

**GROUPE ALCAN MÉTAL PRIMAIRE
DIVISION D'ALCAN INC. – USINE ARVIDA (QUÉBEC)**

**CARACTÉRISATION ENVIRONNEMENTALE
DES SOLS ET DE L'EAU
SECTEUR DES CELLULES DE BRASQUES
DE L'USINE ARVIDA
COMPLEXE JONQUIÈRE
JONQUIÈRE (QUÉBEC)
N/DOSSIER: 1050245**

MARS 2003

Distribution: Groupe Alcan Métal Primaire (2 copies papier et 1 copie des fichiers sur CD)
Division d'Alcan Inc. – Usine Arvida
1955, Boulevard Mellon, édifice 100B
Jonquière (Québec)
G7S 4L2

À l'attention de M. André Ayotte, coordonnateur principal/Environnement

Alcan International Ltée (1)
Centre de recherche et développement Arvida
1955, Boulevard Mellon, édifice 110
Jonquière (Québec)
G7S 4K8

À l'attention de M. Clément Brisson, chimiste.



Jonquière, le 10 mars 2003

Groupe Alcan Métal Primaire
Division d'Alcan Inc. – Usine Arvida
1955, Boulevard Mellon, édifice 100B
Jonquière (Québec)
G7S 4L2

À l'attention de M. André Ayotte, coordonnateur principal/Environnement

Objet: Caractérisation environnementale des sols et de l'eau
Secteur des cellules de brasques de l'usine Arvida
Complexe Jonquière Jonquière (Québec)
N/Dossier: 1050245

Monsieur,

Il nous fait plaisir de vous transmettre notre rapport relativement au projet mentionné en rubrique.

Afin de conserver l'intégrité de ce rapport et permettre son interprétation de façon adéquate, aucune donnée, valeur ou résultat ne peut en être partiellement retiré.

Nous espérons ce rapport à votre entière satisfaction et nous demeurons à votre disposition pour tout renseignement additionnel.

Veillez agréer, Monsieur, l'expression de nos salutations distinguées.

TECHMAT INC.

François Tremblay, ing. M. Sc.
Directeur de la division hydrogéologie et environnement

FT/mcd

1050245

2003-03-10

Consultants en géotechnique, environnement et matériaux
Entreprise enregistrée ISO 9001

3306, Boul. Saint-François, Jonquière, Québec, G7X 2W9 – Tél.: (418) 547-5716/Télécopieur: (418) 547-0374

TABLE DES MATIÈRES

1.0	<u>CONTEXTE ET OBJECTIFS</u>	1
2.0	<u>MÉTHODOLOGIE</u>	2
2.1	<u>Travaux de terrain</u>	4
2.1.1	Sondage au piézocône	4
2.1.2	Forages avec prélèvement d'échantillons	6
2.1.3	Installations piézométriques	7
2.1.4	Mesures des niveaux d'eau	8
2.2	<u>Échantillonnage des eaux</u>	8
2.3	<u>Essais de perméabilité</u>	9
2.4	<u>Localisation et arpentage</u>	9
2.5	<u>Essais en laboratoire</u>	9
3.0	<u>PRÉSENTATION DU SITE</u>	9
4.0	<u>STRATIGRAPHIE</u>	15
5.0	<u>CONDITIONS HYDROGÉOLOGIQUES</u>	18
5.1	<u>État des piézomètres aménagés sur le site</u>	18
5.2	<u>Drainage de surface</u>	18
5.3	<u>Eau souterraine</u>	18
6.0	<u>CARACTÉRISATION ENVIRONNEMENTALE</u>	22
6.1	<u>Généralités</u>	22
6.2	<u>Qualité des sols</u>	24
6.3	<u>Qualité des eaux</u>	25
7.0	<u>CONCLUSIONS</u>	28

ANNEXE I

Tableau 1.1 Caractéristiques de l'équipement utilisé pour réaliser les sondages au piézocône

Tableau 1.2 Lecture des zéros pour les essais au piézocône

Figures 1.1 à 1.33 Résultats des essais au piézocônes

ANNEXE II

Tableau 2.1 Résultats des essais de dissipations réalisés lors des sondages au piézocône

Figures 2.1 à 2.32 Essais de dissipation

TABLE DES MATIÈRES (SUITE)

ANNEXE III

Rapports de forages et installations de piézomètres (présent mandat)

ANNEXE IV

Rapports de forages et installation de piézomètres (réalisés par d'autres)

ANNEXE V

Dessin 1050245-01 Localisation des sondages et élévations de surface

Dessin 1050245-02 Élévations piézométriques

Dessin 1050245-03 Vue schématique, coupe nord-sud

Dessin 1050245-04 Vue schématique, coupe est-ouest

Dessin 1050245-05 Vue schématique des conditions d'écoulement des eaux

ANNEXE VI

Essais de perméabilité à charge ascendante

ANNEXE VII

Certificats d'analyses chimiques

ANNEXE VIII

Dossier photographique

1.0 CONTEXTE ET OBJECTIFS

Le projet consiste à caractériser les sols, l'eau souterraine et l'eau de surface dans le secteur des cellules de brasques de l'usine Arvida, situées à l'est des bassins locaux de l'usine Vaudreuil. Plus précisément, on doit déterminer:

- i- la qualité des sols au site et dans le voisinage, en regard de leur contenu en F et CN, incluant la qualité des sols au droit du fossé 7 afin d'évaluer s'ils ont une incidence sur la qualité des eaux souterraines et de surface;
- ii- la qualité de l'eau en aval des piézomètres 105 et 106 afin de vérifier la présence d'indices de contamination;
- iii- la qualité de l'eau et le débit du fossé no 7;
- iv- vérification du fonctionnement des piézomètres utilisés pour fins de suivi environnemental;
- v- les conditions de drainage des eaux souterraines du secteur avoisinant les cellules.

Enfin, on désire aussi évaluer l'intégrité du muret d'argile aménagé immédiatement en amont du fossé no 7.

Nos services ont consisté à réaliser les travaux d'investigation (sur le terrain et en laboratoire) requis pour la caractérisation et à fournir notre interprétation et nos commentaires sur les renseignements obtenus en regard du contexte hydrogéologique et environnemental qui prévaut sur les lieux. De façon générale, les services ont été rendus selon les critères de projet définis dans notre proposition no 02P-7489 datée du 8 octobre 2002 et conformément à la demande par courriel de M. André Ayotte, reçue le 3 décembre 2002.

La partie principale du rapport qui suit présente dans l'ordre le contexte et les objectifs de mandat, la méthode de reconnaissance, la présentation du site, l'interprétation des données recueillies, les conditions hydrogéologiques, les caractérisations

environnementales et, finalement, la discussion et les conclusions de l'étude en regard des objectifs de mandat.

2.0 MÉTHODOLOGIE

Le programme de travail faisant l'objet de ce rapport a été réalisé selon le calendrier présenté ci-après et avec la participation des personnes indiquées entre parenthèses :

Avant le 7 octobre 2002 - travaux préalables comprenant:

- Réunion de démarrage avec le client et examen préalable des informations recueillies (rapports techniques et de suivi) auprès du personnel d'Alcan (François Tremblay). Diverses informations complémentaires relatives aux conditions des eaux au site (suivi des piézomètres et essais de perméabilité à charge ascendante réalisés par Alcan) ont aussi été obtenues en cours de mandat (voir références plus loin dans ce rapport).
- Élaboration d'un programme de travail préliminaire (François Tremblay).
- Réunions de sécurité (François Tremblay, Marc Munger et équipe de sondages Fortech Québec Inc. et Réal Tremblay).
- Localisation d'obstacles souterrains (Marc Munger).
- Révision du programme de travail en fonction des objectifs du mandat et planification des activités (François Tremblay).

Du 7 au 23 octobre 2002 – travaux de chantier incluant:

- Visite des lieux et implantation des premiers sondages (François Tremblay et Marc Munger).
- Réalisation des sondages au piézocône CPTU-1 à CPTU-15 (équipe de sondages).

Du 24 octobre au 6 novembre 2002 – traitement des données:

- Interprétation des sondages au piézocône CPTU-1 à CPTU-15 (François Tremblay et Marc Munger).
- Conclusions préliminaires (François Tremblay et Marc Munger).
- Planification de sondages complémentaires au piézocône (François Tremblay et Marc Munger).

Du 7 au 14 novembre 2002 – travaux de chantier incluant:

- Réalisation des sondages au piézocône CPTU-16 à CPTU-33 (équipe de sondages).
- Localisation des points de sondage par rapport aux ouvrages en place (Réal Tremblay et Patrick Bourbeau).

- Nivellement des piézomètres par rapport à un repère de nivellement arbitraire (Réal Tremblay et Patrick Bourbeau).

Du 15 novembre au 16 décembre 2002 – traitement des données:

- Interprétation des sondages au piézocône CPTU-16 à CPTU-33 (François Tremblay et Marc Munger) et réunion d'avancement avec les représentants du client.
- Modélisation du site (François Tremblay et Marc Munger).
- Planification des travaux d'échantillonnage (François Tremblay et Marc Munger).
- Attente de la validation de la planification par Alcan et le MENV.

