

# La Valorisation des déchets par plasma : un procédé d'avenir

Depuis près d'une vingtaine d'années, une petite entreprise du quartier Saint-Henri à Montréal développe des technologies novatrices utilisant le plasma, un gaz ionisé pouvant atteindre de 5000 à 10000 degrés Celsius, pour détruire et transformer les déchets en produits utiles. Son nouveau procédé breveté de valorisation des déchets par plasma permettra de convertir les déchets en énergie et en matériaux de construction, tout en ne produisant aucuns résidus.

Alors que nous produisons de plus en plus de déchets, et que les sites d'enfouissement se font de plus en plus rares, la recherche de solutions novatrices pour la valorisation des déchets se fait pressante. Par exemple, entre 1996 et 2006, la génération de matières résiduelles au Québec s'est accrue de plus de 55 %, alors que la quantité de déchets voués à l'élimination s'est accrue de 26 %. Paradoxalement, pendant, la même période, le nombre d'installations d'élimination de matières résiduelles au Québec a baissé de près de 25 %<sup>1</sup>.

Par ailleurs, chaque année, au Québec, c'est plus de 6,7 millions de tonnes de déchets qui sont vouées à l'élimination. En attribuant à ces déchets une valeur calorifique moyenne de 11 Mégajoules par kilogramme (MJ/kg)<sup>2</sup>, c'est donc près de 75 Petajoules (PJ) qui prennent chaque année le chemin de la poubelle, plus que toute l'énergie fossile utilisée pour le chauffage des résidences au Québec, mazout et gaz naturel combinés.

## Gazéification et vitrification par plasma

La technologie de valorisation des déchets par plasma de PyroGenesis (aussi connue sous son abréviation anglophone de PRRS – « Plasma Resource Recovery System ») offre une solution unique pour la valorisation des déchets non recyclables. Le PRRS permet de combiner la gazéification et la vitrification dans un même système.

La gazéification permet de convertir la portion organique des déchets (papier, carton, plastiques, etc.) en un gaz combustible, dont les composants principaux sont l'hydrogène (H<sub>2</sub>) et le monoxyde de carbone (CO). Ce combustible, qu'on appelle gaz de synthèse ou syngaz est épuré, puis utilisé comme combustible pour alimenter des génératrices. L'électricité produite sert à alimenter le système, alors que l'excès peut être vendu sur le réseau. (Figure 1)

La vitrification permet de faire fondre à très haute température la matière minérale (par exemple le verre et la céramique) et de produire une roche inerte. Le procédé de vitrification permet de rendre inertes les métaux lourds qui pourraient être présents dans les déchets en les emprisonnant dans une matrice de verre. La roche qui en résulte, aussi appelée vitrifiat, est complètement stable et peut être utilisée comme matériau de construction, comme agrégat dans des bétons par exemple. (Figure 2)



Figure 1  
Procédé PRRS



Figure 2  
Vitrifiats produits par  
le système à plasma



## La torche à plasma, un outil pour le traitement de déchets

Quatrième état de la matière, le plasma est un gaz chaud ionisé qui permet un apport d'énergie intense à toutes sortes de procédés industriels. Les manifestations naturelles des plasmas incluent les aurores boréales et les éclairs visibles pendant les orages. La possibilité de couper du métal dans un système de découpage au plasma, par exemple, illustre bien les températures extrêmes et les nombreuses possibilités du plasma. Dans les systèmes de PyroGenesis, on utilise une torche à plasma (Figure 3) qui permet de traiter les déchets de façon très efficace dans un minimum d'espace. Pour créer un plasma, on crée un arc électrique entre deux électrodes et on force un gaz comprimé à travers cet arc. Il en résulte un gaz extrêmement chaud, de 5,000 à 10,000 degrés Celsius selon le type de gaz utilisé. On peut faire l'analogie avec un séchoir à cheveux qui fonctionnerait à très haute température et où l'élément chauffant serait remplacé par un arc électrique. La génération du plasma se fait donc directement à partir d'électricité et ne nécessite aucun combustible. Ainsi, dans le cas du Québec, où l'hydroélectricité domine, le chauffage au plasma ne génère aucun gaz à effet de serre. (Figure 3)

Dans le procédé PyroGenesis, le plasma est utilisé à deux fins. Tout d'abord, un four à arc breveté sert de première étape du procédé et permet de séparer la fraction organique des déchets de la fraction inorganique. Inspiré des fours à arc utilisés dans l'industrie métallurgique, ce four utilise des électrodes de graphite pour générer des arcs à plasma qui permettent de produire un syngaz brut et de vitrifier la matière minérale. Le four fonctionne en continu.

