

Modélisation du Panache d'un Diffuseur dans la Rivière Ottawa

Rapport Final – Rev. 1.0

Reference du Client :
Reference DHI : 42804700

09 Décembre, 2025

Préparé pour : Samonix





Modélisation du Panache d'un Diffuseur dans la Rivière Ottawa

Rapport Technique Rev 1.0

Client Ref. No.:

DHI Ref. No.: 42804700

Préparé pour : Samonix

Représenté par : Mr Fred Brisco

Client :	Fred Brisco, fred.brisco@samonix.ca , 613-914-9114
Chargé de projet :	Aurelien Hospital
Charge de qualité :	Meven Huiban
Auteur :	Aurelien Hospital
Project No. :	42804700
Approuvé par :	Danker Kolijn
Date :	9 décembre, 2025
Révision :	Rapport Final 1.0
Classification :	Ouvert : Ce document peut être partagé à l'intérieur et à l'extérieur des entités du DHI Group sans l'approbation préalable du client.
Nom du fichier :	Samonix-DHI-Rapport-Technique-Final

Ce document a été préparé pour les personnes indiquées ci-dessus et aux fins décrites dans ce document. Les renseignements qu'il contient reflètent l'opinion et le jugement de DHI Water & Environment, Inc., sur la base des renseignements disponibles au moment de sa rédaction. Toute utilisation de ce document ou la confiance accordée à son contenu par des tiers relève de leur seule responsabilité. DHI Water & Environment, Inc. décline toute responsabilité pour tout dommage subi suite à l'utilisation de ce document par des tiers ou à des fins autres que celles prévues dans le cadre de ce document.

Résumé

Dans le cadre d'un projet d'aquaculture dans l'ouest du Québec, dédié à l'élevage responsable de saumons de l'Atlantique, Samonix a retenu DHI Water & Environment, Inc. (DHI) pour conduire une optimisation du diffuseur (composant d'un émissaire sous-marin pour le rejet des eaux traitées dans la rivière Ottawa) ainsi qu'une simulation numérique réalisée avec le logiciel expert CORMIX, visant à quantifier le comportement du panache dans le champ proche consécutivement au rejet d'effluent. Cette approche est en accord avec les recommandations du Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements Climatiques (MELCC).

Pour les rejets dans les grandes rivières, les recommandations du MELCC indiquent l'utilisation d'un modèle couvrant le champ proche (présent rapport) ainsi qu'une modélisation hydrodynamique (rapport WSP) pour déterminer la zone de mélange. Les conditions critiques pour cette étude vont être associées aux conditions d'étiage. Le mandat pour ce présent rapport comprend donc :

- La modélisation en champ proche de la dispersion du panache à l'aide de CORMIX (Doneker et Jirka, 2007).
- L'évaluation du comportement du panache et des dilutions associées dans le champ proche (c'est-à-dire la zone qui est caractérisée par le moment du panache lors de son rejet et de sa flottabilité).

Ces résultats sont ensuite utilisés par l'équipe WSP qui a développé un modèle de la rivière Ottawa pour caractériser le comportement de l'effluent (sous forme dilué) dans le champ lointain.

La longueur de la zone de mélange sera déterminée par une dilution maximale de 100:1. La concentration cible en chlorure, associée au seuil de toxicité chronique, est de 120 mg/l. En termes de dilution, la modélisation devra quantifier la distance nécessaire pour obtenir une dilution de :

- 5:1 : seuil de toxicité chronique
- 50:1 : réduction d'un ordre de magnitude par rapport au seuil de toxicité chronique
- 100:1 : si atteinte dans le champ proche

Une optimisation du diffuseur a premièrement été conduite, avec de multiples simulations effectuées pour sélectionner la configuration optimale du diffuseur. La configuration finale retenue est la suivante :

Tableau 0-1 Caractéristiques du Diffuseur

Système	Paramètre	Valeur
Diffuseur	Débit Nominal	2,300 m ³ /jour 0.027 m ³ /s
	Type de décharge	Ports multiples
	Nombre de ports	4
	Espacement entre chaque port	5 m
	Diamètre des ports	0.051 m (2")
	Angle horizontal du système	Perpendiculaire au chenal et courants principaux
	Hauteur du rejet	0.5 m au-dessus du lit de la rivière
	Angle de rejet vertical	45°
	Matériau	HDPE (PE4710)
	Diamètre	8" OD (SDR 17)
	Longueur	16 m (15 m entre premier et dernier port + 1 m entre dernier port et bride pleine)

Le scénario analysé avec la configuration finale du diffuseur est associé aux conditions d'étiage, comme recommandé par le MELCC. En fonction de l'emplacement final du système, deux cas ont été retenus et analysés, pour des profondeurs d'eau de 6 m et 10 m associées à des vitesses de courant dans la rivière de 6 cm/s et de 13 cm/s.

Le tableau 2 résume les résultats.

- Les dilutions à la fin du champ proche oscillent entre 57:1 et 70:1 (atteintes moins de 15 m en aval du rejet).
- La dilution minimale associée au seuil de toxicité chronique (dilution à 5:1) est donc largement atteinte et dépassée, vu que les dilutions à la fin du champ proche sont d'au moins 57:1. Cela indique que les dilutions du système sont excellentes et produisent en une distance réduite des dilutions dix fois supérieures à la dilution minimale associée seuil de toxicité chronique.
- Les résultats sont les mêmes quelle que soit la profondeur considérée. Cela s'explique par le fait que le panache s'élève de quelques mètres dans la colonne d'eau avant de redescendre (de façon dilué) vers le fond de la rivière. Le panache atteint une hauteur d'environ 3 m au-dessus du fond de la rivière.
- Bien que le panache ne se mélange pas complètement et se dirige vers le fond de la rivière, on ne peut pas parler d'un courant de densité, vu que la différence de densité entre le panache et la rivière est minimale avec des dilutions d'au moins 50:1.

En résumé, dans le champ proche, bien que le panache ne se mélange pas sur l'ensemble de la colonne d'eau, il se dilue néanmoins suffisamment pour avoir des dilutions bien supérieures à la dilution minimale associée au seuil de toxicité chronique et présente donc des performances en termes de dilution tout à fait excellentes. Comme indiqué ci-dessus, l'équipe WSP utilise ces résultats dans le champ-proche pour informer leur modèle de la rivière Ottawa et étudier les dilutions accrues dans le champ lointain.

Tableau 0-2 Résultats CORMIX en conditions d'étiage

Condition	Profondeur d'Eau	Dilutions à la fin du Champ Proche	Caractéristique du panache
Vélocité du courant : 0.13 m/s	6 m	70:1 après 13 m en aval du rejet	Hauteur maximale atteinte (2.8 m)
	10 m	70:1 après 13 m en aval du rejet	Hauteur maximale atteinte (2.8 m)
Vélocité du courant : 0.06 m/s	6 m	57:1 après 9 m en aval du rejet	Hauteur maximale atteinte (3.7 m)
	10 m	57:1 après 9 m en aval du rejet	Hauteur maximale atteinte (3.7 m)

Table des Matières

1	Introduction.....	1
2	Objectifs	2
3	Optimisation du Diffuseur	3
3.1	Limite de la Batterie.....	3
3.2	Emplacement du Diffuseur	3
3.3	Caractéristiques du Diffuseur	3
4	Simulations de Panaches dans le Champ Proche.....	5
4.1	Modèle CORMIX	5
4.2	Intrants et Paramètres Environnementaux Principaux	5
4.3	Scenarios.....	5
4.4	Résultats – Analyse de Sensibilité des Différents Paramètres.....	6
4.4.1	Influence de la Température de l'Effluent	6
4.4.2	Influence du Taux de Salinité de l'Effluent	7
4.4.3	Influence de l'Angle Vertical pour le Rejet	8
4.4.4	Influence de la Vitesse de Sortie.....	10
4.4.5	Influence de l'Espacement entre Chaque Port	11
4.4.6	Influence du Nombre de Ports.....	12
4.5	Résultats – Évaluation en Conditions d'Étiage	14
4.6	Conclusion de la modélisation des panaches dans le champ proche	18
5	Configuration du Diffuseur.....	19
5.1	Configuration Retenue pour le Diffuseur.....	19
5.2	Configuration des Ports du Diffuseur	21

Figures

Figure 1-1	Site proposé pour le Diffuseur dans la Rivière Ottawa.....	1
Figure 2-1	Exemple d'un Diffuseur avec Valve (Phase d'Installation)	2
Figure 4-1	Exemple de Panache dans le Cas d'un Rejet Vertical (configuration non retenue – visuel pour illustration seulement).....	10
Figure 4-2	Comportement du panache – vue de profile (angle de rejet à 45°, effluent à 20°C et conditions ambiantes à 26°C avec un courant de 6 cm/s)	15
Figure 4-3	Comportement du panache – vu de dessus (angle de rejet à 45°, effluent à 20°C et conditions ambiantes à 26°C avec un courant de 13 cm/s)	15
Figure 4-4	Comportement du Panache – vue de derrière (angle de rejet à 45°, effluent à 20°C et conditions ambiantes à 26°C avec un courant de 13 cm/s)	16
Figure 4-5	Comportement du Panache en Période Hivernale (vu de cote) pour un angle de rejet à 45°, effluent à 8°C et conditions ambiantes à 6°C avec un courant de 13 cm/s.....	17
Figure 4-6	Comportement du Panache en Période Hivernale pour un angle de rejet à 45°, effluent à 8°C et conditions ambiantes à 6°C avec un courant de 6 cm/s	17
Figure 4-7	Site Samonix	18
Figure 5-1	Croquis conceptuel du Diffuseur (vu de dessus, pas à l'échelle).....	20
Figure 5-2	Exemple d'une Valve Type “Tideflex” (tiré du site web Redvalve)	21
Figure 5-3	Croquis du Système Tideflex (Propriété de Red Valve).....	22

Tableau

Tableau 4-1	Scenarios pour les simulations CORMIX pour l'analyse de sensibilité	6
Tableau 4-2	Influence de la température de l'effluent.....	7
Tableau 4-3	Influence du taux de salinité de l'effluent.....	8
Tableau 4-4	Influence de l'angle vertical pour le rejet	9
Tableau 4-5	Influence de la vitesse de sortie.....	10
Tableau 4-6	Influence de l'espacement entre chaque port.....	12
Tableau 4-7	Influence du nombre de ports	13
Tableau 4-8	Configuration de diffuseur retenue et paramètres de simulation.....	14
Tableau 4-9	Résultats CORMIX-CORJET en conditions d'étiage.....	15
Tableau 4-10	Résultats CORMIX en conditions hivernales.....	16
Tableau 5-1	Caractéristiques du Diffuseur.....	19

Annexes

Annexe A Conditions Générales (Anglais)

1 Introduction

Samonix désire mettre en place une industrie d'aquaculture dans l'ouest du Québec, dédiée à l'élevage responsable de saumons de l'Atlantique. La première initiative consiste à construire une ferme aquacole terrestre de plus de 12 000 tonnes métriques annuelles dans le Pontiac en Outaouais. Cette initiative s'inscrit parfaitement dans la Politique bioalimentaire du Québec et vise à offrir un saumon de grande qualité à proximité des marchés du Québec, de l'Ontario et du nord des États-Unis. Les installations envisagées utiliseront une technologie d'élevage en bassin avec recirculation et traitement de l'eau (Systèmes RAS). Ce système inclut la présence d'un émissaire sous-marin (tuyauterie et diffuseur) pour le rejet des eaux traitées dans la rivière Ottawa.

