

Annexe B : Tableau résumé des procédés pour la gestion des poussières d'aciérage

Procédé	Promoteur	Description	Produit	Utilisateurs	Statut
Procédés existants à l'échelle industrielle en Amérique du Nord					
Four rotatif, deux stages 200\$/t + transport	Horsehead Corporation 401 Delaware Ave. Palmerton, PA Contact : Mary L. Wingert	Réduction à haute température dans un four rotatif	Oxyde de zinc Oxyde de plomb Fer réduit	Horsehead Corporation : Chicago, IL, Palmerton, PA, Rockwood, TN	Procédé pleinement fonctionnel au niveau industriel. Traite une quantité importante de poussières des aciéries américaines. Chaque usine traite des quantités importantes de poussières provenant de plusieurs aciéries. Non rentable à basse capacité (une ou deux aciéries) Coûts de traitement et de transport très élevés.
Réacteur à flamme >230\$/t	Horsehead Corporation 401 Delaware Avenue Palmerton PA Contact : Mary L. Wingert	Réduction et fonte du matériel et effet cyclonique	Oxyde de zinc Oxyde de plomb Fer réduit	North Star Steel, Beaumont, TX	Pleinement opérationnel. Coûts de traitement et de transport très élevés.
INMETCO >300\$/t + transport	INMETCO P.O. Box 720, 245 Portersville Road Ellwood City PA	Fournaise à arc submergée et cuve rotative	Nickel métallique Chrome métallique Fer métallique Scorie Poussières	INMETCO, PA	Usine fonctionnelle pour poussières provenant de la production d'alliages seulement. Non applicable aux poussières de MCI.
Four rotatif, un stage >300\$/t	Zinc Nacional, S.A. Serafin Pena 938 Sur 64000 Monterrey Mexico	Réduction à haute température	Oxyde de zinc densifié Sulfate de zinc Cadmium métallique Sulfate de plomb Scorie de fer	Zinc Nacional, S.A. Monterrey, Mexique	Procédé opérationnel, tenterait d'augmenter sa part de marché.
Procédés existants à l'échelle industrielle ailleurs dans le monde					
Électrothermique	Onamaha Smelter	Procédé basé sur un four électrothermique de type St-Joseph	Oxyde de zinc brut Scorie de fer	Japon	Bien établi au Japon. Unité de 30 000 tonnes par an pour traiter les poussières et des résidus de zinc.
MF	Miike Smelter	Procédé avec four « Misui », fonte dans une fournaise de type haut-fourneau	Oxyde de zinc brut Scorie de fer	Japon	Bien établi au Japon. Unité de 70 000 tonnes par an pour traiter les poussières et des résidus de zinc.
Scan Arc >300\$/t	Scan Arc Plasma Technologies AB P.O. Box 41 S-813 21 Hofors, Suède	Four plasma avec torches pour fondre poussières et charbon. Le zinc est condensé tandis que le fer et la scorie sont récupérés de manière conventionnelle par le fond du four.	Alliage de fer et acier inoxydable Oxyde de zinc ou zinc métal si condenseur utilisé Scorie	Scandust / BUS	Usine bien établie en Europe, sur poussières provenant de la production d'alliages seulement. Non applicable aux poussières de MCI.

