

Le 20 juillet 2020

Monsieur Louis-Filip Richard
Direction régionale de l'analyse et de l'expertise de l'Estrie et de la Montérégie
Secteur industriel
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
201, place Charles-Le Moyne, 2^e étage
Longueuil (Québec) J4K 2T5

N/Réf. : RA17-901-1

**Objet : Demande de modification de l'approbation du plan de réhabilitation – Ancienne carrière Landreville
Topographie du site et systèmes de drainage des biogaz et des eaux d'infiltration**

Monsieur,

Les Carrières Rive-Sud inc. (Carrières Rive-Sud), propriétaire de l'ancienne carrière Landreville occupant les lots 1 912 265 et 1 912 214 du cadastre du Québec (CRS), a confié à Sanexen Services Environnementaux inc. (Sanexen) la responsabilité de réaliser les travaux de réhabilitation du site pour lesquels un plan de réhabilitation a été approuvé par le MELCC¹ le 3 juillet 2015. Une procuration du propriétaire autorisant Sanexen à déposer la présente demande de modification du plan de réhabilitation est disponible à l'annexe A.

La présente demande vise, dans un premier temps, à modifier la topographique finale du site afin de l'harmoniser à l'usage prévu à la suite des travaux de réhabilitation, soit un parc, et de répondre aux attentes du milieu et de la Ville de Boucherville.

La présente demande vise également, dans un deuxième temps, à modifier la conception des systèmes de drainage des biogaz et des eaux d'infiltration du site afin d'en simplifier la construction, de l'adapter à l'usage prévu et de réduire l'empreinte écologique du site à long terme.

➤ **Modification de la topographie**

La figure 1 de l'annexe B présente la topographie finale du site faisant l'objet dans le cadre de la présente demande.

Cette topographie a été réalisée en collaboration avec la Ville de Boucherville et une résolution du conseil municipal attestant que cette topographie satisfait les attentes de la Ville de Boucherville est disponible à l'annexe C.

Globalement, les modifications consistent à abaisser la butte de 2 m de hauteur par rapport au niveau original, à conserver un plan d'eau de 43 000 m² sur le site et à agrandir la superficie de la butte au sommet. Ces changements diminuent la quantité de matériaux requis de 2,4 millions de mètres cubes à 2,2 millions de mètres cubes.

1 Nommé à l'époque le Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques.

Une étude hydraulique validant la conception et la profondeur du plan d'eau afin de permettre la viabilité à long terme de l'ouvrage ainsi qu'une qualité de l'eau acceptable est disponible à l'annexe D.

Des chemins d'accès pour l'entretien de l'ouvrage ont également été ajoutés au bas, à la mi-hauteur et au sommet de la butte.

Finalement, les merlons périphériques ont été retirés afin d'harmoniser la topographie du site à l'usage prévu.

Le tableau suivant présente les modifications qui sont suggérées à la topographie du site entre le plan de réhabilitation de 2015 et la présente demande.

TABLEAU 1
Modifications demandées à la topographie du site entre le plan de 2015 et la présente demande

Élément topographique	Plan de 2015	Présente demande
Présence d'un plan d'eau	Aucun	Plan d'eau de 43 000 m ²
Élévation de la butte	Élévation 56 mètres	Élévation 54 mètres
Volume total de sols et matériaux à importer	2,4 millions de mètres cubes	2,2 millions de mètres cubes
Superficie au sommet de la butte	Environ 30 000 m ²	Environ 56 000 m ²
Merlon périphérique	Oui	Aucun
Chemin à mi-hauteur de la butte pour entretien	Aucun	Oui
Chemin d'accès au sommet de la butte pour entretien	Aucun	Oui
Chemin au bas de la butte pour entretien	Aucun	Oui

► Modification aux systèmes de captage des biogaz, de drainage et d'étanchéité

Les figures 1 et 2 de l'annexe B présentent les modifications demandées aux systèmes de drainage des biogaz et des eaux d'infiltration. À titre comparatif, les coupes types originales du plan de réhabilitation de 2015 sont présentées à l'annexe E. Le devis des géosynthétiques préparé pour le projet de CRS est disponible à l'annexe F.

Une firme spécialisée dans le domaine sera engagée pour effectuer la supervision du contrôle qualité des matériaux synthétiques selon les plans et devis et s'assurer de la stabilité géotechnique des travaux qui seront effectués sur le site. Un rapport de cette firme sera fourni avec le rapport de réhabilitation à la fin des travaux.

La présente demande vise globalement à remplacer le système de drainage des biogaz situé en dessous de la géomembrane, qui était originalement constitué d'une couche de 500 mm de béton concassé, par un matériau géocomposite de drainage des biogaz de type *Draintube*. De la même façon, le système de drainage des eaux d'infiltration situé au-dessus de la géomembrane, qui était originalement constitué d'une couche de 300 mm de béton concassé, serait remplacé par un matériau géocomposite pour le drainage des eaux d'infiltration.

Ces modifications sont demandées pour obtenir une plus grande flexibilité au niveau de l'échéancier de réalisation des travaux en évitant de dépendre de la disponibilité du béton concassé et pour faciliter les opérations de terrain. L'installation de matériaux géocomposites est moins complexe et plus rapide que la mise en place de couches de matériaux granulaires. Ainsi, ces modifications pourraient permettre de réduire l'échéancier et les coûts du projet, sans avoir d'impact sur l'efficacité de l'ouvrage.

Des modifications mineures sont également demandées à la conception des géocomposites et de la géomembrane dans les tranchées périphériques, notamment en les installant sur les faces internes des tranchées, plutôt que sur les faces externes comme prévu initialement.

Les 52 événements hors sol qui étaient prévus au pourtour de la butte seront également remplacés par deux biofiltres souterrains afin de permettre des usages récréatifs sur le site et de réduire l'empreinte écologique du site à long terme en traitant les biogaz plutôt qu'en les ventilant à l'atmosphère. Les dimensions et la conception des biofiltres seront déterminées en fonction de la concentration et de la composition de biogaz qui sera mesurée dans les deux cheminées entre leur mise en place en 2021 et l'installation des biofiltres en 2023. La figure 3 de l'annexe B présente la conception suggérée des biofiltres.

Il est à noter que le système de drainage des biogaz proposé dans la présente demande de modification avec les géocomposites et les biofiltres est un système de gestion passif à l'instar de celui approuvé en 2015. De plus, tout comme celui de 2015, ce système passif pourra être converti en système actif advenant une accumulation de biogaz dans les puits de suivi. Aucune installation supplémentaire ne sera nécessaire pour convertir le système passif en système actif, il suffira pour ce faire d'installer des pompes aux 2 exutoires des géocomposites de drainage des biogaz (cheminés). Ces exutoires seront situés dans les biofiltres.

Aucun changement au programme de suivi environnemental des différents médiums n'est requis par la présente demande de modification. De plus, la mise en place du puits de pompage (trappe hydraulique) à l'endroit le plus profond de la carrière demeure inchangée.

L'ouvrage sera entièrement recouvert d'au moins un mètre de sols < A auquel sera mélangés des matières résiduelles fertilisantes afin d'obtenir un terreau fertile pour la restauration de la couverture végétale. Le terreau sera produit en respectant les principes généraux du Guide sur le recyclage des matières résiduelles fertilisantes (MRF) et du Guide sur l'utilisation de matières résiduelles fertilisantes (MRF) pour la restauration de la couverture végétale de lieux dégradés du MELCC.

Le tableau ci-dessous présente les modifications demandées au système de drainage des biogaz et des eaux d'infiltration entre le plan de 2015 et la présente demande.

TABLEAU 2

Modifications demandées au système de drainage des biogaz et des eaux d'infiltration entre le plan de 2015 et la présente demande

Éléments du système de drainage des biogaz	Plan de 2015	Présente demande
Ouvrage de drainage des biogaz en dessous de la géomembrane	Couche de 500 mm de béton concassé avec géotextile de séparation.	Géocomposite de drainage des biogaz de type <i>Draintube</i> .
Ouvrage de drainage des biogaz en périphérie du GERLED	Tranchée périphérique jusqu'à une profondeur correspondant environ à l'élévation 34 m. Comblée avec des matériaux granulaires et confinée par une géomembrane et géotextiles de protection sur sa paroi externe .	Tranchée périphérique jusqu'à une profondeur correspondant environ à l'élévation 34 m. Comblée avec du remblai technique et confinée par une géomembrane et géocomposite de drainage des biogaz sur sa paroi interne .

Éléments du système de drainage des biogaz	Plan de 2015	Présente demande
Ouvrage de drainage des biogaz à la limite nord du GERLED (ligne 600)	Tranchée périphérique jusqu'à une profondeur correspondant environ à l'élévation 24 m. Comblée avec des matériaux granulaires . Confinée par une géomembrane et géotextiles de protection jusqu'à une profondeur correspondant environ à l'élévation 31 m sur la face externe .	Tranchée périphérique jusqu'à une profondeur correspondant environ à l'élévation 24 m. Comblée avec du remblai technique . Confinée par une géomembrane et géocomposite de drainage des biogaz jusqu'à une profondeur correspondant environ à l'élévation 24 m sur la face interne .
Système de gestion passif des biogaz	Ventilation des biogaz à l'atmosphère par le biais de 31 événements hors sols au bas de la butte et de 22 événements hors sols sur le sommet de la butte.	Traitement des biogaz par 2 biofiltres souterrains au sommet de la butte connectés aux géocomposites de drainage des biogaz.
Activation du système de gestion actif des biogaz, si nécessaire	Système de drains 6 pouces non perforés installés dans les tranchées périphériques et devant être connectés à une soufflante pour activation.	Connexion de pompes directement aux 2 exutoires des géocomposites de drainage.
Ouvrage de drainage des eaux d'infiltration au-dessus de la géomembrane	Couche de 300 mm de béton concassé avec géotextile de séparation.	Géocomposite de drainage des eaux d'infiltration de type <i>Draintube</i> .
Ouvrage de drainage des eaux d'infiltration en périphérie du GERLED	Couche de 300 mm de béton concassé avec géotextile de séparation reliée à un fossé de drainage périphérique.	Géocomposite de drainage des eaux d'infiltration de type <i>Draintube</i> relié à un fossé de drainage périphérique.
Ouvrage de drainage des eaux d'infiltration à la limite nord du GERLED (ligne 600)	Drain d'évacuation des eaux d'infiltration installé environ à l'élévation 36 m et connecté avec un fossé de drainage périphérique.	Drain d'évacuation des eaux d'infiltration installé environ à l'élévation 29 m et connecté avec un fossé de drainage périphérique.
Évacuation des eaux à l'extérieur du terrain	Le fossé de drainage périphérique se déverse dans un exutoire situé dans la partie nord-est du site.	Le fossé de drainage périphérique se déverse dans le plan d'eau de 43 000 m ² . Ce plan d'eau est maintenu à une élévation de 27,75 m par un exutoire de 6" situé dans la partie nord-est du site.
Drain souterrain	Oui, dans la partie nord-est du terrain entre 28 et 29 m d'élévation.	Plus nécessaire puisque remplacé par le plan d'eau.

Vous trouverez ci-joint un chèque pour la présente demande.

Si de plus amples renseignements vous étaient nécessaires, n'hésitez pas à communiquer avec nous.

Nous vous prions d'accepter, Monsieur, nos sincères salutations.



Kevin Randall, M. Sc., EESA®
Directeur adjoint – Environnement

KR/rv

p. j.

ANNEXE A

Procuration du propriétaire

PROCURATION
DEMANDE DE MODIFICATIONS AU PLAN DE RÉHABILITATION

SANEXEN Services Environnementaux inc.
9935, rue de Châteauneuf
Entrée 1, bureau 200
Brossard (Québec) J4Z 3V4

Objet : Propriété correspondant à l'ancienne carrière Landreville à Boucherville – Lot 1 912 265 du cadastre du Québec

Madame, Monsieur,

Par la présente, je, soussigné(e), M. Francis Lépine, personne dûment autorisée par la compagnie Les Carrières Rive-Sud inc., autorise Sanexen Services Environnementaux inc., à déposer au MDDELCC des modifications au plan de réhabilitation approuvé pour la propriété citée en objet (7610-16-01-0020302 401259854) ainsi que des études de nature environnementale et à mener les communications à ce sujet.

Veillez prendre note qu'une copie de la présente autorisation a la même valeur que l'original.

En espérant le tout à votre entière satisfaction, nous vous prions de recevoir, Madame, Monsieur, l'expression de nos salutations distinguées.

Signé à St-Amand, ce 13 Mar 2017

Les Carrières Rive Sud inc. (CRS)

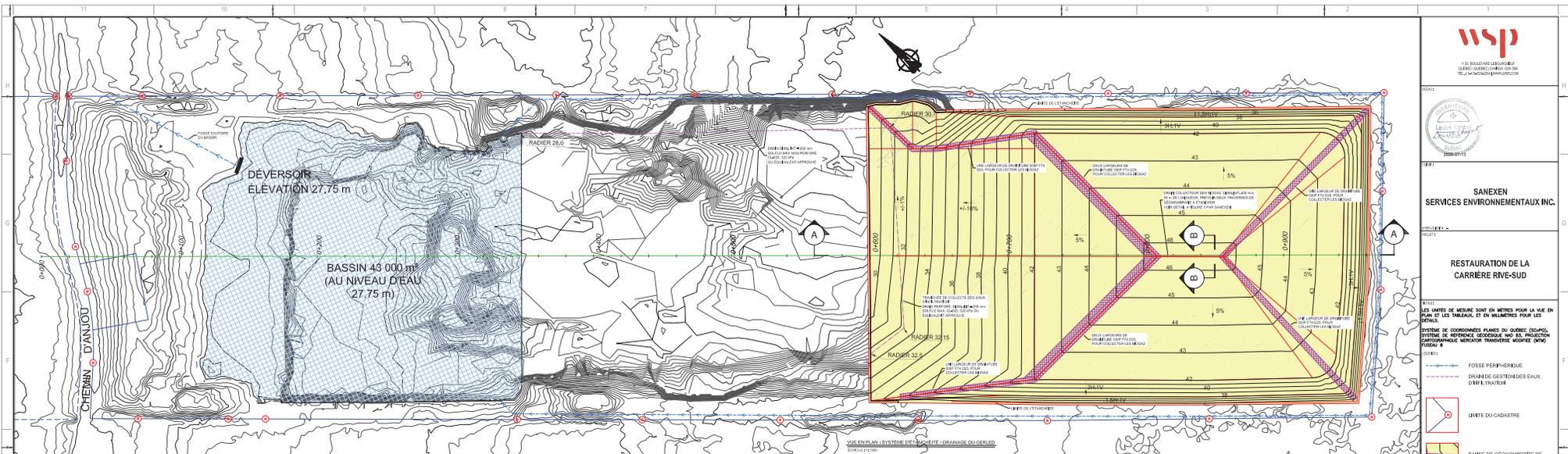
Nom du propriétaire
(Caractère d'imprimerie)



