DES COMPOSÉS DANS LE TEMPS LORS DE L'ENTREPOSAGE À TEMPÉRATURE PIÈCE ET À LA LUMIÈRE	49
TABLEAU 28	SUIVRE L'ÉVOLUTION GÉNÉRIQUE DES RÉACTIONS COMPLÈTES JUSQU'À LA FIN DES ÉTAPES 2 ET 3.....	51
TABLEAU 29	DEMANDE THÉORIQUE EN OXYGÈNE	53
TABLEAU 30	DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGÈNE.....	53
TABLEAU 31	CROISSANCE OBSERVÉE LORS DE L'ÉVALUATION DE LA TOXICITÉ....	54
TABLEAU 32	CONSOMMATION D'OXYGÈNE DANS LE TEMPS (SÉRIE 1).....	56
TABLEAU 33	CONSOMMATION D'OXYGÈNE DANS LE TEMPS (SÉRIE 2).....	57
TABLEAU 34	CONSOMMATION D'OXYGÈNE DANS LE TEMPS (REPRISE DU CATEMOL)	57
TABLEAU 35	BIODÉGRADABILITÉ (SÉRIE 1)	58
TABLEAU 36	BIODÉGRADABILITÉ (SÉRIE 2)	59
TABLEAU 37	BIODÉGRADABILITÉ (REPRISE DU CATEMOL)	59

SOMMAIRE

En mai 2011, le ministre du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP) a formé le Comité de l'évaluation environnementale stratégique (ÉES) sur le gaz de shale à la suite de la recommandation formulée par le Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE). Ce comité est appuyé dans son mandat par le Bureau de coordination sur les évaluations stratégiques (BCÉS). Une des études de ce plan de réalisation consistait à évaluer la toxicité des additifs utilisés et des sous-produits formés, et par extension des eaux générées lors de la fracturation hydraulique. C'est dans ce contexte que le BCÉS a mandaté le CRIQ afin de leur apporter un support technique pour la réalisation d'une étude sur la simulation des conditions de fracturation hydraulique du gaz de shale à l'échelle laboratoire ainsi que des essais de biodégradabilité sur neuf substances identifiées par le Centre d'expertise et d'analyse environnementale du Québec (CEAEQ).

Volet 1 : Étude de simulation des conditions de fracturation

L'objectif de l'étude de simulation visait à reproduire aussi fidèlement que possible les conditions et séquences d'une fracturation réelle. Cette simulation à l'échelle laboratoire a permis d'observer le comportement des composés chimiques contenus dans les différentes solutions mises à l'essai. Pour y arriver, une unité pilote fonctionnant à haute pression a été conçue par le CRIQ. Les différentes séquences d'injection de produits habituellement utilisés lors d'une fracturation ont été adaptées par le CRIQ conjointement avec le BCÉS afin de tenir compte des réalités laboratoires.

Les échantillons de shale utilisés pour les essais proviennent de la formation géologique d'Utica au Québec. De plus, le BCÉS a fourni au CRIQ les compositions des différentes solutions généralement utilisées dans l'industrie.

Afin d'observer le comportement des composés chimiques contenus dans les différentes solutions mises à l'essai, des analyses chimiques semi-quantitatives ont été réalisées au CRIQ et au CEAEQ. Il est important de mentionner que ce genre d'analyses présente certaines limitations quant à la précision des résultats. L'interprétation de tous les résultats obtenus permet d'émettre les conclusions suivantes :

- L'utilisation d'échantillons de shale du corridor 1 ou 2 dans le réacteur en contact avec les mêmes solutions de pré-conditionnement ou les fluides de fracturation ne présente pas de différence significative sur l'évolution des composés chimiques;
- L'utilisation d'un agent de soutènement (sable) n'a pas d'impact mesurable sur la concentration, la formation ou la disparition de composés chimiques;
- L'entreposage des eaux de reflux pour une période de huit jours à la température ambiante (20 °C) et sous la lumière n'a pas démontré d'effet significatif;
- Pour tous les essais, la concentration des composés chimiques contenus dans les solutions de pré-conditionnement est réduite lorsqu'en contact avec les fluides de fracturation. De plus, la stabilité des produits contenus dans les solutions de pré-conditionnement fait en sorte qu'il n'y a aucune formation ou disparition de composés chimiques lorsqu'en contact avec les fluides de fracturation.

L'analyse de l'évolution des composés chimiques entre le début et la fin des différentes étapes de simulation des conditions de fracturation permettent de faire ressortir les tendances générales suivantes. À titre de rappel, la tentative d'identification des composés chimiques a été réalisée à partir des formules chimiques brutes. Comme il existe une incertitude associée à cette tentative d'identification, les composés comportant la même formule brute pourraient avoir un autre nom de par un agencement moléculaire différent.

- Mélange SP1/SL1
 - Légère réduction de la concentration des composés chimiques;
 - Nouveaux composés chimiques formés : cétone ou aldéhyde aliphatique et alkyl oxazole;
 - Composé chimique disparu : polyoxyéthylène.
- Mélange SP1/SL4
 - La concentration des composés chimiques est similaire;
 - Nouveaux composés chimiques formés: cétone ou aldéhyde aliphatique et alkyl oxazole, acide glycolique, acide phtalique;
 - Composé chimique disparu : polyoxyéthylène.
- Mélange SP2/SL2
 - Réduction de la concentration des composés chimiques;
 - Nouveaux composés chimiques formés: polyoxyéthylène, cétone ou aldéhyde aliphatique, acide acétique, éthylène glycol, acide glycolique, acide coumalique, acide muconique, acide benzène tricarboxylique;
 - Composé chimique disparu : aucun d'observable.
- Mélange SP2/SL3
 - Réduction de la concentration des composés chimiques;
 - Nouveaux composés chimiques formés : polyoxyéthylène et cétone ou aldéhyde aliphatique, glyoxal, éthanol, acide acétique, acide dehydroacétique, dichloroethane, acide glycolique, acide phthalique, acide coumalique, ribose, acide benzène tricarboxylique, polyamines oxydé;
 - Composé chimique disparu : aucun d'observable en fonction des méthodes analytiques utilisées.

Volet 2 : Biodégradation

Les résultats des essais de biodégradation selon la méthode OCDE 302C permettent de conclure que sur les huit produits mis à l'essai, six ne sont pas biodégradables et deux sont entièrement biodégradables. Lors de la réalisation des travaux, il n'a pas été possible de se procurer un produit représentant les composés d'acides gras et d'huile de Tall. En ce sens, huit produits ont été analysés au lieu de neuf.

Pour terminer, à notre connaissance, le MDDEFP est le seul à travers le monde à posséder un réacteur fonctionnant à haute pression en mesure de réaliser des essais de simulation des conditions de fracturation. En ce sens, plusieurs industries, centres de recherche ou institutions académiques auront accès à cet équipement et aux connaissances acquises en vue de réaliser des essais à l'échelle pilote sans investir des sommes considérables dans la construction de puits. De plus, les fournisseurs d'additifs de fracturation pourront également bénéficier de ce réacteur pour leurs besoins afin d'améliorer les additifs en vue de réduire leurs empreintes écologiques.

1. MISE EN CONTEXTE

En mai 2011, le ministre du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP) a formé le Comité de l'évaluation environnementale stratégique (ÉES) sur le gaz de shale à la suite de la recommandation formulée par le Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE) concernant la réalisation d'une ÉES. Ce comité a pour objectif de préparer un plan de réalisation de l'ÉES et de s'assurer de sa mise en œuvre en se basant sur les quatre objectifs suivants proposés par le BAPE¹ :

- L'évaluation économique établissant la pertinence socioéconomique de l'exploitation de la ressource gazière et les conditions assurant une maximisation des revenus pour l'État;
- L'évaluation des impacts et des risques environnementaux, des facteurs influant sur l'acceptabilité sociale et des méthodes de mitigation appropriées;
- La définition des orientations et des paramètres d'une réglementation encadrant l'évaluation environnementale des projets d'exploration et d'exploitation gazières et leur réalisation, applicable à la Vallée du Saint-Laurent et, si possible, ailleurs au Québec;
- L'évaluation de la pertinence de mettre en place des observatoires scientifiques afin d'acquérir en continu des connaissances et d'assurer une mise à jour évolutive de la réglementation.

Il est appuyé dans son mandat par le Bureau de coordination sur les évaluations stratégiques (BCÉS). Une des études de ce plan de réalisation consiste à évaluer la toxicité des additifs utilisés et des sous-produits formés, et par extension des eaux générées lors de la fracturation. En ce sens, l'étude sur la toxicité comportait trois volets, soit :

- L'étude théorique des réactions chimiques possibles des différents additifs utilisés lors de la réaction de fracturation et des sous-produits potentiellement formés;
- L'étude relative à la biodégradabilité de certaines substances;
- Les essais de simulation des conditions de fracturation en laboratoire afin de comprendre le comportement des composés chimiques contenus dans les additifs en contact avec les shales et de valider les hypothèses émises lors de l'étude théorique.

¹ Source : <http://ees-gazdeschiste.gouv.qc.ca/le-comite/son-mandat/>.

C'est dans ce contexte que le BCÉS a mandaté le CRIQ afin de leur apporter un support technique pour la réalisation de l'étude sur la simulation des conditions de fracturation à l'échelle laboratoire ainsi que des essais sur la biodégradabilité de certaines substances contenues dans les additifs.

2. MANDAT

Le mandat du CRIQ, dans le cadre de ce projet, comportait deux volets, à savoir :

- Simuler à l'aide d'une unité pilote à l'échelle laboratoire les conditions de fracturation hydraulique du gaz de shale;
- Tester la biodégradabilité de neuf substances identifiées par le Centre d'expertise et d'analyse environnementale du Québec (CEAEQ) partenaire du projet.

Plus spécifiquement les travaux comprenaient :

- La conception et l'installation d'une unité pilote de simulation au CRIQ;
- L'acquisition des additifs et différents produits nécessaires aux essais;
- La réalisation d'essais de fracturation selon les différentes séquences d'injection de produits habituellement utilisés lors d'une fracturation et sélectionnés par le BCÉS;
- L'adaptation des séquences en fonction des réalités laboratoires réalisée conjointement avec le BCÉS;
- La production d'eaux usées pour être analysées au CEAEQ;
- Le développement de méthodes analytiques spécifiques à des fins d'identification des sous-produits potentiellement formés;
- La réalisation d'analyses chimiques telles que le pH, les balayages par spectrométrie infrarouge (FTIR) et par spectrométrie de masse (MSMS-ESI);
- Des essais de biodégradation.

L'objectif de ces travaux était de permettre aux partenaires du projet (Direction du suivi de l'état de l'environnement (DSÉE), du CEAEQ et du MDDEFP) d'évaluer la toxicité des eaux à partir des résultats obtenus lors de cette étude, et ce, à quatre niveaux :

1. Le comportement des composés chimiques contenus dans les additifs utilisés lors de la simulation;
2. Les sous-produits formés lors de cette simulation;
3. La validation des conclusions de l'étude théorique réalisée par une tierce personne sur les réactions des différents additifs utilisés;
4. Documenter le potentiel de persistance dans l'environnement de certains composés chimiques contenus dans les additifs.

3. DESCRIPTION DES TRAVAUX

La présente section se divise en deux volets. Le premier volet présente la description des travaux concernant les essais de simulation des conditions de fracturation en laboratoire afin de comprendre le comportement des composés chimiques contenus dans les additifs. Le deuxième volet touche la biodégradabilité de neuf substances identifiées par le CEAEQ.

3.1 Volet 1 - essais de simulation des conditions de fracturation hydraulique à l'échelle laboratoire

Le volet 1 se divise selon les trois sections suivantes :

- Description du montage expérimental;
- Méthodologies des essais de simulation des conditions de fracturation;
- Méthodes et protocoles analytiques utilisés pour l'interprétation des résultats.

3.1.1 Montage expérimental

Dans le cadre du projet, une unité pilote a été conçue par le CRIQ pour le MDDEFP afin de réaliser des essais de simulation des conditions de fracturation hydraulique à l'échelle laboratoire. Le montage comprend une pompe d'alimentation des réactifs permettant également d'augmenter la pression, un réacteur à haute pression, un contrôleur de température et une chambre de dépressurisation. De plus, un système de vidange des liquides contenus dans le réacteur utilisant une pompe à vide a été utilisé. La figure 1 présente un schéma sommaire du montage pour la réalisation des essais de simulation.

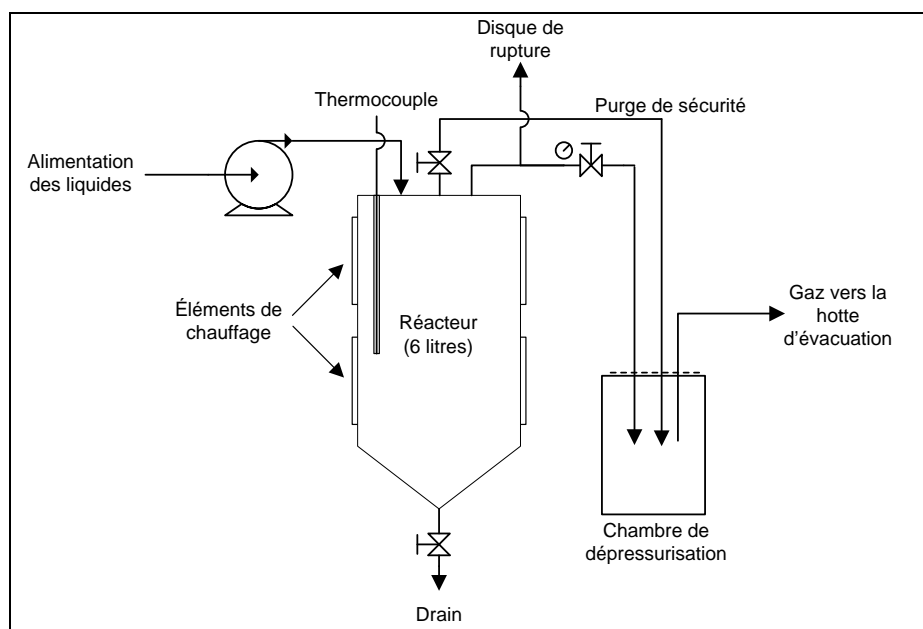


Figure 1 Schéma de l'unité pilote

3.1.1.1 Pompe d'alimentation et réacteur haute pression

Les données utilisées pour la conception de l'unité pilote reposent sur les conditions de fracturation répertoriées par le MDDEFP. Ainsi, la pression d'opération lors des essais de fracturation était entre 20 et 60 MPa à une température de 60 °C. Le débit minimal de la pompe devait être de 200 ml/min. De plus, le réacteur devait être en mesure de résister aux produits chimiques et plus particulièrement à l'acide chlorhydrique concentré. Ainsi, un réacteur fonctionnant à très haute pression a été fabriqué selon nos spécifications par la compagnie « Parker Autoclave Engineers ». De plus, afin de faciliter le nettoyage du réacteur et la récupération des solides, il a été prévu qu'il soit inclinable.

Une fois installé, des essais de mise en eau avec montée en pression et variation de la température ont été réalisés afin de vérifier la présence de fuites, de comprendre le comportement du système face à des variations de température et de pression et de se familiariser avec les manipulations pour les essais à venir. Le tableau 1 présente les spécifications du réacteur tel que conçu.

TABLEAU 1 SPÉCIFICATION DU RÉACTEUR

Paramètre	Spécification
Capacité	6 litres
Diamètre interne	11,4 cm
Hauteur interne	61,5 cm
Matériel de fabrication pour résistance chimique	Hastelloy C276
Pression maximale d'opération	103 MPa (15 000 psi)
Éléments chauffants	2 X 2 500 watts
Température maximale d'opération	150 °C
Débit maximal de la pompe d'alimentation	320 ml/min (6 litres en 19 minutes)
Disque de rupture en cas de surpression	98 MPa
Précision de la pression d'opération	60 ± 0,69 MPa
Précision du contrôle de la température	60 ± 5°C
Temps pour stabiliser la température interne	Une heure
Variation de la pression en fonction de la température à 60 MPa	Eau : 1,24 MPa / °C HCl 15 % : 1,03 MPa / °C

Les principaux éléments du réacteur sont présentés aux figures 2 à 5.

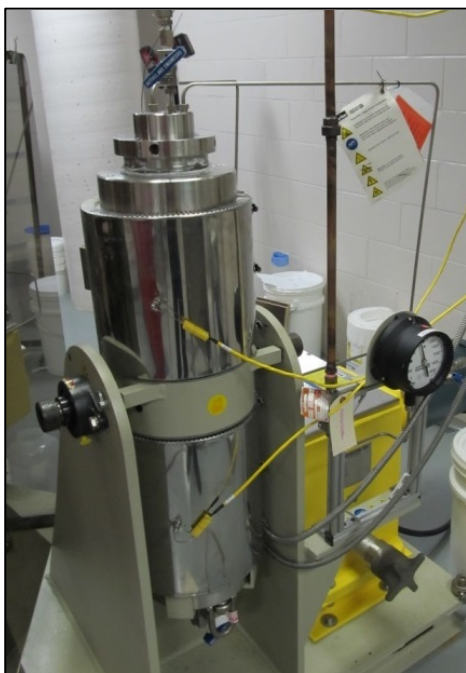


Figure 2 Réacteur haute pression



Figure 3 Pompe d'alimentation



Figure 4 Contrôleur de température



Figure 5 Réacteur incliné pour le nettoyage et la récupération des solides

Il convient de mentionner qu'il y avait sur le système un disque de rupture calibré à 98 MPa afin d'éviter que la pression ne dépasse la limite maximale pour laquelle le réacteur a été conçu.

En cas de surpression dans le réacteur, le disque de rupture éclate et permet au réacteur de se dépressuriser rapidement. Lors de l'opération du système, divers produits chimiques potentiellement toxiques et corrosifs ont été utilisés. En ce sens, la sortie du disque de rupture devait être dirigée vers un lieu sécuritaire. Pour ce faire, la conception de cette ligne présentée à la photo 5 a été faite par le CRIQ. Ainsi, il a été déterminé qu'un tuyau en cuivre d'un diamètre de 1,27 cm en utilisant des soudures en argent était suffisant pour supporter un choc de pression en cas de rupture. Une partie du montage est présentée à la figure 6.

3.1.2 Chambre de dépressurisation

Avant l'ouverture du réacteur, le système devait être dépressurisé. Il est important de mentionner qu'en cours de réaction, du gaz est produit. Ainsi, la chambre de dépressurisation présentée à la figure 7 permet de récupérer les liquides et d'acheminer le gaz vers une hotte de ventilation.



Figure 6 Montage du disque de rupture



Figure 7 Chambre de dépressurisation

3.1.2.1 Système de vidange des liquides surnageant

À la fin d'un essai, le liquide surnageant doit être récupéré pour être analysé. En ce sens, une pompe à vide munie d'erlenmeyers a été utilisée tel que présenté aux figures 8 et 9.



Figure 8 Système de vidange



Figure 9 Opération de vidange du liquide surnageant

3.1.3 Méthodologies des essais de simulation des conditions de fracturation

L'objectif de l'étude n'était pas de fracturer le shale, mais de reproduire aussi fidèlement que possible les conditions et séquences d'une fracturation réelle. Cette simulation à l'échelle laboratoire visait donc à observer le comportement des composés chimiques contenus dans les différentes solutions mises à l'essai. À l'échelle industrielle, la séquence complète d'une fracturation hydraulique se divise selon les deux phases suivantes :

Phase 1 : Injection d'une solution acide de pré-conditionnement (« *spearhead* » - SP) afin de nettoyer les puits d'injection et de permettre au fluide de fracturation d'entrer en contact avec le shale;

Phase 2 : Injection sous haute pression d'un mélange de produits appelé fluide de fracturation (« *slickwater* » - SL) suivi de l'ajout d'un agent de soutènement afin de libérer le gaz naturel. L'agent de soutènement est constitué de sable de silice possédant une granulométrie particulière dont la fonction lors d'une fracturation hydraulique est de maintenir les fissures ouvertes.

Le volume de la solution SP injecté dans un puits par rapport à la solution SL suit généralement un ratio de 1:200.

La présente section comprend une description des additifs chimiques utilisés, de la méthode de préparation des échantillons de shale et des séquences et protocoles de réalisation des essais.

3.1.3.1 Additifs chimiques

La réalisation des essais de simulation des conditions de fracturation requiert l'utilisation de solutions de pré-conditionnement et de fluide de fracturation. Les additifs chimiques contenus dans les différentes solutions ont des rôles précis tels que présentés aux tableaux 2 et 3. En ce sens, le BCÉS a fourni au CRIQ les compositions des différentes solutions généralement utilisées dans l'industrie. Ainsi deux solutions de pré-conditionnement (SP1 et SP2) et quatre mélanges de fluides de fracturation (SL1 à SL4) ont été préparés pour la réalisation des essais.

TABLEAU 2 ADDITIFS CONTENUS DANS LES SOLUTIONS DE PRÉ-CONDITIONNEMENT (« SPEARHEAD »)

SP1	SP2
Acide chlorhydrique 15 %	Acide chlorhydrique 15 %
Agent de contrôle du fer	Agent de contrôle du fer
Inhibiteur de corrosion	Inhibiteur de corrosion
Anti-émulsifiant	Anti-émulsifiant
Anti-mousse	Anti-mousse
	Additif acide

TABLEAU 3 ADDITIFS CONTENUS DANS LES FLUIDES DE FRACTURATION (« SLICKWATER »)

SL1	SL2	SL3	SL4
Eau	Eau	Eau	Eau
Réducteur de friction	Réducteur de friction	Réducteur de friction	Gel
Surfactant	Brisant ¹	Surfactant	Correcteur de pH
Agent de contrôle de l'argile	Agent de soutènement	Brisant ¹	Agent de contrôle de l'argile
Agent de soutènement		Agent de soutènement	Agent de réticulation
			Surfactant
			Brisant ¹
			Agent de soutènement

¹ Brisant : additif permettant de briser la structure gélifiée du fluide pour faciliter son retour hors du puits (eau de reflux).

Les figures 10 et 11 présentent les méthodes de mélange des différentes solutions et d'ajout de shale et d'agent de soutènement dans le réacteur de 6 litres.



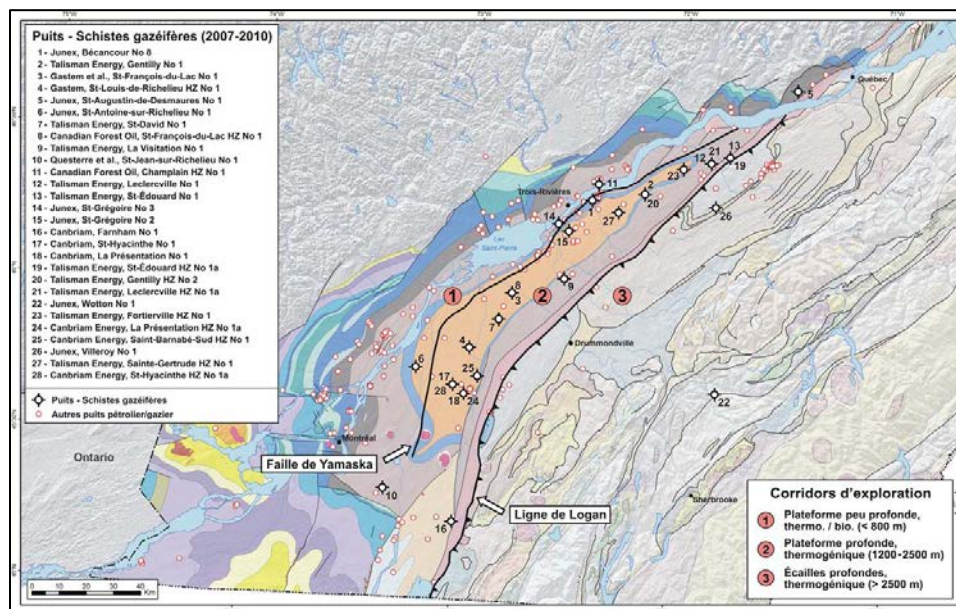
Figure 10 Préparation des solutions



Figure 11 Ajout de shale et agent de soutènement dans le réacteur

3.1.3.2 Préparation des échantillons de shale

En ce qui concerne les shales utilisés pour les essais, le MDDEFP a été en mesure de se procurer des échantillons de la formation géologique d'Utica. La figure 12 présente le positionnement géographique d'où proviennent les échantillons des deux corridors.



Source : Jean-Yves Laliberté, ing., M. Sc. Direction générale des hydrocarbures et des biocarburants, Ressources Naturelles et Faune Québec, BAPE, Développement durable de l'industrie des gaz de schiste au Québec (DB4) Octobre 2010.

Figure 12 Emplacement géographique des échantillons de shale pour les corridors 1 et 2

Ainsi, deux échantillons composites préparés à partir de trois échantillons provenant du corridor 1 et de quatre échantillons provenant du corridor 2 ont été testés (C1 et C2). C'est donc 16 kg du corridor 1 et 22 kg du corridor 2 qui ont été obtenus. Ainsi, en considérant le nombre d'essais à réaliser, la quantité de shale disponible, la représentativité d'un échantillon de shale et le niveau de broyage requis, il a été déterminé qu'un kilogramme de shale serait utilisé par essai.

Afin de correspondre à la réalité industrielle, les échantillons devaient être broyés pour obtenir une surface de contact représentative. Selon les informations obtenues d'un fournisseur d'additifs de fracturation, la surface exposée de shale par litre de liquide injecté est approximativement de 20 000 cm². Ainsi, pour le réacteur de 6 litres, les échantillons doivent être broyés afin d'obtenir une surface de contact approximative de 120 000 cm². Pour y arriver, trois essais de broyage ont été réalisés au Consortium de recherche appliquée en traitement et transformation des substances minérales (COREM) à l'aide d'un broyeur à rouleau dont l'ouverture a été ajustée à 4, 6 et 8 mm. Par la suite, une analyse granulométrique a été réalisée sur les trois échantillons afin de permettre le calcul de la surface approximative. La méthode de calcul développée est la suivante :

Si on prend par exemple, les shales retenus sur un tamis d'ouverture de 1,7 mm et que le tamis supérieur a des ouvertures de 6,3 mm, il s'agit donc d'un diamètre moyen de 4 mm. En utilisant le volume d'une sphère de 4 mm, la masse de shale retenue et une masse volumique de 2,8 g/cm³, il est possible de déterminer le nombre de sphères. À partir de ce nombre et connaissant la surface d'une sphère de 4 mm, la surface totale a été calculée, et ce, pour chacune des fractions de l'analyse granulométrique.

Il s'agit par la suite de déterminer quelle ouverture de broyeur permet de se rapprocher de la surface de contact requise. Suite à ce résultat, tous les échantillons ont été broyés puis séparés en lot d'un kilogramme par le COREM de façon à assurer l'homogénéité des échantillons.

3.1.3.3 Séquences et protocoles de réalisation des essais à l'aide de l'unité pilote

L'objectif des essais consistait à évaluer le comportement des composés chimiques contenus dans les additifs utilisés et des sous-produits formés lors des différentes phases du processus de fracturation. Pour y arriver, les deux phases de fracturation hydraulique ont été intégrées aux étapes suivantes :

- Étape 0 : Déterminer l'effet du trempage du shale dans de l'eau déchlorée. L'objectif consistait à identifier les composés ou éléments libérés des shales (C1 et C2) par l'eau;
- Étape 1 : Déterminer l'effet de l'acide chlorhydrique 15 % seul et des solutions de pré-conditionnement « spearhead » (SP1 et SP2) sur les shales. L'objectif consistait dans un premier temps à identifier les composés ou éléments libérés du shale lorsqu'en contact avec l'acide seul. L'autre objectif visait à évaluer les transformations chimiques qui se sont produites dans ces conditions acides ainsi que les nouveaux produits formés;
- Étape 1B : Comparer les différents mélanges et noter les changements dans la composition en présence de C1 et C2 (SP1/SL1, SP1/SL4, SP2/SL2 et SP2/SL3). L'objectif consistait à évaluer les transformations chimiques qui se sont produites dans les conditions de fracturation ainsi que les nouveaux produits formés;
- Étape 2 : Déterminer l'effet du sable sur les transformations chimiques dans les différents mélanges en présence de C2 (SP1/SL1, SP1/SL4, SP2/SL2 et SP2/SL3). L'objectif consistait à évaluer le rôle du sable dans les réactions chimiques;
- Étape 3 : Déterminer l'effet du temps d'entreposage à la température ambiante et de la lumière sur les eaux de reflux suite à une simulation de fracturation hydraulique. Deux combinaisons de solutions ont été choisies pour les essais en présence de C2 (SP1/SL4 et SP2/SL3). L'objectif consistait à suivre l'évolution des composés chimiques dans le temps lors de l'entreposage dans les bassins.

De plus, un autre objectif consistait à suivre l'évolution des composés chimiques pour les réactions complètes soient des solutions avant réaction jusqu'à la fin des étapes 2 et 3.

Les protocoles expérimentaux retenus pour reproduire ces différentes étapes ont été élaborés conjointement avec le BCÉS et sont présentés aux tableaux 4 à 8. Les protocoles détaillés se retrouvent à l'annexe A.

TABLEAU 4 PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL DE L'ÉTAPE 0

Étape	Échantillon	Protocole	Nombre d'essais
0 Trempage	C1 et C2	Placer l'échantillon de shale dans le réacteur préchauffé à 60 °C.	2 essais
		Augmenter la pression pendant 20 minutes en pompant de l'eau déchlorée jusqu'à atteindre 60 MPa.	
		Maintenir la pression pendant 24 heures à une température de 60 °C.	
		Diminuer la pression le plus rapidement possible sans perdre de produit et prélever l'eau de réaction pour analyses.	

TABLEAU 5 PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL DE L'ÉTAPE 1

Étape	Échantillon	Protocole (SP1 ET SP2)	Nombre d'essais
1 (HCl 15 % seul, solutions SP1/HCl et SP2/HCl)	C1 et C2	Placer l'échantillon de shale dans le réacteur préchauffé à 65 °C.	6 essais
		Augmenter la pression pendant 20 minutes en pompant la solution jusqu'à atteindre 60 MPa.	
		Maintenir la pression pendant 30 minutes à une température de 60 °C.	
		Diminuer la pression le plus rapidement possible sans perdre de produit et prélever l'eau de réaction pour analyses.	
		Congeler une partie de l'eau de réaction pour la réalisation des étapes suivantes.	

TABLEAU 6 PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL DE L'ÉTAPE 1B

Étape	Échantillon	Protocole (SP1/SL1, SP1/SL4, SP2/SL2 ET SP2/SL3)	Nombre d'essais
1B Fluide de fracturation	C1 et C2	Mélanger une portion de l'eau de réaction obtenue à l'étape 1 avec le shale selon une proportion volumique de 1:200 par rapport au fluide de fracturation. Attendre 30 minutes pour que la réaction de stabilisation du pH soit complète.	8 essais
		Placer l'échantillon de shale dans le réacteur préchauffé à 65 °C.	
		Ajouter 4 litres de fluide de fracturation puis mélanger le tout.	
		Augmenter la pression pendant 20 minutes en pompant le fluide de fracturation jusqu'à atteindre 60 MPa.	
		Maintenir la pression pendant 4 heures à une température de 60 °C.	
		Diminuer la pression le plus rapidement possible sans perdre de produit.	
		Mélanger le tout et prélever l'eau de réaction pour analyses.	

TABLEAU 7 PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL DE L'ÉTAPE 2

Étape	Échantillon	Protocole (SP1/SL1, SP1/SL4, SP2/SL2 ET SP2/SL3)	Nombre d'essais
2 Agent de soutènement	C2	Utiliser le même protocole que l'étape 1B, mais pour lequel on ajoute le sable de silice avec le fluide de fracturation avant la montée en pression du réacteur.	4 essais
		Diminuer la pression le plus rapidement possible sans perdre de produit et prélever l'eau de réaction pour analyses.	

TABLEAU 8 PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL DE L'ÉTAPE 3

Étape	Échantillon	Protocole (SP1/SL4 ET SP2/SL3)	Nombre d'essais
3 Eau de reflux	C2	Utiliser le même protocole que l'étape 2 mais lors de la dépressurisation, la pression est réduite à 20 MPa.	4 essais ¹
		Maintenir la pression pendant huit jours et une température de 60 °C.	
		Diminuer la pression le plus rapidement possible sans perdre de produit et prélever une partie de l'eau de réaction.	
		Conserver à la température ambiante et à la lumière puis prendre des aliquotes à 0 heure, 8 heures, 24 heures, 5 jours et 8 jours pour analyses.	

¹ Quatre essais ont été réalisés afin d'obtenir suffisamment de volume de liquide pour réaliser les analyses requises.

À la demande du BCÉS lors des essais de l'étape 1 (HCl 15 % seul pour les échantillons de shales C1 et C2), du gaz a été recueilli lors de la dépressurisation afin d'en déterminer le contenu en composés organiques volatils (COV). C'est le CEAEQ qui a réalisé les analyses et les résultats envoyés au BCÉS pour interprétation. Lors de la dépressurisation, un sac d'échantillonnage de 3 litres en Tedlar, préalablement purgé à l'azote, a été utilisé pour l'échantillonnage du gaz. Ces résultats seront présentés et interprétés dans une autre étude de l'ÉES. Le montage est présenté à la figure 13.



Figure 13 Montage

Pendant toute la durée de l'échantillonnage, une bouteille contenant un réactif et fournie par le CEAEQ a été ouverte dans la pièce afin de capter les COV contenus dans la salle. De plus, un autre sac de 3 litres rempli d'azote a été préparé pour agir à titre de blanc afin de considérer les COV du sac lui-même.

3.1.4 Méthodes et protocoles analytiques utilisés en vue de l'interprétation des résultats

L'évaluation du comportement des composés chimiques contenus dans les additifs utilisés et des sous-produits formés lors des différentes phases du processus de fracturation doit être réalisée par la comparaison des résultats d'analyses chimiques. Pour ce faire, une partie des analyses chimiques ont été réalisées au CRIQ et les méthodes utilisées sont présentées au tableau 9. De plus, lors des essais, toutes les solutions produites ont été envoyées au laboratoire du CEAEQ pour la réalisation d'autres analyses. Les résultats n'ont pas été communiqués au CRIQ et seront traités par le BCÉS dans le cadre d'une autre étude.

TABLEAU 9 ANALYSES CHIMIQUES RÉALISÉES AU CRIQ

Description	pH	MSMS-ESI ¹	FTIR ²	Diéthanolamine Triéthanolamine Complexe polyamine Bétaine de cocamidopropyle	Polymère de thio-urée
Étape 0	√				
Étape 1 (HCl seul)	√				
Solutions contenant SP1	√	√	√		√
Solutions contenant SL4	√	√	√	√	√
Toutes les autres solutions	√	√	√		

¹ Balayage par spectroscopie de masse

² Balayage par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier

3.1.4.1 Procédure d'analyse par spectroscopie de masse (MSMS-ESI)

Les travaux réalisés dans le cadre de cette activité consistaient à effectuer des analyses en spectroscopie de masse sur les échantillons recueillis lors des différents essais en réacteur et de comparer les spectres avec les solutions de départ (SP et SL, et SP+SL) pour étudier le comportement (dégradation, disparition, apparition) de certains composés chimiques impliqués dans les étapes d'une fracturation hydraulique.

L'équipement utilisé était un spectromètre de masse de type hybride Q-TOF qui permet de mesurer la masse exacte des ions. Le terme Q concerne la section quadripôle qui est utilisée comme filtre de la section d'entrée et TOF (Time of Flight) qui compose la section principale de l'analyseur. C'est un équipement fabriqué par la compagnie Waters Limited dont le modèle est le «Micromass Q-Tof Micro».

Les différents échantillons utilisés et produits lors des essais en laboratoire étaient infusés directement dans l'interface de nébulisation après leur neutralisation à pH : 7 avec une solution de NaOH ou d'acide formique selon le pH de départ. Le spectre de masse obtenu (principalement l'ion moléculaire de chacun des composés) permettait l'identification de la formule brute du composé à partir de la masse exacte de l'ion moléculaire. La formule brute d'une substance indique le nombre de chacun des atomes présents dans la molécule. La présence de sodium et d'ions chlorure dans les solutions analysées favorisait la formation de clusters de ces éléments avec l'ion moléculaire selon la polarité utilisée.

La détermination de la formule brute des différents produits présents dans les échantillons a été réalisée de la façon suivante : par exemple l'acide acétique possède la structure chimique suivante : CH₃-COOH et sa formule brute est C₂H₄O₂. Pour obtenir la formule brute d'une substance à l'aide de la spectroscopie de masse, il est nécessaire de mesurer la masse de l'ion moléculaire avec une grande précision (0,001 % ou moins), ainsi la masse exacte de l'acide acétique mesurée à l'aide de l'équipement nous donne 59,0520 (mode ESI-, M-1). Comme chacun des éléments du tableau périodique possède une masse unique non unitaire (dû à la présence d'un ou de plusieurs isotopes naturels) connue avec grande précision, il est possible par calcul à partir de la masse totale de la molécule inconnue, de reconstituer sa formule brute.

Vu la complexité du calcul lorsque plusieurs atomes sont présents dans la molécule, un logiciel fourni par le fabricant du spectromètre de masse permet de retrouver les formules brutes avec une évaluation de leur probabilité à partir de la masse exacte de l'ion moléculaire. Pour l'acide acétique, le calcul est le suivant :

Masse de C = 12,0110, 2C = 24,0220
Masse de H = 1,0079, 4H = 4,0316
Masse de O = 15,9994, 2O = 31,9988
Masse totale calculée = 60,0524; masse totale mesurée en mode ESI- (M-1) = 59,0520 (-7 ppm)

Naturellement, plus la masse de l'ion moléculaire est élevée, plus les probabilités d'obtenir plusieurs formules brutes sont élevées.

L'interface utilisée pour produire des ions était de type ESI. L'interface ESI présentée à la figure 14 (ionisation par électronébuliseur) permet l'ionisation de l'analyte par dispersion de l'éluant sous forme de gouttelettes, l'évaporation du solvant et le chargement subséquent des gouttelettes désolvatées. La nébulisation de l'éluant est obtenue par une méthode électrostatique en appliquant une différence de potentiel élevée (de 3 à 5 kV) à l'extrémité du tube capillaire où l'éluant est éjecté. Cette différence de potentiel permet de produire une séparation de charge à la surface des gouttelettes du liquide. Les ions de polarité identique se concentrent à la surface du liquide et le parcours à la pression atmosphérique de gouttelettes vers la source sous vide permet leur désolvatation et leur désintégration par la force répulsive électrostatique en nano gouttelettes chargées. Finalement, les nano gouttelettes sont transformées en ions avant leur introduction dans le système sous vide de l'analyseur de masse. Cette technique d'introduction nécessite la présence d'analytes chargés (ou facilement ionisables) dans le solvant d'éluant avant leur introduction dans le système d'électronébulisation. Elle est bien adaptée pour l'analyse des espèces ionisées (ions carboxylates, ammonium quaternaires, sulfonates) ou facilement protonables comme les alcools et les amines.

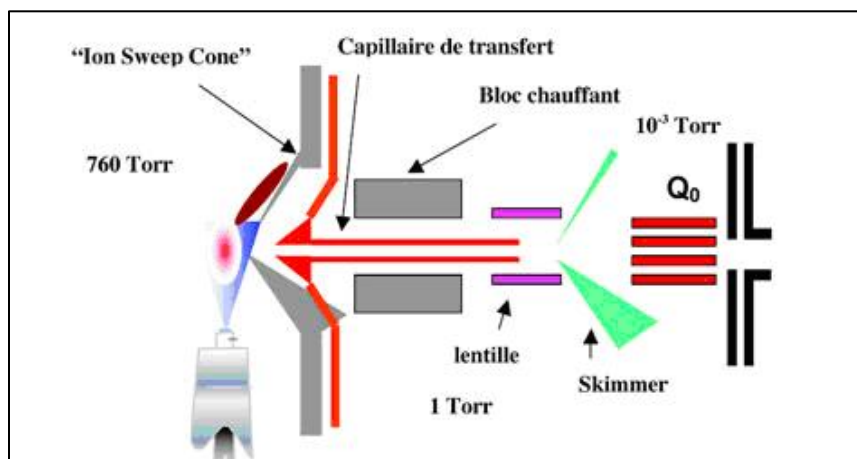


Figure 14 Source d'ionisation par électronébuliseur (ESI)

Les échantillons liquides neutralisés produits lors des essais de simulation de fracturation ont été analysés en modes ESI+ et ESI- après dilution 1:10 ou 1:100 avec une solution d'acétonitrile (20 %) dans l'eau (80 %). Les spectres de masse ont été obtenus par infusion du liquide pendant cinq minutes. Environ 350 spectres de masse ont été enregistrés pendant ce laps de temps. La moyenne des scans 150 à 250 (100 scans de 50 à 1 200 m/e) a été utilisée pour les calculs. Des exemples de moyennes de scans en modes positif et négatif sont présentés aux figures 15 et 16.

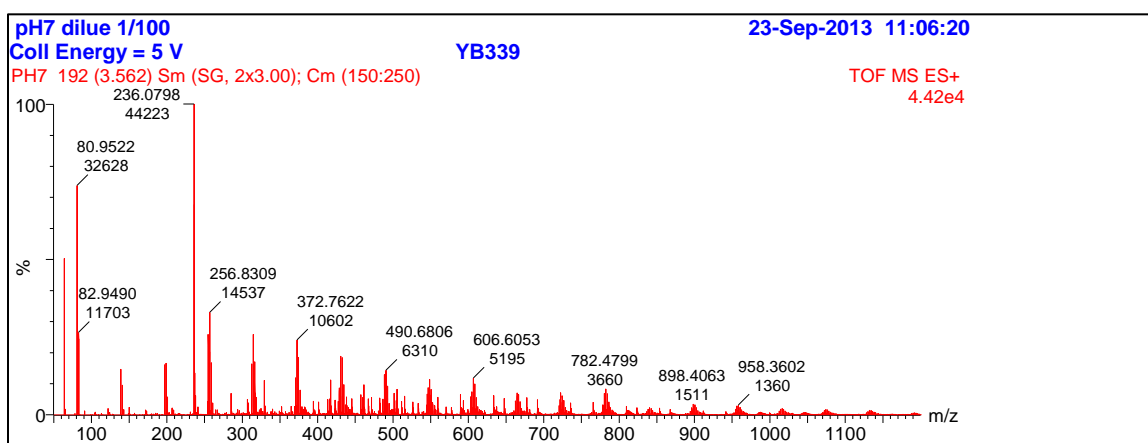


Figure 15 ESI+ (IONISATION POSITIVE)

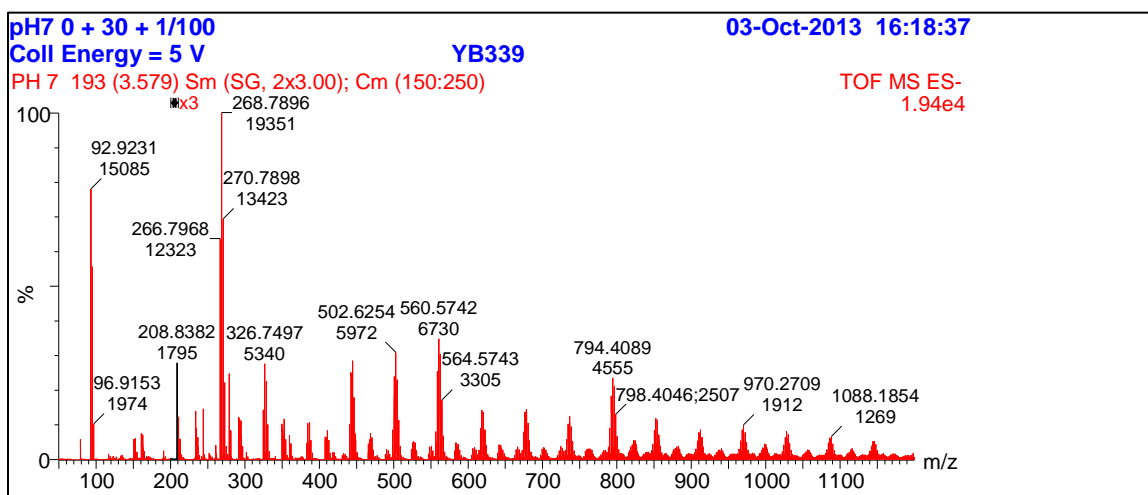


Figure 16 ESI-(IONISATION NÉGATIVE)

La figure 17 présente une section agrandie du même spectre de masse de la figure 15 (mode ESI+) entre les masses 200 et 210 m/e. Cet agrandissement permet d'évaluer la résolution du spectromètre ainsi que le type d'information disponible.

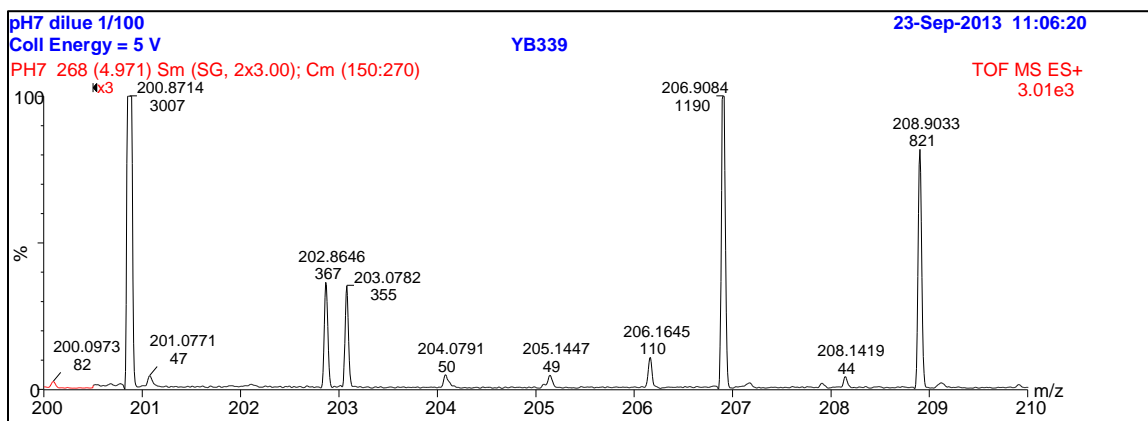


Figure 17 ESI+ (section entre 200 et 210 m/e)

Les spectres de masse des échantillons prélevés lors des essais de simulation ont été par la suite analysés en mode comparatif pour les principaux pics les plus abondants (entre 10 et 50 pics selon la quantité de composés). Les comparaisons entre les spectres de masse (moyenne des scans) ont été réalisées de la façon suivante :

1. Par une mesure comparative de l'intensité des différents pics en mode ESI+ et ESI- . Comme l'analyse réalisée fournit des données semi-quantitatives, une pondération, appelée indice de similitude a été appliquée aux mesures d'intensité pour mieux refléter les différences réelles entre les différents échantillons. Ainsi, un indice de similitude supérieur à 85 % indique que les résultats sont similaires.
2. Par une évaluation de l'apparition ou de la disparition de certains pics majeurs dans les spectres de masse des échantillons comparés. La limite de détection des différentes substances dans le mélange initial en tenant compte de la dilution des échantillons avant l'analyse était d'environ 5 mg/l. C'est cette limite qui détermine l'absence d'un pic dans le spectre de masse.
3. La similitude globale entre les échantillons a été évaluée en tenant compte à part égale de l'intensité relative des pics et de l'apparition ou de la disparition de certains pics.

Dans les essais comparatifs, les pics ayant apparus ou disparus des spectres de masse ont été analysés pour évaluer leur formule brute chimique à l'aide du logiciel MassLinx. La précision de cette analyse est relativement faible dû à la présence d'ions sodium et chlorure qui forment des clusters (agrégats) avec l'ion moléculaire du pic inconnu et qui modifie sa masse. La présence de chlore dans les formules brutes surtout en mode négatif ne signifie pas dans la plupart des cas la présence de dérivés chlorés organiques. De plus, plus la masse de la substance inconnue est élevée et plus le nombre de formules brutes possibles augmente. Le nombre de formules brutes possibles augmente également rapidement si le nombre d'hétéroatomes est élevé dans la substance inconnue.

La formule brute est obtenue de la façon suivante : les ions sélectionnés (l'ion moléculaire et le M+1 et M+2 si présents) sont isolés du spectre de masse (figure 18, note : l'ion 106,5986 ne fait pas partie de la recherche) et compilés dans le logiciel de recherche.

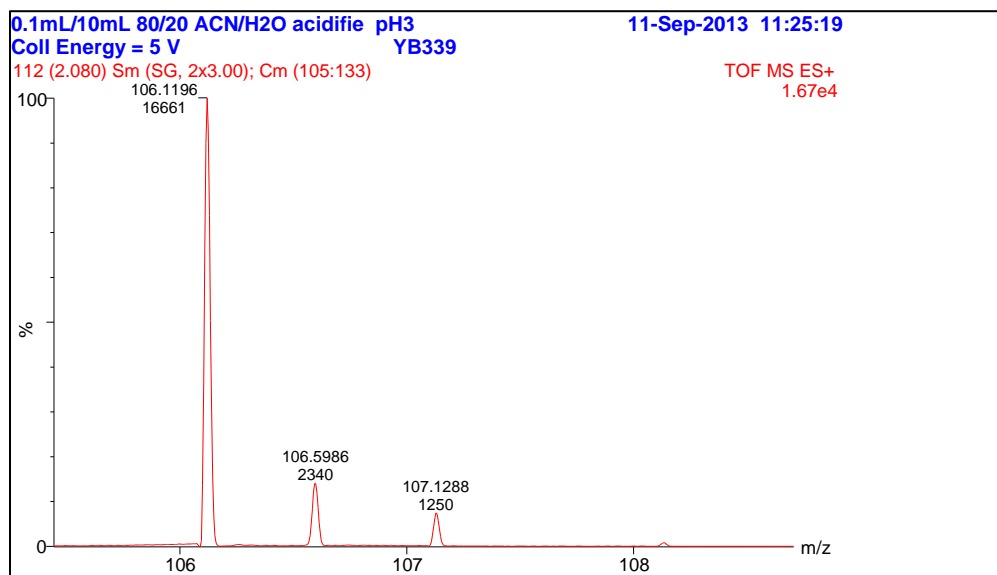


Figure 18 Isolation de l'ion moléculaire de la diéthanolamine (M, M+1 et M+2) ESI+ (IONISATION POSITIVE) pour recherche de la formule brute

Un exemple de données de sortie du logiciel est présenté à la figure 19. Dans cet exemple, la formule brute de la diéthanolamine C₄H₁₂NO₂ arrive en position 5 (masse 106,0868, qui correspond au pic moléculaire + 1H) de la recherche. Les formules sont classées en ordre de probabilité, mais dans cet exemple, les quatre premières formules présentées sont chimiquement improbables ou ne peuvent exister. En présence d'une substance inconnue, il faut donc interpréter chacune des recherches pour rechercher les formules les plus probables chimiquement.

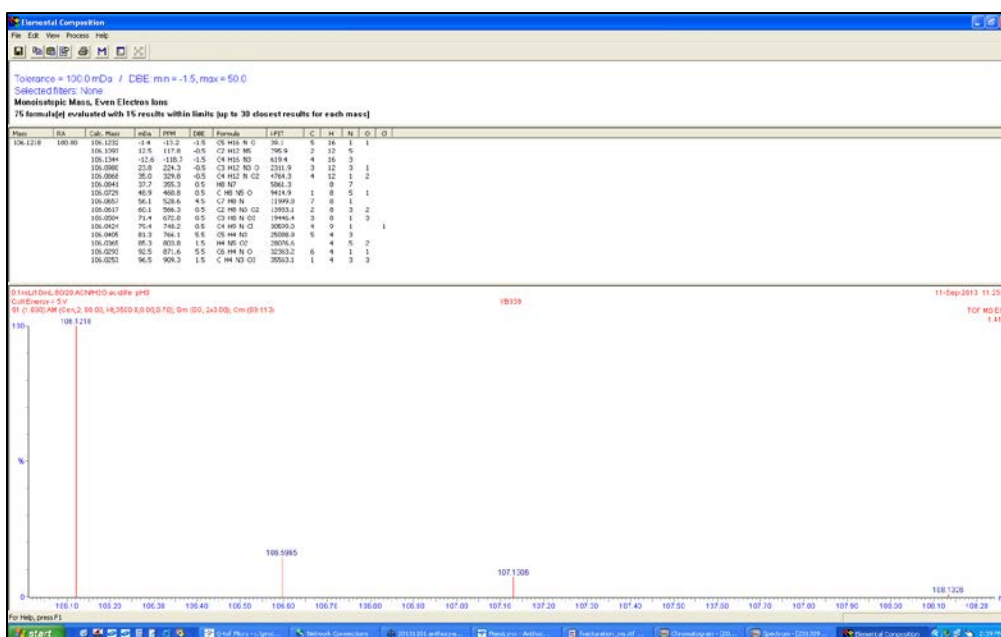


Figure 19 Recherche de la formule brute de la diéthanolamine ESI+ (IONISATION POSITIVE)

3.1.4.2 Procédure d'analyse par spectroscopie infrarouge (FTIR)

Les solutions non neutralisées et non diluées utilisées ou produites lors des essais de simulation ont été analysées directement par spectroscopie infrarouge. Les échantillons ont été déposés sur un microcristal en diamant et analysés en mode réflectance totale atténuée (ATR) à l'aide d'un spectrophotomètre (NICOLET, modèle IS-50) sur une plage de fréquences situées entre 400 à 4 000 cm^{-1} avec une résolution spectrale de 4 cm^{-1} .

Un exemple de spectre infrarouge obtenu est présenté à la figure 20. L'identification des pics dans les spectres a été réalisée par comparaison avec les spectres infrarouges disponibles sur les banques de données numériques Bio-Rad Sadtlers et le logiciel KnowItAll de la compagnie Bio-Rad.

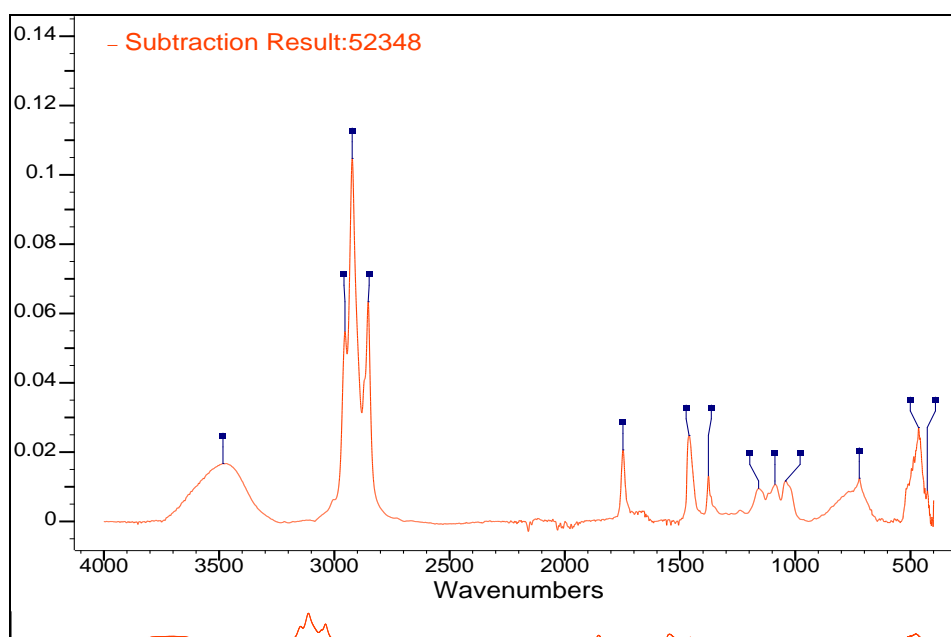


Figure 20 Spectre infrarouge

3.1.4.3 Dosage semi-quantitatif de certains composés chimiques contenus dans les solutions avant et après les essais

Les composés suivants ont été dosés par une méthode semi-quantitative dans certains échantillons recueillis lors des essais de simulation : la diéthanolamine, la triéthanolamine, les polyamines (Quarternary Ammonium Compound) et le cocoamido-bétaine. Le dosage a été réalisé par spectroscopie de masse en mode ESI+. Les conditions suivantes ont été utilisées pour l'analyse :

- La diéthanolamine : masses utilisées 106,1196 ($M+H^+$) et 128,0655 ($M+Na^+$), la solution étalon contenait 7,5 % de diéthanolamine, pH de la solution : pH=3;

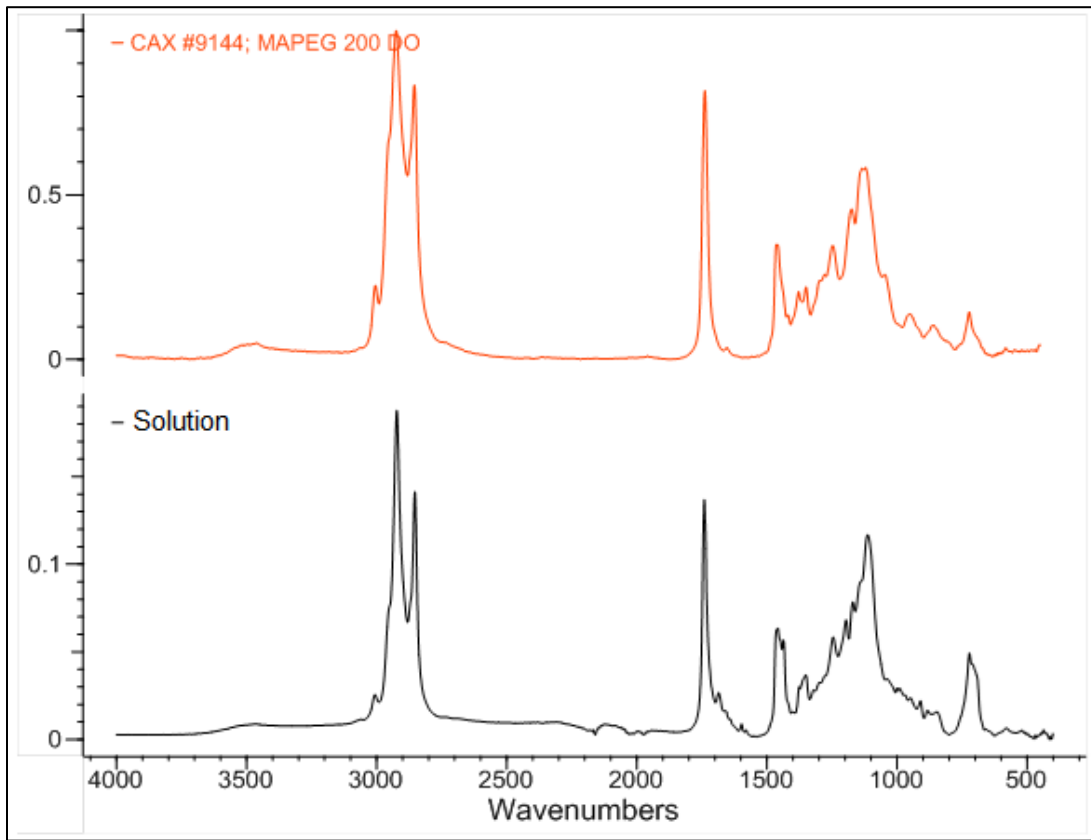
- b. La triéthanolamine : masses utilisées 150,0860 (M+H+) et 172,0714 (M+Na+), la solution étalon contenait 55 % de triéthanolamine, pH de la solution : pH=3;
- c. Les polyamines : masse utilisée 146,1123 (fragment M/3+H+), la solution étalon contenait 20 % de polyamines, pH de la solution : pH=3;
- d. Le cocoamido-bétaine : masse utilisée 343,2851 (M+H+), la solution étalon contenait 20 % de cocoamido-bétaine, pH de la solution : pH=3.

Pour l'analyse du polymère de thio-urée modifié potentiellement présent dans un des additifs, aucun pic en spectroscopie de masse n'a pu lui être associé. Comme nous ne disposons pas d'échantillon du produit original mais plutôt d'un constituant d'un additif, la partie non volatile a été séparée pour essayer d'isoler le produit.

Une des solutions contient 57,7 % de substances non volatiles. De cette fraction, 48 % était soluble dans l'hexane (environ 28 % de la solution originale) et 48% était insoluble (environ 28 % de la solution originale), le 4 % restant (environ 2 % de la solution originale) était soluble dans l'eau. L'analyse infrarouge de ces fractions a donné les résultats suivants :

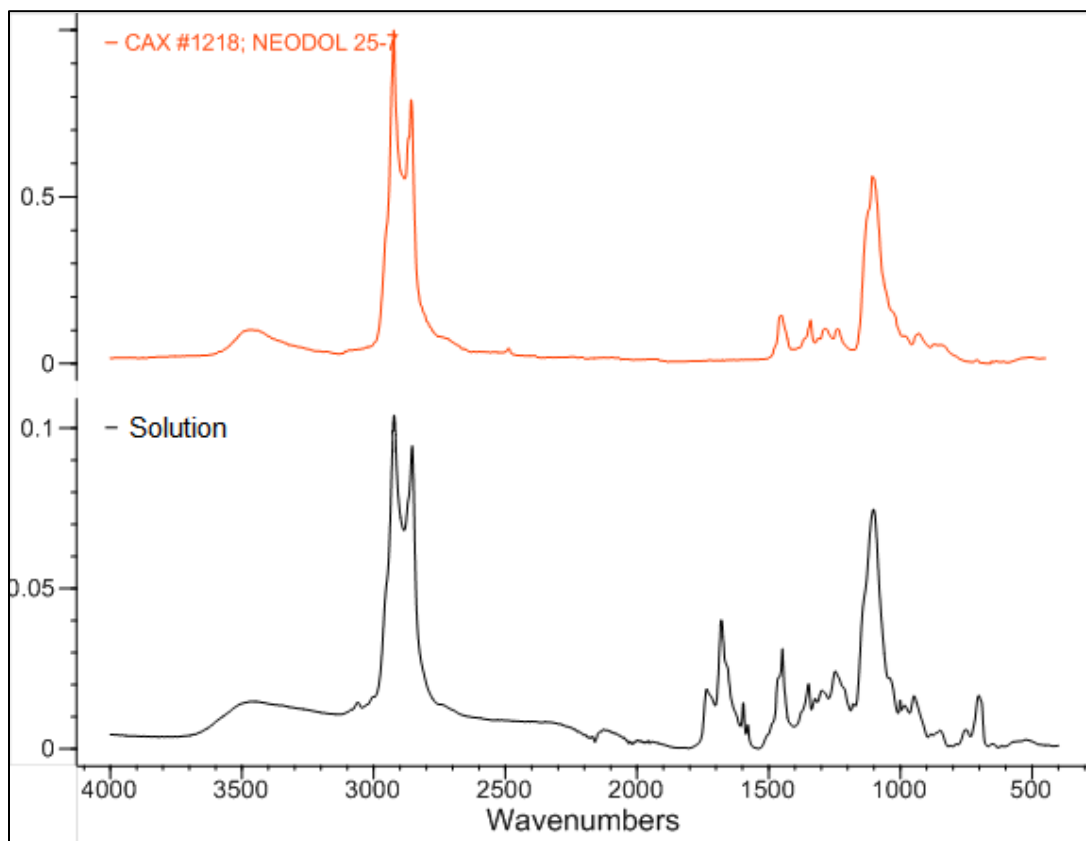
- a. Fraction soluble dans l'hexane (figure 21) : acides gras éthoxylé avec un peu de contamination de polyéthylène glycol;
- b. Fraction insoluble dans l'hexane (figure 22) : polyéthylène glycol avec un peu de contamination d'acides gras;
- c. Fraction soluble dans l'eau (figure 23) : polymère à base de polyvinyle cétone. Il est difficile d'affirmer que ce polymère a pour le polymère de thio-urée.

La séparation ne permet donc pas d'identifier le polymère de thio-urée modifié mentionné.



