



SNC · LAVALIN

LIVRABLE 3

Étude de dispersion atmosphérique

Détermination des taux d'émission et modélisation de la dispersion atmosphérique pour évaluer l'impact sur la qualité de l'air des activités d'exploration et d'exploitation du gaz de schiste au Québec

Contrat : 999721503

Ministère du Développement durable, de
l'Environnement, de la Faune et des Parcs



ENVIRONNEMENT ET EAU

Décembre 2013

RAPPORT FINAL (RÉVISION 00)

Projet n°614009

Développement durable,
Environnement,
Faune et Parcs

Québec 


Détermination des taux d'émission et modélisation de la dispersion atmosphérique pour évaluer l'impact sur la qualité de l'air des activités d'exploration et d'exploitation du gaz de schiste au Québec

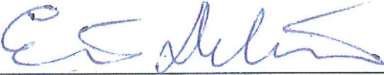
Livrable 3 : Étude de dispersion atmosphérique

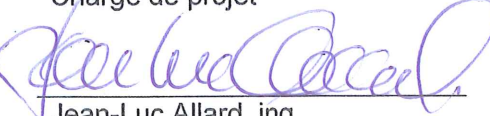
Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs
Québec, Québec

Décembre 2013
Rapport final
Révision 00

Projet : 614009
Contrat : 999721503

Préparé par : 
Nuran Attarmigiroglu, ing.. Date : 20 décembre 2013

Préparé par : 
Eric Delisle, B.Sc.A.
Chargé de projet Date : 20 décembre 2013

Vérfié par : 
Jean-Luc Allard, ing..
Vice-président Date : 20 décembre 2013

AVIS AU LECTEUR

Le présent document exprime l'avis professionnel de SNC-Lavalin inc. (SNC-Lavalin) à l'égard des questions aux présentes, formulé au meilleur de son jugement professionnel et avec un soin raisonnable. Il doit être lu dans le contexte du Contrat 999721503 daté du 20 juin 2013 (le Contrat) et conclu entre SNC-Lavalin et le ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (le Client), ainsi que de la méthodologie, des procédures et des techniques employées, des hypothèses posées par SNC-Lavalin, et enfin, des circonstances et des contraintes qui prévalaient au moment de l'exécution du mandat. Le présent document a été rédigé uniquement aux fins prévues au Contrat, et exclusivement à l'intention du Client, qui en comprend les restrictions et dont les recours se limitent à ceux qui ont été énoncés au Contrat.

Le présent document doit être considéré dans son ensemble, et ses sections ou ses parties ne doivent pas être vues ou comprises hors contexte. Toute tierce partie porte l'entière responsabilité de l'usage qu'elle ferait, de la créance qu'elle attacherait ou de la décision qu'elle prendrait en fonction du contenu du présent document. Sous réserve de la loi, SNC-Lavalin décline toute responsabilité à l'égard de tierces parties en ce qui a trait à la publication, aux références, aux citations ou à la distribution qui seraient faites du présent document ou de son contenu partiel ou complet, et de la créance qu'y attacherait une quelconque tierce partie.

Il est interdit de reproduire ou de distribuer le présent rapport sans l'autorisation écrite du Client et de SNC-Lavalin.

ASSURANCE QUALITÉ

Dans l'unité d'affaires Environnement et eau (E&E) de SNC-Lavalin, nous tenons en haute estime nos clients ainsi que l'environnement et les communautés au sein desquels nous travaillons.

Nous appliquons rigoureusement et améliorons continuellement notre Système de Gestion de la Qualité, qui a été enregistré par le Bureau de normalisation du Québec (BNQ) selon la norme internationale ISO 9001, afin de répondre et de surpasser les exigences de nos clients. Nous reconnaissons que la qualité de notre prestation est souvent jugée par :

- des travaux de terrain réalisés en toute sécurité ;
- une cueillette d'information (inventaires, relevés, recherches) précise et complète ;
- la qualité technique et linguistique des livrables soumis ;
- le respect des échéanciers ;
- le respect des budgets ;
- une facturation rapide, claire et précise et
- la compétence de notre personnel.

Tous les documents présentés à nos clients seront révisés par au moins deux professionnels aux fins de contrôle de la qualité et ainsi réduire les efforts et délais de révision par nos clients.

Dans la planification et la réalisation des projets qui nous sont confiés, nous sommes fidèles aux principes du développement durable en incorporant les principes de durabilité à chaque stade du cycle de vie d'un projet.

Chez SNC-Lavalin, nous comprenons que la satisfaction de nos clients est indispensable à la réussite de nos affaires et nous voulons être perçus par eux comme un partenaire privilégié pour réaliser des projets durables.

L'entreprise est membre de diverses associations accréditées dont l'Association québécoise pour l'évaluation d'impacts (AQEI), le Réseau Environnement et l'Association canadienne de réhabilitation des sites dégradés (ACRSD).



SOMMAIRE

Dans le cadre de l'évaluation environnementale stratégique (EES) sur le gaz de schiste au Québec, l'unité d'affaires Environnement et eau (E&E) de SNC-Lavalin inc. (SNC-Lavalin) a été mandatée par le ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP) pour réaliser une étude sur les impacts sur la qualité de l'air liés à l'exploration et à l'exploitation du gaz de schiste au Québec. Cette étude comporte deux volets :

- Évaluation des taux d'émission de contaminants atmosphériques provenant des sources fixes, mobiles et fugitives d'un projet type de gaz de schiste et en fonction des scénarios élaborés qui tiendra compte des activités simultanées.
- Modélisation de la dispersion atmosphérique des contaminants émis par les sources fixes, mobiles et fugitives d'un projet type dans un milieu type représentatif des basses terres du Saint-Laurent et de l'impact de ces contaminants sur la qualité de l'air ambiant.

Ce rapport constitue le troisième livrable du mandat. La préparation de six jeux de données météorologiques permettant de représenter toutes les conditions météorologiques des territoires de développement potentiel et l'évaluation des taux d'émission de contaminants atmosphériques d'un projet type font l'objet de rapports distincts (SNC-Lavalin, 2013a et 2013b, respectivement) et constituaient les livrables 1 et 2.

L'évaluation des impacts sur la qualité de l'air a été réalisée en utilisant le modèle de dispersion AERMOD pour estimer les concentrations maximales de contaminants dans l'air ambiant reliées à chaque étape d'un projet type tel que défini par le CIRAIG (2012) pour les phases d'exploration, de développement et d'exploitation. Les résultats de modélisation ont été comparés avec les normes de qualité de l'air ambiant du *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère (RAA)* et les critères québécois de qualité de l'air ambiant. Des mesures de mitigation des impacts ont été identifiées et les impacts résiduels ont été évalués. Finalement, les impacts sur l'environnement olfactif, les effets cumulatifs et les effets des émissions d'oxydes d'azote (NOx) sur l'ozone troposphérique ont été évalués pour les cas de base et avec mesures d'atténuation mises en place. Pour l'évaluation des effets cumulatifs et des effets des émissions de NOx sur l'ozone troposphérique, les scénarios de développement à petite et grande échelles développés par le *Comité de l'évaluation environnementale stratégique sur le gaz de schiste (CEES)* en 2012 ont été considérés.

Les grandes étapes d'un projet type menant à l'exploitation d'un gisement de gaz de schiste ont été considérées :

- Le forage, la fracturation hydraulique et l'essai de production en phases d'exploration et de développement.
- La production et le traitement du gaz en phase d'exploitation.

Seules les activités génératrices d'émissions atmosphériques propres à l'exploitation du gaz de schiste ont été considérées. Par exemple, les travaux de mise à niveau des routes secondaires,

l'aménagement de chemins d'accès ou les travaux de préparation des sites n'ont pas fait l'objet de cette étude puisque ce sont des activités de construction courantes.

Estimation des émissions

Pour le cas de base, afin de demeurer prudents et d'éviter de sous-estimer les impacts sur la qualité de l'air d'un projet type, des taux maximums d'émission correspondant à des technologies du début des années 2000 et respectant les normes d'émission du RAA ont été considérés. Pour les moteurs diesel, les réductions graduelles d'émission de NOx et de particules prévues pour les nouveaux moteurs diesel hors route vendus au Canada à partir de 2006 et culminant pour les moteurs de 2015 et plus du *Règlement sur les émissions des moteurs hors route à allumage par compression* du gouvernement fédéral n'ont pas été considérées pour le cas de base. Dans la même optique de prudence et puisque les analyses des composés traces dans le gaz de schiste d'Utica sont limitées et que la qualité du gaz pourrait varier d'un site à l'autre, le gaz de schiste considéré dans l'estimation des taux d'émission contient cinq fois plus de composés organiques volatils (BTEX et autres) que mesurés dans deux échantillons du gaz du shale d'Utica et 100 ppmv de H₂S alors que ce dernier ne serait présent qu'à l'état de trace dans le gaz du shale d'Utica.