Annexe B : Tableau résumé des procédés pour la gestion des poussières d'aciérage

Procédé	Promoteur	Description	Produit	Utilisateurs	Statut
Four rotatif, un stage	BUS	Réduction à haute température	Oxyde de zinc Oxyde de plomb Scorie de fer	Japon Allemagne Italie	Procédé bien établi. Entreprise importante à l'échelle internationale. Procédé habituellement non rentable sur faibles volumes de poussières ou de résidus.
Procédés en phase d'implantation					
Phoenix	Phoenix Environmental Ltd 158 Tebbs Road Montgomery ,PA	Réacteur alimenté en oxygène pour transformer des matières contenant du fer en magnétique sphériques. Métaux non ferreux sont récupérés en oxydes.	Magnétite sphérique Oxyde de zinc brut	Timken (futur site) à Canton, Ohio. Édifices en construction.	Procédé développé après 11 ans de R&D. Phoenix veut élargir son marché à d'autres aciéries.
INDUTEC-EZINEX 300\$/t + disposition	Engitec Technologies Via Borselino e Falcone,31 20026 Nonate Milanese info@engitec.com Electrowinning Technologies Inc. 410 Washington Avenue BOX 13, Dumont New-Jersey, 07628	Four à induction et procédé métallurgique; récupération de zinc électrolytique à partir d'une solution de chlorure d'ammonium et cémentation du plomb	Zinc métallique « Gâteau » de plomb Chlorures d'alcalis Gueuse de fer	Ferriere-Nord, à Osoppo en Italie	Procédé fonctionne depuis plus de 4 ans en Italie, usine de 10 000 tonnes/an. Pittini Group a obtenu l'autorisation de construire une usine pour 50 000 T/an Proposition présentée à MCCOI en 1996 pour une usine de 10 000 T/an. MCCOI aurait alors dû consentir à un investissement de 7.5 M \$ US au préalable. Le coût d'opération était estimé à 140 \$ /T plus les coûts de disposition des résidus (commercialisation du gâteau de plomb et des chlorures d'alcalis non démontrés).
Procédés de valorisation des poussières					
Produit pour cimenterie	MCI R&D interne	Produit pour cimenterie fabriqué à partir de poussières d'aciérage et de calamine.			MCI possède un certificat d'autorisation pour la fabrication d'un produit pour cimenterie. Depuis 1995, plus de 45 000 tonnes de poussières ont ainsi été recyclées.
Procédés visant le recyclage des poussières aux fours d'aciérie					
Procédé Carbofer	S.I.T. America Inc. 100 South Braddock Ave. Suite 304 Pittsburgh , PA, 15208	La calamine huileuse, la poussière, les boues et autres sous-produits sont mélangés avec charbon et chaux.	Matériel Carbofer (une poudre sèche injectée comme laitier moussant)	Co-Steel, Sheerness Statut de l'usine de Co-Steel à Sheerness est précaire.	S.I.T. a un accord avec Heckett pour la commercialisation de la technologie aux U.S.A et en Europe. Dispendieux à opérer. Ne sert qu'à l'augmentation des concentrations en zinc et en plomb dans les poussières.