Dans le cadre de ce projet, Samonix a retenu DHI Water & Environment, Inc. (DHI) pour conduire une optimisation du diffuseur et une simulation numérique réalisée avec le logiciel CORMIX, visant à quantifier le comportement du panache dans le champ proche consécutivement au rejet d'effluent, en accord avec les recommandations du Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC).

La Figure 1-1 présente le site proposé pour le diffuseur. Ce rapport technique présente la conception du diffuseur, suivi des résultats de modélisation du panache. En particulier, les sections suivantes sont présentées :

- Impact des différents paramètres sur le comportement du panache
- Caractéristiques du diffuseur
- Configuration des ports

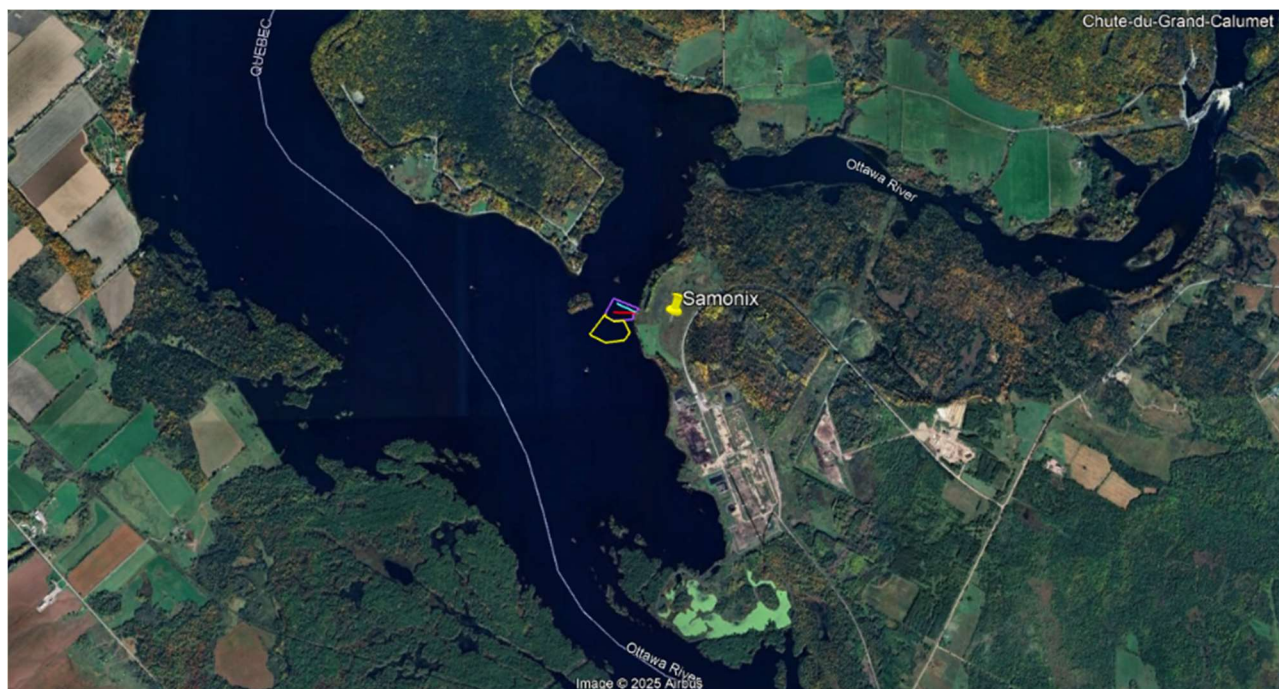


Figure 1-1 Site proposé pour le Diffuseur dans la Rivière Ottawa

2 Objectifs

L'objectif de ce projet est d'évaluer le comportement et mélange dans le champ proche de rejet d'effluents à travers un diffuseur, conformément aux directives environnementales en vigueur. Le mandat comprend :

- La modélisation en champ proche de la dispersion du panache à l'aide de CORMIX (Doneker et Jirka, 2007).
- L'évaluation du comportement du panache et des dilutions associées.

Le travail devra répondre à plusieurs questions sur le comportement du panache : est-ce que l'effluent se mélange sur l'ensemble de la colonne d'eau ? Crée-t-il sinon un courant de densité (ainsi que de la stratification) au fond de la rivière ? Ou bien se retrouve-t-il à la surface ?

Le but sera de maximiser l'entraînement d'eau ambiante pour un mélange immédiat accru, tout en évitant la formation d'un courant de densité le long du lit de la rivière ou un panache qui atteindrait la surface (présence de bulles et turbulences en surface).

De plus, due à la présence de moules dans la zone qui pourraient nécessiter d'être relocalisées, l'optimisation du diffuseur devra se concentrer sur la minimisation de son empreinte au sol.

Pour les rejets dans les grandes rivières, les recommandations du MELCC indiquent l'utilisation d'un modèle couvrant le champ proche (présent rapport) ainsi qu'une modélisation hydrodynamique (rapport WSP) pour déterminer la zone de mélange. Les conditions critiques pour cette étude vont être associées aux conditions d'étiage. La longueur de la zone de mélange sera déterminée par une dilution maximale de 100:1. La concentration cible en chlorure, associée au seuil de toxicité chronique, est de 120 mg/l. En termes de dilution, le travail devra quantifier la distance nécessaire pour obtenir une dilution de :

- 5:1 : seuil de toxicité chronique
- 50:1 : réduction d'un ordre de magnitude par rapport au seuil de toxicité chronique
- 100:1 : si atteinte dans le champ proche



Figure 2-1 Exemple d'un Diffuseur avec Valve (Phase d'Installation)

3 Optimisation du Diffuseur

3.1 Limite de la Batterie

La limite de la batterie en amont du système est la bride de raccordement entre le diffuseur proposé et le tuyau de rejet. Conformément au cahier des charges, le système d'étude est focalisé sur le diffuseur seulement. Les données environnementales entrantes (température d'eau, niveau de stratification, vitesse du courant, ...) prises en compte pour l'optimisation ont été fournies par le client.

3.2 Emplacement du Diffuseur

Le choix de l'emplacement du diffuseur dépend de plusieurs paramètres :

- **Profondeur de l'eau :**

Le rôle du diffuseur est de favoriser les dilutions initiales en entraînant l'eau ambiante dans le jet du panache. Il est important de minimiser la remontée immédiate du panache (et la formation de bulles à la surface). Par conséquent, un système situé à une profondeur d'eau d'au moins 5 m est généralement recherché. Par ailleurs, la bathymétrie environnante joue un rôle crucial dans le choix d'un emplacement approprié. Bien que disposant d'une quantité d'eau plus importante pour les dilutions initiales, un rejet dans une cavité pourrait entraver le potentiel de dilution, dans le cas d'un effluent non flottant, car l'effluent s'y accumulerait.

- **Pentes :**

Il est important de placer le système dans une zone stable, c'est-à-dire de minimiser sa tendance au basculement ou au glissement. Plus cette tendance est forte, plus le système de ballastage nécessaire est volumineux et lourd et plus le risque de déplacement du diffuseur est élevé. Un emplacement perpendiculaire aux courbes de niveau bathymétriques est préférable, car généralement plus stable.

- **Conditions du lit de la rivière :**

La stabilité du sol sous-marin (risque de glissement de terrain sous-marin) doit être pris en compte et il est préférable de privilégier un site aux pentes plus douces. La présence de sédiments fins et en suspension peut souvent entraîner des problèmes d'affouillement ou d'enfouissement, ainsi que l'ingestion de sable dans le diffuseur. Pour atténuer ce problème, un système surélevé par rapport au lit de la rivière est conçu avec des vannes pour empêcher les refoulements et l'ingestion de sédiments.

3.3 Caractéristiques du Diffuseur

Le système de diffuseur proposé aura les spécifications suivantes :

- **Débit du rejet :**

2,300 m³ d'effluent relâché par jour. Cela correspond à un débit de 0.027 m³/s.

- **Matériau du diffuseur :**

Du PEHD est proposé. Tout en étant très résistant, ce matériau offre une grande flexibilité, un critère important lors de l'installation et, en particulier, pendant la phase de coulée. Ce matériau est également résistant à la corrosion et a été utilisé dans de nombreux diffuseurs et systèmes de rejet. Pour des diamètres d'environ 20 à 30 cm, ce matériau est facilement disponible dans le commerce et proposé par plusieurs fabricants en Amérique du Nord.

- **Diamètre du tuyau de rejet/diffuseur :**

Un diamètre de tuyau de 20 cm est considéré. Il permettra des vitesses d'environ 1 m/s pour un débit de 2,300 m³/j. Il est à noter que la concentration en matières solides en suspension (TSS – Total Suspended Solids) a été supposée très faible et donc non-impacté par la vitesse dans le tuyau principal. Si les concentrations en particules solides deviennent non-négligeables, des problèmes de dépôt dans la conduite, associés à une usure accélérée au niveau des valves, pourront se produire.

- **Longueur du diffuseur :**

La longueur du système de diffuseur est déterminée dans la Section 3.

- **Nombre et espacement des ports :**

Les simulations CORMIX sont présentées dans la Section 3 et ont été réalisées pour différentes configurations en termes de nombre et d'espacement des ports. Les critères de sélection se sont basés sur la capacité à diluer l'effluent mais aussi sur la constructibilité du système.

- **Diamètre des ports :**

Ce paramètre est testé dans la Section 3. Idéalement, la vitesse de rejet se situerait entre 3 et 5 m/s. Bien que les vannes puissent généralement supporter des vitesses beaucoup plus élevées, la perte de charge associée nécessiterait une capacité de pompage supplémentaire. Une vitesse de sortie de 3 à 5 m/s offre un équilibre judicieux prenant en compte i) la création d'un jet après le rejet et la promotion des dilutions, ii) la limitation des pertes de charge, iii) le risque de créer des remous à la surface et iv) la prévention de l'usure excessive, des vibrations et du risque de cavitation au niveau du système orifice/vanne.

4 Simulations de Panaches dans le Champ Proche

4.1 Modèle CORMIX

Pour les simulations de panaches dans le champ proche (obtention de dilutions sur une certaine distance ainsi que caractérisation du comportement du panache dans la colonne d'eau), le logiciel CORMIX a été utilisé, en accord avec les recommandations du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC).