Du 16 au 20 décembre 2002 – travaux de chantier incluant:

- Réalisation de 6 forages environnementaux (TF-201 à 206) avec échantillonnage de sol (équipe de sondages).
- Transformation des forages TF-201 à 203 en installations piézométriques (PU-02-201 à 203).
- Réalisation d'essais de perméabilité (Marc Munger et Carl Savard).
- Relevé des niveaux d'eau dans les piézomètres et les regards d'observations existants (Marc Munger et Carl Savard).
- Échantillonnage d'eau dans les piézomètres PU-02-201 à PU-02-203 (Marc Munger et Carl Savard).
- Localisation des forages et piézomètres par rapport aux ouvrages en place (Marc Munger et Carl Savard).
- Nivellement des forages et piézomètres par rapport à un repère de nivellement arbitraire (Marc Munger et Carl Savard);
- Vérification de l'état des piézomètres utilisés pour fins de suivi environnemental.

Du 20 décembre 2002 au 20 janvier 2003 – travaux de laboratoire incluant:

- Réalisation d'analyses chimiques sur des échantillons sélectionnés de sols et des eaux rencontrés; le programme analytique suivant a été réalisé:

Type d'échantillon	Type d'essai	Nombre
Eaux souterraines	conductivité, pH, cyanures totaux, cyanures disponibles, fluorures.	3
Sols	cyanures totaux, cyanures disponibles, fluorures.	14

Tableau1 – Programme analytique

2.1 Travaux de terrain

2.1.1 Sondages au piézocône

Trente-trois sondages au piézocône, identifiés CPTU-1 à CPTU-33, ont été effectués au pourtour des cellules de brasques. Les profondeurs et élévations atteintes dans ces sondages au piézocône sont présentées au tableau 2.

Le sondage au piézocône, qui consiste à enfoncer une sonde Hogentogler (la sonde utilisée porte le no 796TC) de 35 mm de diamètre par poussée hydraulique, est limité à des résistances du sol n'excédant pas 10 t.m. (contraintes maximales applicables: 100 000 kPa). Rattaché à cette sonde, un module permettant la mesure de la résistivité a été installé. Les informations qu'on en tire permettent d'obtenir des paramètres de résistance en mode continu, qui sont plus précis que ceux résultant des sondages conventionnels. Ce type de sondage est avantageux pour préciser à la fois le contexte stratigraphique, hydrogéologique et environnemental d'un terrain.

Les résultats des sondages CPTU-1 à CPTU-33 sont montrés sous forme de graphiques en fonction de la profondeur et de l'élévation, sur les figures 1.1 à 1.33 de l'annexe I. Sur ces figures sont regroupés les profils de quatre paramètres, soit la résistance en pointe (q_t), la pression interstitielle (u) mesurée lors du fonçage, le frottement latéral (f_s) mesuré le long du fût, la conductivité électrique (k) du sol et les élévations piézométriques ponctuelles mesurées lors d'arrêts de fonçage du piézocône, ces arrêts (appelés aussi essais de dissipations) permettant aussi d'apprécier le degré de perméabilité des sols.

Sondage no	Emplacement (PM)	Élévation de surface du terrain (m)	Profondeur atteinte (m)	Élévation correspondante (m)	Essais de dissipation effectués
CPTU-1	Côté ouest	125,03	11,99	113,04	2
CPTU-2	Côté sud	125,34	20,95	104,39	3
CPTU-3	Côté est	126,15	10,67	115,48	1
CPTU-4	Côté nord	124,12	10,90	113,22	2
CPTU-5	Côté nord	124,26	10,82	113,44	2
CPTU-6	Coin sud-ouest	124,93	16,52	108,41	1
CPTU-7	Coin sud-est	125,69	18,75	106,94	1
CPTU-8	Coin nord-est	125,40	25,88	99,52	1
CPTU-9	Côté ouest	124,12	9,01	115,11	1
CPTU-10	Côté sud	125,57	16,38	109,19	2
CPTU-11	Nord du chemin d'accès	125,49	16,09	109,40	0
CPTU-12	Côté est	126,01	20,26	105,75	2
CPTU-13	Sud du chemin d'accès	124,62	10,03	114,59	2
CPTU-14	Nord du chemin d'accès	125,07	7,39	117,68	2
CPTU-15	Coin nord-ouest	124,81	10,44	114,37	0
CPTU-16	Coin sud-est	126,15	20,12	106,03	0
CPTU-17	Extérieur du site, coin nord-ouest	127,25	6,14	121,11	0
CPTU-18	Ponceau du fossé 7	121,00	11,33	109,67	0
CPTU-19	Intersection, fossés ouest et sud	122,51	15,25	107,26	1
CPTU-20	Extérieur du site, coin sud-ouest	124,44	3,46	120,98	0
CPTU-21	Extérieur du site, coin sud-ouest	124,04	15,23	108,81	0
CPTU-22	Fossé ouest	122,79	13,16	109,63	0
CPTU-23	Fossé ouest	122,73	9,28	113,45	0
CPTU-24	Fossé ouest	122,95	9,19	113,76	0
CPTU-25	Extrémité ouest du fossé sud	122,25	6,20	116,05	0
CPTU-26	Bordure ruisseau Lahoud	122,04	3,05	118,99	0
CPTU-27	Bordure ruisseau Lahoud	122,49	9,22	113,27	0
CPTU-28	Bordure fossé 7	123,84	8,25	115,59	0
CPTU-29	Bordure ruisseau Lahoud	121,87	15,23	106,64	0
CPTU-30	Bordure du ruisseau Lahoud	123,78	2,08	121,70	0
CPTU-31	Extérieur du site, coin sud-ouest	123,92	2,54	121,38	0
CPTU-32	Bordure ruisseau Lahoud	121,79	9,28	112,51	0
CPTU-33	Bordure ruisseau Lahoud	122,47	8,30	114,17	0

Tableau 2 - Élévations et essais de dissipations des sondages au piézocône

Les caractéristiques de l'essai et de l'équipement sont résumées dans les tableaux 1.1 et 1.2, à l'annexe I. La vitesse d'enfoncement a été de 60 cm/min. À l'exception de cette vitesse d'enfoncement, également adoptée par le ministère des Transports du Québec, les essais ont été effectués conformément à la norme émise par le Comité international sur les essais de pénétration [ISSMFE, 1988]. Lors de la réalisation de l'essai, les étapes suivantes ont été effectuées:

- saturation du capteur de pression interstitielle et pose d'une membrane protectrice;
- conditionnement à la température du sol et stabilisation de la température;
- prise de la lecture initiale lorsque la température est stable. Lors de la prise des lectures initiales, la sonde est suspendue de manière à ce qu'aucune contrainte ne s'applique sur les capteurs et les pesons;
- enfoncement du piézocône par étapes d'environ 1,0 m de longueur, correspondant à la longueur de chaque tige;
- à la fin de l'essai et après retrait du piézocône hors du trou, l'inspecteur vérifie que la dérive de l'appareil par rapport aux références initiales est inférieure aux limites de validation.

Les résultats des essais au piézocône ont été analysés à l'aide des corrélations disponibles dans la littérature scientifique spécialisée [Robertson et Campanella 1991, ISSMFE 1988].

2.1.2 Forages avec prélèvement d'échantillons

Les forages ont été réalisés à l'aide d'une foreuse à tarière de marque MaxiDrill ainsi qu'avec un trépied motorisé de marque Acker (voir liste au tableau 3). Les forages effectués à l'aide de la MaxiDrill ont été avancés par rotation de tarières évidées de 82 mm de diamètre intérieur. Pour ce qui est des forages effectués avec le trépied motorisé, ils ont été avancés par battage.

Des échantillons de sols ont été récupérés à l'aide d'un carottier fendu de 51 mm de diamètre pour fins d'analyses environnementales et/ou d'observations en laboratoire. Les prélèvements ont été effectués après décontamination préalable des outils d'échantillonnage et ce en respectant la procédure d'échantillonnage admise dans la « *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* » (PPSRTC) du ministère de l'Environnement du Québec (MENV), édition la plus récente. Chaque échantillon de sols a été récupéré dans des bocaux de verre neufs et propres d'un volume de un litre.

2.1.3 Installations piézométriques

Au total, trois installations piézométriques ont été effectuées sur le site à l'étude et sont identifiées PU-02-201 à PU-02-203 (voir tableau 3). Les piézomètres ont été placés dans la cavité de forage.