Signature du propriétaire

ANNEXE B

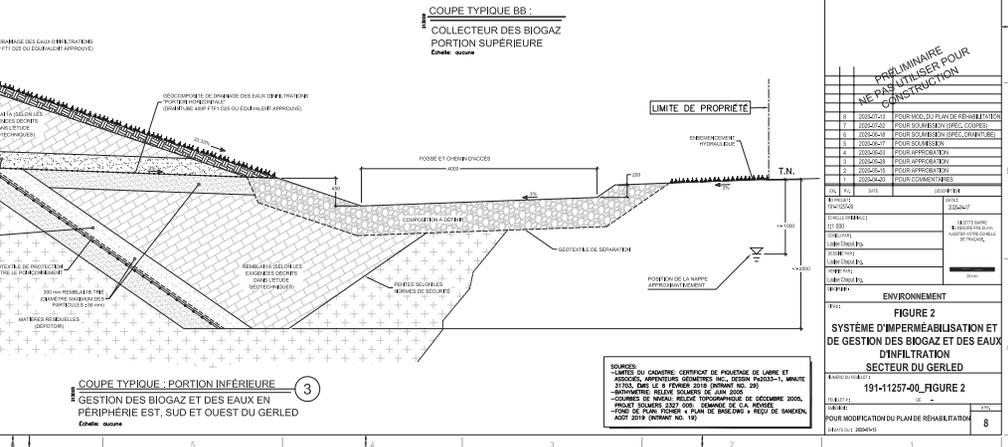
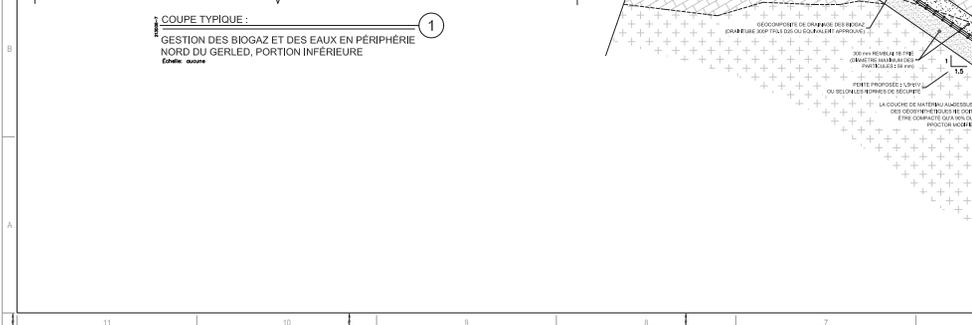
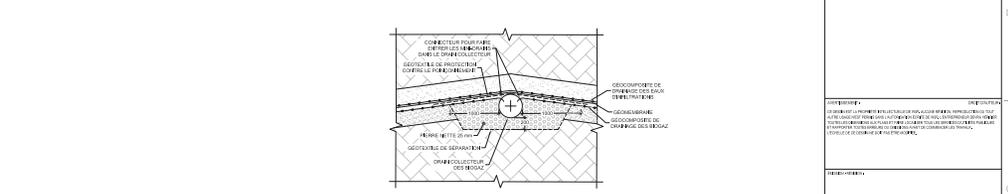
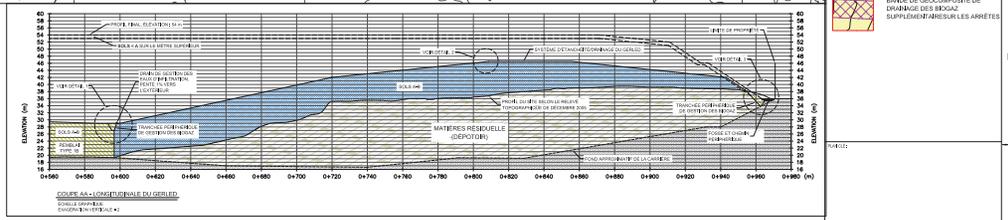
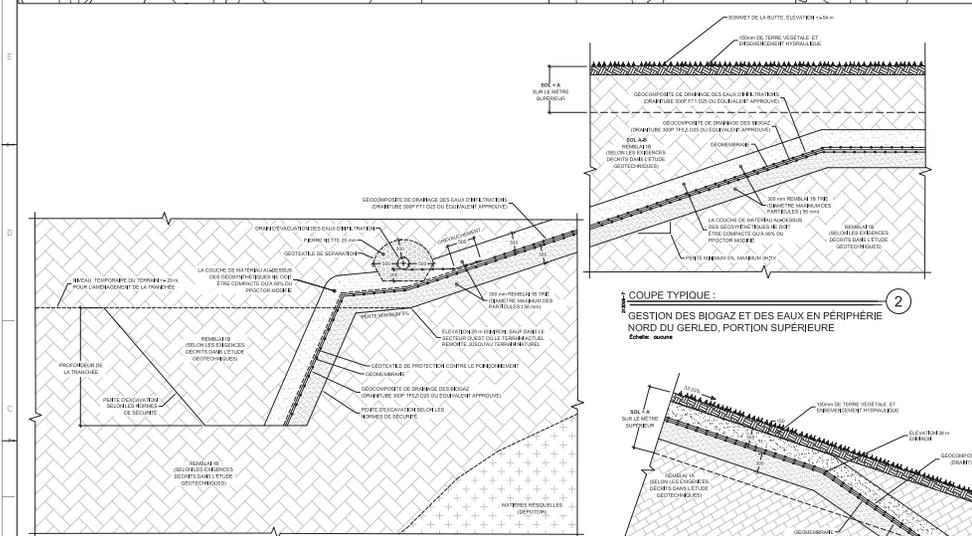
Figures



RESTAURATION DE LA CARRIÈRE RIVE-SUD

LES UNITÉS DE MESURE SONT EN MÈTRES POUR LA VUE EN PLAN ET EN MILLIMÈTRES POUR LES DÉTAILS.

- FOSSÉ PÉRIPHÉRIQUE
- DRAIN DE GESTION DES EAUX D'INFILTRATION
- LIMITE DU CADASTRE
- BANDE DE GÉOCOMPOSITE DE DRAINAGE DES BIOGAZ SURIMPOSÉE AUX CELLULES ARRÊTÉS



PAVIMENTAIRE NE PAS UTILISER POUR CONSTRUCTION

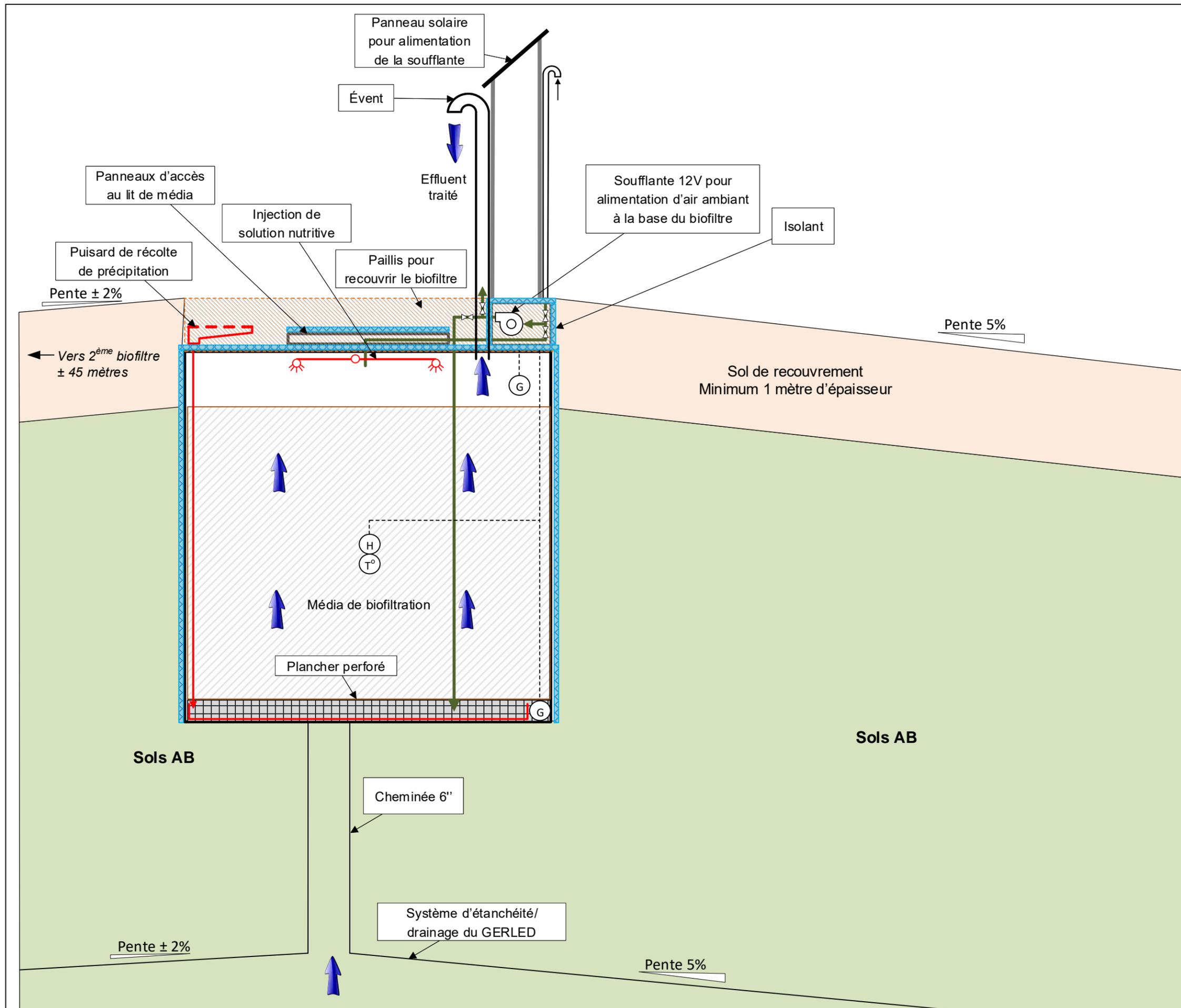
PROFONDEUR	ÉPAISSEUR	REMARQUES
1	100 mm	POUR RÉGULER LE NIVEAU DE RÉGÉNÉRATION
2	100 mm	POUR DRAINER LES ÉCARTS
3	100 mm	POUR DRAINER LES ÉCARTS
4	100 mm	POUR APPRÉHENSION
5	100 mm	POUR APPRÉHENSION
6	100 mm	POUR APPRÉHENSION
7	100 mm	POUR APPRÉHENSION
8	100 mm	POUR APPRÉHENSION
9	100 mm	POUR APPRÉHENSION
10	100 mm	POUR APPRÉHENSION

FIGURE 2
SYSTÈME D'IMPERMÉABILISATION ET DE GESTION DES BIOGAZ ET DES EAUX D'INFILTRATION
SECTEUR DU GERLED

PROJET: 191-11257-00_FIGURE 2

DATE: 2019 (REV. 01)

SOURCES:
 -LÉGENDE DU CADASTRE COMPLEXE DE PROTECTION DE LA MER ET ASSOCIÉS, APPROPRIATION GÉOMÉTRIQUE INC., GESTION P1003-1, UNITÉ 3173, BASÉ LE 4 FÉVRIER 2016 (REV. 01);
 -SÉRIENTRIE RELIÉE SOLÈRES DE JUIN 2002;
 -COUPE DE NIVEAU RELIÉE TROUSSEAU DE DÉCOUPE 2004, PROJET P1003-1, 327'000' NIVEAU DE C.A. NIVEAU;
 -COUPE DE NIVEAU RELIÉE TROUSSEAU DE DÉCOUPE 2004, PROJET P1003-1, 327'000' NIVEAU DE C.A. NIVEAU;
 -COUPE DE NIVEAU RELIÉE TROUSSEAU DE DÉCOUPE 2004, PROJET P1003-1, 327'000' NIVEAU DE C.A. NIVEAU;
 -COUPE DE NIVEAU RELIÉE TROUSSEAU DE DÉCOUPE 2004, PROJET P1003-1, 327'000' NIVEAU DE C.A. NIVEAU;



Légende

(G)	Prélèvement de gaz
(H)	Humidité
(T°)	Température

- Spécification des deux biofiltres:**
- La dimension et la conception des biofiltres sera déterminée en fonction de la concentration et de la nature des biogaz qui seront mesurées dans les cheminées suite à leur installation à l'été 2021. La mise en place des biogaz est prévue pour 2023.
 - La composition du média de filtration sera déterminé en fonction de la concentration et de la composition des biogaz qui seront mesurées dans les cheminées suite à leur installation à l'été 2021. Le média de filtration pourrait être composé d'un mélange de copeaux de bois, compost, tourbe, fibre de coco, litière d'écurie et pierre calcaire (mélange et proportions à déterminer).
 - Les biofiltres seront aménagés dans des conteneurs étanches et isolés avec accès par le dessus.
 - Les biofiltres seront équipés des éléments suivants:
 - Réseau d'injection de solution nutritives/eau dans le média de biofiltration;
 - Thermocouple pour le suivi de la température au cœur du biofiltre;
 - Hygromètres pour suivi de l'humidité au cœur du biofiltre;
 - Points de prélèvement d'air à l'entrée et à la sortie du biofiltre;
 - Ventilateur 12V (alimenté par panneau solaire) pour alimentation en O₂;
 - Pompe pour activer le système de pompage actif, au besoin.

Figure 3
COUPE TYPIQUE
CONCEPTION DU BIOFILTRE ④
 Aucune échelle

CONFIDENTIEL
 Aucune échelle
 Ce document ne doit pas être utilisé aux fins de construction (ou de fabrication ou d'installation).

Dessiné par : J. Bergeron	Préparé par : É. Bélisle-Roy	Approuvé par : K. Randall
Date : 2020-07-10	Révision : 1	No de projet : RA17-901-1
		No de contrat : A

SANEXEN
 SERVICES ENVIRONNEMENTAUX INC.

ANNEXE C

Résolution du conseil d'administration

ACCORD SUR LA TOPOGRAPHIE DU SITE LES CARRIÈRES RIVE-SUD INC.

ENTRE : **SANEXEN SERVICES ENVIRONNEMENTAUX INC.**, personne morale de droit privé, ayant une place d'affaires au 9935, rue de Châteauneuf, entrée 1 – bureau 200, à Brossard (Québec) J4Z 3V4, agissant et représentée par son vice-président Environnement, monsieur Jacques Dion, dûment autorisé à signer le présent protocole d'entente aux termes d'une résolution du conseil d'administration adoptée le 2 juillet 2019, dont une copie certifiée conforme est jointe comme **annexe 1**;

(ci-après, le « Maître d'œuvre »)

ET : **VILLE DE BOUCHERVILLE**, personne morale de droit public, ayant une place d'affaires en son hôtel de ville au 500, rue de la Rivière-aux-Pins, à Boucherville (Québec), J4B 2Z7, agissant et représentée par son directeur général, M. Roger Maisonneuve, dûment autorisés à signer la présente entente administrative.

(ci-après, la « Ville »)

ATTENDU qu'un protocole d'entente concernant la réalisation du projet de réhabilitation environnementale du site les carrières Rive-Sud inc. a été signé le 18 juillet 2019 entre Sanexen Services Environnementaux inc. et la ville de Boucherville;

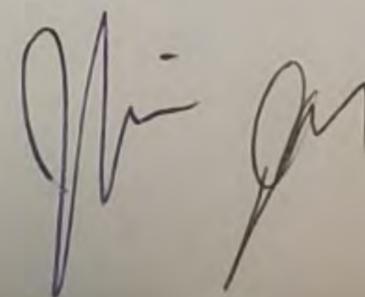
ATTENDU que ce protocole prévoit que dans les trois cent soixante-cinq (365) jours suivant sa signature, le maître d'œuvre présente au MELCC une modification du plan de réhabilitation pour y inclure l'aménagement topographique du site (1^{er} paragraphe de l'article 3.12);

ATTENDU que cet aménagement topographique du site est sujet à un commun accord entre la ville et le maître d'œuvre (avant-dernier paragraphe de l'article 3.12)

ATTENDU que ce protocole prévoit la présence d'un plan d'eau d'une superficie d'au minimum 46000m², à moins qu'une contrainte d'aménagement des lieux, exigences géotechniques ou du MELCC empêche la mise en place d'un lac d'une telle superficie. Dans un tel cas, les parties s'engagent à revoir les aménagements proposés d'un commun accord.