Le système expert Cornell Mixing Zone (CORMIX ; Doneker et Jirka 2007) a été utilisé pour réaliser des simulations numériques du comportement de mélange et de dilution en champ proche des effluents pénétrant dans le milieu fluvial de la rivière Ottawa. CORMIX est l'un des modèles les plus largement utilisés pour prédire le mélange et la dilution en champ proche des panaches de rejet de substances conservatrices et non conservatrices dans les masses d'eau de surface. CORMIX calcule les interactions aux limites du panache afin d'estimer le devenir du panache en termes de dilution et de géométrie par rapport à la réglementation sur les zones de mélange (Doneker et Jirka 2007).

Ce modèle est reconnu internationalement, et soutenu par l'agence américaine de protection de l'environnement (USEPA) pour la prédiction de la dilution des effluents dans un milieu récepteur aquatique. CORMIX a été appliqué dans le monde entier pour la conception et l'analyse des diffuseurs d'effluents. Les caractéristiques de l'effluent et des conditions ambiantes de la rivière nécessaires à la mise en œuvre du modèle de mélange sont présentées dans les sections suivantes.

4.2 Intrants et Paramètres Environnementaux Principaux

Paramètres environnementaux principaux caractérisant la rivière :

- Température de la rivière en période d'étiage : 26°C
- Vitesse du courant dans la rivière en période d'étiage : 0.06 m/s – 0.13 m/s (en fonction de l'emplacement)
- Profondeur d'eau : variant entre 6 m et 10 m (en fonction de l'emplacement)
- Concentration naturelle en chlorure de la rivière : 1.5 mg/l

Paramètres caractérisant l'effluent :

- Effluent journalier : 2300 m³
- Température de l'effluent : minimum 20°C
- Concentration en chlorure à la sortie : 640 mg/l

4.3 Scenarios

Différentes configurations du diffuseur ont été testées, variant plusieurs paramètres (nombre de ports, diamètre du port, espace entre chaque port, angle du rejet et hauteur d'eau). **Le but de cette section est d'optimiser le système en étudiant ces différentes configurations pour sélectionner celle qui présente des performances optimales en termes de dilutions.** Ces paramètres sont résumés dans le Tableau 4-1 ci-dessous.

Tableau 4-1 Scenarios pour les simulations CORMIX pour l'analyse de sensibilité

Système	Paramètre	Valeur
Rivière	Profondeur d'eau	6 m – 10 m
	Température ambiante	6°C – 26°C
	Vitesse du courant	0.06 m/s – 0.13 m/s
	Concentration ambiante en chlorure	1.5 mg/l
	Profil de la colonne d'eau	Non-stratifié
Effluent	Débit du diffuseur	2300 m ³ /jour 0.027 m ³ /s
	Température de l'effluent	8°C – 20 °C
	Concentration en chlorure	640 mg/l
Diffuseur	Type de décharge	Ports multiples
	Angle de décharge horizontal	Perpendiculaire au chenal et courants
	Angle de décharge vertical	45° - 90°
	Nombre de ports	3 – 10
	Diamètre des ports	1.5" – 2"
	Espacement entre chaque port	5 m – 15 m

4.4 Résultats – Analyse de Sensibilité des Différents Paramètres

Pour l'analyse de la sensibilité des résultats de modélisation aux différents paramètres, un tableau résumant les données entrantes ainsi que les dilutions obtenues pour chaque simulation est fourni dans les sections ci-dessous. L'objectif de ces simulations de sensibilité aux différents paramètres est i) d'optimiser la configuration du diffuseur et ii) d'établir des conditions défavorables mais réalistes dans l'optique de tester la configuration proposée en conditions d'étiage (voir Section 4.5). Le module CORMIX a été utilisé pour cette étude de sensibilité.

4.4.1 Influence de la Température de l'Effluent

Plus la différence de température entre l'effluent et le milieu ambiant est réduite, plus les dilutions s'améliorent. Ceci est due au comportement du panache, qui a tendance à s'élever plus haut dans la colonne d'eau lorsque sa densité est plus proche de la densité ambiante. Au contraire, plus la différence est grande, plus le panache réduit son mélange et se retrouve au fond de la rivière.

Le tableau ci-dessous fournit un résumé des résultats de simulation obtenus pour différentes températures d'effluent. **Dans tous les cas simulés, une dilution supérieure à 50:1 est obtenue dans le champ proche (dans les cinq premiers mètres suivant le rejet).**

Une température de 20 °C pour l'effluent a été retenue, comme présentant la condition la plus défavorable, pour les simulations d'évaluation en conditions d'étiage présentées dans la Section 4.5.

Tableau 4-2 Influence de la température de l'effluent

Système	Paramètre	Valeur	Dilutions à la fin du Champ Proche
Rivière	Profondeur d'eau	6 m	
	Température ambiante	26°C	
	Concentration en chlorure ambiante	1.5 mg/l	
	Vélocité du courant	0.13 m/s	
	Profile de la colonne d'eau	Non-stratifié	
Effluent	Débit de l'effluent	0.027 m ³ /s	
	Concentration en chlorure	640 mg/l	
Diffuseur	Type de décharge	Ports multiples	
	Angle de rejet horizontal	Perpendiculaire au chenal et courants	
	Hauteur du rejet	0.5 m au-dessus du lit de la rivière	
	Angle de rejet vertical	45°	
	Diamètre des ports	0.051 m (2")	
	Nombre de ports	4	
	Espacement des ports	15 m	
Paramètre étudié pour optimisation du système	Température de l'effluent	20°C	105:1 après 3.2 m
		22°C	121:1 après 3.6 m (113:1 après 3.2 m)
		24°C	148:1 après 4.4 m (125:1 après 3.2 m)

4.4.2 Influence du Taux de Salinité de l'Effluent

Le taux de salinité dans le milieu ambiant ainsi que dans l'effluent sont également des paramètres pouvant influencer le comportement du panache dans le champ proche. Pour le milieu ambiant, le taux de salinité a été estimé à 0 PSU. Pour l'effluent, une relation existe entre la concentration en chlorure (mg/l) et le taux de salinité (PSU) dans le milieu côtier. Malheureusement, il n'y a pas de relation directe en milieu fluviale, lorsque l'eau est douce.

L'hypothèse que le taux de salinité de l'effluent est inférieur ou égale à 1.8 fois la concentration en chlorure a été faite, basée sur la relation en milieu côtier. Deux taux de salinité ont ainsi été déterminés : 0.6 PSU and 1.2 PSU (condition la plus restrictive) pour l'effluent.

Le tableau ci-dessous fournit un résumé des résultats de simulation obtenus pour différentes salinités de l'effluent. Bien qu'un effluent légèrement plus salin présente une dilution légèrement réduite, les résultats restent relativement similaires pour ces deux taux. **Dans les deux cas, une dilution supérieure à 50:1 est obtenue dans le champ proche (dans les cinq premiers mètres suivant le rejet).** Le panache se

retrouve vers le fond de la rivière après quelques mètres suivant le rejet, à une concentration relativement diluée, dépassant les 100:1.

Un taux de salinité de 1.2 PSU pour l'effluent a été retenu, comme présentant la condition la plus défavorable, pour les simulations d'évaluation en conditions d'étiage présentées dans la Section 4.5.

Tableau 4-3 Influence du taux de salinité de l'effluent

Système	Paramètre	Valeur	Dilutions à la fin du Champ Proche
Rivière	Profondeur d'eau	6 m	-
	Température ambiante	26°C	
	Concentration en chlorure ambiante	1.5 mg/l	
	Vélocité du courant	0.13 m/s	
	Profile de la colonne d'eau	Non-stratifié	
Effluent	Débit de l'effluent	0.027 m ³ /s	
	Température de l'effluent	20°C	
	Concentration en chlorure	640 mg/l	
Diffuseur	Type de décharge	Ports multiples	
	Angle de rejet horizontal	Perpendiculaire au chenal et courants	
	Hauteur du rejet	0.5 m au-dessus du lit de la rivière	
	Angle de rejet vertical	45°	
	Diamètre des ports	0.051 m (2")	
	Nombre de ports	4	
	Espacement des ports	15 m	
Paramètre étudié pour optimisation du système	Taux de salinité de l'effluent	0.6 PSU	119:1 après 3.6 m
		1.2 PSU	105:1 après 3.2 m

4.4.3 Influence de l'Angle Vertical pour le Rejet

L'angle de rejet est un paramètre très important. Par exemple, un rejet vertical peut résulter sur des dilutions immédiates accrues, mais si l'effluent est plus dense que l'eau ambiante, il va retomber et s'accumuler directement autour du diffuseur, ce qui n'est pas souhaitable. A contrario, un rejet presque horizontal est peu souhaitable, surtout si l'effluent est plus dense. A titre illustratif, la Figure 4-3 présente le comportement simulé du panache dans le cas d'un rejet vertical.

Trois configurations différentes ont été testées et les résultats des simulations sont présentées dans le tableau ci-dessous. Les résultats montrent qu'un angle à 45° est optimal en termes de dilution. Les trois configurations résultent sur un même comportement du panache, qui monte légèrement dans la colonne

d'eau avant de redescendre vers le fond de la rivière. **Dans tous les cas, une dilution supérieure à 50:1 est obtenue dans le champ proche (variant de trois à 50 m suivant le rejet).**

Pour minimiser toute forme d'interaction entre le panache et la glace en hiver, et puisqu'elle offre également des dilutions optimales, une configuration à 45° a été retenue pour les simulations d'évaluation en conditions d'étiage présentées dans la Section 4.5.