Annexe B : Tableau résumé des procédés pour la gestion des poussières d'aciérage

Procédé	Promoteur	Description	Produit	Utilisateurs	Statut
FASTMET/FASTMELT	Midrex Direct Reduction Corporation 201, S. College St. Charlotte, NC, USA	Briquetage des sous-produits du fer, des poussières et réduction en DRI/HBI à être alimenté au four électrique. DRI/HBI peut être fondu (FASTMELT) pour produire de la fonte.	DRI/HBI (fer réduit) Oxyde de zinc brut fonte	Kobe Steel, Tokyo, Japon	Usine pleinement fonctionnelle au Japon. Vise l'expansion vers les USA.
Procédé RHF (Rotary Hearth Furnace = Four à Solet Tourante)	Maumee Research and Engineering Inc. 8015 Rinker Point Nothwood, OH 43619	Briquetage des sous-produits du fer et des poussières et réduction en DRI/HBI.	DRI/HBI (fer réduit) Oxyde de zinc brut	Gerdau Ameristeel, Jackson, TN. Rouge Steel	Usine à Jackson (30 000 t/an de poussières) actuellement en arrêt. Usine de Rouge Steel (250 000 t/an de poussières, calamine, etc.) actuellement en arrêt en raison de difficultés économiques.
Procédés en développement					
Terra Tech Recyclage	Terra Gaia Environmental Group Terra Tech Recyclage ltée Suite 1440, 1066 W, Hastings Street Vancouver, BC	Procédé hydrométallurgique. Successivement lixiviation sous chlorure ferrique, chauffage sous haute température et pression, extraction par solvant, électrolyse.	Hématite pure Sulfate de zinc Chlorure de plomb Sulfures de plomb et zinc mélangés	Usine de démonstration. Construction d'une usine à l'échelle industrielle annoncée le 31 juillet 1997 sur le site de MCCOI (alors Stelco-McMaster ltée)	MCCOI a participé de manière soutenue au projet initié par Terra Gaia depuis 1995 (support logistique). Entente de confidentialité signée. Une première entente d'une durée de 12 ans signée en mars 1997 pour l'installation sur le terrain de MCCOI d'une usine et pour le traitement des poussières d'aciérage. Le 30 juillet 1997, est annoncée la construction d'une usine pleine grandeur de TerraTech Recyclage à Contrecoeur. La construction n'a finalement pas eu lieu faute de financement, étant donné la rentabilité incertaine du procédé.
Pigments Ferrinov	Les Pigments Ferrinov 1075 Côte du Beaver Hall Bureau 200 Montréal (Québec)	Procédé hydrométallurgique. Extraction sélective avec surfactants des phases minéralogiques (spinelles).	Pigments hautement anti-corrosifs pour la peinture, les encres et les plastiques	Usine pré-commerciale en opération depuis avril 2005 à Sorel-Tracy.	Projet découlant de la recherche amorcée en 1991 avec le CREUST dont MCI est un membre participant. Participation logistique et financière de MCI au projet. Données économiques confidentielles. Environ 40 tonnes ont été fournies en 2006.
Procédé ADPL	Philip Services (Europe) Ltd Bridge House, Heron Square Richmond, Surrey TW9 1EN, United Kingdom	Bouletage, four pour le durcissage et four de réduction. (Variation sur procédé avec four rotatif)	DRI (fer réduit) Oxyde de zinc	Procédé en développement chez Allied Steel and Wire, à Cardiff, Wales, en Angleterre.	Pas d'application commerciale pour le moment.

Annexe B : Tableau résumé des procédés pour la gestion des poussières d'aciérage

Procédé	Promoteur	Description	Produit	Utilisateurs	Statut
Procédé DSM	Daido Steel Co. Chita Works Nagoya, Japon	Poussières, charbon et huile lourde sont injectées par des lances à oxygène dans une fournaise à 2 800 C. De la scorie est injectée à travers les flancs de la fournaise. La scorie fondue est récupérée au fond de la fournaise. Les fumées sont récupérées.	Scorie purifiée Poussières de zinc (50 – 60 % zinc)	Technologie en émergence. Usine de 100 t/jour fonctionne à Daido Steel, Chita Works, depuis plus de 4 ans.	Daido Steel veut développer sa technologie sur une base commerciale. Valeur commerciale des produits obtenus encore à démontrer.
EMEW	Electrometals Technologies Limited 28 Commercial Drive Ashmore, Queensland, Australie	Lixiviation à la soude caustique suivie d'une électrolyse à l'intérieur de cellules tubulaires pour produire des produits métalliques. L'utilisation de cellules d'électrolyse fermées permet le contrôle des vapeurs acides et des gaz produits lors de l'électrolyse.	Poudre de zinc Résidu de fer Diverses poudres de métaux	Technologie en émergence. Pas d'application industrielle. Test en cours dans une aciérie australienne.	Electrometals Technologies Ltd tente de percer le marché américain à la recherche d'usines intéressées à acheter et installer la technologie. Valeur commerciale des produits du traitement non démontrée.
Enviroplas	Hydro-Québec Mintek Afrique du sud	Four au plasma pour réduction et fonte d'un mélange de poussières et carbone Condenseur pour la récupération du zinc.	Zinc métallique Fer Scorie	Aucune application commerciale. Unité pilote seulement au LTEE.	Essais faits au LTEE d'Hydro-Québec en 1995. Récupération du zinc trop faible. Non viable avec les poussières d'acier bas carbone.
Procédé INDUTECH	Engitec Technologies Via Borselino e Falcone, 31 20026 Nonate Milanese Italie	Fournaise à induction produisant de la fonte à partir des résidus de fer.	Fonte Oxyde de métaux non ferreux	Technologie en émergence. Aucune application commerciale aux USA. Une unité d'une capacité de 30.000 tonnes/an a été testée à Ferriere Nord en 1996.	Engitec travaille à la commercialisation de la technologie en Europe et souhaite pénétrer le marché des USA. Valeur commerciale des produits récupérés non démontrée.
Kawasaki Steel	Kawasaki Steel Corp Chiba Works Japon	Fournaise munie de deux niveaux de tuyères, injecteurs de poussières et collecteurs de zinc.	Zinc métal Fonte Scorie	Technologie en émergence. Pas d'application commerciale	Usine pilote de 10 TM/j utilisée pour la recherche. Une usine commerciale de 100 TM/j devait être complétée en 1999.
MEDUSA	Tsukishima Kikai Co 17-15 Tsusuda 2-chome, Chuo-ku Tokyo, Japon	Fonte des boues et des cendres d'incinérateur. Fournaise à vortex et fournaise à cristallisation pour produire ECOROCK, une scorie solide.	ECOROCK en bloc ou en pierre utilisé pour la construction. Vendu comme substitut au granit.	TSK, Japon, pour le traitement des cendres et boues d'incinérateurs. Aucune application commerciale sur les poussières.	Études en cours pour déterminer la faisabilité de la technologie avec les poussières.