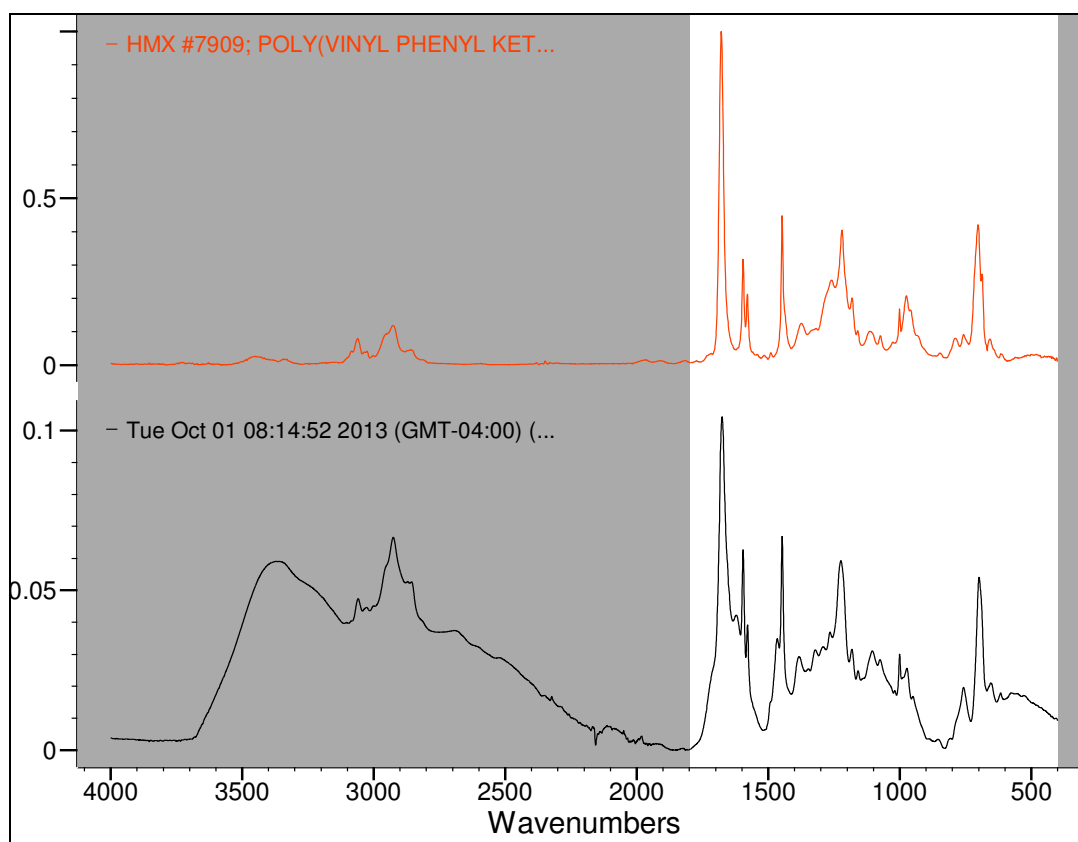
Name	Value
Name	MAPEG 200 DO
Boiling Point	>300F
Comments	Chemical Description= PEG (200) DIOLEATE
Density	(Specific Gravity)= (25C) 0.97
Flash Point	(PMCC) >300F
Pour Point	2C
Saponification Number	150
Solution Data	Acid Number= 10
Source of Sample	PPG/MAZER CHEMICALS
Technique	NEAT

Figure 21 Partie non volatile soluble dans l'hexane, spectre infrarouge



Name	Value
Name	NEODOL 25-7
Comments	Chemical Description= LINEAR PRIMARY ALCOHOL 7 ETHYLENE OXIDE Description= NONIONIC; BIODEGRADABLE
Density	(Specific Gravity)= (50/25C) 0.965
Fire Point	(COC) 460F
Flash Point	(COC) 443F
Source of Sample	SHELL OIL COMPANY, SHELL CHEMICAL DIVISION, INDUSTRIAL CHEMICALS DIVISION
Technique	BETWEEN SALTS

Figure 22 Partie non volatile insoluble dans l'hexane, spectre infrarouge



Name	Value
Name	POLY(VINYL PHENYL KETONE)
Classification	MISCELLANEOUS VINYL POLYMERS
Comments	Method Of Synthesis= anionic polymerization of the monomer Physical Description= white, coarse powder
Formula	C ₉ H ₈ O ₁
Source of Sample	P. Hrdlovic, Polymer Institute, Slovak Academy of Sciences, Bratislava
Synonyms	POLY(ACRYLOPHENONE)
Technique	film from chloroform on KBr

Figure 23 Partie non volatile soluble dans l'eau, spectre infrarouge

3.2 Volet 2 - essais de biodégradabilité de neuf substances

L'objectif de ce volet consistait à évaluer la biodégradabilité intrinsèque de neuf produits entrant dans la composition d'additifs chimiques utilisés lors de la fracturation hydraulique selon la méthode OCDE 302C *Modified MITI Test* sur une période de 28 jours. Cette méthode est applicable aux produits solubles ou peu solubles dans l'eau ainsi qu'aux composés faiblement volatils. Le présent volet se divise selon les trois sections suivantes :

- Détermination de la demande théorique en oxygène;
- Évaluation de la toxicité vis-à-vis des micro-organismes;
- Détermination de la biodégradabilité.

3.2.1 Détermination de la demande théorique en oxygène

La méthode OCDE 302C consiste à suivre l'évolution de la demande biochimique en oxygène d'un produit donné dans le temps. Pour ce faire, la quantité d'oxygène requise pour dégrader le matériel soumis à l'essai par voie biochimique doit d'abord être déterminée. Deux méthodes peuvent être utilisées : par calcul ou par détermination de la demande chimique en oxygène.

3.2.1.1 *Calcul de la demande théorique en oxygène*

La demande théorique en oxygène (DThO) peut être calculée si la composition élémentaire est connue ou déterminée par analyse chimique.

Par exemple, pour le composé suivant : $C_cH_hCl_{cl}N_nNa_{na}O_oP_pS_s$, la DThO, en l'absence de nitrification, sera égale à :

$$DThONH_3 = \frac{16 [2c + 1/2(h - cl - 3n) + 3s + 5/2p + 1/2na - o] \text{ mg/mg}}{PM}$$

et, si une nitrification a lieu, elle sera égale à :

$$DThONO_3 = \frac{16 [2c + 1/2(h - cl) + 5/2n + 3s + 5/2p + 1/2na - o] \text{ mg/mg}}{PM}$$

où PM = poids moléculaire

3.2.1.2 Détermination de la demande chimique en oxygène

Dans les cas où la composition élémentaire d'un produit n'est pas connue, la demande chimique en oxygène (DCO) est déterminée à partir d'une solution aqueuse de celui-ci selon la procédure du *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 5220 C (Closed Reflux)*. L'échantillon est ainsi oxydé pendant qu'il est chauffé en reflux fermé dans une solution fortement acide contenant un excès de dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) en quantité connue. Après la digestion, le $K_2Cr_2O_7$, qui n'a pas été réduit, est titré avec une solution de sulfate d'ammonium ferreux pour déterminer la quantité de $K_2Cr_2O_7$ consommée et la matière oxydable est calculée en équivalent d'oxygène.

3.2.2 Évaluation de la toxicité vis-à-vis des micro-organismes

Avant de procéder à l'évaluation de la biodégradabilité, il est également important de déterminer au préalable si les produits à tester, une fois dilués, seront ou non toxiques envers les micro-organismes mis en contact avec l'échantillon lors de l'essai de biodégradation.

Pour ce faire, une solution de chaque produit a été préparée dans du bouillon nutritif et inoculée avec une suspension de micro-organismes d'un inoculum provenant de la même source que celui utilisé lors de la réalisation de l'essai de biodégradation. Cette évaluation de la toxicité a été réalisée à des concentrations finales équivalentes à 15, 30, 60 et 120 mg de produit par litre. La croissance des micro-organismes indique que le produit n'est pas toxique à une concentration donnée alors qu'à l'inverse, l'absence de croissance démontre que le produit est toxique envers l'inoculum à cette concentration.

Comme la méthode OCDE 302C recommande d'effectuer l'essai à une concentration de produit égale à 30 mg/l, tout composé inhibant la croissance des micro-organismes contenus dans l'inoculum à ces concentrations ne peut être testé selon cette méthode.

3.2.3 Détermination de la biodégradabilité

Une fois les valeurs de toxicité connues, l'essai de biodégradabilité proprement dit peut finalement être effectué.

Pour réaliser l'essai, chaque produit a été dilué dans une solution minérale à une concentration de 30 mg par litre. Deux réacteurs ont été préparés pour chaque produit et inoculés avec une préparation de boues activées préalablement lavées et centrifugées conformément à la procédure décrite dans la méthode OCDE 302B *Zahn-Wellens / EMPA Test*. Un troisième réacteur préparé de la même façon, mais contenant un agent stérilisant (le chlorure de mercure), a été ajouté à la série afin d'évaluer la perte abiotique causée par l'oxydation de l'échantillon sans que l'action des micro-organismes ne soit nécessaire.

Afin de valider l'essai, des réacteurs contenant un matériau de référence dont la biodégradabilité est connue ont été ajoutés à la série. De plus, des réacteurs ne contenant que le milieu minéral et l'inoculum ont été préparés pour la détermination de la consommation d'oxygène engendrée par l'inoculum aux fins du calcul du pourcentage de dégradation.

Finalement, un inhibiteur de nitrification (2-chloro-6-(trichlorométhyl) pyridine) a été ajouté à chaque réacteur dans le but d'inhiber l'activité des bactéries nitrifiantes pouvant être présentes dans l'échantillon de boues activées.

Les réacteurs ont été placés sur la base d'un DBO-mètre manométrique placé dans un incubateur maintenu à 23 °C et mis en agitation à l'aide d'un barreau magnétique. Un capteur de CO₂ à base d'hydroxyde de lithium a été placé dans l'ouverture de chaque contenant. Après stabilisation de la température et saturation du contenu des réacteurs en oxygène dissous, ceux-ci ont été fermés hermétiquement et les échelles permettant de mesurer la consommation en oxygène ont été ajustées à zéro. La consommation en oxygène de chaque réacteur a été mesurée quotidiennement pendant les jours ouvrables, et ce, jusqu'à concurrence de 28 jours.

Le tableau 10 ci-dessous résume les conditions expérimentales de l'essai.

TABLEAU 10 CONDITIONS EXPÉRIMENTALES

Série d'essais	
Début de l'essai	13 septembre 2012 (série 1) 24 octobre 2012 (série 2) 15 janvier 2013 (reprise du Catemol)
Matériau de référence	Aniline
Concentration du matériau de référence	100 mg/l

Note : Le produit composé d'acides gras et huile de Tall (n° CAS : 68188-40-9) n'a pas été testé puisqu'il n'a pas été possible de se le procurer.

Il n'existe pas de critère à atteindre dans le cas de la détermination de la biodégradabilité intrinsèque. Cependant, l'essai n'est valide que si le matériau de référence s'est dégradé à plus de 65 % en 14 jours.

À titre de référence, le tableau 11 présente l'identification des substances soit leur nom commun, leur n° de CAS, leur nom chimique en anglais et les produits utilisés lors des essais. De plus, les fiches signalétiques des produits utilisés se retrouvent à l'annexe B.

TABLEAU 11 IDENTIFICATION DES SUBSTANCES UTILISÉES

Nom commun	Nom chimique (anglais)	Produit utilisé
Chlorure d'ammonium triméthylrique d'octadécyle N° CAS : 112-03-8	Octadecyltrimethylammonium chloride	Trimethyl octadecyl ammonium chloride N° CAS : 112-03-8
Polymère de thio-urée N° CAS : 68527-49-1	Acetophenone, thiourea, formaldehyde polymer	Thio-urée N° CAS : 62-56-6
Octaméthylcyclotétrasiloxane N° CAS : 556-67-2	Octamethylcyclotetrasiloxane	Octaméthylcyclotétrasiloxane N° CAS : 556-67-2
Huile de ricin éthoxylé N° CAS : 61791-12-6	Castor oil ethoxylated	Cremophor EL N° CAS : 61791-12-6
Résines alkylphénoliques oxyalkylées N° CAS : 68891-11-2	Oxirane, 2-methyl, polymer with ixurane, mono (nonylphenyl) ether, branched	Surfonic LF-41 N° CAS : 68891-11-2
Dérivés de quinoléine N° CAS : 72480-70-7	Benzyl quinolinium chloride	Chlorure de 1-benzylquinolinium N° CAS : 15619-48-4
Solvant naphta aromatique lourd N° CAS : 64742-94-5	Heavy aromatic petroleum naphta	Solvant Solvesso 150 N° CAS : 64742-94-5
Propanediaminium-2-substitued, hexaalkyl-di halide, 1,3 N° CAS : inconnu	Propanediaminium-2-substitued, hexaalkyl-di halide, 1,3	CatemoI HBC-18 (échantillon séché) N° CAS : 118516-73-7

Lors de la réalisation des travaux, il n'a pas été possible de trouver un produit représentant les composés d'acides gras et d'huile de Tall (n° CAS : 68188-40-9). En ce sens, huit produits ont été analysés au lieu de neuf.

4. DESCRIPTION ET ANALYSE DES RÉSULTATS

4.1 Volet 1 - essais de simulation des conditions de fracturation hydraulique à l'échelle laboratoire

Le volet 1 présente les résultats selon les trois sections suivantes :

- Montage expérimental;
- Essais de simulation des conditions de fracturation;
- Résultats des analyses chimiques et interprétation.

4.1.1 Montage expérimental

Des essais de mise en route ont été réalisés afin de vérifier l'adéquation des données de conception avec l'unité pilote tel que conçu.

La pompe utilisée est une pompe à piston dont le débit n'est pas affecté par la pression en aval. La courbe de pompage est présentée à la figure 24 et démontre que le débit maximal de 200 ml/min requis pour les essais a été respecté.

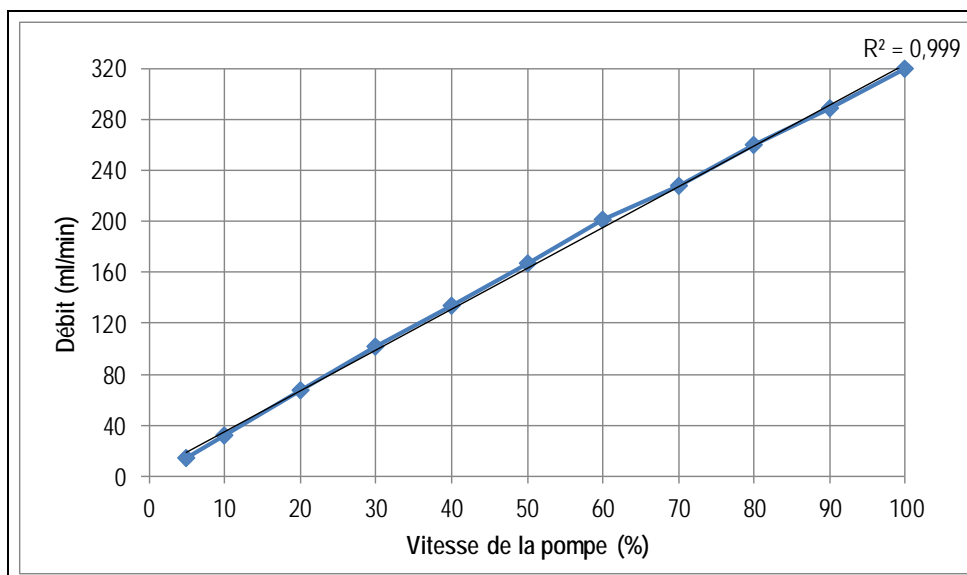


Figure 24 Courbe de pompage de la pompe d'alimentation

Il était également important de comprendre la dynamique de réponse à des variations de température du réacteur afin de s'assurer d'atteindre les températures d'opération selon le temps requis. En ce sens, un essai a été réalisé afin de déterminer la vitesse et le temps de réponse au chauffage et au refroidissement. La vitesse de chauffage est fonction de la puissance des éléments chauffants tandis que celle de refroidissement est fonction de la température de la pièce. La figure 25 présente la variation de la température interne du réacteur et des éléments chauffants en fonction du temps.

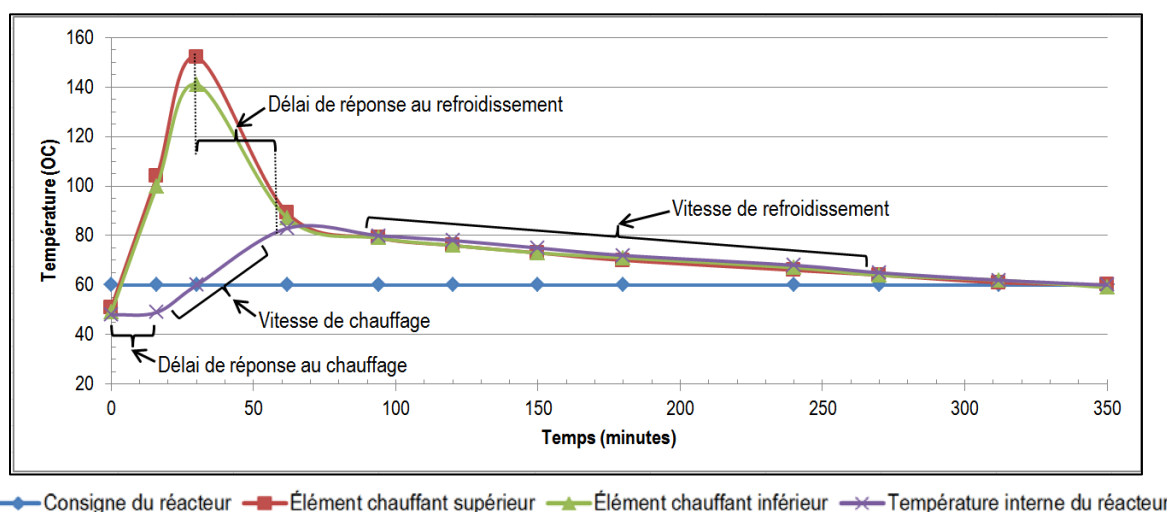


Figure 25 Variation de température de l'unité pilote

À partir des données de la figure 25, on obtient par calcul :

- Le délai de réponse au chauffage était de 20 minutes;
- La vitesse de chauffage était de 1,1 °C/minute;
- Le délai de réponse au refroidissement était de 30 minutes;
- La vitesse de refroidissement était de 0,09 °C/minute.

La variation de la température observée lors des essais de simulation était de 60 ± 5 °C. De plus, la pression est dépendante de la température. En ce sens, lors des essais, la pression d'opération devait être normalisée à une température de 60 °C. Pour normaliser la pression, les essais de mise en route ont permis de définir la variation de la pression en fonction de la température qui est de 1,03 MPa/°C pour le HCl 15 % et de 1,24 pour l'eau.

Les temps requis pour certaines manipulations étaient les suivants :

- Préchauffage du réacteur : 12 heures;
- Préparation des réactifs : 30 minutes;
- Montage/démontage du couvert du réacteur : 30 minutes;
- Vidange du liquide surnageant à l'aide de la pompe à vide : 5 minutes;
- Nettoyage du réacteur : 1 heure;
- Dépressurisation de 60 à 0 MPa en quelques secondes.

Toutes les informations obtenues lors des essais font en sorte que l'unité telle que conçue rencontre les critères de conception et d'opération pour la simulation des conditions de fracturation.

4.1.2 Essais de simulation des conditions de fracturation

Cette section présente les résultats selon les points suivants :

- Composition des additifs chimiques;
- Préparation des échantillons de shale;
- Séquences de réalisation des essais à l'aide de l'unité pilote.

4.1.2.1 Composition des additifs chimiques

Les composés chimiques contenus dans les différentes solutions de pré-conditionnement et de fracturation hydraulique pour lesquelles les essais ont été réalisés sont présentées aux tableaux 12 et 13.

TABLEAU 12 COMPOSÉS CHIMIQUES CONTENUS DANS LES SOLUTIONS DE PRÉ-CONDITIONNEMENT (« SPEARHEAD »)

SP1	SP2
Acide chlorhydrique 15 % Acides gras Alcènes C>10 alpha Alcool propargylique Alcool ramifié thoxylé Alcools éthoxylés C14-C15 Isopropanol Méthanol Nitriloacétate de trisodium, monohydrate Octaméthylcyclotétrasiloxane Polymère de thio-urée modifié	Acide chlorhydrique 15 % 1,2,4-triméthylbenzène Acide alkylbenzène sulfonique Acides gras Alcool propargylique Alcool ramifié éthoxylé Alkylphénol oxyalkylés Complexe d'alkylaryl polyester Dérivé de benzènesulfonate Éthyl octynol Formaldéhyde Isopropanol Méthanol Naphta aromatique lourd Naphtalène Nitriloacétate de trisodium, monohydrate Octaméthylcyclotétrasiloxane Sel de chlorure de benzyle quaternaire et de quinoline

Lors des essais réalisés à l'étape 1 (pré-conditionnement), il a été observé que les solutions acides en contact avec le shale libèrent du gaz en solubilisant les carbonates contenus dans celui-ci. La figure 26 présente la solution de pré-conditionnement SP1 en contact avec le shale tandis que la figure 27 présente l'aspect du liquide recueilli après la réaction (30 minutes à 60 MPa et 60 °C).

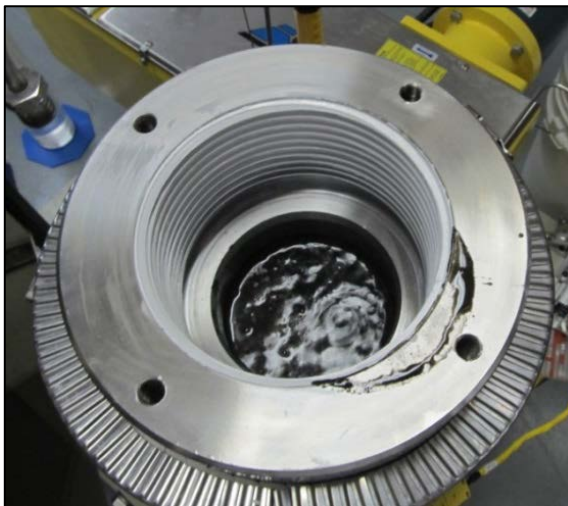


Figure 26 Solution libérant du gaz



Figure 27 Solution après réaction

TABLEAU 13 COMPOSÉS CHIMIQUES CONTENUS DANS LES SOLUTIONS DE FRACTURATION HYDRAULIQUE (« SLICKWATER »)

SL1	SL2	SL3	SL4
Eau Alcools éthoxylés (C12-C15) Chlorure de choline Isopropanol Propylène glycol Sulfate d'ammonium Terpènes d'agrumes Triéthylène glycol	Eau Hypochlorite de sodium Sulfate d'ammonium	Eau Alcools éthoxylés (C12-C15) Isopropanol Persulfate de sodium Propylène glycol Sulfate d'ammonium Terpènes d'agrumes Triéthylène glycol	Eau 1-propanol Acide acétique Alcools éthoxylés (C12-C15) Carbonate de potassium Bétaïne de cocamidopropyle Complexe de zirconium Composé d'ammonium quaternaire Diéthanolamine Isopropanol Méthanol Persulfate de sodium Propylène glycol Terpènes d'agrumes Triéthanolamine Triéthylène glycol

Les figures 28 et 29 présentent l'aspect des solutions suite aux simulations des conditions de fracturation pour les étapes 2 et 3.



Figure 28 Solution après simulation de l'étape 2



Figure 29 Solution après simulation de l'étape 3

L'agent de soutènement utilisé pour maintenir les pores du shale ouverts lors du processus d'extraction des gaz provient de la compagnie SIL Industrial Minerals (principal fournisseur pour les compagnies canadiennes de fracturation). Il s'agit d'un mélange à proportion égale de sable de deux plages granulométriques, soit de 50 à 140 μm et de 40 à 70 μm . À titre d'information, cette compagnie vend ce sable aux exploitants de gaz de shale.

4.1.2.2 Préparation des échantillons de shale

Pour le réacteur contenant 1 kg de shale et un volume de liquide avoisinant les 5,5 litres, il faut environ 110 000 cm^2 . Les résultats des calculs de surface par kilogramme de shale pour les trois échantillons sont les suivants :

- Broyé à 8 mm ~ 25 000 cm^2
- Broyé à 6 mm ~ 73 000 cm^2
- Broyé à 4 mm ~ 88 000 cm^2

En fonction de ces résultats, un broyage avec une ouverture de 4 mm a été retenu comme méthode de préparation des échantillons de shale. La figure 30 présente l'aspect du shale une fois broyé.



Figure 30 Shale broyé

Ainsi, les échantillons des corridors 1 et 2 broyés donnent par calcul les surfaces suivantes :

- C1 = Corridor 1 ~ 114 000 cm²
- C2 = Corridor 2 ~ 105 000 cm²

Les résultats des analyses granulométriques pour les deux corridors ayant servi aux calculs se retrouvent à l'annexe C.

4.1.2.3 Séquences de réalisation des essais à l'aide de l'unité pilote

Les essais de simulation des conditions de fracturation se sont déroulés du 24 juillet au 27 septembre 2013 selon le calendrier de réalisation présenté au tableau 14. Afin de faciliter le suivi, la méthode de désignation des essais et des échantillons produits à la fin des essais est la suivante :

- E0, E1, E1B, E2 et E3 pour les étapes;
- C1 ou C2 pour les échantillons de shales provenant des corridors 1 et 2;
- SP1 ou SP2 pour les solutions de pré-conditionnement de l'étape 1. Les solutions après le pré-conditionnement sont entreposées au congélateur être utilisées lors des étapes 1B, 2 et 3;
- SL1, SL2, SL3 et SL4 sont les solutions de fracturation hydraulique à préparer lors des essais des étapes 1B, 2 et 3;
- 0h, 8h, 24h, 5j et 8j sont les temps d'entreposage lors de l'étape 3.

À titre d'exemple, l'essai de l'étape 1B en utilisant le shale du corridor 1 et les solutions SP1 et L4 est appelé : E1B C1 SP1/SL4. Selon la même logique, l'échantillon liquide recueilli après la simulation des conditions de fracturation est appelé E1B C1 SP1/SL4.

TABLEAU 14 CALENDRIER DE RÉALISATION DES ESSAIS

Date	Étape 0	Étape 1	Étape 1B	Étape 2	Étape 3
2013-07-24	E0 C1				
2013-07-25	E0 C2				
2013-07-31		E1 C1 HCl 15 %			
2013-07-31		E1 C2 HCl 15 %			
2013-08-01		E1 C1 SP1			
2013-08-01		E1 C2 SP1			
2013-08-02		E1 C1 SP2			
2013-08-02		E1 C2 SP2			
2013-08-09			E1B C1 SP1/SL1		
2013-09-26			E1B C2 SP1/SL1		
2013-09-27				E2 C2 SP1/SL1	
2013-08-16			E1B C1 SP1/SL4		
2013-08-07			E1B C2 SP1/SL4		
2013-08-08				E2 C2 SP1/SL4	
2013-08-28					E3 C2 SP1/SL4 série 1
2013-09-17					E3 C2 SP1/SL4 série 2
2013-08-19			E1B C1 SP2/SL2		
2013-08-12			E1B C2 SP2/SL2		
2013-08-13				E2 C2 SP2/SL2	
2013-09-06			E1B C1 SP2/SL3		
2013-08-14			E1B C2 SP2/SL3		
2013-08-15				E2 C2 SP2/SL3	
2013-08-20					E3 C2 SP2/SL3 série 1
2013-09-09					E3 C2 SP2/SL3 série 2

4.1.3 Résultats des analyses chimiques et interprétation

À titre de rappel, l'objectif des essais visait à observer le comportement des composés chimiques contenus dans les différentes solutions mises à l'essai. Les grandes lignes des résultats sont présentées dans la présente section en fonction des différentes étapes (0, 1, 1B, 2 et 3) et objectifs s'y rattachant. Il est important de rappeler que tous les résultats sont semi-quantitatifs de par les méthodes d'analyses utilisées.

D'ailleurs, les résultats d'analyse du MSMS-ESI+ et ESI- pour l'intensité des pics les plus abondants sont considérés comme similaires lorsque le pourcentage de similitude est supérieur à 85 %. De plus, lorsque l'indice de similitude pour les pics est de 100 %, il n'y a pas de formation ou de disparition de nouveaux pics majeurs observables. Dans le cas où il y avait une différence pour les pics, une tentative d'identification des composés chimiques a été réalisée à partir des formules chimiques brutes. Comme il existe une incertitude associée à cette tentative d'identification, les composés comportant la même formule brute pourraient avoir un autre nom de par un agencement moléculaire différent. La section 3.1.3.1 présente plus d'information sur la méthode d'analyse utilisée.

Pour le FTIR, les solutions recueillies lors des essais sont très diluées ce qui fait en sorte que les résultats d'analyse ne permettent pas d'identifier de façon précise les composés organiques. La section 3.1.3.2 présente plus d'information sur la méthode d'analyse utilisée.

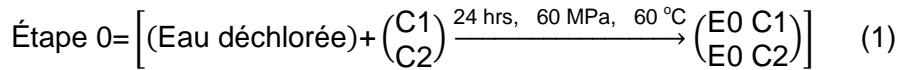
Pour l'analyse des composés spécifiques tels que la bêtaïne de cocamidopropyle, la diéthanolamine, la triéthanolamine et les complexes polyamines dans les mélanges comportant la solution SL4, la présence de substances non miscibles à la surface de la phase liquide dans les échantillons recueillis rendait difficile l'obtention de solutions homogènes pour les analyses. Pour remédier à ce manque d'homogénéité, les valeurs relatives entre les différentes substances ont été utilisées pour évaluer leur proportion dans le mélange. Les résultats obtenus démontrent qu'il n'y a pas de variation observable entre les différentes substances (semi quantitatif) sauf pour la bêtaïne de cocamidopropyle où une faible variation relative non significative est observée entre les échantillons. La section 3.1.3.3 présente plus d'information sur la méthode d'analyse utilisée.

Les résultats détaillés se retrouvent à l'annexe D pour les ESI+, à l'annexe E pour les ESI-. De plus, les résultats de l'identification au FTIR se retrouvent dans ces deux annexes pour fin de comparaison au besoin. Finalement, les résultats des analyses spécifiques de bêtaïne de cocamidopropyle, diéthanolamine, triéthanolamine et les complexes polyamines se retrouvent à l'annexe F.

4.1.3.1 Étape 0

L'étape 0 consistait à évaluer l'effet du trempage du shale dans de l'eau pour une période de 24 heures dans le réacteur. L'équation 1 présente les essais réalisés ainsi que les conditions. La première partie de l'équation représente les produits ajoutés dans le réacteur, la flèche avec les conditions d'opération du réacteur au-dessus et finalement les liquides recueillis à la fin de l'essai.

De plus, deux ou plusieurs produits superposés entre parenthèses comme par exemple (C1/C2) signifie qu'un essai a été réalisé avec le shale du corridor 1 et un autre essai avec le corridor 2. Toutes les autres équations suivent la même logique.



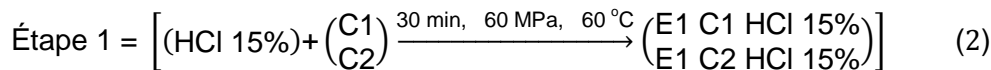
Pour cette étape, seul les pH ont été mesurés au CRIQ. Les mesures de pH pour l'eau et les liquides après contact avec le shale sont présentées au tableau 15.

TABLEAU 15 pH DES SOLUTIONS DE L'ÉTAPE 0

Description	pH
Eau déchlorée	7,89
E0 C1	8,28
E0 C2	8,21

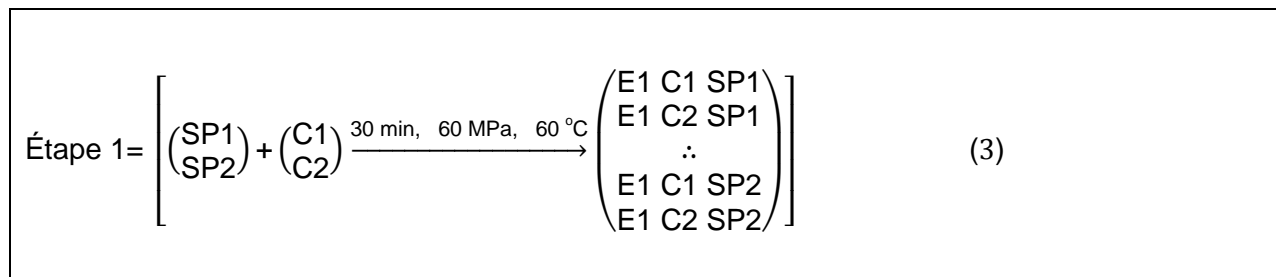
4.1.3.2 Étape 1

L'étape 1 était divisée en deux séries d'essais. Les premières sont présentées à l'équation 2 et consistait à évaluer l'effet de l'acide chlorhydrique 15 % seul en contact avec le shale.



Pour cette série d'essai, seul les pH ont été mesurés au CRIQ. Les mesures de pH pour les liquides de toutes les solutions avant et après l'étape 1 donnent zéro. Ces valeurs sont expliquées par la forte concentration en acide. De plus, un essai de contact de la solution acide avec le shale pour une période de trois jours a été réalisé. Pendant la durée de l'essai, le pouvoir de neutralisation du shale n'était pas suffisant pour changer le pH de façon significative.

La deuxième série d'essais visait à étudier le comportement des composés chimiques contenus dans les solutions de pré-conditionnement (« spear head » SP1 et SP2) en contact avec les shales (C1 et C2). En ce sens, l'équation 3 schématise les quatre essais réalisés.



Les mesures de pH de toutes les solutions avant et après l'étape 1 donnent zéro.

Le tableau 16 démontre qu'il n'y a pas de différence significative pour les deux solutions de pré-conditionnement en contact avec les shales de différentes provenances (C1 et C2).

TABLEAU 16 EFFET DE DIFFÉRENTS SHALES (C1 ET C2) SUR LE COMPORTEMENT DES SOLUTIONS DE PRÉ-CONDITIONNEMENT POUR L'ÉTAPE 1

Description	Intensité	ESI+		Intensité	ESI-	
		Composé chimique <i>Nouveau</i>	Composé chimique <i>Disparu</i>		Composé chimique <i>Nouveau</i>	Composé chimique <i>Disparu</i>
E1 C1 SP1 comparé à E1 C2 SP1	Similaire	Aucun	Aucun	Similaire	Aucun	Aucun
E1 C1 SP2 comparé à E1 C2 SP2	Similaire	Aucun	Aucun	Similaire	Aucun	Aucun

Note : comparaisons 1 et 2 aux annexes D, E et F.

Pour ce qui est de l'évolution des composés chimiques pendant l'étape 1 présentée au tableau 17, certaines différences ont été constatées. Pour la solution SP1, l'intensité présente une légère baisse et il y a apparition de deux nouveaux composés. Pour la solution SP2, l'intensité présente également une légère baisse et il y a apparition de deux nouveaux composés. À titre de rappel, seul les pics (composés chimiques) les plus abondants sur les spectres ont été considérés.

TABLEAU 17 ÉVOLUTION SP1 ET SP2 PENDANT L'ÉTAPE 1

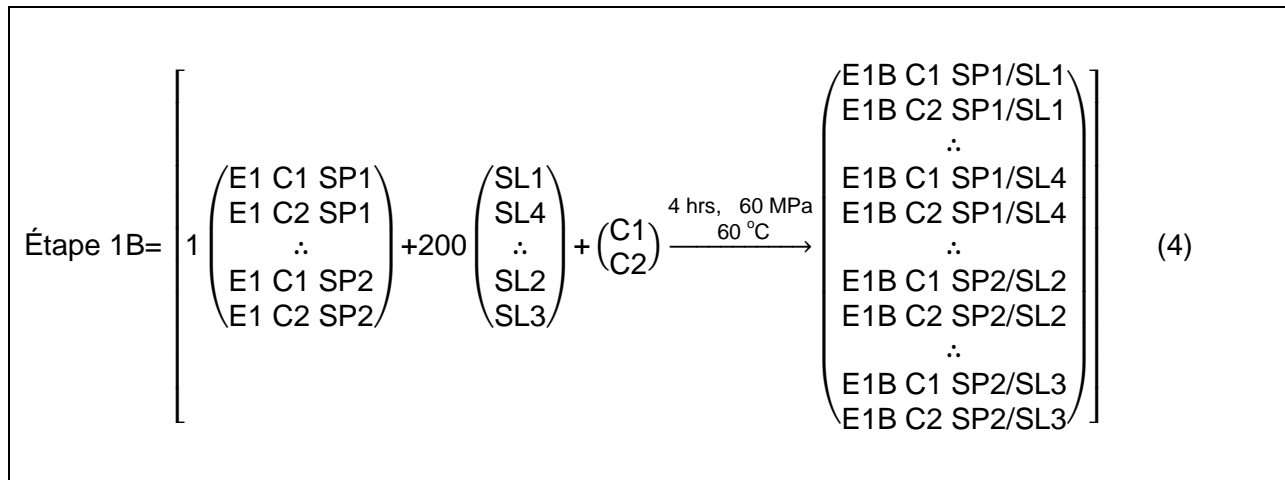
Description	Intensité	ESI+		Intensité	ESI-	
		Composé chimique			Composé chimique	
		Nouveau	Disparu		Nouveau	Disparu
E1 SP1 <i>comparé à</i> E1 C1 SP1	Similaire	-	-	74 %	Cétone ou aldéhyde aliphatique Alkyl oxazole	-
E1 SP1 <i>comparé à</i> E1 C2 SP1	Similaire	-	-	78 %	Cétone ou aldéhyde aliphatique Alkyl oxazole	-
E1 SP2 <i>comparé à</i> E1 C1 SP2	Similaire	Polyoxyéthylène	-	81 %	Cétone ou aldéhyde aliphatique	-
E1 SP2 <i>comparé à</i> E1 C2 SP2	Similaire	-	-	75 %	Cétone ou aldéhyde aliphatique	-

Note : comparaisons 3, 4, 5 et 6 aux annexes D, E et F

Il est important de rappeler que l'identification des composés chimiques a été réalisée à partir des formules chimiques brutes. Comme il existe une incertitude associée à cette tentative d'identification, les composés comportant la même formule brute pourraient avoir un autre nom de par un agencement moléculaire différent. Ceci s'applique à tous les composés chimiques nouveaux pour tous les tableaux de la présente section.

4.1.3.3 Étape 1B

L'étape 1B consistait à évaluer le comportement des composés chimiques contenus dans les différentes combinaisons de mélange de solution de pré-conditionnement et de fluides de fracturation (SP1/SL1, SP1/SL4, SP2/SL2 et SP2/SL3). Les huit essais réalisés sur les shales (C1 et C2) sont présentés à l'équation 4. Les chiffres 1 et 200 représentent respectivement le ratio volumique pour les solutions recueillies à la fin de l'étape 1 (E1 C_x SP_y) et les fluides de fracturation. Ce ratio est une bonne approximation de ce qui est utilisé par les industries réalisant la fracturation hydraulique.



Les mesures de pH pour les liquides de toutes les solutions avant et après l'étape 1B sont présentées au tableau 18. Tous les pH sont légèrement au-dessus de 7 sauf pour les essais utilisant la solution SL4. Cette solution légèrement plus acide fait en sorte que le pH suit cette tendance à la fin des essais.

TABLEAU 18 pH DES SOLUTIONS DE L'ÉTAPE 1B

Description	pH	Description	pH
E1 C1 SP1 et E1 C2 SP1	0	E1 C1 SP2 et E1 C2 SP2	0
SL1	7,52	SL2	7,89
E1B C1 SP1/SL1	7,79	E1B C1 SP2/SL2	7,67
E1B C2 SP1/SL1	7,84	E1B C2 SP2/SL2	7,81

Description	pH	Description	pH
E1 C1 SP1 et E1 C2 SP1	0	E1 C1 SP2 et E1 C2 SP2	0
SL4	6,93	SL3	7,67
E1B C1 SP1/SL4	6,62	E1B C1 SP2/SL3	7,41
E1B C2 SP1/SL4	6,69	E1B C2 SP2/SL3	7,27

Comme à l'étape 1, le tableau 19 démontre qu'il n'y a pas de différence significative en présence des différents shales sauf pour le fluide de fracturation SL1 qui présente une légère baisse d'intensité en ESI-.

TABLEAU 19 COMPARAISON SHALE CORRIDORS 1 ET 2 POUR L'ÉTAPE 1B

Description	Intensité	ESI+		Intensité	ESI-	
		Composé chimique			Composé chimique	
		Nouveau	Disparu		Nouveau	Disparu
E1B C1 SP1/SL1 comparé à E1B C2 SP1/SL1	Similaire	-	-	75 %	-	-
E1B C1 SP1/SL4 comparé à E1B C2 SP1/SL4	Similaire	-	-	Similaire	-	-
E1B C1 SP2/SL2 comparé à E1B C2 SP2/SL2	Similaire	-	-	Similaire	-	-
E1B C1 SP2/SL3 comparé à E1B C2 SP2/SL3	Similaire	-	-	Similaire	-	-

Note : comparaisons 7, 8, 15 et 16 aux annexes D, E et F

Pour ce qui est de l'évolution des composés chimiques contenus dans les mélanges SP1/SL1 et SP1/SL4 lors de l'étape 1B, on constate au tableau 20 qu'il n'y a pas de différence notable pour l'intensité et que le polyoxyéthylène a disparu.

TABLEAU 20 ÉVOLUTION DES SOLUTIONS SP1, SL1 ET SL4 PENDANT L'ÉTAPE 1B

Description	Intensité	ESI+		Intensité	ESI-	
		Composé chimique			Composé chimique	
		Nouveau	Disparu		Nouveau	Disparu
E1 C1 SP1 E1B SL1 comparé à E1B C1 SP1/SL1	83 % (limite similaire)	-	-	Similaire	-	Polyoxyéthylène
E1 C2 SP1 E1B SL1 comparé à E1B C2 SP1/SL1	Similaire			Similaire		Polyoxyéthylène
E1 C1 SP1 E1B SL4 comparé à E1B C1 SP1/SL4	Similaire	-	-	Similaire	-	Polyoxyéthylène
E1 C2 SP1 E1B SL4 comparé à E1B C2 SP1/SL4	Similaire			Similaire		Polyoxyéthylène

Note : comparaisons 9, 10, 11 et 12 aux annexes D, E et F

Le tableau 21 présente quant à lui l'évolution des composés chimiques contenus dans les mélanges SP2/SL2 et SP2/SL3 lors de l'étape 1B. Contrairement aux essais avec SP1, les résultats démontrent une baisse d'intensité (équivalente à une baisse de concentration) ainsi que l'apparition de nouveaux composés chimiques. Il est également constaté qu'aucun nouveau produit n'est détecté lors de l'essai avec SP2/SL3 en présence du shale du corridor 2. Ceci peut être attribuable à l'imprécision des méthodes d'analyse utilisées.

TABLEAU 21 ÉVOLUTION DES SOLUTIONS SP2, SL2 ET SL3 PENDANT L'ÉTAPE 1B

Description	ESI+			ESI-		
	Intensité	Composé chimique		Intensité	Composé chimique	
		Nouveau	Disparu		Nouveau	Disparu
E1 C1 SP2 E1B SL2 <i>comparé à</i> E1B C1 SP2/SL2	78 %	-	-	63 %	Acide acétique Éthylène glycol Acide glycolique Acide coumalique Acide muconique Acide benzène tricarboxylique	-
E1 C2 SP2 E1B SL2 <i>comparé à</i> E1B C2 SP2/SL2	78 %	-	-	66 %	Acide acétique Éthylène glycol Acide glycolique Acide coumalique Acide muconique Acide benzène tricarboxylique	-
E1 C1 SP2 E1B SL3 <i>comparé à</i> E1B C1 SP2/SL3	79 %	-	-	81 %	Glyoxal Éthanol Acide acétique Dichloroethane Acide glycolique Acide phthalique	-
E1 C2 SP2 E1B SL3 <i>comparé à</i> E1B C2 SP2/SL3	Similaire	-	-	78 %	-	-

Note : comparaisons 17, 18, 19 et 20 aux annexes D, E et F

En complément d'information, il a été possible de déterminer si la présence des différents fluides de fraction (SL) engendre des réactions différentes sur les composés contenus dans les solutions de pré-conditionnement (SP). Dans tous les cas, on note au tableau 22 une légère baisse d'intensité et aucun produit formé ou disparu.

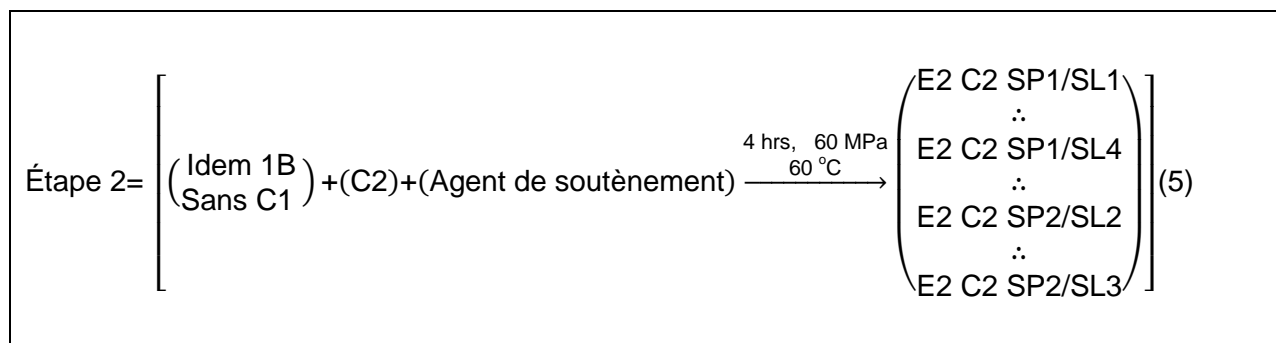
TABLEAU 22 EFFET DES SOLUTIONS SL UTILISÉES PENDANT L'ÉTAPE 1B SUR LES SOLUTIONS SP APRÈS RÉACTION DE L'ÉTAPE 1

Description	ESI+			ESI-		
	Intensité	Composé chimique		Intensité	Composé chimique	
		Nouveau	Disparu		Nouveau	Disparu
E1 C1 SP1 comparé à E1B C1 SP1/SL1 E1B C1 SP1/SL4	82 %	-	-	81 %	-	-
	81 %			80 %		
E1 C2 SP1 comparé à E1B C2 SP1/SL1 E1B C2 SP1/SL4	80 %	-	-	80 %	-	-
	84 %			80 %		
E1 C1 SP2 comparé à E1B C1 SP2/SL2 E1B C1 SP2/SL3	81 %	-	-	85 %	-	-
	81 %			83 %		
E1 C2 SP2 comparé à E1B C2 SP2/SL2 E1B C2 SP2/SL3	81 %	-	-	85 %	-	-
	81 %			83 %		

Note : comparaisons 13, 14, 21 et 22 aux annexes D, E et F

4.1.3.4 Étape 2

L'étape 2 consistait à évaluer l'effet de l'utilisation d'un agent de soutènement sur le comportement des composés chimiques contenus dans les mélanges. Pour ce faire, l'équation 5 présente les quatre essais réalisés pour lesquels les conditions sont les même que l'étape 1B sauf pour l'ajout de l'agent de soutènement (sable). De plus, les essais ont été réalisés sur le shale du corridor 2 seulement.



Les mesures de pH pour les liquides de toutes les solutions avant et après l'étape 2 sont présentées au tableau 23 et présentent les mêmes tendances qu'à l'étape 1B.

TABLEAU 23 pH DES SOLUTIONS DE L'ÉTAPE 2

Description	pH	Description	pH
E1 C2 SP1	0	E1 C2 SP2	0
SL1	7,52	SL2	7,89
E2 C2 SP1/SL1	7,74	E2 C2 SP2/SL2	7,70

Description	pH	Description	pH
E1 C2 SP1	0	E1 C2 SP2	0
SL4	6,93	SL3	7,67
E2 C2 SP1/SL4	6,61	E2 C2 SP2/SL3	7,11

Le tableau 24 permet de conclure qu'il n'y a pas de différence significative associée à l'utilisation du sable.

TABLEAU 24 INFLUENCE DU SABLE SUR LES RÉACTIONS CHIMIQUES

Description	Intensité	ESI+		Intensité	ESI-	
		Composé chimique			Composé chimique	
		Nouveau	Disparu		Nouveau	Disparu
E1B C2 SP1/SL1 comparé à E2 C2 SP1/SL1	Similaire			Similaire		
E1B C2 SP1/SL4 comparé à E2 C2 SP1/SL4	Similaire			Similaire		
E1B C2 SP2/SL2 comparé à E2 C2 SP2/SL2	Similaire	-	-	Similaire	-	-
E1B C2 SP2/SL3 comparé à E2 C2 SP2/SL3	Similaire			Similaire		

Note : comparaisons 23, 24, 25 et 26 aux annexes D, E et F

Comme pour l'étape 1B, il a été possible de déterminer si la présence des différents fluides de fraction (SL) engendre des réactions différentes sur les composés contenus dans les solutions de pré-conditionnement (SP). Dans tous les cas, on note au tableau 25 une légère baisse d'intensité et aucun produit formé ou disparu.

TABLEAU 25 EFFET DES SOLUTIONS SL UTILISÉS PENDANT L'ÉTAPE 2 SUR LES SOLUTIONS SP APRÈS RÉACTION DE L'ÉTAPE 1

Description	Intensité	ESI+		Intensité	ESI-	
		Composé chimique Nouveau	Disparu		Composé chimique Nouveau	Disparu
E1 C2 SP1 comparé à E2 C2 SP1/SL1 E2 C2 SP1/SL4	80 %	-	-	80 %	-	-
	82 %			80 %		
E1 C2 SP2 comparé à E2 C2 SP2/SL2 E2 C2 SP2/SL3	81 %			84 %		
	81 %			82 %		

Note : comparaisons 27 et 28 aux annexes D, E et F

4.1.3.5 Étape 3

L'étape 3 consistait à évaluer l'effet du temps d'entreposage à la température ambiante et de la lumière sur les composés chimiques contenus dans les eaux de reflux suite à une simulation complète telle que l'étape 2. Pour ce faire, deux essais ont été réalisés produisant 10 échantillons comme présentés à l'équation 6.

$$\text{Étape 3} = \left(\begin{array}{c} \text{Idem 2} \\ \text{(Pour SP1/SL4 et SP2/SL3)} \end{array} \right) \xrightarrow{\begin{array}{l} 4 \text{ hrs, } 60 \text{ MPa, } 60 \text{ }^\circ\text{C} \\ 8 \text{ jrs, } 20 \text{ MPa, } 60 \text{ }^\circ\text{C} \\ 8 \text{ jrs, air ambiant, T pièce} \end{array}} \left(\begin{array}{l} \text{E3 C2 SP1/SL4 0h} \\ \text{E3 C2 SP1/SL4 8h} \\ \text{E3 C2 SP1/SL4 24h} \\ \text{E3 C2 SP1/SL4 5j} \\ \text{E3 C2 SP1/SL4 8j} \\ \vdots \\ \text{E3 C2 SP2/SL3 0h} \\ \text{E3 C2 SP2/SL3 8h} \\ \text{E3 C2 SP2/SL3 24h} \\ \text{E3 C2 SP2/SL3 5j} \\ \text{E3 C2 SP2/SL3 8j} \end{array} \right) \quad (6)$$

Les mesures de pH des solutions obtenues sont présentées au tableau 26 et on y remarque la même tendance que les étapes 1B et 2. Ainsi, les pH des échantillons liquides de l'essai réalisé avec SP2/SL3 sont légèrement au-dessus de 7 tandis qu'ils sont légèrement acides pour l'essai utilisant la solution SL4.

TABLEAU 26 CALENDRIER DE RÉALISATION DES ESSAIS

Description	pH	Description	pH
E1 C2 SP1	0	E1 C2 SP2	0
SL4	6,93	SL3	7,67
E3 C2 SP1/SL4 0h	6,63	E3 C2 SP2/SL3 0h	7,25
E3 C2 SP1/SL4 8h	6,53	E3 C2 SP2/SL3 8h	7,20
E3 C2 SP1/SL4 24h	6,74	E3 C2 SP2/SL3 24h	7,23
E3 C2 SP1/SL4 5j	6,74	E3 C2 SP2/SL3 5j	7,29
E3 C2 SP1/SL4 8j	6,97	E3 C2 SP2/SL3 8j	7,34

À la lumière des résultats de spectrométrie de masse présentés au tableau 27, on ne constate pas de différence significative notable liée à l'entreposage des eaux de reflux pour une période de huit jours. Ces résultats sont toujours fonction de la sensibilité des méthodes d'analyses utilisées.

TABLEAU 27 SUIVRE L'ÉVOLUTION DES COMPOSÉS DANS LE TEMPS LORS DE L'ENTREPOSAGE À TEMPÉRATURE PIÈCE ET À LA LUMIÈRE

Description	ESI+			ESI-		
	Intensité	Composé chimique		Intensité	Composé chimique	
		Nouveau	Disparu		Nouveau	Disparu
E3 C2 SP1/SL4 0h comparé à E3 C2 SP1/SL4 8h E3 C2 SP1/SL4 24h E3 C2 SP1/SL4 5j E3 C2 SP1/SL4 8j	Similaire			Similaire		
	Similaire	-	-	Similaire	-	-
	Similaire			Similaire		
	Similaire			Similaire		
	Similaire			Similaire		
E3 C2 SP2/SL3 0h comparé à E3 C2 SP2/SL3 8h E3 C2 SP2/SL3 24h E3 C2 SP2/SL3 5j E3 C2 SP2/SL3 8j	Similaire			Similaire		
	Similaire	-	-	Similaire	-	-
	Similaire			Similaire		
	Similaire			Similaire		
	Similaire			Similaire		

Note : comparaisons 29 et 30 aux annexes D, E et F

4.1.3.6 Évolution des composés chimiques contenus dans les solutions pour les réactions complètes

Il était également prévu de comparer l'évolution des composés chimiques pour toutes les étapes combinées. Le tableau 28 présente des résultats variables en fonction des mélanges de solutions utilisés. Les points suivants sont issus de l'interprétation de ce tableau.

- Mélange SP1/SL1 : légère baisse d'intensité;
- Mélange SP1/SL4 : intensité similaire et apparition de composés chimiques. Les composés apparus sont différents à la fin de l'étape 2 comparé à l'étape 3. Ceci suggère qu'il y a eu formation de composé pendant la période de huit jours dans le réacteur à une pression de 20 MPa et une température de 60 °C;
- Mélange SP2/SL2 : baisse d'intensité;
- Mélange SP2/SL3 : l'intensité est similaire lors de l'étape 2 et plusieurs composés chimiques sont apparus en ESI-. De plus, une baisse d'intensité est constatée à l'étape 3 et d'autres composés sont apparus. Ceci suggère qu'il y a eu formation de composé pendant la période de huit jours dans le réacteur à une pression de 20 MPa et une température de 60 °C.

**TABLEAU 28 SUIVRE L'ÉVOLUTION GÉNÉRIQUE DES RÉACTIONS COMPLÈTES
 JUSQU'À LA FIN DES ÉTAPES 2 ET 3**

Description	ESI+			ESI-		
	Intensité	Composé chimique		Intensité	Composé chimique	
		Nouveau	Disparu		Nouveau	Disparu
E1 SP1 E1B SL1 <i>comparé à</i> E2 C2 SP1/SL1	Similaire	-	-	79 %	-	-
E1 SP1 E1B SL4 <i>comparé à</i> E2 C2 SP1/SL4	84 %	-	-	Similaire	Acide glycolique	-
E1 SP1 E1B SL4 <i>comparé à</i> E3 C2 SP1/SL4 0h E3 C2 SP1/SL4 8j	83 %	-	-	Similaire	Acide phthalique ¹	
	84 %			Similaire		
E1 SP2 E1B SL2 <i>comparé à</i> E2 C2 SP2/SL2	74 %	-	-	70 %	-	-
E1 SP2 E1B SL3 <i>comparé à</i> E2 C2 SP2/SL3	Similaire	-	-	83 %	Acide acétique Dichloroéthane Acide coumalique Ribose	-
E1 SP2 E1B SL3 <i>comparé à</i> E3 C2 SP2/SL3 0h E3 C2 SP2/SL3 8j	82 %	-	-	75 %	Acide acétique ¹ Dichloroéthane ¹ Cétone ou aldéhyde aliphatique ¹ Acide glycolique ¹ Acide coumalique ¹ Ribose ¹ Acide phthalique ¹ Acide dehydroacétique ¹ Acide benzène tricarboxylique ¹ Polyamines oxydés ¹	-
	78 %			73 %		

¹ Composés identiques dans les deux comparaisons.
 Note : comparaisons 33, 34, 35 et 36 aux annexes D, E et F

4.1.3.7 Sommaires des résultats

Tous les résultats des analyses réalisées par le CRIQ permettent d'émettre les conclusions suivantes :

- L'utilisation d'échantillons de shale des corridors 1 ou 2 dans le réacteur en contact avec les mêmes solutions de pré-conditionnement ou les fluides de fracturation ne présente pas de différence significative sur l'évolution des composés chimiques;
- L'agent de soutènement (sable) n'a pas d'impact mesurable sur la concentration, la formation ou la disparition de composés chimiques;

- L'entreposage des eaux de reflux pour une période de huit jours à la température ambiante (20 °C) et sous la lumière n'a pas démontré d'effet significatif;
- Pour tous les essais, la concentration des composés chimiques contenus dans les solutions de pré-conditionnement (SP) est réduite lorsqu'en contact avec les fluides de fracturation (SL). De plus, la stabilité des produits contenus dans les solutions de pré-conditionnement fait en sorte qu'il n'y a aucune formation ou disparition de composés chimiques lorsqu'en contact avec les fluides de fracturation.

Pour terminer, l'analyse de l'évolution des composés chimiques entre le début et la fin des différentes étapes de simulation des conditions de fracturation permettent de faire ressortir les tendances générales suivantes. À titre de rappel, la tentative d'identification des composés chimiques a été réalisée à partir des formules chimiques brutes. Comme il existe une incertitude associée à cette tentative d'identification, les composés comportant la même formule brute pourraient avoir un autre nom de par un agencement moléculaire différent.

- Mélange SP1/SL1
 - Légère réduction de la concentration des composés chimiques;
 - Nouveaux composés chimiques formés : cétone ou aldéhyde aliphatique et alkyl oxazole;
 - Composé chimique disparu : polyoxyéthylène.
- Mélange SP1/SL4
 - La concentration des composés chimiques est similaire;
 - Nouveaux composés chimiques formés: cétone ou aldéhyde aliphatique et alkyl oxazole, acide glycolique, acide phtalique;
 - Composé chimique disparu : polyoxyéthylène.
- Mélange SP2/SL2
 - Réduction de la concentration des composés chimiques;
 - Nouveaux composés chimiques formés: polyoxyéthylène, cétone ou aldéhyde aliphatique, acide acétique, éthylène glycol, acide glycolique, acide coumalique, acide muconique, acide benzène tricarboxylique;
 - Composé chimique disparu : aucun d'observable.
- Mélange SP2/SL3
 - Réduction de la concentration des composés chimiques;
 - Nouveaux composés chimiques formés : polyoxyéthylène et cétone ou aldéhyde aliphatiq, glyoxal, éthanol, acide acétique, acide dehydroacétique, dichloroethane, acide glycolique, acide phthalique, acide coumalique, ribose, acide benzène tricarboxylique, polyamines oxydé;
 - Composé chimique disparu : aucun d'observable en fonction des méthodes analytiques utilisées.

4.2 Volet 2 - essais de biodégradabilité de neuf substances

Les résultats sont présentés selon les trois sections suivantes :

- Détermination de la demande théorique en oxygène;
- Évaluation de la toxicité vis-à-vis des micro-organismes;
- Détermination de la biodégradabilité;
- Analyse des résultats de la biodégradabilité.

4.2.1 Demande théorique en oxygène

La demande théorique en oxygène en absence de nitrification des produits dont la composition élémentaire était connue apparaît au tableau 29 tandis que la demande chimique en oxygène des produits de composition inconnue est présentée au tableau 30.

TABLEAU 29 DEMANDE THÉORIQUE EN OXYGÈNE

Produit	Formule chimique	Masse moléculaire	DTHO _{NH3} (mg/mg)
Aniline (produit de référence)	C ₆ H ₇ N	93,13	2,41
Trimethyl octadecyl ammonium chloride N° CAS : 112-03-8	C ₂₁ H ₄₆ CIN	348,05	2,90
Thiourée N° CAS : 68527-49-1	CH ₄ N ₂ S	76,12	0,84
Octaméthylcyclotétrasiloxane N° CAS : 556-67-2	C ₈ H ₂₄ O ₄ Si ₄	296,62	1,73
Chlorure de 1-benzylquinolinium N° CAS : 15619-48-4	C ₁₆ H ₁₄ CIN	255,74	2,31
Solvant Solvesso 150 N° CAS : 64742-94-5	C ₁₀ H ₁₄ (formule approximative)	134	3,22
Catamol HBC-18 (échantillon séché) N° CAS : 118516-73-7	C ₄₃ H ₉₂ N ₂ O · 2 Cl	724,1	2,81

TABLEAU 30 DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGÈNE

Produit	DCO (mg/l)
Cremophor EL N° CAS : 61791-12-6	2 030 000
Surfonic LF-41 N° CAS : 68891-11-2	2 260 000
Catamol HBC-18 (solution à 50 % dans un mélange eau-éthanol) N° CAS : 118516-73-7	1 630 000

4.2.2 Toxicité

Le tableau 31 présente les résultats de l'évaluation de la toxicité de chaque produit pour les micro-organismes présents dans l'inoculum. Une croissance positive indique que le produit n'est pas toxique.

Comme les résultats démontrent qu'aucun produit n'est toxique à 30 mg/l, les essais de biodégradabilité ont donc pu être démarrés.

TABLEAU 31 CROISSANCE OBSERVÉE LORS DE L'ÉVALUATION DE LA TOXICITÉ

Produit	Croissance observée			
	120 mg/l	60 mg/l	30 mg/l	15 mg/l
Aniline	+	+	+	+
Trimethyl octadecyl ammonium chloride	-	±	+	+
Thiourée	+	+	+	+
Octaméthylcyclotétrasiloxane	+	+	+	+
Cremophor EL	+	+	+	+
Surfonic LF-41	+	+	+	+
Chlorure de 1-benzylquinolinium	+	+	+	+
Solvant Solvesso 150	+	+	+	+
Catamol HBC-18 (solution à 50 % dans un mélange eau-éthanol)	+	+	+	+

4.2.3 Biodégradabilité

Les tableaux 32, 33 et 34 fournissent les mesures de consommation en oxygène qui ont été réalisées tout au long des essais tandis que les tableaux 35, 36 et 37 font état des résultats de biodégradation obtenus. Ce pourcentage est obtenu par le calcul suivant :

$$D = \left[\frac{(C_{e(t)} - C_{b(t)})}{C_{th}} \right] \times 100$$

où D : % de dégradation au temps t;
C_{e(t)} : Consommation d'O₂ du réacteur échantillon au temps t;
C_{b(t)} : Consommation d'O₂ dissous du blanc au temps t;
C_{th} : Demande théorique en O₂ du réacteur.