Tableau 4-4 Influence de l'angle vertical pour le rejet

Système	Paramètre	Valeur	Dilutions à la fin du Champ Proche
Rivière	Profondeur d'eau	6 m	-
	Température ambiante	26°C	
	Concentration en chlorure ambiante	1.5 mg/l	
	Vélocité du courant	0.13 m/s	
	Profile de la colonne d'eau	Non-stratifié	
Effluent	Débit de l'effluent	0.027 m ³ /s	
	Température de l'effluent	20°C	
	Concentration en chlorure	640 mg/l	
Diffuseur	Type de décharge	Ports multiples	
	Angle de rejet horizontal	Perpendiculaire au chenal et courants	
	Hauteur du rejet	0.5 m au-dessus du lit de la rivière	
	Diamètre des ports	0.051 m (2")	
	Nombre de ports	4	
	Espacement des ports	15 m	
Paramètre étudié pour optimisation du système	Angle de rejet vertical	45°	105:1 après 3.2 m
		75°	254:1 après 50 m (36:1 après 3.2 m)
		90° (vertical)	246:1 après 44 m (36:1 après 3.2 m)

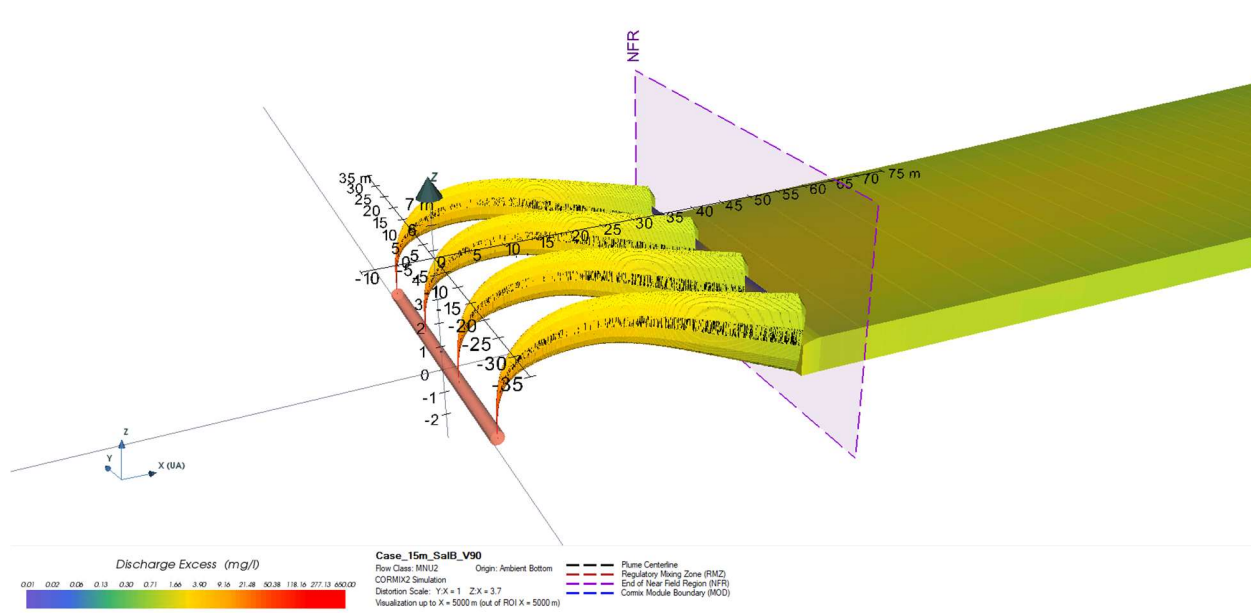


Figure 4-1 Exemple de Panache dans le Cas d'un Rejet Vertical (configuration non retenue – visuel pour illustration seulement)

4.4.4 Influence de la Vitesse de Sortie

Une vitesse de sortie élevée sera associée avec un entrainement d'eau ambiante plus grand et donc des dilutions plus hautes. Pour augmenter la vitesse de sortie en sachant que le débit ne change pas, le diamètre du port a été analysé, avec une valeur minimum de 1.5" (typique pour les valves).

Un diamètre petit (1.5" en comparaison avec 2") produit une dilution accrue de 30% sur le champ proche. Cependant, les vitesses de sortie deviennent relativement élevées, de l'ordre de 6 m/s. Ces fortes vitesses peuvent avoir un effet moins bénéfique lors de la saison hivernale, où l'effluent aura tendance à s'élever plus haut dans la colonne d'eau. **Dans tous les cas, une dilution supérieure à 50:1 est obtenue dans le champ proche (dans les six premiers mètres suivant le rejet).**

Il faut aussi noter que la quantité de valve disponible pour un diamètre inférieure à 2" est plus limitée, indiquant qu'un diamètre de 2" ou plus est préférable en termes de choix.

Un diamètre de 2" pour chaque port a été retenu, car suffisant pour atteindre la dilution clé de 50:1 (réduction d'un ordre de magnitude par rapport au seuil de toxicité chronique), pour les simulations d'évaluation en conditions d'étiage présentées dans la Section 4.5.

Tableau 4-5 Influence de la vitesse de sortie

Système	Paramètre	Valeur	Dilutions à la fin du Champ Proche
Rivière	Profondeur d'eau	6 m	
	Température ambiante	26°C	
	Concentration en chlorure ambiante	1.5 mg/l	
	Vélocité du courant	0.13 m/s	
	Profile de la colonne d'eau	Non-stratifié	

Système	Paramètre	Valeur	Dilutions à la fin du Champ Proche
Effluent	Débit de l'effluent	0.027 m ³ /s	
	Température de l'effluent	20°C	
	Concentration en chlorure	640 mg/l	
Diffuseur	Type de décharge	Ports multiples	
	Angle de rejet horizontal	Perpendiculaire au chenal et courants	
	Hauteur du rejet	0.5 m au-dessus du lit de la rivière	
	Angle de rejet vertical	45°	
	Nombre de ports	4	
	Espacement des ports	15 m	
Paramètre étudié pour optimisation du système	Diamètre des ports	0.051 m (2")	105:1 après 3.2 m
		0.038 m (1.5")	192:1 après 5.7 m (143:1 après 3.2 m)

4.4.5 Influence de l'Espacement entre Chaque Port

Pour analyser l'influence de l'espacement entre les ports, trois configurations ont été testées. Si l'on ne considère que le paramètre « espace entre chaque port », plus l'espace est important, plus les dilutions sont optimales. Ceci s'explique par la rencontre entre chaque panache issu de chaque port qui est plus éloignée du système de rejet, et qui par conséquent fournit des dilutions améliorées.

D'un point de vue plus pratique, un espacement large entre chaque port représente un système plus long et donc avec une empreinte au sol beaucoup plus élevée. L'un des objectifs est de minimiser la présence au sol et donc de réduire au mieux l'espacement entre chaque port. De plus, bien que les panaches de chaque port peuvent fusionner sur une courte ou moyenne distance, le critère clé de conception prévu est la constructibilité du système. Des valves seront montées sur chaque port et un bloc de lestage en béton sera installé entre certains ports. Par conséquent, tout espacement de plus de 2 m dans ce cas-là est suffisant. Un espacement de 5 m entre chaque port garantira l'espace nécessaire pour tenir compte des blocs de ballast et des valves.

Le tableau ci-dessous fournit un résumé des résultats de simulation obtenus pour différents espacements entre les ports. **Bien que les dilutions soient moindres, un espacement de 5 m entre chaque port conduit toujours à des dilutions supérieures à 53:1 dans les premiers mètres et est donc adéquate.**

Pour réduire l'empreinte au sol, un espacement nominal de 5 m a été retenu pour les simulations d'évaluation en conditions d'étiage présentées dans la Section 4.5.

Tableau 4-6 Influence de l'espacement entre chaque port

Système	Paramètre	Valeur	Dilutions à la fin du Champ Proche
Rivière	Profondeur d'eau	6 m	-
	Température ambiante	26°C	
	Concentration en chlorure ambiante	1.5 mg/l	
	Vélocité du courant	0.13 m/s	
	Profil de la colonne d'eau	Non-stratifié	
Effluent	Débit de l'effluent	0.027 m ³ /s	
	Température de l'effluent	20°C	
	Concentration en chlorure	640 mg/l	
Diffuseur	Type de décharge	Ports multiples	
	Angle de rejet horizontal	Perpendiculaire au chenal et courants	
	Hauteur du rejet	0.5 m au-dessus du lit de la rivière	
	Angle de rejet vertical	45°	
	Diamètre des ports	0.051 m (2")	
	Nombre de ports	4	
Paramètre étudié pour optimisation du système	Espacement entre chaque port	15 m	105:1 après 3.2 m
		10 m	81:1 après 3.6 m
		5 m	54:1 après 4.6 m

4.4.6 Influence du Nombre de Ports

Une empreinte au sol oscillant entre 15 et 20 m a été retenue pour les tests sur le nombre de port. L'espacement entre chaque port varie donc en fonction du nombre de port considéré. Une seconde donnée entrante a aussi été prise en compte dans cette partie, avec des vitesses de courant dans la rivière de 0.13 m/s et 0.06 m/s.

Le tableau ci-dessous fournit un résumé des résultats de simulation obtenus pour différents nombres de ports et vitesses de courant ambiants. Pour une longueur de système comparable, une augmentation du nombre de ports résulte sur des panaches se mélangeant entre eux (et non avec la colonne d'eau) plus rapidement. Les dilutions obtenues sont donc réduites alors que le nombre de port augmente.

La configuration à 4 ports a été retenue pour les simulations d'évaluation en conditions d'étiage présentées dans la Section 4.5 car présentant le meilleur taux de dilution parmi les cas simulés, avec notamment un taux de dilution supérieur à 50:1 après 5 m pour un courant ambiant de 0.13 m/s.

Tableau 4-7 Influence du nombre de ports

Système	Paramètre	Valeur	Dilutions à la fin du Champ Proche
Rivière	Profondeur d'eau	6 m	-
	Température ambiante	26°C	
	Concentration en chlorure ambiante	1.5 mg/l	
	Profile de la colonne d'eau	Non-stratifié	
Effluent	Débit de l'effluent	0.027 m ³ /s	
	Température de l'effluent	20°C	
	Concentration en chlorure	640 mg/l	
Diffuseur	Type de décharge	Ports multiples	
	Angle de rejet horizontal	Perpendiculaire au chenal et courants	
	Hauteur du rejet	0.5 m au-dessus du lit de la rivière	
	Angle de rejet vertical	45°	
	Diamètre des ports	0.051 m (2")	
	Espacement entre chaque port	15 m	
Paramètre étudié pour optimisation du système	Nombre de ports	4 (espace entre port : 5 m, courant ambiant : 0.13 m/s)	54:1 après 5 m (45:1 après 3.5 m)
		6 (espace entre port : 3 m, courant ambiant : 0.13 m/s)	36:1 après 3.5 m
		4 (espace entre port : 5 m, courant ambiant : 0.06 m/s)	25:1 après 4.5 m
		8 (espace entre port : 2 m, courant ambiant : 0.06 m/s)	13:1 après 2.5 m
		10 (espace entre port : 2 m, courant ambiant : 0.06 m/s)	12:1 après 2.0 m

4.5 Résultats – Évaluation en Conditions d'Étiage

Suivant cette étude pour optimiser le diffuseur, une configuration a été retenue et est présentée dans le Tableau 4-8. Deux emplacements ont été retenus pour le diffuseur. Le premier est associé avec une profondeur d'eau de 6 m alors que le deuxième est un peu plus profond avec 10 m. Le Tableau 4-9 résume les résultats en termes de dilution en condition d'étiage. Le module CORJET de CORMIX a été utilisé pour cette évaluation.

Les résultats sont les mêmes quelle que soit la profondeur. Cela s'explique par le fait que le panache s'élève de quelques mètres seulement dans la colonne d'eau avant de redescendre vers le fond de la rivière. La surface de l'eau n'est donc pas atteinte par le panache. Dans le cas de condition d'étiage, le panache s'élève jusqu'à approximativement 3.7 m au-dessus du fond de la rivière. Cette phase est considérée comme le champ proche. Le panache redescend ensuite vers le fond de la rivière, en fonction des courants et de sa densité. Les résultats indiqués sont associés avec ce champ proche, c'est à dire la zone définie par le moment du panache suivant le rejet.