Annexe B : Tableau résumé des procédés pour la gestion des poussières d'aciérage

Procédé	Promoteur	Description	Produit	Utilisateurs	Statut
PRIMUS	Paul Wurth Inc Stealth Tech Center 333 Technology Drive Cannonsburg, PA	Four à soles multiples auquel a été adjoint un four électrique à arc pour la métallisation	Fer réduit, Oxyde de zinc	Usine pilote à Arbed, Luxembourg. Implantation en 2003 d'une unité commerciale de 60,000 t/an à Differdange	Compagnie dans le giron du groupe Arcelor Mittal. Technologie intéressante; demande d'information en cours sur la rentabilité de la technologie dans le contexte économique nord-américain.
Procédé TECOAER	TECOAER 20060 Gessate (MI) Viale Italia	Calamine, scorie et poussières sont agglomérés, durcis à chaud (900 – 1000 C et alimenté dans un haut-fourneau de 10 tm/hre.	Fonte Oxydes de métaux non ferreux	Technologie en émergence. Une usine d'une capacité de 6000 t/an de fonte devait démarrer en 2002 dans une aciérie italienne.	L'entreprise serait à la recherche de partenaires pour installer des usines et les opérer sur le site d'aciéries capables de réutiliser la fonte dans les fours à arc électrique. Valeur commerciale des oxydes de métaux encore à démontrer.
Vetrotech	Vetrotech Inc. 5338 Lakeside Blvd Dunkirk, NY 14048	Four à combustion submergée produisant des ferrometasilicates (matériaux abrasifs)	Grains de ferrometasilicates	Technologie développée avec Institute of Gas Technology de Chicago et Gas Institute de Kiev. Unité commerciale de production de laine minérale en Ukraine. Unité pilote aux USA.	À la recherche de financement pour la construction d'usines sur les sites d'aciéries capables de traiter > 7 500 t/an de poussières.
Vitrification	Inorganic Recycling Corp. 1695 Chestertown Road Allentown, PA	Vitrification des poussières dans un four électrique	Produit de verre/céramique pour applications diverses.	Pas d'installation commerciale connue.	Contrat long terme de 15 à 20 ans demandé pour partir le projet.
Chloration et électrolyse	Interpro Zinc LLC	Chauffage des poussières en présence de chlore à 800 C pour vaporiser zinc en chlorure. Seconde étape de récupération du zinc par électrolyse.	Zinc métal Scorie de fer	Aucune installation commerciale.	Rencontres exploratoires ont eu lieu en 2002 incluant MCCOI et Hydro-Québec dans le but de financer le développement de la technologie. Données confidentielles sur le procédé fournies à MCCOI. Quantités de poussières produites par MCCOI et leur teneur en zinc trop faibles pour assurer la rentabilité d'une usine éventuelle.
Covalin	Chiminov Inc. M. Michel Laurin St-Bruno-de-Montarville Encycle Dr Jack A. Scott Solon , Ohio	Solubilisation dans la soude caustique Utilisation d'un solvant organique	Plomb Oxyde de fer Oxyde de zinc	Aucune installation	Ont rencontré MCCOI en janvier 2000. Deux échantillons de 1 kg (une fraîche, une provenant du site) leur ont été fournis. Aucune nouvelle par la suite.