TABLEAU 32 CONSOMMATION D'OXYGÈNE DANS LE TEMPS (SÉRIE 1)

Réacteur	DThO _{NH3} (mg/l)	Temps (jours)																				
		0	1	4	5	6	7	8	11	12	13	14	15	18	19	20	21	22	26	27	28	
Blanc 1	---	0	3	6	6	6	11	13	17	18,5	19	21	23	24	25	28	29	29	34,5	33	29	
Blanc 2	---	0	2	6	7	9	10	11	13	14	14	15	16	18	18	18,5	20	20	20	20	20	
<i>Blanc (moyenne)</i>		0	2,5	6	7	7,5	10,5	12	15	16,25	16,5	18	19,5	21	21,5	23,25	24,5	24,5	27,25	26,5	24,5	
Référence 1 (Aniline)	241	0	2,5	155	180	200	210	210	210	210	220	220	225	230	230	230	230	230	230	230	230	230
Référence 2 (Aniline)	241	0	10	170	190	210	220	220	230	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Trimethyl octadecyl ammonium chloride-1	87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trimethyl octadecyl ammonium chloride-2	87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trimethyl octadecyl ammonium chloride (HgCl ₂)	87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Thiourée-1	25,2	0	2	9,5	11,5	13	14	16	17	17	18	18	18	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	19	18,5	*	
Thiourée-2	25,2	0	0	2,5	4,5	5	11	11	13	12	13	15	17	12	14	17	18	17	20,2	19	*	
Thiourée (HgCl ₂)	25,2	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	2	2	0	0	2	2	0	2	2	*	
Octaméthylcyclotétrasiloxane-1	51,9	0	4	12	14	16	17	18	20	20	22	22	22	24	26	26	26	26	26	26	26	*
Octaméthylcyclotétrasiloxane-2	51,9	2	2	2,5	5	8	9	10	11	11	11	11	11	10	10	10	10	8	0	0	*	
Octaméthylcyclotétrasiloxane (HgCl ₂)	51,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*
Cremophor EL-1	60,9	0	16	48	57	59	63	66	70	78	80	82	86	90	92	94	94	94	92	92	92	
Cremophor EL-2	60,9	0	14	50	57,5	60	64	68	70	76	78	80	84	90	91	92	92	92	92	92	92	92
Cremophor EL (HgCl ₂)	60,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Surfonic LF-41-1	67,8	0	0	8	10	12	16	28	52	56	58	60	62	63	64	64	64	64	64	64	63	63
Surfonic LF-41-2	67,8	0	0	16	18	24	38	58	70	78	82	86	88	88	88	89	88	88,5	88,5	88	88	
Surfonic LF-41 (HgCl ₂)	67,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chlorure de 1-benzylquinolinium -1	69,3	0	6	16	16	20	20	22	26	28	28	30	30	31	32	32	32	32	32	32	32	32
Chlorure de 1-benzylquinolinium -2	69,3	0	8	16	18	20	22	24	28	28	30	30	30	30	31	32	32	32	31	30	30	
Chlorure de 1-benzylquinolinium (HgCl ₂)	69,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

*Bris d'appareil

TABLEAU 33 CONSOMMATION D'OXYGÈNE DANS LE TEMPS (SÉRIE 2)

Réacteur	DThO _{NH3} (mg/l)	Temps (jours)																				
		0	1	2	5	6	7	8	9	12	13	14	15	16	19	20	21	22	23	26	27	28
Blanc 1	---	0	5	7	19	19	19	20	21	23	23	23	25	26	27	28	28	28	29	29	29	29
Blanc 2	---	0	7	13	21	23	25	26	27	29	29	29	31	31	31	31	31	31	31	32	31	31
<i>Blanc (moyenne)</i>		0	6	10	20	21	22	23	24	26	26	26	28	28,5	29	29,5	29,5	29,5	30	30,5	30	30
Référence 1 (Aniline)	241	0	10	15	170	190	200	210	220	230	230	230	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
Référence 2 (Aniline)	241	0	0	0	200	220	240	250	260	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270
Solvant Solvesso 150-1	96,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	30	35	30	30	30
Solvant Solvesso 150-2	96,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Solvant Solvesso 150 (HgCl ₂)	96,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Catamol HBC-18-1 (solution à 50 %)	48,9	0	10	18	28	30	32	32	34	36	36	37	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
Catamol HBC-18-2 (solution à 50 %)	48,9	0	24	32	46	48	50	52	52	55	56	56	56	57	58	58	58	58	58	58	58	58
Catamol HBC-18 (HgCl ₂) (solution à 50 %)	48,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Le Catamol testé dans la série 2 a été utilisé tel que reçu. Ce produit se présentait en solution à une concentration d'environ 50 % dans un mélange eau-éthanol. L'essai a donc été repris sur le produit séché à une température de 80 °C pour en éliminer le solvant.

TABLEAU 34 CONSOMMATION D'OXYGÈNE DANS LE TEMPS (REPRISE DU CATEMOL)

Réacteur	DThO _{NH3} (mg/l)	Temps (jours)																				
		0	1	2	3	6	7	8	9	10	13	14	15	16	17	20	21	22	23	24	27	28
Blanc 1	---	0	11	20	28	35	42	44	46	48	50	51	51	51	51	50	49,5	49	48	47	45	44
Blanc 2	---	0	7	14	20	29	32	33	35	36	39	39	40	39,5	39,5	39	39,5	39	39	39	37	36
<i>Blanc (moyenne)</i>		0	9	17	24	32	37	38,5	40,5	42	44,5	45	45,5	45,25	45,25	44,5	44,5	44	43,5	43	41	40
Référence (Aniline)	241	0	0	0	130	210	210	210	220	220	220	220	220	220	220	210	210	210	210	200	200	200
Catamol HBC-18-1 (échantillon séché)	84,3	0	11	22	28	40	40	42	43	45	46	46	46	46	48	47	46	47	46	46	46	45
Catamol HBC-18-2 (échantillon séché)	84,3	0	3	12	18	28	30	30	32	33	34	34	35	35	36	36	36	36	35	34	32	30
Catamol HBC-18 (HgCl ₂) (échantillon séché)	84,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TABLEAU 35 BIODÉGRADABILITÉ (SÉRIE 1)

Produit	% Dégradation			
	T = 7 jours	T = 14 jours	T = 21 jours	T = 28 jours
Matériau de référence (Aniline)	83	94	85	85
Minimum de 65 % après 14 jours pour valider l'essai	87	96	94	94
Moyenne	85	95	90	90
Trimethyl octadecyl ammonium chloride	0	0	0	0
	0	0	0	0
Moyenne	0	0	0	0
Perte abiotique	0	0	0	0
% net de biodégradation	0	0	0	0
Thiourée	14	0	0	0
	2	0	0	0
Moyenne	8	0	0	0
Perte abiotique	8	8	8	8
% net de biodégradation	0	0	0	0
Octaméthylcyclotétrasiloxane	12	8	0	0
	0	0	0	0
Moyenne	6	4	0	0
Perte abiotique	0	0	0	0
% net de biodégradation	6	4	0	0
Cremophor EL	86	100	100	100
	88	100	100	100
Moyenne	87	100	100	100
Perte abiotique	0	0	0	0
% net de biodégradation	87	100	100	100
Surfonic LF-41	8	62 ¹	68 ¹	58 ¹
	41	100	94	94
Moyenne	25	100	94	94
Perte abiotique	0	0	0	0
% net de biodégradation	25	100	94	94
Chlorure de 1-benzylquinolinium	14	17	11	11
	17	17	11	8
Moyenne	16	17	11	10
Perte abiotique	0	0	0	0
% net de biodégradation	16	17	11	10

¹ Fuite au réacteur

TABLEAU 36 BIODÉGRADABILITÉ (SÉRIE 2)

Produit	% Dégradation			
	T = 7 jours	T = 14 jours	T = 21 jours	T = 28 jours
Matériau de référence (Aniline) Minimum de 65 % après 14 jours pour valider l'essai	74	85	87	87
	90	100	100	100
Moyenne	82	92	94	94
Solvant Solvesso 150	0	0	0	0
	0	0	11	10
Moyenne	0	0	6	5
Perte abiotique	0	0	0	0
% net de biodégradation	0	0	6	5
Catemol HBC (solution à 50 %)	20 ²	22 ²	17 ²	16 ²
	57	61	58	57
Moyenne	57	61	58	57
Perte abiotique	0	0	0	0
% net de biodégradation	57	61	58	57

² Fuite au réacteur

TABLEAU 37 BIODÉGRADABILITÉ (REPRISE DU CATEMOL)

Produit	% Dégradation			
	T = 7 jours	T = 14 jours	T = 21 jours	T = 28 jours
Matériau de référence (Aniline) Minimum de 65 % après 14 jours pour valider l'essai				
	72	73	69	66
Catemol HBC (échantillon séché)	3,6	1,8	1,8	5,9
	0	0	0	0
Moyenne	1,8	0,9	0,9	3,0
Perte abiotique	0	0	0	0
% net de biodégradation	1,8	0,9	0,9	3,0

4.2.4 Analyse des résultats de la biodégradabilité

Les essais ont été validés puisque le matériau de référence s'est dégradé à plus de 65 % en moins de 14 jours.

Comme l'indique le tableau 35, pour la thiourée et l'octaméthylcyclotétrasiloxane, un certain taux de biodégradation a été enregistré au cours des premiers jours d'essai, mais ce taux est devenu finalement nul plus tard. Cela s'explique par une consommation en oxygène légèrement plus élevée que celle du blanc en début de test de l'ordre de 5 ppm.

Mais puisque l'imprécision sur la mesure de consommation en oxygène est de ± 2 ppm, cet écart entre le blanc et les réacteurs d'essais est négligeable et ne peut pas être interprété comme une dégradation effective des produits en question.

Pour des raisons évidentes, lorsque la consommation en oxygène d'un réacteur donné est inférieure à celle enregistrée pour le blanc de méthode, le taux de biodégradation calculé est nul.

Aucun produit testé n'a enregistré de perte abiotique significative, ce qui signifie que pour les produits dégradables, l'oxydation est essentiellement liée au phénomène de biodégradation.

Tous les réacteurs ont été inspectés à la fin de l'essai afin de détecter toutes fuites qui auraient pu apparaître à l'embouchure des réacteurs pendant l'essai. Dans le cas du Surfonic LF-41 et du Catemol HBC en solution, une fuite a effectivement été identifiée pour un des deux réacteurs d'essais. Par conséquent, les valeurs obtenues pour ces réacteurs n'ont pas été retenues dans le calcul du taux de biodégradation net.

Seuls le Cremophor EL, le Surfonic LF-41 et le Catemol HBC en solution ont enregistré un taux de biodégradation supérieur à 10 %. Une indication de leur vitesse de biodégradation est présentée à la figure 31.

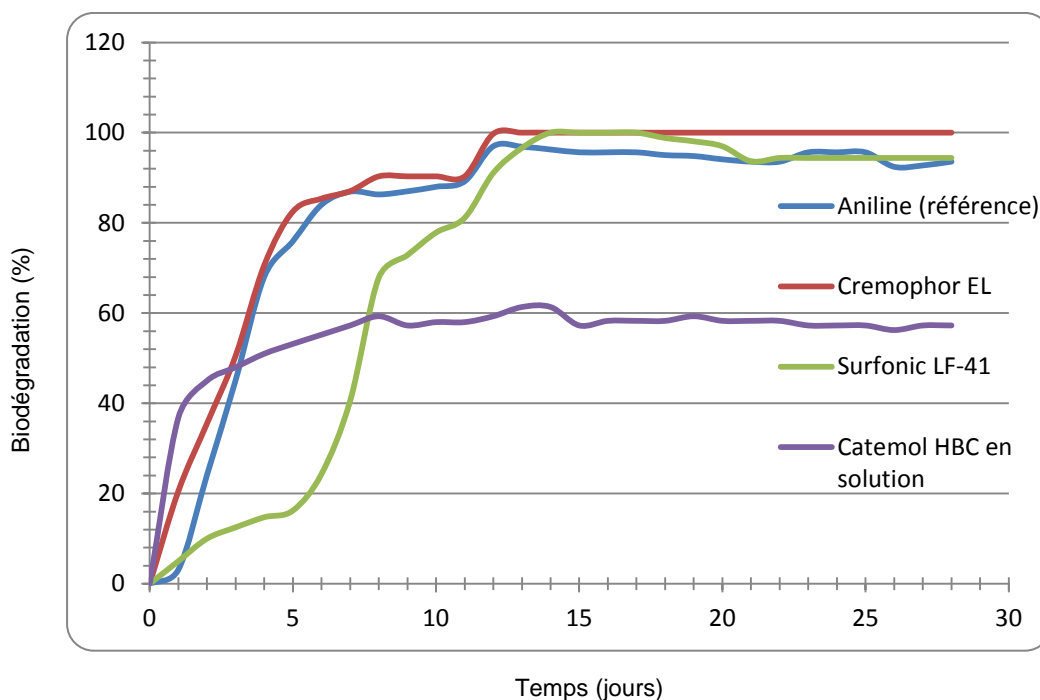


Figure 31 Vitesse de biodégradation

Lors de la reprise de l'essai sur le Catemol séché, aucune dégradation significative n'a été enregistrée tandis qu'à l'inverse, une dégradation de près de 60 % avait été notée pendant la réalisation de l'essai sur la solution à 50 % dans un mélange eau-éthanol. En réalité, la biodégradation enregistrée dans ce cas était vraisemblablement reliée à la dégradation de l'éthanol et possiblement au fait que le Catemol était mieux dispersé dans la solution d'essai, facilitant du même coup un meilleur contact avec les micro-organismes.

Finalement, dans le cas du Trimethyl octadecyl ammonium chloride, aucune consommation d'oxygène n'a été enregistrée pendant l'essai de biodégradation, et ce, même s'il avait été démontré que ce produit n'était pas toxique envers l'inoculum à la concentration d'essai. Puisque l'inoculum est composé d'un consortium de micro-organismes, il est probable que certains d'entre eux, qui sont anaérobies facultatifs, puissent se multiplier sans utiliser d'oxygène, d'où une consommation nulle dans les réacteurs qui contiennent le Trimethyl octadecyl ammonium chloride pendant l'essai alors qu'une certaine consommation est enregistrée dans les réacteurs qui ne contiennent que l'inoculum sans ajout de substance dégradabile. Comme l'évaluation de la toxicité n'a pour but que de détecter si une substance est nocive pour l'inoculum, Trimethyl octadecyl ammonium chloride n'est donc pas biodégradable lorsque testé selon l'OCDE 302C.

En résumé, pour considérer qu'un produit puisse être facilement biodégradable, les critères généralement reconnus sont de 60 % pour les techniques d'évaluation basées sur le suivi de la consommation en oxygène et de 70 % pour celles basées sur la réduction de la concentration en carbone organique dissous. Ces valeurs de seuil doivent être atteintes dans un intervalle de temps de 10 jours compris à l'intérieur de la durée d'essai de 28 jours. Cet intervalle de 10 jours débute lorsque le taux de biodégradation atteint 10 % de la DThO et doit se terminer avant le 28^e jour de l'essai.

En se basant sur ces critères et à la suite de l'évaluation des produits testés selon la méthode OCDE 302C, nous pouvons conclure que :

Produit utilisé	Nom commun	Biodégradabilité
Trimethyl octadecyl ammonium chloride N° CAS : 112-03-8	Chlorure d'ammonium triméthylique d'octadécyle N° CAS : 112-03-8	n'est pas biodégradable
Thiourée N° CAS : 62-56-6	Polymère de thio-urée N° CAS : 68527-49-1	n'est pas biodégradable
Octaméthylcyclotétrasiloxane N° CAS : 556-67-2	Octaméthylcyclotétrasiloxane N° CAS : 556-67-2	n'est pas biodégradable
Cremophor EL N° CAS : 61791-12-6	Huile de ricin éthoxylé N° CAS : 61791-12-6	est entièrement biodégradable
Surfonic LF-41 N° CAS : 68891-11-2	Résines alkylphénoliques oxyalkylées N° CAS : 68891-11-2	est entièrement biodégradable
Chlorure de 1-benzylquinolinium N° CAS : 15619-48-4	Dérivés de quinoléine N° CAS : 72480-70-7	n'est pas biodégradable
Solvant Solvesso 150 N° CAS : 64742-94-5	Solvant naphta aromatique lourd N° CAS : 64742-94-5	n'est pas biodégradable
Catamol HBC-18 (échantillon séché) N° CAS : 118516-73-7	Propanediaminium-2-substitued, hexaalkyl-di halide, 1,3 N° CAS : inconnu	est biodégradable à environ 60 %
Le Catamol HBC-18 séché		n'est pas biodégradable

5. CONCLUSION

Le projet se divisait en deux volets, soit une étude sur la simulation des conditions de fracturation hydraulique du gaz de shale à l'échelle laboratoire et des essais de biodégradabilité sur neuf produits identifiées par le CEAEQ.

En ce qui concerne le premier volet, l'objectif de l'étude consistait à reproduire aussi fidèlement que possible les conditions et séquences d'une fracturation réelle. Cette simulation à l'échelle laboratoire visait donc à observer le comportement des composés chimiques contenus dans les différentes solutions mises à l'essai. Pour y arriver, une unité pilote fonctionnant à haute pression a été conçue par le CRIQ. Des essais de mise en route ont permis de valider l'adéquation des données de conception pour la simulation des conditions de fracturation avec l'unité pilote telle que conçue.

Les échantillons de shale utilisés pour les essais proviennent de deux horizons de forages réalisés dans la formation géologique d'Utica au Québec. Ces échantillons ont été broyés de façon à obtenir une surface exposée aux additifs chimiques d'environ 20 000 cm² par litre de liquide injecté. De plus, le BCÉS a fourni au CRIQ les compositions des différentes solutions généralement utilisées dans l'industrie. Ainsi, deux solutions de pré-conditionnement (« spear head » SP1 et SP2) et quatre mélanges de fluides de fracturation (« slickwater » SL1, SL2, SL3 et SL4) ont été utilisés pour la réalisation des essais. De plus, les différentes séquences d'injection de produits habituellement utilisés lors d'une fracturation ont été adaptées par le CRIQ conjointement avec le BCÉS afin de tenir compte des réalités laboratoires.

Afin d'observer le comportement des composés chimiques contenus dans les différentes solutions mises à l'essai, des analyses chimiques semi-quantitatives ont été réalisées au CRIQ. D'autres analyses, celles-là quantitatives, ont été réalisées au CEAEQ et l'interprétation des résultats apparaîtra dans une autre étude de l'ÉES. De plus, le développement de méthodes analytiques spécifiques à des fins d'identification des sous-produits potentiellement formés a également été réalisé. Toutefois, il est important de mentionner que ce genre d'analyses présente certaines limitations quant à la précision des résultats.

L'interprétation de tous les résultats obtenus par le CRIQ permet d'émettre les conclusions suivantes :

- L'utilisation d'échantillons de shale du corridor 1 ou 2 dans le réacteur en contact avec les mêmes solutions de pré-conditionnement ou les fluides de fracturation ne présente pas de différence significative sur l'évolution des composés chimiques;
- L'utilisation d'un agent de soutènement (sable) n'a pas d'impact mesurable sur la concentration, la formation ou la disparition de composés chimiques;
- L'entreposage des eaux de reflux pour une période de huit jours à la température ambiante (20 °C) et sous la lumière n'a pas démontré d'effet significatif;
- Pour tous les essais, la concentration des composés chimiques contenus dans les solutions de pré-conditionnement est réduite lorsqu'en contact avec les fluides de fracturation. De plus, la stabilité des produits contenus dans les solutions de pré-conditionnement fait en sorte qu'il n'y a aucune formation ou disparition de composés chimiques lorsqu'en contact avec les fluides de fracturation;

Pour terminer, l'analyse de l'évolution des composés chimiques entre le début et la fin des différentes étapes de simulation des conditions de fracturation permettent de faire ressortir les tendances générales suivantes. À titre de rappel, la tentative d'identification des composés chimiques a été réalisée à partir des formules chimiques brutes. Comme il existe une incertitude associée à cette tentative d'identification, les composés comportant la même formule brute pourraient avoir un autre nom de par un agencement moléculaire différent.

- Mélange SP1/SL1 :
 - Légère réduction de la concentration des composés chimiques;
 - Nouveaux composés chimiques formés : cétone ou aldéhyde aliphatique et alkyl oxazole;
 - Composé chimique disparu : polyoxyéthylène.
- Mélange SP1/SL4 :
 - La concentration des composés chimiques est similaire;
 - Nouveaux composés chimiques formés: cétone ou aldéhyde aliphatique et alkyl oxazole, acide glycolique, acide phtalique;
 - Composé chimique disparu : polyoxyéthylène.
- Mélange SP2/SL2 :
 - Réduction de la concentration des composés chimiques;
 - Nouveaux composés chimiques formés: polyoxyéthylène, cétone ou aldéhyde aliphatique, acide acétique, éthylène glycol, acide glycolique, acide coumalique, acide muconique, acide benzène tricarboxylique;
 - Composé chimique disparu : aucun d'observable.
- Mélange SP2/SL3 :
 - Réduction de la concentration des composés chimiques;
 - Nouveaux composés chimiques formés : polyoxyéthylène et cétone ou aldéhyde aliphatique, glyoxal, éthanol, acide acétique, acide dehydroacétique, dichloroethane, acide glycolique, acide phtalique, acide coumalique, ribose, acide benzène tricarboxylique, polyamines oxydé;
 - Composé chimique disparu : aucun d'observable en fonction des méthodes analytiques utilisées.

Pour le volet 2, lors de la réalisation des travaux sur la biodégradation, il n'a pas été possible de se procurer un produit représentant les composés d'acides gras et d'huile de Tall (n° CAS : 68188-40-9). En ce sens, huit produits ont été analysés au lieu de neuf. En se basant sur les valeurs seuils proposées dans la méthode OCDE 302C, les résultats obtenus démontrent que sur les huit produits, six ne sont pas biodégradables et deux sont entièrement biodégradables.

6. RECOMMANDATIONS

La réalisation du projet a permis de concevoir un équipement permettant la réalisation d'essais de simulation des conditions de fracturation hydraulique à l'échelle laboratoire. À ce jour, le MDDEFP est le seul à travers le monde à posséder ce genre d'équipement. En ce sens, plusieurs industries, centres de recherche ou institutions académiques auront accès à cet équipement et aux connaissances acquises en vue de réaliser des essais à l'échelle pilote sans investir des sommes considérables dans la construction de puits. De plus, les fournisseurs d'additifs de fracturation pourront également bénéficier de ce réacteur pour leurs besoins afin d'améliorer les additifs en vue de réduire leurs empreintes écologiques.

Annexe A

Protocoles des essais des étapes 0 à 3

Protocole des essais de l'étape 0

Essai #1

- Le réacteur doit être préchauffé à 60 °C;
- À partir de l'échantillon 52112 (corridor 1 broyé), ajuster à 1 kg la masse d'échantillon;
- Purger la ligne d'alimentation avec 500 ml d'eau déchlorée;
- Verser le solide dans le réacteur doucement (attention à ne pas salir les filets interne du réacteur);
- Fermer le couvert et ajouter l'eau jusqu'à écoulement à la purge. Mesurer le volume d'eau ajouté lorsque la pression sera à 60 MPa;
- Monter la pression à 60 MPa et laisser agir pendant 24 heures à 60 °C;
- Noter la pression et température du réacteur;
- Prendre un échantillon d'eau déchlorée et faire analyser le pH ici au CRIQ. De plus, il y aura une bouteille fournie par le CEAEQ qu'il faudra remplir et conserver à 4 °C. Le nom de l'échantillon d'eau sera « E0 EAU »;

Le lendemain

- Noter la pression et température du réacteur en arrivant le matin et ajuster au besoin;
- Après 24 hrs, ouvrir le réacteur et recueillir l'eau en utilisant le système de vide;
- Prendre un échantillon d'eau usée et faire analyser le pH ici au CRIQ. De plus, il y aura deux bouteilles fournies par le CEAEQ dont une non filtré (E0 C1) et l'autre devra être filtré avec un filtre 0,45 µm (nom d'échantillon E0 C1 filtré 0,45 µm). Conserver les échantillons à 4 °C.
- Nettoyer le réacteur pour pouvoir repartir l'essai #2 la même journée.

Essai #2

- Idem Essai #1 mais avec l'échantillon 52113 (corridor 2 broyé)
- Les noms des échantillons d'eau usée seront E0 C2 et E0 C2 filtré 0,45 µm;
- Analyses idem essai#1;

En fin de journée, porter les échantillons au CEAEQ.

Protocole des essais de l'étape 1 (HCl 15% seul)

2 essais seront réalisés, un à partir de l'échantillon de shale corridor #1 (52112) et un avec le corridor #2 (52113). Idéalement il faudrait réaliser ces essais en une journée (E1 C1 HCl15% et E1 C2 HCl15%).

Pour les deux essais préparer 15 litres d'acide chlorhydrique 15% à partir d'un baril d'acide 32%. Soit prudent lors de la manipulation.

- Dans un contenant de 20 litres ajouter :
 - o 8,4 litres d'eau déchlorée
 - o Ensuite 6,5 litres d'acide chlorhydrique 32%.
 - o Mélanger le tout avec une tige en acier inoxydable.
- Prendre un échantillon d'acide 15% et faire analyser le pH ici au CRIQ (Nom d'échantillon E0 HCl 15%).

Essais #1

- Le réacteur doit être préchauffé à 65 °C;
- À partir de l'échantillon 52112 (corridor 1 broyé), ajuster à 1 kg la masse d'échantillon;
- Purger la ligne d'alimentation avec 500 ml d'acide HCl 15%;
- Verser le solide dans le réacteur doucement;
- Fermer le couvercle et ajouter l'acide jusqu'à écoulement à la purge. Mesurer le volume d'acide ajouté lorsque la pression sera à 60 MPa;
- Monter la pression à 60 MPa sans correction avec la température
- Noter la pression et température du réacteur
- Laisser agir pendant 30 minutes;
- Noter la pression et température du réacteur;
- Ouvrir le réacteur et recueillir l'eau usée en utilisant le système de vide;
- Prendre un échantillon d'eau usée et faire analyser le pH ici au CRIQ. De plus, il y aura des bouteilles fournies par le CEAEQ (nom d'échantillon E1 C1 HCl15%). Conserver les échantillons à 4 °C.
- Le restant de l'eau usée doit être conservé congelée.
- Nettoyer le réacteur pour pouvoir repartir l'essai #2 la même journée.
- Enlever par décantation le maximum d'eau usée et congeler l'échantillon solide en l'appelant E1 C1 HCl15% shale

Essai #2

- Idem à l'essai #1 mais avec l'échantillon 52113 (corridor 2 broyé)
- Les noms des échantillons d'eau usée seront E1 C2 HCl15%
- Analyses idem à l'essai #1;
- Nettoyer le réacteur et laisser le chauffage en fonction pour pouvoir repartir le lendemain.
- Le nom d'échantillon du solide sera E1 C2 HCl15% shale.

Protocole des essais de l'étape 1 (SP1 et SP2)

4 essais seront réalisés, deux à partir de l'échantillon de shale corridor #1 (52112) et deux avec le corridor #2 (52113). Les deux premiers essais sont fait avec la solution SP1 puis on reprend le même protocole mais avec la solution SP2. Il faut donc remplacer le SPx par la bonne solution lors de la désignation des échantillons.

Essais #1

- Le réacteur doit être préchauffé à 65 °C;
- Préparer 8 litres de solution SPx;
- À partir de l'échantillon 52112 (corridor 1 broyé), ajuster à 1 kg la masse d'échantillon;
- Purger la ligne d'alimentation avec 500 ml de SPx;
- Verser le solide dans le réacteur doucement;
- Fermer le couvert et ajouter SPx jusqu'à écoulement à la purge.
- Monter la pression à 60 MPa avec correction avec la température (1,0 MPa / °C)
- Noter la pression et température du réacteur
- Laisser agir pendant 30 minutes;
- Noter la pression et température du réacteur;
- Ouvrir le réacteur et recueillir l'eau usée en utilisant le système de vide;
- Prendre un échantillon d'eau usée pour les besoins du CRIQ. De plus, il y aura des bouteilles fournies par le CEAEQ (nom d'échantillon E1 C1 SPx). Conserver les échantillons à 4 °C.
- Nettoyer le réacteur pour pouvoir repartir un essai le lendemain.
- Enlever par décantation le maximum d'eau usée et congeler l'échantillon solide en l'appelant E1 C1 SPx shale

Essai #2

- Idem à l'essai #1 mais avec l'échantillon 52113 (corridor 2 broyé)
- Le nom des échantillons d'eau usée seront E1 C2 SPx
- Analyses idem à l'essai 1;
- Nettoyer le réacteur et laisser le chauffage en fonction pour pouvoir repartir le lendemain.
- Le nom d'échantillon du solide sera E1 C2 SPx shale.

Reprendre les essais 1 et 2 pour l'autre solution SP

Protocole des essais de l'étape 1B

8 essais seront réalisés. Comme le protocole sera utilisé à plusieurs reprises, il faut utiliser la bonne désignation des échantillons en fonction du corridor et des solutions utilisées. Pour ce faire, se référer au calendrier de réalisation des essais.

- Le réacteur doit être préchauffé la veille à 65 °C;
- À partir de l'échantillon 52112 (corridor 1) ou 52113. (corridor 2), ajuster à 1 kg la masse d'échantillon et mettre dans un béccher de 2 litres;
- Ajouter au shale 29,4 ml d'eau usée congelée E1 C_y SP_x et mélanger le tout (attention forte réaction car le pH de la solution est à zéro). Laissez agir un minimum 30 minutes;
- Préparer 8 litres de solution SL_z;
- Verser le solide dans le réacteur doucement et récupérer le solide restant dans le béccher avec la solution SL_z;
- Ajouter 4 litres de solution SL_z dans le réacteur et mélanger le tout
- Fermer le couvert;
- Purger la ligne d'alimentation avec 500 ml de la solution SL_z;
- Ajouter la solution SL_z jusqu'à écoulement à la purge;
- Monter la pression à 60 MPa avec correction de la température (1,2 MPa / °C)
- Noter la pression et température du réacteur
- Laisser agir pendant 4 heures;
- Noter la pression et température du réacteur après 2 heures et à la fin de l'essai (corriger la pression si nécessaire);
- Ouvrir le réacteur, mélanger le tout et recueillir l'eau usée en utilisant le système de vide;
- Prendre un échantillon d'eau usée selon le tableau pour les besoins du CRIQ. De plus, il y aura des bouteilles fournies par le CEAEQ (nom d'échantillon E1B C_x SP_y/SL_z). Conserver les échantillons à 4 °C;
- S'il y a une étape 2 le lendemain, plonger le tuyau de vide dans le solide pour enlever le maximum d'eau dans le réacteur et refermer le couvercle en laissant le contrôleur de température à 60 °C;
- S'il n'y a pas d'étape 2, nettoyer le réacteur pour pouvoir repartir un essai le lendemain;
- Purger les lignes avec 2 litres d'eau déchlorée en évitant de passer pas le réacteur;
- Enlever par décantation le maximum d'eau usée et congeler l'échantillon solide en l'appelant E1B C_x SP_y/SL_z shale;

Protocole des essais de l'étape 2

4 essais seront réalisés. Comme le protocole sera utilisé à plusieurs reprises, il faut utiliser la bonne désignation des échantillons en fonction du corridor et des solutions utilisées. Pour ce faire, se référer au calendrier de réalisation des essais.

- Le réacteur doit être préchauffé la veille à 60°C;
- Ajouter au shale 28,2 ml d'eau usée congelée E1 C_y SP_x et mélanger le tout dans le réacteur (attention forte réaction car le pH de la solution est à zéro). Laissez agir un minimum 30 minutes;
- Préparer 8 litres de solution SL_x;
- Préparer 600 gr de sable de silice
 - 300 gr de grade 50-140
 - 300 gr de grade 40-70
- Verser le solide dans le réacteur doucement et récupérer le solide restant dans le bûcher avec la solution SL_x;
- Ajouter le sable et 4 litres de solution SL_x dans le réacteur et mélanger le tout;
- Fermer le couvert;
- Purger la ligne d'alimentation avec 500 ml de la solution SL_x;
- Ajouter la solution SL_x jusqu'à écoulement à la purge.
- Monter la pression à 60 MPa avec correction de la température (1,2 MPa / °C)
- Noter la pression et température du réacteur;
- Laisser agir pendant 4 heures;
- Noter la pression et température du réacteur après 2 heures et à la fin de l'essai (corriger la pression si nécessaire);
- Ouvrir le réacteur, mélanger le tout et recueillir l'eau usée en utilisant le système de vide;
- Prendre un échantillon d'eau usée selon le tableau pour les besoins du CRIQ. De plus, il y aura des bouteilles fournies par le CEAEQ (nom d'échantillon E2 C_x SP_y/SL_z). Conserver les échantillons à 4 °C;
- Nettoyer le réacteur pour pouvoir repartir un essai le lendemain;
- Purger les lignes avec 2 litres d'eau déchlorée en évitant de passer pas le réacteur;
- Enlever par décantation le maximum d'eau usée et congeler l'échantillon solide en l'appelant E2 C_x SP_y/SL_z shale;

Protocole des essais de l'étape 3

4 essais seront réalisés. Comme le protocole sera utilisé à plusieurs reprises, il faut utiliser la bonne désignation des échantillons en fonction du corridor et des solutions utilisées. Pour ce faire, se référer au calendrier de réalisation des essais.

Il est important de retenir que les échantillons générés seront entreposés dans le local à la température pièce et à la lumière. De plus, ils seront envoyés pour analyses après différents temps d'entreposage soient au temps zéro, 8 heures, 24 heures, 5 jours et 8 jours.

IMPORTANT : pour le premier essai de l'étape 3, il est impératif de débiter un mardi pour que les 4 essais ne tombent pas les fins de semaine

- Le réacteur doit être préchauffé la veille à 65 °C;
- À partir de l'échantillon 52113. (corridor 2), ajuster à 1 kg la masse d'échantillon et mettre dans un béccher de 2 litres;
- Ajouter au shale 28,2 ml d'eau usée congelée E1 C_y SP_x et mélanger le tout (attention forte réaction car le pH de la solution est à zéro). Laissez agir un minimum 30 minutes;
- Préparer 9 litres de solution SL_x;
- Préparer 600 gr de sable de silice
 - 300 gr de grade 50-140
 - 300 gr de grade 40-70
- Verser le solide dans le réacteur doucement et récupérer le solide restant dans le béccher avec la solution SL_x;
- Ajouter le sable et 4 litres de solution SL_x dans le réacteur et mélanger le tout
- Fermer le couvert;
- Purger la ligne d'alimentation avec 500 ml de la solution SL_x;
- Ajouter la solution SL_x jusqu'à écoulement à la purge.
- Monter la pression à 60 MPa avec correction de la température (1,2 MPa / °C)
- Noter la pression et température du réacteur
- Laisser agir pendant 4 heures;
- Noter la pression et température du réacteur après 2 heures et à la fin de l'essai (corriger la pression si nécessaire);
- À la fin du 4 heures d'attente, réduire la pression jusqu'à 20 MPa et laisser réagir pendant 8 jours;
- Entreposer le reste de la solution à 4 °C pour les corrections de pression en cours d'essai;
- Vérifier une fois par jour la pression et la température (pas les fins de semaine à moins de variation importante de la pression). Corriger la pression avec la solution résiduelle au besoin;
- Le matin du huitième jour, ouvrir le réacteur, mélanger le tout et recueillir l'eau usée surnageant en utilisant le système de vide;

Échantillonnage pour les séries d'essais #1

- Diviser l'eau usée en deux parties de 2 litres et mettre dans des contenants en verre et les exposer à la lumière et à la température pièce;
- Les deux contenants de 2 litres seront utilisés pour être analysés au CEAEQ et au CRIQ et porteront les numéros d'échantillon :
 - o E3 C2 SPx/SLy 5j (après 5 jours mettre dans les bouteilles et envoyer au CEAEQ avec la mention «IMPORTANT conserver à 4°C» et échantillonner pour le CRIQ);
 - o Et l'autre E3 C2 SPx/SLy 8j; (après 8 jours mettre dans les bouteilles et envoyer au CEAEQ avec la mention «IMPORTANT conserver à 4°C» et échantillonner pour le CRIQ);
- L'autre portion doit être divisée en trois pour les analyses au CRIQ seulement et porter les numéros d'échantillon :
 - o E3 C2 SPx/SLy 0h (envoyer pour analyse immédiatement);
 - o E3 C2 SPx/SLy 8h (après 8 heures d'attente mettre à 4 °C puis envoyer pour analyse);
 - o E3 C2 SPx/SLy 24 h (après 24 heures d'attente mettre à 4 °C puis envoyer pour analyse).
- Nettoyer le réacteur pour pouvoir repartir un essai selon le calendrier de réalisation;
- Purger les lignes avec 2 litres d'eau déchlorée en évitant de passer pas le réacteur;
- Enlever par décantation le maximum d'eau usée et congeler l'échantillon solide en l'appelant E3 C2 SP_y/SL_z shale;

Échantillonnage pour les séries d'essais #2

- Diviser l'eau usée en trois parties égales et mettre dans des contenants en verre et les exposer à la lumière et à la température pièce;
- Les trois contenants seront utilisés pour être analysés au CEAEQ seulement et porteront les numéros d'échantillon :
 - o E3 C2 SPx/SLy 0h (envoyer pour analyse immédiatement);
 - o E3 C2 SPx/SLy 8h (après 8 heures d'attente mettre à 4 °C puis envoyer pour analyse);
 - o E3 C2 SPx/SLy 24 h (après 24 heures d'attente mettre à 4 °C puis envoyer pour analyse).
- Nettoyer le réacteur pour pouvoir repartir un essai selon le calendrier de réalisation;
- Purger les lignes avec 2 litres d'eau déchlorée en évitant de passer pas le réacteur;
- Enlever par décantation le maximum d'eau usée et congeler l'échantillon solide en l'appelant E3 C2 SP_y/SL_z shale;

Annexe B

Fiches signalétiques

Material Safety Data Sheet

Version 4.3
Revision Date 09/26/2012
Print Date 11/29/2012

1. PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION

Product name : Trimethyloctadecylammonium chloride

Product Number : 53112
Brand : Sigma
Product Use : For laboratory research purposes.

Supplier : Sigma-Aldrich Canada, Ltd Manufacturer : Sigma-Aldrich Corporation
2149 Winston Park Drive 3050 Spruce St.
OAKVILLE ON L6H 6J8 St. Louis, Missouri 63103
CANADA USA

Telephone : +1 9058299500
Fax : +1 9058299292
Emergency Phone # (For : 1-800-424-9300
both supplier and
manufacturer)

Preparation Information : Sigma-Aldrich Corporation
Product Safety - Americas Region
1-800-521-8956

2. HAZARDS IDENTIFICATION

Emergency Overview

WHMIS Classification

Not WHMIS controlled.

GHS Classification

Acute toxicity, Dermal (Category 4)

Acute toxicity, Oral (Category 4)

GHS Label elements, including precautionary statements

Pictogram



Signal word

Warning

Hazard statement(s)

H302 + H312

Harmful if swallowed or in contact with skin

Precautionary statement(s)

P280

Wear protective gloves/ protective clothing.

HMIS Classification

Health hazard:

1

Flammability:

0

Physical hazards:

0

Potential Health Effects

Inhalation

May be harmful if inhaled. May cause respiratory tract irritation.

Skin

Harmful if absorbed through skin. May cause skin irritation.

Eyes

May cause eye irritation.

Ingestion

Harmful if swallowed.

3. COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

Formula : C₂₁H₄₆ClN
Molecular Weight : 348.05 g/mol

CAS-No.	EC-No.	Index-No.	Concentration
Trimethyloctadecylammonium chloride			
112-03-8	203-929-1	-	-

4. FIRST AID MEASURES

General advice

Consult a physician. Show this safety data sheet to the doctor in attendance. Move out of dangerous area.

If inhaled

If breathed in, move person into fresh air. If not breathing, give artificial respiration. Consult a physician.

In case of skin contact

Wash off with soap and plenty of water. Consult a physician.

In case of eye contact

Flush eyes with water as a precaution.

If swallowed

Never give anything by mouth to an unconscious person. Rinse mouth with water. Consult a physician.

5. FIREFIGHTING MEASURES

Conditions of flammability

Not flammable or combustible.

Suitable extinguishing media

Use water spray, alcohol-resistant foam, dry chemical or carbon dioxide.

Special protective equipment for firefighters

Wear self contained breathing apparatus for fire fighting if necessary.

Hazardous combustion products

Hazardous decomposition products formed under fire conditions. - Carbon oxides, nitrogen oxides (NO_x), Hydrogen chloride gas

Explosion data - sensitivity to mechanical impact

no data available

Explosion data - sensitivity to static discharge

no data available

6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

Personal precautions

Use personal protective equipment. Avoid dust formation. Avoid breathing vapors, mist or gas. Ensure adequate ventilation. Avoid breathing dust.

Environmental precautions

Do not let product enter drains.

Methods and materials for containment and cleaning up

Pick up and arrange disposal without creating dust. Sweep up and shovel. Keep in suitable, closed containers for disposal.

7. HANDLING AND STORAGE

Precautions for safe handling

Avoid contact with skin and eyes. Avoid formation of dust and aerosols.

Provide appropriate exhaust ventilation at places where dust is formed. Normal measures for preventive fire protection.

Conditions for safe storage

Keep container tightly closed in a dry and well-ventilated place.

Keep in a dry place.

8. EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION

Contains no substances with occupational exposure limit values.

Personal protective equipment

Respiratory protection

For nuisance exposures use type P95 (US) or type P1 (EU EN 143) particle respirator. For higher level protection use type OV/AG/P99 (US) or type ABEK-P2 (EU EN 143) respirator cartridges. Use respirators and components tested and approved under appropriate government standards such as NIOSH (US) or CEN (EU).

Hand protection

Handle with gloves. Gloves must be inspected prior to use. Use proper glove removal technique (without touching glove's outer surface) to avoid skin contact with this product. Dispose of contaminated gloves after use in accordance with applicable laws and good laboratory practices. Wash and dry hands.

Eye protection

Safety glasses with side-shields conforming to EN166 Use equipment for eye protection tested and approved under appropriate government standards such as NIOSH (US) or EN 166(EU).

Skin and body protection

Complete suit protecting against chemicals, The type of protective equipment must be selected according to the concentration and amount of the dangerous substance at the specific workplace.

Hygiene measures

Handle in accordance with good industrial hygiene and safety practice. Wash hands before breaks and at the end of workday.

Specific engineering controls

Use mechanical exhaust or laboratory fumehood to avoid exposure.

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Appearance

Form powder

Colour white

Safety data

pH 5.5 - 6.5 at 25 °C (77 °F)

Melting point/freezing point no data available

Boiling point no data available

Flash point no data available

Ignition temperature no data available

Autoignition temperature no data available

Lower explosion limit no data available

Upper explosion limit no data available

Vapour pressure no data available

Density no data available

Water solubility 348 g/l at 20 °C (68 °F)

Partition coefficient: n-octanol/water no data available

Relative vapour density no data available

Odour	no data available
Odour Threshold	no data available
Evaporation rate	no data available

10. STABILITY AND REACTIVITY

Chemical stability

Stable under recommended storage conditions.

Possibility of hazardous reactions

no data available

Conditions to avoid

no data available

Materials to avoid

Strong oxidizing agents

Hazardous decomposition products

Hazardous decomposition products formed under fire conditions. - Carbon oxides, nitrogen oxides (NOx), Hydrogen chloride gas

Other decomposition products - no data available

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

Acute toxicity

Oral LD50

LD50 Oral - mouse - 536 mg/kg

Remarks: Behavioral:Somnolence (general depressed activity). Behavioral:Ataxia. Diarrhoea

Inhalation LC50

no data available

Dermal LD50

LD50 Dermal - mouse - 1,600 mg/kg

Remarks: Behavioral:Somnolence (general depressed activity). Prolonged skin contact may cause skin irritation and/or dermatitis. Skin and Appendages: Other: Hair.

Other information on acute toxicity

no data available

Skin corrosion/irritation

no data available

Serious eye damage/eye irritation

no data available

Respiratory or skin sensitization

no data available

Germ cell mutagenicity

Carcinogenicity

IARC: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as probable, possible or confirmed human carcinogen by IARC.

ACGIH: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as a carcinogen or potential carcinogen by ACGIH.

Reproductive toxicity

no data available

Teratogenicity

no data available

Specific target organ toxicity - single exposure (Globally Harmonized System)

no data available

Specific target organ toxicity - repeated exposure (Globally Harmonized System)

no data available

Aspiration hazard

no data available

Potential health effects

Inhalation	May be harmful if inhaled. May cause respiratory tract irritation.
Ingestion	Harmful if swallowed.
Skin	Harmful if absorbed through skin. May cause skin irritation.
Eyes	May cause eye irritation.

Signs and Symptoms of Exposure

To the best of our knowledge, the chemical, physical, and toxicological properties have not been thoroughly investigated.

Synergistic effects

no data available

Additional Information

RTECS: BT1750000

12. ECOLOGICAL INFORMATION

Toxicity

no data available

Persistence and degradability

no data available

Bioaccumulative potential

no data available

Mobility in soil

no data available

PBT and vPvB assessment

no data available

Other adverse effects

no data available

13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

Product

Offer surplus and non-recyclable solutions to a licensed disposal company.

Contaminated packaging

Dispose of as unused product.

14. TRANSPORT INFORMATION

DOT (US)

Not dangerous goods

IMDG

Not dangerous goods

IATA

Not dangerous goods

15. REGULATORY INFORMATION

WHMIS Classification

Not WHMIS controlled.

This product has been classified in accordance with the hazard criteria of the Controlled Products Regulations and the MSDS contains all the information required by the Controlled Products Regulations.

16. OTHER INFORMATION

Further information

Copyright 2012 Sigma-Aldrich Co. LLC. License granted to make unlimited paper copies for internal use only. The above information is believed to be correct but does not purport to be all inclusive and shall be used only as a guide. The information in this document is based on the present state of our knowledge and is applicable to the product with regard to appropriate safety precautions. It does not represent any guarantee of the properties of the product. Sigma-Aldrich Corporation and its Affiliates shall not be held liable for any damage resulting from handling or from contact with the above product. See www.sigma-aldrich.com and/or the reverse side of invoice or packing slip for additional terms and conditions of sale.



12314-1

FICHE SIGNALÉTIQUECentre Anti-Poison pour le Québec:
(800) 463-5060Tél. (Qc): (418) 660-8666
Tél. (Mt): (450) 443-1046
Fax. (Qc): (418) 660-8998

610, rue Adanac (suite 300) Beauport (Québec) G1C 7B7

THIOURÉE**SECTION 01 - IDENTIFICATION DU PRODUIT**

Nom chimique	THIOURÉE
Nom commercial ou semblable	THIOUREA, ISOTHIUREA, THIOCARBAMIDE, THIOCARBAMATE, 2-THIOUREA, SULOUREA, THU.
Formule chimique	H ₂ NCSNH ₂
Poids moléculaire	76,12
Numéro MAT	
Identification N.I.P.	UN2811
Classement Merck Index	12,9505
CLASSIFICATION SIMDUT	D2A

SECTION 02 - INGRÉDIENTS DANGEREUX

Ingrédients dangereux	Numéro CAS	Concentration (%)	DL ₅₀	CL ₅₀
Thiourée	62-56-6	99	125 mg/kg	

SECTION 03 - CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

État physique	Solide.
Apparence et odeur	Poudre cristalline de couleur blanche.
Limite de détection olfactive	
Densité	1.40
Point de fusion	174 - 177°C
Point d'ébullition	
Pression de la vapeur	
Densité spécifique de la vapeur	2.6
Solubilité	Modérément soluble dans l'eau et l'alcool.
Taux d'évaporation	
Coefficient H ₂ O / Hulle	
Pourcentage de volatilité	
pH	

SECTION 04 - RISQUES D'INCENDIE ET D'EXPLOSION

Inflammabilité	Non.
Conditions d'allumage	
Agents d'extinction	Utiliser l'agent d'extinction convenant aux conditions environnantes du feu.
Émanations dangereuses - combustion	Lorsque chauffé jusqu'à décomposition, la thiourée dégage des vapeurs toxiques d'oxydes d'azote, d'oxydes de soufre, de monoxyde et dioxyde de carbone.
Sensibilité aux chocs	Non.
Sensibilité à une décharge statique	Non.
Dangers spéciaux de feu et d'explosion	La thiourée peut réagir violemment au contact de l'acroléine.

THIOURÉE

SECTION 05 - STABILITÉ ET RÉACTIVITÉ

Substances incompatibles	Les agents oxydants forts (acide nitrique, acide perchlorique, les peroxydes, les chlorates et les perchlorates), les acides forts, l'acroléine, l'acryaldéhyde, le peroxyde d'hydrogène, la chaleur et l'humidité.
Produits de décomposition dangereux	Vapeurs toxiques d'oxydes d'azote, d'oxydes de soufre, de monoxyde et dioxyde de carbone.
Polymérisation dangereuse	Non.
Conditions d'instabilité	

SECTION 06 - DANGERS POUR LA SANTÉ

Premières voies d'absorption	Inhalation, la peau et les yeux.
Valeur limite d'exposition	
Effets de l'exposition aiguë :	
- Yeux	Irritation et peut entraîner une inflammation de la conjonctive.
- Peau	Irritation. Peut entraîner une réaction allergique et inflammatoire de la peau sous forme d'eczéma, d'ulcère ou d'une décoloration locale.
- Respiration	Irritation des muqueuses et des voies respiratoires. Troubles nerveux, toux, dyspnée, maux de tête, vertiges, tremblements, diaphorèse, convulsions, nausées et vomissements.
- Ingurgitation	Irritation des muqueuses. Douleurs abdominales, hémorragie gastrique, crampes, diarrhées, méléna, hématurie, anémie, leucopénie, thrombocytopénie, stupeur, convulsions, perte de conscience, coma et peut entraîner la mort.
Effets de l'exposition chronique	Sensation de brûlure, conjonctivite, allergie cutanée, troubles nerveux, lésions au foie, désordres sanguins, toux, dyspnée, laryngite, maux de tête, vertiges, diaphorèse, fatigue, anémie, irritabilité, faiblesse musculaire, perte de poids et perte d'appétit, nausées et vomissements. L'exposition prolongée à ce produit est susceptible de causer le cancer.

SECTION 07 - PREMIERS SOINS

Si au contact des yeux	Laver les yeux à grande eau pendant au moins 15 minutes tout en maintenant les paupières écartées afin de bien rincer l'œil.
Si au contact de la peau	Laver la peau à grande eau pendant au moins 15 minutes. Enlever les vêtements souillés.
Si respiré	Déplacer la personne incommodée à l'air frais. Si la respiration est difficile, donner de l'oxygène. Si la victime ne respire plus, faire la respiration artificielle.
Si avalé	Si la personne est consciente, faire boire de l'eau et faire vomir. Obtenir une aide médicale immédiate.
* EN CAS D'URGENCE CENTRE ANTI-POISON POUR LA PROVINCE DE QUÉBEC: (800) 463-5060	

SECTION 08 - DONNÉES TOXICOLOGIQUES

Cancérogénicité	Ce produit est susceptible de causer le cancer chez l'humain. L'exposition chronique à la thiourée chez des rats a généré des tumeurs hépatiques. Études confirmées de la cancérogénicité chez les animaux. * Références documentées: RTECS# YU2800000
Effets toxiques sur la reproduction	
Capacité de sensibilisation	La thiourée peut induire une réaction allergique et inflammatoire de la peau sous forme d'eczéma, d'ulcère ou d'une décoloration locale. * Références documentées: RTECS# YU2800000
Produits synergiques	
Mutagénicité	
Données répertoriées	RTECS# YU2800000 ORL-RAT DL50: 125 mg/kg ORL-MUS DL50: 8500 mg/kg IPR-RAT DL50: 436 mg/kg IPR-MUS DL50: 100 mg/kg CONSENSUS REPORTS: NTP Fifth Annual Report on Carcinogens. IARC Cancer Review: Group 2B IMEMDT 7,56,87; Animal Sufficient Evidence IMEMDT 7,95,74. Reported in EPA TSCA Inventory. 1986 Genetox Program experimental results have been published.

THIOURÉE

SECTION 09 - MESURES PRÉVENTIVES

ÉQUIPEMENT DE PROTECTION INDIVIDUELLE

Respiratoire	Appareil respiratoire autonome agréé par NIOSH/MSHA.
Ventilation	Hotte.
Gants	Gants imperméables en néoprène.
Yeux	Lunettes protectrices avec des volets de sécurité.
Chaussures	Chaussures de sécurité.
Vêtements	Sarrau.
Contrôle technique	Disposer de douches de sécurité sur les lieux de travail en cas d'urgence.
Méthode de manutention	Disposer d'une bonne aération lors de la manipulation, utiliser une hotte de préférence. Éviter toutes sources de contamination.
Mesures en cas de déversement	Ramasser à l'aide d'une pelle ou d'un balai en prenant soin de ne pas disperser les poussières. Diluer les résidus avec de l'eau, nettoyer et rincer. Assurer une bonne aération des lieux. Disposer des résidus dans un contenant prévu pour l'élimination des matières dangereuses. Lors de la manipulation, porter un équipement de sécurité adéquat. Utiliser un appareil respiratoire au besoin.
Mesures pour l'élimination	Dissoudre ou mélanger les résidus de la thiourée avec un solvant combustible et brûler dans un incinérateur équipé d'un système à post-combustion. Se conformer aux réglementations fédérales, provinciales et locales concernant l'élimination des déchets.

SECTION 10 - ENTREPOSAGE ET MANIPULATION

Conditions d'entreposage	Entreposer dans un endroit frais et sec. Garder le contenant hermétiquement fermé et le ranger à l'écart de la chaleur, de l'humidité et des produits incompatibles. Garder à l'abri des rayons du soleil.
Méthode et équipement de manutention	

SECTION 11 - INFORMATIONS SUR LE TRANSPORT

Appellation réglementaire	SOLIDE ORGANIQUE TOXIQUE, N.S.A.	
Numéro UN	UN2811	
Classification du TMD	Classe 6.1	Groupe d'emballage: III
Indice de quantité limitée	5	
Indice PIU		
Dispositions particulières	16	
DEGRÉ DU DANGER (NFPA) (Max=4)		
Santé	3	SÉRIEUX
Feu	0	MINIMAL
Réactivité	0	MINIMAL
Spécial		

SECTION 12 - PRÉPARATION DE LA FICHE SIGNALÉTIQUE

L'UTILISATION, LA MANUTENTION ET L'ENTREPOSAGE DU PRODUIT VISÉ PAR LA PRÉSENTE FICHE SIGNALÉTIQUE SONT AUX RISQUES DES UTILISATEURS SEULEMENT.

LABORATOIRE MAT INC. DÉCLINE TOUTE RESPONSABILITÉ POUR TOUTE PERTE OU TOUT DOMMAGE DE QUELQUE NATURE QUE CE SOIT, RELATIVEMENT À L'UTILISATION, À LA MANUTENTION OU À L'ENTREPOSAGE DU PRODUIT, OU AUX ÉNONCÉS ET RENSEIGNEMENTS CONTENUS OU OMIS DANS LA FICHE SIGNALÉTIQUE.

PRÉPARÉ PAR LES SERVICES DE PRÉVENTION DU LABORATOIRE MAT INC.
NUMÉRO DE TÉLÉPHONE: (418) 660-8666

DERNIÈRE MISE À JOUR: 2010-04-12

Material Safety Data Sheet



SURFONIC® LF-41

1. Product and company identification

SURFONIC® LF-41

Material uses : Surfactant.

Validation date : 15/08/2012

Supplier : Laboratoire MAT Inc.
610 Adanac street
Quebec, QC, G1C 7B7, CANADA

Phone number : 418-660-8666 / 418-660-8998 (FAX)
Website: www.labmat.com

In case of emergency : Canutec : 613-996-6666

2. Hazards identification

Physical state : Liquid.

Odor : Slight

Color : Clear.

OSHA/HCS status : This material is considered hazardous by the OSHA Hazard Communication Standard (29 CFR 1910.1200).

Emergency overview : WARNING!
CAUSES EYE IRRITATION. MAY CAUSE SKIN IRRITATION.
Do not get in eyes. Avoid breathing vapor or mist. Avoid contact with skin and clothing.
Wash thoroughly after handling.

See toxicological information (Section 11)

GENERAL INFORMATION : Read the entire MSDS for a more thorough evaluation of the hazards.

3. Composition/information on ingredients

<u>Name</u>	<u>CAS number</u>	<u>%</u>
(C9) Branched alkylphenol ethoxylate propoxylate	68891-11-2	60 - 100

4. First aid measures

Eye contact : Check for and remove any contact lenses. Immediately flush eyes with plenty of water for at least 15 minutes, occasionally lifting the upper and lower eyelids. Get medical attention immediately.

Skin contact : In case of contact, immediately flush skin with plenty of water for at least 15 minutes while removing contaminated clothing and shoes. Wash clothing before reuse. Clean shoes thoroughly before reuse. Get medical attention immediately.

Inhalation : Move exposed person to fresh air. If not breathing, if breathing is irregular or if respiratory arrest occurs, provide artificial respiration or oxygen by trained personnel. Loosen tight clothing such as a collar, tie, belt or waistband. Get medical attention immediately.

4 . First aid measures

- Ingestion** : Wash out mouth with water. Do not induce vomiting unless directed to do so by medical personnel. Never give anything by mouth to an unconscious person. Get medical attention immediately.
- Notes to physician** : No specific treatment. Treat symptomatically. Call medical doctor or poison control center immediately if large quantities have been ingested.

5 . Fire-fighting measures

- Flash point** : Closed cup: 185°C (365°F) [ASTM D 93 (Pensky-Martens Closed Cup)]
- Hazardous thermal decomposition products** : No specific data.
- Extinguishing media**
- Suitable** : Use an extinguishing agent suitable for the surrounding fire.
- Not suitable** : None known.
- Special exposure hazards** : Promptly isolate the scene by removing all persons from the vicinity of the incident if there is a fire. No action shall be taken involving any personal risk or without suitable training.
- Special protective equipment for fire-fighters** : Fire-fighters should wear appropriate protective equipment and self-contained breathing apparatus (SCBA) with a full face-piece operated in positive pressure mode.

6 . Accidental release measures

- Personal precautions** : No action shall be taken involving any personal risk or without suitable training. Evacuate surrounding areas. Keep unnecessary and unprotected personnel from entering. Do not touch or walk through spilled material. Avoid breathing vapor or mist. Provide adequate ventilation. Wear appropriate respirator when ventilation is inadequate. Put on appropriate personal protective equipment (see Section 8).
- Environmental precautions** : Avoid dispersal of spilled material and runoff and contact with soil, waterways, drains and sewers. Inform the relevant authorities if the product has caused environmental pollution (sewers, waterways, soil or air).
- Methods for cleaning up** : Stop leak if without risk. Move containers from spill area. Approach release from upwind. Prevent entry into sewers, water courses, basements or confined areas. Wash spillages into an effluent treatment plant or proceed as follows. Contain and collect spillage with non-combustible, absorbent material e.g. sand, earth, vermiculite or diatomaceous earth and place in container for disposal according to local regulations (see section 13). Dispose of via a licensed waste disposal contractor. Contaminated absorbent material may pose the same hazard as the spilled product. Note: see section 1 for emergency contact information and section 13 for waste disposal.

7 . Handling and storage

- Handling** : Put on appropriate personal protective equipment (see Section 8). Eating, drinking and smoking should be prohibited in areas where this material is handled, stored and processed. Workers should wash hands and face before eating, drinking and smoking. Remove contaminated clothing and protective equipment before entering eating areas. Do not ingest. Avoid contact with eyes, skin and clothing. Avoid breathing vapor or mist. Keep in the original container or an approved alternative made from a compatible material, kept tightly closed when not in use. Empty containers retain product residue and can be hazardous. Do not reuse container.

7 . Handling and storage

- Storage** : Store in accordance with local regulations. Store in original container protected from direct sunlight in a dry, cool and well-ventilated area, away from incompatible materials (see section 10) and food and drink. Keep container tightly closed and sealed until ready for use. Containers that have been opened must be carefully resealed and kept upright to prevent leakage. Do not store in unlabeled containers. Use appropriate containment to avoid environmental contamination.

8 . Exposure controls/personal protection

Consult local authorities for acceptable exposure limits.

- Recommended monitoring procedures** : If this product contains ingredients with exposure limits, personal, workplace atmosphere or biological monitoring may be required to determine the effectiveness of the ventilation or other control measures and/or the necessity to use respiratory protective equipment.

- Engineering measures** : No special ventilation requirements. Good general ventilation should be sufficient to control worker exposure to airborne contaminants. If this product contains ingredients with exposure limits, use process enclosures, local exhaust ventilation or other engineering controls to keep worker exposure below any recommended or statutory limits.

- Hygiene measures** : Wash hands, forearms and face thoroughly after handling chemical products, before eating, smoking and using the lavatory and at the end of the working period. Appropriate techniques should be used to remove potentially contaminated clothing. Wash contaminated clothing before reusing. Ensure that eyewash stations and safety showers are close to the workstation location.

Personal protection

- Respiratory** : In case of inadequate ventilation wear respiratory protection. Respirator selection must be based on known or anticipated exposure levels, the hazards of the product and the safe working limits of the selected respirator.

- Hands** : Chemical-resistant, impervious gloves complying with an approved standard should be worn at all times when handling chemical products if a risk assessment indicates this is necessary.

- Eyes** : Safety eyewear complying with an approved standard should be used when a risk assessment indicates this is necessary to avoid exposure to liquid splashes, mists or dusts.

- Skin** : Personal protective equipment for the body should be selected based on the task being performed and the risks involved and should be approved by a specialist before handling this product.

- Environmental exposure controls** : Emissions from ventilation or work process equipment should be checked to ensure they comply with the requirements of environmental protection legislation. In some cases, fume scrubbers, filters or engineering modifications to the process equipment will be necessary to reduce emissions to acceptable levels.

9 . Physical and chemical properties

General information

Appearance

Physical state : Liquid.

Color : Clear.

Odor : Slight

Important health, safety and environmental information

pH : 6 to 8

Boiling/condensation point : Not available.

Melting/freezing point : Not available.

Flash point : Closed cup: 185°C (365°F) [ASTM D 93 (Pensky-Martens Closed Cup)]

Flammable limits : Not available.

9 . Physical and chemical properties

Auto-ignition temperature	: Not available.
Vapor pressure	: Not available.
Specific gravity	: 1.04
Partition coefficient: n-octanol/water (log Kow)	: Not available.
Viscosity	: Kinematic: 1.23 cm ² /s (123 cSt at 40°C)
Density	: Not available.
Vapor density	: >1 [Air = 1]
Evaporation rate (butyl acetate = 1)	: Not available.
VOC	: Not available.

10 . Stability and reactivity

Chemical stability	: The product is stable. Under normal conditions of storage and use, hazardous reactions will not occur.
Hazardous polymerization	: Under normal conditions of storage and use, hazardous polymerization will not occur.
Conditions to avoid	: No specific data.
Hazardous decomposition products	: Under normal conditions of storage and use, hazardous decomposition products should not be produced.

11 . Toxicological information

Potential acute health effects

Inhalation	: No known significant effects or critical hazards.
Ingestion	: No known significant effects or critical hazards.
Skin	: Slightly irritating to the skin.
Eyes	: Severely irritating to eyes. Risk of serious damage to eyes.

Product/ingredient name	Result	Species	Dose	Exposure
(C9) Branched alkylphenol ethoxylate propoxylate	LD50 Dermal	Rabbit	>2000 mg/kg	-
	LD50 Oral	Rat	2000 to 5000 mg/kg	-

Potential chronic health effects

Chronic effects	: No known significant effects or critical hazards.
Target organs	: Not available.
Carcinogenicity	: No known significant effects or critical hazards.
Mutagenicity	: No known significant effects or critical hazards.
Teratogenicity	: No known significant effects or critical hazards.
Fertility effects	: No known significant effects or critical hazards.
Developmental effects	: No known significant effects or critical hazards.
Medical conditions aggravated by over-exposure	

11 . Toxicological information

None known.