Ces hypothèses représentent en quelque sorte une situation de pire cas qui pourrait éventuellement se produire pour quelques sites, mais qui n'est pas représentative de l'ensemble des sites.

Impacts sur la qualité de l'air pour le cas de base

Le tableau S.1 présente un sommaire des impacts sur la qualité de l'air pour le cas de base, des mesures de mitigation et des impacts résiduels par étape d'implantation d'un projet de gaz de schiste.

Le cas de base considère une approche prudente pour l'estimation des émissions atmosphériques. Ainsi, lorsque des incertitudes dans les informations de base pour évaluer les émissions atmosphériques sont rencontrées, des hypothèses de pire cas ont été utilisées. Pour cette raison, les résultats de modélisation atmosphérique doivent aussi être considérés comme une situation de pire cas, que ce soit pour les concentrations maximales calculées, les dépassements des normes à proximité des plates-formes ou les distances de dépassement des normes rapportées au tableau S.1. Finalement, certaines des mesures d'atténuation proposées seraient probablement déjà mises en place par certains promoteurs.

Pour le cas de base, les résultats de modélisation montrent des dépassements potentiels des normes et critères de qualité de l'air ambiant pour plusieurs contaminants, principalement pour le dioxyde d'azote (NO₂), les particules fines (PM_{2.5}) et le formaldéhyde reliés aux moteurs à combustion lors du forage, de la fracturation hydraulique, de la production (seulement si la compression du gaz est requise sur la plate-forme) sur le site d'une plate-forme et d'un centre de traitement du gaz. Des dépassements des normes et critères ont aussi été obtenus par modélisation pour les contaminants et activités suivantes :

- Pour les BTEX et le H₂S en provenance du bassin de stockage à ciel ouvert des eaux de reflux lors de l'essai de production. Pour cette source, les dépassements potentiels calculés

sont extrêmes en termes d'intensité et d'étendue (plus de 5 km). Les taux d'émission considérés sont basés sur des concentrations théoriques de COV dans l'eau de reflux de fracturation qui sont supérieures de plusieurs ordres de grandeur aux concentrations mesurées dans l'eau de fracturation fournies par le MDDEFP. Ces dernières n'ont pas été considérées, car les temps de repos entre le reflux de l'eau et le moment de l'échantillonnage sont inconnus. Selon les informations disponibles, il appert que la probabilité que les émissions par évaporation de H₂S et de COV au bassin de stockage des eaux de reflux entraînent des dépassements des normes en bordure des sites et bien au-delà est très élevée.

- Pour le benzène, le toluène, le xylène, l'hexane et le H₂S lors de l'exploitation des plates-formes. Les systèmes de contrôle pneumatiques au gaz, les émissions fugitives de procédés et les événements de coffrage en tête de puits ont été identifiés comme étant les sources en cause.
- Pour le benzène, le toluène et le H₂S lors de l'exploitation d'un centre de traitement du gaz. Les sources en cause sont les émissions fugitives de procédés et les événements des régénérateurs de glycol.
- Pour le tétrachloréthane et le butadiène sur une base annuelle pour le centre de traitement du gaz de schiste à cause des émissions des moteurs alimentés au gaz des compresseurs.
- Pour les HAP totaux sur une base annuelle pour les activités de forage à cause des émissions des moteurs diesels.

En général, l'intensité et l'étendue de ces dépassements varient selon les jeux de données météorologiques et les phases d'un projet type. Ces dépassements sont parfois importants (plusieurs fois la norme) en bordure des sites et peuvent s'étendre à moins de 100 mètres, à quelques centaines de mètres et même jusqu'à quelques kilomètres pour certains contaminants.

Mesures de mitigation

Des mesures d'atténuation des impacts sur la qualité de l'air ont été identifiées. Le rehaussement raisonnable, de quelques mètres à dix mètres du sol, des cheminées des moteurs lors du forage, de la fracturation et du traitement du gaz permet une réduction des concentrations calculées dans l'air ambiant et de l'intensité et de l'étendue des dépassements potentiels des normes, mais n'est pas suffisant pour les éliminer.

Des mesures d'atténuation impliquant des réductions dans les émissions de toutes les sources par rapport au cas de base ont aussi été identifiées et considérées dans des modélisations supplémentaires :

- Utilisation de moteurs à combustion de dernière génération ou l'équivalent (70 % à 95 % de réduction des émissions de NO_x pour les moteurs diesels, 95 % de réduction des émissions de NO_x des moteurs au gaz et de particules pour tous les types de moteurs, plus de 90 % de réduction pour les émissions de COV, incluant le formaldéhyde) lors du forage et de la fracturation hydraulique pour les phases d'exploration et de développement et de la

compression du gaz sur une plate-forme en production et au centre de traitement du gaz lors de la phase d'exploitation. Notez que les réductions pour les NO_x et les PM_{2.5} pour les moteurs diesels sont déjà prévues pour les moteurs neufs vendus au Canada dans le *Règlement sur les émissions des moteurs hors route à allumage par compression* de 2005 du gouvernement fédéral. Ce règlement impose des normes d'émission beaucoup plus sévères à partir de 2015.

- Utilisation de carburant à faible teneur en soufre pour les chaudières lors du forage en hiver.
- Utilisation de réservoirs fermés pour éliminer les émissions potentielles par évaporation au niveau des bassins des eaux de reflux après la fracturation hydraulique.
- Élimination des émissions de COV et de H₂S par captage au niveau des événements de coffrage des puits et par l'utilisation de systèmes de contrôle pneumatique à air ou mécanique sur les plates-formes en production.
- Réduction de 98 % des émissions de COV des événements des régénérateurs de glycol lors du traitement du gaz à l'aide d'un système de condensation et d'oxydation thermique.
- Réduction de 90 % des émissions fugitives de procédés de COV et de H₂S sur une plate-forme en exploitation et au centre de traitement du gaz en instaurant des programmes de détection et de réparation des micro-fuites de procédés.

Impacts résiduels sur la qualité de l'air avec mesures de mitigation

Avec les mesures de mitigation en place, il serait possible d'éliminer complètement les dépassements des normes et critères de qualité de l'air ambiant autour des sites à l'exception du NO₂ lors de la fracturation jusqu'à 300 m du centre du site et du NO₂ et du formaldéhyde lors du traitement du gaz, respectivement jusqu'à 100 m et 200 m du centre du site. Le rehaussement des cheminées des moteurs des compresseurs permettrait d'éliminer les dépassements potentiels des normes de NO₂ et de formaldéhyde pour le centre de traitement du gaz.

À toutes les étapes d'un projet, le remplacement des moteurs à combustion fixes par des moteurs électriques, alimentés à partir du réseau de distribution existant, en combinaison avec les autres mesures d'atténuation identifiées pour les autres sources d'émission, permettrait de respecter les normes et critères de qualité de l'air ambiant partout dans le domaine de modélisation. L'utilisation de moteurs électriques fixes serait plus facile à implanter pour des sites à proximité du réseau de distribution existant et pour les installations permanentes telles que les compresseurs de puits ou les centres de traitement du gaz que pour le forage ou la fracturation hydraulique.

Impact odeur

Pour le cas de base, les concentrations odeur maximums dépassent 10 u.o/m³ (dix fois le seuil olfactif, potentiel de génération de plaintes très élevé) partout dans le domaine de modélisation pour la fracturation hydraulique et le traitement du gaz, soit à une distance de plus de 5 km. Pour le forage et l'extraction du gaz, les zones de dépassement de 10 u.o/m³ atteignent

respectivement 2,2 km et 650 m des plates-formes. Sans mesures de mitigation, l'impact odeur est donc important lorsque les conditions météorologiques sont défavorables à la dispersion des émissions. Avec les mesures de mitigation proposées, les concentrations odeur maximums diminueraient considérablement, mais pourraient tout de même atteindre plus de 10 u.o/m³ jusqu'à 500 m d'une plate-forme lors de la fracturation hydraulique. Par contre, cette étape ne dure que 2½ mois en moyenne pour une plate-forme type. Encore une fois, le remplacement des moteurs à combustion fixes par des moteurs électriques permettraient de virtuellement éliminer les impacts odeur autour des plates-formes et des centres de traitement du gaz.