Forage	Localisation	Profondeur atteinte (m)	Profondeur crépinée (m)
PU-02-201	Sud-ouest de la cellule de brasques	6,75	2,60 à 5,81
PU-02-202	Sud-est de la cellule de brasques	6,75	2,00 à 6,00
PU-02-203	Nord de la cellule de brasques	6,75	2,00 à 6,00
TF-202	Sud de la cellule de brasques	3,00	--
TF-203	Est de la cellule de brasques	2,25	--
TF-204	Est de la cellule de brasques	3,00	--
TF-205	Nord de la cellule de brasques	3,00	--
TF-206	Nord de la cellule de brasques	3,75	--
TF-207	Fossé 7, en amont	0,10	--
TF-208	Fossé 7	0,10	--
TF-209	Fossé 7, en aval	0,10	--

Tableau 3 – Résumé des forages et des installations piézométriques

2.1.4 Mesures des niveaux d'eau

Après une vérification de la stabilisation des niveaux d'eau dans les nouveaux piézomètres, nous avons procédé à un levé des niveaux de tous les points d'eau disponibles, soit les piézomètres utilisés pour le suivi environnemental et les nouveaux installés dans cette étude ainsi que les regards d'observation des systèmes de drainage sus-jacents à la base des cellules (regards nos 9, 10 et 11) et ceux sous-jacents (regards 2, 3 et 4).

Les relevés dans les regards 9, 10 et 11 ont été réalisés par rapport à l'élévation médiane du dessus de ces regards (regards légèrement inclinés par rapport à la verticale). À noter que les cabanons qui les recouvrent ont gêné le nivellement de ces repères par rapport à la référence de nivellement arbitraire utilisée dans ce mandat. Le levé de niveau d'eau a été réalisé le 19 décembre 2002 à l'aide d'une sonde électrique conventionnelle.

2.2 Échantillonnage des eaux

Au total, trois échantillons d'eau ont été prélevés sur l'ensemble du site. Ces eaux souterraines ont été prélevées dans les piézomètres crépinés PU-02-201 à 203. Les échantillons d'eau souterraine ont été prélevés à l'aide d'un système de prélèvement (de type Waterra). Avant le prélèvement d'échantillon, chaque piézomètre a été vidangé d'un volume correspondant à au moins trois fois le volume d'eau contenu dans le piézomètre.

Les échantillons d'eau recueillis au chantier ont été conservés au frais dans des contenants appropriés préparés par le Laboratoire Éco-Santé de Jonquière et ils ont été transportés au laboratoire le jour même de leur prélèvement.

2.3 **Essais de perméabilité**

Des essais de perméabilité à charge ascendante ont été effectués dans les trois piézomètres installés lors de cette campagne de travaux, dans le but de déterminer la conductivité hydraulique des sols en place (voir résultats à l'annexe VI).

2.4 **Localisation et arpentage**

La localisation des sondages a été effectuée à l'aide d'une chaîne graduée et à partir des bâtiments existants ainsi qu'à partir de la clôture entourant le site. Les élévations ont été mesurées avec un niveau et une règle graduée. Le repère de nivellement utilisé est arbitraire. Il s'agit de la dalle de béton du bâtiment 651, situé à environ 100 mètres à l'est des cellules de brasques. Une élévation arbitraire de 127,00 m a été considérée pour ce repère.

2.5 **Essais en laboratoire**

Un total de quatorze échantillons de sol et trois échantillons d'eau souterraine ont été soumis au Laboratoire Éco-Santé de Jonquière, pour fins d'analyses environnementales. Dans le cas des sols, les paramètres analysés sont les cyanures totaux, les cyanures disponibles et les fluorures. Dans le cas des échantillons d'eau, les paramètres analysés sont la conductivité, les cyanures totaux, les cyanures disponibles, les fluorures ainsi que le pH (voir certificats d'analyses en annexe VII).

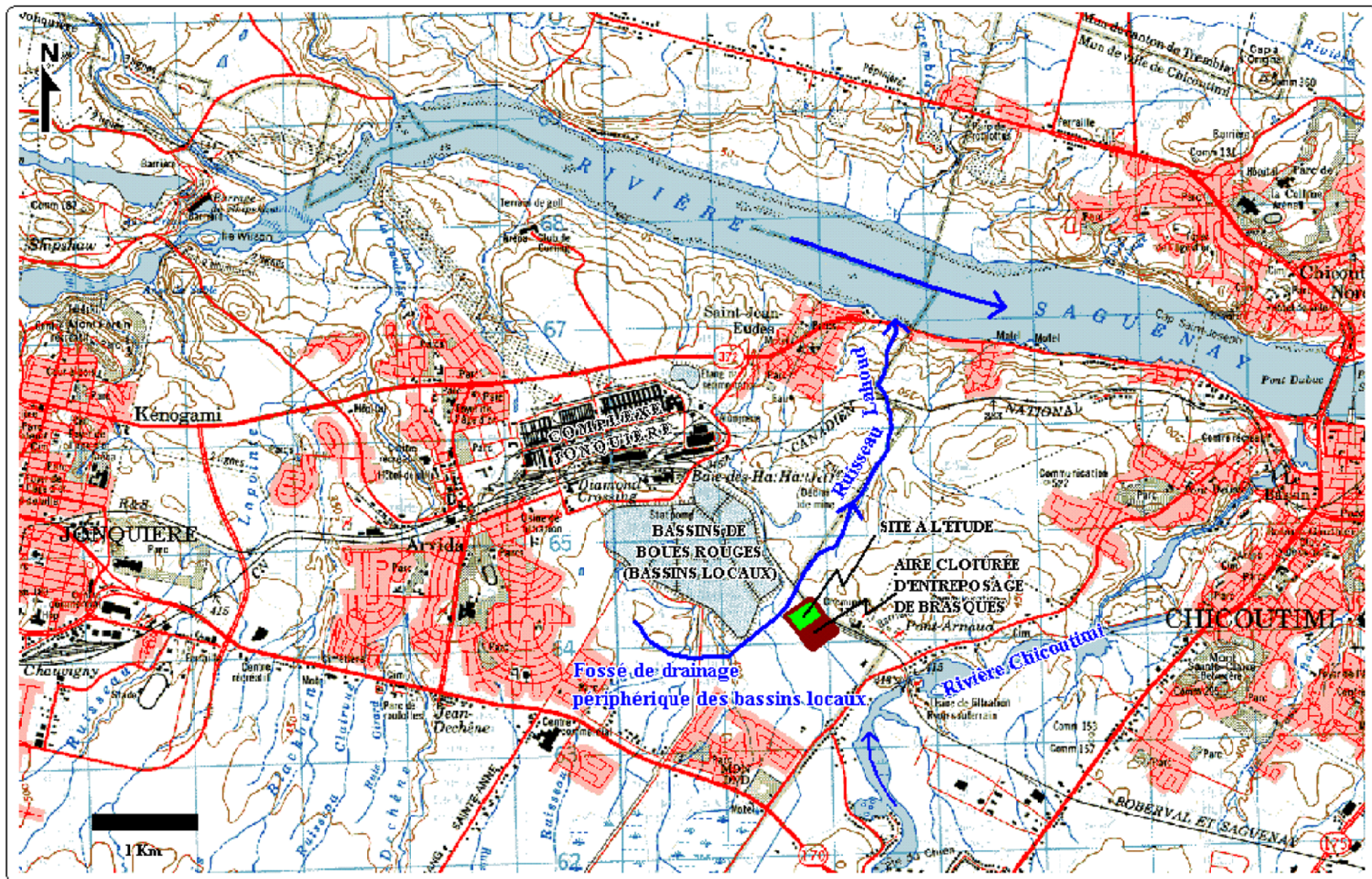
3.0 **PRÉSENTATION DU SITE**

Le site faisant l'objet de la présente étude constitue les cellules de confinement des résidus de brasques produits par Alcan au Complexe Jonquière. Elles sont localisées dans le secteur sud-est de la Ville de Jonquière (sud du quartier St-Jean-Eudes), à l'ouest de la

Ville de Chicoutimi et de la rivière du même nom et à près de 3 km au sud de la rivière Saguenay (voir plan de situation sur figure 1). Le site s'élève à près de 125 m au-dessus du niveau de la rivière Saguenay et la pente du terrain dans le secteur est orientée vers l'ouest en général.

Les cellules occupent la partie ouest d'un terrain clôturé et utilisé par Alcan pour l'entreposage de brasques (voir photo aérienne de 1996 sur la figure 2). Les cellules sont entourées d'aires de circulation (surfaces graveleuses), de fossés de 1 à 5 m de profondeur pour le drainage des eaux de ruissellement, d'une station (bâtiment abritant le regard no 1) pour la collecte et l'observation des eaux de la nappe sous-jacente aux cellules et à proximité, d'un réservoir extérieur pour l'entreposage temporaire et éventuel de lixiviats.

Les cellules renferment environ 170 000 tonnes métriques de brasques et 46 000 tonnes de sols et autres produits, sur une superficie d'environ 25 000 m², avec une hauteur maximale hors-sol d'environ 10 m au centre et un niveau d'implantation sous la surface du terrain voisin ou inférieur à 2 mètres environ. Leur surface est recouverte de hautes herbes. Les terrains à l'extérieur des aires d'entreposage de brasques sont recouverts de hautes herbes ou sont partiellement boisés. Au-delà des terrains boisés qui bordent la limite nord-est du site, on retrouve une voie de chemin de fer de la compagnie Roberval-Saguenay et des zones mal drainées. Le site est relativement isolé par rapport aux activités urbaines de la région et aucun aquifère et ouvrage de captage d'eau de consommation n'est connu au pourtour et en aval du site.