12 . Ecological information**Environmental effects** : No known significant effects or critical hazards.**Aquatic ecotoxicity****Biodegradability****Other ecological information****Biological Oxygen Demand (BOD 5 DAY)** : Not Determined**Chemical Oxygen Demand (COD)** : Not Determined**Other adverse effects** : No known significant effects or critical hazards.**PBT** : Not applicable.**Other information****13 . Disposal considerations**

Waste disposal : The generation of waste should be avoided or minimized wherever possible. Significant quantities of waste product residues should not be disposed of via the foul sewer but processed in a suitable effluent treatment plant. Dispose of surplus and non-recyclable products via a licensed waste disposal contractor. Disposal of this product, solutions and any by-products should at all times comply with the requirements of environmental protection and waste disposal legislation and any regional local authority requirements. Waste packaging should be recycled. Incineration or landfill should only be considered when recycling is not feasible. This material and its container must be disposed of in a safe way. Care should be taken when handling emptied containers that have not been cleaned or rinsed out. Empty containers or liners may retain some product residues. Avoid dispersal of spilled material and runoff and contact with soil, waterways, drains and sewers.

Disposal should be in accordance with applicable regional, national and local laws and regulations.

14 . Transport information**Proper shipping name****DOT** : Not regulated.**TDG** : Not regulated.**IMDG** : Not regulated.**IATA** : Not regulated.

Regulatory information	UN number	Classes	PG*	Label	Additional information
DOT Classification	Not regulated.	-	-		-
TDG Classification	Not regulated.	-	-		-
IMDG Class	Not regulated.	-	-		-

14 . Transport information

IATA-DGR Class	Not regulated.	-	-	-
-----------------------	----------------	---	---	---

PG* : Packing group

15 . Regulatory information**U.S. Federal regulations****HCS Classification** : Irritating material**U.S. Federal regulations** : **United States inventory (TSCA 8b)**: All components are listed or exempted.**TSCA 5(a)2 final significant new use rule (SNUR)** : None.**TSCA 5(e) substance consent order** : None.**TSCA 12(b) one-time export notification:** : None.**TSCA 12(b) annual export notification** : None.**SARA 302/304/311/312 extremely hazardous substances** : **SARA 302/304/311/312 extremely hazardous substances**: No Ingredient Listed**SARA 311/312 hazard identification** : **SARA 311/312 MSDS distribution - chemical inventory - hazard identification**: No Ingredient Listed

Clean Air Act Section 112(b) Hazardous Air Pollutants (HAPs)	: <u>Product name</u>	<u>CAS number</u>	<u>Concentration</u>
	No Ingredients Listed.		

Clean Air Act - Ozone Depleting Substances (ODS) : This product does not contain nor is it manufactured with ozone depleting substances.**SARA 313** : No ingredients listed.**CERCLA: Hazardous substances:** No ingredients listed.**STATE REGULATIONS:****PENNSYLVANIA - RTK:** None of the components are listed.**California Prop 65 :****WARNING:** This product contains less than 0.1% of a chemical known to the State of California to cause cancer.**WARNING:** This product contains less than 1% of a chemical known to the State of California to cause birth defects or other reproductive harm.

<u>Ingredient name</u>	<u>Cancer</u>	<u>Reproductive</u>	<u>No significant risk level</u>	<u>Maximum acceptable dosage level</u>
Ethylene oxide	Yes.	Yes.	Yes.	Yes.
Propylene oxide	Yes.	No.	No.	No.

15 . Regulatory information

Canada

- WHMIS (Canada)** : Class D-2B: Material causing other toxic effects (Toxic).
CEPA DSL : All components are listed or exempted.

This product has been classified in accordance with the hazard criteria of the Controlled Products Regulations and the MSDS contains all the information required by the Controlled Products Regulations.

- International lists** :
- Australia inventory (AICS): Not determined.
 - China inventory (IECSC): Not determined.
 - Japan inventory: Not determined.
 - Korea inventory: Not determined.
 - New Zealand Inventory of Chemicals (NZIoC): Not determined.
 - Philippines inventory (PICCS): Not determined.

16 . Other information

- Label requirements** : CAUSES EYE IRRITATION. MAY CAUSE SKIN IRRITATION.
Hazardous Material Information System (U.S.A.) :

Health	2
Flammability	1
Physical hazards	0
Personal protection	

The customer is responsible for determining the PPE code for this material.

- National Fire Protection Association (U.S.A.)** :



- Date of issue** : 15/08/2012

Notice to reader

While the information and recommendations in this publication are to the best of our knowledge, information and belief accurate at the date of publication, NOTHING HEREIN IS TO BE CONSTRUED AS A WARRANTY, EXPRESS OR OTHERWISE.

IN ALL CASES, IT IS THE RESPONSIBILITY OF THE USER TO DETERMINE THE APPLICABILITY OF SUCH INFORMATION AND RECOMMENDATIONS AND THE SUITABILITY OF ANY PRODUCT FOR ITS OWN PARTICULAR PURPOSE.

THE PRODUCT MAY PRESENT HAZARDS AND SHOULD BE USED WITH CAUTION. WHILE CERTAIN HAZARDS

SURFONIC® LF-41

16 . Other information

ARE DESCRIBED IN THIS PUBLICATION, NO GUARANTEE IS MADE THAT THESE ARE THE ONLY HAZARDS THAT EXIST.

Hazards, toxicity and behaviour of the products may differ when used with other materials and are dependent upon the manufacturing circumstances or other processes. Such hazards, toxicity and behaviour should be determined by the user and made known to handlers, processors and end users.



LABORATOIRE MAT



3517-1

Nom du produit: SOLVANT SOLVESSO 150

Date de révision: 09 sept. 2012

Page 1 de 11

FICHE SIGNALÉTIQUE

SECTION 1 IDENTIFICATION DU PRODUIT ET DE LA SOCIÉTÉ

PRODUIT

Nom du produit: **SOLVANT SOLVESSO 150**
Description du produit: Hydrocarbure aromatique
Numero de produit: HP-0885

IDENTIFICATION DE LA SOCIÉTÉ

Fournisseur: **Laboratoire MAT**
610 Adanac
Québec, Qc. G1C 7B7

Fax 418 660-8998
Données techniques sur le produit 418 660-8666
24 Hour Health Emergency 613 996-6666

SECTION 2 COMPOSITION / INFORMATION SUR LES COMPOSANTS

Substances Dangereuses ou Complexes À Déclarer

Nom	CAS#	Concentration*	Toxicité aiguë
SOLVANT NAPHTA (PÉTROLE), FRACTION DES AROMATIQUES LOURDS	64742-94-5	100%	None

Composants dangereux contenus dans des substances complexes

Nom	CAS#	Concentration*	Toxicité aiguë
NAPHTALÈNE	91-20-3	< 9.9%	Dermal Lethality: LD50 > 20 g/kg (Rabbit); Oral Lethality: LD50 0.49 g/kg (Rat)
PSEUDOCUMÈNE (TRIMÉTHYL-1,2,4 BENZÈNE)	95-63-6	< 1.7%	Inhalation Lethality: LC50 3662 ppm (Rat); Oral Lethality: LD50 5.0 g/kg (Rat)

* Les concentrations sont en pourcentage massique sauf si la matière est un gaz. Les concentrations de gaz sont en pourcentage volumique.

SECTION 3 IDENTIFICATION DES DANGERS

Ce matériel est considéré comme dangereux selon les directives réglementaires (voir Section 15).

Effets Physiques et Chimiques

COMBUSTIBLE. Le produit peut dégager des vapeurs qui forment rapidement des mélanges inflammables. Les vapeurs accumulées peuvent donner lieu à une vaporisation instantanée ou exploser si elles s'enflamment. Cette matière peut accumuler des charges électrostatiques et possiblement provoquer une inflammation.

EFFETS SUR LA SANTÉ

Peut provoquer le cancer. Une exposition répétée peut assécher ou gercer la peau. En cas d'ingestion, susceptible d'être aspiré dans les poumons et d'y causer des lésions. Peut déprimer le système nerveux central.

Identificateur de danger NFPA:	Santé: 2	Inflammabilité: 2	Réactivité: 0
Identificateur de danger HMIS:	Santé: 2*	Inflammabilité: 2	Réactivité: 0

REMARQUE: Ne pas utiliser cette matière à d'autres fins que celles qui sont prévues à la section 1 sans l'avis d'un expert. Les études sur la santé ont révélé qu'une exposition à ce produit chimique peut poser des risques pour la santé humaine qui varient d'une personne à l'autre.

SECTION 4 MESURES DE PREMIERS SOINS

INHALATION

Retirer la personne de la zone d'exposition. Ceux qui dispensent de l'aide doivent éviter de s'exposer ou d'exposer d'autres personnes. Utiliser une protection respiratoire adéquate. En cas d'irritation respiratoire, d'étourdissement, de nausée ou d'évanouissement, obtenir une aide médicale immédiate. Si la respiration s'est arrêtée, utiliser un appareil mécanique pour assister la ventilation ou pratiquer le bouche à bouche comme méthode de réanimation.

CONTACT CUTANÉ

Laver les régions touchées à l'eau et au savon. Enlever les vêtements souillés. Faire laver les vêtements souillés avec de les reporter.

CONTACT AVEC LES YEUX

Rincer à grande eau. En cas d'irritation, obtenir de l'aide médicale.

INGESTION

Obtenir des soins médicaux immédiats. Ne pas faire vomir.

NOTE AU MÉDECIN

En cas d'ingestion, la matière peut être aspirée dans les poumons et provoquer une pneumonite chimique. Traiter la personne comme il se doit.

SECTION 5 MESURES DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE

MOYENS D'EXTINCTION

Moyens d'extinction appropriés: Utiliser de l'eau pulvérisée, de la mousse, de la poudre chimique sèche ou du dioxyde de carbone (CO₂) pour éteindre les flammes.

Moyens d'extinction inappropriés: Jets d'eau directs

LUTTE CONTRE L'INCENDIE

Instructions de lutte contre l'incendie: Évacuer la zone. Empêcher les eaux de ruissellement issus de la lutte contre l'incendie ou le produit dilué de pénétrer dans les cours d'eau, les égouts ou dans le réseau d'eau potable. Les pompiers doivent porter l'équipement de protection standard et, dans un espace confiné, un appareil respiratoire autonome (ARA). Pulvériser de l'eau pour rafraîchir les récipients exposés au feu et protéger le personnel.

Dangers inhabituels d'incendie: COMBUSTIBLE. Les vapeurs sont inflammables et plus lourdes que l'air. Les vapeurs peuvent se diffuser le long du sol jusqu'à une source d'inflammation éloignée puis provoquer un retour de flamme. Matière dangereuse. Les pompiers devraient porter l'équipement protecteur énuméré à la section 8.

Produits de combustion dangereux: Vapeurs, fumées, Produits de combustion incomplète, Oxydes de carbone,

PROPRIÉTÉS D'INFLAMMABILITÉ

Point d'éclair [Méthode]: 63°C (145°F) [ASTM D-56]

Limites d'inflammabilité (Pourcentage volumique approximatif dans l'air): LIE: 0.8 LSE: 5.9

Température d'auto-inflammation: 455°C (851°F)

SECTION 6

MESURES À PRENDRE EN CAS DE DISPERSION ACCIDENTELLE

PROCÉDURES DE NOTIFICATION

En cas de déversement ou de rejet accidentel, avertir les autorités compétentes conformément au règlement en vigueur.

MESURES DE PROTECTION

Éviter tout contact avec la matière déversée. Avertir les habitants des environs ou des zones sous le vent, ou les évacuer s'il y a lieu, en raison de la toxicité ou de l'inflammabilité de la matière. Voir la section 5 pour les renseignements sur la lutte contre l'incendie. Voir la section Identification des dangers pour les principaux dangers. Voir la section 4 sur les premiers soins à dispenser. Voir la section 8 sur l'équipement de protection individuelle.

GESTION DES DÉVERSEMENTS

Déversement terrestre: Éliminez toutes les sources d'allumage, telles que des fusées éclairantes, des étincelles ou des flammes, et défendez de fumer dans la région immédiate. Colmater la fuite si c'est possible de le faire sans risque. Mettre à la terre tout le matériel utilisé quand on manipule le produit. Ne pas toucher la matière déversée ni marcher dedans. Empêcher le produit de pénétrer dans les cours d'eau, les égouts, les sous-sols ou les espaces confinés. On peut utiliser une mousse supprimant l'émission de vapeurs pour réduire celles-ci. Utiliser des outils anti-étincelles propres pour recueillir la matière à absorber. Absorber ou recouvrir de terre sèche, de sable ou d'une autre matière incombustible et transvaser dans des contenants. Déversements importants : la pulvérisation d'eau peut réduire les vapeurs, mais ne pas empêcher l'inflammation dans des espaces confinés. Petits déversements : absorber avec de la terre, du sable ou une autre matière incombustible et transvaser dans des contenants pour une élimination ultérieure. Récupérer par pompage ou au moyen d'un absorbant approprié.

Déversement dans l'eau: Colmater la fuite si c'est possible de le faire sans risque. Circonscrire le déversement immédiatement au moyen d'estacades. Avertir les autres expéditeurs. Éliminer de la surface par écrémage ou au moyen d'absorbants appropriés. Obtenir les conseils d'un spécialiste avant d'utiliser des dispersants.

Les recommandations concernant les déversements dans l'eau et sur terre sont fondées sur le scénario de déversement le plus probable de ce produit; cependant, la situation géographique, le vent, la température (et dans le cas d'un déversement dans l'eau) les vagues ainsi que la direction et la vitesse du courant peuvent beaucoup influencer sur les mesures à prendre. Pour cette raison, il convient de consulter des experts locaux. Nota

: le règlement local peut prescrire ou limiter les mesures à prendre.

MESURES DE PRÉCAUTIONS ENVIRONNEMENTALES

Déversements importants : construire une digue à bonne distance du liquide déversé pour le récupérer ou l'éliminer ultérieurement. Empêcher le produit de pénétrer dans les cours d'eau, les égouts, les sous-sols ou les espaces confinés.

SECTION 7

MANUTENTION ET ENTREPOSAGE

MANUTENTION

Éviter de respirer les brouillards ou vapeurs. Éviter tout contact avec la peau. Le chauffage ou l'agitation de cette substance peut produire des émanations ou vapeurs potentiellement toxiques ou irritantes. À n'utiliser que dans un milieu bien aéré. Prévenir les petits déversements et les petites fuites pour éviter le risque de glisser. Le produit peut accumuler des charges statiques susceptibles de provoquer une étincelle électrique (source d'ignition). Lorsque le produit est manipulé en vrac, une étincelle électrique est susceptible d'enflammer toute vapeur inflammable provenant des liquides ou des résidus pouvant être présents (par exemple, durant les opérations de connexion/déconnexion au chargement). Appliquer des procédures de mise à la terre appropriées. Cependant, la mise à la terre peut ne pas éliminer le risque d'accumulation d'électricité statique. Consulter les normes locales applicables à titre de conseil. D'autres références utiles sont American Petroleum Institute 2003 (Protection Against Ignitions Arising out of Static, Lightning and Stray Currents) ou National Fire Protection Agency 77 (Recommended Practice on Static Electricity) ou CENELEC CLC/TR 50404 (Electrostatique - Code de bonne pratique pour la prévention des risques dûs à l'électricité statique)

Température de chargement/déchargement: [Ambiant]

Température de transport: [Ambiant]

Pressure de transport: [Ambiant]

Accumulateur de charges statiques: Cette matière accumule les charges électrostatiques. Un liquide est typiquement considéré comme non-conducteur, accumulateur d'électricité statique si sa conductivité est inférieure à 100 pS/m (100×10^{-12} Siemens par mètre) et comme semi-conducteur, accumulateur d'électricité statique si sa conductivité est inférieure à 10,000 pS/m. Qu'un liquide soit non-conducteur ou semi-conducteur, les précautions sont identiques. Un certain nombre de facteurs, par exemple la température du liquide, la présence de contaminants, d'additifs antistatiques et la filtration peuvent considérablement influencer sur la conductivité de ce liquide.

ENTREPOSAGE

Le choix du conteneur, réservoir de stockage par exemple, peut avoir un effet sur l'accumulation et la dissipation d'électricité statique.

Tenir le contenant fermé. Manipuler les contenants avec prudence. Ouvrir lentement afin de maîtriser le relâchement de pression qui peut se produire. Entreposer dans un endroit frais, bien aéré. Les récipients de stockage doivent être mis à la terre et à la masse.

Les fûts stationnaires ou de transfert de matériel et l'équipement associé doivent être mis à la terre et connectés afin de prévenir une accumulation de charge électrostatique.

Température d'entreposage: [Ambiant]

Pression de stockage: [Ambiant]



Récipients/emballages adaptés: Wagon-citerne; Camion-citerne; Barges; Fût
Matériaux et revêtements adaptés (Compatibilité Chimique): Acier au carbone; Acier inoxydable; Cuivre;
Revêtements de zinc inorganique; Époxy-phénolique; Époxy-polyamide; Époxy amine; Viton; Polypropylène
Matériaux et enduits inadéquats: Revêtements vinyliques; Caoutchouc butyle; Caoutchouc naturel

SECTION 8

CONTRÔLE DE L'EXPOSITION / PROTECTION INDIVIDUELLE

Nom de la substance	Forme	Limite/Norme			Remarque	Source
NAPHTALÈNE		STEL	15 ppm		Peau	ACGIH
NAPHTALÈNE		TWA	10 ppm		Peau	ACGIH
PSEUDOCUMÈNE (TRIMÉTHYL-1,2,4 BENZÈNE)		TWA	25 ppm			ACGIH
SOLVANT NAPHTA (PÉTROLE), FRACTION DES AROMATIQUES LOURDS	Vapeur.	VME (calcul réciproque)	17 ppm	100 mg/m3	Total des hydrocarbures	Fournisseur

NOTA : les limites et les normes ne sont données qu'à titre indicatif. Observer le règlement en vigueur.

MESURES D'ORDRE TECHNIQUE

Le degré de protection et la nature des contrôles nécessaires varieront selon les conditions d'exposition possibles. Mesures de contrôle à considérer :

Prévoir une ventilation suffisante afin de ne pas dépasser les limites d'exposition admissibles. Utiliser un dispositif de ventilation antidéflagrant.

PROTECTION INDIVIDUELLE

Le choix de l'équipement de protection individuelle varie selon les risques d'exposition comme les utilisations, les pratiques de manutention, la concentration et l'aération. Les renseignements fournis ci-après sur la sélection de l'équipement de protection à utiliser avec cette matière supposent qu'on en fait un usage normal comme prévu.

Protection respiratoire: Si les contrôles techniques ne maintiennent pas les concentrations de contaminant dans l'air à un niveau qui permet de protéger la santé des travailleurs, le port d'un respirateur homologué peut être approprié. Choisir, utiliser et entretenir les respirateurs conformément aux prescriptions réglementaires, le cas échéant. Types de respirateurs à considérer pour cette matière :

Demi-masque à élément filtrant

Dans le cas de fortes concentrations dans l'air, porter un respirateur par adduction d'air homologué, à pression positive. Le port d'un respirateur à adduction d'air avec une bouteille de réserve peut être approprié quand la teneur en oxygène est insuffisante, que les précurseurs de gaz/de vapeurs sont faibles ou que la capacité ou le débit des filtres de purification de l'air peut être dépassé.

Protection des mains: Tout renseignement particulier sur les gants est tiré de documents publiés et de données sur le fabricant des gants. Les conditions de travail peuvent influencer beaucoup sur la durabilité des gants; les inspecter et remplacer les gants usés ou endommagés. Genres de gants à porter pour cette matière:

Le port de gants de protection chimique est recommandé.



Protection des yeux: Si le contact est probable, le port de lunettes de protection avec écrans latéraux est recommandé.

Protection de la peau et du corps: Tout renseignement particulier fourni sur les vêtements est tiré de documents publiés ou des données du fabricant. Types de vêtements à porter pour cette matière :
Le port d'une tenue résistant à l'huile/aux produits chimiques est conseillé.

Mesures d'hygiène spécifiques: Toujours observer de bonnes pratiques d'hygiène personnelle comme se laver les mains après avoir manipulé la matière et avant de manger, de boire ou de fumer. Laver périodiquement les vêtements de travail et l'équipement de protection pour éliminer les contaminants. Jeter les vêtements et les chaussures contaminées qui ne peuvent pas être nettoyés. Assurer une bonne tenue des lieux.

MESURES D'ORDRE ENVIRONNEMENTAL

Voir Sections 6, 7, 12, 13.

SECTION 9 PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES

Caractéristiques physiques et chimiques types données ci-après. Pour des données supplémentaires, consulter le fournisseur dont le nom figure dans la section 1.

INFORMATIONS GÉNÉRALES

État physique: liquide
Forme: transparent
Couleur: Incolore
Odeur: Aromatique
Seuil olfactif: N/D

INFORMATION IMPORTANTE CONCERNANT LA SANTÉ, LA SÉCURITÉ ET L'ENVIRONNEMENT

Densité (à 15.5 °C): 0.897
Masse volumique (à 15 °C): 898 kg/m³ (7.49 lb/gal, 0.9 kg/dm³)
Point d'éclair [Méthode]: 63°C (145°F) [ASTM D-56]
Limites d'inflammabilité (Pourcentage volumique approximatif dans l'air): LIE: 0.8 LSE: 5.9
Température d'auto-inflammation: 455°C (851°F)
Point d'ébullition / Intervalle: 179°C (354°F) - 203°C (397°F)
Densité de vapeur (air = 1): 4.7 à 101 kPa
Tension de vapeur: 0.078 kPa (0.59 mm Hg) à 20°C | 0.26 kPa (1.95 mm Hg) à 38°C
Taux d'évaporation (Acétate de n-butyle = 1): < 0.1
pH: N/A
Log Pow (coefficient de répartition n-octanol/eau): N/D
Solubilité dans l'eau: Négligeable
Viscosité: 1.11 cST (1.11 mm²/sec) à 40°C | 1.34 cST (1.34 mm²/sec) à 25°C
Propriétés oxydantes: Voir la rubrique concernant l'identification des dangers.

AUTRES INFORMATIONS

Point de congélation: -2°C (28°F)
Point de fusion :: N/A
Poids moléculaire: 134
Hygroscopique: No

Coefficient de dilatation thermique: 0.0008 V/V °C

SECTION 10 STABILITÉ ET RÉACTIVITÉ

STABILITÉ: Matière stable dans des conditions normales.

CONDITIONS À ÉVITER: Flammes nues et sources d'inflammation à haute énergie.

MATÉRIAUX À ÉVITER: Acides forts, Oxydants puissants

PRODUITS DE DÉCOMPOSITION DANGEREUX: La substance ne se décompose pas à température ambiante.

Polymérisation dangereuse: Ne se produira pas.

SECTION 11 INFORMATIONS TOXICOLOGIQUES

TOXICITÉ AIGUË

Voie d'exposition	Conclusion / Remarques
Inhalation	
Toxicité: Données existantes	Peut entraîner des effets sur le système nerveux central. Basé sur les données des essais d'analyse pour le matériel
Irritation: Données existantes	Peut être un irritant pour les voies respiratoires. Les effets sont réversibles. Basé sur des données expérimentales relatives à des produits de structure semblable.
Ingestion	
Toxicité: DL50 > 6000 mg/kg	Toxicité minimale. Basé sur les données des essais d'analyse pour le matériel
Peau	
Toxicité: DL50 > 2000 mg/kg	Toxicité minimale. Basé sur les données des essais d'analyse pour le matériel
Irritation: Données existantes	Légèrement irritant pour la peau en cas d'exposition prolongée. Basé sur les données des essais d'analyse pour le matériel
Œil	
Irritation: Données existantes	Peut causer une légère gêne oculaire de courte durée. Basé sur les données des essais d'analyse pour le matériel

EFFETS CHRONIQUES OU AUTRES

Produit seul:

Les concentrations de vapeurs/aérosols supérieures aux niveaux d'exposition conseillés sont irritantes pour les yeux et les voies respiratoires et peuvent causer maux de tête, vertiges, anesthésie, somnolence, perte de conscience et autres effets sur le système nerveux central y compris la mort. De petites quantités de liquide aspirées dans les poumons durant l'ingestion ou le vomissement sont susceptibles de causer une pneumonite chimique ou un œdème pulmonaire.

Contient:

NAPHTALÈNE: L'exposition à de fortes concentrations de naphthalène peut causer la destruction des globules rouges, de l'anémie et des cataractes. Le naphthalène a provoqué l'apparition d'un cancer dans des études sur les animaux de laboratoire, mais il n'a pas été démontré que ces résultats s'appliquaient à l'être humain.

On peut obtenir des renseignements complémentaires sur demande.



produits de combustion indésirables.

INFORMATIONS RÉGLEMENTAIRES RELATIVES À L'ÉLIMINATION

Mise en garde concernant les contenants vides. (le cas échéant) : Les contenants vides peuvent contenir un résidu et être dangereux. **NE PAS METTRE SOUS PRESSIION, COUPER, SOUDER, PERCER, MEULER NI EXPOSER CES CONTENANTS À LA CHALEUR, À LA FLAMME, AUX ÉTINCELLES, À L'ÉLECTRICITÉ STATIQUE OU À UNE AUTRE SOURCE D'INFLAMMATION; ILS PEUVENT EXPLOSER ET CAUSER DES BLESSURES POUVANT ÊTRE MORTELLES.** Ne pas tenter de remplir ou de nettoyer le contenant car le résidu est difficile à enlever. Purger complètement les fûts vides, poser leurs bondes comme il se doit et les expédier sans tarder à un rénovateur de fûts. Éliminer les contenants dans le respect de l'environnement et de la réglementation gouvernementale.

SECTION 14

INFORMATIONS RELATIVES AU TRANSPORT

TERRE (TDG): Non réglementé pour le transport terrestre

Note: Si livré par voie maritime, la classification TMD sera SEA (IMDG).

TERRE (DOT)

Nom d'expédition correct: DISTILLATS DE PÉTROLE, N.S.A (Naphtalène)

Classe et division de danger: LIQUIDE INFLAMMABLE

Numéro d'identification: 1268

Groupe d'emballage: III

Polluant marin: Oui

Numéro ERG: 128

Étiquette(s): NONE

Nom du document de transport: UN1268, DISTILLATS DE PÉTROLE, N.S.A., LIQUIDE INFLAMMABLE, GE III, POLLUANT MARIN (Naphtalène)

SEA (IMDG)

Nom d'expédition correct: MATIÈRE DANGEREUSE DU POINT DE VUE DE L'ENVIRONNEMENT, LIQUIDE, N.S.A. (Naphtalène)

Classe et division de danger: 9

EMS Number: F-A, S-F

Numéro UN: 3082

Groupe d'emballage: III

Polluant marin: Oui

Étiquette(s): 9

Nom du document de transport: UN3082, MATIÈRE DANGEREUSE DU POINT DE VUE DE L'ENVIRONNEMENT, LIQUIDE, N.S.A. (Naphtalène), 9, GE III, POLLUANT MARIN

SECTION 15

INFORMATIONS RÉGLEMENTAIRES

SIMDUT: Catégorie B, division 3 : Liquides combustibles

Ce produit a été classé selon les critères de dangerosité du règlement sur les produits contrôlés et sa fiche signalétique contient tous les renseignements prescrits par le Règlement sur les produits contrôlés.

LCPE: Les constituants de ce produit figurent sur la liste intérieure (LI), sont exempts, ou ont été annoncés sous LCPE.

INVENTAIRE DES PRODUITS CHIMIQUES NATIONAL: AICS, IECSC, DSL, EINECS, ENCS, KECI, PICCS, TSCA

Les composants suivants figurent sur les listes ci-dessous:

Nom chimique	CAS Number	Listes réglementaires
NAPHTALÈNE	91-20-3	1, 5, 6
PSEUDOCUMÈNE (TRIMÉTHYL-1,2,4 BENZÈNE)	95-63-6	6

–LISTES RÉGLEMENTAIRES CONSULTÉES–

1 = TSCA 4
 2 = TSCA 5a2

3 = TSCA 5e
 4 = TSCA 6

5 = TSCA 12b
 6 = INRP

SECTION 16 AUTRES INFORMATIONS

N/D = Non déterminé, N/A = Néant, Sans objet

TEXTE DE L'ÉTIQUETTE DE MISE EN GARDE:

Contient: SOLVANT NAPHTA (PÉTOLE), FRACTION DES AROMATIQUES LOURDS, NAPHTALÈNE
SIMDUT: Catégorie B, division 3 : Liquides combustibles

DANGERS POUR LA SANTÉ

Peut provoquer le cancer. Une exposition répétée peut assécher ou gercer la peau. En cas d'ingestion, susceptible d'être aspiré dans les poumons et d'y causer des lésions.

DANGERS PHYSIQUES

COMBUSTIBLE. Cette matière peut accumuler des charges électrostatiques et possiblement provoquer une inflammation.

MESURES DE PRÉCAUTION

Éviter de respirer les brouillards ou vapeurs. Éviter tout contact avec la peau. Le chauffage ou l'agitation de cette substance peut produire des émanations ou vapeurs potentiellement toxiques ou irritantes. À n'utiliser que dans un milieu bien aéré. Observer les consignes de mise à la masse et de mise à la terre. Cependant, ces précautions ne peuvent pas éliminer le hazard d'accumulation électrostatique.

PREMIERS SOINS

Inhalation: Retirer la personne de la zone d'exposition. Ceux qui dispensent de l'aide doivent éviter de s'exposer ou d'exposer d'autres personnes. Utiliser une protection respiratoire adéquate. En cas d'irritation respiratoire, d'étourdissement, de nausée ou d'évanouissement, obtenir une aide médicale immédiate. Si la respiration s'est arrêtée, utiliser un appareil mécanique pour assister la ventilation ou pratiquer le bouche à bouche comme méthode de réanimation.

Œil: Rincer à grande eau. En cas d'irritation, obtenir de l'aide médicale.

Voie orale: Obtenir des soins médicaux immédiats. Ne pas faire vomir.

Peau: Laver les régions touchées à l'eau et au savon. Enlever les vêtements souillés. Faire laver les vêtements souillés avec de les reporter.

MOYENS DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE

Utiliser de l'eau pulvérisée, de la mousse, de la poudre chimique sèche ou du dioxyde de carbone (CO₂) pour éteindre les flammes.

DÉVERSEMENT/FUITE

Déversement terrestre: Éliminez toutes les sources d'allumage, telles que des fusées éclairantes, des étincelles ou des flammes, et défense de fumer dans la région immédiate. Colmater la fuite si c'est possible de le faire sans risque. Empêcher le produit de pénétrer dans les cours d'eau, les égouts, les sous-sols ou les espaces confinés. On peut utiliser une mousse supprimant l'émission de vapeurs pour réduire celles-ci. Absorber ou recouvrir de terre sèche, de sable ou d'une autre matière incombustible et transvaser dans des contenants. Petits déversements : absorber avec de la terre, du sable ou une autre matière incombustible et transvaser dans des contenants pour une élimination ultérieure. Récupérer par pompage ou au moyen d'un absorbant approprié. Ne pas toucher la matière déversée ni marcher dedans.

Déversement dans l'eau: Colmater la fuite si c'est possible de le faire sans risque. Circonscrire le déversement immédiatement au moyen d'estacades. Avertir les autres expéditeurs. Éliminer de la surface par écrémage ou au moyen d'absorbants appropriés. Déclarer les déversements comme il est exigé aux autorités compétentes. Obtenir les conseils d'un spécialiste avant d'utiliser des dispersants.

Les renseignements et les recommandations contenus dans les présentes étaient, à la connaissance de Laboratoire MAT, exacts et fiables à la date de leur publication. Laboratoire MAT ne répond de l'exactitude de l'information que s'il s'agit de la version la plus à jour qu'elle a distribuée. Ces renseignements et ces recommandations sont publiés à l'intention de l'utilisateur et c'est à celui-ci de s'assurer qu'ils sont complets et conformes à l'usage qu'il compte faire du produit. L'acheteur qui remballage le produit est prié de consulter son conseiller juridique pour s'assurer que l'information sur la santé, la sécurité et les autres renseignements nécessaires figurent sur les contenants. Adresser aux manutentionnaires et aux utilisateurs les mises en garde et les consignes de manutention qui s'imposent. Il est formellement interdit de modifier ce document. Sauf dans les cas où la loi l'autorise, il est interdit de reproduire ou de retransmettre ce document en tout ou en partie.

LABORATOIRE MAT

Fiche de Données de Sécurité / Fiche Signalétique

Date de révision 09/08/2012

1. IDENTIFICATION DU PRODUIT ET DE LA SOCIÉTÉ

Nom du produit : Octaméthylcyclotétrasiloxane
Code Produit : OP-0853

Fournisseur : Laboratoire MAT Inc.
610 Adanac
Québec QC G1C 7B7
CANADA
Téléphone : 418-660-8666
Fax : 418-660-8998
Numéro d'Appel d'Urgence : 613-996-6666

2. IDENTIFICATION DES DANGERS

Aperçu des urgences

WHMIS Classification

B3	Liquide combustible	Liquide combustible
D2A	Matière très toxique qui provoque d'autres effets toxiques	Produit tératogène

Classification SGH

Liquides inflammables (Catégorie 3)
Toxicité aiguë, Oral(e) (Catégorie 5)
Toxicité aiguë, Inhalation (Catégorie 5)
Toxicité aiguë, Dermale (Catégorie 5)
Irritation cutanée (Catégorie 3)
Irritation oculaire (Catégorie 2B)
Toxicité pour la reproduction (Catégorie 2)

Éléments d'étiquetage SGH, y compris les conseils de prudence

Pictogramme



Mention d'avertissement Attention

Mention de danger

H226	Liquide et vapeurs inflammables.
H303 + H313	Peut être nocif en cas d'ingestion ou par contact cutané.
H316	Provoque une légère irritation cutanée.
H320	Provoque une irritation des yeux.
H333	Peut être nocif par inhalation.
H361	Susceptible de nuire à la fertilité ou au fœtus.

Conseils de prudence

P281	Utiliser l'équipement de protection individuel requis.
P305 + P351 + P338	EN CAS DE CONTACT AVEC LES YEUX: rincer avec précaution à l'eau pendant

plusieurs minutes. Enlever les lentilles de contact si la victime en porte et si elles peuvent être facilement enlevées. Continuer à rincer.

HMIS Classification

Danger pour la santé: 1
Danger chronique pour la santé: *
Inflammabilité: 2
Dangers physiques: 0

Effets potentiels sur la santé

Inhalation Peut être nocif par inhalation. Peut irriter le système respiratoire.
Peau Peut être nocif en cas d'absorption par la peau. Peut provoquer une irritation de la peau.
Yeux Peut provoquer une irritation des yeux.
Ingestion Peut être nocif par ingestion.

3. COMPOSITION/ INFORMATIONS SUR LES COMPOSANTS

Formule : $C_8H_{24}O_4Si_4$
Poids moléculaire : 296.62 g/mol

No.-CAS	No.-CE	No.-Index	Concentration
Octamethylcyclotetrasiloxane			
556-67-2	209-136-7	014-018-00-1	-

4. PREMIERS SECOURS

Conseils généraux

Consulter un médecin. Montrer cette fiche de données de sécurité au médecin traitant. S'éloigner de la zone dangereuse.

En cas d'inhalation

En cas d'inhalation, transporter la personne hors de la zone contaminée. En cas d'arrêt respiratoire, pratiquer la respiration artificielle. Consulter un médecin.

En cas de contact avec la peau

Laver au savon avec une grande quantité d'eau. Consulter un médecin.

En cas de contact avec les yeux

Bien rincer avec beaucoup d'eau pendant au moins 15 minutes et consulter un médecin.

En cas d'ingestion

Ne PAS faire vomir. Ne jamais rien faire avaler à une personne inconsciente. Se rincer la bouche à l'eau. Consulter un médecin.

5. MESURES DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE

Condition d'inflammabilité

Inflammable en présence d'une source d'allumage si la température est plus haute que le point d'éclair. Tenir à l'écart de la chaleur/étincelles/feu/surface chaude. Défense de fumer.

Moyens d'extinction appropriés

Utiliser de l'eau pulvérisée, de la mousse résistant à l'alcool, de la poudre sèche ou du dioxyde de carbone.

Équipement de protection spécial pour le personnel préposé à la lutte contre le feu

Porter un appareil de protection respiratoire autonome pour la lutte contre l'incendie, si nécessaire.

Produits de combustion dangereux

Des produits de décomposition dangereux se forment en cas de feu. - Oxydes de carbone, oxydes de silicium

Donnée d'explosivité - sensibilité à un impact mécanique

donnée non disponible

Donnée d'explosivité - sensibilité à une décharge statique

donnée non disponible

Information supplémentaire

Les récipients fermés peuvent être refroidis par eau pulvérisée.

6. MESURES À PRENDRE EN CAS DE DISPERSION ACCIDENTELLE

Précautions individuelles

Utiliser un équipement de protection individuelle. Éviter de respirer les vapeurs, les brouillards de pulvérisation ou les gaz. Assurer une ventilation adéquate. Enlever toute source d'ignition. Évacuer le personnel vers des endroits sûrs. Attention aux vapeurs qui s'accumulent en formant des concentrations explosives. Les vapeurs peuvent s'accumuler dans les zones basses.

Précautions pour la protection de l'environnement

Éviter un déversement ou une fuite supplémentaire, si cela est possible sans danger. Empêcher le produit de pénétrer dans les égouts.

Méthodes et matériel de confinement et de nettoyage

Contenir et collecter le matériel répandu à l'aide d'un aspirateur antistatique ou d'une brosse humide et le placer dans un conteneur pour l'élimination conformément aux réglementations locales (voir chapitre 13).

7. MANIPULATION ET STOCKAGE

Précautions à prendre pour une manipulation sans danger

Éviter le contact avec la peau et les yeux. Éviter de respirer les vapeurs ou le brouillard. Conserver à l'écart de toute flamme ou source d'étincelles - Ne pas fumer. Prendre des mesures pour éviter l'accumulation de charges électrostatiques.

Conditions de stockage sûres

Tenir le récipient bien fermé dans un endroit sec et bien aéré. Refermer soigneusement tout récipient entamé et le stocker verticalement afin d'éviter tout écoulement.

8. CONTRÔLES DE L'EXPOSITION/ PROTECTION INDIVIDUELLE

Ne contient pas de substances avec des valeurs limites d'exposition professionnelle.

Équipement de protection individuelle

Protection respiratoire

Quand l'évaluation des risques montre que le port d'appareils respiratoires est approprié, utiliser un masque facial total avec cartouche polyvalente (US) ou de type ABEK (EN 14387). Si le masque est le seul moyen de protection utiliser un appareil respiratoire autonome à écran facial total. Utiliser du matériel testé et approuvé par des normes telles que NIOSH (US) ou CEN (EU).

Protection des mains

Manipuler avec des gants. Les gants doivent être contrôlés avant l'utilisation. Utiliser une technique de retrait des gants appropriée afin d'éviter que la peau entre en contact avec le produit (i.e. sans toucher la surface extérieure du gant). Jeter les gants contaminés après l'utilisation conformément aux lois en vigueur et aux bonnes pratiques de laboratoire. Laver et Sécher les mains.

En cas d'immersion

Matériel: Caoutchouc nitrile

épaisseur minimum: 0.4 mm

Temps de pénétration: > 480 min

Matériel testé :Camatril®

En cas de contact par projection

Matériel: Caoutchouc nitrile

épaisseur minimum: 0.11 mm

Temps de pénétration: > 30 min

Matériel testé :Dermatril®

Source des données: KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Téléphone +49 (0)6659 873000, e-mail sales@kcl.de, Methode test: EN374

En cas d'utilisation en solution ou en mélange avec d'autres substances, et dans des conditions qui diffèrent de la norme EN 374, contacter le fournisseur des gants homologués CE. Cette recommandation est donnée à titre informatif et doit être évaluée par un spécialiste de l'hygiène et de la sécurité industrielle connaissant l'utilisation prévue par nos clients. Ceci ne doit pas être interprété comme une approbation dans un quelconque scénario d'utilisation.

Protection des yeux

protection faciale et lunettes de sécurité Utilisez un équipement de protection des yeux, testé et approuvé selon normes gouvernementales en vigueur, telles que NIOSH (US) or EN 166(EU).

Protection de la peau et du corps

vêtements étanches, Tenue de protection antistatique ignifuge, Le type d'équipement de protection doit être sélectionné en fonction de la concentration et de la quantité de la substance dangereuse au lieu de travail.

Mesures d'hygiène

À manipuler conformément aux bonnes pratiques d'hygiène industrielle et aux consignes de sécurité. Se laver les mains avant les pauses et à la fin de la journée de travail.

Contrôles techniques spécifiques

Utiliser ventilation mécanique ou une hotte chimique pour éviter l'exposition.

9. PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES

Aspect

Forme	liquide
Couleur	incolore

Données de sécurité

pH	donnée non disponible
Point de fusion/point de congélation	Point/intervalle de fusion: 17 - 18 °C (63 - 64 °F) - lit.
Point d'ébullition	175 - 176 °C (347 - 349 °F) - lit.
Point d'éclair	56 °C (133 °F) - coupelle fermée
Température d'inflammation	donnée non disponible
Température d'auto-inflammabilité	donnée non disponible
Limite d'explosivité, inférieure	donnée non disponible
Limite d'explosivité, supérieure	donnée non disponible
Pression de vapeur	donnée non disponible
Densité	donnée non disponible
Hydrosolubilité	donnée non disponible
Coefficient de partage: n-octanol/eau	donnée non disponible
Densité de vapeur relative	10.24 - (Air = 1.0)
Odeur	donnée non disponible
Seuil olfactif	donnée non disponible
Taux d'évaporation	donnée non disponible

10. STABILITÉ ET RÉACTIVITÉ

Stabilité chimique

Stable dans les conditions recommandées de stockage.

Possibilité de réactions dangereuses

donnée non disponible

Conditions à éviter

Chaleur, flammes et étincelles.

Matières à éviter

Oxydants forts, acides, Bases

Produits de décomposition dangereux

Des produits de décomposition dangereux se forment en cas de feu. - Oxydes de carbone, oxydes de silicium
Autres produits de décomposition - donnée non disponible

11. INFORMATIONS TOXICOLOGIQUES

Toxicité aiguë

Oral(e) DL50

DL50 Oral(e) - rat - > 2,000 mg/kg

Inhalation CL50

CL50 Inhalation - rat - 4 h - 36,000 mg/m³

Remarques: Effet comportemental:Excitation Poumons, Thorax ou Respiration:Dyspnée Peau et
Phanères:Autres:Chevelure

Dermale DL50

DL50 Dermale - lapin - > 4,640 mg/kg

Autres informations sur la toxicité aiguë

donnée non disponible

Corrosion cutanée/irritation cutanée

Peau - lapin - Irritation légère de la peau - 24 h

Lésions oculaires graves/irritation oculaire

Yeux - lapin - Irritation légère des yeux - 24 h

Sensibilisation respiratoire ou cutanée

donnée non disponible

Mutagenicité sur les cellules germinales

donnée non disponible

Cancérogénicité

IARC: Aucun composant de ce produit présent à des concentrations plus grandes que ou égales à 0,1% n'a été identifié comme cancérigène probable, possible ou reconnu pour l'homme par IARC.

ACGIH: Aucun composant de ce produit présent à des concentrations plus grandes que ou égales à 0,1% n'a été identifié comme cancérigène ni comme cancérigène possible par ACGIH.

Toxicité pour la reproduction

Toxicité pour la reproduction - rat - Inhalation

Conséquences pour le nouveau-né:Indice de naissance viable (nb de fœtus par portée; mesuré après la naissance)

Sur la base de tests en laboratoire sur des animaux, la surexposition peut causer une ou des affections reproductives.

donnée non disponible

Tératogénicité

Toxique suspecté pour la reproduction pour l'homme

Toxicité spécifique pour certains organes cibles - exposition unique (SGH)

donnée non disponible

Toxicité spécifique pour certains organes cibles - exposition répétée (SGH)

donnée non disponible

Danger par aspiration

donnée non disponible

Effets potentiels sur la santé

Inhalation	Peut être nocif par inhalation. Peut irriter le système respiratoire.
Ingestion	Peut être nocif par ingestion.
Peau	Peut être nocif en cas d'absorption par la peau. Peut provoquer une irritation de la peau.
Yeux	Peut provoquer une irritation des yeux.

Signes et Symptômes d'une Exposition

A notre connaissance, les propriétés chimiques, physiques et toxicologiques n'ont pas été complètement étudiées.

Effets synergiques

donnée non disponible

Information supplémentaire

RTECS: GZ4397000

12. INFORMATIONS ÉCOLOGIQUES

Toxicité

Toxicité pour le poisson	CL50 - Leuciscus idus(Ide) - 200.0 mg/l - 96.0 h
--------------------------	--

Persistance et dégradabilité

Potentiel de bioaccumulation

Bioaccumulation	Pimephales promelas (Vairon à grosse tête) - Facteur de bioconcentration (FBC): 12,400
	Pimephales promelas (Vairon à grosse tête) - 28 d Facteur de bioconcentration (FBC): 14,261

Mobilité dans le sol

donnée non disponible

Évaluation PBT et vPvB

donnée non disponible

Autres effets néfastes

13. CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ÉLIMINATION

Produit

Brûler dans un incinérateur chimique équipé d'un système de postcombustion et d'épuration mais faire très attention en allumant puisque ce produit est hautement inflammable. Remettre les excédents et les solutions non recyclables à une entreprise d'élimination des déchets agréée. Se mettre en rapport avec une entreprise spécialisée dans l'élimination de déchets pour procéder à l'élimination de ce produit.

Emballages contaminés

Éliminer comme produit non utilisé.

14. INFORMATIONS RELATIVES AU TRANSPORT

DOT (US)

Numéro ONU: 1993 Classe: 3 Groupe d'emballage: III
Nom d'expédition des Nations unies: Flammable liquids, n.o.s. (Octamethylcyclotetrasiloxane)
Polluant marin: No
Poison Inhalation Hazard: Non

IMDG

Numéro ONU: 1993 Classe: 3 Groupe d'emballage: III EMS-No: F-E, S-E
Nom d'expédition des Nations unies: FLAMMABLE LIQUID, N.O.S. (Octamethylcyclotetrasiloxane)
Polluant marin: No

IATA

Numéro ONU: 1993 Classe: 3 Groupe d'emballage: III
Nom d'expédition des Nations unies: Flammable liquid, n.o.s. (Octamethylcyclotetrasiloxane)

15. INFORMATIONS RÉGLEMENTAIRES

WHMIS Classification

B3	Liquide combustible	Liquide combustible
D2A	Matière très toxique qui provoque d'autres effets toxiques	Produit tératogène

Ce produit a été classé conformément aux critères de danger énoncés dans le Règlement sur les produits contrôlés et la fiche signalétique contient tous les renseignements exigés par le Règlement sur les produits contrôlés.

16. AUTRES INFORMATIONS

Information supplémentaire

Les informations ci-dessus ont été préparées sur la base des renseignements disponibles les plus sûrs. Elles ne prétendent pas être exhaustives et devront être considérées comme un guide. Laboratoire MAT Inc., ne pourra être tenu responsable des dommages résultant de l'utilisation ou de tout contact avec le produit sus-mentionné.



22522-1

LABORATOIRE MAT

Fiche de Données de Sécurité / Fiche Signalétique

Date de révision 09/08/2012

1. IDENTIFICATION DU PRODUIT ET DE LA SOCIETE

Nom du produit : **Cremophor EL**

Code Produit : CP-0555

Fournisseur : Laboratoire MAT Inc.
610 Adanac
QuébecQC G1C 7B7
CANADA

Téléphone : +1 9058299500

Fax : +1 9058299292

Numéro d'Appel d'Urgence : 1-800-424-9300

2. IDENTIFICATION DES DANGERS

Aperçu des urgences

WHMIS Classification

Non contrôlé par le SIMDUT

N'est pas une substance dangereuse selon le SGH.

HMIS Classification

Danger pour la santé: 1

Inflammabilité: 0

Dangers physiques: 0

Effets potentiels sur la santé

Inhalation : Peut être nocif par inhalation. Peut irriter le système respiratoire.

Peau : Peut être nocif en cas d'absorption par la peau. Peut provoquer une irritation de la peau.

Yeux : Peut provoquer une irritation des yeux.

Ingestion : Peut être nocif par ingestion.

3. COMPOSITION/ INFORMATIONS SUR LES COMPOSANTS

No.-CAS	No.-CE	No.-Index	Concentration
Castor oil, ethoxylated			
61791-12-6	500-151-7	-	-

4. PREMIERS SECOURS

En cas d'inhalation

En cas d'inhalation, transporter la personne hors de la zone contaminée. En cas d'arrêt respiratoire, pratiquer la respiration artificielle.

En cas de contact avec la peau

Laver au savon avec une grande quantité d'eau.

En cas de contact avec les yeux

Rincer les yeux à l'eau par mesure de précaution.

En cas d'ingestion

Ne jamais rien faire avaler à une personne inconsciente. Se rincer la bouche à l'eau.

5. MESURES DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE**Condition d'inflammabilité**

Non-inflammable ni combustible.

Moyens d'extinction appropriés

Utiliser de l'eau pulvérisée, de la mousse résistant à l'alcool, de la poudre sèche ou du dioxyde de carbone.

Équipement de protection spécial pour le personnel préposé à la lutte contre le feu

Porter un appareil de protection respiratoire autonome pour la lutte contre l'incendie, si nécessaire.

Produits de combustion dangereux

Des produits de décomposition dangereux se forment en cas de feu. - Oxydes de carbone

Donnée d'explosivité - sensibilité à un impact mécanique

donnée non disponible

Donnée d'explosivité -sensibilité à une décharge statique

donnée non disponible

6. MESURES À PRENDRE EN CAS DE DISPERSION ACCIDENTELLE**Précautions individuelles**

Éviter de respirer les vapeurs, les brouillards de pulvérisation ou les gaz.

Précautions pour la protection de l'environnement

Empêcher le produit de pénétrer dans les égouts.

Méthodes et matériel de confinement et de nettoyage

Conserver dans des récipients adaptés et fermés pour l'élimination.

7. MANIPULATION ET STOCKAGE**Précautions à prendre pour une manipulation sans danger**

Mesures préventives habituelles pour la protection contre l'incendie.

Conditions de stockage sûres

Tenir le récipient bien fermé dans un endroit sec et bien aéré.

8. CONTRÔLES DE L'EXPOSITION/ PROTECTION INDIVIDUELLE

Ne contient pas de substances avec des valeurs limites d'exposition professionnelle.

Équipement de protection individuelle**Protection respiratoire**

Protection respiratoire non exigée. Cartouches respiratoires conseillées en cas d'exposition: type OV/AG (US) ou de type ABEK (EU EN 14387). Utiliser du matériel testé et approuvé par des normes telles que NIOSH (US) ou CEN (EU).

Protection des mains

Manipuler avec des gants. Les gants doivent être contrôlés avant l'utilisation. Utiliser une technique de retrait des gants appropriée afin d'éviter que la peau entre en contact avec le produit (i.e. sans toucher la surface extérieure du gant). Jeter les gants contaminés après l'utilisation conformément aux lois en vigueur et aux bonnes pratiques de laboratoire. Laver et Sécher les mains.

Protection des yeux

Utilisez un équipement de protection des yeux, testé et approuvé selon normes gouvernementales en vigueur, telles que NIOSH (US) or EN 166(EU).

Protection de la peau et du corps

vêtements étanches, Le type d'équipement de protection doit être sélectionné en fonction de la concentration et de la quantité de la substance dangereuse au lieu de travail.

Mesures d'hygiène

Pratiques générales d'hygiène industrielle.

Contrôles techniques spécifiques

Utiliser ventilation mécanique ou une hotte chimique pour éviter l'exposition.

9. PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES**Aspect**

Forme liquide, clair

Couleur jaune clair

Données de sécurité

pH donnée non disponible

Point de fusion/point de congélation donnée non disponible

Point d'ébullition donnée non disponible

Point d'éclair donnée non disponible

Température d'inflammation donnée non disponible

Température d'auto-inflammabilité donnée non disponible

Limite d'explosivité, inférieure donnée non disponible

Limite d'explosivité, supérieure donnée non disponible

Pression de vapeur donnée non disponible

Densité donnée non disponible

Hydrosolubilité donnée non disponible

Coefficient de partage: n-octanol/eau donnée non disponible

Densité de vapeur relative donnée non disponible

Odeur donnée non disponible

Seuil olfactif donnée non disponible

Taux d'évaporation donnée non disponible

10. STABILITÉ ET RÉACTIVITÉ**Stabilité chimique**

Stable dans les conditions recommandées de stockage.

Possibilité de réactions dangereuses

donnée non disponible

Conditions à éviter

donnée non disponible

Matières à éviter

Oxydants forts

Produits de décomposition dangereux

Des produits de décomposition dangereux se forment en cas de feu. - Oxydes de carbone

Autres produits de décomposition - donnée non disponible

11. INFORMATIONS TOXICOLOGIQUES**Toxicité aiguë****Oral(e) DL50**

DL50 Oral(e) - rat - > 5,000 mg/kg

Inhalation CL50

Aucun effet indésirable n'a été observé dans les tests de toxicité aiguë.

Dermale DL50

DL50 Dermale - rat - > 5,000 mg/kg

Autres informations sur la toxicité aiguë

donnée non disponible

Corrosion cutanée/irritation cutanée

Peau - lapin - Pas d'irritation de la peau

Lésions oculaires graves/irritation oculaire

donnée non disponible

Sensibilisation respiratoire ou cutanée

N'a pas d'effet sensibilisant sur les animaux de laboratoire.

donnée non disponible

Mutagénicité sur les cellules germinales

Des tests sur cultures bactériennes ou de cellules de mammifères n'ont pas montré d'effets mutagène.

Cancérogénicité

Les tests sur les animaux n'ont montré aucun effet cancérigène.

IARC: Aucun composant de ce produit présent à des concentrations plus grandes que ou égales à 0,1% n'a été identifié comme cancérigène probable, possible ou reconnu pour l'homme par IARC.

ACGIH: Aucun composant de ce produit présent à des concentrations plus grandes que ou égales à 0,1% n'a été identifié comme cancérigène ni comme cancérigène possible par ACGIH.

Toxicité pour la reproduction

Les tests sur les animaux n'ont montré aucun effet sur la fertilité.

donnée non disponible

Tératogénicité

N'a pas montré d'effets tératogènes lors des expérimentations animales.

Toxicité spécifique pour certains organes cibles - exposition unique (SGH)

donnée non disponible

Toxicité spécifique pour certains organes cibles - exposition répétée (SGH)

donnée non disponible

Danger par aspiration

donnée non disponible

Effets potentiels sur la santé

Inhalation	Peut être nocif par inhalation. Peut irriter le système respiratoire.
Ingestion	Peut être nocif par ingestion.
Peau	Peut être nocif en cas d'absorption par la peau. Peut provoquer une irritation de la peau.
Yeux	Peut provoquer une irritation des yeux.

Signes et Symptômes d'une Exposition

A notre connaissance, les propriétés chimiques, physiques et toxicologiques n'ont pas été complètement étudiées.

Effets synergiques

donnée non disponible

Information supplémentaire

RTECS: donnée non disponible

12. INFORMATIONS ÉCOLOGIQUES

Toxicité

Toxicité pour le poisson	CL50 - <i>Leuciscus idus</i> (Ide) - 448 mg/l - 48 h Méthode: DIN 38412
Toxicité pour la daphnie et les autres invertébrés aquatiques	CE50 - <i>Daphnia magna</i> - > 100 mg/l - 48 h Méthode: OCDE Ligne directrice 202
Toxicité pour les algues	CE50 - <i>Desmodesmus subspicatus</i> (algues vertes) - > 93 mg/l - 72 h Méthode: OCDE Ligne directrice 201

Persistence et dégradabilité

Biodégradabilité	aérobie Résultat: 90 - 100 % - Biodégradable Méthode: OCDE Ligne directrice 302 Remarques: Selon les résultats des tests de biodégradabilité ce produit est considéré comme étant facilement biodégradable.
------------------	--

Potentiel de bioaccumulation

donnée non disponible

Mobilité dans le sol

donnée non disponible

Évaluation PBT et vPvB

donnée non disponible

Autres effets néfastes

donnée non disponible

13. CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ÉLIMINATION

Produit

Remettre les excédents et les solutions non recyclables à une entreprise d'élimination des déchets agréée.

Emballages contaminés

Éliminer comme produit non utilisé.

14. INFORMATIONS RELATIVES AU TRANSPORT

DOT (US)

Marchandise non dangereuse

IMDG

Marchandise non dangereuse

IATA

Marchandise non dangereuse

15. INFORMATIONS RÉGLEMENTAIRES

WHMIS Classification

Non contrôlé par le SIMDUT

Ce produit a été classé conformément aux critères de danger énoncés dans le Règlement sur les produits contrôlés et la fiche signalétique contient tous les renseignements exigés par le Règlement sur les produits contrôlés.

16. AUTRES INFORMATIONS

Information supplémentaire

Les informations ci-dessus ont été préparées sur la base des renseignements disponibles les plus sûrs. Elles ne prétendent pas être exhaustives et devront être considérées comme un guide. Laboratoire MAT Inc., ne pourra être tenu responsable des dommages résultant de l'utilisation ou de tout contact avec le produit sus-mentionné.



12315-1

LABORATOIRE MAT

Fiche de Données de Sécurité / Fiche Signalétique

Date de révision 27/08/2012

1. IDENTIFICATION DU PRODUIT ET DE LA SOCIETE

Nom du produit : **CHLORURE DE 1-BENZYQUINOLINIUM**

Code Produit : BP-0848

Fournisseur : LABORATOIRE MAT
610 ADANAC, QUÉBEC, QC.
QUÉBEC, QC. G1C 7B7

Téléphone : 418 660-8666
Fax : 418 660-8998
Numéro d'Appel d'Urgence : 613-996-6666
(Pour le fournisseur et le fabricant)

2. IDENTIFICATION DES DANGERS

Aperçu des urgences

WHMIS Classification

D2B Matière toxique qui provoque d'autres effets toxiques

Produit irritant modéré de la peau
Irritant modéré pour le système respiratoire
Produit irritant modéré pour les yeux

Classification SGH

Toxicité aiguë, Oral(e) (Catégorie 5)

Irritation cutanée (Catégorie 2)

Lésions oculaires graves (Catégorie 1)

Toxicité spécifique pour certains organes cibles - exposition unique (Catégorie 3)

Éléments d'étiquetage SGH, y compris les conseils de prudence

Pictogramme



Mention d'avertissement Danger

Mention de danger

H303

Peut être nocif par ingestion.

H315

Provoque une irritation cutanée.

H318

Provoque des lésions oculaires graves.

H335

Peut irriter les voies respiratoires.

Conseils de prudence

P261

Éviter de respirer les poussières/ fumées/ gaz/ brouillards/ vapeurs/ aérosols.

P280

Porter des gants de protection/ un équipement de protection des yeux/ un équipement de protection du visage.

P305 + P351 + P338

EN CAS DE CONTACT AVEC LES YEUX: rincer avec précaution à l'eau pendant plusieurs minutes. Enlever les lentilles de contact si la victime en porte et si elles peuvent être facilement enlevées. Continuer à rincer.

HMIS Classification

Health hazard: 2
Flammability: 0
Physical hazards: 0

Effets potentiels sur la santé

Inhalation Peut être nocif par inhalation. Provoque une irritation du système respiratoire.
Peau Peut être nocif en cas d'absorption par la peau. Provoque une irritation de la peau.
Yeux Provoque une irritation des yeux.
Ingestion Peut être nocif par ingestion.

3. COMPOSITION/INFORMATIONS SUR LES COMPOSANTS

Formule : C₁₆H₁₄ClN
Poids moléculaire : 255.74 g/mol

No.-CAS	No.-CE	No.-Index	Concentration
1-(Benzyl)quinolinium chloride			
15619-48-4	239-695-2	-	-

4. PREMIERS SECOURS

Conseils généraux

Consulter un médecin. Montrer cette fiche de données de sécurité au médecin traitant. S'éloigner de la zone dangereuse.

En cas d'inhalation

En cas d'inhalation, transporter la personne hors de la zone contaminée. En cas d'arrêt respiratoire, pratiquer la respiration artificielle. Consulter un médecin.

En cas de contact avec la peau

Laver au savon avec une grande quantité d'eau. Consulter un médecin.

En cas de contact avec les yeux

Bien rincer avec beaucoup d'eau pendant au moins 15 minutes et consulter un médecin.

En cas d'ingestion

Ne jamais rien faire avaler à une personne inconsciente. Se rincer la bouche à l'eau. Consulter un médecin.

5. MESURES DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE

Condition d'inflammabilité

Non-inflammable ni combustible.

Moyens d'extinction appropriés

Utiliser de l'eau pulvérisée, de la mousse résistant à l'alcool, de la poudre sèche ou du dioxyde de carbone.

Équipement de protection spécial pour le personnel préposé à la lutte contre le feu

Porter un appareil de protection respiratoire autonome pour la lutte contre l'incendie, si nécessaire.

Produits de combustion dangereux

Des produits de décomposition dangereux se forment en cas de feu. - Oxydes de carbone, oxydes d'azote (NOx), Gaz chlorhydrique

Donnée d'explosivité - sensibilité à un impact mécanique

donnée non disponible

Donnée d'explosivité - sensibilité à une décharge statique

donnée non disponible

6. MESURES À PRENDRE EN CAS DE REJET ACCIDENTEL

Précautions individuelles

Utiliser un équipement de protection individuelle. Éviter la formation de poussière. Éviter de respirer les vapeurs, les brouillards de pulvérisation ou les gaz. Assurer une ventilation adéquate. Évacuer le personnel vers des endroits sûrs. Éviter l'inhalation de la poussière.

Précautions pour la protection de l'environnement

Empêcher le produit de pénétrer dans les égouts.

Méthodes et matériel de confinement et de nettoyage

Ramasser et évacuer sans créer de poussière. Balayer et enlever à la pelle. Conserver dans des récipients adaptés et fermés pour l'élimination.

7. MANIPULATION ET STOCKAGE**Précautions à prendre pour une manipulation sans danger**

Éviter le contact avec la peau et les yeux. Éviter la formation de poussières et d'aérosols.

Prévoir une ventilation adéquate aux endroits où la poussière se forme. Mesures préventives habituelles pour la protection contre l'incendie.

Conditions de stockage sûres

Tenir le récipient bien fermé dans un endroit sec et bien aéré.

8. CONTRÔLE DE L'EXPOSITION/PROTECTION INDIVIDUELLE

Ne contient pas de substances avec des valeurs limites d'exposition professionnelle.

Équipement de protection individuelle**Protection respiratoire**

Quand l'évaluation des risques montre que le port d'appareils respiratoires est approprié, utiliser un masque facial total avec cartouche à particules type N100 (US) ou de type P3 (EN 143). Si le masque est le seul moyen de protection utiliser un appareil respiratoire autonome à écran facial total. Utiliser du matériel testé et approuvé par des normes telles que NIOSH (US) ou CEN (EU).

Protection des mains

Manipuler avec des gants. Les gants doivent être contrôlés avant l'utilisation. Utiliser une technique de retrait des gants appropriée afin d'éviter que la peau entre en contact avec le produit (i.e. sans toucher la surface extérieure du gant). Jeter les gants contaminés après l'utilisation conformément aux lois en vigueur et aux bonnes pratiques de laboratoire. Laver et Sécher les mains.

Protection des yeux

protection faciale et lunettes de sécurité Utilisez un équipement de protection des yeux, testé et approuvé selon normes gouvernementales en vigueur, telles que NIOSH (US) or EN 166(EU).

Protection de la peau et du corps

Combinaison complète de protection contre les produits chimiques, Le type d'équipement de protection doit être sélectionné en fonction de la concentration et de la quantité de la substance dangereuse au lieu de travail.

Mesures d'hygiène

À manipuler conformément aux bonnes pratiques d'hygiène industrielle et aux consignes de sécurité. Se laver les mains avant les pauses et à la fin de la journée de travail.

Contrôles techniques spécifiques

Utiliser ventilation mécanique ou une hotte chimique pour éviter l'exposition.

9. PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES**Aspect**

Forme	solide
Couleur	donnée non disponible

Données de sécurité

pH	donnée non disponible
Point de fusion/point de congélation	donnée non disponible
Point d'ébullition	donnée non disponible
Point d'éclair	donnée non disponible

Température d'inflammation	donnée non disponible
Température d'auto-inflammabilité	donnée non disponible
Limite d'explosivité, inférieure	donnée non disponible
Limite d'explosivité, supérieure	donnée non disponible
Pression de vapeur	donnée non disponible
Densité	donnée non disponible
Hydrosolubilité	donnée non disponible
Coefficient de partage: n-octanol/eau	donnée non disponible
Densité de vapeur relative	donnée non disponible
Odeur	donnée non disponible
Seuil olfactif	donnée non disponible
Taux d'évaporation	donnée non disponible

10. STABILITÉ ET RÉACTIVITÉ

Stabilité chimique

Stable dans les conditions recommandées de stockage.

Possibilité de réactions dangereuses

donnée non disponible

Conditions à éviter

donnée non disponible

Matières à éviter

Oxydants forts

Produits de décomposition dangereux

Des produits de décomposition dangereux se forment en cas de feu. - Oxydes de carbone, oxydes d'azote (NOx), Gaz chlorhydrique

11. INFORMATIONS TOXICOLOGIQUES

Toxicité aiguë

Oral(e) DL50

donnée non disponible

Inhalation CL50

Dermale DL50

donnée non disponible

Autres informations sur la toxicité aiguë

donnée non disponible

Corrosion cutanée/irritation cutanée

donnée non disponible

Lésions oculaires graves/irritation oculaire

donnée non disponible

Sensibilisation respiratoire ou cutanée

donnée non disponible

Mutagénicité sur les cellules germinales
donnée non disponible

Cancérogénicité

IARC: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as probable, possible or confirmed human carcinogen by IARC.

ACGIH: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as a carcinogen or potential carcinogen by ACGIH.

Toxicité pour la reproduction

donnée non disponible

Tératogénicité

donnée non disponible

Toxicité spécifique pour certains organes cibles - exposition unique (SGH)

Inhalation - Peut irriter les voies respiratoires.

Toxicité spécifique pour certains organes cibles - exposition répétée (SGH)

donnée non disponible

Danger par aspiration

donnée non disponible

Effets potentiels sur la santé

Inhalation	Peut être nocif par inhalation. Provoque une irritation du système respiratoire.
Ingestion	Peut être nocif par ingestion.
Peau	Peut être nocif en cas d'absorption par la peau. Provoque une irritation de la peau.
Yeux	Provoque une irritation des yeux.

Signes et Symptomes d'une Exposition

A notre connaissance, les propriétés chimiques, physiques et toxicologiques n'ont pas été complètement étudiées.

Effets synergiques

donnée non disponible

Information supplémentaire

RTECS: donnée non disponible

12. INFORMATIONS ÉCOLOGIQUES

Toxicité

donnée non disponible

Persistance et dégradabilité

donnée non disponible

Potentiel de bioaccumulation

donnée non disponible

Mobilité dans le sol

donnée non disponible

Évaluation PBT et vPvB

donnée non disponible

Autres effets néfastes

donnée non disponible

13. CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ÉLIMINATION

Produit

Remettre les excédents et les solutions non recyclables à une entreprise d'élimination des déchets agréée. Se mettre en rapport avec une entreprise spécialisée dans l'élimination de déchets pour procéder à l'élimination de ce produit.

Emballages contaminés

Éliminer comme produit non utilisé.

14. INFORMATIONS RELATIVES AU TRANSPORT**DOT (US)**

Not dangerous goods

IMDG

Not dangerous goods

IATA

Not dangerous goods

15. INFORMATIONS RÉGLEMENTAIRES**DSL Statut**

Tous les composants de ce produit sont sur la liste canadienne LIS.

WHMIS Classification

D2B	Matière toxique qui provoque d'autres effets toxiques	Produit irritant modéré de la peau Irritant modéré pour le système respiratoire Produit irritant modéré pour les yeux
-----	---	---

Ce produit a été classé conformément aux critères de danger énoncés dans le Règlement sur les produits contrôlés et la fiche signalétique contient tous les renseignements exigés par le Règlement sur les produits contrôlés.

16. AUTRES DONNÉES**Autres informations**

Les informations ci-dessus ont été préparées sur la base des renseignements disponibles les plus sûrs. Elles ne prétendent pas être exhaustives et devront être considérées comme un guide. LABORATOIRE ,MAT, ne pourra être tenu responsable des dommages résultant de l'utilisation ou de tout contact avec le produit sus-mentionné.

Material Safety Data Sheet

TRADE NAME: CATEMOL HBC-18 (Developmental)

Date of Preparation/Revision: 04/09/2012

Section 1 - Chemical Product and Company Identification

Product Name: CATEMOL HBC-18 (Developmental)
Chemical Name: Hydroxypropyl Bisstearyldimonium Chloride
CAS Number: 118516-73-7
Manufacturer: LABORATOIRE MAT
 610 ADANAC, QUEBEC, QC G1C 7B7
 Phone (418) 660-8666 Fax (418) 660-8998 EMERGENCY: 613-996-6666

Section 2 - Composition / Information on Ingredients

This product does not contain any active material considered hazardous

Ingredient Name	CAS Number	% wt/vol
Hydroxypropyl Bisstearyldimonium Chloride	118516-73-7	48-52
Ethanol	64-17-5	24-26
Water	7732-18-5	24-26

Trace Impurities:

Ingredient	OSHA PEL		ACGIH TLV		NIOSH REL		NIOSH
	TWA	STEL	TWA	STEL	TWA	STEL	IDLH
Ethanol	1000 ppm	1000 ppm	Not Estab.	Not Estab.	Not Estab.	Not estab.	Not Estab

Section 3 - Hazards Identification

Emergency Overview

NFPA

Potential Health Effects

Health 2
Fire 3
Reactivity 1

There are no potential health effects expected from handling this material. Good manufacturing practices are always recommended when handling any chemical.

There are no significant laboratory data to suggest any hazard to humans. A knowledge of the available toxicology information and of the physical and chemical properties of the material suggests that overexposure is unlikely to aggravate existing medical conditions.

A knowledge of the available toxicology information and of the physical and chemical properties of the material suggests that overexposure is unlikely to aggravate existing medical conditions.

Exposure to small quantities is not expected to cause adverse health effects. Good manufacturing practices are always recommended when handling any chemical.

There are no significant laboratory data to suggest any specific hazard to humans.

Inhalation: Short-term harmful health effects are not expected from vapor-generated at ambient temperatures.

Eye Contact: May cause moderate to severe eye irritation.

Skin Contact: May cause irritation or dermatitis.

Ingestion: May cause abdominal discomfort, nausea, vomiting and diarrhea.

Carcinogenicity: IARC, NTP, and OSHA do not list this product as a carcinogen.

Section 4 - First Aid Measures

Inhalation: Short-term harmful health effects are not expected from vapor-generated at ambient temperatures. If first aid is required, move victim to fresh air.

Eye Contact: May cause moderate to severe eye irritation. Flush immediately with water for 15 to 20 minutes. Obtain medical attention if severe irritation occurs.

Skin Contact: May cause irritation or dermatitis. Remove contaminated clothing. Wash affected area with soap & water.

Ingestion: May cause abdominal discomfort, nausea, vomiting and diarrhea. Give two glasses of water. Do not induce vomiting. Obtain medical attention.

CATEMOL HBC-18 (Developmental)

After first aid, get appropriate in-plant, paramedic, or community medical support.

Section 5 - Fire-Fighting Measures

Flash Point: 17°C

Flash Point Method: PCC

Extinguishing Media: Use water spray, carbon dioxide, alcohol type or universal type foam applied in accordance with the manufacturer's instructions.

Fire-Fighting Instructions: Do not release runoff from fire control methods to sewers or waterways.

Fire-Fighting Equipment: Because fire may produce toxic thermal decomposition products, wear a self-contained breathing apparatus (SCBA) with a full facepiece operated in pressure-demand or positive-pressure mode.



Section 6 - Accidental Release Measures

Safeguards (Personnel): Review FIRE FIGHTING MEASURES and HANDLING (PERSONNEL) sections before proceeding with clean up. Use appropriate PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT during clean up.

Spill /Leak Procedures: Collect for disposal in accordance with applicable Federal, State, or local regulations.

Containment: For large spills, dike far ahead of liquid spill for later disposal. Do not release into sewers or waterways.

Section 7 - Handling and Storage

Handling Precautions: (Personnel) Safety glasses, apron and PVC gloves.

Storage Requirements: Keep container tightly closed.

Section 8 - Exposure Controls / Personal Protection

Engineering Controls: No special engineering controls are required under normal use.

Ventilation: Provide general or local exhaust ventilation systems to maintain airborne concentrations below OSHA PELs (Sec.2). Local exhaust ventilation is preferred because it prevents contaminant dispersion into the work area by controlling it at its source.

Administrative Controls:

Respiratory Protection: Seek professional advice prior to respirator selection and use. Follow OSHA respirator regulations (29 CFR 1910.134) and, if necessary, wear an MSHA/NIOSH-approved respirator. Select respirator based on its suitability to provide adequate worker protection for given working conditions, level of airborne contamination, and presence of sufficient oxygen. For emergency or non-routine operations (cleaning spills, reactor vessels, or storage tanks), wear a SCBA.

Warning! Air-purifying respirators do not protect workers in oxygen-deficient atmospheres. If respirators are used, OSHA requires a written respiratory protection program that includes at least: medical certification, training, fit testing, periodic environmental monitoring, maintenance, inspection, cleaning, and convenient, sanitary storage areas.

Protective Clothing/Equipment: Wear chemically protective gloves, boots, aprons, and gauntlets to prevent prolonged or repeated skin contact. Wear protective eyeglasses or chemical safety goggles, per OSHA eye- and face-protection regulations (29 CFR 1910.133). Contact lenses are not eye protective devices. Appropriate eye protection must be worn instead of, or in conjunction with contact lenses.

Safety Stations: Make emergency eyewash stations, safety/quick-drench showers, and washing facilities available in work area.

Contaminated Equipment: Separate contaminated work clothes from street clothes. Launder before reuse. Remove this material from your shoes and clean personal protective equipment.

Comments: Never eat, drink, or smoke in work areas. Practice good personal hygiene after using this material, especially before eating, drinking, smoking, using the toilet, or applying cosmetics.

Section 9 - Physical and Chemical Properties

Physical State: Paste

Appearance and Odor: off white, ethanol

Vapor Pressure, mm Hg: N/D

Vapor Density (Air=1): N/A

Density: N/D

Specific Gravity (H₂O=1, @ 25°C): N/D

pH: N/A

Water Solubility: Dispersible

Boiling Point: N/D

Freezing/Melting Point: N/D

Viscosity: N/A

Refractive Index: N/A

% Volatile: 30-80

Evaporation Rate: N/A

Section 10 - Stability and Reactivity

Stability: Product is **STABLE** at room temperature in closed containers under normal storage and handling conditions.

Chemical Incompatibilities: Strong acids and oxidizers..

CATEMOL HBC-18 (Developmental)

Hazardous Decomposition Products: Oxides of nitrogen and carbon.

Hazardous Polymerization: Will not occur.

Section 11 - Toxicological Information

A knowledge of the available toxicology information and of the chemical properties of the material suggests that overexposure is unlikely to aggravate existing medical conditions.

Section 12 - Ecological Information

N/A

Section 13 - Disposal Considerations

Disposal: Contact a licensed contractor for detailed recommendations. Follow applicable Federal, State, and local regulations.

Section 14 - Transport Information

DOT Transportation Data (49 CFR 172.101):

Label Requirements DOT: Flammable liquid, n.o.s.

UN Number: UN1993

Proper Shipping Name: Flammable liquid, n.o.s. (Ethanol Solution)

Packing Groups: II

Hazard Classification: 3

Section 15 - Regulatory Information

TSCA Inventory Status: Not Listed

EPA Regulations: SARA 311/312 Codes:

Acute: None

Chronic: None

Fire: Yes

Reactivity: None

Pressure: None

State Regulations:

State	Component	CAS #	Wt.
NONE			

Section 16 - Other Information

Disclaimer: While the information herein is believed to be reliable, LABORATOIRE MAT does not guarantee its accuracy. Purchasers are urged to conduct their own tests. LABORATOIRE MAT INC. warrants its materials, as described herein, shall conform to the written specifications for such materials. LABORATOIRE MAT INC. makes no other warranty, either express or implied, as to the materials' merchantability or fitness for purpose. In no event shall LABORATOIRE MAT INC.'s liability for breach of this warranty exceed the purchase price of the material for which such breach is claimed. Nothing contained herein is intended as a recommendation to use LABORATOIRE MAT INC. products so as to infringe any patent and no liability for customer's violation of patent or other rights is assumed.

Annexe C


Analyses granulométriques des corridors 1 et 2

 **DISTRIBUTION GRANULOMÉTRIQUE**

PROJET	C-048
ÉCHANTILLON	Corridor 1 (#CRIQ 52112) 20 Kg concassé 4 mm
TECHNICIEN(NE)	Roger Perron
DATE DE L'ESSAI	2013-07-18

Fraction		Poids (%)	Cumulatif retenu (%)	Cumulatif passant (%)
μm	mailles ou po.			
+9500	3/8 "			
+6300	1/4 "	0,35	0,35	99,65
+1700	10	34,70	35,05	64,95
+850	20	17,22	52,27	47,73
+425	35	13,63	65,90	34,10
+150	100	13,67	79,58	20,42
+75	200	5,76	85,33	14,67
-75		14,67	100,00	0,00
Total		100,00		

$p_{80} (\mu\text{m}) =$	3695
$P_{50} (\mu\text{m}) =$	962
$P_{20} (\mu\text{m}) =$	144

 COREM DISTRIBUTION GRANULOMÉTRIQUE	
PROJET	C-048
ÉCHANTILLON	Corridor 2 (#CRIQ 52113) 20 Kg concassé 4 mm
TECHNICIEN(NE)	Roger Perron
DATE DE L'ESSAI	2013-07-18

Fraction		Poids (%)	Cumulatif retenu (%)	Cumulatif passant (%)
μm	mailles ou po.			
+9500	3/8 "			
+6300	1/4 "	0,38	0,38	99,62
+1700	10	42,01	42,39	57,61
+850	20	16,19	58,58	41,42
+425	35	12,05	70,64	29,36
+150	100	11,02	81,66	18,34
+75	200	4,45	86,10	13,90
-75		13,90	100,00	0,00
Total		100,00		

$P_{80} (\mu\text{m}) =$	4152
$P_{50} (\mu\text{m}) =$	1301
$P_{20} (\mu\text{m}) =$	191

Annexe D

Résultats détaillés ESI+ et FTIR

Analyse comparative de l'apparition ou de la disparition de pics dans le spectre de masse des différents produits de réaction (ESI+)

Comparaison	Description	N° CRIQ	Indice de similitude			FTIR (identification)	Nouveau pic	Pic disparu	Formule brute (estimée) M+1	Masse exacte	Tentative d'identification des pics
			ESI+ (intensité)	ESI+ (pics)	ESI+ (global)						
1	E1 C1 SP1	52293				Nitrilo-acetate	-	-	-	-	-
	<i>comparé à</i> E1 C2 SP1	52294	86%	100%	93%	Nitrilo-acetate	-	-	-	-	-
2	E1 C1 SP2	52299				Nitrilo-acetate	-	-	-	-	-
	<i>comparé à</i> E1 C2 SP2	52300	92%	100%	96%	Nitrilo-acetate	-	-	-	-	-
3	E1 SP1	52292				Nitrilo-acetate	-	-	-	-	-
	<i>comparé à</i> E1 C1 SP1	52293	87%	100%	93%	Nitrilo-acetate	-	-	-	-	-
4	E1 SP1	52292				Nitrilo-acetate	-	-	-	-	-
	<i>comparé à</i> E1 C2 SP1	52294	87%	100%	94%	Nitrilo-acetate	-	-	-	-	-
5	E1 SP2	52298				Nitrilo-acetate	449,18	-	C13H23O8Cl3	449,1871	Polyoxyéthylène
	<i>comparé à</i> E1 C1 SP2	52299	96%	89%	92%	Nitrilo-acetate	-	-	-	-	-
6	E1 SP2	52298				Nitrilo-acetate	-	-	-	-	-
	<i>comparé à</i> E1 C2 SP2	52300	90%	100%	95%	Nitrilo-acetate	-	-	-	-	-
7	E1B C1 SP1/SL1	52357				aucun pic	-	-	-	-	-
	<i>comparé à</i> E1B C2 SP1/SL1	52812	89%	100%	94%	faible pic POE	-	-	-	-	-
8	E1B C1 SP1/SL4	52440				HC, ester, POE	-	-	-	-	-
	<i>comparé à</i> E1B C2 SP1/SL4	52328	91%	100%	96%	HC, ester, POE	-	-	-	-	-
9	E1 C1 SP1	52293				Nitrilo-acetate	-	-	-	-	-
	E1B SL1	52917				aucun pic	-	-	-	-	-
	<i>comparé à</i> E1B C1 SP1/SL1	52357	83%	100%	92%	aucun pic	-	-	-	-	-
10	E1 C2 SP1	52294				Nitrilo-acetate	-	-	-	-	-
	E1B SL1	52917				Aucun pic	-	-	-	-	-
	<i>comparé à</i> E1B C2 SP1/SL1	52812	91%	100%	95%	faible pic POE	-	-	-	-	-

POE = Polyoxyéthylène, HC = Hydrocarbures

Analyse comparative de l'apparition ou de la disparition de pics dans le spectre de masse des différents produits de réaction (ESI+)

Comparaison	Description	N° CRIQ	Indice de similitude			FTIR (identification)	Nouveau pic	Pic disparu	Formule brute (estimée) M+1	Masse exacte	Tentative d'identification des pics
			ESI+ (intensité)	ESI+ (pics)	ESI+ (global)						
11	E1 C1 SP1	52293				Nitrilo-acétate					
	E1B SL4	52327				HC, ester, POE	-	-	-	-	-
	<i>comparé à</i> E1B C1 SP1/SL4	52440	83%	100%	91%	HC, ester, POE					
12	E1 C2 SP1	52294				Nitrilo-acétate					
	E1B SL4	52327				HC, ester, POE	-	-	-	-	-
	<i>comparé à</i> E1B C2 SP1/SL4	52328	90%	100%	95%	HC, ester, POE					
13	E1 C1 SP1	52293				Nitrilo-acétate					
	<i>comparé à</i> E1B C1 SP1/SL1	52357	82%	100%	91%	aucun pic	-	-	-	-	-
	E1B C1 SP1/SL4	52440	81%	100%	90%	HC, ester, POE					
14	E1 C2 SP1	52294				Nitrilo-acétate					
	<i>comparé à</i> E1B C2 SP1/SL1	52812	80%	100%	90%	faible pic POE	-	-	-	-	-
	E1B C2 SP1/SL4	52328	84%	100%	92%	HC, ester, POE					
15	E1B C1 SP2/SL2	52451				faible pic HC	-	-	-	-	-
	<i>comparé à</i> E1B C2 SP2/SL2	52380	89%	100%	94%	aucun pic					
16	E1B C1 SP2/SL3	52603				aucun pic	-	-	-	-	-
	<i>comparé à</i> E1B C2 SP2/SL3	52404	92%	100%	96%	aucun pic					
17	E1 C1 SP2	52299				Nitrilo-acétate					
	E1B SL2	52379				aucun pic	-	-	-	-	-
	<i>comparé à</i> E1B C1 SP2/SL2	52451	78%	100%	89%	faible pic HC					
18	E1 C2 SP2	52300				Nitrilo-acétate					
	E1B SL2	52379				aucun pic	-	-	-	-	-
	<i>comparé à</i> E1B C2 SP2/SL2	52380	78%	100%	89%	aucun pic					
19	E1 C1 SP2	52299				Nitrilo-acétate					
	E1B SL3	52403				aucun pic	-	-	-	-	-
	<i>comparé à</i> E1B C1 SP2/SL3	52603	79%	100%	89%	aucun pic					
20	E1 C2 SP2	52300				Nitrilo-acétate					
	E1B SL3	52403				aucun pic	-	-	-	-	-
	<i>comparé à</i> E1B C2 SP2/SL3	52404	88%	100%	94%	aucun pic					

POE = Polyoxyéthylène, HC = Hydrocarbures

Analyse comparative de l'apparition ou de la disparition de pics dans le spectre de masse des différents produits de réaction (ESI+)

Comparaison	Description	N° CRIQ	Indice de similitude			FTIR (identification)	Nouveau pic	Pic disparu	Formule brute (estimée) M+1	Masse exacte	Tentative d'identification des pics
			ESI+ (intensité)	ESI+ (pics)	ESI+ (global)						
21	E1 C1 SP2	52299				Nitrilo-acétate	-	-	-	-	-
	<i>comparé à</i>										
	E1B C1 SP2/SL2	52451	81%	100%	91%	faible pic HC	-	-	-	-	-
	E1B C1 SP2/SL3	52603	81%	100%	91%	aucun pic	-	-	-	-	-
22	E1 C2 SP2	52300				Nitrilo-acétate	-	-	-	-	-
	<i>comparé à</i>										
	E1B C2 SP2/SL2	52380	81%	100%	90%	aucun pic	-	-	-	-	-
	E1B C2 SP2/SL3	52404	81%	100%	91%	aucun pic	-	-	-	-	-
23	E1B C2 SP1/SL1	52812				faible pic POE	-	-	-	-	-
	<i>comparé à</i>										
	E2 C2 SP1/SL1	52785	95%	100%	98%	faible pic POE	-	-	-	-	-
24	E1B C2 SP1/SL4	52328				HC, ester, POE	-	-	-	-	-
	<i>comparé à</i>										
	E2 C2 SP1/SL4	52348	90%	100%	95%	HC, ester, POE	-	-	-	-	-
25	E1B C2 SP2/SL2	52380				aucun pic	-	-	-	-	-
	<i>comparé à</i>										
	E2 C2 SP2/SL2	52402	96%	100%	98%	faible pic HC	-	-	-	-	-
26	E1B C2 SP2/SL3	52404				aucun pic	-	-	-	-	-
	<i>comparé à</i>										
	E2 C2 SP2/SL3	52419	97%	100%	99%	aucun pic	-	-	-	-	-
27	E1 C2 SP1	52294				Nitrilo-acétate	-	-	-	-	-
	<i>comparé à</i>										
	E2 C2 SP1/SL1	52785	80%	100%	90%	faible pic POE	-	-	-	-	-
	E2 C2 SP1/SL4	52348	82%	100%	91%	HC, ester, POE	-	-	-	-	-
28	E1 C2 SP2	52300				Nitrilo-acétate	-	-	-	-	-
	<i>comparé à</i>										
	E2 C2 SP2/SL2	52402	81%	100%	90%	faible pic HC	-	-	-	-	-
	E2 C2 SP2/SL3	52419	81%	100%	91%	aucun pic	-	-	-	-	-
29	E3 C2 SP1/SL4 0h	52597				HC, ester, POE	-	-	-	-	-
	<i>comparé à</i>										
	E3 C2 SP1/SL4 8h	52598	97%	100%	99%	moyen HC, POE	-	-	-	-	-
	E3 C2 SP1/SL4 24h	52599	99%	100%	100%	faible HC, moyen POE	-	-	-	-	-
	E3 C2 SP1/SL4 5j	52625	94%	100%	97%	moyen HC, POE	-	-	-	-	-
	E3 C2 SP1/SL4 8j	52690	86%	100%	93%	moyen HC, este, POE	-	-	-	-	-
30	E3 C2 SP2/SL3 0h	52521				faible pic POE	-	-	-	-	-
	<i>comparé à</i>										
	E3 C2 SP2/SL3 8h	52522	99%	100%	100%	faible pic POE	-	-	-	-	-
	E3 C2 SP2/SL3 24h	52523	98%	100%	99%	aucun pic	-	-	-	-	-
	E3 C2 SP2/SL3 5j	52565	98%	100%	99%	aucun pic	-	-	-	-	-
	E3 C2 SP2/SL3 8j	52601	97%	100%	98%	aucun pic	-	-	-	-	-

POE = Polyoxyéthylène, HC = Hydrocarbures

Analyse comparative de l'apparition ou de la disparition de pics dans le spectre de masse des différents produits de réaction (ESI+)

Comparaison	Description	N° CRIQ	Indice de similitude			FTIR (identification)	Nouveau pic	Pic disparu	Formule brute (estimée) M+1	Masse exacte	Tentative d'identification des pics
			ESI+ (intensité)	ESI+ (pics)	ESI+ (global)						
31	E1 SP1	52292				Nitrilo-acetate					
	E1B SL4	52327				HC, ester, POE					
	<i>comparé à</i>										
	E3 C2 SP1/SL4 0h	52597	83%	100%	92%	HC, ester, POE	-	-	-	-	-
E3 C2 SP1/SL4 8j	52690	84%	100%	92%	moyen HC, ester, POE						
32	E1 SP2	52298				Nitrilo-acetate					
	E1B SL3	52403				aucun pic					
	<i>comparé à</i>										
	E3 C2 SP2/SL3 0h	52521	82%	100%	91%	faible pic POE	-	-	-	-	-
E3 C2 SP2/SL3 8j	52601	78%	100%	89%	aucun pic						
33	E1 SP1	52292				Nitrilo-acetate					
	E1B SL1	52917				aucun pic					
	<i>comparé à</i>										
E2 C2 SP1/SL1	52785	88%	100%	94%	faible pic POE	-	-	-	-	-	
34	E1 SP2	52298				Nitrilo-acetate					
	E1B SL2	52379				aucun pic					
	<i>comparé à</i>										
E2 C2 SP2/SL2	52402	74%	100%	87%	aucun pic	-	-	-	-	-	
35	E1 SP1	52292				Nitrilo-acetate					
	E1B SL4	52327				HC, ester, POE					
	<i>comparé à</i>										
E2 C2 SP1/SL4	52348	84%	100%	92%	HC, ester, POE	-	-	-	-	-	
36	E1 SP2	52298				Nitrilo-acetate					
	E1B SL3	52403				aucun pic					
	<i>comparé à</i>										
E2 C2 SP2/SL3	52419	87%	100%	94%	aucun pic	-	-	-	-	-	

POE = Polyoxyéthylène, HC = Hydrocarbures

Annexe E

Résultats détaillés ESI- et FTIR

Analyse comparative de l'apparition ou de la disparition de pics dans le spectre de masse des différents produits de réaction (ESI-)

Comparaison	Description	N° CRIQ	Indice de similitude			FTIR (identification)	Nouveau pic	Pic disparu	Formule brute (estimée) M-1	Masse exacte	Tentative d'identification des pics
			ESI- (intensité)	ESI- (pics)	ESI- (global)						
1	E1 C1 SP1	52293				Nitrilo-acetate	-	-	-	-	-
	Comparé à E1 C2 SP1	52294	91%	100%	95%	Nitrilo-acetate	-	-	-	-	-
2	E1 C1 SP2	52299				Nitrilo-acetate	-	-	-	-	-
	Comparé à E1 C2 SP2	52300	97%	100%	98%	Nitrilo-acetate	-	-	-	-	-
3	E1 SP1	52292				Nitrilo-acetate	144,86 146,86	-	C7H10OCI C7H12OCI	144,8672 146,8642	Cétone ou aldéhyde aliphatique Cétone ou aldéhyde aliphatique
	Comparé à E1 C1 SP1	52293	78%	80%	79%	Nitrilo-acetate	262,78	-	C14H29NOCI	262,7800	Alkyle oxazole
4	E1 SP1	52292				Nitrilo-acetate	144,86 146,86	-	C7H10OCI C7H12OCI	144,8672 146,8642	Cétone ou aldéhyde aliphatique Cétone ou aldéhyde aliphatique
	Comparé à E1 C2 SP1	52294	74%	80%	77%	Nitrilo-acetate	262,78	-	C14H29NOCI	262,7800	Alkyle oxazole
5	E1 SP2	52298				Nitrilo-acetate	144,86 146,86	-	C7H10OCI C7H12OCI	144,8672 146,8642	Cétone ou aldéhyde aliphatique Cétone ou aldéhyde aliphatique
	Comparé à E1 C1 SP2	52299	81%	87%	84%	Nitrilo-acetate	-	-	-	-	-
6	E1 SP2	52298				Nitrilo-acetate	144,86 146,86	-	C7H10OCI C7H12OCI	144,8672 146,8642	Cétone ou aldéhyde aliphatique Cétone ou aldéhyde aliphatique
	Comparé à E1 C2 SP2	52300	81%	87%	84%	Nitrilo-acetate	-	-	-	-	-
7	E1B C1 SP1/SL1	52357				aucun pic	-	-	-	-	-
	Comparé à E1B C2 SP1/SL1	52812	75%	100%	88%	faible pic POE	-	-	-	-	-
8	E1B C1 SP1/SL4	52440				HC, ester, POE	-	-	-	-	-
	Comparé à E1B C2 SP1/SL4	52328	97%	100%	98%	HC, ester, POE	-	-	-	-	-
9	E1 C1 SP1	52293				Nitrilo-acetate	-	-	-	-	-
	Comparé à E1B SL1 E1B C1 SP1/SL1	52917 52357	89%	87%	88%	aucun pic	-	502,62	C22H48NO11	502,6254	Polyoxyéthylène
10	E1 C2 SP1	52294				Nitrilo-acetate	-	-	-	-	-
	Comparé à E1B SL1 E1B C2 SP1/SL1	52917 52812	94%	87%	90%	faible pic POE	-	502,62	C22H48NO11	502,6254	Polyoxyéthylène

POE = Polyoxyéthylène, HC = Hydrocarbures

Analyse comparative de l'apparition ou de la disparition de pics dans le spectre de masse des différents produits de réaction (ESI-)

Comparaison	Description	N° CRIQ	Indice de similitude			FTIR (identification)	Nouveau pic	Pic disparu	Formule brute (estimée) M-1	Masse exacte	Tentative d'identification des pics
			ESI- (intensité)	ESI- (pics)	ESI- (global)						
11	E1 C1 SP1	52293				Nitrilo-acetate					
	E1B SL4	52327				HC, ester, POE	-	502,62	C22H48NO11	502,6254	Polyoxyéthylène
	Comparé à E1B C1 SP1/SL4	52440	92%	97%	94%	HC, ester, POE					
12	E1 C2 SP1	52294				Nitrilo-acetate					
	E1B SL4	52327				HC, ester, POE	-	326,75 502,62	C12H21NO7Cl C22H48NO11	326,7497 502,6254	Polyoxyéthylène Polyoxyéthylène
	Comparé à E1B C2 SP1/SL4	52328	90%	94%	92%	HC, ester, POE					
13	E1 C1 SP1	52293				Nitrilo-acétate					
	Comparé à E1B C1 SP1/SL1	52357	81%	100%	90%	aucun pic	-	-	-	-	-
	E1B C1 SP1/SL4	52440	80%	100%	90%	HC, ester, POE					
14	E1 C2 SP1	52294				Nitrilo-acétate					
	Comparé à E1B C2 SP1/SL1	52812	80%	100%	90%	faible pic POE	-	-	-	-	-
	E1B C2 SP1/SL4	52328	80%	100%	90%	HC, ester, POE					
15	E1B C1 SP2/SL2	52451				faible pic HC					
	Comparé à E1B C2 SP2/SL2	52380	97%	100%	99%	aucun pic	-	-	-	-	-
16	E1B C1 SP2/SL3	52603				aucun pic					
	Comparé à E1B C2 SP2/SL3	52404	96%	100%	98%	aucun pic	-	-	-	-	-
17	E1 C1 SP2	52299				Nitrilo-acetate	128,89		C2H3O2Cl2	128,8901	Acide acétique
	E1B SL2	52379				aucun pic	130,89		C2H5O2Cl2	130,8862	Éthylène glycol
	Comparé à E1B C1 SP2/SL2	52451	63%	87%	75%	faible pic HC	228,83	-	C3H3O3Cl4	228,8437	Acide glycolique
							280,79		C6H3O4Cl4	280,7870	Acide coumalique
							282,78		C6H5O4Cl4	282,7884	Acide muconique
							364,76		C9H3O7Cl4	364,7500	Acide benzène tricarboxylique
						366,76		C9H5O7Cl4	366,7633	Acide benzène tricarboxylique	
18	E1 C2 SP2	52300				Nitrilo-acetate	128,89		C2H3O2Cl2	128,8901	Acide acétique
	E1B SL2	52379				aucun pic	130,89		C2H5O2Cl2	130,8862	éthylène glycol
	Comparé à E1B C2 SP2/SL2	52380	66%	87%	76%	aucun pic	228,83	-	C3H3O3Cl4	228,8437	Acide glycolique
							280,79		C6H3O4Cl4	280,7870	Acide coumalique
							282,78		C6H5O4Cl4	282,7884	Acide muconique
							364,76		C9H3O7Cl4	364,7500	Acide benzène tricarboxylique
						366,76		C9H5O7Cl4	366,7633	Acide benzène tricarboxylique	

POE = Polyoxyéthylène, HC = Hydrocarbures

Analyse comparative de l'apparition ou de la disparition de pics dans le spectre de masse des différents produits de réaction (ESI-)

Comparaison	Description	N° CRIQ	Indice de similitude			FTIR (identification)	Nouveau pic	Pic disparu	Formule brute (estimée) M-1	Masse exacte	Tentative d'identification des pics
			ESI- (intensité)	ESI- (pics)	ESI- (global)						
19	E1 C1 SP2	52299				Nitrilo-acetate					
	E1B SL3	52403				aucun pic					
	Comparé à E1B C1 SP2/SL3	52603	81%	94%	88%	aucun pic	128,89 132,78 228,83 448,74		C2H3O2Cl2 C2H4Cl3 C3H3O3Cl4 C8H5O4Cl8	128,8901 132,883 228,8437 448,7367	Acide acétique Dichloroethane Acide glycolique Acide phthalique
20	E1 C2 SP2	52300				Nitrilo-acetate					
	E1B SL3 Comparé à E1B C2 SP2/SL3	52403 52404				aucun pic	-	-	-	-	-
21	E1 C1 SP2	52299				Nitrilo-acétate					
	Comparé à E1B C1 SP2/SL2	52451	85%	100%	93%	faible pic HC	-	-	-	-	-
	E1B C1 SP2/SL3	52603	83%	100%	91%	aucun pic					
22	E1 C2 SP2	52300				Nitrilo-acétate					
	Comparé à E1B C2 SP2/SL2	52380	85%	100%	92%	aucun pic	-	-	-	-	-
	E1B C2 SP2/SL3	52404	83%	100%	91%	aucun pic					
23	E1B C2 SP1/SL1	52812				faible pic POE					
	Comparé à E2 C2 SP1/SL1	52785	88%	100%	94%	faible pic POE	-	-	-	-	-
24	E1B C2 SP1/SL4	52328				HC, ester, POE					
	Comparé à E2 C2 SP1/SL4	52348	90%	100%	95%	HC, ester, POE	-	-	-	-	-
25	E1B C2 SP2/SL2	52380				aucun pic					
	Comparé à E2 C2 SP2/SL2	52402	97%	100%	98%	faible pic HC	-	-	-	-	-
26	E1B C2 SP2/SL3	52404				aucun pic					
	Comparé à E2 C2 SP2/SL3	52419	96%	100%	98%	aucun pic	-	-	-	-	-
27	E1 C2 SP1	52294				Nitrilo-acétate					
	Comparé à E2 C2 SP1/SL1	52785	80%	100%	90%	faible pic POE	-	-	-	-	-
	E2 C2 SP1/SL4	52348	80%	100%	90%	HC, ester, POE					
28	E1 C2 SP2	52300				Nitrilo-acétate					
	Comparé à E2 C2 SP2/SL2	52402	84%	100%	92%	faible pic HC	-	-	-	-	-
	E2 C2 SP2/SL3	52419	82%	100%	91%	aucun pic					

POE = Polyoxyéthylène, HC = Hydrocarbures

Analyse comparative de l'apparition ou de la disparition de pics dans le spectre de masse des différents produits de réaction (ESI-)

Comparaison	Description	N° CRIQ	Indice de similitude			FTIR (identification)	Nouveau pic	Pic disparu	Formule brute (estimée) M-1	Masse exacte	Tentative d'identification des pics
			ESI- (intensité)	ESI- (pics)	ESI- (global)						
29	E3 C2 SP1/SL4 0h <i>Comparé à</i>	52597				HC, ester, POE					
	E3 C2 SP1/SL4 8h	52598	99%	100%	99%	moyen HC, POE	-	-	-	-	-
	E3 C2 SP1/SL4 24h	52599	98%	100%	99%	faible HC, moyen POE					
	E3 C2 SP1/SL4 5j	52625	98%	100%	99%	moyen HC, POE					
	E3 C2 SP1/SL4 8j	52690	96%	100%	98%	moyen HC, ester, POE					
30	E3 C2 SP2/SL3 0h <i>Comparé à</i>	52521				faible pic POE					
	E3 C2 SP2/SL3 8h	52522	100%	100%	100%	faible pic POE	-	-	-	-	-
	E3 C2 SP2/SL3 24h	52523	99%	100%	99%	aucun pic					
	E3 C2 SP2/SL3 5j	52565	100%	100%	100%	aucun pic					
	E3 C2 SP2/SL3 8j	52601	98%	100%	99%	aucun pic					
31	E1 SP1 E1B SL4 <i>Comparé à</i>	52292 52327				Nitrilo-acetate HC, ester, POE	306,80	-	C8H5O4Cl4	306,8052	Acide phthalique
	E3 C2 SP1/SL4 0h	52597	90%	94%	92%	HC, ester, POE					
	E3 C2 SP1/SL4 8j	52690	89%	94%	92%	moyen HC, ester, POE					
	E1 SP2 E1B SL3 <i>Comparé à</i>	52298 52403				Nitrilo-acetate aucun pic	128,89 130,89 144,86		C2H3O2Cl2 C2H4Cl3 C7H10OCI	128,8901 132,8830 144,8672	Acide acétique Dichloroethane
E3 C2 SP2/SL3 0h	52521	75%	81%	78%	faible pic POE	146,86		C7H12OCI	146,8642	Cétone ou aldéhyde aliphatique	
E3 C2 SP2/SL3 8j	52601	73%	81%	77%	aucun pic	228,83 280,79 290,82 306,81 308,80 366,76 584,66	-	C3H3O3Cl4 C6H3O4Cl4 C5H9O5Cl4 C8H5O4Cl4 C8H7O4Cl4 C9H5O7Cl4 C29H38N5O8	228,8437 280,7870 290,8232 306,8052 308,7991 366,7633 584,6523	Acide glycolique Acide coumalique Ribose Acide phthalique Acide dehydroacétique Acide benzène tricarboxylique Polyamines oxydés	
33	E1 SP1 E1B SL1 <i>Comparé à</i>	52292 52917				Nitrilo-acetate aucun pic	-	-	-	-	-
	E2 C2 SP1/SL1	52785	79%	100%	89%	faible pic POE					
	E1 SP2 E1B SL2 <i>Comparé à</i>	52298 52379				Nitrilo-acetate aucun pic	-	-	-	-	-
E2 C2 SP2/SL2	52402	70%	100%	85%	aucun pic						
35	E1 SP1 E1B SL4 <i>Comparé à</i>	52292 52327				Nitrilo-acetate HC, ester, POE	228,83	-	C3H3O3Cl4	228,8437	Acide glycolique
	E2 C2 SP1/SL4	52348	85%	98%	92%	HC, ester, POE					
	E1 SP2 E1B SL3 <i>Comparé à</i>	52298 52403				Nitrilo-acetate aucun pic	128,89 130,89 280,79	-	C2H3O2Cl2 C2H4Cl3 C6H3O4Cl4	128,8901 132,8830 280,7870	Acide acétique Dichloroethane Acide coumalique
E2 C2 SP2/SL3	52419	83%	92%	88%	aucun pic	290,82		C5H9O5Cl4	290,8232	Ribose	

POE = Polyoxyéthylène, HC = Hydrocarbures

Annexe F

Résultats détaillés :

- Bétaïne de cocamidopropyle
 - Diéthanolamines
 - Triéthanolamines
 - Polyéthanolamines
-

Description	N° CRIQ	Analyse (développement de méthode)	Concentration (semi quantitatif) (mg/l)	Distribution par échantillon (%)
E1B SL4	52327	Diéthanolamine	1 409	7
		Triéthanolamine	12 253	65
		Complexe polyamine	4 015	21
		Cocamido propyl betaïne	1 120	6
		Somme	18 797	100
E1B C1 SP1/SL4	52440	Diéthanolamine	506	8
		Triéthanolamine	3 533	57
		Complexe polyamine	1 655	27
		Cocamido propyl betaïne	479	8
		Somme	6 174	100
E1B C2 SP1/SL4	52328	Diéthanolamine	2 098	9
		Triéthanolamine	14 267	62
		Complexe polyamine	5 033	22
		Cocamido propyl betaïne	1 654	7
		Somme	23 052	100
E2 C2 SP1/SL4	52348	Diéthanolamine	1 782	8
		Triéthanolamine	13 097	62
		Complexe polyamine	5 010	24
		Cocamido propyl betaïne	1 249	6
		Somme	21 137	100
E3 C2 SP1/SL4 0h	52597	Diéthanolamine	570	8
		Triéthanolamine	4 266	62
		Complexe polyamine	1 303	19
		Cocamido propyl betaïne	785	11
		Somme	6 923	100
E3 C2 SP1/SL4 8h	52598	Diéthanolamine	656	8
		Triéthanolamine	4 775	61
		Complexe polyamine	1 434	18
		Cocamido propyl betaïne	946	12
		Somme	7 811	100
E3 C2 SP1/SL4 24h	52599	Diéthanolamine	1 790	8
		Triéthanolamine	11 922	56
		Complexe polyamine	4 523	21
		Cocamido propyl betaïne	3 151	15
		Somme	21 385	100
E3 C2 SP1/SL4 5j	52625	Diéthanolamine	955	9
		Triéthanolamine	6 553	62
		Complexe polyamine	1 931	18
		Cocamido propyl betaïne	1 119	11
		Somme	10 557	100
E3 C2 SP1/SL4 8j	52690	Diéthanolamine	743	9
		Triéthanolamine	5 083	63
		Complexe polyamine	1 494	19
		Cocamido propyl betaïne	709	9
		Somme	8 029	100



Centre de recherche industrielle du Québec

QUÉBEC 333, rue Franquet, Québec (Québec) G1P 4C7 T 418 659-1550 / 1 800 667-2386 F 418 652-2251

MONTRÉAL 1201, boul. Crémazie Est, bur. 1.210, Montréal (Québec) H2M 0A6 T 514 383-1550 / 1 800 667-4570 F 514 383-3250

infocriq@criq.qc.ca criq.qc.ca



ANNEXE 6 - Simulation des conditions de fracturation hydraulique à l'échelle laboratoire et étude de comportement des composés chimiques utilisés dans les additifs – Présentation et interprétation des résultats

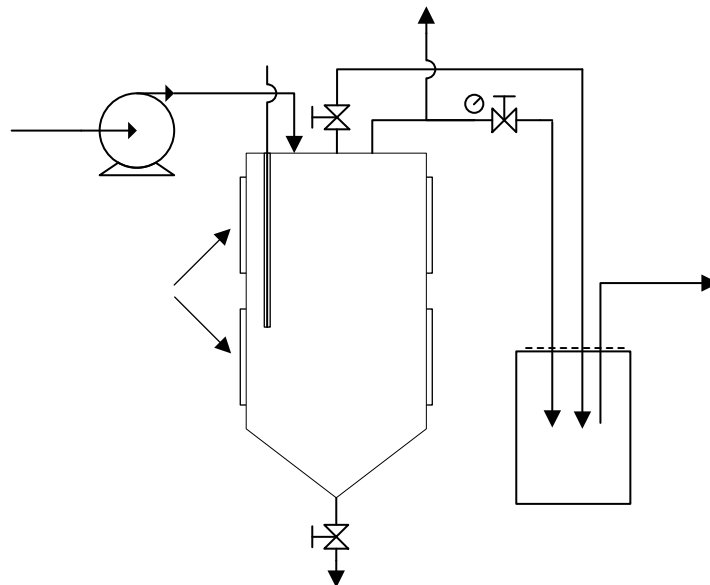
1. Simulation à l'échelle laboratoire

1.1. Les étapes du processus

Après perforation du tubage, une solution acide appelée habituellement « spearhead », contenant certains additifs, est injectée dans le puits pour nettoyer les perforations et amorcer la fracturation. C'est un peu une étape d'amorçage des fractures et la fixation des conditions pour l'étape de fracturation proprement dite. Une autre solution appelée « slickwater », contenant d'autres additifs, est injectée dans le puits pour fracturer le shale. Le volume de la deuxième solution est beaucoup plus important (200 à 250 fois plus). Une fois le réseau de fractures créé, l'ajout de sable à la solution de slickwater permet de garder les fractures ouvertes et au gaz de s'échapper.

Afin de reproduire les conditions (pression et température), une unité pilote a été conçue par le CRIQ (annexe 5) pour réaliser les essais. Le montage comprend une pompe d'alimentation, un réacteur à haute pression, un contrôleur de température et une chambre de dépressurisation. De plus, un système de vidange des liquides contenus dans le réacteur utilisant une pompe à vide a été utilisé.

Figure 1 : Schéma de l'unité pilote



Les données utilisées pour la conception de l'unité pilote proviennent des informations disponibles en lien avec les conditions de fracturations réalisées au Québec. Ainsi, la pression d'opération lors des essais de fracturation se situera entre 20 et 60 MPa à une température d'environ 60 °C. De plus, les composantes du réacteur doivent être en mesure de résister aux produits chimiques, et plus particulièrement à l'acide chlorhydrique concentré.

1.2. Protocole expérimental

Phase 1 : Injection d'une solution acide de pré-fracturation (*spearhead – SP*); le volume de la solution SP représente environ le 1/200 du volume de la solution de fracturation proprement dite (SL). Temps de contact : 30 minutes.

Phase 2 : Injection sous haute pression d'un mélange de produits appelé fluide de fracturation (*slickwater – SL*). Temps de contact : 4 heures.

Phase 3 : Injection sous haute pression du fluide de fracturation avec un agent de soutènement afin de libérer le gaz naturel. L'agent de soutènement est constitué de sable de silice possédant une granulométrie particulière. Temps de contact : 4 heures.

1.3. Intrants utilisés

Les additifs, pour la réalisation des essais, ont été fournis par une compagnie spécialisée en fracturation hydraulique. Ainsi, deux solutions de pré-fracturation (SP1 et SP2) et quatre mélanges de fluide de fracturation (SL1 à SL4) ont été créés pour la réalisation des essais. Les composés chimiques contenus dans ces additifs sont représentatifs de ceux utilisés au Québec.

Les tableaux 1 et 2 présentent les intrants contenus dans les solutions de prétraitement et les fluides de fracturation qui ont été créés.

Tableau 1 – Intrants contenus dans les solutions de pré-fracturation

SP1	SP2
Acide chlorhydrique à 15 %	Acide chlorhydrique à 15 %
Agent de contrôle du fer	Agent de contrôle du fer
Inhibiteur de corrosion	Inhibiteur de corrosion
Antiémulsifiant	Antiémulsifiant
Antimousse	Antimousse
	Additif acide

Tableau 2 – Intrants contenus dans les fluides de fracturation

SL1	SL2	SL3	SL4
Eau	Eau	Eau	Eau
Réducteur de friction	Réducteur de friction	Réducteur de friction	Gel
Surfactant	Briseur	Surfactant	Correcteur de pH
Agent de contrôle de l'argile	Agent de soutènement	Briseur*	Agent de contrôle de l'argile
Agent de soutènement		Agent de soutènement	Agent de réticulation
			Surfactant
			Briseur
			Agent de soutènement

*Briseur : Ingrant permettant de briser la structure gélifiée du fluide pour faciliter son retour hors du puits (eau de reflux).

L'agent de soutènement utilisé pour les essais est un mélange à proportion égale de deux granulométries : soit de 50 à 140 µm et de 40 à 70 µm.

Les tableaux 3 et 4 présentent les composés chimiques contenus dans les intrants utilisés dans les quatre recettes choisies pour cette étude : SP1 + SL1, SP1 + SL4, SP2 + SL2 et SP2 + SL3. Les mélanges SP1, SP2 / SL1, SL2, SL3, SL4 représentent les différentes combinaisons possibles de composés chimiques pouvant être utilisés simultanément, et par le fait même les transformations chimiques potentielles entre eux. La concentration de certains composés chimiques dans l'intrant n'est pas spécifiée, ni la proportion des intrants dans les solutions (SP et SL), parce que protégée par une entente de confidentialité. Des produits commerciaux (additifs) ont été utilisés et les proportions ont toutefois été rigoureusement respectées dans l'expérience.

Tableau 3 – Composés chimiques contenus dans les intrants des deux solutions de pré-fracturation

SP1	SP2
<ul style="list-style-type: none"> – Acide chlorhydrique à 15 % – Acides gras – Alcènes C > 10 (alpha) – Alcool propargylique – Alcool ramifié éthoxylé – Alcools éthoxylés C14-C15 – Isopropanol – Méthanol – Nitriloacétate de trisodium, monohydrate 	<ul style="list-style-type: none"> – Acide chlorhydrique à 15 % – 1,2,4-triméthylbenzène – Acide alkylbenzène sulfonique – Acides gras – Alcool propargylique – Alcool ramifié éthoxylé – Alkylphénol oxyalkylés – Complexe d'alkylaryl polyester – Dérivé de benzènesulfonate – Éthyl octynol

<ul style="list-style-type: none"> - Octaméthylcyclotétrasiloxane - Polymère de thiourée modifié 	<ul style="list-style-type: none"> - Formaldéhyde - Isopropanol - Méthanol - Naphta aromatique (lourd) - Naphtalène - Nitriloacétate de trisodium, monohydrate - Octaméthylcyclotétrasiloxane - Sel de chlorure de benzyle quaternaire et de quinoline
--	--

Tableau 4 – Composés chimiques contenus dans les intrants des fluides de fracturation

SL1	SL2	SL3	SL4
<ul style="list-style-type: none"> - Eau - Alcools éthoxylés (C12-C15) - Chlorure de choline - Isopropanol - Propylène glycol - Sulfate d'ammonium - Terpènes d'agrumes (d-limonène) - Triéthylène glycol 	<ul style="list-style-type: none"> - Eau - Hypochlorite de sodium - Sulfate d'ammonium 	<ul style="list-style-type: none"> - Eau - Alcools éthoxylés (C12-C15) - Isopropanol - Persulfate de sodium - Propylène glycol - Sulfate d'ammonium - Terpènes d'agrumes (d-limonène) - Triéthylène glycol 	<ul style="list-style-type: none"> - Eau - 1-propanol - Acide acétique - Alcools éthoxylés (C12-C15) - Carbonate de potassium - Bétaïne de cocamidopropyle - Complexe de zirconium - Composé d'ammonium quaternaire - Diéthanolamine - Fluide à base d'huile de faible toxicité - Isopropanol - Méthanol - Persulfate de sodium - Propylène glycol - Terpènes d'agrumes (d-limonène) - Triéthanolamine - Triéthylène glycol

Essais

L'expérience consiste à reproduire les conditions et les séquences d'injection pour évaluer le comportement des substances utilisées et des sous-produits formés lors des différentes phases du processus de fracturation. Pour y arriver, les trois phases de fracturation hydraulique ont été réparties selon les étapes suivantes :

- Étape 0 : Effet du trempage du shale dans de l'eau déchlorée. Le but de cette étape consiste à identifier les composés ou éléments libérés du shale par l'eau en milieu neutre. Les substances libérées par le shale peuvent intervenir dans les réactions avec les autres composés ou se retrouver dans le mélange à la fin. L'eau utilisée pour les différentes étapes a été au préalable analysée aux fins de comparaison;
- Étape 1 : Effet de l'acide chlorhydrique à 15 % seul avec le shale, puis intégré avec le shale aux solutions de pré-fracturation (SP1 et SP2). Le but de cette étape consiste à identifier les éléments libérés du shale et à comparer les échantillons des deux corridors. De plus, l'essai vise à identifier les composés non transformés, la formation de sous-produits et les composés ou éléments libérés du shale en conditions acide;
- Étape 1B : Comportement des composés chimiques contenus dans les fluides de fracturation en présence des composés chimiques de SP1 et SP2, et en présence de shale (SP1/SL1, SP1/SL4, SP2/SL2 et SP2/SL3). Le but de cet essai consiste à déterminer les transformations chimiques qui se sont produites sur les constituants des solutions dans les conditions de fracturation et à identifier les nouveaux produits formés;
- Étape 2 : Effet de l'utilisation du sable sur les réactions chimiques (SP1/SL1, SP1/SL4, SP2/SL2 et SP2/SL3). L'objectif consiste à évaluer si le sable participe aux réactions chimiques et catalyse certaines transformations chimiques;
- Étape 3 : Effet du temps d'entreposage à la température de la pièce et de la lumière sur les eaux de reflux suite à une fracturation (SP1/SL4 et SP2/SL3). L'objectif consiste à suivre l'évolution des composés chimiques dans le temps (0 h, 8 h, 24 h, 5 j, 8 j).

Analyses

Le tableau 5 présente une description des analyses effectuées pour chaque étape.

Tableau 5 – Programme analytique

Échantillon	CRIQ (analyses)	CEAEQ (analyses)
Eau déchlorée	pH	Métaux, anions, SDT*, COV**
C ₁ /H ₂ O avec pression (liq) (étape 0)	pH	Métaux, anions, SDT, COV, COSV***
C ₂ /H ₂ O avec pression (liq) (étape 0)	pH	Métaux, anions, SDT, COV, COSV
SP1, SP2, SL1, SL2, SL3, SL4, avant expérience	pH, FTIR, MS, +	Composés chimiques des intrants
HCl (15 %) C ₁ , C ₂ (étape 1)	pH	Métaux, anions, SDT, COV, COSV, activité alpha Ra226, U238, Rn222
Spearhead 1 C ₁ , C ₂ (étape 1)	pH, polymère thiourée, FTIR, MS	Composés chimiques (intrants)
Spearhead 2 C ₁ , C ₂ (étape 1)	pH, FTIR, MS	Composés chimiques (intrants)
C ₁ SP1/SL1 (étape 1b) C ₂ Sp1/Sl1	pH, polymère thiourée, FTIR, MS	Composés chimiques (intrants)
C ₁ SP2/SL2 (étape 1b) C ₂ Sp2/Sl2	pH, FTIR, MS	Composés chimiques (intrants)
C ₁ SP2/SL3 (étape 1b) C ₂ Sp2/Sl3	pH, FTIR, MS	Composés chimiques (intrants)
C ₁ SP1/SL4 (étape 1b) C ₂ SP1/SL4	pH, polymère de thiourée, FTIR, MS diéthanolamine, triéthanolamine, complexe polyamine, bétaine de cocamidopropyle	Composés chimiques (intrants)
C ₂ SP1/SL1+sable (étape 2)	pH, polymère de thiourée, FTIR, MS	Composés chimiques (intrants)
C ₂ SP2/SL2+sable (étape 2)	pH, FTIR, MS	Composés chimiques (intrants)
C ₂ SP2/SL3+sable (étape 2)	pH, FTIR, MS	Composés chimiques (intrants)
C ₂ SP1/SL4+sable (étape 2)	pH, polymère de thiourée, FTIR, MS diéthanolamine,	Composés chimiques (intrants)

	triéthanolamine, complexe polyamine, bétaine de cocamidopropyle	
C ₂ SP2/SL3+sable Après 0 h, 8 h, 24 h, 5 j, 8 j	pH, FTIR, MS	Composés chimiques (intrants)
C ₂ SP1/SL4+sable Après 0 h, 8 h, 24 h, 5 j, 8 j	pH, polymère de thiourée, FTIR, MS diéthanolamine, triéthanolamine, complexe polyamine, bétaine de cocamidopropyle	Composés chimiques (intrants)

*SDT : solides dissous totaux; **COV : composés organiques volatils;

***COSV : composés organiques semi-volatils

1.4. Résultats

1.4.1. Étape 0 (shale + eau)

pH

À cette étape, l'eau a été mise en contact avec le shale à 60 °C et 60 MPa durant 24 heures. Le pH de l'eau utilisée est de 7,89. Le pH résultant pour la solution avec l'échantillon du corridor 1 est de 8,28 et de 8,21 pour le corridor 2. La légère augmentation de pH provient probablement d'une dissolution partielle des carbonates du shale et aucune différence importante entre les deux corridors n'est observée.

Solides dissous totaux (SDT)

La concentration de SDT par rapport à l'eau de départ a augmenté de 20 à 26 %. Il n'y a aucune différence importante entre le corridor 1 et le corridor 2 (340 mg/l vs 323 mg/l).

Bromures

Il n'y a pas de bromures de libérés, et ce, pour les deux corridors.

Chlorures

Les analyses ont révélé une faible augmentation (négligeable) des chlorures pour les deux corridors (29 mg/l)

Métaux

Les concentrations de métaux libérés à cette étape sont pour la plupart négligeables, à l'exception de l'aluminium (0,45 à 0,6 mg/l vs 0,05 mg/l_{eau}), du baryum (0,11 à 0,18 mg/l vs 0,02 mg/l_{eau}), du fer (0,9 à 1,9 mg/l vs 0,02 mg/l_{eau}); ces concentrations demeurent toutefois faibles. On observe aussi une légère augmentation du calcium, du sodium, du nickel et du strontium. Il n'y a pas

d'augmentation notable de l'uranium libéré. On note également une légère augmentation de certains composés organiques volatils comme le chloroforme, le benzène, le toluène, l'éthylbenzène et les xylènes, particulièrement pour l'échantillon du corridor 1. Il y a donc, par contact du shale avec l'eau, un relargage de certains éléments, mais en concentration faible.

Le tableau 6 présente une compilation des résultats de l'étape 0.

Tableau 6 – Étape 0 – Résultats

Paramètres	LD	Eau	C ₁	C ₂
Anions (mg/l)				
SDT	9	269	340	323
Bromures	0,1	□ 0,1	0,13	□ 0,1
Chlorures	0,05	20	28,8	24,3
Sulfates	0,15	33,6	57,9	66,9
Fluorures	0,01	0,1	0,21	
Phosphore total	0,05	0,22	0,26	0,19
Métaux (mg/l)				
Argent	0,0005	0,0548	0,0019	□ 0,0005
Aluminium	0,005	0,05	0,658	0,449
Antimoine	0,001	□ 0,001	□ 0,001	□ 0,001
Arsenic	0,0002	0,0743	0,0659	0,0569
Baryum	0,007	0,022	0,108	0,18
Béryllium	0,0002	□ 0,0002	□ 0,0002	□ 0,0002
Bismuth	0,001	□ 0,001	□ 0,001	□ 0,001
Bore	0,04	0,06	□ 0,04	□ 0,04
Cadmium	0,0002	0,0006	0,0007	0,001
Calcium	0,1	31,5	63,4	39,7
Chrome	0,0005	0,0048	0,0059	0,0045
Cobalt	0,0005	□ 0,0005	0,0023	0,0009
Cuivre	0,001	□ 0,001	0,001	□ 0,001
Étain	0,0005	□ 0,005	□ 0,005	□ 0,005
Fer	0,02	0,02	1,89	0,92
Lithium	0,001	□ 0,001	0,023	0,023
Magnésium	0,05	5,78	6,79	5,94
Manganèse	0,001	□ 0,001	0,0376	0,0126
Mercure	0,0002	□ 0,0002	□ 0,0002	□ 0,0002
Molybdène	0,005	□ 0,005	0,037	0,039
Nickel	0,001	0,004	0,115	0,153
Plomb	0,001	□ 0,001	0,0015	□ 0,001
Potassium	0,1	1,7	3,3	4,1
Sélénium	0,001	□ 0,001	□ 0,001	□ 0,001
Silicium	0,1	0,5	1,56	1,2
Sodium	0,2	10,5	30,9	31,9
Strontium	0,01	0,143	0,739	0,59
Tellure	0,01	□ 0,001	□ 0,001	□ 0,001
Thallium	0,0005	□ 0,0005	□ 0,0005	□ 0,0005

Titane	0,01	□ 0,001	□ 0,001	□ 0,001
Uranium 238 (µg/l)	0,0001	□ 0,0001	0,0005	0,0003
Vanadium	0,0005	0,0234	0,0271	0,0244
Zinc	0,005	0,009	0,022	0,007
Composés organiques (µg/l)				
Phénol	0,5	11	20	0,6
2-Chlorophénol	0,5	0,8	0,9	
2,4,6-trichlorophénol	2	4,5	4,3	
Diéthyle phtalate	1		2,2	
Di-n-butyle phtalate	1		2,2	
Chloroforme	0,09	9,1	34	11
Benzène	0,08		0,26	
Bromodichlorométhane	0,09	0,88	1,5	1
Toluène	0,05		0,95	0,14
Dibromochlorméthane	0,11		0,84	0,41
m+p-Xylènes	0,14		0,78	0,16
o-xylènes	0,07		0,25	0,08
1,3,5-triméthylbenzène	0,06		0,11	0,12
1,2,4-triméthylbenzène	0,14		0,24	

LD : limite de détection de la méthode

Comparaison des résultats avec ceux de l'étude E3-6

Il y a certaines différences importantes à prendre en considération dans l'exercice de comparaison entre la simulation en réacteur et l'étude E3-6 (annexe 7) sur l'extraction des contaminants naturels des échantillons de shale d'Utica. En premier lieu, dans le réacteur, la température est à 60 °C, comparativement à la température de la pièce pour les extractions de l'étude E3-6, un facteur qui peut avoir une influence sur la dissolution de certains éléments. En second lieu, l'étude sur la simulation a été réalisée à partir de deux échantillons composites pour chacun des corridors, alors que les extractions de l'étude E3-6 ont été faites sur chacun des différents échantillons des corridors 1 et 2, suivies d'une analyse statistique pour appuyer les conclusions. Dans cette section, nous comparons les résultats de l'étape 0 (pH de 8,2, légèrement basique) de la simulation dans le réacteur (contact eau-shale) et l'extraction en milieu neutre de l'étude E3-6. L'extraction a été faite à pH neutre, mais en utilisant de l'acide chlorhydrique (HCl) pour stabiliser le pH à 7. Il est normal de retrouver plus de chlorures que pour l'essai dans le réacteur. Considérant l'apport de chlorures par l'ajout de HCl de la procédure pour l'étude E3-6, les résultats sur le potentiel de relargage des chlorures à pH neutre sont relativement similaires et tout à fait cohérents entre les deux études. À l'exception des chlorures, du sodium et du strontium, les concentrations des autres paramètres sont plus élevées dans l'étude sur la simulation. Le potentiel de relargage des composés organiques est très faible, et ce, pour les deux études. Les résultats de l'étude E3-6 montrent une grande variabilité entre les différents échantillons, que ce soit relativement à la position du forage ou à la

profondeur de l'horizon de shale considéré, et aucune corrélation n'a pu être établie entre les corridors. Malgré quelques petites différences, les résultats sont comparables pour les deux études.

Finalement, les deux études n'ont pas démontré de différences importantes entre les corridors 1 et 2 pour un milieu neutre.