Effets cumulatifs

Pour le cas de base, les effets cumulatifs régionaux de plusieurs sites en exploration ou en développement (forage, fracturation, essai de production) ou en production à la fois dans une même région sans contraintes d'implantation pourraient être importants au-delà du voisinage immédiat des plates-formes principalement pour le dioxyde d'azote (NO₂), les particules fines (PM_{2,5}) et les odeurs. Avec les mesures de mitigation proposées en place, les effets cumulatifs deviendraient marginaux.

Émissions d'oxydes d'azote et ozone troposphérique

Les oxydes d'azote sont des précurseurs à la formation d'ozone troposphérique. Les projections jusqu'en 2035 des émissions globales annuelles de NO_x pour le cas de base des scénarios de développement à petite et grande échelles du CEES représentent, au sommet de la courbe d'implantation, respectivement 9 % (22 000 t/an en 2020) et 60 % (150 000 t/an en 2025) des émissions provinciales de NO_x estimées à 246 000 tonnes pour 2011 par Environnement Canada. Ces estimations négligent toutefois les réductions des émissions reliées à l'utilisation de l'électricité du réseau de distribution existant au lieu de moteurs à combustion et à l'impact du *Règlement sur les émissions des moteurs hors route à allumage par compression* de 2005 du gouvernement fédéral qui fixe des normes d'émission beaucoup plus strictes à partir de 2015.

Les épisodes de pollution par l'ozone dans le sud-ouest du Québec sont en grande partie reliés à du transport atmosphérique transfrontalier d'ozone et de ses précurseurs. Une variation des émissions provinciales de NO_x entraînerait une variation de plus faible amplitude des concentrations ambiantes d'ozone. Cependant, une augmentation de plus de 60 % durant de nombreuses années représente une contribution très importante, surtout dans un contexte où les agences environnementales cherchent plutôt à réduire les émissions provinciales de NO_x, qui pourrait vraisemblablement faire augmenter la fréquence, l'intensité et l'étendue des épisodes de pollution par l'ozone.

En considérant les réductions des émissions reliées à l'utilisation de moteurs de dernière génération, pour le scénario de développement à petite échelle, après quelques années avec quelques milliers de tonnes, les émissions se stabiliseraient à un peu plus de 500 tonnes par année, soit environ 0,2 % des émissions provinciales de 2011. Pour le scénario à grand déploiement, après quelques années dont les émissions totales atteignent de 10 000 à 30 000 (4 à 12 % des émissions provinciales de 2011), celles-ci se stabiliseraient à environ 5 000 tonnes, soit environ 2 % des émissions provinciales de 2011. Encore une fois, ces estimations

négligent l'utilisation de l'électricité du réseau de distribution existant au lieu de moteurs à combustion.

Les impacts sur les concentrations d'ozone à l'échelle locale ont été évalués à l'aide d'une approche simplifiée basée sur le quasi-équilibre photochimique du système NO-NO₂-O₃. À proximité d'une plate-forme ou d'un centre de traitement du gaz, là où les concentrations de NOx (principalement du NO) sont très élevées, il y aurait une baisse importante et délimitée par le panache des moteurs de la concentration ambiante d'ozone. Plus loin (5 à 10 km) des sources, lorsque la concentration ambiante d'ozone est voisine de la norme horaire (160 µg/m³), la contribution maximale d'une plate-forme atteindrait environ 10 µg/m³ pour l'étape de la fracturation hydraulique pour le cas de base. Pour les autres étapes d'un projet type, les contributions maximales sont plus faibles, incluant les régions à forages multiples simultanément. En considérant les mesures de mitigation identifiées pour réduire les émissions de NOx des moteurs, la contribution maximale chute à moins de 3 µg/m³ lors de la fracturation hydraulique et pour les régions à forages multiples simultanément et à moins de 1 µg/m³ pour les autres étapes d'un projet type. Un projet type contribuerait à augmenter localement les concentrations d'ozone lors d'un épisode de pollution par l'ozone, mais considérant l'étendue de ces épisodes couvrant de vastes régions et parfois tout le sud du Québec, l'impact d'une seule plate-forme ne semble pas très significatif, surtout avec les mesures de mitigation en place.

Conclusion

Pour le cas de base et en considérant que les hypothèses prudentes utilisées sont valables, le développement du gaz de schiste à petite ou grande échelle pourrait avoir un impact significatif sur la qualité de l'air à l'échelle locale sur des distances allant de quelques centaines de mètres à un kilomètre des sites et sur la qualité de l'air à l'échelle régionale dans les sous-régions à haute densité d'implantation. Un développement à grande échelle pourrait aussi avoir un impact très significatif sur le bilan provincial des émissions de NOx, un précurseur à la formation de l'ozone.

Le contrôle des émissions à toutes les étapes et l'utilisation de moteurs à combustion de dernière génération permettraient d'éliminer les dépassements des normes ou critères de qualité de l'air ambiant à proximité des sites pour toutes les étapes d'implantation, sauf pour le NO₂ durant la fracturation jusqu'à 300 m du centre de la plate-forme. Même avec ces mesures en place, des odeurs pourraient être perçues par certains individus à plus de 5 km lors de la fracturation hydraulique et du forage, 2,5 km pour le centre de traitement et 150 m pour une plate-forme en production. Les concentrations odeur génératrices de plaintes (10 u.o/m³ et plus) pourraient s'étendre à 150 m et à 600 m du centre des plates-formes, respectivement pour les étapes du forage et de la fracturation seulement.

L'utilisation de moteurs électriques alimentés par le réseau de distribution existant au lieu de moteurs à combustion permettrait de réduire considérablement les émissions atmosphériques des plates-formes et des centres de distribution du gaz. Les impacts potentiels sur la qualité de l'air pourraient ainsi être virtuellement éliminés.

Recommandations

Pour éliminer les incertitudes reliées à l'estimation des émissions de composés organiques volatils et de H₂S des bassins de stockage des eaux de reflux de fracturation, des analyses plus détaillées et plus sensibles pour ces contaminants traces dans les eaux de reflux à l'entrée des bassins et dans ceux-ci seraient nécessaires. Ces analyses devraient être réalisées à plusieurs reprises durant la période de reflux afin de vérifier la variation dans le temps de la qualité de l'eau de reflux « fraîche » et celle entreposée.

Des analyses, plus sensibles, plus nombreuses et plus fréquentes des composés traces (COV et H₂S) dans le gaz récupéré lors des essais de production en exploration seraient nécessaires afin de mieux quantifier les émissions de ces contaminants reliées aux fuites ou pertes de gaz à l'atmosphère.

Lors de l'exploration, du développement et de l'exploitation, tenir un registre des moteurs incluant la puissance et le type de certification du moteur, les heures d'utilisation et la consommation de carburant. Cette information pourrait servir à établir le bilan des émissions atmosphériques et aussi permettre d'obtenir des taux d'émission et une évaluation des impacts sur la qualité de l'air plus précise.

Pour une meilleure évaluation des impacts sur les odeurs, des mesures olfactométriques à la source ou des facteurs d'émission dérivés de ce type de mesures seraient préférables à la méthode utilisée dans la présente étude basée sur l'additivité des concentrations odeur de chaque contaminant.

Les effets potentiels du développement de l'exploitation du gaz de schiste sur l'ozone troposphérique ont été évalués à l'aide d'une méthode simplifiée et à l'échelle locale seulement. Afin d'évaluer les impacts à l'échelle de la vallée du St-Laurent entre Montréal et Québec et au-delà, il est recommandé d'utiliser un modèle photochimique avancé qui permet de tenir compte d'une multitude de réactions chimiques et photochimiques impliquant, entre autres, les NO_x et les COV dans l'atmosphère. Ce type de modèle, couplé à un modèle météorologique à la meso-échelle, permet aussi de tenir compte de l'ensemble des émissions de la province et du nord-est de l'Amérique du Nord et du transport transfrontalier de l'ozone et de ses précurseurs.