ATTENDU que ce protocole prévoit une butte d'une hauteur de 16 mètres par rapport à l'élévation du terrain existant avant le début des travaux

ATTENDU que ce protocole prévoit la réalisation des travaux en 5 ans à partir du 6 août 2018 dans la mesure ou la mesure ou une quantité de matériaux équivalent à 2 500 000



m³ est atteinte à plus ou moins 5%, à défaut de quoi la durée des travaux pourra se poursuivre pour une période maximale de 2 ans supplémentaires

Les parties se sont entendues d'un commun accord sur l'aménagement topographique du site, soit :

L'aménagement topographique final du site sera celui présenté sur le plan titré Implantation des ouvrages conçu par Louise Chaput, ing. chez WSP en date du 1er mai 2020 et présenté à l'**annexe 2**.

Le maître d'œuvre présentera au MELCC une modification du plan de réhabilitation incluant cet aménagement topographique du site.

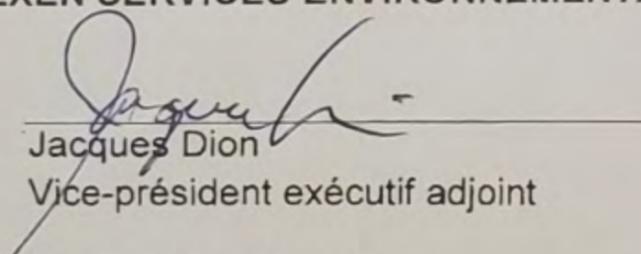
Advenant que des modifications mineures doivent être apportées à cet aménagement pour des considérations techniques lors des travaux de construction, le maître d'œuvre en avisera la ville au préalable. Ces modifications mineures ne pourront modifier ce qui suit :

- La superficie du plan d'eau final sera d'au minimum de 43 000 m².
- La hauteur finale de la butte demeure inchangée par rapport au protocole initial.
- Le volume de matériaux à importer sera réduit à 2 245 000 m³, plus ou moins 5 %. Cette réduction du volume à importer pourrait retrancher une année dans le calendrier de réalisation des travaux.

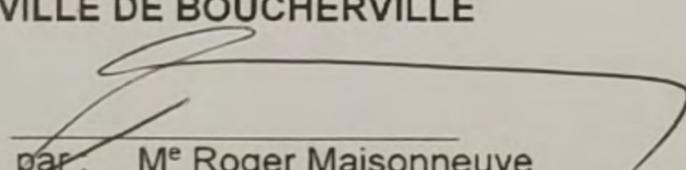
À moins d'indication contraire, les dispositions du présent accord entrent en vigueur le jour de sa signature par toutes les parties.

EN FOI DE QUOI, LES PARTIES SIGNENT LE 16/06 2020.

SANEXEN SERVICES ENVIRONNEMENTAUX INC.,

par : 
Jacques Dion
Vice-président exécutif adjoint

VILLE DE BOUCHERVILLE

par : 
M^e Roger Maisonneuve
Directeur général



Boucherville

EXTRAIT DU LIVRE DES DÉLIBÉRATIONS

EXTRAIT du procès-verbal de la séance ordinaire du conseil municipal de Boucherville tenue le 15 juin 2020 à 20h00 à l'hôtel de ville de Boucherville, 500, rue de la Rivière-aux-Pins, Boucherville, sous la présidence de monsieur le maire.

SONT PRÉSENTS :

M. Jean Martel, maire

M^{me} Isabelle Bleau, conseillère (téléconférence)

M. Raouf Absi, conseiller (téléconférence)

M^{me} Josée Bissonnette, conseillère (téléconférence)

M^{me} Anne Barabé, conseillère (téléconférence)

M. François Desmarais, conseiller (téléconférence)

M^{me} Magalie Queval, conseillère (téléconférence)

M^{me} Jacqueline Boubane, conseillère (téléconférence)

M^{me} Lise Roy, conseillère (téléconférence)

SONT ÉGALEMENT PRÉSENTS

M^{me} Marie-Pier Lamarche, greffière

M. Roger Maisonneuve, directeur général

200615-31

**Accord sur la topographie du site les Carrières
Rive-sud**

Il est proposé :

1. D'approuver l'accord sur la topographie du site les Carrières Rive-sud entre Sanexen services environnementaux inc. et la Ville de Boucherville.
2. D'autoriser le directeur général ou la greffière à signer tous documents pour donner effet à la présente.

ADOPTÉE À L'UNANIMITÉ

COPIE CERTIFIÉE CONFORME
DE LA RÉOLUTION No 200615-31

MARIE-PIER LAMARCHE, GREFFIÈRE

ANNEXE D

Étude hydraulique



NOTE TECHNIQUE

DESTINATAIRE(S) : M. Kevin Randall, Directeur adjoint,
Sanexen Services Environnementaux inc.

EXPÉDITEUR : Mme Louise Chaput, ing., Directrice de projets,
WSP Canada Inc.

COPIE : Mme Elsa Sormain, ing. M.Sc., WSP Canada Inc.

DATE : 06/07/2020

OBJET : **Carrière Rive-Sud, Sanexen**
Conception et suivi des travaux de construction d'une cellule de
confinement et d'un parc régional
Étude hydraulique du bassin
Réf. WSP : 191-11257-00
Révision 1 : Pour modification du plan de réhabilitation

1.0 INTRODUCTION

1.1 Mise en contexte et objectifs

Dans le contexte des travaux de réhabilitation de l'ancienne carrière Rive-Sud à Boucherville, Sanexen a mandaté WSP pour réaliser l'ingénierie détaillée de la cellule de confinement et d'un bassin récréatif, ainsi que la gestion et le suivi de la construction pour ces deux items. La présente étude s'inscrit dans le cadre des demandes d'autorisation et de permis nécessaires pour les travaux.

Plus précisément, l'objectif de cette étude hydraulique est de valider le dimensionnement du bassin prévu ainsi que de son exutoire. Le plan d'eau doit être conçu pour être de configuration simple, permette la viabilité à long terme de l'ouvrage et assurer une qualité de l'eau acceptable pour des fins d'activités aquatiques, à l'exception de la baignade. Le type d'entretien sera également présenté dans un document à part.

1.2 Méthodologie générale

Afin de réaliser le mandat, la superficie du bassin versant du futur plan d'eau a été délimitée. Par la suite, un bilan hydrique a été réalisé sur une base journalière, pour différentes conditions de pluviométrie, afin d'analyser l'évolution des niveaux d'eau dans le bassin.

2.0 BILAN HYDRIQUE

2.1 Zone d'étude

Le site à l'étude se situe à Boucherville, sur le chemin d'Anjou, près de la rue Montbrun. Actuellement, de l'eau s'accumule naturellement dans la partie nord-ouest du site. Elle s'écoule ensuite vers un fossé au nord-ouest du site, qui traverse le chemin d'Anjou et continue vers le nord-ouest à travers des champs agricoles sur environ 1 200 m pour rejoindre la rivière Sabrevois. Cette rivière serpente ensuite à travers la ville de Boucherville sur environ 5 km avant de se jeter dans le fleuve Saint-Laurent. La Figure 2-1 présente la localisation du site et le réseau hydrographique local.

Pour déterminer le bassin versant du plan d'eau projeté, les données LIDAR de la zone ont été utilisées (feuillelet 31K11SO), ainsi que la topographie projetée du site. La superficie totale tributaire du futur plan d'eau a été estimée à environ 24,6 hectares. Il est à noter que ce bassin versant comprend quasiment exclusivement la butte projetée sur le site de l'ancienne carrière. Le bassin versant est donc assez pentu, avec une pente moyenne d'environ 18%.



Figure 2-1 Localisation du site à l'étude

2.2 Paramètres et hypothèses

2.2.1 Critères de conception

A noter que pour donner suite au dépôt de la note technique préliminaire, des discussions ont eu lieu entre la Ville de Boucherville, Sanexen et WSP, et un accord a été passé sur un concept modifié. Ainsi, le futur plan d'eau :

- Ne sera plus en hauteur mais au contraire au niveau du sol après exploitation de la carrière, correspondant approximativement avec l'accumulation d'eau qui était présente sur le site avant l'arrivée de Sanexen pour la restauration;
- Aura une superficie inférieure à celle prévue initialement;
- Sera muni d'un déversoir qui sera aménagé dans le terrain naturel pour servir d'exutoire au plan d'eau.

Les caractéristiques du bassin ont été ajustées de manière à satisfaire à ces nouveaux critères de conception pour le projet, qui sont les suivants :

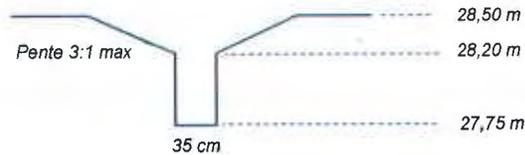
- Superficie du plan d'eau au niveau normal d'exploitation de 43 000 m² ;
- Prévoir un déversoir pour évacuer les surplus d'eau de manière sécuritaire ;
- Assurer une qualité de l'eau propice à des activités récréatives, sans baignade ;
- Débit maximum à l'exutoire de 8 L/s/ha imposé par la Ville de Boucherville à l'article 25 du règlement CA-2009-104 ;
- Obtenir des variations du niveau d'eau raisonnables dans le plan d'eau (pas de hausse ou de baisse trop marquées).

2.2.2 Caractéristiques du plan d'eau

Afin de satisfaire aux critères de conception énoncés précédemment, et conformément aux discussions entre les différentes parties, les caractéristiques du plan d'eau ont été fixées ainsi :

- Élévation du fond du bassin : 25,75 m ;
- Relation niveau-superficie-volume : Au niveau 27,75 m, le bassin a une superficie de 43 075 m² et un volume de 67 658 m³ ;
- Élévation du seuil du déversoir (niveau normal) : 27,75 m ;
- Niveau maximum d'exploitation : 28,2 m ;
- Élévation maximale (crête naturelle du bassin) : 28,50 m. Les éventuelles dépressions dans la crête naturelle du bassin devront être comblées lors de l'aménagement du bassin afin de garantir une élévation constante minimum de 28,5 ;
- Largeur du déversoir : 0,35 m au seuil.

Croquis de dimensionnement du déversoir propose:



2.2.3 Apports d'eau

Les apports d'eau au futur plan d'eau proviendront du ruissellement d'eau de pluie sur le bassin versant, de la fonte de la neige accumulée dans le bassin versant (au printemps), ainsi que de la nappe phréatique.

2.2.3.1 *Apports d'eau de surface*

Pour la présente étude, les données de pluviométrie de la station météorologique de Saint-Hubert (7027320), localisée à environ 10 kilomètres au sud du site, ont été utilisées. Cette station enregistre des données de précipitations quotidiennes depuis les années 1950 (données estivales seulement depuis 2010). Le Tableau 2-2 présente les précipitations totales mensuelles et annuelles de 1992 à 2009. Trois années type ont été utilisées pour le bilan hydrique, soient une année particulièrement humide (2006), une année particulièrement sèche (2001) et une année moyenne (2000).

Afin de déterminer les apports en période de fonte de la neige, les données de température moyenne ainsi que d'épaisseur du couvert de neige enregistrées sur une base journalière à la station de Saint-Hubert ont été utilisées. Il a été considéré que du 1^{er} mars au 30 novembre, les précipitations participent aux apports du plan d'eau lorsque la température moyenne journalière est positive. Du 1^{er} décembre au 1^{er} mars en revanche, toutes les précipitations participent à augmenter le couvert de neige dans le bassin versant, et il n'y a donc pas d'apport au plan d'eau considéré pendant cette période. La période de fonte est déterminée grâce aux données de couvert de neige et les apports sont modulés journalièrement en fonction du nombre de degrés au-dessus de zéro.

Le volume d'apport d'eau au futur plan d'eau est ensuite déterminé en appliquant un coefficient de ruissellement, qui prend en compte les pertes par interception, infiltration et évapotranspiration dans le bassin versant. Dû aux conditions particulières du site (une ancienne carrière remblayée, la présence d'une membrane sur une partie du site, mais discontinue, l'incertitude sur les matériaux qui composeront le sol, etc.), une incertitude existe sur le coefficient de ruissellement à utiliser. Pour cette étude, trois coefficients de ruissellement différents ont été utilisés, selon les conditions climatiques étudiées. Ainsi, un faible coefficient de ruissellement de 0,2 a été utilisé dans le scénario d'année sèche, afin de vérifier s'il y a un risque d'assèchement du bassin dans des conditions particulièrement sèches et en supposant une forte infiltration dans le bassin versant. Un coefficient de 0,9 a en revanche été utilisé avec les conditions humides, afin d'évaluer de façon conservatrice le risque de débordement du plan d'eau en conditions humides et en supposant que presque toute l'eau se rend au plan d'eau. Finalement, un coefficient de ruissellement de 0,6 a été utilisé dans le scénario d'une année moyenne, afin de reproduire les conditions de ruissellement jugées les plus probables sur le site.

Tableau 2-1 Bilan des différents scénarios étudiés pour le bilan hydrique

	SCÉNARIO 1	SCÉNARIO 2	SCÉNARIO 3
Conditions hydrologiques	Année sèche (2001)	Année humide (2006)	Année moyenne (2000)
Coefficient de ruissellement	0,2	0,9	0,6

2.2.3.2 Apports d'eau souterraine

Une étude hydrogéologique de la carrière a été réalisée en 2009, basée sur quelques mesures piézométriques prises en 2005 et 2006. D'après le rapport de modélisation de la carrière Rive-Sud (Richelieu Hydrologie Inc., 2009), en conditions naturelles (sans pompage), la nappe phréatique est environ à l'élévation 28 m à l'emplacement du futur plan d'eau, comme on peut le voir à la Figure 2-2.

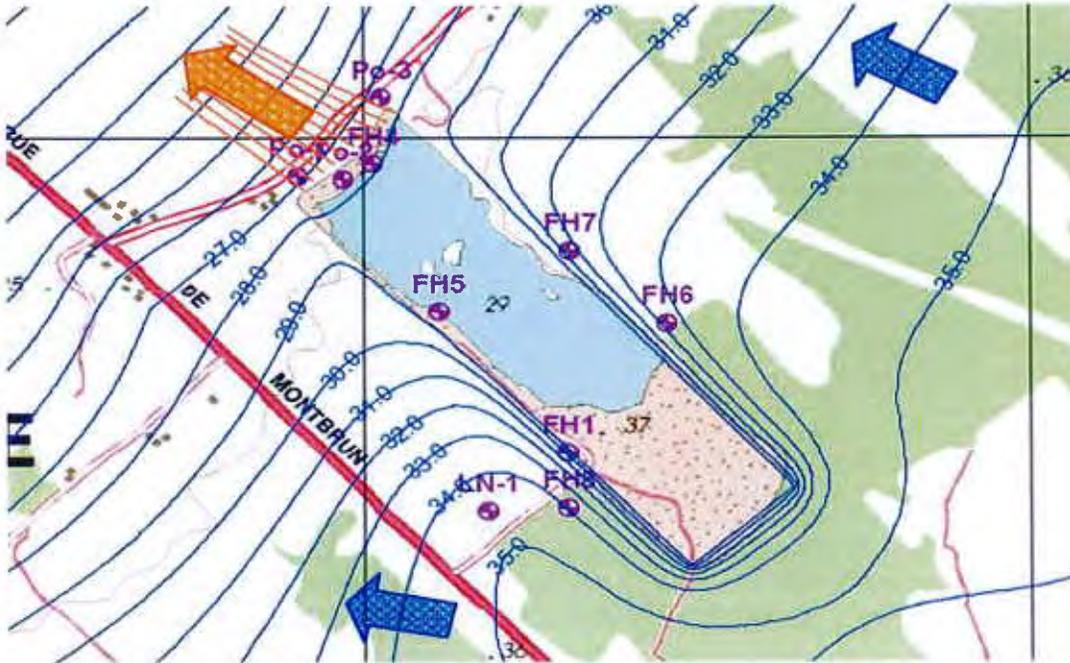


Figure 2-2 Piézométrie modélisée en conditions naturelles d'écoulement (Richelieu Hydrologie Inc., 2009)

Pour cette étude, il a été considéré que le futur plan d'eau sera en contact direct avec la nappe phréatique, que ce soit par le fond ou par les parois. Le niveau du plan d'eau étant fixé à 27,75 m (niveau du déversoir), on peut donc penser qu'il sera rempli par la nappe phréatique en permanence, et qu'il y aura possiblement un écoulement permanent dans le déversoir.

