

Revue des technologies de traitement des eaux usées disponibles ainsi que de leur efficacité en regard des substances à risque

Étude E4-2

Préparée par le Service des eaux industrielles de la Direction des politiques de l'eau

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

Décembre 2012

Développement durable,
Environnement,
Faune et Parcs

Québec 

Mise en contexte

L'évaluation environnementale stratégique (ÉES) sur le gaz de schiste vise à comprendre et à documenter les impacts environnementaux, économiques et sociaux du développement du potentiel gazier au Québec. Dans le cadre de son plan de réalisation, le Comité de l'ÉES propose la réalisation de l'étude suivante :

Revue des technologies de traitement des eaux usées disponibles ainsi que de leur efficacité en regard des substances à risque. (E4-2)

Le Service des eaux industrielles de la Direction des politiques de l'eau du MDDEFP a répondu à cette requête en produisant le présent avis technique.

1. Description des technologies disponibles

Le choix des technologies de traitement dépend principalement des volumes d'eau usée à traiter, des types de contaminants présents et de leurs concentrations. La qualité des eaux traitées qui doit être obtenue en fonction du mode de gestion ou d'élimination de ces eaux oriente également le choix des technologies de traitement.

Il existe une multitude de contaminants dans les eaux usées générées par l'industrie du gaz de schiste. Sans les nommer un à un, les contaminants présents peuvent être répartis en quatre catégories :

- ▶ Matières en suspension inorganiques (ex. : sable, gravier et pierres) et organiques (ex. : hydrocarbures, huiles et graisses, colloïdes et bactéries);
- ▶ Matières inorganiques dissoutes (ex. : métaux lourds, sulfates, nitrites et nitrates);
- ▶ Matières organiques dissoutes (ex. : benzène, toluène, éthylbenzène, xylène, phénols et acides organiques);
- ▶ Sels dissous (ex. : chlorures et bromures).

1.1 Matières en suspension inorganiques et organiques

L'enlèvement des solides grossiers, tels le sable et le gravier, peut consister en une simple **décantation** gravitaire dans un **bassin** ou dans un **décanteur**. Il existe plusieurs types de décanteurs (à flux horizontal ou vertical, lamellaires, etc.). Il est à noter que ces solides doivent être retirés dans un premier temps afin d'éviter d'endommager des pompes ou de nuire aux étapes suivantes du traitement.

Lorsque les solides sont trop fins pour décanter rapidement et lorsque l'emploi de coagulants et de floculants est indésirable, les **hydrocyclones** peuvent constituer une option intéressante. La séparation s'effectue au moyen de la force centrifuge qui est produite par le mouvement tourbillonnaire de l'eau. La force centrifuge produite est beaucoup plus élevée que celle de la gravité. Les **hydrocyclones** peuvent enlever plus de 90 % des solides dont le diamètre est aussi petit que quelques dizaines de microns.

On peut également retirer les hydrocarbures ou les huiles et graisses, dont la gravité est inférieure à celle de l'eau et qui ne sont pas dissous ou émulsifiés, en récupérant la phase flottante à l'aide d'écumoirs dans un **bassin** ou dans un **séparateur d'eau et d'huile** de type gravitaire. Il existe plusieurs types de séparateurs gravitaires (ex. : conventionnels, lamellaires et coalescents).

Il est à noter que, dans la majorité des cas et particulièrement aux États-Unis, l'industrie du gaz de schiste utilise les bassins de stockage d'eaux usées pour décanter les solides grossiers et récupérer les phases flottantes (hydrocarbures ou huiles et graisses).

Les opérations de séparation mentionnées précédemment sont essentiellement physiques et n'enlèvent pas les émulsions ou les colloïdes (dispersion homogène de fines particules qui demeurent en suspension).

1.2 Matières inorganiques dissoutes

Les eaux usées générées par l'industrie du gaz de schiste peuvent contenir des métaux toxiques. Les **systèmes physicochimiques** (coagulation et floculation) sont particulièrement adaptés pour le traitement des métaux lourds ou des particules colloïdales (dont la taille est de 1 à 10 µm). On les utilise aussi lorsque l'eau contient des métaux lourds et certains composés organiques dissous.

La **précipitation physicochimique** des métaux toxiques et leur élimination comprend les étapes suivantes : l'ajustement du pH optimum (de 7,5 à 10,5) pour rendre les métaux insolubles, la coagulation par l'ajout de réactifs à base de sels métalliques, la floculation par l'ajout de réactifs à base de polymères et, enfin, la décantation.

Les **systèmes physicochimiques** sont reconnus comme étant efficaces pour enlever les métaux lourds et certains composés organiques dissous ou en suspension. Par contre, ils ont l'inconvénient de générer beaucoup de boues. Le conditionnement (épaississement) s'effectue bien souvent avec **un filtre presse**. Les réactifs (coagulant et floculant) sont généralement assez coûteux.