Tableau S.1 Sommaire des impacts sur la qualité de l'air, des mesures de mitigation et des impacts résiduels par étape d'implantation d'un projet de gaz de schiste

Étapes	Phases et durées d'un projet type	Sources et contaminants en cause lors de dépassements des normes et critères de la qualité ambiant ^a		Distances de dépassements des normes et critères de qualité de l'air ambiant		Mesures d'atténuation des impacts (Excluant l'alimentation électrique pour remplacement des moteurs à combustion)	Distances de dépassements des normes et critères de qualité de l'air ambiant avec mesures d'atténuation	
		Sources	Contaminants	Contaminants	Distances ^b (m)		Contaminants	Distances ^b (m)
1 Forage des puits	Exploration (1½ mois) Développement (6 mois)	Moteurs diesel	NO ₂ , PM _{2.5} , PM ₁₀ , formaldéhyde, HAP, odeur.	NO ₂ PM _{2.5} PM ₁₀ ^c SO ₂ Formaldéhyde HAP	300 1 000 350 250 150 350	Moteurs TIER-4 : - réduction des émissions de PM de 95 %. - réduction des émissions de NOx de 95% (moteurs <1 MW). - réduction des émissions de NOx de 70% (moteurs >1 MW). Réduction des émissions de composés organiques de 90 % avec pots catalytiques. Chaudière : réduction du soufre dans le carburant et rehaussement de cheminée.	Odeur > 10 u.o/m ³ Odeur > 5 u.o/m ³ Odeur > 1 u.o/m ³	150 300 > 5 000
		Chaudières	SO ₂ , odeur, PM _{2.5} .	Odeur > 10 u.o/m ³ Odeur > 5 u.o/m ³ Odeur > 1 u.o/m ³	2 200 > 5 000 > 5 000			
2 Fracturation hydraulique	Exploration (6 jours) Développement (2½ mois)	Moteurs diesel (camions-pompes et autres)	NO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2.5} , formaldéhyde, odeur.	NO ₂ PM _{2.5} PM ₁₀ ^c Formaldéhyde Odeur > 10 u.o/m ³ Odeur > 5 u.o/m ³ Odeur > 1 u.o/m ³	600 650 250 450 > 5 000 > 5 000 > 5 000	Moteurs TIER-4 : - réduction des émissions de PM de 95 %. - réduction des émissions de NOx de 95% (moteurs <1 MW). - réduction des émissions de NOx de 70% (moteurs >1 MW). Réduction des émissions de composés organiques de 90 % avec pots catalytiques.	Odeur > 10 u.o/m ³ Odeur > 5 u.o/m ³ Odeur > 1 u.o/m ³	NO ₂ 300 600 2 500 > 5 000
3 Essai de production	Exploration (1 mois) Développement (1 mois)	Bassin des eaux de reflux.	BTEX, H ₂ S, odeur.	Benzène Toluène Éthylbenzène Xylène H ₂ S Odeur > 10 u.o/m ³ Odeur > 5 u.o/m ³ Odeur > 1 u.o/m ³	Indéterminées. Selon les informations disponibles, entre 0 et plus de 5 km.	Réservoirs fermés (élimination des émissions potentielles).	Odeurs possibles sur le site et très près de la plate-forme	
4 Extraction du gaz	Production (permanent)	Moteur du compresseur de puits alimenté au gaz.	NO ₂ , formaldéhyde, odeur.	NO ₂ Formaldéhyde Benzène Toluène Xylène ^c n-hexane H ₂ S Odeur > 10 u.o/m ³ Odeur > 5 u.o/m ³ Odeur > 1 u.o/m ³	150 100 200 850 100 100 550-900 650 1 400 > 5 000	Moteurs de meilleure technologie : - réduction des émissions de PM et de NOx de 95 %. - réduction des émissions de composés organiques de 90 %. Captage aux événements de coffrage (élimination). Programme de détection et de réparation des fuites (réduction de 90 % des émissions). Remplacement des systèmes pneumatiques par des systèmes « low-bleed », à air comprimé ou mécanique (élimination).	Odeur > 10 u.o/m ³ Odeur > 5 u.o/m ³ Odeur > 1 u.o/m ³	nil nil 150
		Événements de coffrage des puits. Fugitives de procédés. Systèmes pneumatiques au gaz « high-bleed ».	Benzène, toluène, xylène, n-hexane, H ₂ S, odeur.	Odeur > 10 u.o/m ³ Odeur > 5 u.o/m ³ Odeur > 1 u.o/m ³				
5 Traitement du gaz	Production (permanent)	Moteurs des compresseurs alimentés au gaz.	NO ₂ , PM _{2.5} , PM ₁₀ , formaldéhyde, butadiène, tétrachloroéthane, odeur.	NO ₂ , PM _{2.5} PM ₁₀ Formaldéhyde Butadiène ^c Tétrachloroéthane ^c	650 1 000 400 2 600 550 150	Moteurs de meilleure technologie : - réduction des émissions de PM et de NOx de 95 %. - réduction des émissions de composés organiques de 90 %. Rehaussement des cheminées à 10 m. Condenseurs et incinérateurs (efficacité de captage et destruction de plus de 98%). Programme de détection et de réparation des fuites (réduction de 90 % des émissions).	NO ₂ Formaldéhyde	0 - 100 ^d 0 - 200 ^d
		Événements de régénérateurs de glycol (benzène, toluène). Fugitives de procédé (toluène, H ₂ S)	Benzène, toluène et H ₂ S, odeur.	Benzène Toluène H ₂ S Odeur > 10 u.o/m ³ Odeur > 5 u.o/m ³ Odeur > 1 u.o/m ³	1 000 > 5 000 150 > 5 000 > 5 000 > 5 000			

a : Incluant les concentrations initiales.

b : Distance à partir du centre de la plate-forme ou du centre de traitement du gaz, incluant les concentrations initiales. Les valeurs sont arrondies aux 50 mètres près.

c : Contaminants pour lesquels des dépassements de normes ou critères ont été calculés uniquement en tenant compte des concentrations initiales.

d : Aucun dépassement avec les deux options pour les moteurs des compresseurs (meilleure technologie et rehaussement de cheminée). Les distances indiquées considèrent seulement les moteurs de meilleure technologie, sans rehaussement de cheminée.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
Avis au lecteur	i
Assurance qualité	ii
Sommaire	iii
Table des matières	xiii
Liste des tableaux	xv
Liste des figures	xix
Liste des annexes	xxiii
Liste des abréviations	xxiv
1. Introduction	1
2. Méthodologie	3
2.1 Modèle de dispersion	3
2.2 Météorologie et roses des vents	4
2.3 Récepteurs et topographie	7
2.4 Effets de sillage des bâtiments	7
2.5 Calcul des concentrations pour une durée inférieure à une heure	7
2.6 Facteurs de pondération journaliers et annuels	7
2.7 Traitement des odeurs.....	8
2.8 Normes et critères de qualité de l'air ambiant et seuils olfactifs	9
2.9 Concentrations initiales	9
2.10 Conversion du NO en NO ₂	13
3. Scénarios de modélisation et approche de modélisation	15
3.1 Scénarios de modélisation.....	15
3.2 Approche de modélisation	15
3.2.1 Émissions.....	15
3.2.2 Déroulement des simulations	18
3.2.3 Facteurs de pondération	18
3.2.4 Interprétation des résultats de modélisation	19
4. Évaluation des impacts sur la qualité de l'air reliés au forage	21
4.1 Sources et paramètres d'émission.....	21
4.2 Résultats de modélisation.....	22
4.2.1 Dioxyde d'azote (NO ₂).....	23
4.2.2 Particules fines (PM _{2,5}).....	27
4.2.3 Particules totales (PM _t).....	34
4.2.4 Dioxyde de soufre (SO ₂).....	34
4.2.5 Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).....	38
4.2.6 Formaldéhyde	38
5. Évaluation des impacts sur la qualité de l'air reliés à la fracturation hydraulique	41
5.1 Sources et paramètres d'émission.....	41
5.2 Résultats de modélisation.....	41
5.2.1 Dioxyde d'azote (NO ₂).....	42
5.2.2 Particules fines (PM _{2,5}).....	43