Tableau 7 – Comparaison des résultats des études E3-5a et E3-6 (section 7), en milieu neutre

Paramètre (mg/l)	Simulation réacteur Corridor 1	Simulation réacteur Corridor 2	Étude E3-6 Extraction pH 7 Corridor 1	Étude E3-6 Extraction pH 7 Corridor 2
pH	8,28	8,21	7,0	7,0
Bromures	0,13	< 0,1	0,17	< 0,1
Chlorures	28,8	24,3	78,2	62,4
Sulfates	57,9	66,9	29,9	24,6
Fluorures	0,21	n.d	0,22	0,37
Phosphore total	0,26	0,19	<0,05	<0,05
SDT	340	323	275	211
Al	0,658	0,449	0,057	0,07
Ba	0,108	0,18	0,031	0,05
Ca	63,4	39,7	23,1	17,3
Fe	1,89	0,92	0,14	0,15
Mg	6,79	5,94	1,63	0,93
Mn	0,0376	0,0126	0,005	0,003
Ni	0,115	0,153	0,006	0,003
K	3,3	4,1	2,8	3,3
Na	30,9	31,9	51,5	45,1
Sr	0,739	0,59	0,99	0,87
U238 (µg/l)	0,0005	0,0003	0,0005	0,0003

1.4.2. Étape 1

À l'étape 1, on a soumis les deux échantillons de shale (C₁, C₂) à une solution acide à 15 % et, tel qu'attendu, les pH étaient au voisinage de 0. Ces conditions sont similaires à celles rencontrées lors de la première étape d'une fracturation hydraulique. Les résultats démontrent également que l'acide n'a pas réagi complètement avec les carbonates, et malgré un temps de contact de 24 heures avec le shale, le pH était toujours < 1.

SDT

On observe un très grand relargage des solides dissous totaux dans ces conditions, explicable par l'attaque du shale par l'acide et la dissolution des minéraux. Il y a à ce moment libération de cations, d'anions et de métaux en quantité importante. Les résultats mesurés de SDT sont de 44 200 mg/l pour le corridor 1 et 31 200 mg/l pour le corridor 2, soit une différence de l'ordre de 30 % plus élevé pour le corridor 1 (tableau 8). Les quantités de carbonates varient passablement en fonction de l'emplacement et de la profondeur, ce qui fait qu'on ne peut pas vraiment tirer de conclusions de cette différence entre C₁ et C₂.

Bromures

Il n'y a pas de bromures de libérés, et ce, pour les deux corridors.

Chlorures

En utilisant une bonne quantité d'acide chlorhydrique (15 %), on introduit des chlorures en solution; il n'est donc pas surprenant de retrouver des valeurs aussi élevées que 161 000 mg/l pour le corridor 1 et 164 000 mg/l pour le corridor 2. Les résultats sont très semblables pour les deux corridors. La contribution en chlorures de la part du HCl ajouté masque les différences qu'il pourrait y avoir entre les deux corridors.

Métaux

Il est normal de retrouver des concentrations beaucoup plus élevées en métaux qu'avec l'essai en milieu neutre. L'acide peut neutraliser les carbonates et dissoudre plusieurs minéraux. Parmi les métaux libérés dans ces conditions, on retrouve l'aluminium (130 à 150 mg/l), le baryum (5,6 à 9,7 mg/l), le chrome (1,5 à 4,9 mg/l), le manganèse (10 à 12 mg/l), le nickel (25 à 33 mg/l), le strontium (61 mg/l) et les cations calcium (7 990 à 11 300 mg/l), le magnésium (390 à 516 mg/l), le potassium (40 à 47 mg/l) et le sodium (46 à 50 mg/l).

Terres rares

Des éléments classés terres rares ont été détectés lors de l'essai par l'attaque acide. Ainsi, le cérium présente des concentrations se situant entre 730 et 1 100 µg/l. Les autres éléments présentant des concentrations un peu plus élevées sont le lanthane, le néodyme, et l'yttrium. L'uranium présente des valeurs de 65 à 87 µg/l et le thorium, de 150 à 240 µg/l. L'activité α dans le liquide se situe entre 11 Bq/l et 17 Bq/l et l'activité β est à 47 Bq/l.

Composés organiques

Les deux seuls composés organiques détectés par l'analyse des COSV sont le phénol (3 µg/l) et l'alcool benzylique (1,6 µg/l).

C₁ vs C₂

Les résultats sont très variables et aucune différence scientifiquement significative n'a pu être démontrée entre les deux échantillons des corridors 1 et 2.

Le tableau 8 présente les résultats de l'étape 1 (shale-HCl à 15 %).

Tableau 8 – Étape 1 - Résultats

Paramètres	LD	C1	C2
Anions (mg/l)			
SDT	9	44 200	31 200
Bromures	50	□ 50	□ 50
Chlorures	0,05	161 000	164 000
Sulfates	75	86	94
Phosphore total	0,05	19,9	19,2
Métaux (mg/l)			
Argent	0,0005	□ 0,0005	□ 0,0005
Aluminium	0,005	150	131
Antimoine	0,001	0,007	0,006
Arsenic	0,0002	1,52	1,46
Baryum	0,007	5,63	9,73
Béryllium	0,0002	0,0223	0,0165
Bismuth	0,001	0,004	0,004
Bore	0,04	0,53	0,49
Cadmium	0,0002	0,004	0,0051
Calcium	0,1	11 300	7 990
Chrome	0,0005	1,5	4,11
Cobalt	0,0005	0,291	0,381
Cuivre	0,001	0,358	0,521
Étain	0,0005	0,009	0,007
Fer	0,02	471	388
Lithium	0,001	0,195	0,272
Magnésium	0,05	516	390
Manganèse	0,001	12,3	10,3
Mercure	0,0002	0,0008	0,0008
Molybdène	0,005	0,637	1,58
Nickel	0,001	25,2	32,8
Plomb	0,001	0,315	0,341
Potassium	0,1	47,4	39,9
Sélénium	0,001	0,0335	0,0325
Silicium	0,1	18,5	20,3
Sodium	0,2	49,9	46,6
Strontium	0,01	61,1	61,2
Tellure	0,01	□ 0,010	0,015
Thallium	0,0005	□ 0,0005	□ 0,0005
Titane	0,01	0,65	0,768
Vanadium	0,0005	0,844	0,965
Zinc	0,005	0,829	0,832
Terres rares (µg/l)			
Cérium	0,3	1 100	730

Dysprosium	0,3	120	86
Erbium	0,3	62	45
Europium	0,3	33	27
Gadolinium	0,4	160	120
Holmium	0,1	22	17
Lanthane	0,1	490	310
Lutécium	0,1	6,8	4,7
Néodyme	0,3	700	500
Praséodyme	0,4	160	110
Samarium	0,4	160	120
Terbium	0,1	22	18
Thulium	0,3	7,5	5,2
Ytterbium	0,1	47	33
Yttrium	0,1	720	510
Radioéléments			
Uranium 238 (µg/l)	0,1	87	65
Thorium 232 (µg/l)	0,3	240	150
Radium 226 (Bq/l)	1	□ 1	□ 1
Alpha (Bq/l)		17	11
Beta (Bq/l)		47	47
Composés organiques			
Phénol (µg/l)	0,5	3,4	3,3
Benzyl alcool (µg/l)	1	1,6	
Dichlorométhane (µg/l)	0,5		

Comparaison des résultats avec ceux de l'étude E3-6

Il est important de mentionner au départ que le niveau d'acidité, sans oublier les conditions de pression et de température, est plus important dans le réacteur, ce qui crée des conditions plus agressives en matière d'extraction. Dans l'étude E3-6 (annexe 7) l'extraction en milieu acide s'est faite à un pH de 2; le pH dans le réacteur était plus acide. Le tableau 9 présente les résultats comparatifs entre les deux études.

Les valeurs très élevées en chlorures pour les essais en réacteur ne sont pas très représentatives de la quantité de chlorures libérés par le shale d'Utica, étant donné la quantité d'acide chlorhydrique utilisée pour cette étape de fracturation. Par contre, la charge en chlorures est tout à fait réelle et représentative de ce qui se trouve au fond du puits lors de cette étape. Toutefois, l'effet de dilution engendré par les étapes subséquentes de fracturation a comme résultat de diminuer les concentrations de chlorures dans les eaux de reflux. Les concentrations pour la très grande majorité des paramètres sont définitivement plus élevées pour les essais en réacteur que dans le cas de l'extraction à pH de 2. À titre d'exemple, la différence pour le paramètre SDT est de l'ordre de 15 % et la concentration en fer est trois fois plus élevée. Dans les deux études, on ne peut pas établir de différences entre les deux corridors.

Tableau 9 – Comparaison des résultats des études E3-5a et E3-6 (section 7), en milieu acide

Paramètre (mg/l)	Simulation réacteur pH 0 Corridor 1	Simulation réacteur pH 0 Corridor 2	Étude E3-6 Extraction pH 2 Corridor 1	Étude E3-6 Extraction pH 2 Corridor 2
Bromures	<50	< 50	< 20	< 20
Chlorures	161 000	164 000	18 363	15 375
Sulfates	86	94	63	54
Phosphore total	19,9	19,2	12	8,8
SDT	44 200	31 200	36 191	27 907
Al	150	131	2,95	3,42
As	1,52	1,46	0,123	0,100
Ba	5,63	9,73	0,992	1,993
Ca	11 300	7 990	9 674	8 149
Cr	1,5	4,9	0,05	0,047
Cu	0,358	0,521	0,047	0,066
Fe	471	388	145	158
Mg	516	390	283	287
Mn	12,3	10,3	5,7	4,8
Ni	25,2	32,8	0,106	0,136
Pb	0,315	0,341	0,099	0,100
K	47,4	39,9	4,8	6,5
Na	49,9	46,6	60,9	42,6
Sr	61,1	61,2	43,4	33,1
U 238 (µg/l)	87	65	0,016	0,018
Th 232 (µg/l)	240	150	0,0012	0,0013

Pré-fracturation

Analyses chimiques : limites

L'élément clé dans la détermination du comportement des différents composés chimiques se situe au niveau de la performance des méthodes analytiques. Le grand nombre de composés chimiques, incluant les produits de dégradation dont les structures sont inconnues la plupart du temps, les concentrations élevées de certains composés et leur solubilité plus ou moins grande en milieu aqueux, confèrent à la matrice une très grande complexité d'un point de vue analytique. Les méthodes standards d'analyse n'ont pas été conçues pour ce genre de matrice. La sensibilité de l'instrumentation utilisée exige l'application de

nombreuses dilutions, ce qui a pour effet d'augmenter les limites de détection et de créer une grande variabilité entre les résultats. À cela s'ajoutent les interférences analytiques qui sont souvent présentes et difficiles à éliminer ou encore à déceler. Le but de ces analyses, il faut le rappeler, n'est pas d'obtenir des concentrations précises des différents produits, mais de déterminer s'il y a dégradation des produits et apparition de nouveaux composés.

pH

Les solutions de pré-fracturation (*spearhead*) sont composées d'acide chlorhydrique dont le pourcentage, selon la compagnie, peut varier de 15 à 25 %. Les carbonates du shale ne parviennent pas à neutraliser complètement l'acide à cette étape et le pH observé est inférieur à 1, ce qui confirme l'hypothèse formulée par Lessard (Lessard, 2013; annexe 4) dans l'étude théorique sur la dégradation chimique (section 6.1). Ce milieu est propice à engendrer des transformations chimiques selon la nature des composés. À titre d'exemple, le nitrilotriacétate de sodium utilisé en concentration importante (4 800 mg/l) dans les solutions SP1 et SP2 adopte une forme acide pour donner l'acide nitrilotriacétique (NTA) qui semble stable, mais retrouve sa forme triacétate lorsque le pH augmente. Lessard avait identifié ce composé parmi les produits formés ainsi que l'anhydride correspondant. L'anhydride correspondant n'a pas été analysé, mais il peut être formé en partie. Après un séjour d'une demi-heure dans le réacteur, les concentrations de NTA se situent entre 5 900 et 7 400 mg/l (tableaux 10 et 11). L'écart de 25 % pour la solution SP1 et de 6 % pour la solution SP2 donne un aperçu de la variabilité des résultats des analyses puisqu'il ne peut y avoir formation de ce produit dans le milieu ou même relargage par le shale, le NTA étant un produit de synthèse.

Le formaldéhyde ne devrait pas être présent dans la solution SP1; on observe toutefois une concentration de l'ordre de 4,8 mg/l. Il est possible qu'il s'en forme un peu en solution étant donné la présence d'alcools éthoxylés qui peuvent s'hydrolyser en milieu acide. Les concentrations demeurent du même ordre de grandeur après contact avec le shale. Dans la solution SP2, le formaldéhyde est un des constituants. Sa concentration, de l'ordre de 100 mg/l, demeure stable après contact avec le shale. En résumé, le formaldéhyde est stable à cette étape et demeure en solution; selon les résultats obtenus, il pourrait s'en former, mais en faible quantité.

Du côté des alcools éthoxylés, on en retrouve trois types selon le nombre d'atomes de carbone dans la molécule : C₁₂-C₁₄, C₇-C₉ et C₁₂-C₁₅. Les trois groupes contiennent plusieurs molécules de structures similaires. Les différentes structures peuvent avoir des réactivités distinctes. Par exemple, un groupement éthoxy selon sa position sur la molécule peut être plus réactif qu'un autre en milieu acide, subir l'hydrolyse et donner l'alcool correspondant. Dans la solution SP1 pour les alcools éthoxylés C₁₄-C₁₅ et les alcools éthoxylés C₇-C₉ après contact avec le shale, on observe une diminution des concentrations se situant entre 25 % et 75 %. Dans le cas de la solution SP2, les seuls alcools

éthoxylés présents sont les C₇-C₉ et après contact avec le shale, on observe une diminution des concentrations se situant entre 55 % et 70 %. En résumé, les alcools éthoxylés utilisés subissent des transformations importantes, comme rapportées dans l'étude de Lessard, pour donner un mélange de plusieurs autres alcools, dont certains peuvent même avoir évolué pour former des alcènes. Les alcènes à chaîne courte sont généralement très volatils et vont s'évaporer rapidement.

Des mélanges d'acides gras ont été utilisés comme intrants dans les solutions SP1 et SP2. Les acides gras présentés dans les tableaux de résultats sont les plus importants sur le plan des concentrations. Pour tous les autres acides qui faisaient partie du groupe d'acides analysés, les concentrations étaient sous la limite de détection. Dans la solution SP1, la concentration des acides gras totaux est de l'ordre de 400 mg/l. On observe des diminutions de concentrations pour tous les acides gras, sauf l'acide stéarique dont la concentration augmente. L'acide stéarique est au départ en concentration beaucoup plus faible; cette augmentation est probablement une anomalie analytique puisqu'il ne peut se former dans le milieu. En fonction des structures des différents acides gras, certains peuvent réagir, principalement ceux qui possèdent des insaturations. Dans la solution SP2 la concentration des acides gras totaux est de 87 mg/l. La diminution des concentrations est par contre plus prononcée que dans le cas de la solution SP1, tant pour le corridor 1 que pour le corridor 2. La diminution de la concentration pour les acides gras totaux à cette étape est de l'ordre de 86 % à 90 %. En résumé, à cette étape, les acides gras utilisés se dégradent rapidement pour donner des résidus d'hydrocarbures dont les structures sont inconnues.

L'analyse des composés organiques volatils (COV) et semi-volatils (COSV) n'a pas donné de résultats intéressants. Tous les COV ou presque étaient sous la limite de détection ainsi que la plupart des COSV. Le niveau d'acidité et la charge de la matrice ont compliqué sérieusement la réalisation de ces analyses. Quelques autres essais ont été tentés sans obtenir de meilleurs résultats. Des analyses sur des substances spécifiques ont été réalisées (tableaux 10 et 11); la concentration du naphthalène dans la solution SP2 passe de 11 000 µg/l à 1 100 µg/l après contact avec le shale du corridor 1 et à 130 µg/l pour l'échantillon du corridor 2. Le naphthalène étant une molécule assez stable, la différence est probablement due à une perte par évaporation. Une analyse d'identification de produits pétroliers n'a pas permis d'identifier de molécules connues, mais des mélanges d'hydrocarbures dont la chaîne comprend un nombre de carbones compris entre C₁₀-C₂₈. Selon le certificat d'analyse, le spectre est la représentation d'une série d'hydrocarbures dégradés sans références connues.

1.4.3. Étape 1b

À l'étape 1b les deux échantillons de shale ont été soumis aux mélanges SP1/SL1, SP1/SL4, SP2/SL2 et SP2/SL3 durant quatre heures à 60 MPa et à 60 °C. Comme lors d'une fracturation hydraulique, les volumes ajoutés des solutions SL sont environ 250 fois plus élevés que ceux des solutions SP, ce qui a un impact très important sur le pH des solutions résultantes, d'une part, et sur les concentrations des différents composés utilisés dans l'étape de pré-fracturation, d'autre part. Si on considère la dégradation de plusieurs composés à l'étape de pré-fracturation et de la dilution qui suit, il n'est pas étonnant qu'il y ait beaucoup de paramètres sous les limites de détection des méthodes analytiques; les groupements fonctionnels de certains produits de dégradation peuvent être non compatibles avec la composante de détection de la méthode utilisée.

Essai SP1/SL1

L'ajout de la solution SL1 à la solution SP1 a eu pour effet d'amener le pH à 7,8. Le pH de la solution SL1 était au départ de 7,5. Donc, lors de l'étape de fracturation hydraulique, l'ajout du fluide de fracturation stabilise progressivement le pH autour de 6,6 à 7,8, ce qui a pour effet de diminuer de manière importante les possibilités de transformations chimiques (Lessard, 2013; annexe 4). C'est ce qu'on observe également avec les essais en réacteur.

Pour la solution SL1, la concentration mesurée de NTA est de 7,8 mg/l alors qu'il ne devrait pas y en avoir. Certaines hypothèses peuvent expliquer ce résultat positif : contamination accidentelle lors de la préparation des solutions, limite de détection élevée due aux nombreuses dilutions et imprécision au voisinage de cette valeur. À l'étape 1b, après ajout des solutions SL1 à SP1 et essai en réacteur pour une période de quatre heures, la concentration résultante chute autour de 10 mg/l alors que dans la solution SP1 la concentration était autour de 5 000 mg/l. La méthode d'analyse donne le résultat en équivalent acide peu importe qu'il soit sous forme de sel ou d'acide. À ces valeurs on ne note aucune différence en ce qui concerne les échantillons des deux corridors. La concentration de formaldéhyde chute également sous la limite de détection après dilution. Les alcools éthoxylés C₁₄-C₁₅ et C₇-C₉, absents dans la solution SL1, ne sont pas détectés ou sont en très faible quantité dans le mélange SP1/SL1 après essai en réacteur. Les alcools éthoxylés C₁₂-C₁₅, absents dans la solution SP1, mais présents dans la solution SL1, ne semblent pas avoir subi de transformations à pH neutre, mais une légère augmentation due à l'imprécision analytique. Aucune transformation n'est observée non plus pour le triéthylène glycol présent dans la solution SL1 à 180 000 µg/l. Dans la solution finale (SP1/SL1), on le retrouve à 200 000 µg/l (C₁) et 280 000 µg/l (C₂). La concentration en acide gras totaux dans la solution SL1 est relativement faible comparée à la solution SP1 : 330 µg/l vs 400 000 µg/l. Après essai dans le réacteur, la concentration est de 300 µg/l. La concentration en chlorures, après

essai, se situe entre 800 et 1 000 mg/l; la contribution principale vient de l'acide chlorhydrique présent dans SP1.

Essai SP1/SL4

Le pH résultant est neutre pour les deux corridors (6,6). Ces résultats corroborent les résultats de la littérature sur le pH des eaux de reflux.

Les analyses de NTA ont donné des valeurs se situant autour de 5 mg/l pour les deux corridors. On observe le même comportement dans le mélange SP1/SL1. Si on appliquait le facteur de dilution aux concentrations mesurées dans la solution SP1, on obtiendrait des concentrations moyennes autour de 25 mg/l. La différence est toutefois trop mince pour conclure à une dégradation partielle du NTA.

D'après les analyses, il y a une concentration de formaldéhyde de 34 mg/l dans la solution SL4 alors qu'il ne devrait pas y en avoir selon la composition des intrants. Il y a définitivement une contamination dans la solution SL4 puisque la même concentration se retrouve dans tous les mélanges comprenant cette solution, à l'exception de l'étape 3. Ces résultats nous permettent quand même de démontrer que le formaldéhyde est stable dans les conditions du mélange SP1/SL4.

La solution SL4 contient 730 ppm d'alcools éthoxylés C₁₂-C₁₅ alors que la solution SP1 n'en contient pas. Après l'essai en réacteur, on n'observe pas de transformation notable, et ce, pour les deux corridors. Ces résultats confirment les résultats précédents voulant que les alcools éthoxylés réagissent en milieu acide et peu en milieu neutre malgré les conditions de pression et de température.

Pour ce qui est des acides gras, on observe une dégradation par rapport à la solution SL4 et la concentration en acides gras totaux diminue de 50 à 70 %, mais plus de l'ordre de 80 % si l'on tient compte de la contribution de la solution SP1 après dilution. À ce niveau, on obtient à peu près les mêmes résultats pour le mélange SP1/SL1. Ce sont les acides gras saturés (acide palmitique, acide stéarique) qui sont les plus stables chimiquement et qui subissent le moins de transformations.

Deux produits de dégradation des dérivés quinoléiques quaternisés, soit le 4-nitroquinoline-1-oxyde-4 et le chlorure de 1-benzylquinolinium, ont été analysés, mais les concentrations mesurées sont inférieures à la limite de détection de la méthode.

En ce qui concerne le triéthylène glycol, il semble y avoir une interférence analytique puisque la concentration augmente du double avec l'échantillon du corridor 1 et n'augmente pas avec l'échantillon du corridor 2. On peut donc conclure que le triéthylène glycol est stable dans ces conditions.

Le chlorure de triméthyl octadécyl ammonium présent dans la solution SL4 ne subit pas de transformations.

La concentration de chlorures est de 825 mg/l et est du même ordre de grandeur que pour le mélange SP1/SL1.

Le CRIQ a réalisé des analyses semi-quantitatives à cet essai pour la diéthanolamine, le triéthanolamine, le complexe polyamine et le bétaïne de cocamidopropyle présents dans la solution SL4. Les résultats démontrent, malgré le caractère semi-quantitatif des analyses, que ces substances ne subissent pas de transformations ou de dégradations à cette étape.

Essai SP2/SL2

Le pH résultant moyen après l'essai pour les deux corridors est de 7,7 et semblable aux autres mélanges SP/SL.

La concentration de NTA mesurée est de 18 mg/l, ce qui représente exactement la concentration attendue après application du facteur de dilution à la solution SP2 et considérant qu'il n'y a pas de NTA dans la solution SL2.

Le formaldéhyde n'a pas été détecté dans le mélange SP2/SL2 tel que prévu puisqu'il n'y en a pas dans la solution SL2.

Il n'y a pas d'alcools éthoxylés de détectés dans le mélange, à l'exception des alcools éthoxylés C₁₂-C₁₅ présents à 1 200 ppb et à 2 400 ppb pour les échantillons C₁ et C₂.

Tous les acides gras présents au départ dans la solution SP2 ont été dégradés à la première étape et dilués par la suite lors de l'ajout de la solution SL2, de telle sorte que les concentrations résultantes sont inférieures à la limite de détection, ou près de cette limite.

Certains hydrocarbures aromatiques polycycliques voient leurs concentrations diminuer à la première étape avant l'ajout de la solution SL2; ce sont le naphthalène, le 2-méthyl-naphthalène et l'acénaphthène; certains COSV comme le phénol et l'alcool benzylique sont pour leur part formés en petite quantité.

La concentration en chlorures est de 752 mg/l; les chlorures proviennent majoritairement de la solution SP2 après dilution; la concentration en chlorures de la solution SL2 est de 29 mg/l.

Essai SP2/SL3

Le pH résultant moyen de cet essai pour les deux corridors est de 7,3.

La concentration de NTA est similaire à l'essai SP2/SL2, c'est-à-dire au voisinage de la limite de détection due à la dilution.

Il n'y a pas de formaldéhyde pour l'essai SP2/SL3.

La concentration des alcools éthoxylés C₇-C₉ présents dans la solution SL3 passe de 5 400 ppb à « non détecté » après l'essai en réacteur. Pour les alcools éthoxylés C₁₂-C₁₅, la concentration dans la solution SL3 de 2 000 ppm demeure sensiblement du même ordre de grandeur (1 500 ppm).

Le triéthylène glycol présent dans la solution SL3 n'est pas dégradé.

La concentration de chlorures est de 463 mg/l pour l'essai avec C₁ et de 548 mg/l avec C₂.

1.4.4. Étape 2

À l'étape 2, on répète les mêmes essais avec du sable, avec les mêmes solutions et dans les mêmes conditions qu'à l'étape 1b.

À part quelques exceptions, les résultats des analyses sont similaires aux essais sans sable (tableaux 10 et 11). Selon les résultats, la présence de sable n'a donc pas d'influence sur les transformations chimiques.

Le CRIQ a réalisé des analyses semi-quantitatives à cet essai pour la diéthanolamine, le triéthanolamine, le complexe polyamine et le cocamido propyl bétaine présents dans la solution SL4. Les résultats démontrent, malgré le caractère semi-quantitatif des analyses, que ces substances ne subissent pas de transformations ou de dégradations à cette étape.

1.4.5. Étape 3

À l'étape 3, on vérifie l'effet du temps d'entreposage sur les solutions produites pour deux mélanges : SP1/SL4 et SP2/SL3 (avec sable). Pour les essais, on laisse les mélanges dans le réacteur à 60 °C et à 20 MPa pendant huit jours avant de retirer les solutions et d'établir le temps 0. Les essais ont été réalisés avec des échantillons du corridor 2.

Mélange SP1/SL4 (C₂) – Temps : 0 h, 8 h, 24 h, 5 j, 8 j (tableau 12)

Le pH varie peu dans le temps et demeure autour de 6,6-6,9.

La concentration de NTA demeure autour de 3 mg/l dans le temps.

La concentration de formaldéhyde varie peu dans le temps, si ce n'est d'une légère augmentation probablement due à l'évaporation de l'eau.

Le CRIQ a réalisé des analyses semi-quantitatives (annexe 5) à cet essai pour la diéthanolamine, le triéthanolamine, le complexe polyamine et bétaine de cocamidopropyle présents dans la solution SL4. Les résultats démontrent, malgré le caractère semi-quantitatif des analyses, que ces substances ne subissent pas de transformations ou de dégradations à cette étape, et les résultats sont similaires à ceux des étapes 1b et 2.

En tenant compte des imprécisions expérimentales, on n'observe aucun changement important pour l'ensemble des paramètres.

Mélange SP2/SL3 (C₂) – Temps : 0 h, 8 h, 24 h, 5 j, 8 j (tableau 12)

Le pH varie peu dans le temps et demeure autour de 7,2.

La concentration de NTA demeure autour de 5 mg/l et ne varie pas avec le temps.

La concentration de formaldéhyde varie peu dans le temps, si ce n'est d'une légère augmentation, comme dans le cas du mélange SP1/SL4.

En tenant compte des imprécisions expérimentales et des concentrations très variables du triéthylène glycol, on n'observe aucun changement important pour l'ensemble des paramètres.

Contrairement aux essais en laboratoire, dans la réalité, lors des opérations, les eaux de fracturation entreposées dans les bassins ouverts sont soumises à la radiation solaire, aux précipitations ainsi qu'aux chaleurs extrêmes qui pourraient influencer le devenir des contaminants.

Les tableaux suivants présentent la compilation des résultats des analyses des différentes étapes de simulation.

Tableau 10 – Résultats cumulatifs pour les mélanges SP1/SL1 et SP1/SL4

Paramètre	Étape 0	Étape 1	Étape 1	Étape 0	Étape 1b	Étape 1b	Étape 0	Étape 1b	Étape 1b	Étape 2	Étape 2
	SP1	E1C ₁ SP1	E1C ₂ SP1	SL1	E1b C ₁ SP1/SL1	E1b C ₂ SP1/SL1	SL4	E1b C ₁ SP1/SL4	E1b C ₂ SP1/SL4	E2 C ₂ SP1/SL1	E2 C ₂ SP1/SL4
pH	0	0	0	7,52	7,79	7,84	6,93	6,62	6,69	7,74	6,61
Acide nitrilotriacétique (mg/l)	4 800	5 900	7 400	7,8	11	6,7	4,3	4,8	6,1	11	3
Formaldéhyde (mg/l)	4,8	6,6	6,5	< 1,7	< 1,7	< 1,7	34	35	34	< 1,7	40
Alcool éthoxylé C ₁₄ -C ₁₅	4 700 ppm	1 200 ppm	3 500 ppm	< 40 ppb	<40 ppb	< 40 ppb	<40 ppb	< 40 ppb	< 40 ppb	< 40 ppb	< 40 ppb
Alcool éthoxylé C ₇ -C ₉	6 600 ppm	4 800 ppm	5 400 ppm	< 300 ppb	1,1 ppm	< 300 ppb	2 ppm	2,9 ppm	3,1 ppm	< 300 ppb	10 ppm
Alcool éthoxylé C ₁₂ -C ₁₅	< 40 ppb	< 40 ppb	< 40 ppb	1 600 ppm	2 100 ppm	1 700 ppm	730 ppm	590 ppm	690 ppm	1 800 ppm	420 ppm
4-Nitroquinoline-1-oxyde-4 (µg/l)	< 25 000	< 25 000	< 25 000	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Chlorure de triméthyl octadécyl ammonium (µg/l)	< 25 000	< 25 000	< 25 000	< 10	< 10	18	210	260	230	13	89
Chlorure de 1-benzylquinolinium (µg/l)	< 25 000	< 25 000	< 25 000	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Triéthylène glycol (µg/l)	< 25 000	< 25 000	< 25 000	180 000	200 000	280 000	100 000	200 000	110 000	290 000	92 000
Acide palmitique (µg/l)	20 000	8 900	13 000	160	150	N/D	1 600	590	910	DNQ	420
Acide linoléique (µg/l)	170 000	22 000	130 000	< 23	< 46	N/D	390	< 77	170	<89	<46
Acide oléique (µg/l)	230 000	32 000	180 000	110	300	N/D	2 300	840	1300	DNQ	480
Acide stéarique (µg/l)	3 100	6 800	12 000	180	DNQ*	N/D	290	DNQ	200	DNQ	DNQ
Acides gras totaux (µg/l)	400 000	61 000	320 000	300	300	N/D	3 000	840	1 600	N/D	480
N/D = résultat non disponible											
Bromures (mg/l)					< 20	< 5		<20		< 5	< 20
Chlorures (mg/l)					1 030	846		825		1 150	1 340
Sulfates (mg/l)					137	140		1 030		137	1 090
Hydrocarbures (C _n -C _{n+})						C ₁₀ -C ₄₀	C ₁₀ -C ₂₂	C ₁₀ -C ₂₂	C ₁₀ -C ₂₂	C ₁₀ -C ₄₀	
Naphtalène (µg/l)							38				
Di-n-butyl phtalate (µg/l)							2 000				
Buthylbenzyl phtalate (µg/l)							42				

DNQ* : détecté mais non quantifié (interférences analytiques)

Tableau 11 – Résultats cumulatifs pour les mélanges SP2/SL2 et SP2/SL3

	Étape 0	Étape 1	Étape 1	Étape 0	Étape 1b	Étape 1b	Étape 0	Étape 1b	Étape 1b	Étape 2	Étape 2
	SP2	E1C ₁ SP2	E1C ₂ SP2	SL2	E1b C ₁ SP2/SL2	E1b C ₂ SP2/SL2	SL3	E1b C ₁ SP2/SL3	E1b C ₂ SP2/SL3	E2 C ₂ SP2/SL2	E2 C ₂ SP2/SL3
pH	0	0	0	7,89	7,67	7,81	7,67	7,41	7,27	7,7	7,11
Acide nitrilotriacétique (mg/l)	4 300	6 700	6 300	0,31	17	18	< 10 µg/l	5,7	5,2	16	4,9
Formaldéhyde (mg/l)	100	100	100	< 1,7	< 1,7	< 1,7	< 1,7	3	2,7	< 1,7	3
Alcool éthoxylé C ₁₄ -C ₁₅	< 40 ppb	< 40 ppb	< 40 ppb	< 40 ppb	< 40 ppb	< 40 ppb	< 40 ppb	< 40 ppb	< 40 ppb	< 40 ppb	< 40 ppb
Alcool éthoxylé C ₇ -C ₉	4 700 ppm	2 100 ppm	1 500 ppm	< 300 ppb	< 300 ppb	< 300 ppb	5 400 ppb	< 300 ppb	< 300 ppb	< 300 ppb	< 300 ppb
Alcool éthoxylé C ₁₂ -C ₁₅	< 40 ppb	< 40 ppb	< 40 ppb	< 40 ppb	1 200 ppb	2 400 ppb	2 000 ppm	1 500 ppm	1 500 ppm	420 ppb	1 500 ppm
4-nitroquinoline-1-oxyde-4 (µg/l)	< 25 000	< 25 000	< 25 000	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Chlorure de triméthyl octadécyl ammonium (µg/l)	< 25 000	< 25 000	< 25 000	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Chlorure de 1-benzylquinolinium (µg/l)	< 25 000	< 25 000	< 25 000	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Triéthylène glycol	< 25 000 µg/l	< 25 000 µg/l	< 25 000 µg/l	< 10 µg/l	< 10 µg/l	< 10 µg/l	160 mg/l	250 mg/l	150 mg/l	< 10 µg/l	160 mg/l
Acide palmitique (µg/l)	DNQ	290	DNQ	< 5	< 78	< 6	DNQ	DNQ	DNQ	< 11	DNQ
Acide linoléique (µg/l)	37 000	4 900	2 300	< 5	< 78	< 6	< 150	< 96	< 96	< 11	< 110
Acide oléique (µg/l)	47 000	6 500	5 200	< 5	< 78	15	< 150	DNQ	DNQ	< 11	DNQ
Acide stéarique (µg/l)	2 500	400	DNQ	< 5	< 78	< 6	DNQ	DNQ	DNQ	< 11	DNQ
Acides gras totaux (µg/l)	87 000	12 000	7 500	N/D	N/D	15	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Phénol (µg/l)	N/D	7,3	5,6	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Alcool benzylique (µg/l)	N/D	13	15	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Naphtalène (µg/l)	11 000	1 100	130	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
2-méthylnaphtalène (µg/l)	120	17	< 1	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Acénaphène (µg/l)	120	18	< 0,5	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Dibenzofurane (µg/l)	160	24	< 2	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Fluorène (µg/l)	16	3	< 1	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Di-n-butyl phtalate (µg/l)	N/D	390	520	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
4-méthylphénol (µg/l)	N/D	< 1	12	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Bromures (mg/l)				1,51	1	< 20	< 0,2	< 2	< 20	< 20	< 1
Chlorures (mg/l)				29,3	752	680	20	463	548	534	400
Sulfates (mg/l)				206	174	178	130	245	225	136	190
Hydrocarbures (C _n -C _{n+})	C ₁₀ -C ₂₈	C ₁₀ -C ₂₈	C ₁₀ -C ₁₂		C ₁₂ -C ₂₄		C ₁₀ -C ₁₈	C ₁₀ -C ₂₀	C ₈ -C ₄₀	N/D	C ₁₀ -C ₁₈

Tableau 12 – Résultats cumulatifs pour l'étape 3

	Étape 3 0 h	Étape 3 8 h	Étape 3 24 h	Étape 3 5 j	Étape 3 8 j	Étape 3 0 h	Étape 3 8 h	Étape 3 24 h	Étape 3 5 j	Étape 3 8 j
	E3 C ₂ SP1/SL4	E3 C ₂ SP1/SL4	E3 C ₂ SP1/SL4	E3 C ₂ SP1/SL4	E3 C ₂ SP1/SL4	E3 C ₂ SP2/SL3	E3 C ₂ SP2/SL3	E3 C ₂ SP2/SL3	E3 C ₂ SP2/SL3	E3 C ₂ SP2/SL3
pH	6,63	6,53	6,74	6,74	6,97	7,25	7,2	7,23	7,29	7,34
Acide nitritotriacétique (mg/l)	2,4	2,3	2,6	3,7	4,2	4,9	4,9	4,8	7	5
Formaldéhyde (mg/l)	19	20	19	24	22	3,9	4,4	4,0	4,7	3,7
Alcool éthoxylé C ₁₄ -C ₁₅	< 40 ppb	< 40 ppb	< 40 ppb	< 40 ppb	< 40 ppb	< 40 ppb	< 40 ppb	< 40 ppb	< 40 ppb	< 40 ppb
Alcool éthoxylé C ₇ -C ₉	< 300 ppb	< 300 ppb	< 300 ppb	< 300 ppb	< 300 ppb	< 300 ppb	< 300 ppb	< 300 ppb	< 300 ppb	890 ppb
Alcool éthoxylé C ₁₂ -C ₁₅	710 ppm	710 ppm	710 ppm	810 ppm	750 ppm	1 600 ppm	1 600 ppm	1 600 ppm	1 400 ppm	1 500 ppm
4-nitroquinoline-1-oxyde-4 (µg/l)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Chlorure de triméthyl octadécyl ammonium (µg/l)	540	130	150	590	560	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Chlorure de 1-benzylquinolinium (µg/l)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 0	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Triéthylène glycol (µg/l)	150 000	130 000	130 000	150 000	160 000	290 000	270 000	230 000	160 000	280 000
Acide palmitique (µg/l)	1 200	910	930	380	990	< 110	N/D	< 160	DNQ	< 110
Acide linoléique (µg/l)	DNQ	< 170	DNQ	< 110	< 99	< 110	N/D	< 160	< 110	< 110
Acide oléique (µg/l)	1 600	1 600	1 500	630	1 500	DNQ	N/D	DNQ	DNQ	< 110
Acide stéarique (µg/l)	DNQ	DNQ	DNQ	DNQ	310	< 110	N/D	< 160	DNQ	< 110
Acides gras totaux (µg/l)	1 600	1 600	1 500	630	1 800	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Phénol (µg/l)	N/D	7,3	5,6	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Alcool benzylique (µg/l)	N/D	13	15	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Naphtalène (µg/l)	N/D	1 100	130	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
2-méthylnaphtalène (µg/l)	N/D	17	< 1	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Acénaphène (µg/l)	N/D	18	< 0,5	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Dibenzofurane (µg/l)	N/D	24	< 2	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Fluorène (µg/l)	N/D	3	< 1	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Di-n-butyl phtalate (µg/l)	N/D	390	520	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
4-méthylphénol (µg/l)	N/D	< 1	12	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
D-limonène (µg/l)	N/D	N/D	N/D	N/D	150	N/D	N/D	N/D	N/D	8,3
Bromures (mg/l)	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 2	< 2	< 2	< 2,5	< 2,5
Chlorures (mg/l)	624	652	638	740	751	439	448	454	544	549
Sulfates (mg/l)	1 060	1 100	1 080	1 060	1 090	386	427	433	413	414
Hydrocarbures (C _n -C _{n+})	C ₁₀ -C ₂₂	C ₁₀ -C ₂₀	C ₁₀ -C ₂₂	C ₁₀ -C ₂₄	C ₁₀ -C ₄₀	C ₁₀ -C ₃₈		C ₁₀ -C ₄₀	C ₁₀ -C ₂₀	C ₁₀ -C ₂₀

Annexe 7 - Évaluation des contaminants d'origine naturelle présents dans le schiste et susceptibles de se retrouver dans les eaux de reflux (étude E3-6)

Évaluation des contaminants d'origine naturelle présents dans le schiste et susceptibles de se retrouver dans les eaux de reflux

Étude E3-6

Réalisée dans le cadre de l'évaluation environnementale stratégique sur le gaz de schiste

Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec
Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs

Octobre 2013

Centre d'expertise
en analyse
environnementale

Québec 

Équipe de réalisation

Chargée de l'étude Gaëlle Triffault-Bouchet ¹

Révision scientifique Louis Martel ¹
 Yvon Couture ²
 Isabelle Guay ³

Révision linguistique Vicky Gagnon ¹

¹ Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs

² Bureau de coordination sur les évaluations stratégiques, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs

³ Service des avis et expertises, direction du Suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs

Dépôt légal

Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2013

ISBN 978-2-550-69638-4 (PDF)

© Gouvernement du Québec, 2013

Avertissement

Le présent document a été réalisé dans le cadre de l'évaluation environnementale stratégique (ÉES) sur le gaz de schiste. L'auteur est responsable du choix et de la présentation des faits. Les opinions exprimées dans ce document sont celles de l'auteur et n'engagent aucunement le Comité de l'évaluation environnementale stratégique sur le gaz de schiste.

Sommaire

La présente étude s'inscrit dans l'évaluation environnementale stratégique (EES) sur le gaz de shale. Elle relève d'un enjeu précisé dans le plan de réalisation de cette ÉES (CEES, 2012), pour les aspects associés aux impacts potentiels des intrants et des eaux de reflux pour l'environnement.

Afin de choisir la meilleure technologie possible pour traiter les eaux de reflux et d'en disposer de façon sécuritaire, il est indispensable de déterminer quelles sont les substances qui peuvent être présentes dans les eaux de reflux dont celles qui proviennent directement du shale. Une étude en laboratoire, sur le potentiel de relargage de contaminants d'origine naturelle (anions, cations, métaux et composés organiques) par le shale a donc été réalisée à partir d'échantillons de carottes de forage issues des corridors 1 et 2 situés dans les Basses-Terres du Saint-Laurent.

La détermination des contaminants a été effectuée à l'aide de trois types d'extractions soit en milieu neutre (pH 7), en milieu acide (pH2), et finalement en milieu acide-oxydant (HCl, HNO₃, H₂O₂).

Les différents extraits ont été analysés pour déterminer les substances ou éléments libérés du shale, et pour identifier les paramètres devant faire l'objet d'un suivi analytique.

Les résultats de cette étude confirment la nécessité de suivre les concentrations de plusieurs éléments qui peuvent être libérés par le shale d'Utica dans les eaux de reflux : le phosphore total, les solides dissous totaux, les chlorures, les fluorures, les cations, le fer, le manganèse, les métaux, en particulier le baryum. Par souci de précaution, l'uranium et le thorium devraient faire également l'objet d'un suivi

Table des matières

1. Contexte de l'étude.....	7
2. Objectifs de l'étude	10
3. Protocole d'étude.....	11
4. Résultats.....	14
4.1. Potentiel de relargage du phosphore.....	14
4.2. Solides dissous totaux.....	15
4.3. Potentiel de relargage des anions	18
4.3.1. Les chlorures.....	18
4.3.2. Les sulfates	18
4.3.3. Les sulfures.....	19
4.3.4. Les bromures.....	21
4.3.5. Les fluorures.....	21
4.4. Potentiel de relargage des métaux.....	22
4.4.1. Potentiel de relargage des cations Ca, K, Mg, Na.....	22
4.4.2. Potentiel de relargage du fer et du manganèse	24
4.4.3. Potentiel de relargage des métaux.....	25
4.4.4. Potentiel de relargage de l'uranium et du thorium.....	28
4.5. Potentiel de relargage des COSV.....	29
5. Conclusions	30
6. Références.....	36
7. Annexes.....	38

Liste des figures

Figure 1 – Schéma simplifiée d'un forage horizontal avec fracturation hydraulique (adapté de US EPA, 2010).....	8
Figure 2 – Origine des échantillons de carottes de shale. En mauve, les échantillons issus du corridor 1, en jaune, les échantillons issus du corridor 2.	11
Figure 3 – Distribution des concentrations en phosphore total, en mg/l, dans les lixiviats de shale issus de l'extraction à pH = 2,0.....	14
Figure 4 – Distribution des concentrations en phosphore total, en mg/l, dans les lixiviats de shale issus de l'extraction en conditions oxydantes.....	15
Figure 5 – Concentrations en solides dissous totaux (mg/l ; conditions acides) selon le corridor (corridor 1 en jaune, corridor 2 en bleu), la carotte de shale et la profondeur.....	16
Figure 6 - Distribution des concentrations en solides dissous totaux (SDT), en mg/l, dans les extraits de shale issus de l'extraction à pH = 2,0 et 7,0, tous corridors confondus.....	16
Figure 7 – Distribution des concentrations en chlorures (mg/l) et en sulfates (mg/l) dans les lixiviats de shale issus de l'extraction à pH = 2,0 (A) et 7,0 (B), dans les corridors 1 et 2.	1
Figure 8 – Distribution des concentrations en fluorures, en mg/l, dans les lixiviats de shale issus de l'extraction à pH = 7,0, dans les corridors 1 et 2.	21
Figure 9 – Concentrations moyennes en Ca, K, Mg et Na, corridors 1 et 2 groupés, dans les extraits issus des différentes extractions, exprimées en mg/l.....	23
Figure 10 – Concentrations moyennes en fer, corridors 1 et 2 groupés, dans les extraits issus des différentes extractions, exprimées en mg/l.....	24
Figure 11 - Concentrations moyennes en manganèse, corridors 1 et 2 groupés, dans les extraits issus des différentes extractions, exprimées en mg/l.	25
Figure 12 – Concentrations moyennes en Al, Ba, Cu, Ni, Pb, V et Zn, corridors 1 et 2 groupés, dans les extraits issus des différentes extractions, exprimées en mg/l....	27

Liste des tableaux

Tableau 1 – Description des échantillons de carottes de shale.....	11
Tableau 2 – Méthodes d'analyses utilisées pour caractériser les lixiviats de shale (LD : limite de détection ; SDT : solides dissous totaux).....	13
Tableau 3 – Proportion moyenne des principaux minéraux dans les shales d'Utica supérieur et inférieur (Beaudoin <i>et al.</i> , 2012).....	17
Tableau 4 – Critères de protection de la vie aquatique, effets aigus et chroniques, exprimés en mg/l (MDDEP, 2009 ; dureté de 50 mg/l CaCO ₃).	26
Tableau 5 – Uranium 238 et thorium 232 dans les extraits issus des différentes extractions, corridors 1 et 2 groupés.....	28
Tableau 6 – Concentrations en composés organiques dans les extraits issus de l'extraction neutre des shales, en µg/l (LD : limite de détection).....	29

1. CONTEXTE DE L'ÉTUDE

Les hydrocarbures peuvent s'accumuler dans deux types de gisements : conventionnel ou non conventionnel (Office national de l'énergie, 2009). Dans les gisements conventionnels, les hydrocarbures se sont accumulés au cours du temps dans une roche poreuse et perméable (le réservoir), qui, une fois forée, libère aisément les hydrocarbures. Dans les gisements non conventionnels, les hydrocarbures sont piégés dans la roche mère de façon diffuse. Les hydrocarbures sont difficiles à libérer, solidement emprisonnés depuis des dizaines de millions d'années du fait de la faible perméabilité de la roche mère, à des centaines de mètres de profondeur. La roche mère doit être stimulée pour libérer les hydrocarbures.

La fracturation hydraulique est un procédé qui permet de transmettre une grande quantité d'énergie à un fluide ou un gaz pour produire des fissures ou ouvrir des fissures existantes dans les gisements non conventionnels. Dans le cas du gaz de schiste, à la suite du forage du puits vertical, une extension directionnelle, pouvant être horizontale et à la mise en place de coffrages en métal et leur gaine en ciment qui isolent et scellent le puits, des perforations du tubage sont réalisées à l'aide de petites charges d'explosifs (e.g., de 20 à 60 grammes de HMX, RDX, TNT, PETN) pour fournir des points d'entrée aux eaux de fracturation vers le gisement à stimuler. La fracturation hydraulique peut ensuite avoir lieu, la composition du fluide de fracturation dépend des propriétés de la roche mère. Le procédé a pour objectif de produire des fractures dans la roche mère à l'aide d'un fluide de fracturation injecté à très forte pression (30 – 60 mPa). Il s'agit ensuite de continuer à injecter le fluide de fracturation pour propager ces fractures et créer un réseau de fractures, puis finalement d'injecter un agent de soutènement, le plus souvent du sable, qui va maintenir les fractures ouvertes. L'injection est alors stoppée. Les eaux de reflux sont récupérées après la fracturation du dernier stage dans le puits. Le gaz peut ensuite s'échapper des pores et des fractures de la roche vers le puits et être extrait (Figure 1).

La composition des eaux de fracturation et par conséquent, la nature des intrants injectés, varie dépendamment des caractéristiques de la roche mère. Les fluides de fracturation sont ainsi composées de :

- 95 % d'eau ;
- 4,4 % de sable de silice ou autres agents à fine granulométrie, utilisé comme agent de soutènement pour maintenir les fractures ouvertes.
- 0,56 % d'additifs ou intrants dont :
 - des acides, essentiellement de l'acide chlorhydrique HCl, utilisé pour nettoyer le puits par dissolution du ciment aux perforations, certains minéraux, et ainsi, augmenter la pénétration des eaux de fracturation ;
 - des agents émulsifiants qui facilitent le transport de l'agent de soutènement vers les fractures de la roche ;
 - des agents gélifiants pour augmenter la viscosité des eaux de fracturation et ainsi augmenter leur capacité à transporter l'agent de soutènement vers les fractures ;
 - des agents séquestrant du fer pour prévenir la précipitation des oxydes de fer durant le traitement à l'acide ;

- des agents anti-corrosion pour prévenir la corrosion des coffrages et des équipements du fait de l'emploi de l'HCl et des eaux de formation salines ;
- des agents anti-tartre pour prévenir l'accumulation de tartre sur les parois de coffrage et l'équipement ;
- des agents réducteurs de friction pour minimiser la friction de l'eau le long des coffrages et préserver leur énergie pour la fracturation de la roche mère et augmenter le taux et l'efficacité de déplacement des eaux de fracturation, tels que des surfactants ;
- des biocides pour prévenir la croissance des bactéries dont la présence est due à l'abondance de polymères organiques, source de carbone pour les bactéries, et empêcher la dégradation des surfactants indispensables au transport du sable. Les bactéries peuvent, par ailleurs, produire des enzymes susceptibles de dégrader les agents gélifiants et réduire la viscosité des eaux de fracturation; Les biocides visent également à éliminer les bactéries sulfito-réductrices et éviter leur prolifération en milieu anaérobie.
- des agents anti-gélifiants pour briser les agents gélifiants, diminuer la viscosité des fluides et faciliter le retour en surface des eaux de fracturation ;
- des agents anti-émulsifiants qui facilitent le retour du gaz vers la surface.

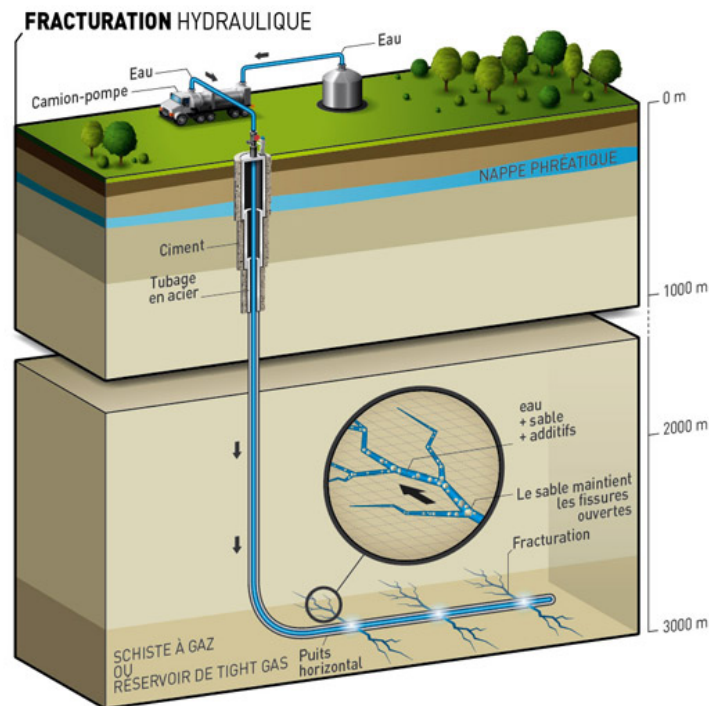


Figure 1 – Schéma simplifiée d'un forage horizontal avec fracturation hydraulique (adapté de US EPA, 2010).

Environ 20 à 70 % des eaux de fracturation ressortent du puits à la fin de la fracturation. Ce sont les eaux de reflux. Ces eaux de reflux contiennent des intrants transformés sous l'effet de la pression, de la température (50 - 60°C) et de réactions chimiques qui peuvent avoir lieu dans le puits. Lors de la fracturation, les eaux de fracturation peuvent

également réagir avec le shale, particulièrement l'acide chlorhydrique qui peut vraisemblablement entraîner la dissolution de la roche mère et entraîner la présence de contaminants d'origine naturelle (e.g., anions, cations, métaux) dans les eaux de reflux.

2. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

La présente étude s'inscrit dans l'évaluation environnementale stratégique (EES) sur le gaz de shale. Elle relève d'un enjeu précisé dans le plan de réalisation de cette EES (CEES, 2012), pour les aspects associés aux impacts potentiels des intrants et des eaux de reflux pour l'environnement, à savoir :

E3-6 : Évaluation des contaminants d'origine naturelle présents dans le shale et susceptibles de se retrouver dans les eaux de reflux.

Afin de choisir la meilleure technologie possible pour traiter les eaux de reflux et d'en disposer de façon sécuritaire, il est indispensable de déterminer quelles sont les substances qui peuvent être présentes dans les eaux de reflux. Cependant, étant donné qu'aucune activité n'a lieu présentement au Québec, et qu'aucun échantillon réel ne peut être soumis à l'analyse pour des fins de caractérisation, nous avons réalisé une étude en laboratoire, sur le potentiel de relargage de contaminants d'origine naturelle (anions, cations, métaux et composés organiques) par le shale.

3. PROTOCOLE D'ÉTUDE

Les shales étudiés proviennent de la carothèque du ministère des Ressources naturelles. Vingt deux échantillons ont été prélevés dans des carottes issues de deux des trois corridors d'intérêt (MDDEFP, 2013) pour les gaz de shale, les corridors 1 et 2 (Figure 2 et Tableau 1). Le corridor 2 est celui qui présente le plus d'intérêt pour le développement des shales gazéifères du fait de l'épaisseur et de la profondeur (1200 à 2500 m) du shale d'Utica et du régime de pression existant (MDDEFP, 2013).

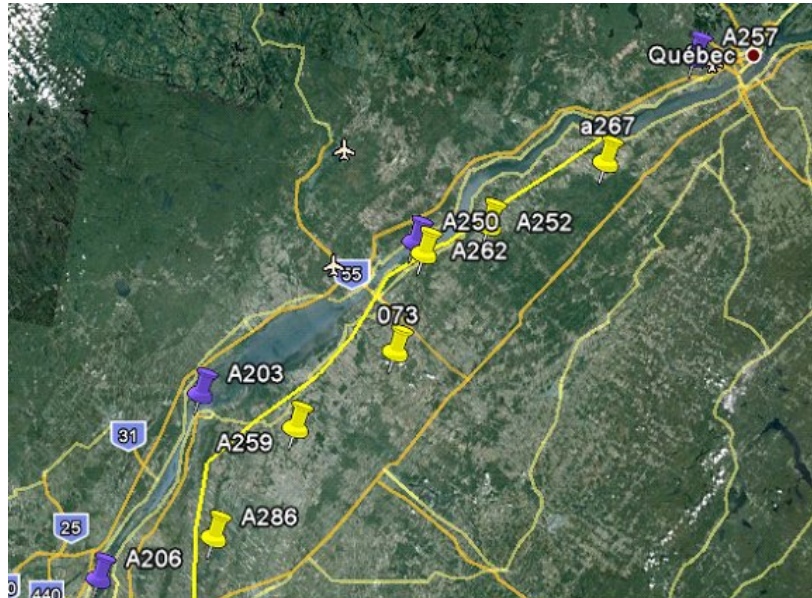


Figure 2 – Origine des échantillons de carottes de shale. En mauve, les échantillons issus du corridor 1, en jaune, les échantillons issus du corridor 2.

Tableau 1 – Description des échantillons de carottes de shale.

Échantillon	Corridor	Année	Profondeur (m)	
			de	à
A203	1	1986	1836 (pi)	1838 (pi)
			1849 (pi)	1849,5 (pi)
A206	1	1986	105,0	111,0
			116,8	117,5
A250	1	2006	701,1	701,5
			735,5	736,0
			743,0	743,5
A257	1	2008	350,01	350,73
			423,9	424,2
			479,6	480,5
			505,0	505,76
A073	2	1957	4668 (pi)	4673 (pi)

Échantillon	Corridor	Année	Profondeur (m)	
			de	à
A252	2	2006	1610,6	1611,4
A259	2	2008	1545,9	1546,25
			1604,7	1605,1
			1677,6	1678,0
			1722,95	1723,02
A262	2	2008	1632,5	1633,5
A267	2	2009	1889,4	1890,85
			1985,8	1992,8
A286	2	2010	1303,0	1304,64
			1324,0	1324,3

Les échantillons de shale ont été broyés au laboratoire du CEAEQ (Broyeur Crusher Jaws Spex 4200 puis Broyeur Retsch RM 100), puis tamisé à 4 mm. Afin de correspondre à la réalité, les échantillons devaient être broyés pour obtenir une surface de contact représentative : 20000 cm²/litre de liquide (CRIQ 2013). Trois extractions ont ensuite été réalisées sur la portion inférieure à 4 mm :

- une extraction acide à un pH final de 2,0 afin de représenter l'utilisation d'acide pour le nettoyage des puits avant fracturation. Pour cette extraction, le shale (200 g) est mis en contact avec de l'eau pour faciliter le mélange avec l'acide. Par la suite une solution d'acide chlorhydrique (HCl 7,5 %) est ajoutée jusqu'à ce que le pH de la solution soit de 2,0 pendant un minimum de 90 minutes. Ce type d'extraction devrait faciliter la solubilisation des métaux et du phosphore ;
- une extraction à un pH final de 7,0. Pour cette extraction, le shale (200 g) est mis en contact avec de l'eau pour faciliter le mélange avec l'acide. Par la suite une solution d'acide chlorhydrique (HCl 7,5 %) est ajoutée jusqu'à ce que le pH de la solution soit de 7,0 pendant un minimum de 90 minutes. Ce type d'extraction permet d'opérer une extraction douce des contaminants ;
- une extraction en milieu très oxydant avec de l'acide nitrique (HNO₃), de l'acide chlorhydrique (HCl) et du peroxyde d'hydrogène (H₂O₂). Cette extraction permet de déterminer les métaux extractibles contenus dans le shale en oxydant toute la matière organique.

Après chaque extraction, le liquide a été analysé pour déterminer la présence de contaminants inorganiques et organiques (Les résultats ont été comparés pour évaluer les différences entre les points d'échantillonnage et la profondeur de prélèvement, entre les corridors 1 et 2, ainsi qu'entre méthodes d'extraction. L'égalité des variances des ensembles de données a été vérifiée par le test de Fisher ($\alpha = 0,05$; StatView 4.57). Lorsque l'égalité des variances était vérifiée, les données étaient comparées à l'aide du test de Student, pour échantillons non appariés ($\alpha = 0,05$). Lorsque l'égalité des variances n'était pas vérifiée, les données étaient comparées à l'aide du test non paramétrique de Mann Whitney ($\alpha = 0,05$).

Tableau 2) :

- Métaux : Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Hg, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Sr, Tl, U, V, Zn;

- Bromures, chlorures, fluorures et sulfures, phosphore total, sulfates et solides dissous totaux (SDT). Les sulfures ont été dosés uniquement sur l'extraction à pH de 7,0 car le H₂S a été perdu lors des extractions en milieu acide ;
- Composés organiques semi-volatiles (COSV ; CEAEQ, méthode non publiée).

Les résultats ont été comparés pour évaluer les différences entre les points d'échantillonnage et la profondeur de prélèvement, entre les corridors 1 et 2, ainsi qu'entre méthodes d'extraction. L'égalité des variances des ensembles de données a été vérifiée par le test de Fisher ($\alpha = 0,05$; StatView 4.57). Lorsque l'égalité des variances était vérifiée, les données étaient comparées à l'aide du test de Student, pour échantillons non appariés ($\alpha = 0,05$). Lorsque l'égalité des variances n'était pas vérifiée, les données étaient comparées à l'aide du test non paramétrique de Mann Whitney ($\alpha = 0,05$).

Tableau 2 – Méthodes d'analyses utilisées pour caractériser les lixiviats de shale (LD : limite de détection ; SDT : solides dissous totaux).

Paramètre	Méthode	LD (mg/l)		Référence
Bromures Chlorures Sulfates	MA. 300 – Ions 1.3	20 (pH=2,0) 0,05 (pH=2,0) 30 (pH=2,0)	0,10 (pH=7,0) 0,05 (pH=7,0) 0,15 (pH=7,0)	CEAEQ, 2012a
Sulfures	MA. 300 – S. 1.1	0,02		CEAEQ, 2010a
Fluorures	MA. 300 – F. 1.2	0,01		CEAEQ, 2010b
Phosphore total	MA. 300 – NTPT 2.0	0,05		CEAEQ, 2011a
SDT	MA. 115 – S.D. 1.0	9,0		CEAEQ, 2010c
Argent	MA. 200 – Mét. 1.2	0,0005		CEAEQ, 2012b
Métaux :	MA. 200 – Mét. 1.2			CEAEQ, 2012b
Al		0,005		
Sb		0,001		
As		0,0002		
Ba		0,007		
Be		0,0002		
Bi		0,001		
Bo		0,04		
Cd		0,0002		
Ca		0,1		
Cr		0,0005		
Co		0,0005		
Cu		0,001		
Sn		0,005		
Fe		0,02		
Mg		0,05		
Mn		0,001		
Hg		0,0002		
Mo		0,005		
Ni		0,001		
Pb		0,001		
K		0,1		
Se		0,001		

Paramètre	Méthode	LD (mg/l)	Référence
Na		0,2	
Sr		0,01	
Ta		0,0005	
U		0,0001	
V		0,0005	
Zn		0,005	

4. RÉSULTATS

4.1. Potentiel de relargage du phosphore

Dans les lixiviats issus de l'extraction à pH = 7,0, la concentration en phosphore total était systématiquement inférieure à la limite de détection de la méthode d'analyse, c'est-à-dire 0,05 mg/l.

Pour les extractions à pH = 2,0 et en milieu oxydant, les concentrations en phosphore total étaient relativement variables dans les extraits (Figure 3 et Figure 4). A titre d'exemple, la moyenne pour le corridor 1, pour l'extraction à pH = 2,0, était de 12,0 mg/l Ptotal avec un coefficient de variation élevé de 59 %. Les résultats obtenus sont présentés en détails dans l'Annexe 1.

Que ce soit avec l'extraction en milieu acide ou en milieu oxydant, les concentrations en phosphore total dans les lixiviats étaient non significativement différentes d'un puits à l'autre et d'une profondeur à l'autre ($p > 0,05$). Ces concentrations étaient également non significativement différentes dans les lixiviats obtenus entre les deux corridors, quelque soit la méthode d'extraction utilisée ($p > 0,05$).

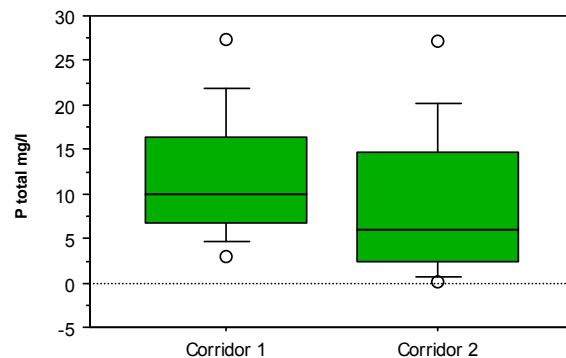


Figure 3 – Distribution des concentrations en phosphore total, en mg/l, dans les lixiviats de shale issus de l'extraction à pH = 2,0.

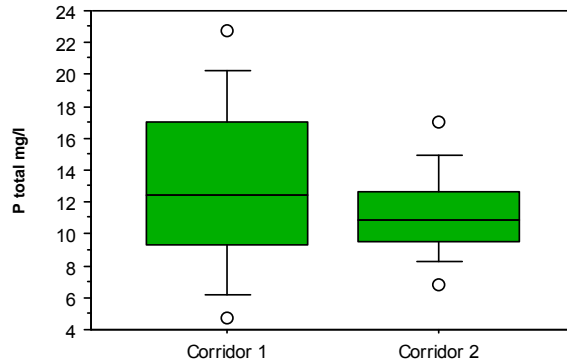


Figure 4 – Distribution des concentrations en phosphore total, en mg/l, dans les lixiviats de shale issus de l'extraction en conditions oxydantes.