Comme expliqué dans la section précédente, bien que le panache se retrouve vers le fond de la rivière, on ne peut pas parler d'un courant de densité, vu que la différence de densité entre le panache (avec déjà au moins 57:1 dilution) et la rivière est minimale. Il est à noter que des conditions restrictives pour l'effluent ont été sélectionnées (comme sa température).

Les figures 4.2 à 4.4 illustrent le comportement du panache.

Tableau 4-8 Configuration de diffuseur retenue et paramètres de simulation

Système	Paramètre	Valeur
Rivière	Température ambiante	26°C
	Concentration en chlorure ambiante	1.5 mg/l
	Profil de la colonne d'eau	Non-stratifié
Effluent	Débit de l'effluent	2,300 m ³ /jour 0.027 m ³ /s
	Température de l'effluent	20°C
	Concentration en chlorure	640 mg/l
Diffuseur	Type de décharge	Ports multiples
	Angle horizontal du système	Perpendiculaire au chenal et courants
	Hauteur du rejet	0.5 m au-dessus du lit de la rivière
	Angle de rejet vertical	45°
	Diamètre des ports	0.051 m (2")
	Nombre de ports	4
	Espacement entre chaque port	5 m

Tableau 4-9 Résultats CORMIX-CORJET en conditions d'étiage

Condition	Profondeur d'Eau	Dilutions à la fin du Champ Proche	Caractéristique du panache
Vélocité du courant : 0.13 m/s	6 m	70:1 après 13 m en aval du rejet	Hauteur maximale atteinte (2.8 m)
	10 m	70:1 après 13 m en aval du rejet	Hauteur maximale atteinte (2.8 m)
Vélocité du courant : 0.06 m/s	6 m	57:1 après 9 m en aval du rejet	Hauteur maximale atteinte (3.7 m)
	10 m	57:1 après 9 m en aval du rejet	Hauteur maximale atteinte (3.7 m)

Fin du champ proche après 9 m en aval du rejet

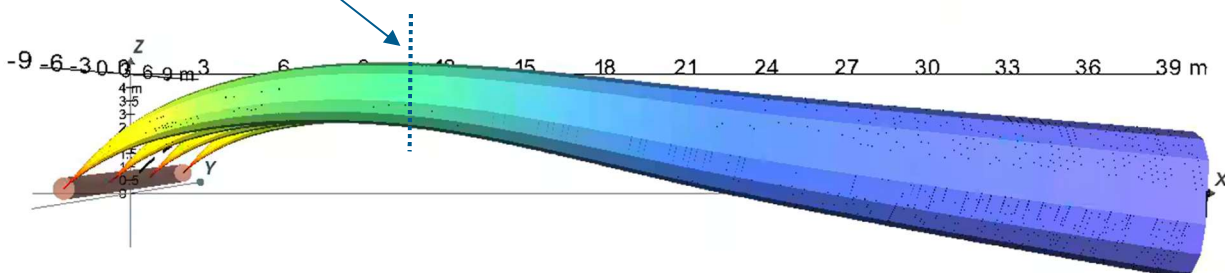


Figure 4-2 Comportement du panache – vue de profile (angle de rejet à 45°, effluent à 20°C et conditions ambiantes à 26°C avec un courant de 6 cm/s)

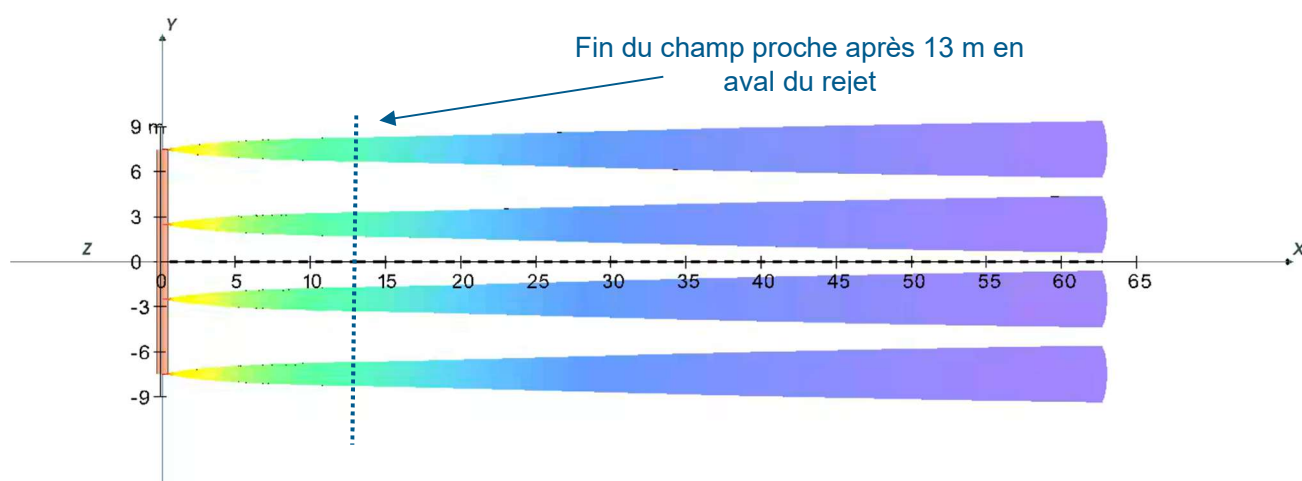


Figure 4-3 Comportement du panache – vu de dessus (angle de rejet à 45°, effluent à 20°C et conditions ambiantes à 26°C avec un courant de 13 cm/s)

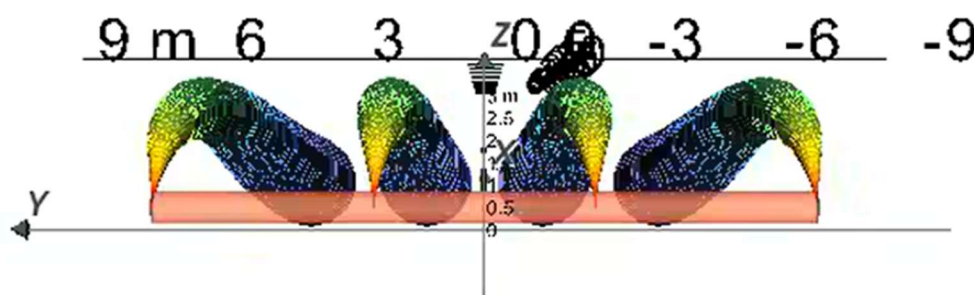


Figure 4-4 Comportement du Panache – vue de derrière (angle de rejet à 45°, effluent à 20°C et conditions ambiantes à 26°C avec un courant de 13 cm/s)

Pour comparaison, les conditions hivernales ont aussi été étudiées:

- Température ambiante de 6°C
- Température de l'effluent de 8°C

De même que lors des conditions d'été, le panache s'élève de quelques mètres dans la colonne d'eau avant de redescendre vers le fond de la rivière. La surface de l'eau n'est donc pas atteinte par le panache. Cependant, en période hivernale, le panache monte plus haut dans la colonne d'eau et s'élève jusqu'à presque 5 m au-dessus du fond de la rivière. Cette phase est considérée comme le champ proche. Le panache redescend ensuite vers le fond de la rivière, en fonction des courants et de sa densité. Les résultats indiqués sont associés avec ce champ proche, lorsque le panache atteint sa hauteur maximale, c'est à dire la zone définie par le moment du panache suivant le rejet.

Pareillement aux conditions d'été, bien que le panache se retrouve vers le fond de la rivière, on ne peut pas parler d'un courant de densité, vu que la différence de densité entre le panache et la rivière est minimale avec des dilutions au-delà de 100:1.

Les figures 4.5 et 4.6 illustrent le comportement du panache en période hivernale.

Tableau 4-10 Résultats CORMIX en conditions hivernales

Condition	Profondeur d'Eau	Dilutions à la fin du Champ Proche	Caractéristique du panache
Vélocité du courant : 0.13 m/s	6 m	129:1 après 27 m	Hauteur maximale atteinte (3.5 m)
	10 m	129:1 après 27 m	Hauteur maximale atteinte (3.5 m)
Vélocité du courant : 0.06 m/s	6 m	108:1 après 19 m	Hauteur maximale atteinte (4.8 m)
	10 m	108:1 après 19 m	Hauteur maximale atteinte (4.8 m)

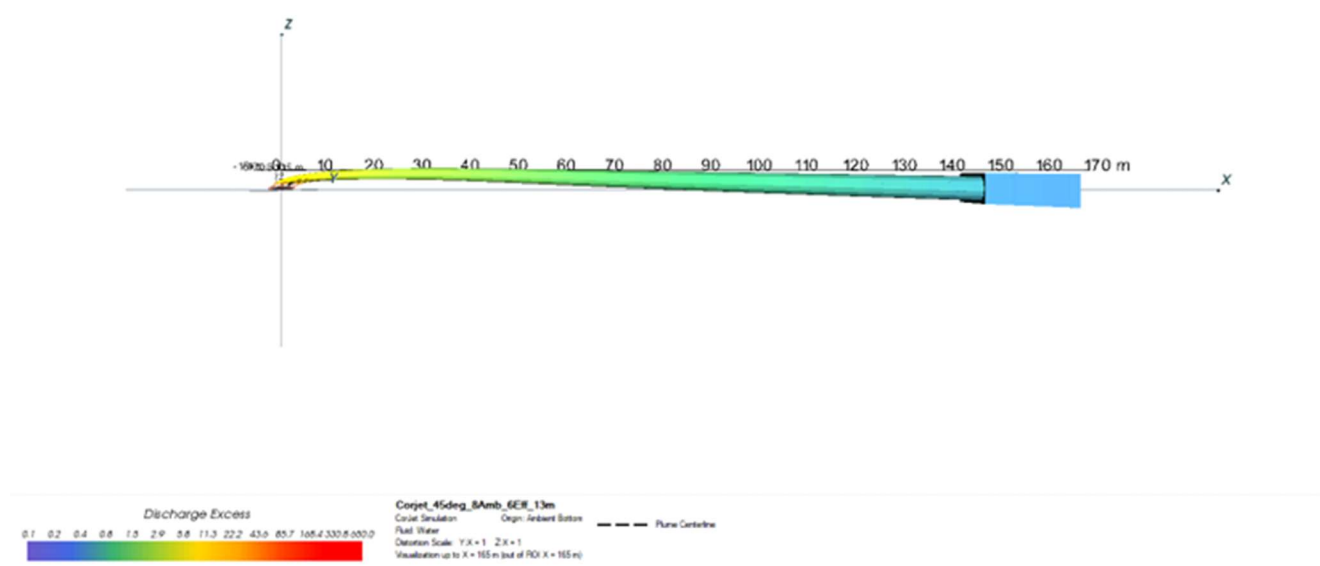


Figure 4-5 Comportement du Panache en Période Hivernale (vu de cote) pour un angle de rejet à 45°, effluent à 8°C et conditions ambiantes à 6°C avec un courant de 13 cm/s