5.2.3	<i>Particules totales (PM_t)</i>	43
5.2.4	<i>Formaldéhyde</i>	43
6.	Évaluation des impacts sur la qualité de l'air reliés à l'essai de production	49
6.1	Sources et paramètres d'émission.....	49
6.2	Résultats de modélisation.....	50
6.3	Interprétation des résultats.....	57
7.	Évaluation des impacts sur la qualité de l'air reliés à l'exploitation d'une plate-forme d'extraction	59
7.1	Sources et paramètres d'émission.....	59
7.2	Résultats de modélisation.....	59
7.2.1	<i>Dioxyde d'azote (NO₂)</i>	60
7.2.2	<i>Sulfure d'hydrogène (H₂S) et composés organiques</i>	63
8.	Évaluation des impacts sur la qualité de l'air reliés à un centre de traitement du gaz	71
8.1	Sources et paramètres d'émission.....	71
8.2	Résultats de modélisation.....	71
8.2.1	<i>Dioxyde d'azote (NO₂)</i>	72
8.2.2	<i>Particules (PM_t et PM_{2.5})</i>	76
8.2.3	<i>Sulfure d'hydrogène (H₂S) et composés organiques</i>	76
9.	Mesures d'atténuation et impacts sur la qualité de l'air	85
9.1	Mesures d'atténuation des impacts sur la qualité de l'air.....	85
9.1.1	<i>Moteurs à combustion (forage, fracturation, production et traitement)</i>	85
9.1.2	<i>Chaudières (forage)</i>	87
9.1.3	<i>Bassins des eaux de reflux (essai de production)</i>	88
9.1.4	<i>Événements de coffrage en tête de puits (production)</i>	88
9.1.5	<i>Systèmes de contrôle pneumatiques (production)</i>	88
9.1.6	<i>Émissions fugitives de procédés (production et traitement)</i>	88
9.1.7	<i>Événements des régénérateurs de glycol (traitement)</i>	88
9.2	Résultats de modélisation avec mesures d'atténuation.....	89
9.2.1	<i>Forage</i>	89
9.2.2	<i>Fracturation hydraulique</i>	98
9.2.3	<i>Essai de production</i>	105
9.2.4	<i>Production</i>	105
9.2.5	<i>Centre de traitement</i>	108
10.	Évaluation des impacts sur les odeurs	113
11.	Effets cumulatifs	121
11.1	Méthodologie.....	121
11.2	Effets cumulatifs – Particules fines (PM _{2.5}).....	123
11.3	Effets cumulatifs – Dioxyde d'azote (NO ₂).....	125
11.4	Effets cumulatifs – Odeurs.....	125
12.	Effets sur l'ozone troposphérique	131
12.1	Estimations des effets sur le bilan provincial des émissions de NO _x	131
12.2	Estimations des effets locaux d'un projet type sur l'ozone ambiant.....	135
13.	Conclusion et recommandations	139
13.1	Conclusion.....	139
13.2	Recommandations.....	140
	Références	143

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 2.1 Normes, critères, concentrations initiales et seuils olfactifs des contaminants à l'étude	10
Tableau 2.2 Seuils olfactifs des autres contaminants identifiés.....	12
Tableau 2.3 Concentrations initiales maximales de NO ₂ dans l'air ambiant aux stations de L'Acadie et de Bécancour (2008-2012)	14
Tableau 3.1 Scénarios de modélisation de la dispersion atmosphérique	17
Tableau 3.2 Facteurs de pondération journaliers et annuels des résultats de modélisation.....	19
Tableau 4.1 Paramètres d'émission des sources pour le forage	21
Tableau 4.2 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales horaires de NO ₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour le forage	23
Tableau 4.3 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales journalières de NO ₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour le forage	24
Tableau 4.4 Sommaire des résultats pour les concentrations moyennes annuelles de NO ₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour le forage	24
Tableau 4.5 Sommaire des résultats pour les concentrations journalières de PM _{2,5} calculées dans l'air ambiant pour le forage	27
Tableau 4.6 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales journalières de PM _t calculées dans l'air ambiant pour le forage.....	34
Tableau 4.7 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales sur 4 minutes de SO ₂ calculées dans l'air ambiant pour le forage	36
Tableau 4.8 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales journalières de SO ₂ calculées dans l'air ambiant pour le forage	36
Tableau 4.9 Sommaire des résultats pour les concentrations moyennes annuelles de SO ₂ calculées dans l'air ambiant pour le forage	36
Tableau 4.10 Sommaire des résultats pour les moyennes annuelles d'HAP en équivalent B(a)P calculées dans l'air ambiant pour le forage	38
Tableau 4.11 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales sur 15 minutes de formaldéhyde calculées dans l'air ambiant pour le forage.....	40
Tableau 5.1 Paramètres d'émission des sources lors de la fracturation hydraulique	41
Tableau 5.2 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales horaires de NO ₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour la fracturation.....	44
Tableau 5.3 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales journalières de NO ₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour la fracturation.....	45
Tableau 5.4 Sommaire des résultats pour les concentrations journalières de PM _{2,5} calculées dans l'air ambiant pour la fracturation.....	46
Tableau 5.5 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales journalières de PM _t calculées dans l'air ambiant pour la fracturation.....	47
Tableau 5.6 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales sur 15 minutes de formaldéhyde calculées dans l'air ambiant pour la fracturation	48

Tableau 6.1	Paramètres d'émission des sources pour l'essai de production	49
Tableau 6.2	Sommaire des résultats pour les concentrations maximales sur 4 minutes de H ₂ S calculées dans l'air ambiant pour l'essai de production	51
Tableau 6.3	Sommaire des résultats pour les concentrations moyennes annuelles de H ₂ S calculées dans l'air ambiant pour l'essai de production	52
Tableau 6.4	Sommaire des résultats pour les concentrations maximales journalières de benzène calculées dans l'air ambiant pour l'essai de production	53
Tableau 6.5	Sommaire des résultats pour les concentrations sur 4 minutes de toluène calculées dans l'air ambiant pour l'essai de production	54
Tableau 6.6	Sommaire des résultats pour les concentrations sur 4 minutes d'éthylbenzène calculées dans l'air ambiant pour l'essai de production	55
Tableau 6.7	Sommaire des résultats pour les concentrations maximales sur 4 minutes des xylènes calculées dans l'air ambiant pour l'essai de production	56
Tableau 6.8	Concentrations estimées et mesurées de BTEX dans les eaux de reflux	58
Tableau 6.9	Comparaison des concentrations (µg/m ³) de BTEX calculées dans l'air ambiant selon divers profils de concentrations dans l'eau de reflux – Météorologie Bécancour 2005-2009	58
Tableau 7.1	Paramètres d'émission des sources d'une plate-forme de production	59
Tableau 7.2	Sommaire des résultats pour les concentrations maximales horaires de NO ₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour l'exploitation	61
Tableau 7.3	Sommaire des résultats pour les concentrations maximales journalières de NO ₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour l'exploitation	62
Tableau 7.4	Sommaire des résultats pour les concentrations maximales sur 4 minutes de H ₂ S calculées dans l'air ambiant pour l'exploitation	64
Tableau 7.5	Sommaire des résultats pour les concentrations maximales journalières de benzène calculées dans l'air ambiant pour l'exploitation	65
Tableau 7.6	Sommaire des résultats pour les concentrations maximales sur 4 minutes de toluène calculées dans l'air ambiant pour l'exploitation	66
Tableau 7.7	Sommaire des résultats pour les concentrations maximales sur 4 minutes des xylènes calculées dans l'air ambiant pour l'exploitation	67
Tableau 7.8	Sommaire des résultats pour les concentrations maximales sur 15 minutes de formaldéhyde calculées dans l'air ambiant pour l'exploitation	68
Tableau 7.9	Sommaire des résultats pour les concentrations maximales sur 4 minutes d'hexane calculées dans l'air ambiant pour l'exploitation	69
Tableau 8.1	Paramètres d'émission des sources d'un centre de traitement du gaz	71
Tableau 8.2	Sommaire des résultats pour les concentrations maximales horaires de NO ₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour le traitement du gaz	73
Tableau 8.3	Sommaire des résultats pour les concentrations maximales journalières de NO ₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour le traitement du gaz	74
Tableau 8.4	Sommaire des résultats pour les concentrations moyennes annuelles de NO ₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour le traitement du gaz	75

Tableau 8.5	Sommaire des résultats pour les concentrations maximales journalières de PM _{2,5} calculées dans l'air ambiant pour le traitement du gaz.....	77
Tableau 8.6	Sommaire des résultats pour les concentrations maximales journalières de PM _t calculées dans l'air ambiant pour le traitement du gaz	78
Tableau 8.7	Sommaire des résultats pour les concentrations maximales sur 4 minutes de H ₂ S calculées dans l'air ambiant pour le traitement du gaz	79
Tableau 8.8	Sommaire des résultats pour les concentrations maximales journalières de benzène calculées dans l'air ambiant pour le traitement du gaz.....	80
Tableau 8.9	Sommaire des résultats pour les concentrations maximales sur 4 minutes de toluène calculées dans l'air ambiant pour le traitement du gaz.....	81
Tableau 8.10	Sommaire des résultats pour les concentrations maximales sur 15 minutes de formaldéhyde calculées dans l'air ambiant à l'étape de traitement du gaz	82
Tableau 8.11	Sommaire des résultats pour les concentrations moyennes annuelles de 1,3-butadiène calculées dans l'air ambiant pour le traitement du gaz.....	83
Tableau 8.12	Sommaire des résultats pour les concentrations moyennes annuelles de 1,1,2,2-tétrachloroéthane calculées dans l'air ambiant pour le traitement du gaz.....	84
Tableau 9.1	Contaminants problématiques, sources en cause et mesures de mitigation par phase d'un projet type de gaz de schiste	86
Tableau 9.2	Sommaire des résultats pour les concentrations de NO ₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour le forage avec mesures d'atténuation	90
Tableau 9.3	Sommaire des résultats pour les concentrations journalières de PM _{2,5} calculées dans l'air ambiant pour le forage avec mesures d'atténuation	95
Tableau 9.4	Sommaire des résultats pour les moyennes annuelles d'HAP en équivalent B(a)P calculées dans l'air ambiant pour le forage avec mesures d'atténuation.....	97
Tableau 9.5	Sommaire des résultats pour concentrations maximales sur 15 minutes de formaldéhyde calculées dans l'air ambiant pour le forage avec mesures d'atténuation.....	97
Tableau 9.6	Sommaire des résultats pour les concentrations de NO ₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour la fracturation hydraulique avec mesures d'atténuation.....	99
Tableau 9.7	Sommaire des résultats pour les concentrations journalières de PM _{2,5} calculées dans l'air ambiant pour la fracturation hydraulique avec mesures d'atténuation.....	104
Tableau 9.8	Sommaire des résultats pour les concentrations maximales sur 15 minutes de formaldéhyde calculées dans l'air ambiant pour la fracturation avec mesures d'atténuation	104
Tableau 9.9	Sommaire des résultats pour les concentrations de NO ₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour l'exploitation avec mesures d'atténuation	106
Tableau 9.10	Sommaire des résultats pour les concentrations de H ₂ S et de composés organiques calculées dans l'air ambiant pour l'exploitation avec mesures d'atténuation – Météorologie de Bécancour 2005-2009	107