Annexe B : Tableau résumé des procédés pour la gestion des poussières d'aciérage

Procédé	Promoteur	Description	Produit	Utilisateurs	Statut
Chloration sélective	INRS-Géoressources Maurice Djona Sainte-Foy (QC)	Chloration pour extraire Zn et Pb sous forme de ZnCl ₂ et PbCl ₂ gazeux. Lixiviation et filtration de la phase solide post chloration pour récupérer Fe ₂ O ₃ et CaCl ₂ . En séquence évaporation partielle, filtration, précipitation, filtration et calcination pour récupérer ZnO et PbO.	Oxyde de zinc Oxyde de plomb Fe ₂ O ₃ CaCl ₂	Aucune installation. Recherche universitaire. Requerrait la participation d'une compagnie sidérurgique pour espérer passer à l'étape pilote.	Procédé complexe et potentiel recyclage de la fraction fer non démontré et produits obtenus à faible valeur ajoutée compte-tenu de l'effort du traitement.
Hydro-Met	Hydro-Terra Inc. 2862 Hill Park Circle Montréal (Québec)	Procédé hydrométallurgique. Précipitation sélective du fer sous forme de FeOOH	Poudre magnétique Oxyde de fer Oxydes de chrome, de nickel	Aucune opération commerciale sur les poussières.	Technologie développée d'abord sur sols contaminés. Rencontre en 1995 de MCCOI avec autres aciéries, Environnement Canada et le MEF quant au développement potentiel du procédé. Documentation complémentaire reçue en 1998. Aucune suite au projet.
MÉTALIX 205 – 225 \$/t	Centre de Recherche Industrielle Québec	Adaptation d'une technologie d'abord développée pour les cendres volantes et chaux usées d'incinérateur. Série d'extractions chimiques en milieu liquide.	Poussières déclassifiées en déchets spéciaux Boues métalliques	Unité pilote-industrielle seulement.	Participation logistique (fourniture de poussières) et financière de MCCOI dans le projet du CRIQ entre 2000 et 2004. Rapport final publié en mai 2004. Coût prévu pour le traitement des poussières : 180 à 200 \$/tonne.
Procédés sans développement récent					
Allmet	Allmet Technologies Trevose, PA	Four rotatif pour la réduction du fer et séparation des oxyde volatils (zinc, plomb) Four au plasma (technologie Tetronics) pour réduire les oxydes volatils et condenseur pour récupérer zinc et plomb.	Zinc métallique Plomb métallique Fer réduit (DRI) NaCl / KCl		
Ausmelt	Ausmelt Technology Corp. 1331 17 th Street, Ste. M103 Denver, CO	Fournaise soufflée au gaz alimentée par poussières et charbon.	Fer Oxyde de zinc et de plomb Scorie		