Un gazogène secondaire breveté équipé d'une torche à plasma permet de s'assurer que toutes les molécules complexes, telles les tars sont converties en gaz de synthèse. Cette tuyère à plasma permet de mélanger le gaz de synthèse brut, et un comburant de façon très efficace, tout en exposant le mélange aux températures extrêmes de la flamme du plasma. (Figure 4)

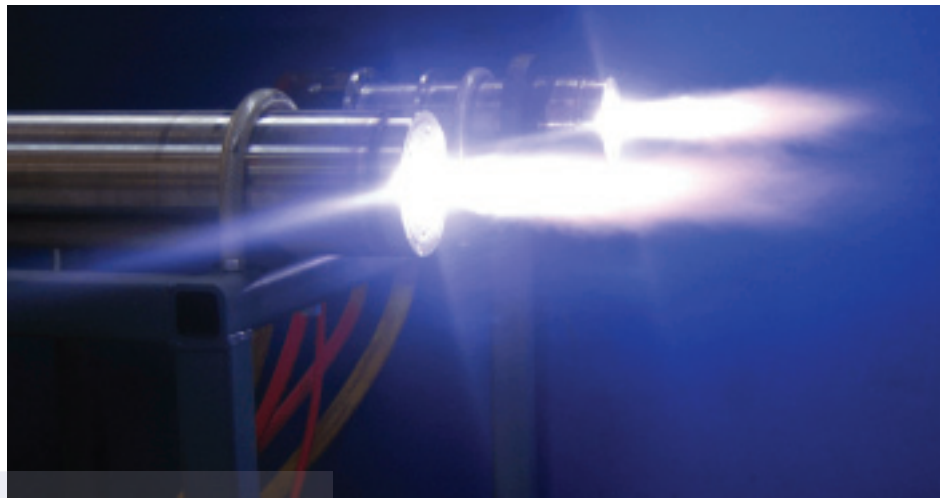


Figure 3  
La Torche à plasma

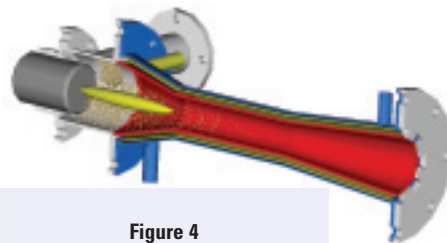


Figure 4  
La tuyère à plasma

Le gaz de synthèse résultant du procédé au plasma en deux étapes est refroidi dans une tremp thermique, par injection d'eau directe, ce qui permet d'éviter la reformation des dioxines et furannes. Le gaz de synthèse passe ensuite par une série de filtres permettant d'éliminer tous les contaminants qui pourraient être présents dans le gaz : chlore, soufre, métaux volatiles et poussières. Une fois épuré, le gaz de synthèse pourra être utilisé pour générer de l'électricité, par exemple dans un moteur à combustion interne (CI). On estime qu'un système traitant des déchets à haut pouvoir calorifique pourrait générer près d'un mégawatt heure d'électricité par tonne de déchets traités (1 MWh/t de production nette).

La technologie PRRS offre plusieurs avantages par rapport aux autres alternatives : émissions atmosphériques minimales, possibilité de production d'énergie électrique, et absence de résidus secondaires. De plus, les hautes températures du plasma permettent de traiter une grande variété de déchets avec la même technologie : ordures ménagères, résidus domestiques dangereux, déchets d'hôpitaux et autres.

Finalement, la forte intensité énergétique du plasma permet de bâtir des systèmes compacts, facile à installer près des lieux de génération des déchets. Ainsi, cette technologie est idéale pour les communautés isolées qui n'ont pas accès à des sites d'enfouissement à bas prix ou n'ont pas les quantités de déchets suffisantes pour justifier les investissements importants requis pour les installations d'incinération de grande envergure.

## Perspectives d'avenir

Depuis près de dix ans, PyroGenesis travaille avec la marine américaine à la mise au point d'un système de destruction des déchets par arc de plasma pour les navires. PyroGenesis débutera prochainement la construction d'un système qui sera installé sur la prochaine génération des porte-avions américains. Un système commercial pour les navires est en exploitation depuis 2003 sur un bateau de croisière de la Carnival Cruise Line. Bien que n'incluant pas de production d'énergie, le système pour les navires a permis à la compagnie de développer une expertise unique de l'utilisation du plasma appliquée au traitement de déchets.

Grâce à cette expertise, et après plusieurs années de développement sur une unité pilote PRRS à Montréal, entre autres soutenue par Ressources Naturelles Canada et le Conseil National de la Recherche du Canada (programme PARI), un premier prototype PRRS commercial incluant une étape de production d'énergie électrique, d'une capacité de dix tonnes par jour d'ordures ménagères et de déchets spéciaux, verra le jour d'ici environ un an pour un client d'envergure aux États-Unis.

1. Source : Recyc-Québec, « Bilan 2006 de la Gestion de Matières Résiduelles au Québec », 2007

2. Tillman, David A., "The Combustion of Solid Fuels and Wastes", Academic Press, 1991