Les **systèmes d'électrocoagulation** sont également reconnus comme étant efficaces pour l'enlèvement des métaux. Le principe de base consiste à faire passer un courant électrique à travers l'eau à traiter. On se sert d'une anode (électrode négative) en aluminium qui, en se décomposant, produit un coagulant. L'effet du courant électrique est de casser toutes les liaisons chimiques des métaux pour les rendre insolubles et les faire précipiter.

L'**oxydation chimique** est également utilisée pour oxyder les composés inorganiques à l'état réduit (comme le fer, le manganèse, les nitrites, le sulfure d'hydrogène, etc.) et pour l'oxydation partielle de certaines matières organiques. Cette étape peut également réduire les odeurs et la couleur des eaux usées traitées. Les agents oxydants les plus courants sont l'**ozone**, le **dioxyde de chlore**, le **chlore**, le **peroxyde d'hydrogène** et le **permanganate de potassium**. Le choix et le dosage du réactif dépendent de la qualité des eaux usées brutes et des objectifs du traitement. L'**ozone** est un oxydant très puissant, ce qui explique sa large utilisation dans le traitement des eaux usées. Il a cependant l'inconvénient de produire des bromates (difficiles à traiter) quand l'eau brute contient des bromures.

1.3 Matières organiques dissoutes

L'enlèvement des matières organiques s'effectue généralement à l'aide d'un **traitement biologique**. Il existe plusieurs types de traitement biologique. Ils sont répartis en deux classes : les traitements aérobies et les traitements anaérobies.

Les types de traitement **aérobie** (présence d'oxygène) :

- ▶ Boues activées;
- ▶ Étangs aérés;
- ▶ Réacteurs biologiques séquentiels;
- ▶ Traitement sur cultures fixées (biodisques, lits bactériens et biofiltres).

Les types de traitement **anaérobie** (absence d'oxygène) :

- Réacteurs à biomasse en suspension;
- Réacteurs à biomasse fixée;
- Réacteurs hybrides.

Le choix du système de **traitement biologique** dépend notamment du volume d'eau usée et de la charge organique à traiter.

Selon l'information dont nous disposons, dans l'industrie du gaz de schiste, ce sont les bioréacteurs qui sont les plus utilisés. À titre indicatif, parmi ceux-ci, le **réacteur biologique à membrane** (aérobie) semblerait offrir d'excellentes possibilités puisque son efficacité et les conditions de fonctionnement du bioréacteur (forte charge volumique) font qu'il se caractérise par un faible volume et surtout par un faible encombrement au sol (utile pour les unités de traitement mobiles et les unités de traitement commerciales). La première étape (le **bioréacteur**) sert à dégrader la pollution qui est digérée par les bactéries. La deuxième étape importante du traitement de l'effluent est la séparation de l'eau traitée et de la boue.

En effet, l'eau et la boue sont intimement mélangées sous forme de boue biologique. Leur séparation va se faire grâce aux membranes. Les membranes peuvent être minérales ou organiques et de type microfiltration ou ultrafiltration.

L'intégration d'un système d'**oxydation chimique** (ex. : ozonation) avant le traitement biologique permet d'augmenter la biodégradabilité de la substance polluante présente, mais sans abaisser le carbone organique total (COT). La fin du traitement et l'abaissement du COT se font par voie biologique dans un système de traitement biologique. L'ozone agit sur les longues chaînes carbonées difficilement biodégradables. Il les brise et les transforme en chaînes d'acides organiques difficilement dégradables par oxydation chimique, mais facilement dégradables par oxydation biologique.

Le couplage des traitements chimiques et biologiques permet d'exploiter les aspects positifs d'un traitement biologique. Le coût d'exploitation est alors diminué, et ce, avec des substances normalement réfractaires à la biodégradation.

Les **filtres au charbon actif** permettent également d'adsorber les matières organiques. Ils peuvent aussi être utilisés à l'étape du post-traitement d'une installation physicochimique lorsqu'on est en présence d'une charge organique soluble. Le charbon actif est une autre solution qui pourrait s'avérer intéressante pour l'abattement final de la DCO organique.

1.4 Sels dissous (ex. : chlorures et solides dissous totaux [SDT])

Deux systèmes de traitement sont principalement utilisés aux États-Unis pour enlever les sels dissous et abaisser grandement la charge en solides dissous totaux (SDT) dans les eaux usées générées par l'industrie du gaz de schiste : il s'agit de l'**osmose inverse** et de l'**évaporation**.