Les extractions en milieu acide et en milieu oxydant ont mis en évidence un potentiel de relargage important de phosphore par le shale. Ces conditions acides ou oxydantes sont présentes dans les puits, au début de la fracturation. Il convient donc de considérer que du phosphore pourrait être libéré au cours du processus de fracturation. Toutefois, le volume d'eau utilisée lors de la fracturation devrait assurer une dilution importante du phosphore et limiter les problématiques associées à cet élément. Néanmoins, cette hypothèse devrait être validée et le phosphore devrait faire l'objet d'un suivi dans les eaux de reflux.

4.2. Solides dissous totaux

Dans les extraits issus de l'extraction acide, les concentrations de solides dissous totaux étaient de l'ordre de 36200 mg/l (CV = 56 %) en moyenne dans le corridor 1 et de l'ordre de 27900 mg/l (CV = 78 %) en moyenne dans le corridor 2. Dans les extraits issus de l'extraction à pH neutre, les concentrations de chlorures étaient de 275 mg/l (CV = 43 %) en moyenne dans le corridor 1 et de 211 mg/l (CV = 24 %) en moyenne dans le corridor 2. Les résultats détaillés sont présentés dans le tableau de l'Annexe 3.

Les résultats obtenus sont très variables d'un échantillon à l'autre, au sein d'une même carotte de shale (Figure 5). Les analyses statistiques n'ont pas mis en évidence de différence significative entre les puits, la profondeur ou les corridors ($p > 0,05$). Les teneurs augmentent ou diminuent indépendamment du corridor, de la carotte échantillonnée et de la profondeur considérée. Les concentrations de solides dissous totaux étaient statistiquement différentes ($p < 0,05$) entre les extractions en conditions acides ou neutres (Figure 6).

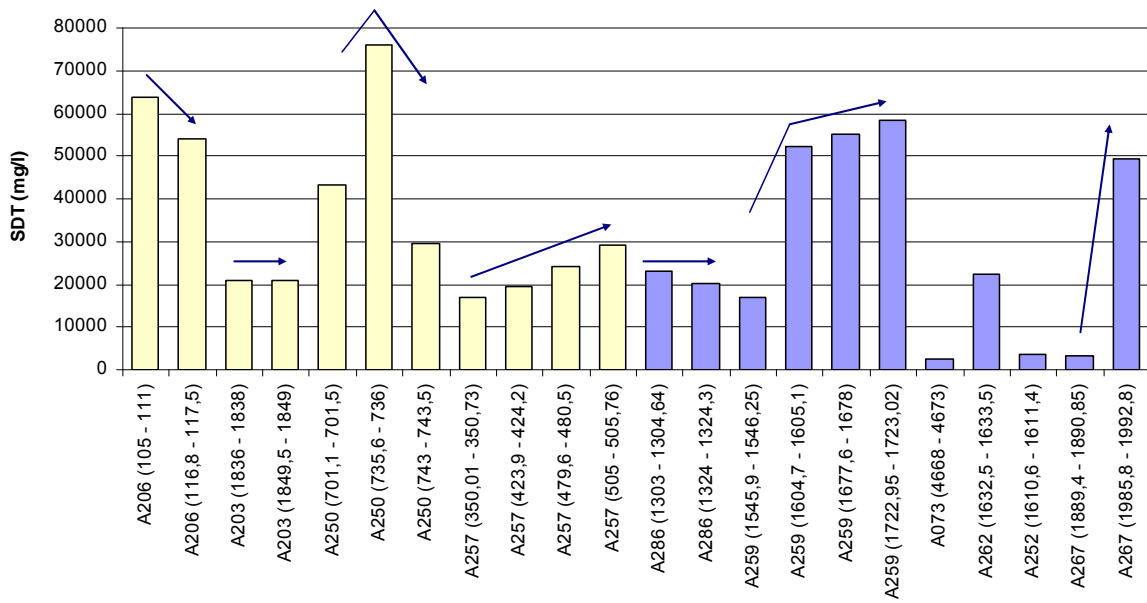


Figure 5 – Concentrations en solides dissous totaux (mg/l ; conditions acides) selon le corridor (corridor 1 en jaune, corridor 2 en bleu), la carotte de shale et la profondeur.

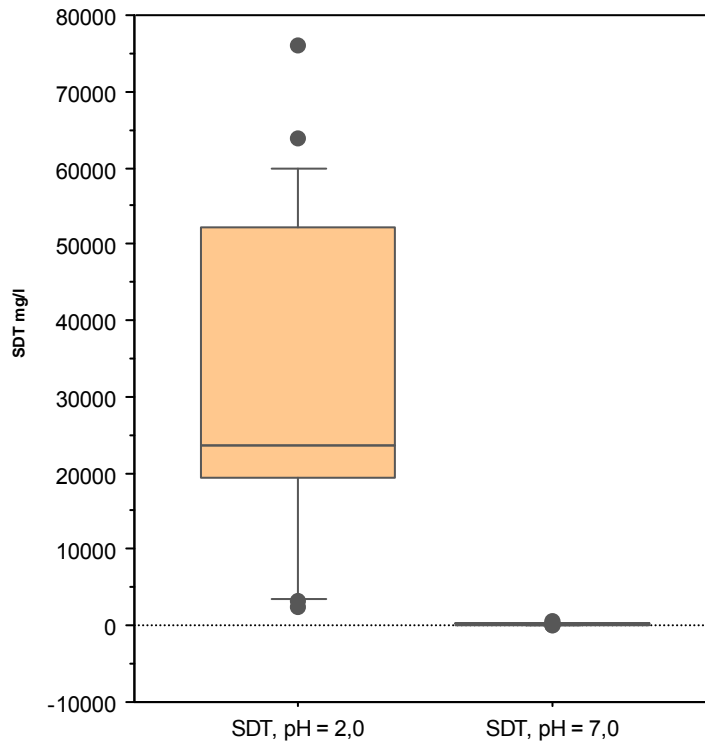


Figure 6 - Distribution des concentrations en solides dissous totaux (SDT), en mg/l, dans les extraits de shale issus de l'extraction à pH = 2,0 et 7,0, tous corridors confondus.

Ces concentrations élevées de solides dissous totaux sont probablement liées aux quantités de carbonates solubilisés, qui varient vraisemblablement dans le shale. En effet, le shale d'Utica est une roche sédimentaire formée de plusieurs minéraux dont l'assemblage varie avec la profondeur. Le Tableau 3 indique les proportions des différents minéraux ainsi que les éléments chimiques qui les composent (Beaudoin *et al.*, 2012). Selon ces caractérisations, il est tout à fait logique que les résultats des lixiviations présentent des variations d'un échantillon à l'autre, d'une profondeur à l'autre.

Tableau 3 – Proportion moyenne des principaux minéraux dans le shale d'Utica supérieur et inférieur (Beaudoin *et al.*, 2012).

Minéral	Utica supérieur	Utica inférieur	Formule chimique	Autres éléments
Argiles* Illite	20,2	25,8	$XY^{3+}_2[AlSi_3O_{10}(OH,F)_2]^{7-}$ $XY^{2+}_3[Al_{1+x}Si_{3-x}O_{10}(OH)_2]^{7-}$	X : K, Na, Ba Y : Al, Mg, Fe
Chlorite			$(Mg_5Al)(AlSi_3)O_{10}(OH)_8$ $(Fe_5Al)(AlSi_3)O_{10}(OH)_8$	Traces Mn, Ni, Zn, Ti, etc.
Kaolinite			$Al_2Si_2O_5(OH)_4$	
Quartz	13,8	11,3	SiO_2	
Calcite	53,4	52,5	$CaCO_3$	Traces de Mn, Fe, Zn, Co, Ba, Sr, Pb, Mg, Cu, Al, Ni, V, Cr, Mo
Dolomie	6,4	4,7	$Ca,Mg(CO_3)_2$	Traces de Fe, Mn, Co, Pb, Zn
Feldspaths	4,9	4,4	$(K,Na,Ca)AlSi_3O_8$	

* Argiles : 65-85% Illite, 10-25% Chlorite, 5% Kaolinite

Étant donné les concentrations en solides dissous totaux mesurées dans les extraits issus de l'extraction en conditions acides, le potentiel de relargage de solides dissous totaux par le shale apparaît élevé dans des conditions qui sont proches de ce qui prévaut dans les puits au début du processus de fracturation. Bien que le volume d'eau utilisé pour la fracturation des puits soit important, il est vraisemblable que les solides dissous totaux seront présents à des concentrations importantes (>2000 mg/L) dans les eaux de reflux. Ces résultats confirment la nécessité de suivre ce paramètre pour définir la qualité des eaux de reflux.

4.3. Potentiel de relargage des anions

4.3.1. Les chlorures

Dans les extraits issus de l'extraction acide, les concentrations de chlorures étaient de l'ordre de 18 400 mg/l (CV = 47 %) en moyenne dans le corridor 1 et de l'ordre de 15 400 mg/l (CV = 64 %) en moyenne dans le corridor 2. Dans les extraits issus de l'extraction à pH neutre, les concentrations de chlorures étaient de 78,2 mg/l (CV = 45 %) en moyenne dans le corridor 1 et de 62,4 mg/l (CV = 21 %) en moyenne dans le corridor 2. Les résultats détaillés sont présentés dans le tableau de l'Annexe 2. Les analyses statistiques n'ont pas mis en évidence de différence significative entre les puits, la profondeur ou les corridors pour chaque extraction ($p > 0,05$). En revanche, les concentrations de chlorures étaient statistiquement différentes ($p < 0,05$) entre les deux extractions, en conditions acides ou neutres. En conditions neutres, les carbonates n'ont pas été dissous et la structure de la roche n'a pas pu être détruite et libérée des ions, notamment, les chlorures.

Notons que, même si la quantité de chlorures mesurés dans les extraits issus de l'extraction en conditions acides est nécessairement liée à la quantité d'acide ajoutée pour atteindre le pH de 2,0, les résultats obtenus dans les conditions acides indiquent également une forte contribution des shales. Une compilation du contenu en chlorures des eaux de fracturation provenant de l'Utica au Québec pour les dix puits pour lesquels l'information est disponible indique que la salinité moyenne des eaux de reflux est de 14700 mg/l. Les valeurs vont de 8 000 à 36 000 mg/l. (MDDEFP 2013, E3-5 chap 8)

Au vu des concentrations de chlorures mesurées dans les extraits issus de l'extraction en conditions acides, et bien que le volume d'eau utilisé pour la fracturation des puits est important, il est vraisemblable que les chlorures seront présents à des concentrations potentiellement problématiques, en termes de toxicité notamment, dans les eaux de reflux. C'est ce qui a pu être observé au Québec (étude E3-8) ou ailleurs dans le monde. À titre indicatif, le critère de qualité pour la protection de la vie aquatique - effet aigu est de 860 mg/l et le critère de qualité pour la protection de la vie aquatique - effet chronique est de 230 mg/l (MDDEP, 2009). De plus, on sait maintenant que ces valeurs pourront être révisées à la baisse pour tenir compte d'espèces plus sensibles). Ces résultats confirment l'importance de ce paramètre et la nécessité de le suivre et de le considérer pour la gestion des eaux de reflux.

4.3.2. Les sulfates

Dans les extraits issus de l'extraction acide, les concentrations de sulfates étaient de 63 mg/l (CV = 30 %) en moyenne dans le corridor 1 et de 54 mg/l (CV = 41 %) en moyenne dans le corridor 2. Dans les extraits issus de l'extraction à pH neutre, les concentrations de sulfates étaient de 30 mg/l (CV = 71 %) en moyenne dans le corridor 1 et de 25 mg/l (CV = 94 %) en moyenne dans le corridor 2. Les résultats détaillés sont présentés dans le tableau de l'Annexe 2.

Les analyses statistiques n'ont pas mis en évidence de différence significative entre les puits, la profondeur ou les corridors ($p > 0,05$). En revanche, les concentrations de sulfates étaient statistiquement différentes ($p < 0,05$) entre les deux extractions, en conditions acides ou neutres.

Le potentiel de relargage des sulfates par le shale, en conditions acides et neutres, apparaît faible. Les sulfates devraient être présents à de faibles concentrations dans les eaux de reflux, d'autant plus si l'on considère le volume d'eau utilisée lors de la fracturation qui devrait assurer une dilution importante. Notons que, sans aucun facteur de dilution, la plupart de ces concentrations sont très inférieures aux critères de qualité de l'eau, en particulier les critères de protection de la vie aquatique – effet aigu ou chronique entre 500 à 1499 mg/l (MDDEP, 2009).

4.3.3. Les sulfures

Les concentrations de sulfures totaux étaient systématiquement inférieures à la limite de détection de la méthode d'analyse, à savoir 0,02 mg/l, dans les extraits issus de l'extraction à pH 7,0. Ils n'étaient pas analysés dans les extractions en conditions acides ou oxydantes (section 3).

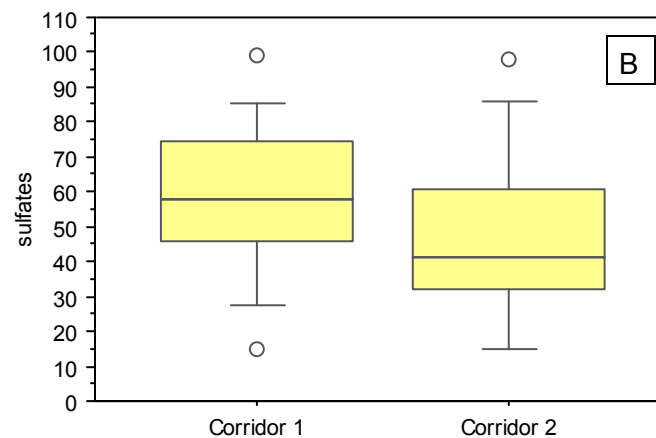
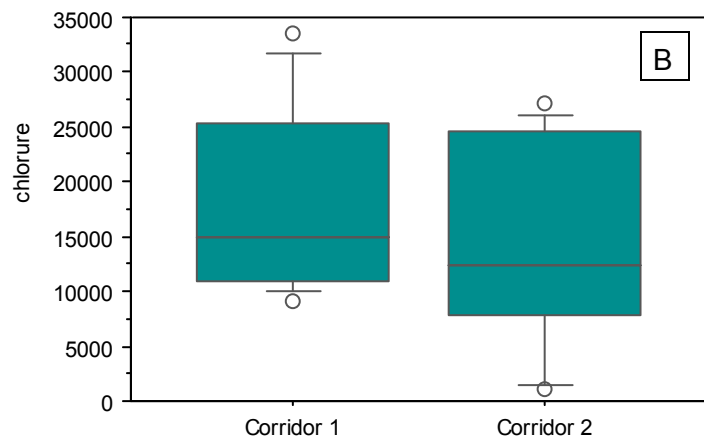
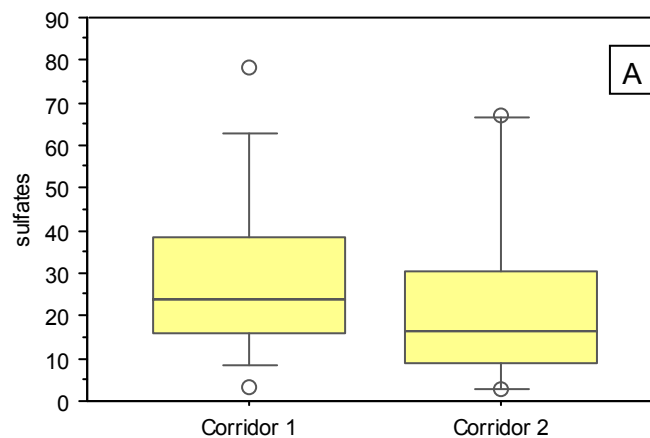
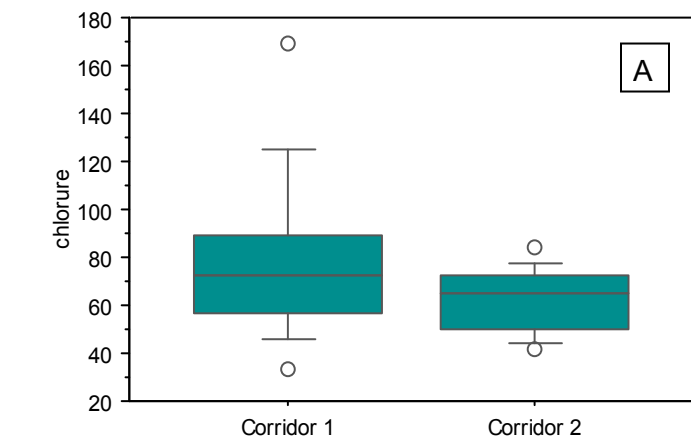


Figure 7 – Distribution des concentrations en chlorures (mg/l) et en sulfates (mg/l) dans les lixiviats de shale issus de l'extraction à pH = 2,0 (A) et 7,0 (B), dans les corridors 1 et 2.

4.3.4. Les bromures

Les concentrations de bromures étaient inférieures à la limite de détection de la méthode d'analyse dans les extraits issus de l'extraction à pH 2,0 pour les échantillons des 2 corridors, ainsi que dans les extraits issus de l'extraction à pH 7,0 pour les échantillons du corridor 2. Dans les extraits issus de l'extraction en conditions neutres des échantillons du corridor 1, les bromures ont été détectés dans 5 échantillons sur 11. La concentration en moyenne était de 0,17 mg/l (CV = 48 %), ce qui est très proche de la limite de détection de la méthode d'analyse (0,10 mg/l).

Ces résultats indiquent que les bromures ne semblent pas être relargués par les shales d'Utica dans les Basses-Terres du Saint-Laurent, ni en conditions neutres, ni en conditions acides.

4.3.5. Les fluorures

Les concentrations en fluorures dans les extraits issus de l'extraction à pH 2,0 n'ont pu être déterminées du fait d'interférences à la méthode d'analyse, liées à la présence de grande quantité de chlorures dans les échantillons.

Dans les extraits issus de l'extraction à pH neutre, les concentrations de fluorures étaient de 0,22 mg/l (CV = 34 %) en moyenne dans le corridor 1 et de 0,37 mg/l (CV = 187 %) en moyenne dans le corridor 2 (Figure 8). La variabilité mesurée pour les échantillons du corridor 2 est liée à une donnée très différente des autres pour l'échantillon de shale A262, près de 12 fois supérieures aux concentrations de fluorures mesurées pour ce corridor. En écartant cette donnée, la moyenne du corridor 2 est de 0,16 mg/l (CV = 16 %). Les résultats détaillés sont présentés dans le tableau de l'Annexe 2. Les analyses statistiques n'ont pas mis en évidence de différence significative entre les puits, la profondeur ou les corridors ($p > 0,05$), quelque soit la méthode d'extraction considérée.

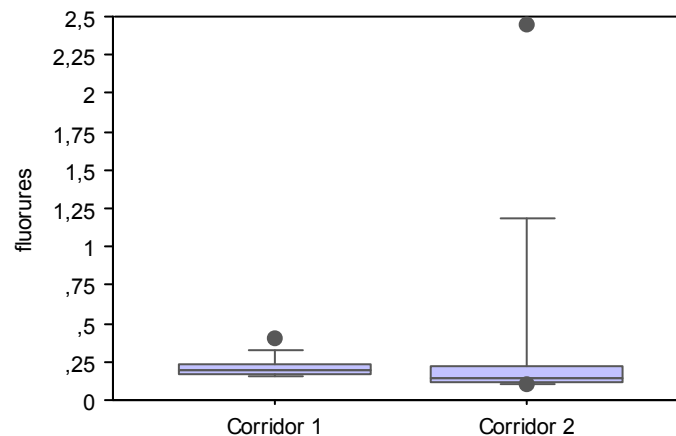


Figure 8 – Distribution des concentrations en fluorures, en mg/l, dans les lixiviats de shale issus de l'extraction à pH = 7,0, dans les corridors 1 et 2.

Le potentiel de relargage des fluorures par le shale, en conditions neutres, apparaît faible, les concentrations mesurées dans les extraits étant pour la plupart inférieures à 0,2 mg/l. Notons que, sans aucun facteur de dilution, la plupart de ces concentrations sont inférieures aux critères de qualité de l'eau, en particulier le critère de protection de la vie aquatique – effet chronique qui est le plus sévère, 0,2 mg/l (MDDEP, 2009). Nous ne disposons pas de données pour les extractions en conditions acides ou oxydantes. Les fluorures devraient par conséquent faire l'objet d'un suivi dans les eaux de reflux pour documenter leur présence dans ces eaux suite à la fracturation.

4.4. Potentiel de relargage des métaux

Les résultats analytiques sont présentés dans les tableaux de l'Annexe 4 pour les extractions en conditions acides, l'Annexe 5 pour les extractions en conditions neutres et l'Annexe 6 pour les extractions en conditions oxydantes.

4.4.1. Potentiel de relargage des cations Ca, K, Mg, Na

Le calcium a été extrait du shale à des concentrations élevées lors des extractions en conditions acides (8912 ± 5183 mg/l) ou oxydantes (5352 ± 2100 mg/l). Ces concentrations étaient très faibles suite à l'extraction en conditions neutres ($20,2 \pm 16,3$ mg/l). Le potentiel de relargage de calcium par le shale s'est avéré significativement supérieur en conditions acides ($p < 0,05$; Figure 9). Notons que les analyses statistiques n'ont pas mis en évidence de différence significative entre les concentrations de calcium entre les puits, la profondeur ou les corridors pour chaque condition d'extraction ($p > 0,05$).

Le magnésium a été extrait du shale à des concentrations importantes, similaires entre les extractions en conditions acides (285 ± 146 mg/l) ou oxydantes (290 ± 64 mg/l). Ces concentrations étaient très faibles suite à l'extraction en conditions neutres ($1,3 \pm 0,8$ mg/l). Les analyses statistiques n'ont pas mis en évidence de différence significative pour les concentrations en magnésium entre les puits, la profondeur, les corridors pour chaque condition d'extraction ou entre les conditions d'extraction ($p > 0,05$; Figure 9).

Le potentiel de relargage de potassium par le shale s'est avéré significativement supérieur ($p < 0,05$) en conditions oxydantes ($52,8 \pm 33,7$ mg/l), comparativement aux conditions acides ($5,7 \pm 2,7$ mg/l) et neutres ($3,0 \pm 1,1$ mg/l ; Figure 9). Les analyses statistiques n'ont pas mis en évidence de différence significative entre les puits, la profondeur ou les corridors pour chaque condition d'extraction ($p > 0,05$).

Le sodium a été extrait du shale à des concentrations similaires entre les extractions en conditions acides ($51,7 \pm 34,4$ mg/l) ou neutres ($48,3 \pm 19,4$ mg/l). En comparaison, le potentiel de relargage du sodium était significativement inférieur ($p < 0,05$) en conditions oxydantes ($13,4 \pm 4,7$ mg/l ; Figure 9). Les analyses statistiques n'ont pas mis en évidence de différence significative entre les puits, la profondeur ou les corridors ($p > 0,05$) pour chaque condition d'extraction.

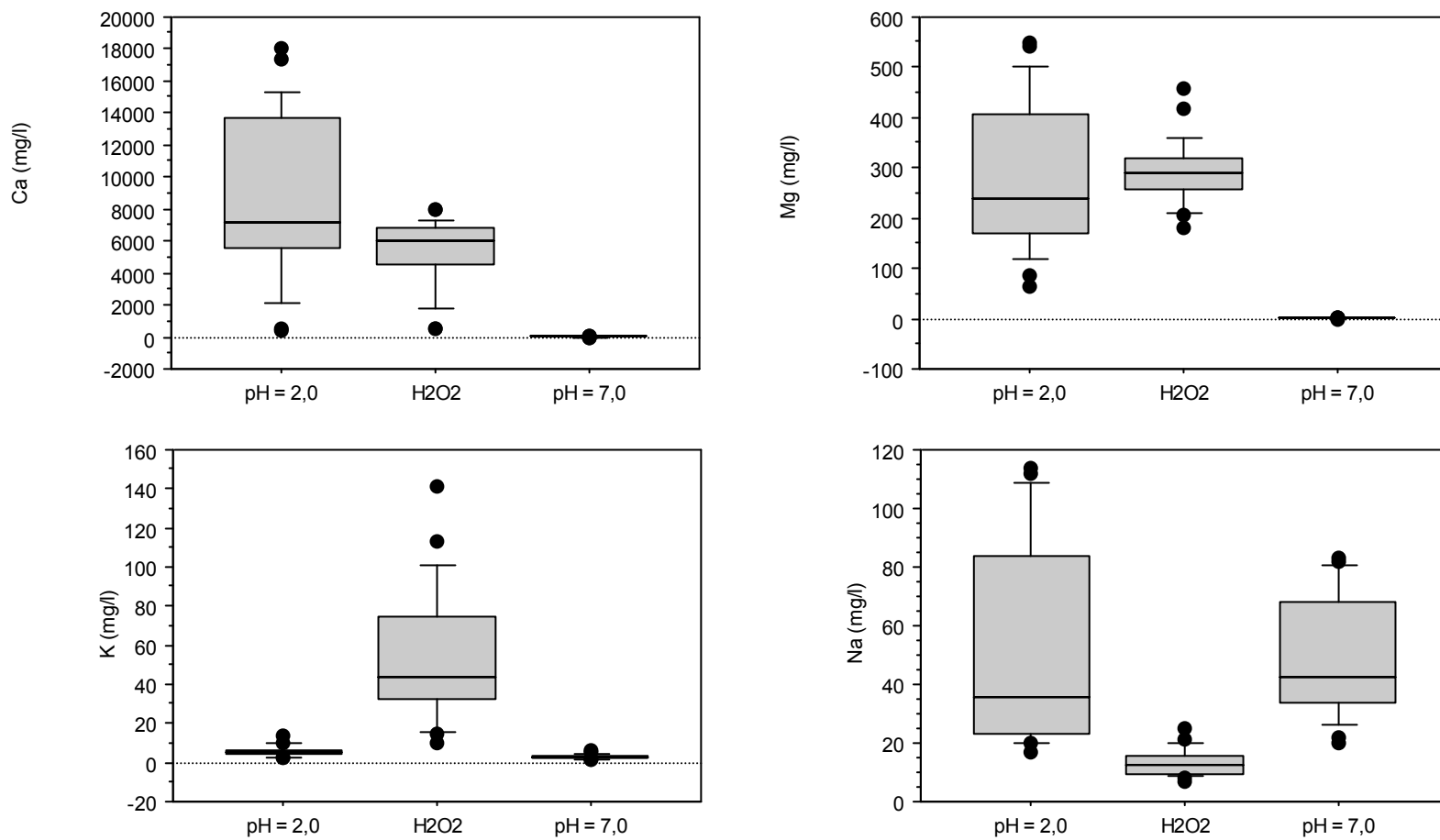


Figure 9 – Concentrations moyennes en Ca, K, Mg et Na, corridors 1 et 2 groupés, dans les extraits issus des différentes extractions, exprimées en mg/l.

Comme pour les chlorures, le potentiel de relargage des cations par le shale semble important, en particulier pour le calcium, lié à la composition minéralogique du shale d'Utica (Tableau 3). Ces ions devraient par conséquent faire l'objet d'un suivi dans les eaux de reflux pour documenter leur présence dans ces eaux suite à la fracturation.

4.4.2. Potentiel de relargage du fer et du manganèse

Le potentiel de relargage du fer par le shale s'est avéré significativement différents entre les différentes conditions d'extraction ($p < 0,05$; Figure 10). Le relargage a été le plus important en conditions oxydantes (404 ± 216 mg/l) comparativement aux conditions acides (152 ± 78 mg/l) ou neutres ($0,14 \pm 4,7$ mg/l).

Le potentiel de relargage du manganèse par le shale s'est avéré similaire ($p > 0,05$; Figure 11) entre les extractions en conditions acides ($5,2 \pm 1,7$ mg/l) ou oxydantes ($4,3 \pm 1,1$ mg/l). Le relargage a été très faible en conditions neutres ($0,004 \pm 0,005$ mg/l). Dans les conditions les plus agressives, les concentrations de manganèse dans les extraits étaient supérieures aux critères de protection de la vie aquatique, effet aigu ($2,3$ mg/l) et effet chronique ($1,0$ mg/l ; MDDEP, 2009).

Le potentiel de relargage du fer et du manganèse par le shale est faible, comparativement à son potentiel de relargage des anions et des cations. Étant donné le volume d'eau utilisé pour la fracturation des puits qui devrait assurer une dilution importante, le fer et le manganèse d'origine naturelle devraient être présents à de faibles concentrations dans les eaux de reflux. Un suivi de ces deux éléments permettra de confirmer ces résultats.

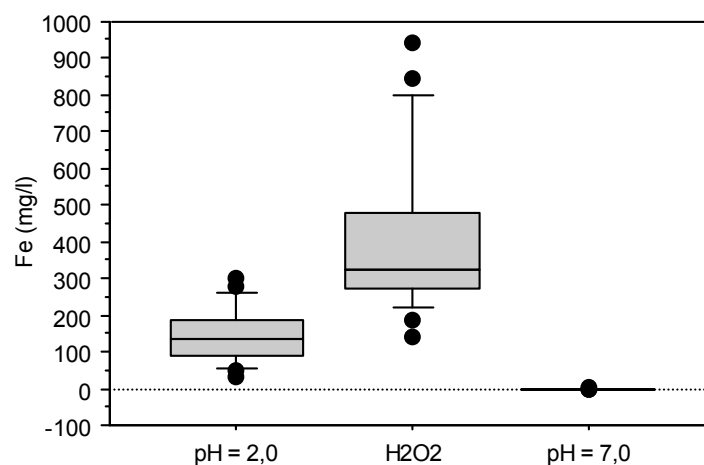


Figure 10 – Concentrations moyennes en fer, corridors 1 et 2 groupés, dans les extraits issus des différentes extractions, exprimées en mg/l.

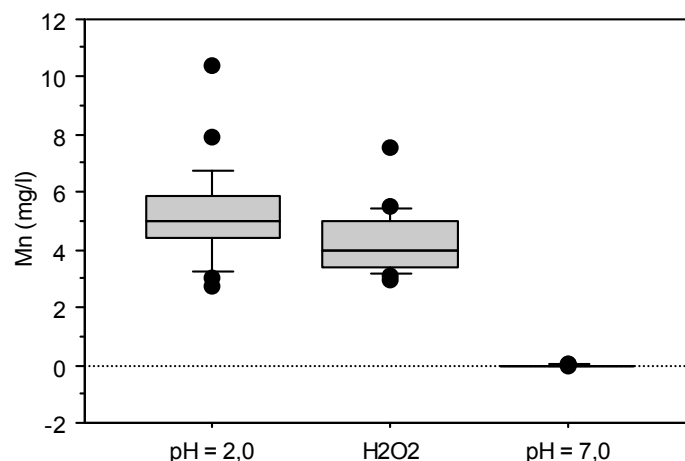


Figure 11 - Concentrations moyennes en manganèse, corridors 1 et 2 groupés, dans les extraits issus des différentes extractions, exprimées en mg/l.

4.4.3. Potentiel de relargage des métaux

En conditions acides, les concentrations d'argent, de bismuth, de mercure et d'étain dans les extraits étaient inférieures aux limites de détection de la méthode d'analyse (Annexe 4). En conditions neutres, de nombreux métaux présentaient également des concentrations inférieures aux limites de détection de la méthode d'analyse: argent, béryllium, bismuth, étain, mercure, plomb, antimoine, sélénium, thorium et zinc (Annexe 5). Enfin, en conditions oxydantes, les métaux présentant des concentrations inférieures aux limites de détection étaient les suivants : argent et antimoine (Annexe 6).

Quelque soit le métal considéré, le corridor et la profondeur, les résultats étaient relativement variables d'un extrait à l'autre. Ainsi, les analyses statistiques n'ont pas mis en évidence de différence significative entre les puits, la profondeur ou les corridors ($p > 0,05$) pour chaque condition d'extraction. Cette variabilité est très probablement liée à la minéralogie des shales échantillonnés (Tableau 3).

De façon générale, les concentrations en métaux étaient plus élevées dans les extraits issus de l'extraction en conditions oxydantes par rapport aux extractions en conditions acides et neutres. Ceci est très probablement lié à la destruction complète de la matière organique dans ces conditions qui a facilité l'extraction des métaux, telle qu'attendu. Très logiquement, c'est en conditions neutres, avec les conditions les moins agressives, que les concentrations en métaux étaient les plus faibles.

Au regard des critères de protection de la vie aquatique du MDDEFP (Tableau 4), l'arsenic, le béryllium, le bore, le cadmium, le chrome et le strontium sont présents dans les extraits à de faibles concentrations. Le potentiel de relargage de ces métaux par le shale est faible et leur concentration ne devrait pas être problématique, en termes de toxicité notamment, dans les eaux de reflux.

Tableau 4 – Critères de protection de la vie aquatique, effets aigus et chroniques, exprimés en mg/l (MDDEP, 2009 ; dureté de 50 mg/l CaCO₃).

Métal	Critère de protection de la vie aquatique	
	Effet aigu (mg/l)	Effet chronique (mg/l)
Al	0,75	0,087
As	0,34	0,15
Ba	0,60	0,21
Be	0,0037	0,00041
Bo	28	5
Cd	0,0011	0,00016
Cr	1,0	0,049
Co	0,37	0,1
Cu	0,0073	0,0052
Ni	0,26	0,029
Pb	0,034	0,0013
Sr	40	21
V	0,11	0,012
Zn	0,067	0,067

Dans les cas du cuivre, du nickel, du plomb, du vanadium et du zinc, les concentrations dans les extraits issus des extractions en conditions acides et oxydantes étaient légèrement supérieures aux critères de protection de la vie aquatique (Tableau 4 et Figure 12). Le potentiel de relargage de ces métaux par le shale semble tout de même limité. Les concentrations dans les eaux de reflux devraient par conséquent être faibles. Un suivi de ces éléments permettra de confirmer ces résultats.

Deux métaux présentent des concentrations élevées, très supérieures aux critères de protection de la vie aquatique. Il s'agit de l'aluminium et du baryum (Tableau 4 et Figure 12). Dans les extraits issus de l'extraction acide, les concentrations d'aluminium et de baryum étaient, respectivement, de $3,2 \pm 0,1$ mg/l et de $1,5 \pm 1,0$ mg/l en moyenne (Figure 12). Dans les extraits issus de l'extraction en conditions oxydantes, les concentrations d'aluminium et de baryum étaient, respectivement, de $261,3 \pm 159,4$ mg/l et de $6,6 \pm 7,8$ mg/l (Figure 12).

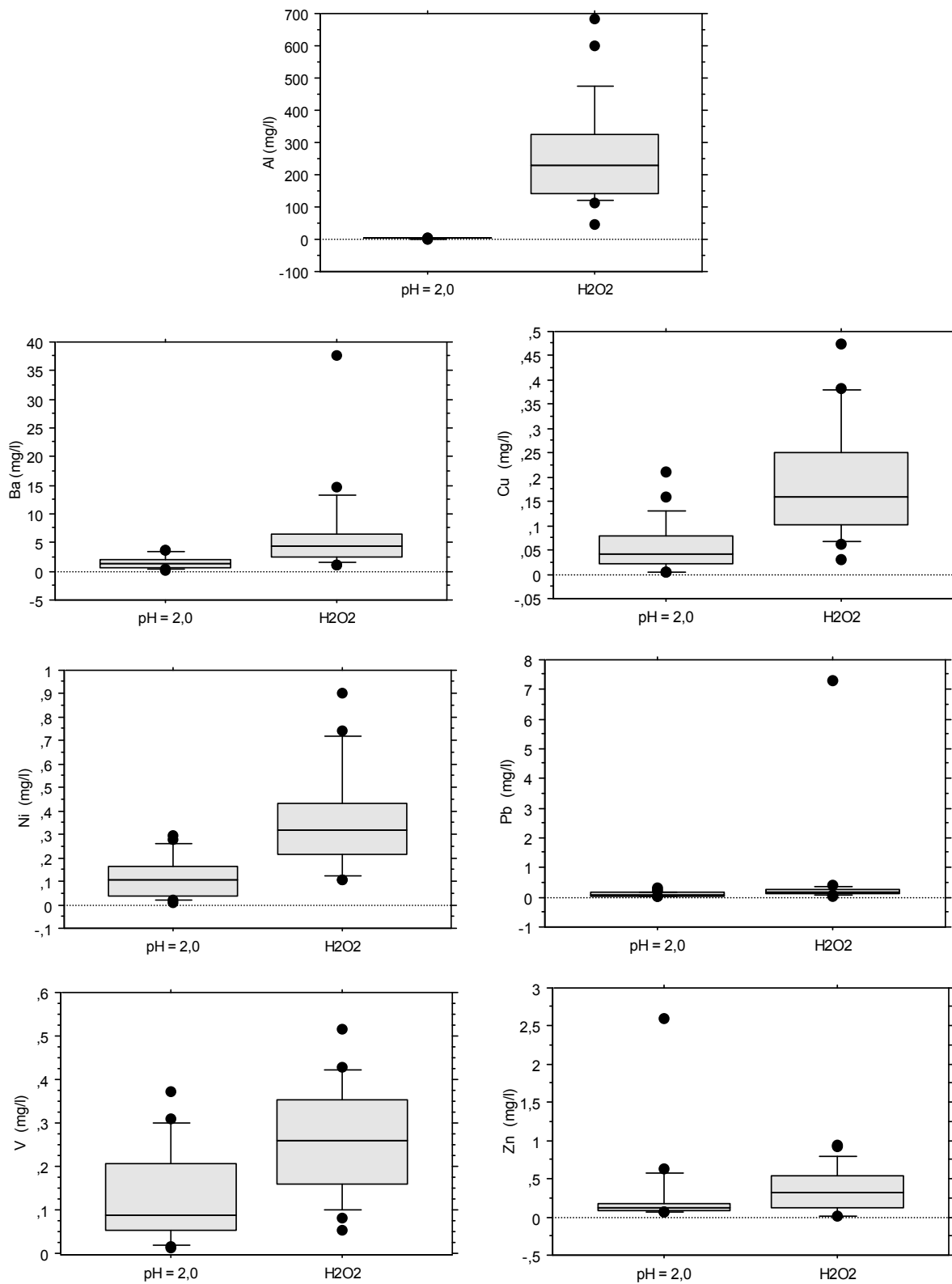


Figure 12 – Concentrations moyennes en Al, Ba, Cu, Ni, Pb, V et Zn, corridors 1 et 2 groupés, dans les extraits issus des différentes extractions, exprimées en mg/l.

L'aluminium est présent dans les extraits de shale à des concentrations importantes en conditions oxydantes, supérieures aux critères de qualité des eaux de surface. Toutefois, ces critères sont surtout valables en conditions acides, à des duretés très faibles. Par ailleurs, il convient de noter que l'aluminium est le 4^e élément en importance de la croûte terrestre et qu'il est omniprésent dans l'environnement. Sa présence dans les extraits de shale ne signifie pas nécessairement qu'il peut être problématique d'un point de vue environnemental.

Le potentiel de relargage du baryum par le shale apparaît important dans des conditions qui sont proches de ce qui prévaut dans les puits au cours du processus de fracturation. Bien que le volume d'eau utilisé pour la fracturation des puits soit important, le baryum pourrait être présent dans les eaux de reflux. Ces résultats confirment la nécessité de suivre ce paramètre pour définir la qualité des eaux de reflux.

4.4.4. Potentiel de relargage de l'uranium et du thorium

Les concentrations moyennes en uranium 238 et en thorium 232 dans les différents extraits sont présentées dans le Tableau 5, en µg/l et en Bq/l. Comme pour les métaux traditionnels, ces concentrations étaient plus élevées dans les extraits issus de l'extraction en conditions oxydantes par rapport aux extractions en conditions acides et neutres. Ceci est très probablement lié à la destruction complète de la matière organique dans ces conditions qui a facilité l'extraction des métaux, telle qu'attendu.

Tableau 5 – Uranium 238 et thorium 232 dans les extraits issus des différentes extractions, corridors 1 et 2 groupés.

Extraction	Uranium 238	Thorium 232
En conditions acides : <ul style="list-style-type: none"> • Moyenne, µg/l (CV %) • Activité, Bq/l 	17,0 (81 %) 0,21	133,3 (81 %) 0,54
En conditions neutres : <ul style="list-style-type: none"> • Moyenne, µg/l (CV %) • Activité, Bq/l 	0,4 (85 %) 0,0050	0,9 (60 %) 0,0037
En conditions oxydantes : <ul style="list-style-type: none"> • Moyenne, µg/l (CV %) • Activité, Bq/l 	28,1 (59 %) 0,35	254,7 (48 %) 1,04

Dans les extraits issus des extractions en conditions acides et oxydantes, les concentrations en µg/l étaient légèrement supérieures au critère de protection de la vie aquatique - effet chronique pour l'uranium qui est de 14 µg/l (MDDEP, 2009). À titre indicatif, le critère de protection de la vie aquatique - effet aigu pour l'uranium est de 320 µg/l. Nous ne disposons de données équivalentes pour le thorium.

Au niveau de la radioactivité, les activités de l'uranium et du thorium dans nos échantillons sont faibles (Tableau 5). À titre de comparaison, l'activité de l'eau de pluie

peut être comprise entre 0,3 et 1 Bq/l, celle d'une eau minérale est de l'ordre de 10 Bq/l et celle de l'eau de mer est de l'ordre de 13 Bq/l (ASN, 2005)

À la lumière de ces résultats, malgré que les conditions soient assez agressives (acidité et conditions oxydantes), et considérant que la première étape précédant la fracturation proprement dite est très acide (HCl 15-25%), il apparaît que le potentiel de relargage de l'uranium 238 et du thorium 232 par le shale doit être pris en considération. Ces résultats confirment, la nécessité, par mesure de précaution de suivre ces deux éléments pour définir la qualité des eaux de reflux et l'absence de problématique associée à la radioactivité. Le suivi de ces deux éléments, considérant leur très longue demi-vie, permet également de s'assurer d'une gestion adéquate de ces eaux usées.,

4.5. Potentiel de relargage des COSV*

Des traces de composés organiques semi-volatils ont été détectées dans les extraits issus de l'extraction acide des shales (Tableau 6). Le chloroforme et le bromodichlorométhane sont vraisemblablement issus de l'oxydation de la matière organique par les chlorures présents en quantité importante dans les extraits. L'isophorone est un solvant dont l'utilisation est très répandue dans l'industrie des peintures, plastiques, etc. Sa présence dans cet échantillon origine peut-être d'une réaction chimique avec l'un des éléments présents dans les extraits où il était présent initialement dans ce shale.

Tableau 6 – Concentrations en composés organiques dans les extraits issus de l'extraction neutre des shales, en µg/l (LD : limite de détection).

Ech.	Profondeur (m)	Composé	LD (µg/l)	Concentration (µg/l)
A257	505,0 – 505,76	Isophorone	1,0	3,8
A267	1889,4 – 1890,85	Chloroforme	0,09	1,4
		Bromodichlorométhane	0,09	0,13
A267	1985,8 - 1992,8	Chloroforme	0,09	0,66

* Étant donné l'âge des carottes de forage et le broyage des échantillons, seuls les COSV ont été analysés. À cause de la forte probabilité d'évaporation, les composés organiques volatils (COV) n'ont pas été analysés.

Au vu de ces résultats, il apparaît que le potentiel de relargage des COSV ne semble pas très important. Advenant un développement de cette industrie au Québec il faudrait valider ces résultats au début des opérations pour confirmer qu'un suivi ne serait pas nécessaire.

5. CONCLUSIONS

Le but premier de cette étude est de déterminer les composés organiques et inorganiques présents dans le shale d'Utica, pouvant être libérés sous certaines conditions, dont celles qui prévalent lors d'une fracturation hydraulique. Les éléments libérés lors du processus de fracturation, peuvent se retrouver dans les eaux de reflux et dans les bassins d'entreposage. Dans une perspective de réutilisation, de traitement et de disposition, il est essentiel de connaître avec précision la nature de la contamination de ces eaux. Pour rendre le processus de caractérisation et de suivi des eaux de fracturation, le plus efficace possible, le choix des méthodes analytiques à utiliser, demeure l'élément fondamental de réussite. Une bonne connaissance de la problématique avant toute activité est essentielle, afin d'éviter de négliger certains contaminants qui pourraient être néfastes pour l'environnement. Le principe de précaution doit toujours primer dans ce genre de situation.

Pour réaliser cette étude, trois conditions d'extraction différentes ont été utilisées : l'une à pH neutre, et les deux autres plus agressives en terme d'acidité et de pouvoir oxydant. Les conditions de l'extraction acide à pH 2 peuvent ressembler à celles rencontrées à l'étape de pré-fracturation (spearhead) où on utilise de l'acide chlorhydrique à une concentration autour de 15%. Par contre les extractions n'ont toutefois pas été réalisées aux conditions de pression (60mPa) et de température (60°C) observées lors d'une fracturation. Selon les analyses réalisées au Québec sur les eaux après fracturation, le pH se situerait plus autour de 6 à 8 (MDDEFP 2013, CRIQ 2013). L'extraction acide oxydante, même si elle n'est pas représentative des conditions réelles d'une fracturation, a l'avantage de présenter le pire cas. Les résultats doivent donc être interprétés avec une certaine réserve, comme des indicateurs des éléments qui pourraient être libérés. Les conditions neutres sont davantage favorables pour extraire les composés organiques tandis que les conditions acides et oxydantes favorisent la dissolution des métaux.

Les principales conclusions quant aux résultats obtenus suite aux extractions sont les suivantes :

Échantillons

- En général pour la plupart des paramètres, il y a une grande variabilité entre les résultats que ce soit au niveau de la position ou de la profondeur de l'échantillon.
- Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les résultats des échantillons du corridor 1 et du corridor 2 pour les paramètres analysés.

Phosphore

- Milieu neutre : phosphore total mesuré inférieur à la limite de détection de la méthode. (0,05 mg/l)
- Milieu acide (11mg/l) potentiel de relargage important mais la dilution (lors de la fracturation) pourrait limiter l'impact.
- **Le phosphore total devrait faire l'objet d'un suivi dans les eaux de reflux pour valider cette dernière hypothèse.**

SDT

- Milieu neutre : 275 mg/l (corridor 1) et 211 mg/l (corridor 2)
- Milieu acide : 36200 mg/l (corridor 1) et 27900 mg/l (corridor 2)
- Étant donné les concentrations en solides dissous totaux mesurées dans les extraits issus de l'extraction en conditions acides, le potentiel de relargage de solides dissous totaux par le shale apparaît élevé dans des conditions qui sont proches de ce qui prévaut dans les puits au début du processus de fracturation. Bien que le volume d'eau utilisé pour la fracturation des puits soit important, il est vraisemblable que les solides dissous totaux seront présents à des concentrations importantes (>2000 mg/L) dans les eaux de reflux.
- **Ces résultats confirment la nécessité de suivre ce paramètre pour définir la qualité des eaux de fracturation.**

Chlorures

- Milieu neutre : 78,2 mg/l (corridor 1) et 62,4 mg/l (corridor 2)
- Milieu acide : 18400 mg/l (corridor 1) et 15400 mg/l (corridor 2)
- Au vu des concentrations de chlorures mesurées dans les extraits issus de l'extraction en conditions acides, et bien que le volume d'eau utilisé pour la fracturation des puits est important, il est vraisemblable que les chlorures seront présents à des concentrations potentiellement problématiques, en termes de toxicité notamment, dans les eaux de reflux. À titre indicatif, le critère de qualité pour la protection de la vie aquatique - effet aigu est de 860 mg/l et le critère de qualité pour la protection de la vie aquatique - effet chronique est de 230 mg/l (MDDEP, 2009). **Ces résultats confirment l'importance de ce paramètre et la nécessité de le suivre et de le considérer pour la gestion des eaux de reflux.**

Sulfates

- Milieu neutre : 30 mg/l (corridor 1) et 25mg/l (corridor 2)
- Milieu acide : 63 mg/l (corridor 1) et 54 mg/l (corridor 2)
- Le potentiel de relargage des sulfates par le shale, en conditions acides et neutres, apparaît faible. Les sulfates devraient être présents à de faibles concentrations dans les eaux de reflux, d'autant plus si l'on considère le volume d'eau utilisé lors de la fracturation qui devrait assurer une dilution importante. Notons que, sans aucun facteur de dilution, la plupart de ces concentrations sont très inférieures aux critères de qualité de l'eau, en particulier les critères de protection de la vie aquatique – effet aigu ou chronique entre 500 à 1499 mg/l (MDDEP, 2009).

Sulfures

- Milieu neutre : les concentrations de sulfures totaux sont inférieures à la limite de détection de la méthode d'analyse.
- Milieu acide : sulfures n'ont pas été analysés

Bromures

- Milieu neutre : 0,17 mg/l (corridor 1) résultat non significatif, et concentrations inférieures à la limite de détection dans le corridor 2
- Milieu acide : concentrations inférieures à la limite de détection dans les corridors 1 et 2.
- Ces résultats indiquent que les bromures ne semblent pas être relargués par les shales d'Utica dans les basses-terres du Saint-Laurent, ni en conditions neutres, ni en conditions acides.

Fluorures

- Milieu neutre : 0,22 mg/l (corridor 1) et 0,37 mg/l (corridor 2)
- Milieu acide : interférences analytiques (chlorures)
- Le potentiel de relargage des fluorures par le shale, en conditions neutres, apparaît faible, les concentrations mesurées dans les extraits

étant pour la plupart inférieures à 0,2 mg/l. Notons que, sans aucun facteur de dilution, la plupart de ces concentrations sont inférieures aux critères de qualité de l'eau, en particulier le critère de protection de la vie aquatique – effet chronique qui est le plus sévère, 0,2 mg/l (MDDEP, 2009). **En l'absence de données pour les conditions acides, les fluorures devraient par conséquent faire l'objet d'un suivi dans les eaux de reflux pour documenter leur présence dans ces eaux suite à la fracturation.**

Cations

- Milieu neutre (Ca) : concentrations faibles (20 mg/l)
- Milieu acide (Ca) : 8900 mg/l
- Milieu oxydant (Ca) : 5350 mg/l

- Milieu neutre (Mg) : concentrations faibles (1 mg/l)
- Milieu acide (Mg) : 285 mg/l
- Milieu oxydant (Mg) : 290 mg/l

- Milieu neutre (K) : 3 mg/l
- Milieu acide (K) : 5,7 mg/l
- Milieu oxydant (K) : 53 mg/l, statistiquement significatif

- Milieu neutre (Na) : 48 mg/l
- Milieu acide (Na) : 52 mg/l
- Milieu oxydant (Na) : 13,4 mg/l concentrations significativement inférieures

- Comme pour les chlorures, le potentiel de relargage des cations par le shale semble important, en particulier pour le calcium, lié à la composition minéralogique du shale d'Utica.
- **Ces ions devraient par conséquent faire l'objet d'un suivi dans les eaux de reflux pour documenter leur présence dans ces eaux suite à la fracturation.**

Fer et Manganèse

- Le potentiel de relargage du fer est statistiquement différent entre les conditions d'extraction (N : 0,14 mg/l, A : 152 mg/l, O : 404 mg/l).
- Le potentiel de relargage du manganèse s'est avéré similaire entre les conditions acides et oxydantes (5,2 mg/l vs 4,3 mg/l).
- Le relargage du Mn a été très faible en milieu neutre (0,004 mg/l).

- Le potentiel de relargage du fer et du manganèse par le shale est faible, comparativement au potentiel de relargage des anions et des cations. Étant donné le volume d'eau utilisé pour la fracturation des puits qui devrait assurer une dilution importante, le fer et le manganèse d'origine naturelle devraient être présents à de faibles concentrations dans les eaux de reflux. **Un suivi de ces deux éléments permettra de confirmer ces résultats.**

Métaux

- En conditions acides et neutres : les concentrations des métaux suivants sont inférieures à la limite de détection :Ag, Bi, Hg, Sn, Be, Pb, Sb, Se, Th, Zn.
- De façon générale, les concentrations en métaux étaient plus élevées dans les extraits issus de l'extraction en conditions oxydantes par rapport aux extractions en conditions acides et neutres.
- Au regard des critères de protection de la vie aquatique du MDDEFP, l'arsenic, le béryllium, le bore, le cadmium, le chrome et le strontium sont présents dans les extraits à de faibles concentrations. Le potentiel de relargage de ces métaux par le shale est faible et leur concentration ne devrait pas être problématique, en termes de toxicité notamment, dans les eaux de reflux.
- Dans les cas **du cuivre, du nickel, du plomb, du vanadium et du zinc**, les concentrations dans les extraits issus des extractions en conditions acides et oxydantes étaient légèrement supérieures aux critères de protection de la vie aquatique. Le potentiel de relargage de ces métaux par le shale semble tout de même limité. Les concentrations dans les eaux de reflux devraient par conséquent être faibles. **Un suivi de ces éléments permettra de confirmer ces résultats.**
- L'aluminium est présent dans les extraits de shale à des concentrations importantes en conditions oxydantes, supérieures aux critères de qualité des eaux de surface. Toutefois, ces critères sont surtout valables en conditions acides, à des duretés très faibles. Par ailleurs, il convient de noter que l'aluminium est le 4^e élément en importance de la croûte terrestre et qu'il est omniprésent dans l'environnement. Sa présence dans les extraits de shale ne signifie pas nécessairement qu'il peut être problématique d'un point de vue environnemental.
- Le potentiel de relargage du **baryum** par le shale apparaît important dans des conditions qui sont proches de ce qui prévaut dans les puits au cours du processus de fracturation. Bien que le volume d'eau utilisé pour la fracturation des puits soit important, le baryum pourrait être présent dans les eaux de reflux. **Ces résultats confirment la nécessité de suivre ce paramètre pour définir la qualité des eaux de reflux.**

Uranium et Thorium

- Dans les extraits issus des extractions en conditions acides et oxydantes, les concentrations en µg/l étaient légèrement supérieures au critère de protection de la vie aquatique – effet chronique pour l’uranium qui est de 14 µg/l (MDDEP, 2009).
- Au niveau de la radioactivité, les activités de l’uranium et du thorium dans nos échantillons sont faibles.
- À la lumière de ces résultats, malgré que les conditions soient assez agressives (acidité et conditions oxydantes), et considérant que la première étape précédant la fracturation proprement dite est très acide (HCl 15-25%), il apparaît que le potentiel de relargage de l’uranium 238 et du thorium 232 par le shale doit être pris en considération. **Ces résultats confirment, la nécessité, par mesure de précaution de suivre ces deux éléments pour définir la qualité des eaux de reflux et l’absence de problématique associée à la radioactivité.** Le suivi de ces deux éléments, considérant leur très longue demi-vie, permet également de s’assurer d’une gestion adéquate de ces eaux usées.

COSV

- Au vu de ces résultats, il apparaît que le potentiel de relargage des COSV ne semble pas très important. Advenant un développement de cette industrie au Québec il faudrait valider ces résultats au début des opérations pour confirmer qu’un suivi ne serait pas nécessaire.

Les résultats de cette étude confirment la nécessité de suivre les concentrations de plusieurs éléments qui peuvent être libérés par le shale d’Utica dans les eaux de reflux : le phosphore total, les solides dissous totaux, les chlorures, les fluorures, les cations, le fer, le manganèse, les métaux, en particulier le baryum, ainsi que l’uranium et le thorium par mesure de précaution.

Ces résultats pourront également être utilisés pour valider les techniques de traitement des eaux de reflux.

Références

ASN – Voir AUTORITÉ DE SURETÉ NUCLÉAIRE.

AUTORITÉ DE SURETÉ NUCLÉAIRE, 2005, *Grandeurs et unités en radioprotection, autorité de sureté nucléaire*, Fiche d'information, Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection, Paris, France, 5 p.

BEAUDOIN G., DUPUIS C., DUCHAINE Y., TOURIGNY Y., 2012, *Potentiel en gaz naturel dans le groupe d'Utica, Québec*, Rapport d'étude pour l'évaluation environnementale stratégique, Étude P1-b, Université Laval, 85 p.

CEES – Voir COMITÉ DE L'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE STRATÉGIQUE SUR LE GAZ DE SCHISTE.

COMITÉ DE L'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE STRATÉGIQUE SUR LE GAZ DE SCHISTE, 2012, *Plan de réalisation de l'évaluation environnementale stratégique sur le gaz de schiste*, ISBN 978-2-550-64543-6 (PDF), 84 p.

CENTRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE DU QUÉBEC, 2013. *Fracturation hydraulique des gaz de shale : Étude sur la dégradation chimique des additifs par une simulation en laboratoire des conditions de fracturation, et essais de biodégradabilité de neuf substances. Dossier CRIQ PE44966.92p. Évaluation environnementale stratégique sur le gaz de schiste (E3-5)*

CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC, 2010a. *Détermination des sulfures : méthode colorimétrique avec le chlorure ferrique et l'oxalate du diméthyl-p-phénylène diamine, MA. 300 – S. 1.1, Rév. 4*, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 18 p.

CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC, 2010b. *Détermination des fluorures : méthode colorimétrique par distillation, MA. 300 – F. 1.2, Rév. 1*, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 19 p.

CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC, 2010c. *Détermination des solides dissous totaux et volatils : méthodes gravimétriques, MA. 115 – S.D. 1.0, Rév. 3*, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 9 p.

CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC, 2011a. *Détermination de l'azote Kjeldahl et du phosphore total : digestion acide - méthode colorimétrique automatisée, MA. 300 – NTPT. 2.0*, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 15 p.

CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC, 2012a. *Détermination des anions : méthode par chromatographie ionique, MA. 300 – Ions. 1.3, Rév. 1*, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 16 p.

CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC, 2012b. *Détermination des métaux : méthode par spectrométrie de masse à source ionisante au plasma d'argon, MA. 200 – Mét. 1.2, Rév. 2*, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 34 p.

COLBORN, T., KWIATKOWSKI, C., SCHULTZ, K., BACHRAN, M., 2011. Natural gas operations from a public Health perspective, Human and ecological risk assessment: an international journal, 17(5): 1039-1056.

EPA – Voir U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY.

MDDEP – Voir MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS.

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS, 2009, mis à jour, avril 2012. *Critères de qualité de l'eau de surface*, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'environnement, de la Faune et des Parcs, Québec, ISBN-978-2-550-64798-0 (PDF), 510 p. et 16 annexes.

MDDEFP – Voir MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS.

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS, 2013, *Détermination exhaustive des substances utilisées, ou susceptibles de l'être, le forage et la fracturation au Québec, et de leurs sous-produits de dégradation et de réaction. Évaluation de leurs propriétés toxicologiques et de leur potentiel de biodégradation, de bioaccumulation, de persistance et de toxicité globale* Direction du suivi de l'état de l'environnement, et Bureau de coordination sur les évaluations stratégiques, ministère du Développement durable, de l'environnement, de la Faune et des Parcs, Québec, et Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ), Évaluation Environnementale stratégique sur le gaz de schiste, Étude E3-5, chap 8 (en rédaction)

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS, 2013. *Évaluation des besoins en eau de l'industrie du gaz de schiste, détermination des impacts environnementaux de l'utilisation de l'eau et élaboration d'avis quant à l'encadrement de l'industrie*, Ministère du développement durable, de l'environnement, de la Faune et des Parcs, 38 p.

OFFICE NATIONAL DE L'ÉNERGIE, 2009. *L'ABC du gaz de schistes au Canada*, Office national de l'Énergie, Calgary, Alberta, 3 p.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2004. Evaluation of impacts to underground sources of drinking water by hydraulic fracturing of coalbed methane reservoirs, EPA/816-R-04-003, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, 424 p.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2010. Hydraulic fracturing research study, EPA/600/F-10/002, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, 2 p.

6. ANNEXES

Annexe 1 - Concentration en phosphore total dans les extraits de schiste obtenus suite aux extractions à pH de 2,0 ou en conditions oxydantes (HNO ₃ /HCl, H ₂ O ₂), exprimée en mg/l (limite de détection de 0,05 mg/l).....	39
Annexe 2 – Concentration en bromures, chlorures et sulfates dans les extraits de schiste obtenus suite aux extractions à pH = 2,0 ou 7,0, exprimée en mg/l (Limite de détection pour les bromures : 20 mg/l, les chlorures : 0,05 mg/l, les sulfates : 30 mg/l ; ND : non déterminable).	40
Annexe 3 - Concentration en solides dissous totaux dans les extraits de schiste obtenus suite aux extractions à pH de 2,0 ou pH de 7,0, exprimée en mg/l (limite de détection de 9 mg/l).....	41
Annexe 4 - Concentration en métaux analysés dans les extraits de Shale issus de l'extraction à pH = 2,0, exprimé en mg/l (LD : limite de détection ; ND : non déterminable).	42
Annexe 5 - Concentration en métaux analysés dans les extraits de Shale issus de l'extraction à pH = 7,0, exprimé en mg/l (LD : limite de détection ; ND : non déterminable).	44
Annexe 6 - Concentration en métaux analysés dans les extraits de Shale issus de l'extraction à pH = 7,0, exprimé en mg/l (LD : limite de détection ; ND : non déterminable).	46

Annexe 1 - Concentration en phosphore total dans les extraits de shale obtenus suite aux extractions à pH de 2,0 ou en conditions oxydantes (HNO₃/HCl, H₂O₂), exprimée en mg/l (limite de détection de 0,05 mg/l).

Éch.	Profondeur	Corridor	pH = 2,0	HNO ₃ /HCl et H ₂ O ₂
A206	105 – 111	1	18,2	18,6
A206	116,8 – 117,5	1	27,3	22,8
A203	1836 – 1838	1	6,7	12,4
A203	1849,5 – 1849	1	14,9	17,4
A250	701,1 – 701,5	1	14,0	7,1
A250	735,6 – 736	1	14,6	9,6
A250	743 – 743,5	1	5,9	15,4
A257	350,01 – 350,73	1	10,0	10,9
A257	423,9 – 424,2	1	8,2	15,9
A257	479,6 – 480,5	1	6,8	4,8
A257	505 – 505,76	1	0,2	8,9
A286	1303 – 1304,64	2	0,2	11,6
A286	1324 – 1324,3	2	5,4	9,4
A259	1545,9 – 1546,2	2	0,9	13,6
A259	1604,7 – 1605,1	2	13,4	9,9
A259	1677,6 – 1678	2	15,2	6,8
A259	1722,9 – 1723,0	2	15,5	10,2
A073	4668 – 4673	2	1,8	12,2
A262	1632,5 – 1633,5	2	4,4	10,9
A252	1610,6 – 1611,4	2	6,0	12,8
A267	1889,4 – 1890,8	2	27,2	17,0
A267	1985,8 – 1992,8	2	6,9	9,3
Moyenne Corridor 1			12,0	13,2
Écart-type			7,1	5,4
CV (%)			59	40
Moyenne Corridor 2			8,8	11,3
Écart-type			8,2	2,7
CV (%)			93	24
Moyenne générale			10,8	12,1
Écart-type			7,4	4,1
CV (%)			69	33

Annexe 2 – Concentration en bromures, chlorures et sulfates dans les extraits de shale obtenus suite aux extractions à pH = 2,0 ou 7,0, exprimée en mg/l (Limite de détection pour les bromures : 20 mg/l, les chlorures : 0,05 mg/l, les sulfates : 30 mg/l ; ND : non déterminable).