Échelle: 1 : 50 000
 Date: 2003-02-11
 Dessiné par: Simon Fleury, ing. stag.
 Approuvé par: François Tremblay, ing. M.Sc.

Titre: PLAN DE SITUATION
 Client: GROUPE ALCAN MÉTAL PRIMAIRE
 Projet: ÉTUDE DE CARACTÉRISATION ENVIRONNEMENTALE
 CELLULES DE BRASQUES, SECTEURS DES BASSINS LOCAUX, COMPLEXE JONQUIÈRE

No Dessin: Figure 1
 No Dossier: 1050245

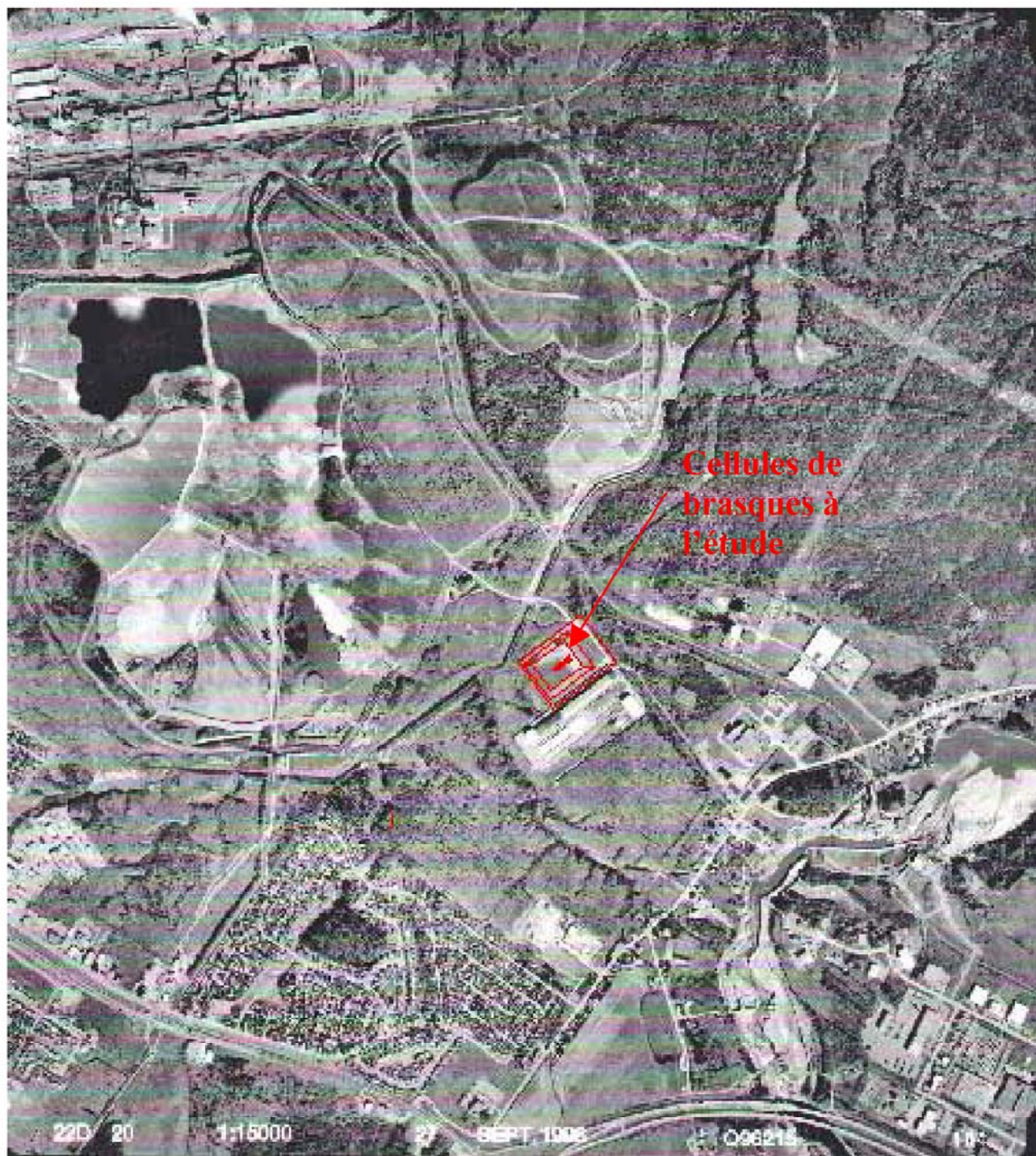


Figure 2 – Photographie aérienne no Q96215-220 au 1:15 000.

Les eaux de ruissellement au site utilisent les fossés entourant les cellules de brasques pour ensuite se drainer dans un ravin ou le fossé périphérique des bassins locaux, respectivement situés au sud-ouest et au nord-ouest des cellules. Ensuite, les eaux atteignent le ruisseau Lahoud et la rivière Saguenay, plus au nord. Une partie des eaux de ruissellement emprunte également le fossé 7 situé au nord-ouest des cellules avant d'atteindre le fossé périphérique des bassins locaux (voir dessin 1050245-01 en annexe V).

Les cellules de brasques ont été aménagées entre 1985 et 1987, sur d'anciennes plaines agricoles de nature argileuse qui occupaient un vaste territoire dans la partie sud-est de la propriété d'Alcan à Jonquière (voir photo aérienne historique de 1972 sur la figure 3).

L'étude de cette photo historique révèle d'autres renseignements dont la présence de crêtes rocheuses et boisées, localement plus au nord et au nord-est du site à l'étude. De plus, le drainage des eaux au site s'effectuait principalement par ruissellement de surface vers des ravins superficiels qui recoupaient la partie centrale des cellules pour ensuite converger en direction du nord-ouest vers l'actuel fossé 7. Au droit du secteur sud-ouest des cellules, les eaux empruntaient plutôt un ravin plus important qui a probablement été comblé avant l'aménagement des cellules. D'après l'examen en stéréoscopie des photos aériennes historiques, on estime à près de 6 mètres la profondeur de ce ravin et à environ 30 mètres, sa largeur en surface.

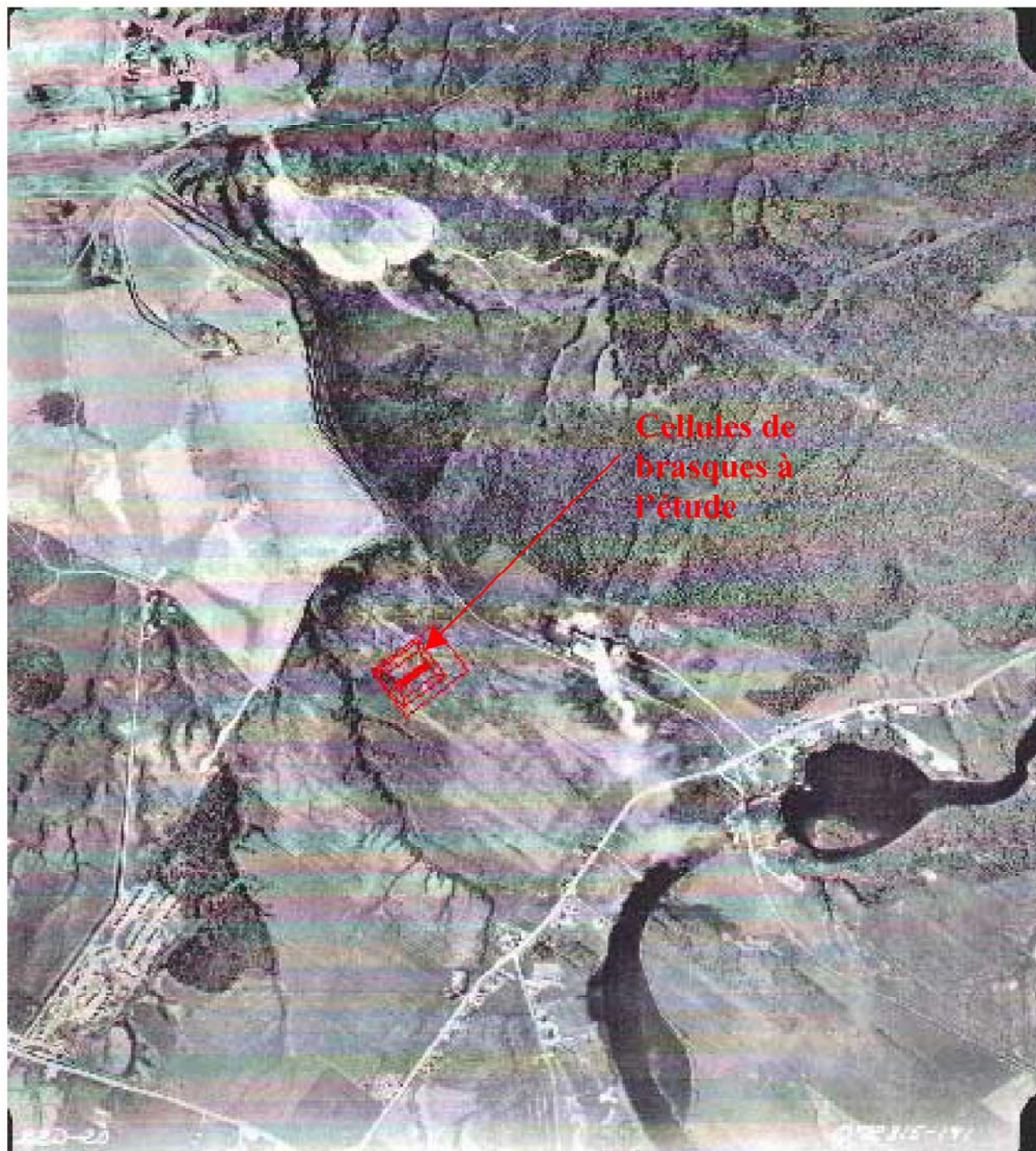


Figure 3 – Photographie aérienne Q72815-191 au 1:15 000.