L'**osmose inverse** est une des techniques de traitement par filtration membranaire. Cette technique est utilisée dans le dessalement des eaux saumâtres, des eaux de mer et dans le traitement effectué pour la réutilisation des eaux usées industrielles. Elle permet de soutirer des substances de tailles inférieures à 0,001 micron et de traiter des solutions chargées en sels, en métaux et en éléments organiques et inorganiques, qui composent les eaux usées de l'industrie du gaz de schiste.

L'**osmose inverse** consiste à transférer un solvant à travers une membrane en appliquant une pression supérieure à la pression osmotique. La pression appliquée force l'eau à passer à travers la membrane semi-perméable, ce qui permet de séparer l'eau et les solides dissous totaux (SDT). Généralement, l'osmose inverse peut traiter une eau ayant une concentration en SDT pouvant s'élever jusqu'à 45 000 mg/l avec une efficacité pouvant atteindre 99 %.

Cependant, pour éviter le colmatage et protéger la membrane, un prétraitement est nécessaire. Le prétraitement va permettre de réduire fortement la turbidité et la quantité de matières en suspension. Le prétraitement peut consister à utiliser un médium filtrant (filtre à sable) pour enlever les particules en suspension. La neutralisation du pH dans de l'eau à la sortie de l'osmoseur (perméat) est souvent nécessaire en raison de l'acidité créée par les gaz carboniques dissous.

Le principe de base de l'**évaporation/distillation thermique** est d'utiliser de la chaleur latente pour chauffer l'eau usée et la transformer en vapeur d'eau, laquelle peut être condensée en une eau très propre sans produits chimiques ni SDT. La purge concentrée en produits chimiques et en SDT peut être transformée (cristallisation) en déchets solides, ce qui permet de l'éliminer plus facilement.

Cette technologie est efficace pour le dessalement de l'eau usée et pour en extraire les composés organiques et inorganiques. Dans une eau usée d'une concentration en SDT pouvant atteindre de 60 000 à 80 000 mg/l, l'utilisation de l'évaporation/distillation peut permettre de récupérer de 70 à 85 % d'eau propre.

Pour une concentration en SDT supérieure à 50 000 mg/l, seule l'évaporation/distillation thermique pourrait fournir un traitement efficace.

Il est à noter que les traitements par osmose inverse ou par évaporation ont des coûts d'achat et d'opération (entretien et demande énergétique) très élevés.

2. Conclusion

En raison de la gamme importante de produits chimiques utilisés par l'industrie du gaz de schiste, il existe une multitude de contaminants dans les eaux usées qu'elle génère ainsi qu'un vaste choix d'unités de traitement adaptées à chaque catégorie de contaminants. Les séquences de traitement peuvent varier en fonction de la qualité de l'eau jugée acceptable pour divers modes de gestion ou d'élimination (recyclage à des fins de fracturation, réinjection en profondeur, rejet dans le milieu naturel, etc.).

Exemple de séquences de traitement

À titre purement indicatif, voici un exemple de séquence de traitements qui pourraient être utilisées en prévision d'un rejet dans le milieu naturel :

1. Décantation (solides en suspensions grossiers);
2. Séparation eau et huile
3. Traitement physicochimique (ex. : métaux et colloïdes);
4. Oxydation chimique (ex. : ozone);

5. Filtre à sable;
6. Traitement biologique (enlèvement de la charge organique);
7. Filtre à sable ou charbon actif;
8. Osmose inverse ou évaporation (STD);
9. Neutralisation du pH (dans le cas d'une osmose inverse).

Les séquences de traitement pourraient être utilisées en tout ou en partie selon la qualité d'eau recherchée.

Un exemple de chaîne de traitement commerciale des eaux usées de l'industrie gazière utilisée en Pennsylvanie est annexé à cet avis technique.

Références

In fracking's wake: New rules are needed to protect our health and environment from contaminated wastewater - Natural Resource Defense Council - NRDC document, May 2012 D: 12-05-A.

Guide technique général sur les eaux industrielles - Gouvernement du Québec - Direction des politiques du secteur industriel - Service de l'assainissement des eaux - décembre 1996.

Sites Internet concernant les technologies de traitement des eaux usées :

- VÉOLIA WATER, Solutions & Technologies, <http://www.vwsoilandgas.com/>
- LENNTECH, Water Treatment Solutions, <http://www.lenntech.fr/index.htm>
- DLK Technologies, <http://www.dlk.ch>
- HYDRANET Traitement des eaux, <http://www.hydranet.net/eaux-usees.php>
- NEUTRALC Traitement des eaux usées, <http://www.neutralac.com/fr/index.html>

Exemple de chaîne de traitement commerciale des eaux usées de l'industrie gazière utilisée en Pennsylvanie