Éch.	Profondeur	Corridor	pH = 2,0			pH = 7,0			
			Bromures	Chlorures	Sulfates	Bromures	Chlorures	Sulfates	Fluorures
A206	105 - 111	1	< 20	30600	< 30	< 0,10	87,3	11,6	0,16
A206	116,8 - 117,5	1	< 20	25900	36	0,11	54,3	3,23	0,19
A203	1836 – 1838	1	< 20	11300	76	0,20	95,4	26,5	0,15
A203	1849,5 - 1849	1	< 20	23900	75	0,29	169	52,7	0,23
A250	701,1 - 701,5	1	< 20	33500	62	< 0,10	90	23,8	0,20
A250	735,6 – 736	1	< 20	26900	64	< 0,10	54	14,9	0,15
A250	743 - 743,5	1	< 20	9190	99	0,10	73,9	34	0,19
A257	350,01 - 350,73	1	< 20	10900	58	< 0,10	66,3	78,4	0,23
A257	423,9 - 424,2	1	< 20	14000	72	< 0,10	33,7	40,2	0,28
A257	479,6 - 480,5	1	< 20	17200	45	0,13	72,7	19,8	0,24
A257	505 - 505,76	1	< 20	11500	< 30	< 0,10	63,3	23,9	0,41
A286	1303 - 1304,64	2	< 20	11500	< 30	< 0,10	41,4	11,3	0,35
A286	1324 - 1324,3	2	< 20	11400	31	< 0,10	72,6	10,1	0,14
A259	1545,9 - 1546,2	2	< 20	6680	78	< 0,10	62,8	66,4	0,11
A259	1604,7 - 1605,1	2	< 20	23200	47	< 0,10	84,4	16,6	0,12
A259	1677,6 - 1678	2	< 20	25300	36	< 0,10	71,7	2,66	0,10
A259	1722,9 - 1723,0	2	< 20	27200	41	< 0,10	64,6	2,68	0,13
A073	4668 - 4673	2	< 20	1080	61	< 0,10	60,2	67,1	0,18
A262	1632,5 - 1633,5	2	< 20	12400	< 30	< 0,10	45,8	8,3	2,45
A252	1610,6 - 1611,4	2	< 20	1770	36	< 0,10	46,1	29,5	0,23
A267	1889,4 - 1890,8	2	< 20	24900	98	< 0,10	64,7	31	0,15
A267	1985,8 - 1992,8	2	< 20	23700	59	< 0,10	72,5	24,5	0,12
Moyenne Corridor 1			ND	18363	63	0,17 (n = 5)	78,2	29,9	0,22
Écart-type				8653	18	0,08 (n = 5)	35,1	21,1	0,07
CV (%)				47	30	48 (n = 5)	45	71	34
Moyenne Corridor 2			ND	15375	54	/	62,4	24,6	0,37
Écart-type				9820	22	/	13,3	23,0	0,69
CV (%)				64	41	/	21	94	187
Moyenne générale			ND	17451	59	/	70,1	25,9	0,30
Écart-type				9101	20	/	27,3	20,8	0,49
CV (%)				52	33	/	39	80	165

Annexe 3 - Concentration en solides dissous totaux dans les extraits de shale obtenus suite aux extractions à pH de 2,0 ou pH de 7,0, exprimée en mg/l (limite de détection de 9 mg/l).

Éch.	Profondeur	Corridor	pH = 2,0	pH = 7,0
A206	105 – 111	1	63900	340
A206	116,8 – 117,5	1	54000	169
A203	1836 – 1838	1	20800	304
A203	1849,5 – 1849	1	43400	580
A250	701,1 – 701,5	1	76000	306
A250	735,6 – 736	1	57000	165
A250	743 – 743,5	1	16800	243
A257	350,01 – 350,73	1	19400	317
A257	423,9 – 424,2	1	24200	182
A257	479,6 – 480,5	1	29100	226
A257	505 – 505,76	1	23100	198
A286	1303 – 1304,64	2	23100	131
A286	1324 – 1324,3	2	20300	236
A259	1545,9 – 1546,2	2	16800	253
A259	1604,7 – 1605,1	2	52100	280
A259	1677,6 – 1678	2	55000	177
A259	1722,9 – 1723,0	2	58300	167
A073	4668 – 4673	2	2520	270
A262	1632,5 – 1633,5	2	22400	153
A252	1610,6 – 1611,4	2	3720	198
A267	1889,4 – 1890,8	2	3340	210
A267	1985,8 – 1992,8	2	49400	247
Moyenne Corridor 1			36191	275
Écart-type			20223	119
CV (%)			56	43
Moyenne Corridor 2			27907	211
Écart-type			21847	50
CV (%)			78	24
Moyenne générale			33180	239
Écart-type			21364	93
CV (%)			64	39

Annexe 4 - Concentration en métaux analysés dans les extraits de Shale issus de l'extraction à pH = 2,0, exprimé en mg/l (LD : limite de détection ; ND : non déterminable).

→ De l'argent (Ag) au potassium (K)

Éch.	Corridor	Profondeur	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Bo	Cd	Ca	Cr	Co	Cu	Fe	Hg	K
LD			0,0005	0,005	0,0002	0,007	0,0002	0,001	0,04	0,0002	0,1	0,0005	0,0005	0,001	0,02	0,0002	0,1
A206	1	105 - 111	< LD	1,76	0,2240	1,05	0,0046	< LD	0,08	< LD	17400	0,0522	0,0233	0,027	128	< LD	2,1
A206	1	116,8 - 117,5	< LD	1,93	0,1620	1,20	0,0041	< LD	0,18	< LD	14100	0,0653	0,0191	0,009	129	< LD	2,2
A203	1	1836 – 1838	< LD	1,85	0,0658	0,938	0,0036	< LD	0,18	0,0011	5200	0,0282	0,0449	0,003	106	< LD	4,6
A203	1	1849,5 - 1849	< LD	2,58	0,0727	0,906	0,0034	< LD	0,21	0,0014	5870	0,0310	0,0643	0,021	73,5	< LD	7,8
A250	1	701,1 - 701,5	< LD	3,19	0,1370	1,47	0,0072	< LD	0,15	0,0003	12400	0,0659	0,0556	0,036	251	< LD	3,9
A250	1	735,6 - 736	< LD	3,62	0,2740	1,70	0,0113	< LD	0,17	0,0004	18000	0,0675	0,0395	0,034	174	< LD	5,6
A250	1	743 - 743,5	< LD	4,08	0,0819	0,504	0,0077	< LD	0,17	0,0003	7260	0,0585	0,0586	0,045	184	< LD	7,3
A257	1	350,01 - 350,73	< LD	3,38	0,0485	0,514	0,0037	< LD	0,19	0,0006	4660	0,0267	0,0579	0,053	178	< LD	6,3
A257	1	423,9 - 424,2	< LD	3,25	0,0587	0,627	0,0066	< LD	0,15	0,0015	5600	0,0443	0,0700	0,210	141	< LD	4,4
A257	1	479,6 - 480,5	< LD	4,40	0,0899	0,418	0,0058	< LD	0,33	0,0007	7040	0,0565	0,0527	0,053	105	< LD	6,1
A257	1	505 - 505,76	< LD	2,41	0,1330	1,58	0,0054	< LD	0,13	0,0030	8880	0,0494	0,0292	0,021	130	< LD	2,9
A286	2	1303 - 1304,64	< LD	1,19	0,0805	2,12	0,0025	< LD	0,20	0,0016	5940	0,0015	0,045	0,005	89,3	< LD	13,5
A286	2	1324 - 1324,3	< LD	1,88	0,0691	1,42	0,0047	< LD	0,08	0,0017	5910	0,0416	0,0235	0,087	71,6	< LD	4,4
A259	2	1545,9 - 1546,2	< LD	2,89	0,0313	1,33	0,0410	< LD	0,08	0,0008	2750	0,0366	0,0811	0,004	300	< LD	5,1
A259	2	1604,7 - 1605,1	< LD	2,79	0,1270	3,58	0,0074	< LD	0,14	0,0010	12600	0,0641	0,0552	0,046	246	< LD	3,1
A259	2	1677,6 - 1678	< LD	4,46	0,1600	3,23	0,0077	< LD	0,17	< LD	13700	0,1010	0,0256	0,039	189	< LD	4,9
A259	2	1722,9 - 1723,0	< LD	5,39	0,1750	2,21	0,0074	< LD	0,21	< LD	14200	0,0962	0,0449	0,046	175	< LD	4,8
A073	2	4668 - 4673	< LD	4,41	0,0094	0,21	0,0023	< LD	0,14	0,0004	355	0,0024	0,0723	0,109	32,1	< LD	10,2
A262	2	1632,5 - 1633,5	0,0022	2,93	0,1060	0,839	0,0043	< LD	0,14	0,0003	6620	0,0264	0,0267	0,119	59,7	< LD	5,1
A252	2	1610,6 - 1611,4	< LD	5,82	0,0223	0,548	0,0033	< LD	0,16	0,0002	569	0,0055	0,0992	0,160	48,2	< LD	9,3
A267	2	1889,4 - 1890,8	< LD	3,22	0,1700	3,63	0,0081	< LD	0,16	0,0010	14400	0,0724	0,0808	0,080	278	< LD	6,4
A267	2	1985,8 - 1992,8	< LD	2,69	0,1430	2,81	0,0058	< LD	0,17	0,0008	12600	0,0728	0,0799	0,016	249	< LD	4,4
Moyenne corridor 1			ND	2,95	0,1225	0,992	0,0058	ND	0,18	0,0010	9674	0,0496	0,0468	0,0465	145	ND	4,8
Écart-type				0,91	0,0729	0,454	0,0024		0,06	0,0009	4956	0,0152	0,0170	0,0566	49		2,0
CV (%)				31	59	46	41		35	84	51	31	36	122	33		41
Moyenne corridor 2			ND	3,42	0,0994	1,993	0,0086	ND	0,15	0,0009	8149	0,0473	0,0577	0,0646	158	ND	6,5
Écart-type				1,43	0,0609	1,218	0,0110		0,04	0,0005	5529	0,0364	0,0265	0,0507	101		3,2
CV (%)				42	61	61	128		28	61	68	77	46	78	64		49
Moyenne générale			ND	3,19	0,1110	1,49	0,007	ND	0,16	0,0010	8912	0,0485	0,0522	0,056	152	ND	5,7
Écart-type				1,20	0,0666	1,03	0,008		0,05	0,0007	5183	0,0273	0,0224	0,053	78		2,7
CV (%)				38	60	69	110		32	74	58	56	43	96	51		48

→ Du magnésium (Mg) au zinc (Zn)

Éch.	Corridor	Profondeur	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Sr	Th	U	V	Zn
LD			0,05	0,001	0,005	0,2	0,001	0,001	0,001	0,001	0,005	0,01	0,0005	0,0001	0,0005	0,005
A206	1	105 - 111	542	5,89	< LD	16,6	0,022	0,055	< LD	0,003	< LD	107	< LD	0,0103	0,0541	0,064
A206	1	116,8 - 117,5	270	5,86	< LD	19,9	0,011	0,033	< LD	0,002	< LD	47,2	0,0005	0,0106	0,0676	0,058
A203	1	1836 - 1838	163	3,03	0,023	80,2	0,295	0,064	0,001	0,003	< LD	23,3	0,0024	0,0148	0,0792	0,120
A203	1	1849,5 - 1849	209	3,31	0,022	35,3	0,256	0,042	0,004	0,001	< LD	26,3	0,002	0,0028	0,0735	0,101
A250	1	701,1 - 701,5	549	4,69	0,01	27,6	0,161	0,155	0,003	0,004	< LD	42,8	0,0011	0,0410	0,3090	0,626
A250	1	735,6 - 736	353	10,4	< LD	39,5	0,060	0,295	0,002	0,004	< LD	41,9	< LD	0,0243	0,2070	2,59
A250	1	743 - 743,5	272	7,92	< LD	114	0,071	0,173	< LD	0,004	< LD	24,6	< LD	0,0195	0,1340	0,556
A257	1	350,01 - 350,73	202	5,02	< LD	107	0,114	0,064	< LD	0,004	< LD	22,6	0,0005	0,0109	0,0735	0,129
A257	1	423,9 - 424,2	152	4,39	< LD	83,6	0,107	0,077	0,001	0,002	< LD	28,9	< LD	0,0203	0,2410	0,354
A257	1	479,6 - 480,5	187	5,52	< LD	112	0,040	0,069	0,001	0,002	< LD	37	< LD	0,0167	0,0949	0,133
A257	1	505 - 505,76	211	6,19	< LD	34,0	0,03	0,066	0,001	0,004	< LD	75,6	0,0005	0,0018	0,0467	0,169
A286	2	1303 - 1304,64	196	3,30	0,019	32,4	0,153	0,016	0,003	< LD	< LD	41,3	0,0005	< LD	0,0132	0,118
A286	2	1324 - 1324,3	169	2,77	0,010	23,1	0,078	0,061	0,002	< LD	< LD	34,3	< LD	0,0216	0,1490	0,108
A259	2	1545,9 - 1546,2	417	4,71	< LD	35,8	0,280	0,028	< LD	0,002	< LD	11,8	0,0017	0,0011	0,1900	0,105
A259	2	1604,7 - 1605,1	485	4,68	0,02	20,4	0,151	0,179	0,002	0,002	< LD	43,1	0,0006	0,0424	0,2890	0,111
A259	2	1677,6 - 1678	387	5,97	< LD	36,0	0,045	0,129	< LD	0,003	< LD	48,7	< LD	0,0177	0,1020	0,088
A259	2	1722,9 - 1723,0	418	6,30	< LD	37,4	0,036	0,118	< LD	0,004	< LD	93,2	< LD	0,0164	0,0785	0,074
A073	2	4668 - 4673	63,8	5,01	< LD	97,3	0,107	0,035	< LD	0,002	< LD	2,08	< LD	0,0025	0,0143	0,124
A262	2	1632,5 - 1633,5	134	5,21	< LD	44,7	0,021	0,032	< LD	0,003	< LD	38,1	< LD	0,0019	0,0196	0,112
A252	2	1610,6 - 1611,4	86,5	5,56	< LD	98,1	0,146	0,106	< LD	0,005	< LD	6,29	< LD	0,0059	0,0288	0,207
A267	2	1889,4 - 1890,8	396	4,62	0,056	22,8	0,240	0,225	0,005	0,002	< LD	3,6	0,0026	0,0490	0,3720	0,083
A267	2	1985,8 - 1992,8	407	4,23	0,008	20,6	0,234	0,172	0,004	0,003	< LD	41,9	0,0013	0,0253	0,2960	0,082
Moyenne corridor 1			283	5,7	0,018	60,9	0,106	0,099	0,002	0,003	ND	43,4	0,0012	0,0157	0,1255	0,446
Écart-type			142	2,1	0,007	38,8	0,095	0,078	0,001	0,001		26,1	0,0008	0,0109	0,0877	0,738
CV (%)			50	37	39	64	90	79	65	37		60	72	69	70	166
Moyenne corridor 2			287	4,8	0,023	42,6	0,136	0,100	0,003	0,003	ND	33,1	0,0013	0,0184	0,1411	0,110
Écart-type			157	1,1	0,019	28,4	0,088	0,071	0,001	0,001		26,7	0,0009	0,0168	0,1292	0,036
CV (%)			55	22	86	67	65	71	41	36		81	64	92	92	33
Moyenne générale			285	5,2	0,021	51,7	0,121	0,100	0,002	0,003	ND	38,3	0,0012	0,0170	0,1333	0,278
Écart-type			146	1,7	0,015	34,4	0,091	0,073	0,001	0,001		26,3	0,0008	0,0138	0,1080	0,538
CV (%)			51	32	73	67	75	73	57	36		68,8	65	81	81	194

Annexe 5 - Concentration en métaux analysés dans les extraits de Shale issus de l'extraction à pH = 7,0, exprimé en mg/l (LD : limite de détection ; ND : non déterminable).

→ De l'argent (Ag) au potassium (K)

Éch.	Corridor	Profondeur	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Bo	Cd	Ca	Cr	Co	Cu	Fe	Hg	K
LD			0,0005	0,005	0,0002	0,007	0,0002	0,001	0,04	0,0002	0,1	0,0005	0,0005	0,001	0,02	0,0002	0,1
A206	1	105 - 111	< LD	< LD	< LD	0,024	< LD	< LD	< LD	< LD	37	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	1,6
A206	1	116,8 - 117,5	< LD	< LD	< LD	0,036	< LD	< LD	< LD	< LD	19	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	1,4
A203	1	1836 – 1838	< LD	< LD	< LD	0,029	< LD	< LD	< LD	< LD	30,8	< LD	0,0005	< LD	< LD	< LD	3,0
A203	1	1849,5 - 1849	< LD	< LD	< LD	0,029	< LD	< LD	0,06	< LD	73,5	< LD	0,0018	< LD	0,02	< LD	5,4
A250	1	701,1 - 701,5	< LD	< LD	< LD	0,036	< LD	< LD	< LD	< LD	36,4	< LD	0,0011	< LD	< LD	< LD	2,8
A250	1	735,6 - 736	< LD	< LD	< LD	0,016	< LD	< LD	< LD	< LD	9,27	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	2,6
A250	1	743 - 743,5	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,05	< LD	2,71	< LD	0,0011	< LD	0,02	< LD	2,9
A257	1	350,01 - 350,73	< LD	0,031	0,0004	< LD	< LD	< LD	0,08	0,0002	11,5	< LD	< LD	< LD	0,06	< LD	3,6
A257	1	423,9 - 424,2	< LD	0,070	0,0039	0,012	< LD	< LD	0,08	0,0016	5,4	0,0043	< LD	0,003	0,24	< LD	2,0
A257	1	479,6 - 480,5	< LD	0,08	0,0035	< LD	< LD	< LD	0,08	0,0014	7,7	0,0043	< LD	0,002	0,24	< LD	2,6
A257	1	505 - 505,76	< LD	0,046	0,0031	0,069	< LD	< LD	0,07	0,0013	20,5	0,0044	0,0005	0,003	0,23	< LD	2,7
A286	2	1303 - 1304,64	< LD	0,186	0,0058	0,022	< LD	< LD	0,09	0,0018	10,3	0,0063	< LD	0,004	0,28	< LD	2,7
A286	2	1324 - 1324,3	< LD	0,039	0,0035	0,061	< LD	< LD	0,05	0,0014	26,7	0,0042	0,0005	0,003	0,23	< LD	4,0
A259	2	1545,9 - 1546,2	< LD	0,027	< LD	0,038	< LD	< LD	< LD	< LD	19,9	< LD	0,0011	< LD	< LD	< LD	3,9
A259	2	1604,7 - 1605,1	< LD	0,010	< LD	0,088	< LD	< LD	< LD	0,0002	32,2	< LD	0,0005	< LD	< LD	< LD	2,5
A259	2	1677,6 - 1678	< LD	0,023	< LD	0,106	< LD	< LD	< LD	< LD	17,8	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	2,3
A259	2	1722,9 - 1723,0	< LD	0,034	< LD	0,054	< LD	< LD	< LD	0,0004	16,6	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	1,8
A073	2	4668 - 4673	< LD	0,012	< LD	0,011	< LD	< LD	0,06	< LD	3,25	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	4,0
A262	2	1632,5 - 1633,5	< LD	0,196	0,0035	0,026	< LD	< LD	0,10	0,0017	10,4	0,0046	< LD	0,003	0,26	< LD	2,8
A252	2	1610,6 - 1611,4	< LD	0,157	0,0007	< LD	< LD	< LD	0,08	< LD	0,49	< LD	< LD	< LD	0,07	< LD	2,2
A267	2	1889,4 - 1890,8	< LD	0,020	< LD	0,050	< LD	< LD	< LD	< LD	23,5	< LD	< LD	< LD	0,03	< LD	5,9
A267	2	1985,8 - 1992,8	< LD	< LD	< LD	0,045	< LD	< LD	< LD	< LD	29,6	< LD	0,0011	< LD	0,02	< LD	4,0
Moyenne corridor 1			ND	0,057	0,0027	0,031	ND	ND	0,07	0,0011	23,1	0,0043	0,0010	0,003	0,14	ND	2,8
Écart-type				0,022	0,0016	0,018			0,01	0,0006	20,7	0,0001	0,0005	0,001	0,11		1,1
CV (%)				39	58	56			18	56	90	1,3	54	22	83		39
Moyenne corridor 2			ND	0,070	0,0034	0,050	ND	ND	0,08	0,0011	17,3	0,0050	0,0008	0,003	0,15	ND	3,3
Écart-type				0,077	0,0021	0,029			0,02	0,0008	10,4	0,0011	0,0004	0,001	0,12		1,2
CV (%)				109	62	59			27	68	60	22	43	17	82		36
Moyenne générale			ND	0,067	0,0031	0,042	ND	ND	0,07	0,0011	20,2	0,0047	0,0009	0,003	0,14	ND	3,0
Écart-type				0,065	0,0018	0,026			0,02	0,0007	16,3	0,0008	0,0005	0,001	0,11		1,1
CV (%)				98	58	62			22	59	80	17	49	21	79		38

→ Du magnésium (Mg) au zinc (Zn)

Éch.	Corridor	Profondeur	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Sr	Th	U	V	Zn
LD			0,05	0,001	0,005	0,2	0,001	0,001	0,001	0,001	0,005	0,01	0,0005	0,0001	0,0005	0,005
A206	1	105 - 111	2,22	0,0012	< LD	20,3	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,73	< LD	0,0001	0,0006	< LD
A206	1	116,8 - 117,5	1,56	< LD	< LD	21,6	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,576	< LD	< LD	< LD	< LD
A203	1	1836 - 1838	2,12	0,0013	0,041	42,8	0,009	< LD	< LD	< LD	< LD	1,18	< LD	0,0006	< LD	< LD
A203	1	1849,5 - 1849	3,27	0,0177	0,061	68,4	0,013	< LD	< LD	< LD	< LD	2,06	< LD	0,0014	< LD	< LD
A250	1	701,1 - 701,5	2,05	0,0096	0,012	44,0	0,004	< LD	< LD	< LD	< LD	0,949	< LD	0,0005	0,0013	< LD
A250	1	735,6 - 736	0,88	< LD	< LD	47,0	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,494	0,0005	0,0001	0,0012	< LD
A250	1	743 - 743,5	0,42	< LD	0,007	82,9	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,271	< LD	0,0003	0,0009	< LD
A257	1	350,01 - 350,73	1,45	0,0012	0,008	80,2	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	1,17	< LD	0,0007	< LD	< LD
A257	1	423,9 - 424,2	0,61	0,0017	0,018	53,7	0,003	< LD	< LD	< LD	< LD	0,299	< LD	0,0008	0,0030	< LD
A257	1	479,6 - 480,5	0,93	0,0019	< LD	68,6	0,002	< LD	< LD	< LD	< LD	0,471	< LD	0,0002	0,0020	< LD
A257	1	505 - 505,76	2,37	0,0023	< LD	37,1	0,002	< LD	< LD	< LD	< LD	2,67	< LD	0,0001	0,0015	< LD
A286	2	1303 - 1304,64	0,84	0,0029	< LD	37,3	0,002	< LD	< LD	0,0043	< LD	0,756	< LD	0,0001	0,0034	< LD
A286	2	1324 - 1324,3	1,08	0,0021	0,021	28,0	0,006	< LD	< LD	< LD	< LD	0,761	< LD	0,0005	0,0021	< LD
A259	2	1545,9 - 1546,2	1,53	0,0045	0,047	57,4	0,002	< LD	< LD	< LD	< LD	0,841	< LD	0,0009	0,0007	< LD
A259	2	1604,7 - 1605,1	1,59	0,0010	0,026	32,6	0,002	< LD	< LD	< LD	< LD	1,27	< LD	0,0004	0,0008	< LD
A259	2	1677,6 - 1678	0,85	< LD	< LD	42,8	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	1,43	< LD	< LD	< LD	< LD
A259	2	1722,9 - 1723,0	0,80	< LD	< LD	41,3	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	1,42	< LD	0,0001	0,0005	< LD
A073	2	4668 - 4673	0,39	0,0021	0,014	82,0	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,113	< LD	0,0001	0,0005	< LD
A262	2	1632,5 - 1633,5	0,93	0,0022	< LD	41,0	0,002	< LD	< LD	< LD	< LD	0,841	< LD	0,0001	0,0019	< LD
A252	2	1610,6 - 1611,4	0,07	< LD	0,035	69,9	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,065	< LD	< LD	0,0022	< LD
A267	2	1889,4 - 1890,8	1,07	< LD	0,053	33,8	0,003	< LD	< LD	< LD	< LD	0,976	< LD	0,0005	< LD	< LD
A267	2	1985,8 - 1992,8	1,11	< LD	0,021	30,2	0,007	< LD	< LD	< LD	< LD	1,08	< LD	0,0004	< LD	< LD
Moyenne corridor 1			1,63	0,005	0,025	51,5	0,006	ND	ND	ND	ND	0,99	ND	0,0005	0,0015	ND
Écart-type			0,87	0,006	0,022	21,5	0,005					0,76		0,0004	0,0008	
CV (%)			54	130	89	42	82					77		87	53	
Moyenne corridor 2			0,93	0,003	0,031	45,1	0,003	ND	ND	ND	ND	0,87	ND	0,0003	0,0015	ND
Écart-type			0,44	0,001	0,015	17,4	0,002					0,46		0,0003	0,0011	
CV (%)			47	47	47	39	63					53		80	70	
Moyenne générale			1,28	0,004	0,028	48,3	0,004	ND	ND	ND	ND	0,93	ND	0,0004	0,0015	ND
Écart-type			0,76	0,005	0,018	19,4	0,004					0,62		0,0004	0,0009	
CV (%)			60	124	63	40	78					66		85	60	

Annexe 6 - Concentration en métaux analysés dans les extraits de Shale issus de l'extraction en conditions oxydantes, exprimé en mg/l (LD : limite de détection ; ND : non déterminable).

→ De l'argent (Ag) au potassium (K)

Éch.	Corridor	Profondeur	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Bo	Cd	Ca	Cr	Co	Cu	Fe	Hg	K
LD			0,0005	0,005	0,0002	0,007	0,0002	0,001	0,04	0,0002	0,1	0,0005	0,0005	0,001	0,02	0,0002	0,1
A206	1	105 - 111	< LD	45,5	0,2220	1,80	0,0041	< LD	< LD	0,0004	8010	0,0826	0,0402	0,070	142	0,0004	22,8
A206	1	116,8 - 117,5	< LD	141	0,1780	4,18	0,0044	< LD	0,18	0,0005	7920	0,139	0,0352	0,063	189	0,0003	31,9
A203	1	1836 - 1838	< LD	218	0,1750	6,39	0,0065	0,002	0,13	0,0092	4810	0,182	0,1470	0,266	467	0,0010	43,8
A203	1	1849,5 - 1849	< LD	321	0,2270	5,52	0,0075	0,004	0,23	0,0112	4770	0,229	0,218	0,276	589	0,0019	75,1
A250	1	701,1 - 701,5	< LD	154	0,2420	6,47	0,0086	0,001	0,12	0,0019	7020	0,138	0,0805	0,114	234	0,0003	47,9
A250	1	735,6 - 736	< LD	201	0,1940	1,03	0,0084	0,002	0,16	0,0021	6380	0,164	0,0942	0,160	273	0,0004	29,2
A250	1	743 - 743,5	< LD	423	0,1150	3,34	0,0104	0,002	0,21	0,0014	4480	0,267	0,1210	0,149	478	0,0004	83,4
A257	1	350,01 - 350,73	< LD	423	0,0975	2,65	0,0088	0,002	0,20	0,0035	3280	0,311	0,1370	0,250	565	0,0006	95,1
A257	1	423,9 - 424,2	< LD	237	0,1010	1,61	0,0100	0,002	0,14	0,0043	4370	0,174	0,1190	0,233	325	0,0008	15,4
A257	1	479,6 - 480,5	< LD	324	0,1490	1,09	0,0091	0,002	0,24	0,0012	5950	0,248	0,1010	0,103	303	0,0004	15,1
A257	1	505 - 505,76	< LD	151	0,2170	2,47	0,0065	< LD	0,11	0,0016	7060	0,140	0,0598	0,031	238	0,0003	36,6
A286	2	1303 - 1304,64	< LD	137	0,1540	37,6	0,0066	0,001	0,17	0,0055	6530	0,146	0,0952	0,124	274	0,0004	44,5
A286	2	1324 - 1324,3	< LD	111	0,1510	6,34	0,006	0,001	0,08	0,0046	6340	0,108	0,0788	0,101	239	0,0006	34,2
A259	2	1545,9 - 1546,2	0,0005	264	0,1760	12,8	0,0096	0,003	0,09	0,0062	2270	0,195	0,1860	0,474	845	0,0014	54,8
A259	2	1604,7 - 1605,1	< LD	303	0,1510	2,24	0,0084	0,001	0,21	0,0006	6790	0,261	0,0919	0,094	319	< LD	9,8
A259	2	1677,6 - 1678	< LD	124	0,1830	4,66	0,0074	0,002	0,08	0,0032	6270	0,112	0,0840	0,158	314	0,0002	32,4
A259	2	1722,9 - 1723,0	< LD	268	0,1730	3,28	0,0085	0,001	0,19	0,0006	6230	0,255	0,0887	0,108	300	< LD	62,4
A073	2	4668 - 4673	< LD	683	0,0556	5,54	0,0129	0,004	0,20	0,0017	464	0,600	0,2500	0,382	943	0,0008	141
A262	2	1632,5 - 1633,5	< LD	337	0,2010	1,14	0,0100	< LD	0,30	0,0040	6890	0,303	0,0885	0,159	279	0,0022	87,0
A252	2	1610,6 - 1611,4	< LD	598	0,0365	7,43	0,0106	0,003	0,18	0,0023	512	0,472	0,1820	0,378	784	0,0004	113
A267	2	1889,4 - 1890,8	< LD	188	0,1790	14,70	0,0078	0,002	0,15	0,0041	5750	0,153	0,1230	0,203	410	0,0008	33,6
A267	2	1985,8 - 1992,8	< LD	128	0,1650	4,30	0,0064	0,002	0,10	0,0041	6030	0,121	0,1110	0,183	333	0,0007	37,7
Moyenne corridor 1			ND	237	0,1724	4,07	0,0076	0,002	0,17	0,0035	5788	0,1862	0,1039	0,157	351	0,0006	46,4
Écart-type				122	0,0518	2,56	0,0021	0,001	0,05	0,0036	1571	0,0690	0,0531	0,088	152	0,0005	27,2
CV (%)				51	30	63	27	39	30	101	27	37	51	56	43	80	58
Moyenne corridor 2			ND	286	0,1477	9,09	0,0056	0,002	0,16	0,0034	4916	0,2478	0,1254	0,215	458	0,0008	59,1
Écart-type				193	0,0526	10,33	0,0021	0,001	0,07	0,0019	2525	0,1593	0,0559	0,133	262	0,0006	39,4
CV (%)				68	36	114	24	53	43	56	51	64	45	62	57	74	67
Moyenne générale			ND	261	0,1601	6,58	0,0081	0,002	0,16	0,0035	5352	0,2170	0,1146	0,186	404	0,0007	52,8
Écart-type				159	0,0525	7,78	0,0021	0,001	0,06	0,0028	2100	0,1239	0,0543	0,114	216	0,0006	33,7
CV (%)				61	33	118	26	46	36	81	39	57	47	61	54	77	64

→ Du magnésium (Mg) au zinc (Zn)

Éch.	Corridor	Profondeur	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Sr	Th	U	V	Zn
LD			0,05	0,001	0,005	0,2	0,001	0,001	0,001	0,001	0,005	0,01	0,0005	0,0001	0,0005	0,005
A206	1	105 - 111	319	3,9	< LD	6,9	0,107	0,071	< LD	0,003	< LD	32,0	0,0010	0,0119	0,0544	< LD
A206	1	116,8 - 117,5	215	4,24	< LD	9,3	0,104	0,043	< LD	0,004	< LD	32,3	0,0018	0,017	0,107	0,033
A203	1	1836 – 1838	296	3,27	0,07	10,7	0,707	0,207	< LD	0,014	< LD	17,4	0,0226	0,0623	0,371	0,360
A203	1	1849,5 - 1849	276	2,93	0,063	15,3	0,905	0,262	< LD	0,018	< LD	15,3	0,0427	0,0523	0,294	0,536
A250	1	701,1 - 701,5	208	5,42	0,013	14,6	0,217	0,334	< LD	0,005	0,008	22,3	0,0037	0,0172	0,164	0,945
A250	1	735,6 - 736	247	4,35	0,019	17,6	0,263	0,337	< LD	0,007	< LD	24,3	0,0042	0,0245	0,243	1,620
A250	1	743 - 743,5	278	5,49	0,009	21,0	0,293	0,249	< LD	0,006	< LD	14,7	0,0046	0,0256	0,23	0,449
A257	1	350,01 - 350,73	291	4,94	0,018	18,4	0,433	0,23	< LD	0,002	< LD	15,9	0,0036	0,0243	0,292	0,402
A257	1	423,9 - 424,2	182	3,93	0,022	15,4	0,387	0,161	< LD	0,005	< LD	19,2	0,0059	0,04	0,354	0,248
A257	1	479,6 - 480,5	212	4,44	0,006	24,7	0,272	7,28	< LD	< LD	< LD	25,4	0,0024	0,0164	0,163	0,129
A257	1	505 - 505,76	260	4,85	0,006	10,4	0,129	0,105	< LD	< LD	0,006	43,2	< LD	0,0085	0,0828	< LD
A286	2	1303 - 1304,64	329	3,19	0,023	10,0	0,333	0,123	< LD	0,003	0,008	31,4	0,0052	0,0276	0,268	0,922
A286	2	1324 - 1324,3	290	3,13	0,018	7,9	0,295	0,116	< LD	0,002	< LD	30,8	0,0044	0,0266	0,224	< LD
A259	2	1545,9 - 1546,2	457	4,98	0,08	11,3	0,592	0,317	< LD	0,014	< LD	8,82	0,0119	0,0571	0,427	0,715
A259	2	1604,7 - 1605,1	300	3,95	< LD	14,3	0,21	0,108	< LD	0,004	< LD	30,3	0,0017	0,0118	0,131	0,238
A259	2	1677,6 - 1678	330	3,59	0,03	8,8	0,31	0,169	< LD	0,007	< LD	28,3	0,0038	0,0435	0,249	0,138
A259	2	1722,9 - 1723,0	291	3,96	< LD	14,3	0,233	0,140	< LD	0,004	< LD	29,2	0,0023	0,0134	0,153	0,296
A073	2	4668 - 4673	416	7,56	0,025	19,7	0,745	0,389	< LD	0,002	0,006	2,05	0,0056	0,0178	0,515	0,623
A262	2	1632,5 - 1633,5	268	5,14	< LD	15,0	0,203	0,086	< LD	< LD	0,005	31,9	< LD	0,0052	0,16	0,471
A252	2	1610,6 - 1611,4	318	5,44	0,021	17,8	0,609	0,362	< LD	0,002	0,005	3,97	0,0033	0,017	0,419	0,731
A267	2	1889,4 - 1890,8	259	3,45	0,083	9,6	0,426	0,206	< LD	0,007	0,019	25,9	0,0049	0,0407	0,369	0,125
A267	2	1985,8 - 1992,8	248	3,40	0,028	9,1	0,381	0,160	< LD	0,006	< LD	26,6	0,0035	0,0456	0,298	0,057
Moyenne corridor 1			261	4,25	0,027	14,4	0,353	0,828	ND	0,007	ND	24,0	0,0094	0,0284	0,2174	0,384
Écart-type			50	0,87	0,024	5,4	0,253	2,14		0,005		9,0	0,0132	0,0174	0,1097	0,262
CV (%)			19	21	90	37	72	259		74		37	142	61	50	68
Moyenne corridor 2			319	4,34	0,039	12,5	0,394	0,198	ND	0,005	0,009	22,7	0,0047	0,0278	0,2921	0,432
Écart-type			65	1,33	0,027	3,9	0,181	0,108		0,004	0,006	11,6	0,0028	0,0167	0,1264	0,303
CV (%)			20	31	70	31	46	55		72	69	51	61	60	43	70
Moyenne générale			290	4,30	0,033	13,4	0,373	0,513	ND	0,006	0,008	23,3	0,0070	0,0281	0,2547	0,409
Écart-type			64	1,10	0,025	4,7	0,216	1,515		0,005	0,005	10,2	0,0096	0,0166	0,1217	0,278
CV (%)			22	26	78	35	58	295		75	61	44	137	59	48	68

Annexe 8 - Caractérisation exhaustive des eaux usées gazières provenant des Shales de l'Utica et de Marcellus

	Résultats de caractérisation d'eaux usées non traitées provenant du forage ou de la fracturation hydraulique de puits de gaz de shale au Québec (2008-2011) ⁽¹⁾				Concentrations typiques des eaux usées non traitées d'échantillons limités de Pennsylvanie et Virginie-Occidentale, (URS CORP, 2009; Palmerton 2009) ^(1,2)		
	Shale d'Utica				Shale de Marcellus		
Contaminants	Concentration avant traitement (mg/L)				Concentration avant traitement (mg/L)		
	Méd	Min	Max	Fréquence de détection	Min	Max	Fréquence de détection
Chimie générale							
Acidité totale					-169	874	19/19
Alcalinité					0	384	170/170
Alcalinité carbonate					0	48336	163/164
Alcalinité totale					28	94	5/5
Azote ammoniacal	5	0,16	16	36/36	29	232	16/16
Azote kjeldahl	11	1,8	44	11/11	38	585	25/25
Azote total sous forme de N					13	13	1/1
Carbone organique total	140	25	370	4/4	69	1080	23/28
Chlorures	2295	80	16380	34/34	287	228000	208/208
Coliformes totaux (Col/100mL)					1	83	2/5
Comptage de bactéries hétérotrophiques sur plaque (CFU/mL)					25	565	3/5
Conductivité (pmhos/cm)	11580	4620	11900	5/5	1	165000	30/31
Couleur vraie (PCU)	59	23	94	2/2	200	1250	3/3
Cyanures	NA	0,003	0,041	5/11	0,006	0,019	2/7
DBO5	160	4	675	17/17	3	4450	37/38
DCO	701	95	13440	30/30	223	33300	38/38
Densité du fluide (lb/gal)					8,4	9,2	145/145
Dureté (par calcul) (mg CaCO ₃ /L)					203	98000	186/186
Fluorures	2,5	1	6	3/5	5,2	780	2/4
Gravité spécifique					0	1,2	150/154
Huiles et graisses totales	2,8	1	91	3/6	5	1470	14/48
MES	40	7	643	18/18	6	2080	59/59
Nitrates	5,5	0,1	11	1/2			
Nitrites	12	0,1	24	1/2	0,025	0,025	1/1
Nitrites-nitrates	0,25	0,02	36	11/21			
pH	8	6,4	9,7	35/35	0	8,6	206/206
Salinité (%)					0,9	14	145/145
Solides dissous totaux	6390	2480	7190	5/5	1530	337000	209/209
Sulfates (SO ₄)	60	30	170	12/12	0	1270	176/209
Sulfites (SO ₃)					2,6	64	3/3
Sulfures totaux	NA	0,02	0,78	2/10	30	30	1/8
Surfactants					0,1	0,61	12/12
Température (°C)					0	32	31/31
Température (°F)					25	76	145/145
Métaux et ions majeurs							
Aluminium	NA	5	5	0/5	0,02	11100	15/59
Aluminium dissous					0,2	490	3/38
Antimoine	NA	0,05	0,05	0/5	0,02	50	2/36
Antimoine dissous					0,02	50	1/2
Argent	NA	0,02	0,02	0/5	0,01	6,3	3/59
Argent dissous					0,01	0,11	2/38
Arsenic	0,013	0,001	0,08	6/8	0,015	0,15	9/59
Arsenic dissous					0,03	0,15	1/16

	Résultats de caractérisation d'eaux usées non traitées provenant du forage ou de la fracturation hydraulique de puits de gaz de shale au Québec (2008-2011) ⁽¹⁾				Concentrations typiques des eaux usées non traitées d'échantillons limités de Pennsylvanie et Virginie-Occidentale, (URS CORP, 2009;Palmerston 2009) ^(1,2)		
	Shale d'Utica				Shale de Marcellus		
Contaminants	Concentration avant traitement (mg/L)				Concentration avant traitement (mg/L)		
	Méd	Min	Max	Fréquence de détection	Min	Max	Fréquence de détection
Baryum	2,0	1	3	8/10	0,55	15700	63/64
Baryum dissous					0,18	19200	38/38
Béryllium	NA	0,5	0,5	0/5	0,001	422	1/59
Béryllium dissous					0,001	0,001	0/16
Bismuth	NA	0,2	0,2	0/4			
Bore	2,5	1,3	12	6/10	0,54	27	9/23
Bromures					11	3070	30/30
Cadmium	NA	0,001	0,05	0/16	0,007	1,2	6/58
Cadmium dissous					0,01	0,05	2/37
Calcium	NA	100	155	2/5	30	123000	202/203
Calcium dissous					21	31500	19/19
Chrome	NA	0,01	0,5	2/15	0,009	760	11/59
Chrome dissous					0,05	0,092	2/38
Chrome (VI) dissous					0,013	7,8	10/19
Cobalt	NA	1	1	0/15	0,03	0,62	6/30
Cobalt dissous					0,49	0,49	1/19
Cuivre	NA	0,003	0,5	2/15	0,01	1,7	15/59
Cuivre dissous					0,01	0,44	6/16
Étain	NA	0,5	0,5	0/5			
Fer	2,5	0,5	9,1	8/12	0	810	184/209
Fer dissous					0,0071	196	42/50
Lithium					4,5	297	29/29
Lithium dissous					4,2	163	20/20
Magnésium	12	10	27	3/5	9	3190	196/209
Magnésium dissous					27	3160	19/19
Magnésium (en CaCO ₃)					36	8208	145/145
Manganèse	NA	0,5	0,5	0/5	0,003	98	45/59
Manganèse dissous					0,28	18	28/38
Mercuré	NA	0,0001	0,002	1/12	0,0006	0,59	2/30
Molybdène	NA	0,5	0,5	0/5	0,16	1,1	12/34
Nickel	NA	0,01	0,5	5/16	0,01	0,14	17/59
Nickel dissous					0,03	0,11	2/38
Plomb	NA	0,002	0,4	5/16	0,008	27	11/59
Plomb dissous					0,01	0,44	4/19
Phosphore	NA	0,01	1,7	7/21	0,89	4,5	3/3
Potassium	15	7	34	5/5	16	7810	33/49
Potassium dissous					25	7080	19/19
Sélénium	NA	0,5	0,5	0/1	0,058	0,18	2/36
Sélénium dissous					0,07	1,1	2/24
Sodium	2510	952	3260	5/5	83	96700	57/58
Sodium dissous					1400	77400	19/19
Strontium					0,50	5841	48/48
Strontium dissous					8,5	7290	32/33
Thallium	NA	1	1	0/5	0,02	0,26	2/36
Thallium dissous					0,02	0,05	0/2
Titane	NA	0,1	0,1	0/4	0,06	0,06	1/25

	Résultats de caractérisation d'eaux usées non traitées provenant du forage ou de la fracturation hydraulique de puits de gaz de shale au Québec (2008-2011) ⁽¹⁾				Concentrations typiques des eaux usées non traitées d'échantillons limités de Pennsylvanie et Virginie-Occidentale, (URS CORP, 2009;Palmerston 2009) ^(1,2)		
	Shale d'Utica				Shale de Marcellus		
Contaminants	Concentration avant traitement (mg/L)				Concentration avant traitement (mg/L)		
	Méd	Min	Max	Fréquence de détection	Min	Max	Fréquence de détection
Uranium	NA	0,5	0,5	0/1			
Vanadium	NA	0,5	0,5	0/5	40	40	1/24
Zinc	0,3	0,016	7,5	8/16	0,01	8570	25/59
Zinc dissous					0,01	1,0	10/38
Hydrocarbures pétroliers							
C ₆ -C ₁₀ (F1)	0,35	0,2	0,5	2/2			
C ₆ -C ₁₀ (F1 minus BTEX)	0,35	0,2	0,5	2/2			
C ₁₀ -C ₁₆ (F2)	9,7	1	18	2/2			
C ₁₆ -C ₃₄ (F3)	4,5	0,6	8,4	2/2			
C ₃₄ -C ₅₀ (F4)	0,4	0,3	0,5	2/2			
C ₁₀ -C ₅₀ (F2+F3+F4)	15	1,9	27	2/2			
C ₁₀ -C ₅₀ totaux	2,4	0,19	100	21/21	0,21	0,21	1/1
COV et COSV							
Acétate de vinyle					0,0005	0,005	0/19
Acétate de tert-Butyl					0,0025	0,05	1/17
Acétone					0,0025	10	11/22
tert-Butanol					0,0025	0,31	2/19
Benzène	NA	0,0002	0,0091	7/2	0,0005	2,0	18/54
Bromobenzène					0,0005	0,005	0/19
Bromoéthane					0,0005	0,02	0/19
Tribromométhane (Bromoforme)					0,0005	0,05	0/19
n-Butylbenzène					0,0005	1,0	2/19
sec-Butylbenzène					0,0005	0,13	1/19
tert-Butylbenzène					0,0005	0,0091	1/19
Chlorobenzène	NA	0,0002	0,0002	0/2	0,0005	0,005	0/19
Dibromochlorométhane					0,0005	0,02	2/45
Trichlorométhane (Chloroforme)	NA	0,001	0,001	0/2	0,0005	0,012	2/19
Chlorométhane					0,0005	0,016	1/45
Chloroéthane					0,0005	0,005	0/19
Chloroéthène (Chlorure de vinyle)	NA	0,0002	0,0002	0/2	0,0005	0,01	1/19
1,2-Dibromo-3-Chloropropane (DBCP)					0,0005	0,005	0/19
o-Chlorotoluène (2-Chlorométhylbenzène)					0,0005	0,005	0/19
p-Chlorotoluène (4-Chlorométhylbenzène)					0,0005	0,005	0/19
1,2-Dibromoéthane					0,0005	0,02	0/19
Dibromométhane					0,0005	0,005	0/19
1,2-Dichlorobenzène	NA	0,0002	0,0002	0/2	0,0005	0,005	0/19
1,3-Dichlorobenzène	NA	0,0001	0,0001	0/2	0,0005	0,005	0/19
1,4-Dichlorobenzène	NA	0,0002	0,0002	0/2	0,0005	0,005	0/19
Dichlorodifluorométhane					0,0005	0,005	0/19
1,1-Dichloroéthane	NA	0,0002	0,0002	0/2	0,0005	0,005	0/19
1,2-Dichloroéthane	NA	0,0001	0,0001	0/2	0,0005	0,052	3/19
1,1-Dichloroéthène	NA	0,001	0,001	0/2	0,0005	0,005	0/19

	Résultats de caractérisation d'eaux usées non traitées provenant du forage ou de la fracturation hydraulique de puits de gaz de shale au Québec (2008-2011) ⁽¹⁾				Concentrations typiques des eaux usées non traitées d'échantillons limités de Pennsylvanie et Virginie-Occidentale, (URS CORP, 2009; Palmerton 2009) ^(1,2)		
	Shale d'Utica				Shale de Marcellus		
Contaminants	Concentration avant traitement (mg/L)				Concentration avant traitement (mg/L)		
	Méd	Min	Max	Fréquence de détection	Min	Max	Fréquence de détection
1,2-(cis+trans)Dichloroéthène	NA	0,0002	0,0002	0/2			
cis-1,2-Dichloroéthène	NA	0,0002	0,0002	0/2	0,0005	0,005	0/19
trans-1,2-Dichloroéthène	NA	0,0002	0,0002	0/2	0,0005	0,005	0/19
Dichlorométhane	NA	0,0009	0,0009	0/2	0,0005	0,001	2/19
1,2-Dichloropropane	NA	0,0001	0,0001	0/2	0,0005	0,005	0/19
1,3-Dichloropropane	NA	0,0001	0,0001	0/2	0,0005	0,005	0/19
2,2-Dichloropropane					0,0005	0,01	0/19
1,1-Dichloropropène					0,0005	0,005	0/19
trans-1,3-Dichloropropène	NA	0,0001	0,0001	0/2	0,0005	0,005	0/19
Disulfure de carbone					0,0005	0,12	2/19
1-4 Dioxane					0,0025	15	1/19
Éthylbenzène	NA	0,0001	0,0028	3/7	0,0005	0,049	2/19
Hexachlorobuta-1,3-diène					0,0005	0,005	0/19
Hexachloroéthane	NA	0,0001	0,0001	0/2			
2-Hexanone					0,0005	0,025	0/19
Isopropylbenzène					0,0005	0,0064	2/19
4-Isopropyltoluène					0,0005	0,15	3/19
Butan-2-one (Méthyl éthyl cétone)					0,0005	0,025	1/19
MTBE Méthyl Tert-butyl éther (2-méthoxy-2-méthylpropane)					0,0005	0,005	0/19
MIBK Méthylisobutylcétone (4-méthylpentan-2-one)					0,0005	0,025	0/19
Naphtalène					0,0005	1,3	9/42
PCTFB (p-Chloro trifluorométhyl					0,0005	0,005	0/19
Pentachloroéthane	NA	0,0004	0,0004	0/2			
Propylbenzène					0,0005	0,040	4/19
Styrène	NA	0,0001	0,0001	0/2	0,0005	0,1	1/19
1,1,1,2-Tétrachloroéthane					0,0005	0,005	0/19
1,1,2,2-Tétrachloroéthane	NA	0,0001	0,0001	0/2	0,0005	0,005	0/19
Tétrachloroéthène	NA	0,0002	0,0002	0/2	0,0005	0,005	1/45
Tétrachlorométhane (Tétrachlorure de carbone)	NA	0,0002	0,0002	0/2			
Toluène (Méthylbenzène)	NA	0,0005	0,011	4/7	0,0005	3,2	19/57
1,2,3-Trichlorobenzène					0,0005	0,005	0/19
1,2,4-Trichlorobenzène					0,0005	0,005	0/19
Trichlorofluorométhane					0,0005	0,005	0/19
1,2,3-Trichloropropane					0,0005	0,005	0/19
1,1,1-Trichloroéthane	NA	0,0002	0,0002	0/2	0,0005	0,005	0/19
1,1,2-Trichloroéthane	NA	0,0001	0,0001	0/2	0,0005	0,005	0/19
Trichloroéthène	NA	0,0001	0,0001	0/2	0,0005	0,005	0/19
1,2,4-Triméthylbenzène					0,0044	1,2	8/19
1,3,5-Triméthylbenzène					0,0022	0,26	7/19
Xylènes	NA	0,0004	0,0059	3/7	0,015	2,7	15/38
m,p-Xylène					0,0006	1,1	7/19
o-Xylène					0,0005	0,22	6/19

	Résultats de caractérisation d'eaux usées non traitées provenant du forage ou de la fracturation hydraulique de puits de gaz de shale au Québec (2008-2011) ⁽¹⁾				Concentrations typiques des eaux usées non traitées d'échantillons limités de Pennsylvanie et Virginie-Occidentale, (URS CORP, 2009; Palmerton 2009) ^(1,2)		
	Shale d'Utica				Shale de Marcellus		
Contaminants	Concentration avant traitement (mg/L)				Concentration avant traitement (mg/L)		
	Méd	Min	Max	Fréquence de détection	Min	Max	Fréquence de détection
Composés phénoliques							
3-Chlorophénol	NA	0,001	0,001	0/5			
4-Chlorophénol	NA	0,001	0,001	0/5			
Chlorophénols (Substances phénoliques)	NA	0,001	0,001	0/5			
2-Méthylphénol (o-Crésol)	0,01	0,0022	0,023	5/5			
4-Méthylphénol (p-Crésol)	0,006	0,001	0,073	3/5			
2,3-Dichlorophénol	NA	0,001	0,001	0/5			
2,4+2,5-Dichlorophénol	NA	0,001	0,001	0/5			
2,6-Dichlorophénol	NA	0,001	0,001	0/5			
3,4-Dichlorophénol	NA	0,001	0,001	0/5			
3,5-Dichlorophénol	NA	0,001	0,001	0/5			
2,4-Diméthylphénol	0,001	0,001	0,0067	3/5			
4-Nitrophénol	9	0,0016	0,014	5/5			
Pentachlorophénol	NA	0,001	0,001	0/5			
Phénol	0,002	0,0013	0,044	5/5	0,46	0,46	1/20
2,3,4,6-Tétrachlorophénol	NA	0,001	0,001	0/5			
2,3,5,6-Tétrachlorophénol	NA	0,001	0,001	0/5			
2,4,5-Trichlorophénol	NA	0,001	0,001	0/5			
2,4,6-Trichlorophénol	0,009	0,0016	0,014	5/5			
Phénols					0,05	0,4	5/35
subs. Phénoliques 4AAP	0,0035	0,002	0,12	8/12			
subs. Phénoliques GC/MS	0,031	0,0059	0,17	5/5			
subs. Phénoliques chlorés GC/MS	0,0086	0,001	0,0137	4/5			
Glycols							
Éthylène glycol					0,001	0,13	9/15
1,2-Propanediol					0,001	0,16	5/15
Biphényles polychlorés							
BPC totaux (ug/l)	NA	0,02	0,02	0/3			
Tétrahydrofurane					0,001	0,02	0/19
Dioxines et furanes (équivalent toxique) (pg/l)	0,033	0,0018	1,1	4/4			
Trihalométhanes							
Tribromométhane (Bromoforme)					0,035	0,039	2/26
Bromodichlorométhane					0,0022	0,0022	1/29
Radionucléides							
Césium 137 ¹⁰⁷ (pCi/L)					9,9	11	2/16
PB 212 (pCi/L)					4	1430	14/14
PB 214 (pCi/L)					0	2200	10/14
RA 226 (pCi/L)					63	9280	14/14
RA 228 (pCi/L)					0	1360	12/14
Uranium 235 (pCi/L)					0	20	1/14
Uranium 238 (pCi/L)					0	497	2/14

	Résultats de caractérisation d'eaux usées non traitées provenant du forage ou de la fracturation hydraulique de puits de gaz de shale au Québec (2008-2011) ⁽¹⁾				Concentrations typiques des eaux usées non traitées d'échantillons limités de Pennsylvanie et Virginie-Occidentale, (URS CORP, 2009; Palmerton 2009) ^(1,2)		
	Shale d'Utica				Shale de Marcellus		
Contaminants	Concentration avant traitement (mg/L)				Concentration avant traitement (mg/L)		
	Méd	Min	Max	Fréquence de détection	Min	Max	Fréquence de détection
Autres							
Antitarte					315	1346	145/145
Bicarbonates					0	1708	150/150
Phtalate de bis(2-éthylhexyle) (di-2-éthylhexylphtalate)					0,010	0,025	2/20
Bromométhane					0,0020	0,002	1/26
Non-Règlementé dans l'État de New York							
Barium Strontium P.S.					17	6400	145/145
Dioxyde de carbone					193	294	5/5
Zirconium					0,054	0,054	1/19
Essais de toxicité							
Toxicité aiguë daphnies UT _a	68	11	91				
Toxicité aiguë truite abs/prés	Létale-1	Létale-1	Non Létale-3				
Toxicité aiguë méné-tête-de-boule	1	1	1,6				

PC/2013-07-22

PC/2013-08-01

Valeur sous la limite de détection
Analyses effectuées aux USA
mais pas au Québec

⁽¹⁾ Résultats de caractérisation d'eaux usées non traitées, provenant du forage ou de la fracturation de 18 différents puits de gaz de Shale au Québec.

⁽²⁾ Résultats provenant de la compilation des données de URS Corp (2009) dans NYSDEC (2011) et de Palmerton (2009).

NA : Non applicable

UT_a : Unité de toxicité aiguë

Annexe 9 – Résultats pour les contaminants dont les concentrations dans les eaux usées gazières sont supérieures aux indicateurs de qualité pré-établis.

Tableau 1 – Contaminants présents en concentration significative en regard de leur toxicité potentielle sur la vie aquatique

Contaminants	Concentrations maximales avant traitement (mg/l)	100 X CVAC (mg/l)
Chimie générale		
Azote ammoniacal total	15,8	190 / 120 ⁽²⁾
Chlorures	16 380	23 000
Cyanures	0,041	0,5
DBO₅	675	300
Fluorures	6	20
MES	643,3	[naturelle] + 500
Nitrites	24	20*
Sulfures totaux	0,78	0,036 ⁽⁴⁾
Phosphore	1,7	3
Métaux et ions		
Argent	< 0,02**	0,01
Baryum	3	21***
Béryllium	< 0,5**	0,041***
Bore	12	500
Cadmium	< 0,05**	0,0016***
Chrome	< 0,5	4,9* - 1,1 ⁽¹⁾
Cobalt	< 1	10
Cuivre	< 0,5	0,52*
Fer	9,1	130
Nickel	< 0,5	2,9*
Plomb	0,4	0,13***
Sélénium	< 0,5	0,5
Thallium	< 1**	0,72
Uranium	< 0,5	1,4
Vanadium	< 0,5	1,2
Zinc	7,5	6,7***
Autres		
Hydrocarbures pétroliers C₁₀ - C₅₀	100	20⁽³⁾
Toluène	0,0112	0,2
Méthylphénol, 4-	0,0726	2,5
Tétrachlorophénol, 2,3,5,6-	< 0,001	0,038
Trichlorophénol, 2,4,6-	0,0137	0,5
Légende :		
Concentration maximale plus de 100 fois supérieure au CVAC		
*Indice calculé pour une concentration de chlorures >10 mg/L		

Contaminants	Concentrations maximales avant traitement (mg/l)	100 X CVAC (mg/l)
**Concentration maximale en dessous de la limite de détection qui est plus de 100 fois supérieure au CVAC		
***Indice calculé pour une dureté de 50 mg/l CaCO ₃ .		
(1): Valeurs établies pour le chrome III et chrome VI.		
(2): Valeur établie pour un pH de 7,5 et une température de 7 et 20 °C.		
(3): Valeur établie pour les hydrocarbures pétroliers de type essence, diésel ou huile à chauffage.		
(4): Valeur établie pour le sulfure d'hydrogène et appliquée pour les sulfures totaux.		

Tableau 2 – Contaminants présents en concentration significative en regard de leur potentiel à expliquer une toxicité globale sur la vie aquatique à partir d'essais de toxicité réglementés

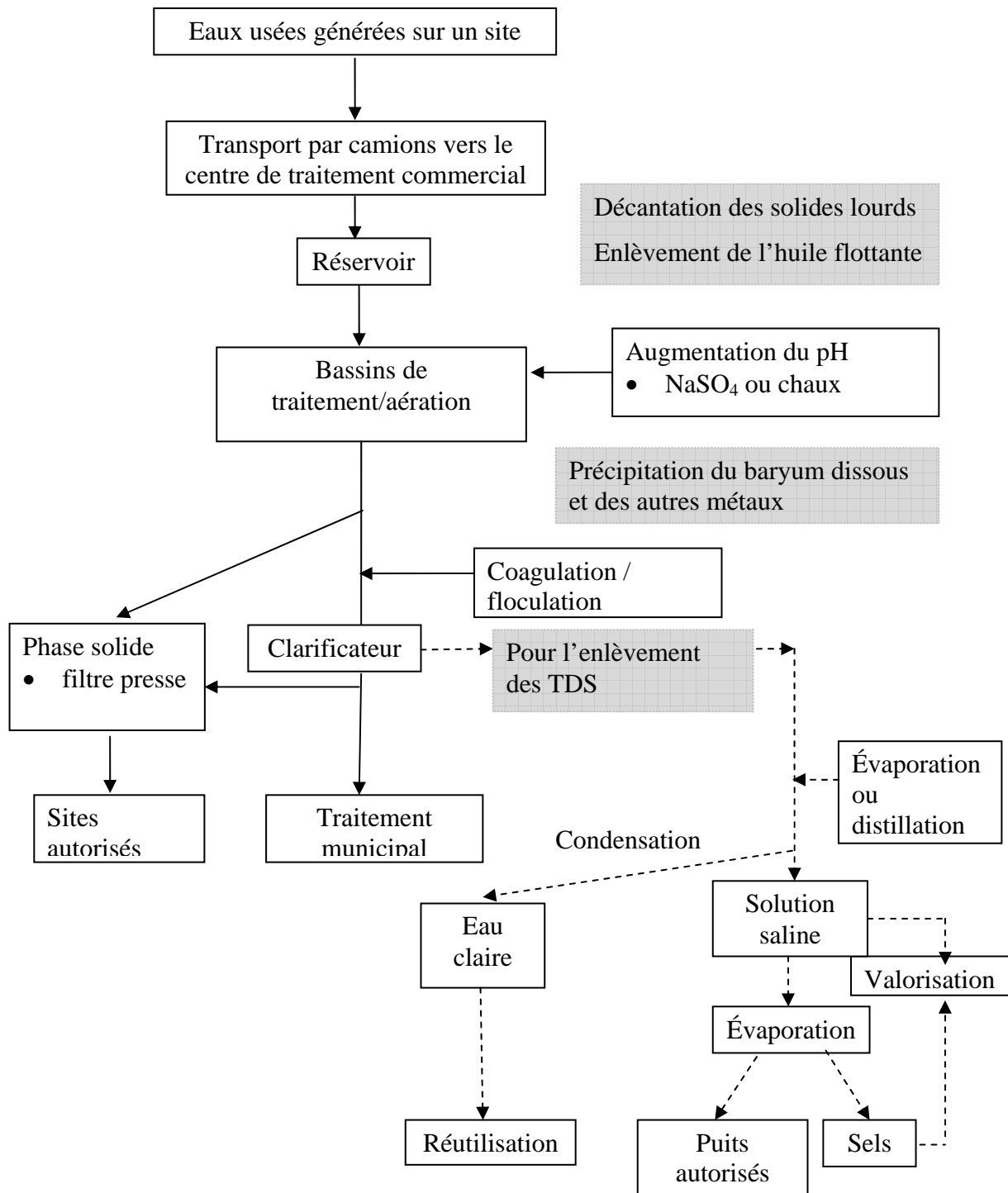
Contaminants	Concentrations maximales avant traitement (mg/L)	VAFe (mg/L)
Chimie générale		
chlorures	16380	1720
nitrites	36	0,6
Métaux		
aluminium	< 5**	1,5 (pH entre 6,5 et 9)
argent	< 0,02**	0,0012*
baryum	3	1,2*
béryllium	< 0,5**	0,0075*
cadmium	< 0,05**	0,0021*
chrome	< 0,5	0,032 (CrVI)
cobalt	< 1**	0,74
cuivre	< 0,5**	0,015*
fer	9,1	6,9
plomb	0,4	0,068*
sélénium	< 0,5**	0,12
thallium	< 1**	0,094
vanadium	< 0,5**	0,13*
Autres		
hydrocarbures pétroliers C₁₀ - C₅₀	100	5,5⁽¹⁾
Légende :		
Concentration maximale supérieure à la VAF		
*La toxicité de ce métal varie avec la dureté du milieu récepteur. Critère calculé pour une dureté de 50 mg/l CaCO ₃ .		
**Concentration maximale en dessous de la limite de détection qui est supérieure à la VAFe		

Contaminants	Concentrations maximales avant traitement (mg/L)	VAFe (mg/L)
(1): Valeur établie pour les hydrocarbures pétroliers de type essence, diésel ou huile à chauffage.		

Tableau 3 – Présence potentielle de contaminants bioaccumulables dans les eaux usées gazières au Québec.

Substances	Concentrations avant traitement (mg/L)	100 X CPCO sauf pour les SPTB ⁽²⁾ (mg/L)
Métaux		
Arsenic	< 0,08	2,1
Mercuré	0,002	1,8E-06
Plomb	0,4	19
Thallium	< 1**	0,047
Autres		
Substances phénoliques GC/MS	0,167	0,5 ⁽¹⁾
Substances phénoliques chlorées GC/MS	0,0137	0,1 ⁽¹⁾
BPC totaux (ug/l)	< 0,02**	6,4E-08
Dioxines et furanes chlorés (pg/l)	1,14	5,1E-12
Légende :		
Concentration maximale 100 fois supérieure au CPCO		
** Concentration maximale en dessous de la limite de détection qui est supérieure à 100 CPCO		
⁽¹⁾ Critères basés sur des effets organoleptiques		
⁽²⁾ SPTB : substance persistante, toxique et bioaccumulable : mercure, BPC, dioxines et furanes chlorés		

Annexe 10 – Exemple de chaîne de traitement commerciale des eaux usées de l'industrie gazière utilisée en Pennsylvanie



Tiré de: US Energy Department, July 2010. Water Management Technologies Used by Marcellus Shale Gas Producers. Adapté par IGUay 2010-09-27 et JRochefort 2010-10-06