Les cellules ont été aménagées dans une excavation réalisée à l'intérieur d'une plaine argileuse, afin de réduire les risques d'émissions polluantes à l'environnement. Les cellules de brasques comportent, à la base, une membrane d'étanchéité constituée d'une argile silteuse compactée et, au sommet, un recouvrement constitué entre autres d'une géomembrane en HDPE. Cette géomembrane a été installée vers 1990, par-dessus la membrane argileuse originale, pour améliorer l'étanchéité des cellules. Trois systèmes de drainage et de récupération indépendants des lixiviats ont été mis en place entre la base des résidus de brasques et la membrane argileuse sous-jacente (voir vu en plan et en coupe à l'annexe V de ce rapport). Chaque système achemine les eaux vers la base d'un des regards d'observation (nos 9, 10 ou 11) situés près de la limite ouest des cellules. Des systèmes de drainage (tranchées drainantes) des eaux souterraines de la nappe sous-jacente aux cellules ont aussi été installés pour limiter les pressions hydrostatiques à la base des cellules et pour permettre leur rejet éventuel vers le fossé 7 après observation et vérification de leur qualité au droit du bâtiment abritant le regard 1 (immédiatement au nord-ouest des cellules). Les regards 2, 3 et 4 à l'ouest des cellules sont situés le long des canalisations souterraines qui relient les tranchées drainantes au regard 1. Le degré de relation hydraulique (continuité) entre ces canalisations n'est pas connu selon les renseignements consultés. En raison des problèmes de qualité d'eau détectés vers 1988 au point de rejet vers le fossé 7, divers travaux ont été entrepris vers 1990 pour corriger la situation dont: l'ajout de la géomembrane en HDPE; l'aménagement d'un muret d'étanchéité constitué d'argile et de géomembranes (à base de bentonite) pour obturer le point de rejet au fossé 7, et l'amélioration du drainage des eaux de surface sur le côté nord-est des cellules.

4.0 **STRATIGRAPHIE**

D'après les informations recueillies au droit des sondages effectués dans le cadre de cette étude et, en particulier, d'après les rapports de sondages au piézocône (voir résultats en annexe I), les conditions stratigraphiques générales du site sont caractérisées par un dépôt relativement épais (de l'ordre de 5 à 25 m), constitués en prédominance d'horizons de

nature argilo-silteuse à silto-argileuse. Selon les pressions interstitielles générées lors du fonçage du piézocône, la conductivité hydraulique des horizons silto-argileux est jugée relativement faible dans l'ensemble. L'examen des résultats d'essais de perméabilité réalisés appuie cette opinion.

Toutefois, localement, à l'intérieur de ce dépôt, nous avons détecté de minces horizons (de l'ordre de quelques décimètres ou moins) qui génèrent (lors du fonçage du piézocône) des pressions interstitielles moins importantes (donc plus drainantes) et/ou des résistances en frottement plus élevées. D'après la comparaison des profils stratigraphiques interprétés à l'aide des profils de résistance en pointe obtenus au piézocône, ces horizons plus drainants ne sont pas continus à l'échelle du site et même d'un sondage à l'autre (pas d'évidence de corrélation des profils). De plus, les pressions interstitielles stabilisées et obtenues à différentes profondeurs après arrêt du fonçage au piézocône (essais de dissipations) ont montré des écarts de charges hydrauliques importants et pouvant atteindre plusieurs mètres (voir tableau 2.1 en annexe II). Dans certains cas, les charges hydrauliques mesurées révèlent même des gradients verticaux ascendants entre les parties supérieures et médianes du dépôt argileux (CPTU-2 en particulier) ou des élévations piézométriques supérieures au niveau du sol (CPTU-2, 4, 9, 11, 13, 15 et 22). Ces constatations constituent selon nous des évidences d'une faible relation hydraulique (i.e. faible conductivité hydraulique) entre la partie supérieure du dépôt argilo-silteux (premiers 5 mètres environ) et sa partie plus profonde. Elles suggèrent aussi que le potentiel de migration de contaminants vers la nappe profonde locale est faible. Pour ces raisons et d'après les relevés de résistivité du piézocône (voir discussion plus loin dans ce rapport), aucune vérification du niveau d'étanchéité du roc et aucune installation piézométrique dans les horizons les plus profonds des dépôts meubles n'ont été jugées requis dans cette étude.

Les résultats d'essais de conductivité hydraulique réalisés au droit des piézomètres en fonction sur le site étudié sont présentés à l'annexe VI. Dans la majorité des cas, la recharge des piézomètres a été trop faible pour permettre le calcul de valeurs de conductivité hydraulique; les sols adjacents aux crépines des piézomètres ont alors été jugés peu perméables. Les valeurs maximales obtenues dans cette étude sont d'environ $9,8 \times 10^{-5}$ et $2,0 \times 10^{-5}$ cm/sec (voir résultats en PU-106 et PU-107 respectivement). Il s'agit de valeurs qui correspondent à l'ensemble des hauteurs crépinées et qui sont probablement influencées par la présence d'horizons localisés et plus drainants, à l'intérieur du dépôt argilo-silteux.

La couleur du dépôt argilo-silteux précité est gris brunâtre près de la surface (tranche non saturée) à gris-verdâtre ou grise plus en profondeur. Sur ce dépôt repose une couche superficielle de nature granulaire (couche de roulement dans la zone clôturée entourant les cellules) ou organique (couche porteuse de végétation au-delà de cette zone). Plus en profondeur et sur des épaisseurs limitées à quelques décimètres, on a pu déceler localement la présence de sols silto-sableux denses avant un refus sur des matériaux encore plus denses (moraines très denses ou roc probable). Exceptionnellement, près du coin sud-ouest des cellules, un remblai constitué de sols argilo-silteux avec traces de bois et de sable fin a été observé, en particulier en PU-02-201. La base de ce remblai atteint près de 5,8 m sous la surface du terrain. Ce remblai a été mis en place au droit d'une ancienne vallée d'érosion dont la position est montrée sur la figure 3. D'après les résistances en pointe mesurées avec le piézocône, au voisinage de PU-02-201, le remblai est jugé relativement lâche (CPTU-6). De plus, de nombreuses tentatives de sondages au piézocône dans ce secteur et les rapports de sondage CPTU-20, CPTU-30 et CPTU-31 indiquent la présence de matériaux rocheux dans le remblai de la vallée.

Des profils de conductivité électrique (résistivité) des sols ont aussi été obtenus dans le voisinage immédiat des cellules et ce, concurremment avec les levés au piézocône. Ces profils visaient à déceler l'existence d'anomalies géochimiques (i.e. d'accroissements de conductivité électrique) pouvant être associées à la présence de lixiviats de brasques, leur

conductivité étant largement supérieure à des valeurs de bruits de fond. D'après l'examen des rapports de sondages au piézocône, les profils obtenus montrent des conductivités relativement faibles et jugées comparables à des bruits de fond sauf pour les cas décrits ci-après:

- i- des anomalies (accroissements) mineures ont été rencontrées dans la partie supérieure de la nappe, et ce dans tous les sondages réalisés. Elles présentent des profils comparables tant en amont qu'en aval des cellules. Elles ne sont donc pas associées selon nous à la présence des cellules mais plutôt à un léger accroissement des bruits de fond dans ce secteur industriel. Des profils similaires ont d'ailleurs été obtenus dans d'autres parties du Complexe Jonquière;
- ii- d'autres anomalies ont été décelées en CPTU-6, à la base du remblai et le long de l'ancien ravin d'érosion (au sud-ouest des cellules); plus à l'ouest en CPTU-25, à une profondeur de près de 2 m; en CPTU-7 et CPTU-10, à environ 3 et 6 m respectivement de profondeur sous la surface du dépôt argilo-silteux, à proximité du fossé de drainage, près du coin sud des cellules; en CPTU-27 et CPTU-33 où les irrégularités sont très limitées verticalement (moins d'un décimètre environ) et non continues au droit de ces deux sondages horizontalement (les sondages CPTU-27 et CPTU-33 sont distants de moins d'un mètre environ).