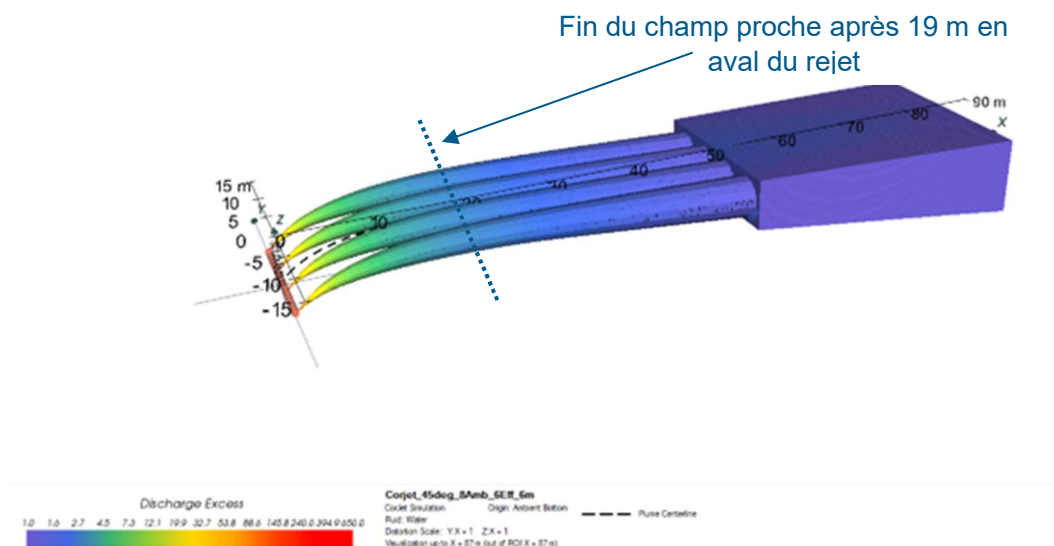


Figure 4-6 Comportement du Panache en Période Hivernale pour un angle de rejet à 45°, effluent à 8°C et conditions ambiantes à 6°C avec un courant de 6 cm/s

4.6 Conclusion de la modélisation des panaches dans le champ proche

Suivant ces différentes simulations, les points principaux ont été résumés ci-dessous:

- Le comportement du panache est commun dans l'ensemble des simulations réalisées: le panache ne se mélange pas immédiatement sur l'ensemble de la colonne d'eau mais monte de quelques mètres au-dessus du fond de la rivière avant de redescendre (sous forme dilué) en profondeur. Cependant, il est important de noter qu'il ne s'agit pas d'un courant de densité, vu que la différence en densité est très faible, suivant des dilutions de l'ordre de 57:1 et plus.
- En effet, l'entraînement immédiat d'eau ambiante dans le panache se produit et les dilutions obtenues sont très acceptables dans le champ proche : supérieure à 50:1 dans tous les cas étudiés, et donc bien au-dessus – par un ordre de magnitude – de la dilution minimale associée au seuil de toxicité chronique (5:1).
- Comme le panache descend vers le fond, la profondeur n'a pas vraiment d'impact sur les dilutions en période d'étiage.
- La dilution de 54:1 est obtenue dans le champ proche pour les deux conditions de courant (6 cm/s et 13 cm/s).

En résumé, dans le champ proche bien que le panache ne se mélange pas sur l'ensemble de la colonne d'eau, il se dilue néanmoins suffisamment pour avoir des dilutions bien supérieures à la dilution minimale associée au seuil de toxicité chronique et présente donc des performances en termes de dilution tout à fait excellentes. L'équipe WSP utilise ensuite ces résultats dans le champ-proche pour informer leur modèle de la rivière Ottawa et étudier les dilutions accrues dans le champ lointain.



Figure 4-7 Site Samonix

5 Configuration du Diffuseur

5.1 Configuration Retenue pour le Diffuseur

Le Tableau 5-1 présente un résumé de la configuration retenue pour le diffuseur.

- L'empreinte au sol sera d'environ 15 m (16 m exactement en ajoutant environ 1 m de tuyau entre le dernier port et la bride pleine).
- En considérant une valve et l'utilisation d'un manchon pour le montage par port, la hauteur du système orifice/valve sera comprise entre 0.1 m et 0.4 m. La conduite elle-même mesurera environ 0.2 m tandis qu'un espace libre (dû aux blocs de lestage) d'environ 0.1 m est prévu sous la conduite. Par conséquent, le système devrait relâcher l'effluent environ 0.5 à 0.8 m maximum au-dessus du fond de la rivière.
- La présence de 4 ports (chacun avec un diamètre de 2" et espace de 5 m entre chaque) avec valve permettra une dilution optimale de ce système.

Tableau 5-1 Caractéristiques du Diffuseur

System Component	Paramètre	Valeur
Débit	Débit Nominal	2,300 m ³ /jour 0.027 m ³ /s
Système Diffuseur et Port Combinés	Elévation Retenue (hauteur du rejet)	0.5 m au-dessus du lit de la rivière
	Type de décharge	Ports multiples
Diffuseur	Matériau	HDPE (PE4710)
	Diamètre	8" OD (SDR 17)
	Longueur	16 m (15 m entre premier et dernier port + 1 m entre dernier port et bride pleine)
	Angle horizontal du système	Perpendiculaire au chenal et courants principaux
Port	Nombre	4
	Angle de rejet vertical	45°
	Espacement	5 m
	Diamètre	0.051 m (2")

La Figure 5-1 présente un schéma illustratif du système de rejet retenu. Le diffuseur sera raccordé à l'émissaire par un raccord fusionné, la bride n'étant probablement pas nécessaire. Une bride pleine sera installée à l'extrémité aval du système (terminus). Des blocs de lestage seront installés pour maintenir le système en place et éviter tout basculement, glissement ou rotation. Ces blocs envelopperont le diffuseur, de sorte que celui-ci ne repose plus directement sur le fond de la rivière, mais soit surélevé d'au moins 10 cm par rapport au fond.

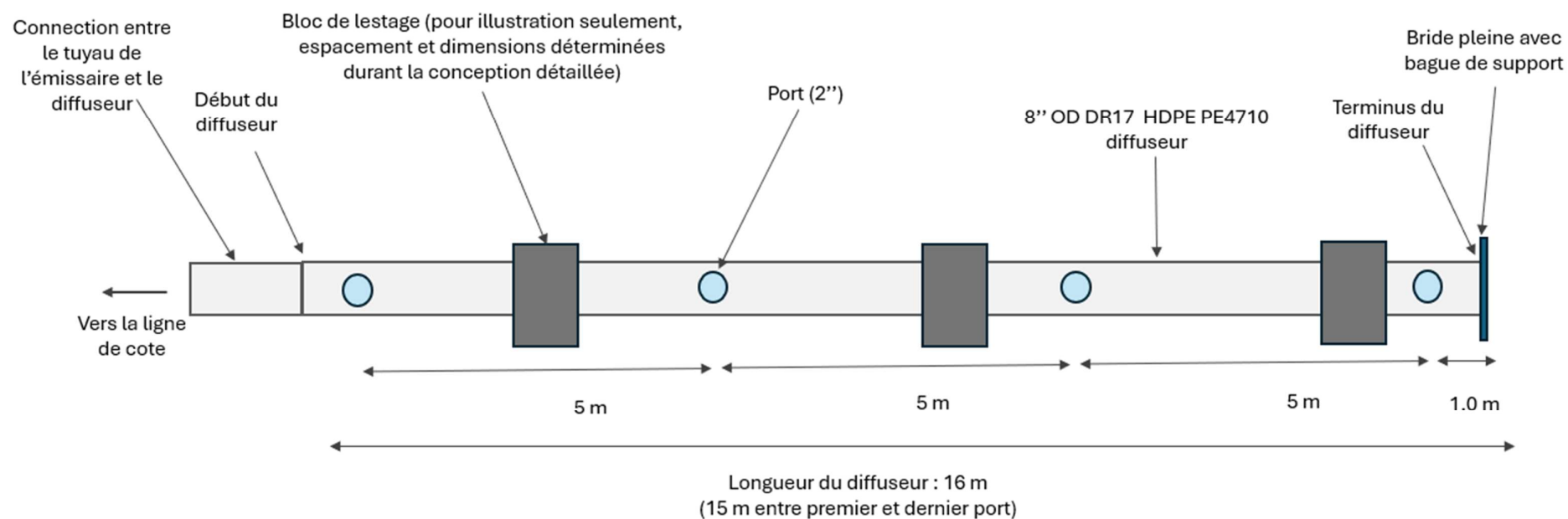


Figure 5-1 Croquis conceptuel du Diffuseur (vu de dessus, pas à l'échelle)

5.2 Configuration des Ports du Diffuseur

Les ports peuvent être ouverts ou équipés d'une valve. Chacune de ces options présente des avantages et des inconvénients. Dans les applications industrielles, le rejet des effluents peut être interrompu pendant une période de temps étendue, en raison de modifications des opérations (arrêt de la pompe, changement des réservoirs d'eau...). De plus, en milieu fluvial, le cours d'eau peut être sujet à un transport sédimentaire non-trivial, résultant à une entrée de sédiment dans le système lorsqu'il n'est pas en fonctionnement. Dans ces cas-là, les diffuseurs intègrent généralement des dispositifs anti-refoulement, comme la présence d'une valve.

Par conséquent, pour le système de diffuseur à Samonix, il est proposé d'installer une valve sur chaque orifice du diffuseur. Bien qu'ils complexifient légèrement la conception et l'installation, leur coût d'investissement est négligeable par rapport aux avantages qu'ils apportent : ils empêchent l'intrusion de sable, de sédiments et de croissance organique indésirables dans les conduites de rejet, réduisant ainsi considérablement, voire éliminant, les problèmes d'exploitation et de maintenance. De plus, certaines valves, comme les valves Tideflex, sont conçues pour augmenter légèrement la vitesse de sortie, résultant sur des performances accrues en termes de dilutions immédiates.

Le modèle de valve Tideflex ([Tideflex Check Valves: Red Valve](#)) a été sélectionné pour son utilisation fréquente dans des systèmes de diffusion similaires, tant en lacs qu'en zones fluviales et côtières. Les buses de diffusion Tideflex fonctionnent uniquement par pression différentielle. Non-mécaniques, elles sont fabriquées en élastomère, résistant à la corrosion et insensible aux proliférations organiques. La Figure 5-2 illustre un système de valve typique.