Tableau 9.11	Sommaire des résultats pour les concentrations de NO ₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour un centre de traitement du gaz avec mesures d'atténuation	109
Tableau 9.12	Sommaire des résultats pour les concentrations maximales journalières de PM _{2,5} calculées dans l'air ambiant pour un centre de traitement du gaz avec mesures d'atténuation	110
Tableau 9.13	Sommaire des résultats pour les concentrations maximales sur 15 minutes de formaldéhyde calculées dans l'air ambiant pour un centre de traitement du gaz avec mesures d'atténuation	110
Tableau 9.14	Sommaire des résultats pour les concentrations de H ₂ S et de composés organiques calculées dans l'air ambiant pour un centre de traitement du gaz avec mesures d'atténuation – Météorologie de Bécancour 2005-2009.....	111
Tableau 10.1	Concentrations odeur (u.o./m ³) maximales calculées dans l'air ambiant pour chaque étape d'implantation d'un projet type pour le cas de base – Météorologie : Montréal 2008-2012	114
Tableau 10.2	Concentrations odeur (u.o./m ³) maximales calculées dans l'air ambiant pour chaque étape d'implantation d'un projet type avec mesures d'atténuation – Météorologie : Montréal 2008-2012	115
Tableau 10.3	Sommaire des résultats pour les concentrations odeur calculées dans l'air ambiant pour chaque étape d'implantation d'un projet type – Météorologie : Montréal 2008-2012	116
Tableau 11.1	Concentrations maximales de PM _{2,5} calculées dans l'air ambiant pour plusieurs sites simultanément dans la même région pour le cas de base et l'utilisation de moteurs TIER4.....	124
Tableau 11.2	Concentrations maximales de NO ₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour plusieurs sites de forages simultanément dans la même région pour le cas de base et l'utilisation de moteurs TIER4	129
Tableau 11.3	Concentrations maximales de NO ₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour plusieurs plates-formes en production simultanément dans la même région pour le cas de base et l'utilisation de moteurs TIER4.....	129
Tableau 12.1	Bilan des émissions de NO _x selon les scénarios du CEES pour le cas de base (sans mesures de mitigation)	133
Tableau 12.2	Bilan des émissions de NO _x selon les scénarios du CEES en considérant des mesures de réduction des émissions des moteurs diesels en développement et au gaz pour la compression en exploitation	134
Tableau 12.3	Estimations des concentrations additionnelles d'ozone sur une base horaire par étape d'implantation – Cas de base et avec mesures d'atténuation	136
Tableau 12.4	Estimations des concentrations additionnelles d'ozone sur une base horaire reliées aux effets cumulatifs de plusieurs plates-formes en forage ou en production simultanément – Cas de base et avec mesures d'atténuation	137
Tableau 13.1	Sommaire des impacts sur la qualité de l'air, des mesures de mitigation et des impacts résiduels par étape d'implantation d'un projet de gaz de schiste	141

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 2.1	Localisation des stations météorologiques et domaines d'exploitation à petite échelle (scénario 3) et à grande échelle (scénario 5)5
Figure 2.2	Roses des vents des quatre stations météorologiques6
Figure 2.3	Concentrations horaires d'ozone versus NO ₂ dans deux régions du Québec 14
Figure 4.1	Agencement des sources sur une plate-forme lors du forage22
Figure 4.2	Concentrations (µg/m ³) maximales horaires de NO ₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour le forage – Météorologie : Montréal 2008-2012.....25
Figure 4.3	Concentrations (µg/m ³) maximales journalières de NO ₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour le forage – Météorologie : Montréal 2008-2012.....26
Figure 4.4	Concentrations (µg/m ³) maximales journalières de PM _{2.5} calculées dans l'air ambiant pour le forage – Météorologie : Montréal 2008-2012.....28
Figure 4.5	Concentrations (µg/m ³) maximales journalières de PM _{2.5} calculées dans l'air ambiant pour le forage – Météorologie : Montréal AF 2008-201229
Figure 4.6	Concentrations (µg/m ³) maximales journalières de PM _{2.5} calculées dans l'air ambiant pour le forage – Météorologie : St-Hubert 1991-199530
Figure 4.7	Concentrations (µg/m ³) maximales journalières de PM _{2.5} calculées dans l'air ambiant pour le forage – Météorologie : Bécancour 2005-2009.....31
Figure 4.8	Concentrations (µg/m ³) maximales journalières de PM _{2.5} calculées dans l'air ambiant pour le forage – Météorologie : Québec 2008-201232
Figure 4.9	Concentrations (µg/m ³) maximales journalières de PM _{2.5} calculées dans l'air ambiant pour le forage – Météorologie : Québec AF 2008-2012.....33
Figure 4.10	Concentrations (µg/m ³) maximales journalières de PM _i calculées dans l'air ambiant pour le forage – Météorologie : Québec 2008-201235
Figure 4.11	Concentrations (µg/m ³) maximales à courts termes de SO ₂ calculées dans l'air ambiant pour le forage – Météorologie : Montréal 2008-201237
Figure 4.12	Concentrations (µg/m ³) moyennes annuelles HAP en équivalent B(a)P calculées dans l'air ambiant pour le forage - Météorologie : Québec 2008-2012.....39
Figure 4.13	Concentrations (µg/m ³) maximales sur 15 minutes de formaldéhyde calculées dans l'air ambiant pour le forage - Météorologie : Bécancour 2005-2009.....40
Figure 5.1	Agencement des sources sur une plate-forme lors de la fracturation hydraulique42
Figure 5.2	Concentrations (µg/m ³) maximales horaires de NO ₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour la fracturation – Météorologie : Montréal 2008-2012.....44
Figure 5.3	Concentrations (µg/m ³) maximales journalières de NO ₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour la fracturation – Météorologie : Montréal 2008-2012.....45

Figure 5.4	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales journalières de $\text{PM}_{2.5}$ calculées dans l'air ambiant pour la fracturation – Météorologie : Montréal 2008-2012	46
Figure 5.5	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales journalières de PM_i calculées dans l'air ambiant pour la fracturation – Météorologie : Montréal 2008-2012	47
Figure 5.6	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales sur 15 minutes de formaldéhyde calculées dans l'air ambiant pour la fracturation - Météorologie : Bécancour 2005-2009.....	48
Figure 6.1	Agencement des sources sur une plate-forme durant l'essai de production	50
Figure 6.2	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales sur 4 minutes de H_2S calculées dans l'air ambiant pour l'essai de production – Météorologie : Bécancour 2005-2009.....	51
Figure 6.3	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales annuelles de H_2S calculées dans l'air ambiant pour l'essai de production – Météorologie : Bécancour 2005-2009.....	52
Figure 6.4	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales journalières de benzène calculées dans l'air ambiant pour l'essai de production – Météorologie : Bécancour 2005-2009.....	53
Figure 6.5	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales sur 4 minutes de toluène calculées dans l'air ambiant pour l'essai de production – Météorologie : Bécancour 2005-2009.....	54
Figure 6.6	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales sur 4 minutes d'éthylbenzène calculées dans l'air ambiant pour l'essai de production – Météorologie : Bécancour 2005-2009.....	55
Figure 6.7	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales sur 4 minutes des xylènes calculées dans l'air ambiant pour l'essai de production – Météorologie : Bécancour 2005-2009.....	56
Figure 7.1	Agencement des sources sur une plate-forme en exploitation	60
Figure 7.2	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales horaires de NO_2 calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour l'exploitation– Météorologie : Montréal 2008-2012.....	61
Figure 7.3	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales journalières de NO_2 calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour l'exploitation– Météorologie : Montréal 2008-2012.....	62
Figure 7.4	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales 4 minutes de H_2S calculées dans l'air ambiant pour l'exploitation– Météorologie : Bécancour 2005-2009	64
Figure 7.5	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales journalières de benzène calculées dans l'air ambiant pour l'exploitation– Météorologie : Bécancour 2005-2009.....	65
Figure 7.6	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales sur 4 minutes de toluène calculées dans l'air ambiant pour l'exploitation– Météorologie : Bécancour 2005-2009.....	66
Figure 7.7	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales sur 4 minutes des xylènes calculées dans l'air ambiant pour l'exploitation– Météorologie : Bécancour 2005-2009.....	67
Figure 7.8	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales sur 15 minutes de formaldéhyde calculées dans l'air ambiant pour l'exploitation– Météorologie : Bécancour 2005-2009.....	68