5.0 CONDITIONS HYDROGÉOLOGIQUES

5.1 État des piézomètres aménagés sur le site

Les piézomètres utilisés lors de l'étude ont fait l'objet d'une inspection pour en vérifier le fonctionnement. Un levé des niveaux d'eau y a aussi été réalisé par M. Marc Munger B. ing., en décembre 2002. Les renseignements et les élévations piézométriques obtenus sont les suivants:

Piézomètre	Élévation sol ¹	Élévation tubage ₁	Fonctionnel	Élév. niveau d'eau (2002/12/19)
HC-P1 (PU-107) ²	124,29	125,46	X	123,12
HC-P2 (PU-106) ²	125,04	125,78	X	121,64
HC-P4 (PU-104) ²	125,55	126,33	X	123,48
PU-102 ³		125,96	X	124,04
PU-103 ³		126,00	X	124,18
PU-105 ³	125,22	126,38	X	123,15
PU-108 ³	124,24	125,31	Gelé, inspection impossible	123,39
PU-109 ³	124,66	125,78	X	123,47
PU-02-201 ⁴	124,77	125,87	X	121,31
PU-02-202 ⁴	125,69	126,57	X	122,84
PU-02-203 ⁴	124,30	125,24	X	123,22
Regard #1	Non mesuré		X	
Regard #2	124,69	124,69	X	123,34
Regard #3	124,75	124,75	X	123,43
Regard #4	Non relevé (sol recouvert de neige et glace)			
Regard #9		127,77	X (gelé)	124,44 ⁵
Regard #10		127,79	X (sec)	<123,90 ⁵
Regard #11	124,75	126,82	X (gelé)	124,38 ⁵

Note : ¹ : Élévation arbitraire et près de l'élévation géodésique
² : Piézomètre installé par Hydrogé-Canada (tiré du rapport d'Hydrogé-Canada no 982933M)
³ : Piézomètre installé par Laboratoires S.L. (tiré du rapport des Laboratoires S.L. no SL-97G191)
⁴ : Piézomètre installé par Techmat Inc., présent mandat.
⁵ : Élévation approximative

Tableau 4 – Résultats des levés de piézomètres et état de fonctionnement

5.2 Drainage de surface

Considérant les renseignements présentés précédemment (articles 3,0 et 4,0), le drainage des précipitations au voisinage des cellules de brasques s'effectue principalement par ruissellement de surface vers les fossés de drainage ou dans

une moindre mesure par percolation horizontale au-dessus du substratum argileux intact et peu perméable présent sur l'ensemble du site.

L'inspection de la surface du terrain réalisée au début octobre 2002 et en particulier le long du fossé 7 et des autres fossés de drainage ou ravins dans le voisinage des cellules, n'a révélé aucune évidence de fuites ou résurgences de lixiviats. De plus, le fossé 7 était sec au moment de cette visite. Aucun prélèvement d'eau de surface n'a donc pu être effectué à cette occasion.

5.3 Eau souterraine

Tel que mentionné précédemment (article 4.0), l'utilisation du piézocône a permis de faire ressortir que le potentiel de migration de contaminants vers la nappe profonde locale est faible. La migration de contaminants au site est plus susceptible, selon nous, de s'effectuer horizontalement et suivant le patron d'écoulement de la nappe superficielle. Pour interpréter ce patron, nous avons examiné les élévations piézométriques obtenues au piézocône, celles au droit des piézomètres en place, telles que relevées en décembre 2002 (voir tableau 4) et les niveaux d'eau des regards 2 et 3 aménagés en périphérie des cellules (le regard 4 était recouvert de glace au moment du relevé). Ces élévations, présentées en plan et en coupe (voir dessins 1050245-02, -03, -04 et -05 en annexe V), se situent généralement autour de 123,3 mètres (entre 123,15 et 123,47 mètres), sauf en PU-02-202 (à proximité du fossé relativement profond situé près du coin sud des cellules) où l'élévation de la nappe était sensiblement plus basse (122,84 m) et en PU-02-201 et PU-106 (près du coin sud-ouest des cellules) où la nappe est beaucoup plus basse (121,64 et 121,31 m respectivement). L'élévation piézométrique plus basse en PU-106 s'explique selon nous par le fait que la base du piézomètre PU-106 recoupe un horizon plus perméable, à la base du dépôt silto-argileux. Un gradient hydraulique vertical descendant a d'ailleurs été détecté avec le piézocône à cet endroit (CPTU-1). Dans le cas de tous les autres

piézomètres, les gradients verticaux sont ascendants, entraînant ainsi un drainage ascendant de la base des piézomètres vers le haut (voir vues schématiques en plan et en coupe 1050245-03, -04 et -05 à l'annexe V).

Dans le cas du piézomètre PU-02-201, l'aménagement a été effectué dans le secteur d'une ancienne vallée d'érosion et jugé plus drainant. Rappelons que les nombreuses tentatives de sondages au piézocône dans ce secteur et le rapport de sondage CPTU-20 indiquent la présence de matériaux rocheux utilisés pour le remblayage de la vallée.

L'analyse des dessins 1050245-02, -03, -04 et -05 permet aussi de faire ressortir les points suivants:

- l'élévation de la nappe de lixiviats observée au droit des regards 9 et 11 (i.e. au-dessus de la membrane argileuse dans les sous-sections nord-est des cellules) se situe à une élévation voisine de 124,4 m, soit près d'un mètre plus haut que les élévations de l'eau de la nappe sous-jacente à la membrane des cellules et mesurées dans les regards 2 et 3 ainsi que dans la majorité des piézomètres avoisinants. Considérant que les relevés de niveaux d'eau ont été réalisés alors que la recharge au-dessus des cellules était très faible voire nulle (période hivernale), cette constatation suggère selon nous que le fond de la cellule sous les regards 9 et 11 (partie nord-est du site d'entreposage de brasques) est relativement étanche;
- la même déduction ne peut toutefois être avancée dans le cas du fond de la cellule au droit du regard 10 (partie sud-ouest du site). En effet, aucune présence de lixiviats ou d'eau souterraine n'a été détectée jusqu'au fond du regard, à une élévation arbitraire de 123,9 mètres;
- la nappe de lixiviats observée au droit des regards 9 et 11 (sur la membrane) constitue une condition de nappe perchée et une zone de recharge potentielle de la nappe souterraine avoisinante. Cette situation constitue un risque de résurgence dans les fossés périphériques particulièrement pour ceux aménagés sous les élévations piézométriques de la nappe souterraine locale (voisines de 123,3 m), au moment où elle atteint son niveau maximum (probablement lors de conditions printanières);
- les gradients hydrauliques en aval de PU-02-201 ne sont pas connus, aucun piézomètre n'ayant été aménagé dans ce secteur.

Ainsi, pour la période de décembre 2002 et d'après l'interprétation des conditions piézométriques recueillies et présentées précédemment, les conditions d'écoulement des eaux de la nappe sous-jacente aux cellules sont jugées lentes voire quasi-stagnantes en général (gradients horizontaux et conductivités hydrauliques relativement faibles). Toutefois, le potentiel de migration de contaminants autour des cellules semble davantage concentré vers l'ancienne vallée d'érosion située dans le secteur sud-ouest, où un remblai argileux lâche et contenant des matériaux rocheux a été détecté sur une profondeur d'environ 6 m.

6.0 **CARACTÉRISATION ENVIRONNEMENTALE**

6.1 **Généralités**

Afin d'évaluer la qualité des sols autour des cellules et l'impact du site sur la qualité des eaux environnantes, le programme d'analyses chimiques montré au tableau 5 a été réalisé (voir détails sur tableau 5 et résultats sur le tableau 6). Plus spécifiquement, ce programme visait à déterminer la qualité des remblais recouvrant le dépôt argilo-silteux intact et celle des sols superficiels présents au fond du fossé 7. Ce programme avait aussi comme objectif de caractériser la qualité des eaux souterraines dans les secteurs jugés à plus haut risque de migration de contaminants, i.e. au sud-ouest et sud des cellules (cf. article 5.3) et à proximité du piézomètre PU-108, du côté nord-est des cellules et où les critères de qualité prescrits par le MENV ont occasionnellement été dépassés, historiquement.

Type d'échantillon	Provenance	Éléments analysés
Remblais sus-jacents au dépôt argilo-silteux intact au pourtour de la cellule	PU-02-201, PU-02-202, PU-02-203, TF-202, TF-203, TF-204, TF-205, TF-206	cyanures totaux, cyanures disponibles, fluorures
Sols superficiels au fond du fossé 7 (côté nord-ouest des cellules)	TF-207, TF-208, TF-209	cyanures totaux, cyanures disponibles, fluorures
Eaux souterraines	PU-02-201, PU-02-202, PU-02-203	cyanures totaux, cyanures disponibles, fluorures, pH, conductivité

Tableau 5 – Programme d'analyses chimiques

Ce programme a fait l'objet d'une acceptation par les représentants d'Alcan et du MENV préalablement à la réalisation des travaux d'échantillonnage sur le terrain. Les résultats du suivi des piézomètres réalisé à l'automne 2002 par les représentants de l'usine Arvida (voir synthèse des résultats transmis au tableau 6) ont aussi été examinés dans ce mandat.