A noter toutefois qu'il n'y a pas d'indication dans cette étude sur la date à laquelle les niveaux piézométriques ont été relevés (au printemps lorsque la nappe est haute, en période d'étiage estival, etc.), ni sur la possible variabilité de la nappe selon la saison et d'une année à l'autre.



2.2.4 Pertes dans le plan d'eau

Comme indiqué précédemment, une résurgence de la nappe phréatique est attendue dans le futur plan d'eau. Aucune perte par infiltration dans le plan d'eau n'est donc considérée.

Aucune donnée d'évaporation n'est disponible pour la station de Saint-Hubert. Ainsi, pour estimer l'évaporation dans le futur bassin, les normales climatiques pour la station Dorval-Montréal (7025250) ont été utilisées. Pour cette station, il est estimé une évaporation de 659,3 mm annuellement, répartie entre mai et octobre. Ce total annuel a été modulé journalièrement en fonction du nombre de degrés au-dessus de zéro.

L'exutoire du bassin est de type seuil déversant. Si le niveau d'eau dans le plan d'eau dépasse l'élévation du seuil du déversoir, un débit est alors évacué. Ce débit évacué a été calculé à l'aide de la loi de seuil.

Tableau 2-2 Précipitations totales mensuelles à la station Saint-Hubert

ANNÉE	JAN.	FÉV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNUEL
1992	87,3	80	80,1	55,4	63,3	79,6	142,6	60,4	114,2	67,2	98,9	38	967
1993	126,1	65,2	63,6	175,3	85,8	104	88	42,3	102,2	130,8	77,5	71,8	1132,6
1994	84,7	67	65	94									
1995	113,6	43,6	42	56,7	66,7	51,4	172,2	75,9	67,5	180,7	131,6	69,3	1071,2
1996	79,8	90,2	16,6	156,5	100,5	87	110,4	25,4	88	115,6	183	93,5	1146,5
1997	109,6	117,1	100,3	92,6	61,5	73	176	140,5	78,5	47,9	105,4	58,3	1160,7
1998	151,5	53,2	129,3	32,5	46,5	67,5	162,5	136	45	59,5	42,7	52,5	978,7
1999	138	48,6	80,4	28	44	91,5	64,5	79	206	104,5	54,7	71,5	1010,7
2000	80,1	77,8	76,4	123,3	125,5	92,5	49,5	95,5	71	33	62,5	133	1020,1
2001	45,8	85,4	86,6	18,7	58,5	118,6	94,5	78,5	51	87,5	106,4	47,2	878,7
2002	39,6	44,1	93,2	80,7	121	111	81	36	96,5	82,5	105,3	40,3	931,2
2003	25,2	65,5	87,2	84,1	107	83	88,5	90,5	73	164,5	143,9	190,4	1202,8
2004	32,1	45,8	66,6	75,2	59,5	64,5	205,5	84	65,8	24	70,4	119,6	913
2005	63,5	52,2	50,5	137	45,5	109,5	116	171	160	165,3	97,4	94,3	1262,2
2006	149,4	69,6	40,2	107	175,5	128	111	145,5	59	162,5	81,2	91,6	1320,5
2007	79,9	34,1	76,9	144,2	52,7	89,9	113,5	106	82,5	126,7	89,2	126,6	1122,2
2008	108,4	111,8	107,9	72,2	77,5	40	134	60	51,5	91	84,6	166	1104,9
2009	68,2	74,6	38,3	75,5	98,7	109,5	112,7	57,5	51	96,6	55,6	117,2	955,4
Min	25,2	34,1	16,6	18,7	44,0	40,0	49,5	25,4	45,0	24,0	42,7	38,0	878,7
Moyenne	87,9	68,1	72,3	89,4	81,7	88,3	119,0	87,3	86,0	102,3	93,5	93,0	1069,3
Max	151,5	117,1	129,3	175,3	175,5	128,0	205,5	171,0	206,0	180,7	183,0	190,4	1320,5
Normales 1981-2010	75,8	61,9	71,6	82,7	81,7	87,3	96,8	88,3	84,5	87	104,3	88,8	1010,7

2.3 Résultats

2.3.1 Bilans hydriques

Un bilan d'eau sur une base journalière a été réalisé pour le plan d'eau projeté avec les paramètres et hypothèses décrits précédemment. La Figure 2-3 présente l'évolution des apports d'eau au plan d'eau ainsi que des niveaux d'eau dans le plan d'eau pour le scénario 1 (année sèche). La Figure 2-4 présente ces mêmes éléments pour le scénario 2 (année humide) tandis que la Figure 2-5 les présente pour le scénario 3 (année moyenne). Finalement, le Tableau 2-3 présente une synthèse des résultats des bilans hydriques.

A noter que dans le cas de l'année sèche, le graphique ainsi que le niveau minimum présenté dans le tableau ne tiennent pas compte du fait que la nappe phréatique devrait maintenir un niveau minimum de 27,75 m dans le bassin. Les résultats présentés sont donc conservateurs, au cas où la nappe varie de façon importante pendant les périodes d'étiage.

Tableau 2-3 Synthèse des résultats du bilan hydrique du futur plan d'eau

SCÉNARIO	NIVEAU INITIAL (M)	NIVEAU MAXIMAL ATTEINT (M)	DÉBIT MAXIMAL A L'EXUTOIRE (L/S/HA)	NIVEAU MINIMAL ATTEINT (ETIAGE ESTIVAL) (M)
S1 (Sèche)	27,75	27,77	0,1	27,50*
S2 (Humide)	27,75	28,10	5,2	27,74
S3 (Moyenne)	27,75	27,91	1,7	27,72

* sans tenir compte des apports souterrains

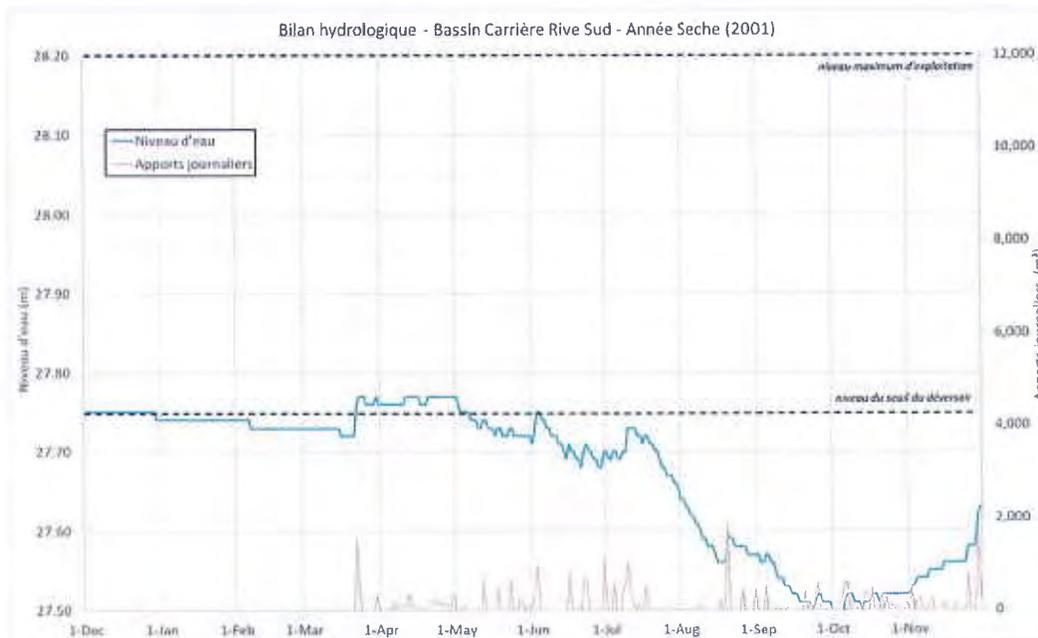


Figure 2-3 Bilan hydrique – Scénario 1 (Année Sèche) (sans tenir compte des apports souterrains)

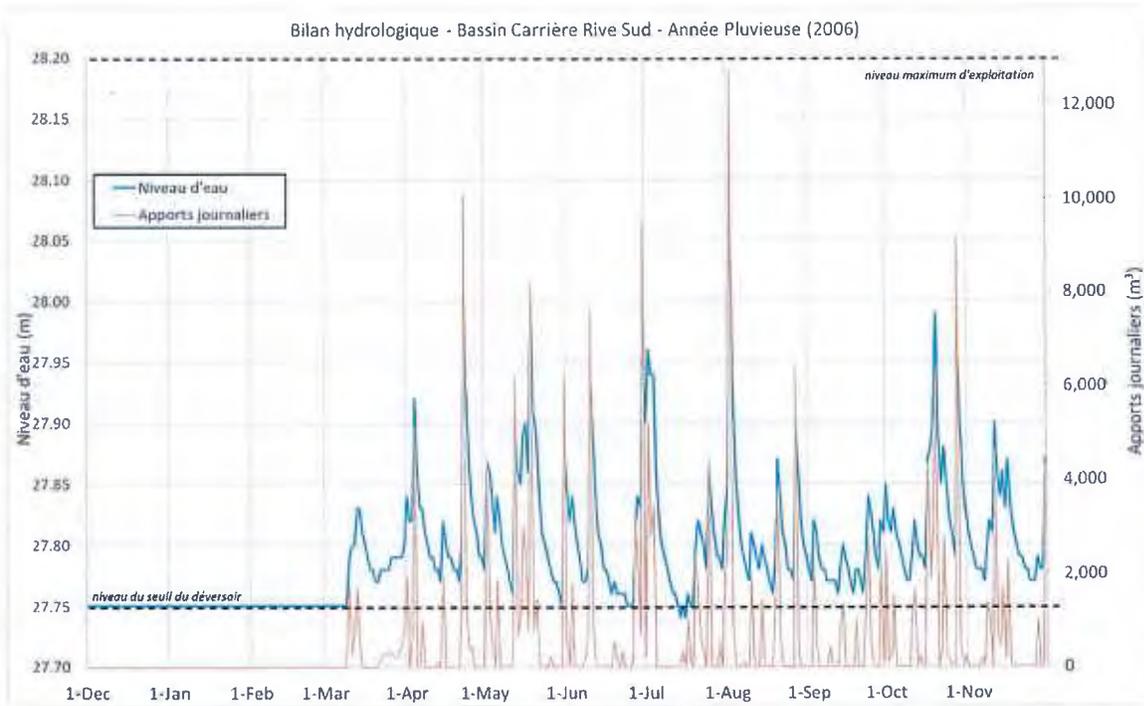


Figure 2-4 Bilan hydrique – Scénario 2 (Année Humide)

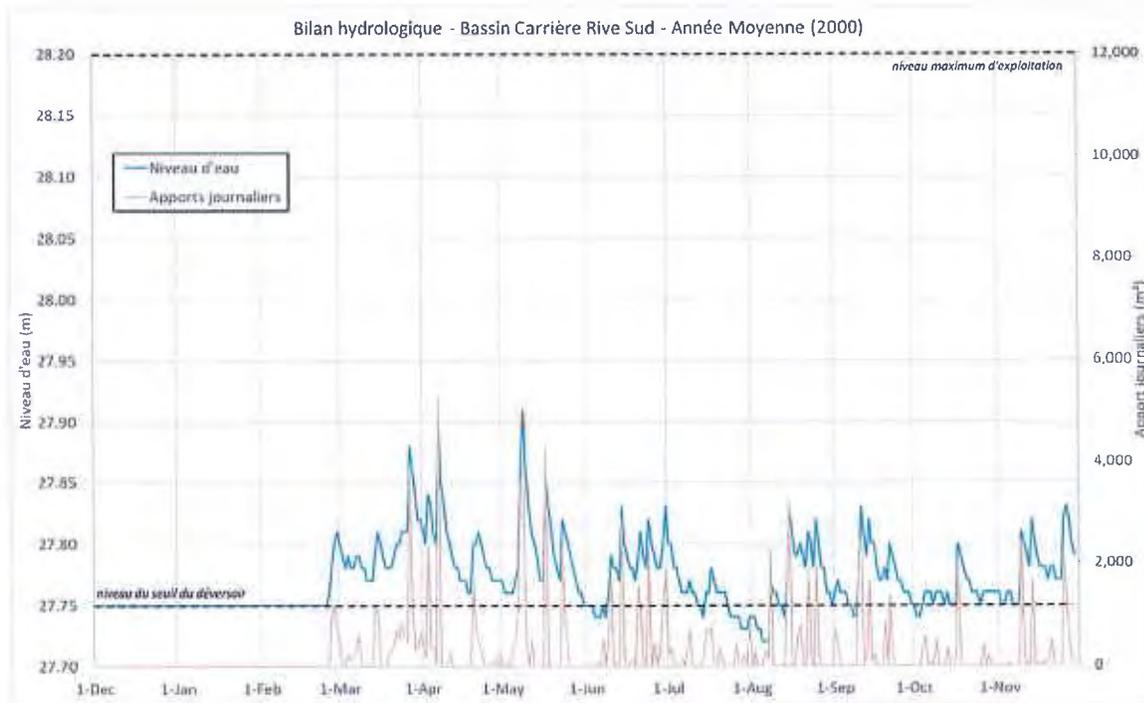


Figure 2-5 Bilan hydrique – Scénario 3 (Année Moyenne)

Les résultats permettent de faire les constats suivants :

- Pour une année sèche, avec un coefficient de ruissellement conservateur (très faible), le niveau d'eau minimal attendu dans le plan d'eau en étiage estival est de 27,49 m environ, soit 26 cm seulement sous le niveau normal d'exploitation (27,75 m). A noter que ce résultat ne tient pas compte du fait que la nappe phréatique est affleurante, et devrait maintenir un niveau d'eau minimal de 27,75 m. Cette approche conservatrice a été prise, puisque la variabilité de la nappe selon les saisons et les années n'est pas connue.
- Lors d'une année humide, avec un coefficient de ruissellement conservateur (très élevé), le niveau maximum atteint dans le plan d'eau lors des pluies d'été est de 28,10 m, soit une hausse de 35 cm par rapport au niveau d'eau normal (27,75 m). Ce niveau reste toutefois 10 cm en dessous du niveau maximum d'exploitation (28,2 m), et 40 cm sous le niveau de crête du bassin (28,5 m). Le débit maximum évacué par le déversoir, lors des pluies estivales, est de 5,2 L/s/ha, en dessous de la limite de 8 L/s/ha.
- Dans le cas d'une année moyenne, avec un coefficient de ruissellement correspondant à ce qui peut être attendu sur le site, le niveau maximal prévu dans le plan d'eau est de 27,91 m, soit une hausse de 16 cm par rapport au niveau normal d'exploitation, et le niveau minimal prévu est de 27,72 m, soit 3 cm sous le niveau normal d'exploitation. Le débit journalier maximum attendu au déversoir est de 0,03 m³/s, soit 1,7 L/s/ha.

2.3.2 Pluie 100 ans

Une analyse de l'impact d'une pluie 100 ans sur le futur plan d'eau a également été effectuée.