Figure 7.9	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales sur 4 minutes d'hexane calculées dans l'air ambiant pour l'exploitation– Météorologie : Bécancour 2005-2009.....	69
Figure 8.1	Agencement des sources d'un centre de traitement du gaz de schiste	72
Figure 8.2	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales horaires de NO_2 calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour le traitement du gaz – Météorologie : Montréal 2008-2012	73
Figure 8.3	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales journalières de NO_2 calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour le traitement du gaz – Météorologie : Montréal 2008-2012	74
Figure 8.4	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) moyennes annuelles de NO_2 calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour le traitement du gaz – Météorologie : Montréal 2008-2012	75
Figure 8.5	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales journalières de $\text{PM}_{2.5}$ calculées dans l'air ambiant pour le traitement du gaz - Météorologie : Montréal 2008-2012.....	77
Figure 8.6	Concentrations maximales journalières de PM_t calculées dans l'air ambiant pour le traitement du gaz – Météorologie : Montréal 2008-2012.....	78
Figure 8.7	Concentrations maximales 4 minutes de H_2S calculées dans l'air ambiant pour le traitement du gaz – Météorologie : Bécancour 2005-2009	79
Figure 8.8	Concentrations maximales journalières de benzène calculées dans l'air ambiant pour le traitement du gaz – Météorologie : Bécancour 2005-2009.....	80
Figure 8.9	Concentrations maximales sur 4 minutes de toluène calculées dans l'air ambiant pour le traitement du gaz – Météorologie : Bécancour 2005-2009.....	81
Figure 8.10	Concentrations maximales sur 15 minutes de formaldéhyde calculées dans l'air ambiant pour le traitement du gaz – Météorologie : Bécancour 2005-2009.....	82
Figure 8.11	Concentrations moyennes annuelles de 1,3-butadiène calculées dans l'air ambiant pour le traitement du gaz - Météorologie : Québec 2008-2012	83
Figure 8.12	Concentrations moyennes annuelles de 1,1,2,2-tétrachloroéthane calculées dans l'air ambiant pour le traitement du gaz - Météorologie : Québec 2008-2012	84
Figure 9.1	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales horaires de NO_2 calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour le forage avec mesures d'atténuation – Météorologie : Québec 2008-2012.....	91
Figure 9.2	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales horaires de NO_2 calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour le forage avec mesures d'atténuation – Météorologie : Montréal 2008-2012	92
Figure 9.3	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales journalières de NO_2 calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour le forage avec mesures d'atténuation – Météorologie : Québec 2008-2012.....	93
Figure 9.4	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales journalières de NO_2 calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour le forage avec mesures d'atténuation – Météorologie : Montréal 2008-2012	94
Figure 9.5	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales journalières de $\text{PM}_{2.5}$ calculées dans l'air ambiant pour le forage avec mesures d'atténuation – Météorologie : Bécancour 2005-2009.....	96

Figure 9.6	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales horaires de NO_2 calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour la fracturation avec mesures d'atténuation – Météorologie : Québec 2008-2012.....	100
Figure 9.7	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales horaires de NO_2 calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour la fracturation avec mesures d'atténuation – Météorologie : Montréal 2008-2012	101
Figure 9.8	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales journalières de NO_2 calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour la fracturation avec mesures d'atténuation – Météorologie : Québec 2008-2012.....	102
Figure 9.9	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales journalières de NO_2 calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour la fracturation avec mesures d'atténuation – Météorologie : Montréal 2008-2012	103
Figure 10.1	Concentrations odeur (u.o./ m^3) maximales calculées dans l'air ambiant pour le forage – Météorologie : Montréal 2008-2012.....	117
Figure 10.2	Concentrations odeur (u.o./ m^3) maximales calculées dans l'air ambiant pour la fracturation hydraulique – Météorologie : Montréal 2008-2012.....	118
Figure 10.3	Concentrations odeur (u.o./ m^3) maximales calculées dans l'air ambiant pour l'exploitation d'une plate-forme – Météorologie : Montréal 2008-2012.....	119
Figure 10.4	Concentrations odeur (u.o./ m^3) maximales calculées dans l'air ambiant pour un centre de traitement du gaz – Météorologie : Montréal 2008-2012.....	120
Figure 11.1	Illustration d'une plate-forme de forage du projet type.....	121
Figure 11.2	Agencement des sources et récepteurs pour les simulations des effets cumulatifs	122
Figure 11.3	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales de $\text{PM}_{2.5}$ calculées dans l'air ambiant pour une plate-forme en mode forage pour le cas de base – Météorologie : Montréal 2008-2012	126
Figure 11.4	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales de $\text{PM}_{2.5}$ calculées dans l'air ambiant pour six plates-formes voisines en mode forage pour le cas de base – Météorologie : Montréal 2008-2012	127
Figure 11.5	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales de $\text{PM}_{2.5}$ calculées dans l'air ambiant pour une multitude de plates-formes en mode forage pour le cas de base – Météorologie : Montréal 2008-2012.....	128
Figure 12.1	Émissions annuelles (t/an) de NO_x par cellule de 10 x 10 km sur les territoires de développement du gaz de schiste au Québec	132

LISTE DES ANNEXES

- Annexe A Concentrations maximales calculées de contaminants dans l'air ambiant lors du forage
- Annexe B Concentrations maximales calculées de contaminants dans l'air ambiant lors de la fracturation hydraulique
- Annexe C Concentrations maximales calculées de contaminants dans l'air ambiant lors d'un essai de production
- Annexe D Concentrations maximales calculées de contaminants dans l'air ambiant lors de la production d'une plate-forme
- Annexe E Concentrations maximales calculées de contaminants dans l'air ambiant d'un centre de traitement du gaz
- Annexe F Mesures de réduction des émissions des moteurs à combustion
- Annexe G Méthodologie d'estimation des impacts des émissions d'oxydes d'azote sur l'ozone troposphérique

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AERMET	A merican M eteorological Society and E nvironmental Protection Agency R egulatory M eteorological Preprocessor
AERMOD	A merican Meteorological Society and E nvironmental Protection Agency R egulatory Air Dispersion M odel
BaP	B enzo(a)pyrène
BTEX	B enzène, t oluène, é thylbenzène, x ylènes
CEES	C omité de l'évaluation e nvironnementale s tratégique sur le gaz de schiste
CH ₄	Méthane
CIRAIG	C entre interuniversitaire de recherche sur le cycle de vie des produits, procédés et services
CO	Monoxyde de carbone
CO ₂	Dioxyde de carbone
COT	C omposés o rganiques t otaux
COV	C omposés o rganiques v olatils (photo-chimiquement réactifs)
E&E	Unité d'affaires E nvironnement et e au de SNC-Lavalin inc.
EES	É valuation e nvironnementale s tratégique
H ₂ S	Sulfure d'hydrogène
HAP	H ydrocarbures a romatiques p olycycliques
MDDEFP	M inistère du D éveloppement d urable, de l' E nvironnement, de la F aune, et des P arcs
NYSDEC	N ew York S tate D epartment for E nvironmental C onservation
PMt	Matières particulaires totales
PM _{2.5}	Matières particulaires inférieures à 2,5 microns (particules fines)
PVMRM	P lume V olume M olar R atio M ethod : méthode d'estimation de la conversion du NO en NO ₂
NOx	Oxydes d'azote
RAA	R èglement sur l' a ssainissement de l' a tmosphère
SIG	Système d'information géographique
SO ₂	Dioxyde de soufre
u.o.	Unité d'odeur
US-EPA	U nited S tates E nvironmental P rotection A gency

1. INTRODUCTION

Dans le cadre de l'évaluation environnementale stratégique (EES) sur le gaz de schiste au Québec, plusieurs études visant à mieux comprendre les impacts environnementaux et sociaux reliés à cette industrie ont été réalisées ou sont en cours de réalisation. Suite à un appel d'offres du ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP), l'unité d'exploitation Environnement et eau (E&E) de SNC-Lavalin inc. (SNC-Lavalin) a été mandatée pour réaliser une étude sur les impacts sur la qualité de l'air reliés à l'exploration et à l'exploitation du gaz de schiste au Québec. Cette étude comporte deux volets :

- Évaluation des taux d'émission de contaminants atmosphériques provenant des sources fixes, mobiles et fugitives d'un projet type de gaz de schiste et en fonction des scénarios élaborés qui tiendra compte des activités simultanées.
- Modélisation de la dispersion atmosphérique des contaminants émis par les sources fixes, mobiles et fugitives d'un projet type dans un milieu type représentatif des basses terres du Saint-Laurent et de l'impact de ces contaminants sur la qualité de l'air ambiant.