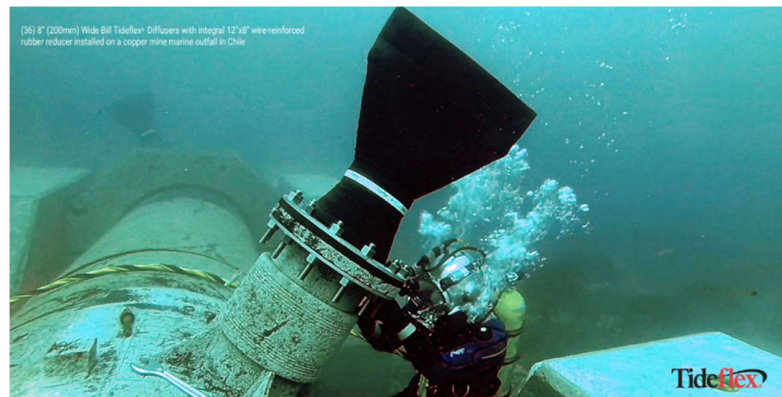
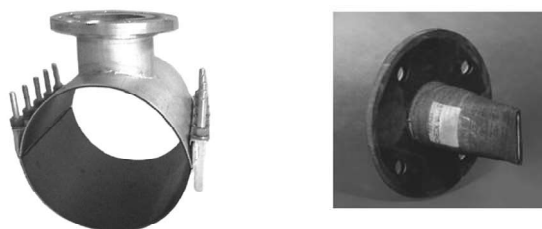


Figure 5-2 Exemple d'une Valve Type "Tideflex" (tiré du site web Redvalve)

Pour installer la valve sur le diffuseur, deux options principales sont envisageables. Le type de raccordement final sera sélectionné lors de la conception détaillée, en fonction des besoins de l'équipe d'approvisionnement, de la conception et des préférences du client.

- i) La valve est directement raccordée et boulonnée au tuyau du diffuseur, comme illustré à droite. Une colonne montante peut être intégrée directement à la valve Tideflex.
- ii) Un manchon de sortie (exemple: [6626 Outlet Sleeve | Robar Industries](#)) peut être monté sur le tuyau du diffuseur, comme illustré ci-dessous. Cependant, l'acier inoxydable étant utilisé, il nécessitera une protection anticorrosion. Le système étant situé dans une rivière, la corrosion sera réduite. Une valve Tideflex (à droite de l'image ci-dessous) serait ensuite boulonnée directement sur le manchon, ce qui simplifierait le processus par rapport à une installation directe sur le tuyau du diffuseur.





La Figure 5-3 présente un système typique d'orifice et de valve. Les dimensions sont celles de la valve série 37 de Tideflex et sont données à titre indicatif uniquement. Lors de la conception détaillée et de la sélection finale de la valve, des écarts mineurs de dimensions (dus au modèle de valve) peuvent survenir.

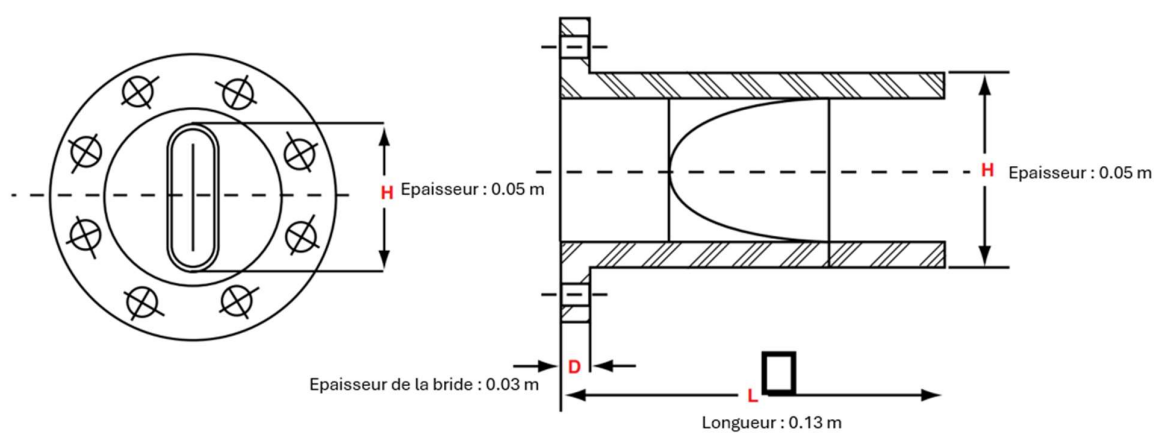


Figure 5-3 Croquis du Système Tideflex (Propriété de Red Valve)

Annexe A Conditions Générales (Anglais)

5 **COMPLETION, POSTPONEMENT AND TERMINATION**

5.1 **By Notice of the Client.** The Client may terminate this Agreement at any time by providing DHI with sixty (60) days' written notice. Upon receipt of such notice DHI shall take immediate steps to bring the Services to a close and to reduce expenditures to a minimum.

5.2 **Force Majeure.** DHI shall promptly notify the Client, in writing, of any situation or event arising from circumstances beyond DHI's control and which DHI could not reasonably foresee which makes it impossible for DHI to carry out in whole or in part his obligations under this Agreement (Force Majeure). Upon the occurrence of such a situation or event, the Services shall be deemed to be postponed for a period of time equal to that caused by the Force Majeure and reasonable period to remobilize for the continuation of the Services. DHI may by written notice to the Client terminate this Agreement if the Services have been postponed as provided for in this Clause 5.2 and the period of postponement has exceeded six (6) months.

5.3 **Default by Either Party.** Either party may terminate this Agreement for a material breach which remains uncured for thirty (30) days after the breaching party receives notice of such breach from the non-breaching party. The failure of Client to make full payment of any and all fees as enumerated in Clause 3 constitutes a material breach of this Agreement.

5.4 **Entitlement of DHI upon postponement or termination.** Upon postponement of the Services or termination of this Agreement under Clause 5.1, 5.2 or 5.3, DHI shall be entitled to receive the remuneration due and for Services performed up to the effective date of postponement or termination and reimbursement in full for such of the costs as shall have been incurred prior to the effective date of such postponement or termination and for all costs incidental to the orderly termination of the Services, including return travel of DHI's personnel, their dependants and effects.

5.5 **Rights and Liabilities of Parties.** Termination of this Agreement, for whatever reason, shall not prejudice or affect the accrued rights or claims and liabilities of either party to this Agreement.

5.6 **Survival.** All provisions of this Agreement for indemnity or allocation of responsibility or liability between Client and DHI shall survive the completion of services and/or the termination of this Agreement.

6 **THE RIGHTS AND DUTIES OF DHI**

6.1 DHI shall exercise all reasonable skill, care and diligence in the performance of the Services under the Agreement and shall carry out all responsibilities in accordance with recognized professional standards. DHI shall in all professional matters act as a faithful adviser to the Client. No other warranty, expressed or implied, is made or intended by this proposal, by oral statements made by DHI's representatives, by the performance of services, or by written reports or documents.

6.2 The remuneration of DHI charged to the Client according to the Proposal shall constitute DHI's only remuneration in connection with the Agreement and neither DHI nor DHI personnel shall accept any trade commission, discount, allowance or indirect payment or other consideration in connection with or in relation to the Agreement or to the discharge of his obligations thereunder.

6.3 DHI will provide the expert technical advice and skills which are normally required for the class of services for which DHI is engaged. Where specialist technical advice or assistance is required, beyond that committed under the Scope of Services as outlined in the Proposal, DHI may arrange for the provision of such services by a third party. The Client shall pay for all such services. However, DHI shall retain full and inseparable responsibility for all the Services which he is committed to render under this Agreement.

6.4 Equipment and materials furnished to DHI by the Client or purchased by DHI with funds wholly supplied or reimbursed by the Client shall be the property of the Client and shall be so marked. Upon completion or termination of the Services DHI shall furnish to the Client inventories of the equipment and materials referred to above as it then remains and dispose of same as directed by the Client.

7 **LIABILITY OF DHI**

7.1 **LIMITATION OF LIABILITY** CLIENT AND DHI HAVE DISCUSSED THE RISKS AND REWARDS ASSOCIATED WITH THIS AGREEMENT AS WELL AS DHI'S FEES FOR SERVICES. CLIENT AND DHI AGREE TO ALLOCATE CERTAIN OF THE RISKS SO THAT, TO THE FULLEST EXTENT PERMITTED BY LAW, THE TOTAL AGGREGATE LIABILITY AND/OR INDEMNIFICATION OBLIGATIONS OF DHI AND ITS PARTNERS, PRINCIPALS, DIRECTORS, EMPLOYEES, AFFILIATES, AND SUBSIDIARIES (THE "DHI PARTIES") TO CLIENT AND ALL THIRD PARTIES FOR ALL CLAIMS WHATSOEVER RELATED TO THE DELIVERABLES, THE SERVICES PROVIDED HEREUNDER, OR THIS AGREEMENT, INCLUDING ANY CAUSE OF ACTION SOUNDING IN CONTRACT, TORT, OR STRICT LIABILITY, WILL NOT EXCEED THE TOTAL AMOUNT OF THE FEES PAID TO DHI BY CLIENT UNDER THE PROPOSAL OR PURCHASE ORDER THAT GAVE RISE TO SUCH LIABILITY. IN NO EVENT WILL ANY OR ALL OF THE DHI PARTIES BE LIABLE FOR ANY LOST PROFITS, INCIDENTAL, EXEMPLARY, INDIRECT, PUNITIVE, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES, EVEN IF ANY OF THE DHI PARTIES HAVE BEEN ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGES

7.2 **Insurance.** DHI maintains insurance to statutory and professional standards for comparable Services of this type in this area at the time of service, and in accordance with any governing contractual requirements.

8 **OBLIGATIONS OF THE CLIENT**

8.1 The Client shall furnish without charge and within a reasonable time all pertinent data and information available to it and shall give such assistance as shall reasonably be required by DHI for the carrying out of its duties under this Agreement. The Client shall give its decision on all sketches, drawings, reports, recommendations and other matters properly referred to it for decision by DHI in such reasonable time as not to delay or disrupt the performance by DHI of his Services under this Agreement.