Pour ce faire, le débit de pointe de récurrence 100 ans a été déterminé par la méthode rationnelle. La méthodologie telle que décrite dans le Manuel de conception des ponceaux (MTQ, 2019) a été suivie. L'équation à la base de cette méthode est de la forme suivante :

$$Q = 0,278 * C * I * A$$

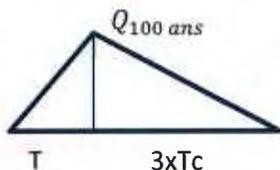
Où :

- Q : est le débit de pointe (m³/s)
- C : est le coefficient de ruissellement de pointe
- I : est l'intensité des précipitations (mm/h)
- A : est la superficie du bassin versant (km²)

Comme précédemment, les données de pluies de la station de St-Hubert ont été utilisées. Le temps de concentration du bassin versant du futur plan d'eau a été estimé à 24 minutes, et l'intensité de pluie pour cette durée est de 81 mm/h. En considérant un coefficient de ruissellement de pointe moyen de 0,6, le débit de pointe alors obtenu est de 2,1 m³/s. A noter que ce résultat inclut une augmentation de 20 % pour prendre en compte les changements climatiques (MTQ, 2019).

Avec ce débit de pointe, le volume total d'apport au bassin projeté a été déterminé en supposant que le pic de débit est atteint après une durée égale au temps de concentration du

bassin, et que la durée totale de l'évènement de pluie est de 4 fois le temps de concentration du bassin (soit 1h40), comme montré au schéma ci-dessous.



Avec cette méthode, le volume d'apport estimé pour un évènement de pluie de récurrence 100 ans est de 5 975 m³.

À des fins de vérification, une deuxième méthode, plus conservatrice, a également été utilisée pour l'estimation du volume d'apport lors d'un évènement de pluie de récurrence 100 ans. Ainsi, il a été supposé un évènement de pluie d'intensité constante, d'une durée de 24 h. D'après les données IDF de la station météorologique de St-Hubert, l'intensité correspondante est de 3,7 mm/h, soit une quantité totale de pluie de 88,7 mm. En considérant un coefficient de ruissellement de pointe moyen de 0,6, le volume d'apport estimé pour un évènement de pluie de récurrence 100 ans est de **13 107 m³**. Afin d'être conservateur, c'est ce résultat qui a été retenu.

Ce volume d'apport a enfin été intégré au bilan hydrique d'une année moyenne. De manière conservatrice, il a été supposé que cet évènement se produit en avril, lorsque le niveau d'eau dans le bassin est à son maximum (27,91 m) dû à la fonte de la neige. Le niveau dans le bassin se trouve alors rehaussé de 29 cm pour atteindre 28,20 m, soit le niveau maximum d'exploitation. Le débit maximal déversé serait alors de 0,14 m³/s (7,8 L/s/ha), soit en dessous de la limite permise (8 L/s/ha).



3.0 QUALITÉ DE L'EAU DU BASSIN

3.1 Stratégie pour le maintien de la qualité des eaux

Afin d'assurer la meilleure qualité d'eau possible pour des activités récréatives (excluant la baignade), les stratégies à appliquer seront notamment :

- L'établissement d'un plan de mesure de mitigation pour éviter la contamination du plan d'eau par le myriophylle qui pourrait être apporté par les usagers du plan d'eau;
- L'implantation d'espèces végétales pour :
 - o filtrer l'eau;
 - o limiter la température de l'eau en saison estivale par la création d'ombrage;
 - o limiter l'implantation des plantes envahissantes non désirables comme le phragmite dans la zone de marnage (espèce qui tolère une colonne d'eau inférieure à 1 m selon Lavoie (2008)¹);
- La gestion des intrants :
 - o Faire attention lors des travaux à ne pas amener de sources de contamination par des espèces végétales envahissantes, comme par exemple de la terre contaminée par des fragments ou des graines de EEE (espèces exotiques envahissantes), particulièrement aux endroits où la profondeur de l'eau sera de moins de 1 m;
 - o Ne pas mettre d'engrais dans les espaces verts du site afin d'éviter la prolifération excessive de la végétation aquatique (ex : plantes, algues, cyanophycées) et de limiter les problèmes de turbidité dans le plan d'eau.

3.2 Plan d'aménagement paysager

Le plan d'aménagement paysager jouera un rôle primordial dans les stratégies pour le maintien de la qualité de l'eau du bassin et devra être bien adapté à la géométrie des bordures du bassin qui sont caractérisées ici :

LE SECTEUR NORD DU BASSIN

Dans le secteur Nord, face au chemin d'Anjou, la pente de la rive est douce et le fond sera rocheux (fond de la carrière). L'épaisseur d'eau y sera relativement faible (moins d'un mètre de profondeur) sur une bonne superficie soit de l'ordre de 3 000 m².

LE SECTEUR SUD DU BASSIN

Du côté sud du bassin, la pente de la rive est proposée à 3H :1V et sera constitué de gravier pour assurer la stabilité de la base de la butte.

¹ Lavoie, C. 2008. *Le roseau commun (Phragmites australis) : une menace pour les milieux humides du Québec ?* Rapport préparé pour le comité interministériel du Gouvernement du Québec sur le roseau commun et pour Canards Illimités Canada. Québec. 44 p.

LES FACES EST ET OUEST DU BASSIN

Les faces est et ouest, du bassin seront constituées des flancs de roche de l'ancienne carrière. Aucun aménagement n'y est prévu puisque les flancs y sont très à pic. La question de la sécurité des utilisateurs du plan d'eau devra être étudié avant de permettre de s'en approcher. Cette question ne fait pas parti de la présente note technique.

3.3 Éléments du plan d'aménagement paysager

Les éléments qui seront prévu dans le plan d'aménagement paysager du bassin sont :

PLANTATIONS EN MILIEU AQUATIQUE

Des plantes semi-aquatiques et aquatiques seront installées dans le plan d'eau, sur les bordures nord et sud, afin d'effectuer une filtration de l'eau et ainsi d'en améliorer la qualité. Le taux de renouvellement de l'eau est estimé à 274 jours en moyenne, sans compter les apports en eau souterraine qui vont faire augmenter la vitesse de renouvellement.

Une succession végétale naturelle, du milieu aquatique vers la rive, pourrait être reproduite avec des essences comme la brasénie de Schreber (*Brasenia shreberi*), le nymphéa odorant (*Nymphaea odorata*), les nénuphars (*Nuphar variegata* et *N. microphylla*) et le rubaniers flottant (*Sparganium fluctuans*) en milieu aquatique, suivies de l'iris versicolor à plus faible profondeur.

L'aménagement de petits paliers dans le talus sud qui est à 3H :1V serait à prévoir pour augmenter le taux de succès des plantations.

Dans le secteur Nord, le roc à nu n'est pas propice à l'enracinement des plants. Il sera donc nécessaire de prévoir des aménagements particuliers.

PLANTATION EN MILIEU TERRESTRE

Les plantations en milieu terrestre autour du bassin pourraient avoir comme objectif :

- Créer de l'ombrage sur les bordures du bassin pour limiter la température de l'eau;
- La limitation de la progression des espèces envahissantes non désirables, en créant des bandes arbustives sur une barrière physique (géotextile);
- Intégration de l'ouvrage avec le paysage environnant et améliorer le cadre naturel pour les activités récréatives;
- Les plantations en milieu terrestre seront constituées de massifs de conifères, d'arbres et d'arbustes à feuilles caduques avec des espèces végétales de type indigène représentatives du milieu naturel environnant.

3.4 Critères de qualité des eaux

Les paramètres habituellement utilisés pour vérifier la qualité des eaux naturelles de surface ont été compilés dans le Tableau 3-1. WSP recommande de réaliser des tests de qualité de l'eau afin de vérifier les paramètres présents au tableau, en particulier en ce qui concerne le nombre de coliformes fécaux. En effet, le MELCC utilise une classification de la qualité de l'eau basée sur les teneurs en coliformes fécaux afin d'évaluer si celle-ci est suffisamment sécuritaire pour qu'on puisse l'utiliser à des fins récréatives. Ainsi, une eau utilisée pour des contacts indirects (kayak ou pédalo) doit contenir moins de 1 000 coliformes fécaux dans 100 mL alors qu'une eau de baignade doit en avoir moins de 200, comme indiqué aux Tableau 3-1 et Tableau 3-2. Il est de plus à noter que la présence de faune – bernaches par exemple – aux abords du lac pourrait causer un apport en coliformes fécaux directement dans le lac.

Tableau 3-1 Critères de qualité du MELCC pour la protection des activités récréatives et la qualité esthétique

CRITÈRE	LIMITE
Turbidité	Ne pas dépasser de plus de 5,0 uTN la turbidité naturelle lorsque celle-ci est faible (< 50 uTN)
Coliformes fécaux	200 UFC / 100 mL (contacts directs : baignade) 1000 UFC / 100 mL (contacts indirects : pêche, canotage)
pH	6,5 à 8,5 idéalement, ou si le pouvoir tampon de l'eau est très faible. 5,0 à 9 : activités récréatives encore possibles
Phosphore total	0,03 mg/L
Transparence	1,2 mètres

Tableau 3-2 Classification des eaux récréatives en fonction du nombre de coliformes fécaux (MELCC)

QUALITÉ DE L'EAU	COLIFORMES FÉCAUX / 100 MILLILITRES	EXPLICATION
Excellente	0-20	Tous les usages récréatifs permis
Bonne	21-100	Tous les usages récréatifs permis
Médiocre	101-200	Tous les usages récréatifs permis
Mauvaise	Plus de 200	Baignade et autres contacts directs avec l'eau compromis
Très mauvaise	Plus de 1000	Tous les usages récréatifs compromis


 Elsa Sormain
 2020.07.17
 13:58:49 -04'00'


 Louise Chaput
2020-07-17

Préparée par : Elsa Sormain, ing, M,Sc,
N° OIQ : 5040590

Vérifiée par : Louise Chaput, ing.
N° OIQ : 109191

ANNEXE E

Coupes types originales

CONSULTANT:
 À MOINS D'INDICATIONS CONTRAIRES, LES UNITES DE MESURE SONT EN MÈTRES.
 SYSTÈME DE RÉFÉRENCE GÉODÉSIQUE NAD 83, TRANSVERSE UNIVERSELLE DE MERCATOR (UTM) Zone 18N.



22 JUN 2012

CLIENT:

LES CARRIÈRES RIVE-SUD

REF. CLIENT: PRC 601_C10221

PROJET:

RESTAURATION DU LOT
 1 912 265
 BOUCHERVILLE
 ART. 65 (LQE)

- NOTES :
- LES DIMENSIONS INDICÉES SUR CE DOCUMENT SONT EN MILLIMÈTRES (S.I.), SAUF INDICATIONS CONTRAIRES.
 - DU FAIT DE LA REPRODUCTION, L'ÉCHELLE INDICUÉE PEUT DIFFÉRER DES DIMENSIONS SUR LES PLANS.
 - EN CAS DE CONTRADICTION ENTRE LE TEXTE (CCAP, CCTP, ...) ET LES PLANS, LE TEXTE A PRÉSÉANCE.

AVERTISSEMENT: CE DESSIN EST LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE DE GENIVAR. AUCUNE RÉVISION, REPRODUCTION OU USAGE NE DOIT ÊTRE FAIT SANS L'AUTORISATION ÉCRITE DE GENIVAR. L'ÉCONOMISSEUR DEVRA VÉRIFIER TOUTES LES DIMENSIONS AUX PLANS ET FAIRE LOCALISER TOUTS LES SERVICES UTILISÉS PRÉVUS ET AMPORTER TOUTS DÉROUILLÉS OU DIMENSIONS AVANT DE COMMENCER LES TRAVAUX. ON NE DOIT PAS MOUFER L'ÉCHELLE DE CE DESSIN.

ÉMISSION - RÉVISION:

« CES DOCUMENTS NE DOIVENT PAS ÊTRE UTILISÉS À DES FINS DE CONSTRUCTION »

A 2012-06-18 RÉPONSES AUX QUESTIONS

0 2011-02-25 DEMANDE DE PERMIS (ART.65LQ.E)

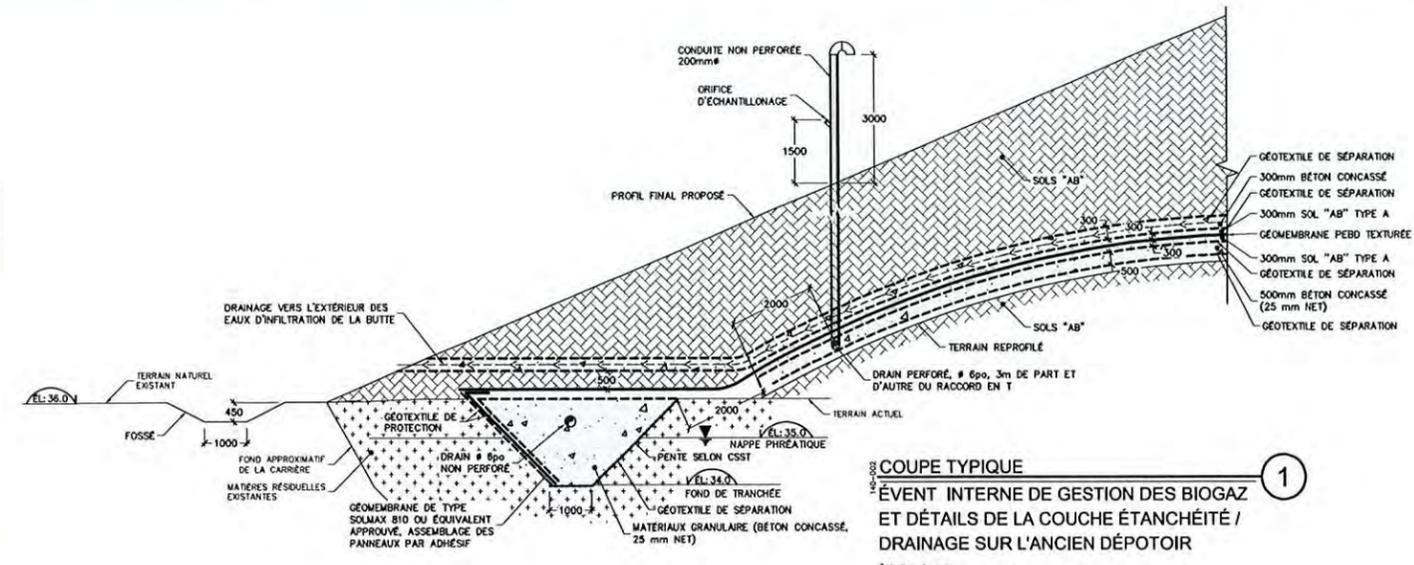
NO PROJET	DATE	DESCRIPTION
081-50629-00 (602)	2012-02-27	

ÉCHELLE ORIGINALE: Indiquée
 COQUÉ PAR: Paul Boissonnault, M.Sc.
 DÉSSINÉ PAR: Dominic Jean; Philippe Lavigne
 VÉRIFIÉ PAR: Louise Chaput, Ing.
 DISCIPLINE:

TITRE:
PLAN DES AMÉNAGEMENTS POUR L'EXPLOITATION OPTION 1
DÉTAILS DE LA PARTIE A

NUMÉRO DU FEUILLET:
081-50629-00_602_202

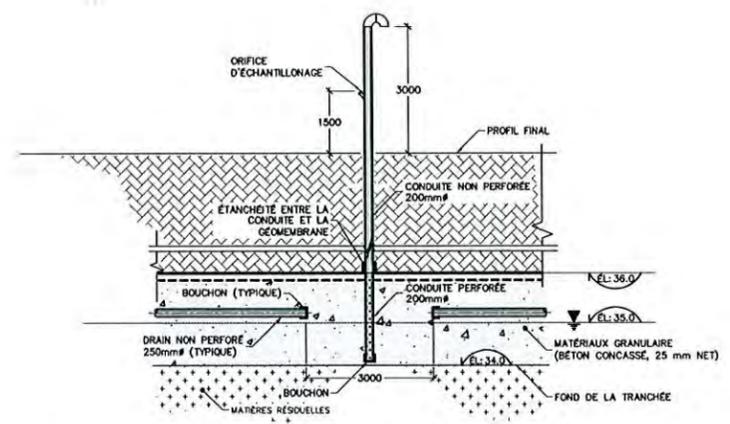
FEUILLET # 06 DE # REV
RÉPONSES AUX QUESTIONS
 EN DATE DU: 2012-06-10



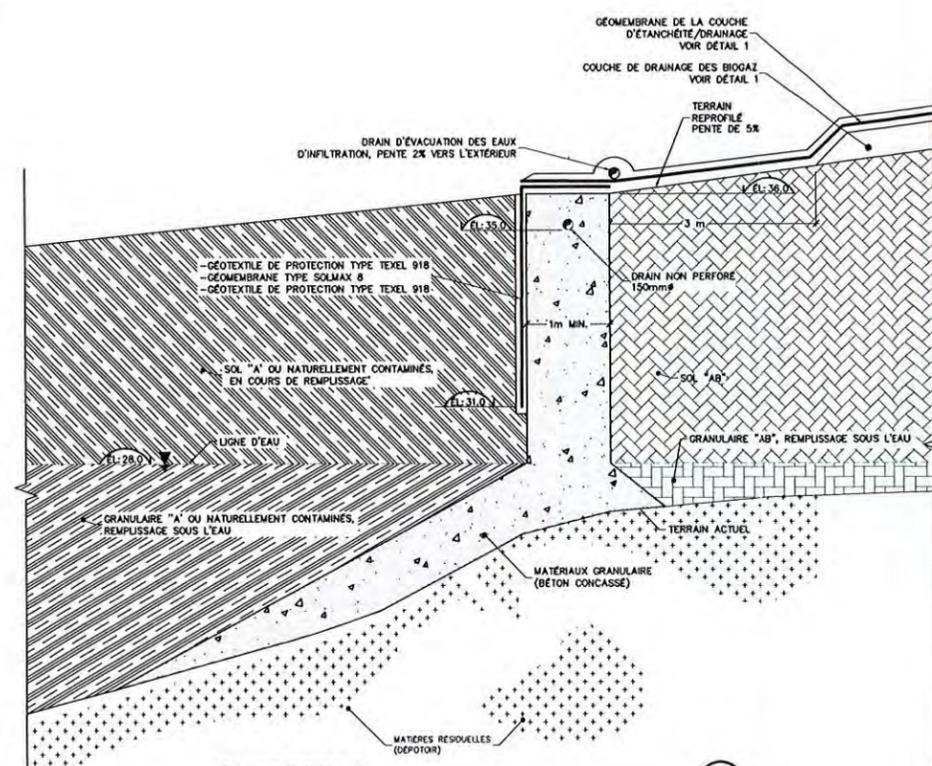
COUPE TYPIQUE
 ÉVÉNEMENT INTERNE DE GESTION DES BIOGAZ
 ET DÉTAILS DE LA COUCHE ÉTANCHÉITÉ /
 DRAINAGE SUR L'ANCIEN DÉPOTOIR
 Echelle: Aucune



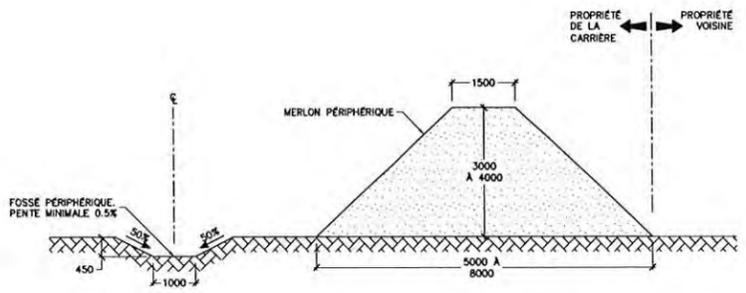
COUPE TYPIQUE - OPTION #1
 TRANCHÉE PÉRIPHÉRIQUE DE
 GESTION DES BIOGAZ
 Echelle: Aucune



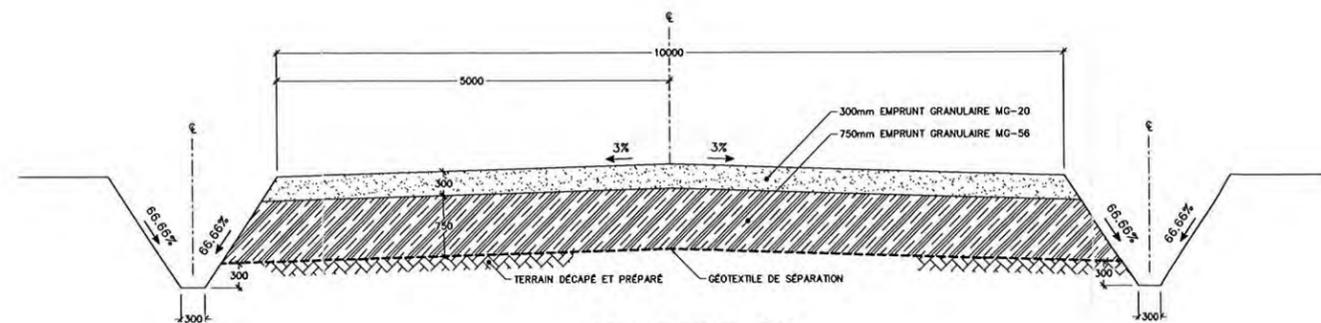
COUPE TYPIQUE - OPTION #1
 ÉVÉNEMENT SUR TRANCHÉE PÉRIPHÉRIQUE DE GESTION DES BIOGAZ
 Echelle: Aucune



COUPE TYPIQUE
 FACE NORD DE LA TRANCHÉE PÉRIPHÉRIQUE
 DE GESTION DES BIOGAZ
 Echelle: Aucune



COUPE TYPIQUE
 FOSSE ET MERLON PÉRIPHÉRIQUE
 Echelle: Aucune



DÉTAIL TYPIQUE
 CHEMIN D'ACCÈS
 Echelle: Aucune

ANNEXE F

Devis des géosynthétiques



DEVIS GÉOSYNTHÉTIQUES



**SANEXEN
SERVICES ENVIRONNEMENTAUX INC.**

**RESTAURATION DE LA CARRIÈRE RIVE-SUD
TRAVAUX D'ÉTANCHÉITÉ / DRAINAGE DU GERLED**

***RÉVISION 1
ÉMIS
POUR SOUMISSION***

**NE PAS UTILISER CES DOCUMENTS
POUR CONSTRUCTION**

Projet : 191-11257-00

Révision 2
18 juin 2020

SANEXEN

Restauration de la carrière Rive-Sud
Travaux d'étanchéité / drainage du Gerled

Sceaux et
signatures

DEVIS GÉOSYNTHÉTIQUES
Clauses techniques particulières
Révision 2

Discipline

Préparé par

Sceau

Environnement
Ouvrages de confinement

Louise Chaput, ing.
Directrice de projets

WSP Canada Inc.
1135, boulevard Lebourgneuf
Québec (Québec)
G2K 0M5

Table des matières du chapitre H

Description	Nombre de pages
Division 31 32 23 Fourniture des géosynthétiques	5
Division 31 32 24 Installation des géosynthétiques	16

TABLE DES MATIÈRES

# 31 32 23	FOURNITURE DES GÉOSYNTHÉTIQUES	1
1.	GÉNÉRALITÉS.....	1
1.1	<i>Portée des travaux</i>	1
1.2	<i>Aux intervenants définis au contrat s'ajoutent :</i>	1
1.3	<i>Références</i>	1
2.	QUALIFICATION DU MANUFACTURIER.....	1
3.	CERTIFICATION.....	2
3.1	<i>Certification du manufacturier</i>	2
3.2	<i>Certification CTT</i>	2
3.2.1	<i>Géomembrane</i>	2
3.2.2	<i>Géotextile</i>	3
4.	EXPÉDITION DES GÉOSYNTHÉTIQUES	4
4.1	<i>Rouleaux</i>	4
4.2	<i>Transport</i>	4
4.3	<i>Entreposage</i>	5

31 32 23 FOURNITURE DES GÉOSYNTHÉTIQUES

1. Généralités

1.1 Portée des travaux

Même pendant l'installation des géosynthétiques livrés¹, le maître de l'ouvrage pourra demander au manufacturier de remplacer des géosynthétiques qui lui paraissent problématiques² et de rembourser tous les frais directs et indirects impliqués³.

1.2 Aux intervenants définis au contrat s'ajoutent :

- Le manufacturier qui produit et livre les géosynthétiques (entrepreneur du chapitre E).
- Le laboratoire d'assurance qualité: Groupe CTT, projet 4194-026S, 3000 rue Boullé, Saint-Hyacinthe (Québec) J2S 1H9 Canada.

1.3 Références

Geosynthetic Research Institute

- GRI GM17 « Test Methods, Test Properties and Testing Frequency for Linear Low Density Polyethylene (LLDPE) Smooth and Textured Geomembranes »
- GRI GT12(a)* - ASTM Version « Test Methods and Properties for Nonwoven Geotextiles Used as Protection (or Cushioning) Materials »

American Society for Testing and Material

US Environmental Protection Agency

Standard Council of Canada

2. Qualification du manufacturier

Il doit posséder l'expérience et les ressources nécessaires pour la réalisation du projet.

1 Le déploiement permet parfois de constater des problématiques.

2 Non-uniformité visuelle du produit, comme l'épaisseur.

3 Considérant une période maximale de 2 ans pour un mandat de fourniture et livraison des géosynthétiques, complété et payé.

3. Certification

3.1 Certification du manufacturier

Le manufacturier doit fournir à l'ingénieur les certificats de conformité d'usine des rouleaux.

3.2 Certification CTT

Les essais de base - dont la quantité respective par géosynthétique est le nombre entier supérieur résultant de la superficie en mètres carrés à l'article du bordereau de soumission du géosynthétique divisé par 23 000 m² (250 000 ft²) - sont payés par le maître de l'ouvrage. Les draitubes doivent respecter les fiches techniques. Le prélèvement des échantillons représentatifs doit se faire depuis l'usine, par le manufacturier. L'expédition à CTT (voir l'article 1.2) et les frais de dédouanement (le cas échéant) doivent être payés par le manufacturier. Toujours inscrire le numéro de projet CTT 4194-026S. Sur réception des résultats concluants, l'ingénieur permettra la livraison.

3.2.1 Géomembrane

1. Échantillonnage

L'échantillon de 0,9 m de longueur sur toute la largeur du rouleau sera prélevé au début du rouleau.

2. Résultats

Les exigences minimales pour la géomembrane PEBD sont celles du GM17. Le tableau suivant donne les grandes lignes.

GÉOMEMBRANE PEBD, TEXTURÉE DEUX FACES				
PROPRIÉTÉ	NORME	UNITÉ	EXIGENCES	REMARQUES
Épaisseur moyenne	ASTM D5994	mm	1,5	
Épaisseur minimale	ASTM D5994	mm	1,35	Huit résultats sur dix doivent être supérieurs.
		mm	1,275	Les dix résultats doivent être supérieurs.
Hauteur des aspérités	ASTM D7466	mm	0,4	

Densité	ASTM D792 Method B	g/cm ³	≤0,939	
Tension à la rupture	ASTM D6693	kN/m	16	
Élongation à la rupture		%	250	
2 % Modulus (max.)	ASTM D5323	kN/m	630	En cas de non-respect de cette propriété, un allongement multi-axial (min.) ASTM D5617 de 30 % devra être démontré par le manufacturier.
Résistance à la déchirure	ASTM D1004	N	150	
Résistance à la perforation	ASTM D4833	N	300	Simule le comportement de la membrane contre la perforation par des pierres ou débris lorsqu'elle est soumise à une charge.
Contenu en noir de carbone	ASTM D1603	%	2 à 3	
Dispersion du noir de carbone	ASTM D5596	catégorie	1, 2 ou 3	Sur 10 résultats, 9 dans les catégories 1 ou 2 et 1 dans la catégorie 3.

3.2.2 Géotextile

1. Échantillonnage

L'échantillon de 0,9 m de longueur sur toute la largeur du rouleau sera prélevé au début du rouleau.

2. Résultats

Les tableaux suivants présentent les exigences MARV pour les géotextiles.

GÉOTEXTILE NON-TISSÉ AIGUILLETÉ, EN POLYPROPYLÈNE				
PROPRIÉTÉ	NORME	UNITÉ	DE PROTECTION CONTRE LE POINÇONNEMENT	DE SÉPARATION
Masse surfacique	ASTM D5261	g/m ²	500	
Épaisseur	ASTM D5199	mm	3,5	
Résistance à la traction	ONGC 148.1 no 7.3	N	1 450	1 050
Poinçonnement CBR	ONGC 4.2 no 11.1	N	4 000	3 000
Perméabilité	CAN 148.1 No.4	cm/s	---	0,185

Ouverture des pores (FOS)	CAN 148.1 No.10	µm	---	145
---------------------------	-----------------	----	-----	-----

3.2.3 Géocomposite de drainage

3. Échantillonnage

L'échantillon de 0,9 m de longueur sur toute la largeur du rouleau sera prélevé au début du rouleau.

4. Résultats

Les tableaux suivants présentent les exigences MARV pour les géocomposites de drainage.

GÉOCOMPOSITE DE DRAINAGE						
PROPRIÉTÉ	NORME	UNITÉ	DRAINTUBE 500P FT1 D25	DRAINTUBE 300P TF0,5 D25	DRAINTUBE 500P FT4 D25	DRAINTUBE 400P FTF1 D25
Masse surfacique	ASTM D5261	g/m ²	500	300	500	400
Résistance à la rupture	ASTM D4632	N	1 450	712	1 450	712
Transmissivité (gradient 0,1 à 479 kPa, 15 min)	ASTM D4716	m ² /s	1 x 10 ⁻³	5 x 10 ⁻⁴	4 x 10 ⁻³	1 x 10 ⁻³

4. Expédition des géosynthétiques

4.1 Rouleaux

Chaque rouleau doit être emballé (excluant la géomembrane) et identifié par une étiquette donnant le nom du fabricant, le type de géosynthétiques, le numéro du rouleau et ses dimensions. Les élingues pour transporter les rouleaux doivent être de très bonne qualité pour assurer l'intégrité des produits et la **sécurité**, même après quelques manipulations.

4.2 Transport

Le Transporteur doit utiliser les bons équipements pour faciliter le déchargement des géosynthétiques, ainsi que pour assurer leur intégrité et la sécurité. Tout transport avec des rouleaux empilés directement les uns sur les autres tel un schéma 3-3-3 sera retourné, car ce n'est pas assez sécuritaire lors du déchargement; un accident ayant déjà eu lieu. Un empilement en pyramide tel 3-2-1 est requis; le rouleau de la rangée supérieure est entre deux rouleaux de la rangée inférieure. Butées, attaches, etc. sont évidemment aussi requises.

4.3 Entreposage

Le matériel sera déposé sur une surface bien drainée, libre de tous débris pouvant endommager les géosynthétiques. Limiter la hauteur d'empilement, par exemple à 3 rouleaux, pour assurer une accessibilité sécuritaire et empêcher l'écrasement du produit et du mandrin. Mettre des butées pour stabiliser/sécuriser la base des premiers et derniers rouleaux du rang du bas.

DIVISION 31 32 24 INSTALLATION DES GÉOSYNTHÉTIQUES

1.	<i>Généralités</i>	page 1
2.	<i>Natte bentonitique (N/A pour ce projet)</i>	page 1
3.	<i>Géomembrane</i>	page 1
4.	<i>Géofilet (N/A pour ce projet)</i>	page 15
5.	<i>Géotextile</i>	page 15
6.	<i>Géocomposite de drainage : DRAINTUBE</i>	page 16

1. Généralités

Tous les débris doivent être enlevés au fur et à mesure, dont les parties résiduelles de géosynthétiques.