L'ensemble des résultats d'analyses précités est regroupé sur le tableau 6. Ils ont été interprétés en regard des critères de contamination des sols et des eaux souterraines de la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés du MENV, tels que mis à jour le 4 février 2003 sur le site Internet du MENV. Dans le cas à l'étude, il s'agit d'un terrain à vocation industrielle et aucun ouvrage de captage d'eau pour fins de consommation n'est connu au voisinage et en aval du site. Selon ce qui précède, les critères d'usage prescrits par le MENV sont les critères C pour les sols et les critères de résurgence à l'égout ou dans les eaux de surface dans le cas des eaux souterraines.

Mentionnons qu'aucune évidence visuelle d'altération des sols n'a été décelée lors de nos travaux d'inspection de surface et de carottage sur le terrain étudié. De même, les échantillons d'eau recueillis ne présentaient pas d'indices organoleptiques d'altération.

6.2 Qualité des sols

Échantillon composite de remblais ou sols superficiels	Profondeur d'échantillonnage (m)	Cyanures totaux (mg/kg)	Cyanures disponibles (mg/kg)	Fluorures (mg/kg)
Remblais autour des cellules				
PU-02-201	0,00 à 5,60	2,2 (A-B)	< 0,5 (< A)	396 (A-B)
PU-02-202	0,30 à 1,62	< 2 (< A)	< 0,5 (< A)	387 (A-B)
PU-02-203	0,00 à 1,50	< 2 (< A)	< 0,5 (< A)	596 (B-C)
TF-202	0,00 à 1,50	< 2 (< A)	< 0,5 (< A)	342 (A-B)
TF-203	0,00 à 0,87	< 2 (< A)	< 0,5 (< A)	344 (A-B)
TF-204	0,00 à 1,50	< 2 (< A)	< 0,5 (< A)	624 (B-C)
TF-205	0,00 à 2,25	< 2 (< A)	< 0,5 (< A)	329 (A-B)
TF-206	0,00 à 2,25	< 2 (< A)	< 0,5 (< A)	211 (A-B)
Sols superficiels (fossé 7)				
TF-207	0,00 à 0,05	8,2 (A-B)	< 0,5 (< A)	706 (B-C)
TF-207	0,05 à 0,10	6,4 (A-B)	0,8 (< A)	736 (B-C)
TF-208	0,00 à 0,05	13 (A-B)	6,6 (A-B)	983 (B-C)
TF-208	0,05 à 0,10	6,9 (A-B)	0,5 (< A)	821 (B-C)
TF-209	0,00 à 0,05	18 (A-B)	3,2 (A-B)	910 (B-C)
TF-209	0,05 à 0,10	2,8 (A-B)	0,6 (< A)	944 (B-C)
Critère A ¹	--	2	2	200
Critère B ²	--	50	10	400
Critère C ³	--	500	100	2000

- Notes :
- ¹ : critère A de la politique du MENV et se rapportant aux teneurs de fond
 - ² : critère B de la politique du MENV et se rapportant aux terrains à vocation résidentielle, récréative et institutionnelle
 - ³ : critère C de la politique du MENV se rapportant aux terrains à vocation commerciale et pour des terrains à usage industriels

Tableau 6 – Résultats d'analyses des sols (niveau de contamination)

L'examen de ce tableau révèle que les échantillons composites de remblais au pourtour des cellules respectent tous les critères C du MENV (critères d'usage) pour les fluorures et qu'ils sont même inférieurs ou voisins des critères B dans la majorité des cas. Pour les cyanures totaux et disponibles, les résultats se situent à des niveaux de bruits de fond.

Au fond du fossé 7, les sols superficiels présentent des teneurs supérieures aux bruits de fond sans pour autant excéder les critères C et même les critères B (cas des cyanures totaux et disponibles seulement). Ces sols sont de nature argilo-silteuse et comportent des traces de matières organiques.

Les résultats du tableau précité indiquent aussi que la qualité environnementale des sols est comparable verticalement, dans le cas des fluorures, alors que les teneurs en cyanures totaux et disponibles sont en général plus faibles dans l'horizon 0,05 à 0,10 m que dans la couche de sol de surface. Lors de crues d'eau, l'eau de ruissellement peut éroder les particules de sols faiblement altérées à la surface du fossé 7, entraînant une altération de l'eau de surface qui est échantillonnée en aval. Une attention particulière doit donc être prise lors de l'interprétation des résultats de ces analyses.

6.3 **Qualité des eaux**

L'analyse de l'eau de ruissellement au droit du fossé 7 n'a pu être effectuée puisque le fossé était sec lors de nos visites et travaux sur le terrain. La présence de sols superficiels faiblement altérés par des fluorures et cyanures (à des niveaux sensiblement supérieurs à des bruits de fond) et de plus, sujets à l'érosion (sols fins) lors de périodes de fontes printanières ou de précipitations importantes, peut entraîner une détérioration de la qualité des eaux de surface à la station d'échantillonnage située en aval du fossé 7. Cette hypothèse n'a pas pu être vérifiée dans cette étude. Aucune résurgence d'eau n'a par ailleurs été décelée lors de nos inspections du terrain, le 7 octobre 2002.

L'examen des résultats d'analyses d'eau du tableau 7 permet de faire ressortir les points suivants:

- les lixiviats contenus dans les cellules de brasques sont caractérisés par des teneurs en fluorures et en cyanures (totaux et disponibles) très élevées et largement supérieures aux critères d'usage du MENV;
- la qualité de l'eau du piézomètre PU-02-201 (à proximité des piézomètres PU-105 et HC-P2/PU-106), montre des dépassements des critères d'usage du MENV à la fois pour les paramètres fluorures et cyanures disponibles (conductivité également élevée), tandis qu'aucun dépassement n'a été relevé dans l'eau échantillonnée en PU-02-202 (coin sud des cellules) et PU-02-203 (à proximité du piézomètre potentiellement anormalique PU-108) ainsi que pour la vaste majorité des résultats obtenus d'Alcan;
- exceptionnellement, des dépassements ont été rencontrés en PU-105 et PU-106, dans le cas des cyanures disponibles seulement et en PU-108, pour les paramètres cyanures disponibles (suivis de juin et octobre 2002) et fluorures (suivi du mois d'octobre 2002 seulement).

À notre avis, les dépassements rencontrés dans les piézomètres PU-105 et PU-106 ne peuvent être associés directement aux cellules de brasques puisque les teneurs en cyanures totaux et en fluorures de même que les résultats d'analyses des autres paramètres (conductivité en particulier) sont relativement faibles et près des valeurs obtenues ailleurs sur le site. Au contraire, dans le cas de l'eau échantillonnée en PU-02-201 (coin sud-ouest des cellules), les résultats d'analyses s'apparentent tous à la signature géochimique des lixiviats contenus dans les cellules.

Dans le cas de l'eau recueillie en PU-108, on peut noter que sa qualité n'est pas constante dans le temps et pour tous les paramètres analysés, ce qui est plutôt inusité pour des eaux souterraines soumises à un régime d'écoulement régulier. De plus, tel qu'indiqué dans les notes du tableau, ce piézomètre a été reconstruit à proximité d'un piézomètre endommagé (non visible en surface), pour lequel aucune preuve d'obturation n'est connue (réf.: rapport des Laboratoires S.L. no. SL-97G191, janvier 1998). Il est donc possible voire probable que la qualité de l'eau en PU-108 ne représente pas la qualité des eaux souterraines mais qu'elle soit plutôt influencée par des infiltrations d'eau de surface au droit du piézomètre endommagé. Il est aussi possible que la purge prolongée du piézomètre inverse

les directions d'écoulement de la nappe superficielle à proximité, créant ainsi un appel de lixiviats dans le puits d'échantillonnage (voir dessins 1050245-03 et -05).