Annexe B : Tableau résumé des procédés pour la gestion des poussières d'aciérage

Procédé	Promoteur	Description	Produit	Utilisateurs	Statut
Procédé Cashman	Chem. Waste Management American Metals Recovery Corp.	Lixiviation en présence de chlorure de calcium et d'hydrogène. Traitement du lixiviat avec zinc métal pour précipiter les métaux lourds. Du gypse est recueilli en fin de course.	Résidu de fer Plomb Cadmium spongieux Oxyde de zinc Gypse		
Enviroscience	Enviroscience Inc 131 Airway Drive Hot Springs, AR	Procédé pyrométallurgique utilisant des brasques comme élément réducteur alimenté avec de la poussière, du sable et de la chaux. Le tout est briqueté, séché et alimenté dans un four.	Oxyde de zinc Fonte Fibre de laine minérale		
Vitrification	Glassification International Issaquah, WA	Fournaise à gaz pour fabriquer des copeaux de verre à partir des poussières.	Copeaux de verre Granules de revêtement de toit		
Vitrification	Penberty International Ltd Seattle, WA	Four électrique produisant du verre à partir des poussières	Granulé de verre Granules de revêtement de toit		
Hi-Plas	Davy McKee Limited Stockton-On-Tees, England Heckett Technology Services 610 N. Main St., P.O. Box 710 Butler, PA	Four à arc à courant direct qui fond la poussière et le charbon qui y sont injectés par voie pneumatique. Le zinc est condensé, le fer et la scorie récupérés de manière conventionnelle.	Zinc Fer Scorie		
IMS Plasma	IMS Tetratics	Four à arc électrique (plasma)	Zinc Fer Scorie		
Vitrification Intech	Intech Group 340 Stagg Street Brooklin, NY, 11206	Vitrification des poussières en produits abrasifs.	Produits abrasifs inertes		
Metalo	Metalo, S.A. de C.V. Calle Cecilio Garza No. 301 Col. Fraccionamiento El Milagro, CP 666000	Procédé utilisation un four rotatif similaire à Horsehead Corporation.			

Annexe B : Tableau résumé des procédés pour la gestion des poussières d'aciérage

Procédé	Promoteur	Description	Produit	Utilisateurs	Statut
Elkem modifié	Elkem Laclede Steel (qui a modifié le système après des problèmes de démarrage)	Poussières et charbon sont briquetées pour être injectés ensuite dans un four à arc électrique scellé. Le zinc est récupéré par condensation. Fer et scorie récupérés de manière conventionnelle.	Zinc métal Fer Scorie Oxydes de métaux lourds		
MRT modifié	Hartford Steel Technologies 1 State Street Hartford, CT 06103	Fournaise à cuve rotative pour la production de fer réduit. Étapes subséquentes de digestion avec chlorure d'ammonium, filtration, cémentation pour récupérer le zinc et le plomb.	Oxyde de zinc Plomb métal Cadmium métal Briquettes de fer réduit		
Zincex modifié	Tecnicas Reunidas, S.A. Sierra Nevada, 16 28850 Torrejo'n de Ardoz Madrid, Espagne	Procédé hydrométallurgique. Lixiviation à l'acide sulfurique, extraction au solvant et électrolyse pour récupération du zinc.	Zinc métal Plomb métal Cément de cadmium Gypse Résidu de fer		
Briquetage	Richland Moulded Brick Co 1000 Richland Shale Road P.O. Box 1711 Mansfield, OH, 44901	Calcination des poussières et mélange avec de la matière première pour la fabrication de briques. Le tout est moulé en forme de brique et cuit dans un four.	Briques		
Solidification et recyclage au four	International Solidification 104 Noble Avenue Pittsburgh, PA 15205	Mélange et solidification de poussières, calamine et autres résidus pour alimentation au four à arc électrique.	Blocs		
Solidification et recyclage au four	Ledge Recycling Services 617 W. Federal Street Niles, OH, 44446	Mélange de poussières, calamine et autres résidus d'aciérie avec du ciment. Coulage sous forme d'un aggloméré qui soit réductible par lui-même dans le four à arc.	Aggloméré (50% du fer sous forme d'oxyde)		

Annexe B : Tableau résumé des procédés pour la gestion des poussières d'aciérage

Procédés de stabilisation

Compagnie	Adresse	Usines
Stablex Canada		Blainville, Québec (1)
EnviroSource	1155 Business Center Drive, Horsham PA	En Illinois (1), en Ohio (1), en Idaho (1)
EnviroSafe Services	P.O. Box 167571, Oregon, OH	En Ohio (1)
Preoria Disposal Company	4700 N. Sterling Ave., Preoria, IL	En Illinois (1)
Heritage Environmental Services	7901 Morris Street, Indianapolis, IN	En Indiana (1)
Environmental Quality Company	36255 Michigan Avenue, Wayne, MI	Au Michigan (1)
Waste Control Specialists	2707 Shaver, Pasadena, TX	Au Texas (1)
US Ecology Idaho	P.O. Box 400, Grand View, Idaho	En Idaho (1)