Aux intervenants définis au contrat s'ajoutent :

Le manufacturier qui produit et livre les géosynthétiques.

Le laboratoire d'assurance qualité : Groupe CTT, 3000 rue Boullé, Saint-Hyacinthe (Québec) J2S 1H9 Canada.

L'installateur est le sous-traitant qualifié de l'entrepreneur. La qualification de l'installateur est une condition essentielle pour les soumissionnaires : il doit fournir son rapport qualité détaillé à la fin du projet.

Principales références :

GRI GM17 « Test Methods, Test Properties and Testing Frequency for Linear Low Density Polyethylene (LLDPE) Smooth and Textured Geomembranes »

GRI GM19 « Seam Strength and Related Properties of Thermally Bonded Polyolefin Geomembranes »

GRI GT12(a)* - ASTM Version « Test Methods and Properties for Nonwoven Geotextiles Used as Protection (or Cushioning) Materials »

2. Natte bentonitique (N/A pour ce projet)

3. Géomembrane

3.1 L'installateur doit s'assurer des points suivants :

- La pierre nette est gardée à une distance significative de 20 m pour qu'aucune pierre ne puisse être transportée par des bottes par exemple.
- La géomembrane est nettoyée avant l'installation de la couche sus-jacente, par

exemple en enlevant le sable et la poussière qui se seraient accumulés sur une géomembrane par le vent. Pour favoriser une bonne soudure avec des géomembranes propres, le chevauchement doit se faire en respectant le sens du vent.

- Le personnel travaillant sur la géomembrane ne fume pas et ne pose aucun geste nuisible à la géomembrane tel qu'échapper un couteau sans corriger le poinçonnement.
- La méthode pour le déroulement de la géomembrane n'endommage pas l'assise et la géomembrane.
- La méthode utilisée pour le déploiement minimise la perte de propriétés des aspérités de la géomembrane texturée. Le frottement, la technique et la vitesse lors de l'installation de la géomembrane texturée (ainsi que des matériaux et géosynthétiques juxtaposés), les longueurs de pentes, la chaleur, etc. sont des facteurs qui peuvent réduire les propriétés des aspérités de la géomembrane texturée et ainsi diminuer l'angle de friction du système, assez significativement pour donner lieu à des problématiques de stabilité.
- La méthode utilisée pour le déploiement minimise la formation de plis dans la géomembrane (spécialement les plis à la jonction de deux panneaux). Un certain jeu peut être laissé pour compenser les contractions thermiques maximales. Le raccordement entre deux séries de panneaux (TIE END) devrait être réalisé au moment de la journée où le temps est le plus frais.
- Lors du déploiement des panneaux, ceux-ci sont suffisamment chargés avec des sacs de sable pour les protéger du soulèvement par le vent.
- La longueur maximale des panneaux est établie afin d'éviter le survirage des équipements de déploiement et par conséquent éviter les dommages aux couches sous-jacentes (p. ex. : déplacement du géofilet, égratignure à la géomembrane, etc.).
- Les contacts directs avec la géomembrane sont minimisés, c'est-à-dire qu'aux endroits sujets à une circulation excessive, on dépose un géotextile, une géomembrane supplémentaire ou tout autre matériel adéquat.
- Aucun outil, matériau ou autre ne pourra être tiré directement sur la géomembrane.

3.1.1 Conditions météorologiques

L'installateur doit prévoir l'expansion ou la contraction des géomembranes selon les températures extrêmes qui peuvent survenir lors du déploiement afin d'éviter les contraintes, les plis et les soulèvements. Aucune géomembrane ne doit être déployée lorsqu'il y a précipitations, présence de surface saturée d'eau ou de vent excessif.

3.1.2 Écriture sur les géomembranes

Pour éviter toute confusion, l'installateur et l'ingénieur devront utiliser des marqueurs adéquats de couleurs différentes.

3.1.3 Mesurage des géomembranes

L'ingénieur procède régulièrement au chaînage des géosynthétiques installés et cette mesure devient la référence pour le calcul des superficies installées et payées à l'installateur. Les mesures prises par l'ingénieur priment sur celles de l'installateur. Donc, à chaque fois que l'ingénieur chaînera les géosynthétiques mis en place, l'installateur devra assister et confirmer la mesure prise. Si l'installateur n'assiste pas au mesurage, il devra utiliser la valeur fournie par l'ingénieur, et ce, sans contestation possible de sa part.

3.2 Soudure

Toutes les fusions et extrusions, sans exception, incluant par exemple à la limite d'imperméabilisation et à la clé d'ancrage, pourront être mises à l'essai et devront respecter les exigences du présent document d'appel d'offres.

3.2.1 Déploiement

Toutes les soudures dans les pentes doivent être orientées parallèlement au pendage des pentes maximales, lorsque les pentes sont supérieures à 10 %. Aucun joint transversal n'est permis dans les pentes supérieures à 10 %, sauf au recouvrement final : tout joint transversal doit alors être à plus de 50 m longitudinalement d'un autre joint transversal sur un panneau. Aussi, tout joint transversal doit être à plus de 10 m d'un autre joint transversal d'un panneau juxtaposé.

Dans les coins et les pointes géométriques, le nombre de soudures doit être minimisé, car ces endroits sont sujets à des tensions additionnelles. Aucune soudure horizontale n'est permise à moins de 1,5 m du bas et du haut des pentes, ainsi qu'à moins de 5 m du haut de longues pentes soit, dans le cas d'un recouvrement final, dans la zone de tranchée d'ancrage et à tout autre endroit sujet à des concentrations de contraintes. Il faut limiter les extrusions.

Un système d'identification des soudures simple et compatible avec la numérotation des panneaux doit être établi. Le tout sera consigné dans le rapport qualité exhaustif à fournir par l'installateur.

3.2.2 Produits et équipements de soudure

Les procédés autorisés pour les soudures sont les soudures par fusion (simple ou double) et par extrusion (filet d'extrusion). Par contre, la soudure par double fusion est imposée pour permettre des essais non destructifs à l'air. Ainsi, au raccordement des nouvelles géomembranes avec les géomembranes existantes à la limite d'imperméabilisation existante (*tie end*) et/ou entre deux séries de panneaux, la fusion est demandée. L'extrusion ne sera acceptée que si cette fusion réalisée ne respecte pas le contrôle au chantier.

La soudure par double fusion étant la norme et la plus commune, mentionnons que l'extrusion est tout de même permise ponctuellement lorsque requis – par exemple pour les pièces de réparation de moins de 3 m, aux manchons d'étanchéité, etc. – et sur accord préalable de l'ingénieur. Dans le cas de soudures par extrusion, l'installateur doit fournir à l'ingénieur les analyses démontrant que la résine pour l'extrusion est de même composition que les géomembranes. Les soudures à l'extrusion devront obligatoirement être meulées au préalable, à moins d'indications contraires de l'ingénieur.

L'ingénieur tiendra un registre de la température des appareils, de la température de la résine, de la température ambiante et de la température des géomembranes au sol.

Ces informations seront relevées à des intervalles de temps suffisamment courts.

L'installateur doit s'assurer des points suivants :

- a) L'équipement utilisé pour les soudures ne risque pas d'endommager les géomembranes.
- a) Les fusils à extrusion sont purgés de résine dégradée avant de commencer les soudures.
- b) La génératrice électrique est placée sur une surface qui ne risque pas d'endommager la géomembrane.
- c) Les surfaces à souder sont propres et sèches. L'entrepreneur doit prévoir l'utilisation d'eau avec du vinaigre, plus un bon rinçage, pour les soudures à faire dans un environnement poussiéreux.
- d) Les surfaces sur lesquelles une soudure par extrusion sera réalisée doivent être sablées pas plus d'une heure avant la soudure.
- e) Les appareils à souder ne sont pas déposés directement sur les géomembranes.
- f) Les géomembranes sont protégées adéquatement dans les zones de circulation intense.

- g) La surface qui est sablée ne doit pas dépasser de plus de 5 mm de part et d'autre du cordon de soudure par extrusion.
- h) Les panneaux sont placés de manière à avoir un chevauchement minimal de 75 mm (soudure par extrusion) et 125 mm (soudure par fusion). En tout temps, le chevauchement doit être suffisant pour permettre le test de décollement.
- i) Aucun solvant ou adhésif ne doit être utilisé sans la permission écrite de l'ingénieur.
- j) Maintenir un nombre approprié d'appareils à souder tel qu'il est convenu lors de la réunion de démarrage.
- k) Pour les soudures en croix, les bords sont meulés en biseau et les soudures seront effectuées par extrusion.
- l) Une membrane de protection sera déployée sous les joints pour prévenir l'adhésion de débris pouvant nuire au procédé de soudure par fusion.
- m) Les replis devront être coupés à leur base pour permettre un chevauchement plat adéquat pour la soudure. Si le chevauchement est incorrect, alors les replis devront être réparés avec une pièce dépassant de 150 mm dans toutes les directions l'endroit à réparer.
- n) Toute coupure ou perforation ayant une longueur ou diamètre supérieur à 12 mm devra être réparée à l'aide d'une pièce de 300 mm minimum.
- o) Tout déplacement, réglage ou réparation des appareils à souder ne devra pas être fait directement sur les géomembranes afin d'éviter de les endommager.

3.2.3 Préparation pour soudure

L'installateur doit s'assurer que les surfaces à souder seront propres et sans humidité, poussières, saletés, débris ou matériel de toutes sortes. Si un meulage est requis, l'ingénieur doit s'assurer que le procédé est conforme aux normes du fabricant et que celui-ci est effectué dans l'heure précédant le soudage tel que mentionné précédemment, l'entrepreneur devra prévoir l'utilisation d'eau avec du vinaigre, plus un bon rinçage, pour les soudures à réaliser en présence de poussière ou durant la pose du second niveau d'imperméabilisation.

Les géomembranes doivent être positionnées de façon à ce que le chevauchement soit entre 75 et 125 mm environ. Les soudures devront être alignées le plus possible, et ce, en minimisant la formation de replis et de « fishmouths ».

Les coupes et les préparations de formes spéciales doivent être réalisées au moins 15 m devant les opérations de soudure pour éviter les interruptions.

Dans le cas d'une réparation à l'aide d'une pièce, l'installateur devra arrondir les

extrémités des défauts afin d'éviter de créer des faiblesses.

3.2.4 Conditions météorologiques

Il ne sera pas permis d'effectuer des opérations de soudure lorsqu'il pleut, lorsqu'il neige ou lorsqu'il grêle.

Advenant la présence de cristaux de glace sur les surfaces à souder, on doit procéder à un séchage à l'air chaud.

Par temps froid, l'ingénieur pourra aussi exiger un préchauffage avant le soudage et/ou l'utilisation d'un abri pour prévenir les pertes de chaleur. Les soudures seront acceptables si le test de décollement est satisfaisant. Plus les températures seront basses, plus la vitesse de soudage sera diminuée. Dans tous les cas, la géomembrane devra être sèche et protégée du vent.

L'ingénieur s'assurera que les conditions météorologiques sont adéquates et si elles ne le sont pas, celui-ci avisera l'installateur. L'installateur peut, à ce moment, décider d'arrêter ou de reporter les travaux. Si les travaux ont lieu par temps froid, l'ingénieur pourra exiger des essais de calibration plus fréquents. Les essais de cisaillement et de décollement devront être effectués sur des échantillons dont la température aura été équilibrée à la température d'une pièce.

3.3 Équipement de contrôle sur le site

L'installateur doit avoir les appareils énumérés ci-après, en bon état de fonctionnement, sur le chantier.

3.3.1 Tensiomètre de terrain

- a) Le tensiomètre devra être motorisé et avoir des mâchoires capables de se déplacer à une vitesse mesurée de 50 mm/min.
- b) Le tensiomètre devra être muni d'une jauge mesurant la force exercée entre les deux mâchoires.

3.3.2 Boîte à vacuum

Cette méthode sera utilisée seulement dans le cas où les joints sont construits par la méthode de soudure par extrusion.

La boîte à vacuum consistera en une caisse rigide munie d'une fenêtre d'observation transparente sur le dessus et d'un joint étanche de néoprène, doux et uniforme, attaché sur le dessous. La caisse sera munie d'un robinet de vidange.

Un système de vacuum indépendant sera raccordé à la boîte à vacuum pour assurer la création et le maintien d'une pression négative de 21 kPa (3 psi) à l'intérieur de la boîte. Une solution savonneuse devra être déposée sur le joint immédiatement avant la pose de la boîte à vacuum.

3.3.3 Équipement de contrôle pour la pression d'air

Cette méthode sera utilisée seulement dans le cas où les joints sont construits par la méthode double fusion.

- a) L'équipement sera constitué d'une pompe à air capable de générer et de maintenir une pression positive entre 140 et 205 kPa (20 à 30 psi).
- b) Un manomètre capable de lire jusqu'à 205 kPa attaché à une aiguille sera utilisé pour pressuriser le chemin d'air à l'intérieur des joints.

3.4 Essais de calibration

Des essais de calibration devront être effectués dans le but d'ajuster les machines de soudage avant de procéder aux travaux de construction des joints sur le terrain. Un essai de calibration est composé d'un joint d'essai, sur lequel on prélève deux échantillons pour les tests de décollement et de cisaillement sur le terrain. Chaque soudeur devra effectuer un joint d'essai au début de chaque quart de travail et après avoir effectué cinq heures de travail. Dans le cas où une soudure est interrompue pendant une période supérieure à quatre heures ou en cas de panne provoquée par n'importe quel mauvais fonctionnement de l'appareil, un joint d'essai devra être effectué avant la reprise des travaux sur le terrain. Un joint d'essai doit aussi être effectué lorsque les conditions climatiques entraînent une variation de température de la géomembrane de plus ou moins 5 °C en une heure.

Les essais de calibration devront être effectués sur le terrain, sur des pièces de géomembrane approuvées, soit provenant de rouleaux acceptés. Les pièces de géomembrane pour un joint d'essai de calibration devront avoir 6,8 à 7 m de longueur, soit la largeur d'un rouleau habituel, et 0,4 m de largeur, en plus d'avoir un chevauchement suffisant pour procéder au contrôle du décollement avec le tensiomètre de terrain. L'expérience démontre que des échantillons pris au milieu de ces 6,8 m de soudure sont représentatifs des travaux à venir, comme étant une zone disons stabilisée.

Quatre échantillons de 25 mm chacun devront être prélevés par l'installateur en utilisant un gabarit approuvé. Les échantillons devront être prélevés perpendiculairement au joint et contrôlés sur le site à l'aide du tensiomètre de terrain, soit deux pour le décollement (pelage) et deux pour le cisaillement (déchirement).

Les quatre échantillons devront respectivement passer l'essai de cisaillement et l'essai de décollement, et ne pas céder au niveau de la soudure. Si l'échantillon échoue l'essai, l'opération est reprise pour un second joint d'essai. Les figures des pages suivantes illustrent les différents types de rupture possibles pour les soudures par double fusion et par extrusion.

Si le second joint testé ne respecte pas les critères exigés, les travaux de construction des joints sur le terrain seront suspendus jusqu'à ce que les déficiences soient réglées. La vérification sera effectuée par la production et le contrôle réussi de deux joints d'essais consécutifs.

3.5 Documentation des essais de calibration

L'information suivante doit être documentée par l'installateur : la date et l'heure de l'essai, la température extérieure, l'identification de l'appareil, l'identification du soudeur technicien, la température de l'appareil, la température de préchauffage si applicable, la vitesse de l'appareil si applicable, les résultats et types de rupture des essais de décollement (pelage), les résultats et types de rupture des essais de cisaillement, l'identification du technicien de contrôle de qualité.