8.2 The Client shall facilitate the timely granting to DHI, and any DHI personnel, where the Services are at a site or sites outside DHI's control, of: (i) Necessary permits and licenses for right of entry; (ii) Unobstructed access to all sites and locations involved in carrying out the Services; (iii) Client will arrange right-of-entry to the property for the purposes of performing project

	management, studies, review of existing conditions and evaluations pursuant to the Services. Client represents that it possesses or will possess necessary right- of-entry authority, permits, and licenses required for its activities at the site or sites.		the avoidance of doubt: Clause 10.2 does not apply to any generic tools, models, methods, techniques, software, algorithms, scripts, process, data, know-how generated, developed or obtained by DHI during the execution or performance of the Agreement and/or any Service as such is to be considered DHI Property. To the extent necessary for the Client to use the Services, DHI grants to the Client an irrevocable, royalty- free, world-wide and non-exclusive right to use DHI Property for the purpose of using the Services for the purpose of the Agreement for which the Services are created.
8.3	The Client shall comply with its obligations under this Agreement in a manner consistent with all applicable laws and regulations.		
9	<u>PERSONNEL</u>		
9.1	The Services shall be carried out by personnel specified in the Proposal for the respective periods of time indicated therein, provided that DHI may make such reasonable adjustments in such periods as may be appropriate to ensure the efficient performance of the Services.	10.5	Notwithstanding any other provision in these terms or the Agreement, any use of DHI software (e.g. MIKE, NOCS or the like) will be subject to the terms and conditions set out in the applicable license agreement.
9.2	DHI shall designate a Project Manager to be in charge of the project and to be responsible for liaison between the Client and DHI.	11	<u>INDEMNIFICATION</u>
9.3	Should it become necessary to replace any person specified by name in the Proposal, DHI shall, to the extent reasonably possible forthwith arrange for such replacement with a person of comparable experience. The party requesting the replacement shall be responsible for the financial consequences thereof, except in cases when DHI's personnel are replaced for reasons of proved misconduct, inability to perform or violation of laws. All such requests, for whatever reason, must be presented in writing with the particular reasons stated.	11.1	Client and DHI shall each indemnify the other against claims for bodily injury or damage to tangible property resulting from:
		11.1.1	negligent error, omission, or act of the indemnitor or the indemnitor's agents, officers, servants, employees, or subconsultants in the performance of Services hereunder, or
		11.1.2	negligent failure of the indemnitor or the indemnitor's agents, officers, servants, employees, or subconsultants to comply with laws or regulations,
		11.1.3	negligent failure of the indemnitor to perform under any contract with either party's agents, officers, servants, employees, subconsultants, or clients, or
		11.1.4	claims of any type for violation of patent, trademark, or intellectual property rights claimed by Client, DHI or any third party resulting from the design or application of technology used on this Project.
10	<u>INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS</u>		This indemnity obligation shall survive performance of the services hereunder.
10.1	DHI warrants that it is not aware of any copyright, patent, trademark, trade secret or other proprietary right that it might infringe upon in providing the Services required under this Agreement. DHI shall indemnify and hold the Client harmless from any and all claims, suits, liability, expense or damages for any actual infringement of any copyright, patent, trademark, trade secret or other proprietary right arising in connection with the Services provided by DHI under this agreement.	11.2	Client shall indemnify DHI against all costs, fees, expenses, damages, and liabilities (including legal defense costs) associated with any third-party claim, including any punitive damages, arising from or relating to:
10.2	With the exception of DHI Background Intellectual Property and any generic IP as described in Clause 10.4, all Intellectual Property created by DHI, sub-consultants or supplier during the course of the Services shall vest in the Client. DHI shall do all such things and sign and execute all such documents as may reasonably be required in order to perfect, protect or enforce any of the Intellectual Property assigned and granted to the Client at the Client's expense.	11.2.1	any claim or allegation that the Client Materials or DHI's licensed use of the Client Materials infringes or violates any third party rights, constitutes defamation or slander or unfair competition, or violates any law; or,
		11.2.2	any Services, deliverables, or other work product from DHI that Client uses or discloses to others in a manner other than that expressly permitted by this Agreement.
10.3	Background Intellectual Property shall mean all information (including without limitation, processes, methods, techniques, designs, structures, applications, software, and specifications) that is owned, controlled, licensed, developed, or acquired solely outside the performance of this Agreement by a party or on behalf of that party by an entity other than the other party. Nothing in this Agreement shall affect DHI's right to own or license its Background Intellectual Property.	11.2.3	The terms of this Clause 11.2 shall apply regardless of the nature of any claim asserted (including those arising from contract law, statutes, regulations, or any form of negligence whether of Client, DHI, or others whether arising out of tort, strict liability, or otherwise) and whether or not DHI was advised of the possibility of the damage or loss asserted. Such terms shall also continue to apply after any termination of this Agreement by either party and during any dispute between the parties.
10.4	The Client acknowledges that DHI possesses certain expertise, know-how, techniques, models, concepts, processes, software (including third party licensed software) and other intellectual property rights, which have been and will be developed by DHI, and which relate to DHI's business operations in general and not specifically to performance of the Services (the "DHI Property"). DHI Property is and remains the exclusive property of DHI and DHI shall not be restricted in using DHI Property. For	12	<u>DISCLAIMERS</u>
		12.1	EXCEPT AS EXPRESSLY STATED IN THIS AGREEMENT, THE SERVICES AND ANY DELIVERABLES ARE PROVIDED "AS IS" AND DHI DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING, WITHOUT LIMITATION, (i) IMPLIED WARRANTIES OF TITLE, NON-INFRINGEMENT, AND MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR ANY PARTICULAR PURPOSE; OR (ii) ANY WARRANTY THAT ANY

SERVICE DELIVERABLE IS FREE FROM ERROR. NO WRITTEN OR ORAL INFORMATION OR ADVICE GIVEN BY DHI SHALL CREATE ANY WARRANTY.

13 **CONFIDENTIALITY**

- 13.1 The parties, from time to time, may disclose Confidential Information (as defined below) to one another. Accordingly, each party agrees as the recipient (the "Receiving Party") to keep strictly confidential all Confidential Information provided by the other party (the "Disclosing Party"). The Receiving Party further agrees to use the Confidential Information of the Disclosing Party solely for the purpose of exercising its rights and fulfilling its obligations under this Agreement. The Receiving Party may not use for its own benefit or otherwise disclose any of the Confidential Information of the Disclosing Party for any other purpose
- 13.2 "Confidential Information" means, subject to Clause 14.3 herein, information in any form, oral, graphic, written, electronic, machine-readable, or hard copy consisting of (i) any non-public information provided by the Disclosing Party, including but not limited to, all of its inventions, designs, data, source and object code, programs, program interfaces, know-how, trade secrets, techniques, ideas, discoveries, marketing and business plans, pricing, profit margins, and/or similar information; (ii) any information which the Disclosing Party identifies as confidential information or the Receiving Party should understand from the context of the disclosure, to be confidential information; or (iii) any information that the parties otherwise treat as confidential by their actions. Without limiting the generality of the foregoing, Client acknowledges and agrees that DHI's know-how constitutes Confidential Information.
- 13.3 The term "Confidential Information" will not include information that (i) is publicly available at the time of disclosure by the Disclosing Party; (ii) becomes publicly available by publication or otherwise after disclosure by the Disclosing Party, other than by breach of this Clause 14 by the Receiving Party; (iii) was lawfully in the Receiving Party's possession, without restriction as to confidentiality or use, at the time of disclosure by the Disclosing Party; (iv) is provided to the Receiving Party without restriction as to confidentiality or use by a third party without violation of any obligation to the Disclosing Party, or (v) is independently developed by employees or agents of the Receiving Party who did not access or use the Confidential Information.
- 13.4 The Receiving Party will inform those employees and consultants who have access to the Confidential Information of the Disclosing Party that such information is confidential and proprietary information of a third party. The Receiving Party agrees to disclose the Confidential Information of the Disclosing Party to its employees and consultants solely for the purpose of exercising the Receiving Party's rights and fulfilling the Receiving Party's obligations hereunder and solely to those employees and consultants who are under confidentiality obligations at least as restrictive as those set forth herein. The Receiving Party will ensure compliance by its employees and consultants having access to the Confidential Information of the Disclosing Party and will be responsible for any breach by any such parties. The Receiving Party will treat the Disclosing Party's Confidential Information with the same degree of care as the Receiving Party treats its own highly confidential and

proprietary information, but in no case will such standard of care be less than a reasonable standard of care, taking into account the nature of the Confidential Information at issue. The Receiving Party will notify the Disclosing Party without delay if it has reason to believe that any Confidential Information of the Disclosing Party has been used or disclosed in violation of this Clause.

- 13.5 Notwithstanding the foregoing, the Receiving Party may disclose the Confidential Information of the Disclosing Party without violating the obligations in this Section 14 to the extent that such disclosure is required by a valid order of a court or other governmental body having jurisdiction, provided that the Receiving Party provides the Disclosing Party with reasonable prior written notice of such disclosure and makes a reasonable effort to obtain, or to assist the Disclosing Party in obtaining, a protective order preventing or limiting the disclosure and/or requiring that the Confidential Information so disclosed be used only for the purposes for which the law or regulation requires, or for which the order was issued.

- 13.6 Promptly upon the written request of the Disclosing Party or upon termination of this Agreement, the Receiving Party will return to the Disclosing Party or destroy all copies of the Disclosing Party's Confidential Information. DHI will, however, maintain a copy of any Confidential Information necessary to support its Services under this Agreement for reference and archive purposes and to protect its interests in relation to the Client or to comply with current legislation or public authority decisions, in accordance with applicable professional standards. The parties acknowledge that in the case of Confidential Information communicated through email or that has been scanned or otherwise stored electronically by the Receiving Party, the Receiving Party's deletion of (i) email messages from individual mailboxes, or (ii) documents from network or individual hard drives will not result in the removal of all copies of such information from the Receiving Party's back-up or archival systems.

14 **ANTI-CORRUPTION AND TRADE CONTROL**

- 14.1 The Client shall be familiar and in strict compliance with the U.S. Foreign Corrupt Practices Act, the Bribery Act of England and Wales, the United Nations Convention against Corruption, the DHI Code of Conduct (<http://www.dhigroup.com/about-us/corporate-social-responsibility>) and any similar local legislations, statutes, regulations relating to anti-bribery and anti-corruption (jointly the "AC Rules"), its prohibitions and purposes, and will not undertake any actions that may violate the AC Rules.
- 14.2 If the Client fails to comply with any of the provisions of the AC Rules (irrespective of the size, nature or materiality of such violation), such failure shall be deemed to be a material breach of these Terms and the Agreement and any other agreement made with the DHI Group.
- 14.3 The Client shall be in strict compliance with export controls, sanctions, import restrictions or other trade restrictions arising under any applicable law of any jurisdictions with respect to the Agreement and will not undertake any actions that may violate such restrictions.
- 14.4 Upon any compliance failure of this Clause 14, DHI shall have the right to terminate the performance of the Services under the Agreement with immediate effect, upon written notice to the

Client and without penalty or liability of any nature whatsoever.
For the avoidance of doubt: DHI applies and the Client accepts
the zero- tolerance policy in terms of breach of this Clause 14.

14.5 The Client acknowledges that a violation of this Clause 14 shall
be deemed a material breach of these Terms or the Agreement,
and that the Client shall defend, indemnify, and hold DHI, its
officers, directors, employees and shareholders harmless from
any costs, expenses, fines, penalties or loss arising from its
failure to comply with such applicable governmental laws and
regulations.

14.6 The Client shall obtain and maintain at its own risk and expense
from the appropriate authorities all permits and licenses
necessary for the use of the Services.

15 NOTICES

DHI's Address:

DHI Water and Environment, Inc.
PO Box 32120 Preston
Cambridge, ON N3H 5M2
Canada
Tel: +1 519 650 4545