Site	Élev. tubage (m)	Mois (2002)	Fluorures totaux (ppm)	Cyanures totaux (ppm)	Cyanures disponibles (ppm)	pH	Conductivité (µmhos/cm)	Ammoniaque (mg NG4/L)	Sodium Na (ppm)	Sulfates SO ₄ (ppm)	Élev. Niveau d'eau (m) déc. 2002
PU-102	125.96	juin	0.76	<0.01	<0.01	8.18	515	<0.5	140	380	124.04
		octobre	0.74	<0.01	<0.01	8.21	486	1.1	45	16	
PU-103	126.00	juin	0.82	<0.01	<0.01	8.07	379	<0.5	11	42	124.18
		octobre	0.63	<0.01	<0.01	7.88	423	<0.5	7	7.9	
HC-P4 (PU-104)	126.33	juin	1.1	<0.01	<0.01	7.83	421	<0.5	14	35	123.48
		octobre	0.83	<0.01	<0.01	7.85	428	<0.5	14	1.3	
PU-105	126.38	juin	0.26	0.25	0.08	7.68	536	<0.5	2	26	123.15
		octobre	0.27	0.35	0.2	7.66	572	<0.5	14	25	
HC-P2 (PU-106)	125.78	juin	0.19	1.1	0.3	7.67	502	<0.5	21	37	121.64
		octobre	0.23	0.66	0.58	7.82	476	<0.5	13	21	
HC-P1 (PU-107)	125.46	juin	0.5	0.03	0.02	7.54	644	<0.5	18	68	123.12
		octobre	0.45	0.14	<0.01	7.34	678	<0.5	23	210	
PU-108 ³	125.31	juin	2.7	0.5	0.14	7.43	567	<0.5	22	32	123.39
		octobre	25	13	11	8.17	1806	1.9	420	70	
PU-109	125.78	juin	2.1	0.01	<0.01	7.68	549	<0.5	23	34	123.47
		octobre	1.5	<0.01	<0.01	7.64	567	<0.5	22	0.7	
PU-02-201	125.87	déc.	60	104	0.411	8	5250	ND	ND	ND	121.31
PU-02-202	126.57	déc.	0.77	0.036	<0.005	8.3	368	ND	ND	ND	122.84
PU-02-203	125.24	déc.	0.58	0.013	<0.005	7.8	695	ND	ND	ND	123.22
Lixiviats des cellules (à titre indicatif seulement)	--	--	500	4000	--	--	--	--	--	--	--
MENV¹	--	--	4	Note²	0.022	--	--	-²	--	--	--

Notes: Les analyses chimiques des piézomètres PU-102 à PU-109 ont été fournies par Alcan.

¹: Critères d'eaux souterraines pour les résurgences dans les eaux de surface ou infiltration dans les égouts.

²: **Aucun critère défini par le MENV** pour les résurgences dans les eaux de surface ou infiltration dans les égouts;

³: **PU-108 : reconstruit par Les Laboratoires S.L. Inc. à proximité d'un piézomètre endommagé. Aucune preuve d'obturation du piézomètre endommagé et non visible en surface (réf.: rapport de Laboratoires SL, janvier 1998);**

Tableau 7 – Résultats d'analyses chimiques et élévations piézométriques des eaux souterraines

7.0 CONCLUSIONS

D'après les renseignements obtenus et présentés dans ce rapport, nous émettons les conclusions suivantes:

- l'investigation avec l'aide du piézocône couplé à une sonde de résistivité (conductivité électrique) a permis d'obtenir un portrait de la stratigraphie des dépôts meubles en périphérie des cellules de brasques et ce, de façon plus représentative qu'avec des sondages conventionnels. Simultanément, lors des mêmes relevés, les conditions hydrauliques (contrastes de conductivité hydraulique des sols verticalement et horizontalement, gradients hydrauliques verticaux) et les anomalies géochimiques de résistivité ont été enregistrées. La précision et la reproductibilité de ce type de levés ont ensuite permis de comprendre le contexte hydrogéologique particulier qui prévaut sur le site et, conséquemment, d'optimiser les travaux de validation au moyen de sondages conventionnels (identification des sites et/ou profondeurs névralgiques pour fins de carottage de sols, d'installation de piézomètres, d'échantillonnage d'eau, d'essais de perméabilité et levés piézométriques, etc.);
- la stratigraphie générale du site est caractérisée par un dépôt principal de nature argilo-silteuse à silto-argileuse, relativement épais et comportant localement des horizons minces, sub-horizontaux et plus perméables (de nature silto-sableuse à sableuse); d'après les résultats obtenus au piézocône, le potentiel de migration verticale de contaminants au site a été jugé très limité voir nul et aucune vérification des conditions de l'eau souterraine à grande profondeur n'a été jugée requise dans cette étude;
- le dépôt argilo-silteux est recouvert d'un remblai granulaire superficiel servant de couche de roulement (autour des cellules) ou d'un couvert organique porteur de végétation (à l'extérieur de l'aire clôturée d'entreposage de brasques);
- la plupart des sondages au piézocône réalisés à proximité des cellules ont été arrêtés sur des matériaux denses (moraine ou roc probable);
- exceptionnellement, le coin sud-ouest des cellules repose sur une épaisseur de remblai relativement importante et atteignant près de 6 m sous la surface du terrain. Ce remblai est constitué de matériaux argilo-silteux lâches et comporte des traces de sable, de matières organiques et de masses rocheuses de tailles inconnues. La position de ce remblai correspond à un ancien ravin d'érosion, visible sur les photos aériennes historiques du site;
- d'après l'interprétation des conditions piézométriques recueillies, les conditions d'écoulement des eaux de la nappe souterraine au site (i.e. la nappe sous-jacente et adjacente à la membrane argileuse aménagée à la base des cellules) sont jugées lentes voire quasi-stagnantes en général (gradients horizontaux et conductivités hydrauliques

relativement faibles). Toutefois, une condition de drainage préférentiel a été détectée au sud-ouest des cellules, au droit d'une ancienne vallée d'érosion comblée par près de 6 m d'un remblai argileux lâche et contenant des matériaux rocheux;

- les profils continus de résistivité réalisés au voisinage des cellules révèlent en général une absence d'évidence significative de migration de lixiviats des cellules, même le long et dans le voisinage aval du fossé 7. Exceptionnellement, dans l'axe de l'ancienne vallée d'érosion précitée et située au sud-ouest du site étudié, des indices d'altération (accroissement de la conductivité électrique des sols) ont été détectés dans des remblais argileux lâches et comportant des masses rocheuses;
- les résultats d'analyses d'eau disponibles appuient le diagnostic précité. En effet, seul le secteur sud-ouest a révélé des indices de contamination jugés significatifs et représentatifs d'un problème d'étanchéité des cellules. Ces indices correspondent à des teneurs en fluorures, cyanures totaux et disponibles et une conductivité électrique beaucoup plus fortes que des bruits de fond et même supérieures aux critères prescrits par le MENV pour les paramètres fluorures et cyanures disponibles. Ces traceurs d'altération sont caractéristiques des lixiviats contenus dans les cellules;
- les anomalies de la qualité d'eau obtenues dans certains autres piézomètres sur le site touchent seulement certains traceurs d'altération (cyanures en PU-105 et PU-106) ou encore sont isolées et ne sont pas corroborées par les relevés de résistivité au piézocône (PU-108). Nous avons jugé qu'elles ne sont pas associées à la présence des cellules;
- cette étude a présenté la liste des piézomètres aménagés au site et ceux jugés fonctionnels. En général, les ouvrages en place peuvent permettre d'obtenir le portrait de la qualité des eaux souterraines à proximité des cellules;
- les échantillons composites de remblais au pourtour des cellules respectent tous les critères C du MENV (critères d'usage) pour les fluorures et les résultats d'analyses sont mêmes inférieurs ou voisins des critères B dans la majorité des cas. Pour les cyanures totaux et disponibles, les teneurs se situent à des niveaux de bruits de fond;
- au fond du fossé 7, les sols superficiels présentent des teneurs supérieures aux bruits de fond sans pour autant excéder les critères C (cas des fluorures) et même les critères B (cas des cyanures totaux et disponibles);
- nous avons cependant mentionné que la présence de ces sols superficiels faiblement altérés par des fluorures et cyanures (à des niveaux sensiblement supérieurs à des bruits de fond) et de plus sujets à l'érosion (sols fins), en particulier lors de périodes de fontes printanières ou de précipitations importantes, peut entraîner une détérioration de la qualité des eaux de surface à la station d'échantillonnage située en aval du fossé 7. Cette hypothèse n'a pas pu être vérifiée dans cette étude, le fossé étant demeuré sec lors de nos visites et travaux sur le terrain;

- aucune résurgence d'eau ou de lixiviats n'a par ailleurs été décelée lors de nos inspections du terrain et des fossés de drainage avoisinant les cellules.
- l'élévation de la nappe de lixiviats observée au droit des regards 9 et 11 (i.e. au-dessus de la membrane argileuse dans les sous-sections nord-est des cellules) se situe à une élévation d'un mètre plus haut que les élévations de l'eau de la nappe sous-jacente à la membrane des cellules et mesurées dans les regards 2 et 3 ainsi que dans la majorité des piézomètres avoisinants. Considérant que les relevés de niveaux d'eau ont été réalisés alors que la recharge au-dessus des cellules était très faible voire nulle (période hivernale), cette constatation suggère selon nous que le fond de la cellule sous les regards 9 et 11 est relativement étanche;
- la même déduction ne peut toutefois être avancée dans le cas du fond de la cellule au droit du regard 10 (partie sud-ouest du site) puisque aucune présence de lixiviats ou d'eau souterraine n'a été détectée jusqu'au fond du regard.

Nous espérons ce rapport à votre entière satisfaction et nous demeurons à votre disposition pour tout renseignement additionnel.

Nous vous prions d'agréer, Monsieur, l'expression de nos salutations distinguées.

TECHMAT INC.

Marc Munger, B. ing.

François Tremblay, ing. M. Sc.
Directeur de la division hydrogéologique et environnement

MM/FT/mcd