3.6 Essais non destructifs

Tous les joints devront être soumis à des essais à l'aide de la méthode non destructive par l'installateur sur toute leur longueur afin de vérifier l'intégrité du joint.

Les essais non destructifs devront être effectués simultanément avec les travaux de construction des joints sur le terrain.

Les joints préfabriqués qui seront inaccessibles après l'installation (p. ex. : ceux qui sont placés sous des structures ou qui sont attachés aux pénétrations) devront être soumis à des essais avant leur installation finale.

Tous les essais non destructifs seront observés et documentés par l'installateur. La procédure acceptée pour les tests non destructifs est décrite ci-après. Toute procédure alternative devra être soumise à l'ingénieur pour approbation avant le début des essais.

L'utilisation du chalumeau pour la réalisation d'essais non destructifs à l'air est interdite : il faut obligatoirement utiliser une méthode n'utilisant pas de flamme vive pour ces essais.

3.6.1 Boîte à vacuum

Cent pour cent (100 %) de tous les contrôles par vacuum devront se faire sous la surveillance de l'ingénieur.

Tous les joints produits avec la méthode de soudure par extrusion ou par fusion solide seront évalués à l'aide d'un test de la boîte à vacuum. La solution savonneuse sera appliquée à la section testée et la boîte à vacuum sera placée sur cette section. La valve de vidange sera alors fermée et la valve à vacuum sera ouverte.

Une fois que la section à l'essai est scellée fermement et qu'une pression négative de 21 kPa (3 psi) est établie, cette section sera examinée visuellement pendant une période supérieure à dix secondes afin de déterminer si la solution savonneuse produit des bulles. L'ingénieur pourra exiger de refaire le test si le temps d'examen n'est pas respecté.

La boîte à vacuum sera alors déplacée et le processus sera répété sur la section adjacente. Un chevauchement visible d'au moins 75 mm sera maintenu entre toutes les sections d'essai.

L'installateur doit indiquer, pour chacun des contrôles par vacuum, la date à laquelle le test a été réalisé.

Tous les endroits où des bulles ont été observées lors des essais devront être identifiés par une inscription à haute visibilité pour réparation subséquente et devront être enregistrés sur les rapports de contrôle de terrain.

Toute section qui ne réussit pas le contrôle devra être réparée selon les directives de l'article 3.8.3, puis testée à nouveau.

3.6.2 Pression d'air (soudure par fusion)

Le joint devra être scellé aux deux extrémités. Si l'extrémité du joint constitue une partie intégrale de la géomembrane, le scellage devra être effectué de façon à ne pas endommager la géomembrane.

L'appareil pressurisé devra être inséré dans le canal d'air à un bout du joint et une pression de 140 à 210 kPa (20 à 30 psi) devra y être produite. La valve d'alimentation sera fermée et la pression sera maintenue pendant au moins deux minutes. La pression sera réduite en effectuant une incision à l'extrémité opposée du chenal d'air.

L'ingénieur observera la baisse de pression enregistrée sur le manomètre pour vérifier la continuité du chenal d'air. Si une perte de pression supérieure à 14 kPa (2 psi) se manifeste ou si la pression d'essai ne peut pas être produite, le joint sera rejeté.

Toute zone défectueuse le long du joint sera identifiée et réparée conformément à l'article 3.7.6, puis testée à nouveau. Le test par vacuum sera permis sur les joints à coin lorsque la zone défectueuse ne peut être isolée en utilisant le test par pression d'air. Tous les trous qui seront créés lors des tests par pression d'air devront être scellés à la suite des essais, puis contrôlés en utilisant le test par vacuum.

3.6.3 Documentation des essais non destructifs

L'information suivante doit être documentée par l'installateur et soumise à l'ingénieur :

- a) la date et l'heure de l'essai;
- b) l'identification de la soudure;
- c) la longueur de la soudure inspectée;
- d) l'identification du technicien de contrôle de qualité;
- e) la méthode utilisée;
- f) la pression appliquée, si applicable;
- g) l'identification des fuites;
- h) l'affirmation du réparateur de fuites;
- i) l'affirmation du vérificateur des réparations.

3.7 Essais destructifs

En plus des essais destructifs évalués par le laboratoire et discutés dans les paragraphes qui suivent, des essais destructifs à évaluer au chantier sont requis à chacune de ces deux situations distinctes :

- à la fin d'un quart de travail;
- en cas de doute de l'ingénieur.

Si les résultats ne respectent pas les exigences, ils devront être transmis au laboratoire pour des essais destructifs habituels, évalués par le laboratoire.

3.7.1 Généralités

Les essais destructifs seront effectués à des endroits sélectionnés par l'ingénieur afin de vérifier les critères exigés au contrat.

Tous les échantillons et essais devront être effectués simultanément avec les travaux de construction des joints sur le terrain de façon à vérifier les propriétés des joints au fur et à mesure que les travaux progressent et que les mesures correctrices sont

effectuées. Les tests destructifs sont d'une grande importance, car ils représentent la seule mesure directe de l'intégrité des résistances mécaniques des soudures.

3.7.2 Localisation et fréquence

L'ingénieur déterminera l'endroit et le moment où seront effectués les essais destructifs.

Un minimum d'un essai par 200 m de soudure sera réalisé. L'installateur ne sera pas informé, au préalable, de la localisation des tests. L'ingénieur peut augmenter le nombre d'essais en se basant sur les résultats déjà obtenus.

Un plus grand nombre d'essais peut être nécessaire lorsque l'ingénieur craint la présence d'un excès de cristallinité, de contamination ou de joints défectueux, ou pour toute autre raison pouvant affecter la qualité des joints.

3.7.3 Procédure d'échantillonnage

Les échantillons seront prélevés par l'installateur au fur et à mesure que les soudures progressent de manière à obtenir les résultats de laboratoire d'assurance qualité avant que la géomembrane soit recouverte d'un autre matériel.

Une identification basée sur la numérotation définie au plan de déploiement sera assignée à chaque échantillon. La localisation sera représentée sur un croquis.

Tous les trous résultant des essais destructifs seront réparés conformément à l'article 3.7.6.

3.7.4 Dimension de l'échantillon

À un endroit donné, quatre bandes de 25 mm de largeur par 300 mm de longueur seront prélevées par groupe de deux, chaque groupe étant distancé l'un de l'autre de 1,2 m le long de la soudure. De ces quatre bandes, deux seront soumises à des essais en décollement et les deux autres, en cisaillement au chantier.

L'information suivante provenant des essais destructifs au chantier doit être documentée: la date et l'heure du prélèvement, la date et l'heure de l'essai, l'identification de l'essai destructif, l'identification de la soudure, les résultats et types de rupture des essais de décollement (pelage), les résultats et types de rupture des essais de cisaillement, l'identification du technicien de contrôle de qualité, la localisation sur le plan « Tel que construit ».

Si les échantillons passent le test de cisaillement et de décollement, alors l'ingénieur prélèvera la bande de 1,2 m comprise entre les deux groupes de bandes (échantillons) en question, avec la soudure au centre, sur une largeur de 30 cm.

Cet échantillon sera coupé en trois morceaux :

- un de 0,3 m x 0,3 m conservé l'installateur;
- un second de 0,3 m x 0,6 m envoyé au laboratoire d'assurance qualité;
- un dernier de 0,3 m x 0,3 m conservé par l'ingénieur aux archives.

3.7.5 Essais destructifs au laboratoire d'assurance qualité

Les essais destructifs (sauf ceux reliés à l'article 3.7.6 qui suit) sont payés par le maître de l'ouvrage au laboratoire d'assurance qualité. Par contre, les échantillons pour les essais destructifs sont expédiés par livraison spéciale au laboratoire d'assurance qualité, par et aux frais de l'entrepreneur/l'installateur : voir la description de l'article du bordereau de soumission.

Le laboratoire d'assurance qualité devra fournir des résultats dans un délai de l'ordre de 24 h suivant la réception des échantillons.

Les essais destructifs font appel à deux essais précis : l'essai de cisaillement et l'essai de décollement. Les exigences minimales des soudures sont:

PROPRIÉTÉ		NORME	UNITÉ	PEBD 1,5 mm
Cisaillement	Résistance	ASTM D6392	kN/m	15,2
	Élongation à la rupture		%	50
Pelage	Soudure par fusion	ASTM D6392	kN/m	12,8
	Soudure par extrusion		kN/m	11,2
	Séparation soudure		%	≤ 25

3.7.6 Procédure lors d'échec des essais destructifs

Lors d'échec des essais destructifs pour les soudures par double fusion (DT), l'ingénieur a deux options :

1. L'installateur peut réparer toute la longueur de joint entre deux essais conformes.
2. Prendre un échantillon de 25 mm à un minimum de 3 m de part et d'autre de l'endroit où l'échantillon a échoué. Faire deux essais au tensiomètre. Si les deux sont conformes, on prend un échantillon complet pour le laboratoire d'assurance

qualité. Si les essais au laboratoire d'assurance qualité sont conformes, on répare entre les deux points, sinon on continue le processus sur le même essai de calibration pour définir la zone où la soudure devrait être réparée.

Tous ces essais destructifs supplémentaires (le cas échéant) en raison d'échec devront être payés par l'entrepreneur/l'installateur au laboratoire d'assurance qualité (qui fournira les résultats à l'ingénieur) et devront être expédiés par livraison spéciale au laboratoire d'assurance qualité, par et aux frais de l'entrepreneur/l'installateur. Une soudure acceptable est une soudure qui est délimitée, à chaque extrémité, par un endroit où les échantillons ont passé les essais destructifs au laboratoire d'assurance qualité.

3.8 Défauts et réparations

3.8.1 Identification

Tous les panneaux après soudure seront examinés par l'ingénieur pour identifier les défauts, trous ou mauvaises soudures.

3.8.2 Évaluation

Toute localisation suspecte au niveau de la soudure ou de la membrane sera testée selon une méthode non destructive.

3.8.3 Réparation

Toute portion de géomembrane possédant un manque quelconque ou ayant échoué un essai destructif ou non destructif sera réparée. La décision finale sur la procédure de réparation appartient à l'ingénieur.

Les procédés acceptés sont :

- a) Rapiéçage : dans le cas de grands trous, déchirures ou contamination par substance étrangère (défaut plus grand que 12 mm).
- b) Reprise de soudure : dans le cas d'une petite section de soudure qui n'a pas passé les tests. Lors d'une reprise, on doit meuler la vieille soudure au maximum une heure avant. La reprise de soudure doit être réalisée directement sur le chevauchement de géomembrane en évitant d'enlever ce dernier.
- c) Soudure locale (*spot welding*) : dans le cas de défauts minimes (p. ex. : trou d'épingle, petite déchirure).
- d) Recouvrement : dans le cas de grandes sections de soudure qui n'ont pas passé les tests.

- e) Autres procédés : tout autre procédé doit être soumis et documenté à l'ingénieur pour approbation.

De plus, lors de la réparation, toutes les surfaces doivent être propres et sèches.

Toutes les procédures de réparations, matériels ou techniques, doivent être approuvées avant la réparation par l'ingénieur.

Toutes les pièces utilisées pour le rapiéçage doivent dépasser de 150 mm, dans toutes les directions; la déféctuosité et les coins doivent avoir, au minimum, un rayon de 75 mm.

3.8.4 Vérification des réparations

L'information suivante sur les réparations doit être documentée par l'installateur et soumise à l'ingénieur :

- a) le numéro de réparation;
- b) la date et l'heure de la réparation effectuée;
- c) les essais de calibration correspondants;
- d) la localisation de la réparation;
- e) le type de défaut;
- f) le type de réparation;
- g) la dimension de la réparation;
- h) la date effectuée de l'essai non destructif;
- i) le résultat de l'essai non destructif;
- j) l'identification du technicien de contrôle de la qualité;
- k) la localisation sur le plan « Tel que construit ».

3.9 Plan « Tel que construit »

Un plan « Tel que construit » devra être fait par l'installateur et soumis à la fin des travaux. Ce plan devra être dessiné à l'échelle et contenir les informations suivantes :

- a) l'emplacement et le numéro des panneaux de la géomembrane;
- b) la localisation des réparations et des pièces ajoutées;
- c) la localisation des essais destructifs;
- d) la localisation des soudures reconstruites;
- e) la localisation des pénétrations des conduites.

4. Géofilet (*N/A pour ce projet*)

5. Géotextile

5.1 Installation

Les géotextiles doivent être manipulés de manière à s'assurer qu'ils ne subissent aucun dommage.

Tout objet (pierre, débris, etc.) susceptible d'endommager les géotextiles doit être enlevé avant l'installation de ces derniers sur la surface.

Sur des surfaces nivelées, mettre en place les géotextiles en les déroulant dans le sens, de la manière et à l'endroit indiqués. Notamment ne pas déployer de rouleau perpendiculairement au sens des pentes, mais bien parallèlement. Ne pas faire de joints transversaux dans les pentes; mettre en place les géotextiles en une bande continue du pied de la pente jusqu'à la limite supérieure prévu. Mettre en place les géotextiles de façon à obtenir une surface unie et exempte d'aires tendues, de plissement et de gondlements.

Le géotextile de protection contre le poinçonnement doit être fusionné par soudeuse autotractée lorsque possible.

Ponctuellement, si requis et sur accord préalable de l'ingénieur, l'utilisation d'un fer chaud⁴ avec des chevauchements de 300 mm pourra être permis.

En dernière alternative, si la fusion, le fer chaud et la couture ne peuvent être utilisés pour des raisons valables, ponctuellement et sur accord préalable de l'ingénieur, des chevauchements de 600 mm avec lest (lequel sera enlevé lorsque la couche de protection sera mise en place) pourront être permis.

Prévenir le déplacement des géotextiles et les protéger contre tout dommage avant, pendant et après la mise en place de la couche de recouvrement.

L'installation de la couche de recouvrement doit se faire dans les heures qui suivent la mise en place du géotextile et avec diligence, pour ne pas que ce dernier s'altère.

4 Par du personnel qualifié pour ne pas endommager le géotextile.

5.2 Réparations

Si les géotextiles se trouvaient endommagés avant ou pendant leur installation, ils devront être réparés avec une pièce du même géotextile. La pièce devra être installée sous la couche de géotextile et dépasser la déféctuosité de 300 mm dans toutes les directions, si demandé par l'ingénieur.

5.3 Couture des géotextiles

Lorsque les géotextiles doivent être cousus, les coutures doivent être réalisées de façon à conserver les propriétés du géotextile et à éviter l'effilochage. Les coutures doivent être en continu. Les points isolés ne seront pas permis. Le fil utilisé doit avoir des propriétés chimiques et mécaniques égales ou supérieures à celles du géotextile cousu. La couleur du fil doit être contrastante.

Les géotextiles ne doivent pas être joints aux géosynthétiques supérieurs ou inférieurs par la couture.

5.4 Mesures de protection

En tout temps, interdire aux véhicules de circuler directement sur les géotextiles.

6. Géocomposite de drainage : DRAINTUBE

Pour l'installation, se référer au devis type de draitube - en rappelant qu'il est essentiel pour obtenir la performance requise de ce produit de drainage que les drains soient orientés parallèlement aux pentes maximales et ce même dans les coins du site - et en considérant ces amendements :

- fusionner les joints longitudinaux par soudeuse autotractée;
- un chevauchement de 400 mm est requis pour les joints transversaux⁵. Les âmes drainantes seront soudées au fer chaud après délamination du filtre. Les drains seront unis par manchons fournis avec le draitube. La partie délaminée du filtre sera ensuite rabattue en tuile dans le sens d'écoulement de l'eau;
- percer localement (entre deux drains) à un manchon est une méthode efficace;

⁵ Soit sur la largeur de 3,98m.