Ce rapport présente la méthodologie et les résultats du deuxième volet de l'étude, soit la modélisation de la dispersion atmosphérique. Il s'agit du troisième rapport produit par SNC-Lavalin dans le cadre de ce mandat. La préparation des données météorologiques pour ce volet fait l'objet d'un premier rapport (SNC-Lavalin, 2013a) dont seules les grandes lignes seront présentées dans le présent document. L'identification des activités génératrices et des sources d'émissions atmosphériques par phase d'exploration, de développement et d'exploitation d'un projet d'extraction de gaz de schiste, de même que la détermination et la justification des taux d'émission de contaminants atmosphériques, a fait l'objet d'un second rapport (SNC-Lavalin, 2013b). Encore une fois, seules les informations générales sur les sources seront répétées dans le présent rapport.

Le chapitre 2 de ce document présente la méthodologie générale de la modélisation de la dispersion atmosphérique des émissions reliées à chaque étape de réalisation d'un projet type d'exploration, de développement ou d'exploitation de gaz de schiste, incluant le traitement du gaz avant son injection dans le réseau de transport de gaz naturel existant. Le chapitre 3 présente les scénarios et sources d'émissions atmosphériques considérées dans cette étude.

Les chapitres 4 à 8 présentent les résultats de modélisation et les impacts potentiels sur la qualité de l'air, respectivement pour les étapes du forage, de la fracturation hydraulique, de l'essai de production, de l'exploitation d'une plate-forme et finalement d'un centre de traitement du gaz. Pour les contaminants dont les impacts sur la qualité de l'air sont significatifs (dépassements des normes ou critères de qualité de l'air par exemple), les activités ou les sources en cause sont identifiées.

Le chapitre 9 présente et évalue des mesures d'atténuation des impacts impliquant des réductions des émissions atmosphériques, mais aussi le rehaussement de certaines sources. Le chapitre 10 traite des odeurs reliées à l'exploitation du gaz de schiste. Le chapitre 11 traite des impacts cumulatifs de la présence de plusieurs plates-formes dans le même secteur alors

que le chapitre 12 traite des impacts potentiels des émissions des oxydes d'azote (NOx) de l'industrie du gaz de schiste sur l'ozone troposphérique dans la vallée du St-Laurent.

Finalement, le chapitre 13 résume les principales conclusions de l'étude et identifie les principales incertitudes qui pourraient être réduites par des analyses supplémentaires lors des prochains essais de production de gaz de schiste au Québec.

2. MÉTHODOLOGIE

Ce chapitre présente la méthodologie générale utilisée dans l'étude de dispersion atmosphérique des émissions des sources reliées à chaque étape d'implantation d'un projet type d'exploration ou d'exploitation du gaz de schiste au Québec. La méthodologie utilisée rencontre les exigences du *Guide de la modélisation de la dispersion atmosphérique* du MDDEFP (Leduc, 2005) et tient compte des recommandations de l'US-EPA (2009) pour le modèle de dispersion sélectionné.

Pour évaluer les impacts sur la qualité de l'air d'un scénario de modélisation, les concentrations maximales de contaminants calculées sur diverses périodes dans l'air ambiant du domaine de modélisation sont comparées aux normes québécoises de qualité de l'air ambiant du *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (RAA), aux critères de qualité de l'air du Québec (MDDEFP, 2013b) et aux seuils olfactifs des contaminants identifiés, tout en tenant compte des concentrations initiales.

2.1 MODÈLE DE DISPERSION

Pour ce projet, le MDDEFP a sélectionné le modèle AERMOD (« *American Meteorological Society and Environmental Protection Agency Regulatory Air Dispersion Model* »). Ce modèle est régulièrement utilisé dans les études d'impact sur la qualité de l'air de projets industriels au Québec et ailleurs dans le monde. Il s'agit en fait du modèle réglementaire aux États-Unis et dans plusieurs provinces canadiennes, dont le Québec. La dernière version disponible du modèle AERMOD (version 12345) a été utilisée dans cette étude.

Ce modèle permet de tenir compte du sillage des bâtiments sur la dispersion des émissions de cheminées. Le modèle considère aussi l'élévation en raison de la quantité de mouvement verticale et à la flottabilité (« buoyancy ») des gaz chauds s'échappant des cheminées. Finalement, le modèle tient aussi compte de la variation horaire des paramètres météorologiques et des inversions de température au sol ou en altitude.

L'approche utilisée dans la modélisation est dite conservatrice, car aucune transformation chimique et aucun puits (déposition par voies sèche et humide, absorption par la végétation) n'ont été considérés. Par le fait même, les concentrations ont tendance à être surestimées à mesure que l'on s'éloigne de la source.

Les données d'entrée du modèle comprennent :

- les caractéristiques des émissions (taux d'émission des divers contaminants, vitesse de sortie des gaz, température d'émission, etc.);
- les caractéristiques des sources d'émission (position, diamètre et hauteur des cheminées, dimensions des sources de surface);
- les dimensions caractéristiques des bâtiments si les effets de sillage de bâtiments sur les panaches des cheminées sont considérés;
- les données météorologiques horaires (température, vitesse et direction du vent, indices de la stabilité atmosphérique et de la turbulence, hauteur de mélange);

- la position et l'élévation des récepteurs, c'est-à-dire les lieux où l'on désire évaluer la concentration atmosphérique du polluant;
- des paramètres contrôlant les options du modèle et les calculs statistiques à effectuer sur les concentrations calculées par le modèle.

Pour cette étude, les phénomènes de déposition sèche ou humide n'ont pas été considérés et l'option de dispersion en mode rural a été sélectionnée pour toutes les sources.

2.2 MÉTÉOROLOGIE ET ROSES DES VENTS

Comme indiqué en introduction, les détails techniques pour la préparation des données météorologiques pour le modèle de dispersion AERMOD sont présentés dans un rapport distinct (SNC-Lavalin, 2013a).

Le MDDEFP a identifié quatre stations météorologiques en surface et une station aérologique représentatives du territoire exploitable du shale d'Utica. Ces stations et les périodes de cinq années de données sélectionnées sont les suivantes :

- Aéroport International Jean Lesage de Québec (2008 à 2012)
- Aéroport International Montréal-Trudeau (2008 à 2012)
- Aéroport de Montréal Saint-Hubert Longueuil (1991 à 1995)
- Bécancour (2005 à 2009)
- Maniwaki (sondages aérologiques, 1991 à 1995 et 2008 à 2012)

La figure 2.1 présente la localisation des stations météorologiques sur une carte du sud-ouest de la province de Québec. Les zones d'exploitation potentielle du gaz de schiste correspondant aux deux scénarios de développement plausibles à l'étude y sont aussi indiquées : le scénario 3 (développement à petite échelle) et le scénario 5 (développement à grande échelle), tels que définis par le Comité de l'évaluation environnementale stratégique sur le gaz de schiste (CEES, 2012). Les quatre sites météorologiques permettent une bonne couverture des conditions météorologiques prévalant sur l'ensemble du territoire de développement potentiel.

En plus des quatre jeux de données météorologiques mentionnés précédemment, deux jeux de données supplémentaires, basés sur les observations météorologiques des aéroports de Québec et Montréal-Trudeau, ont été préparés en variant les caractéristiques de surface de façon à simuler la diversité des conditions d'utilisation de sol que l'on retrouve sur le territoire d'exploitation potentielle du gaz de schiste au Québec. À cette fin, les paramètres de surface pour un domaine agro-forestier uniforme ont été considérés.

Avec l'ensemble des six jeux météorologiques basés sur quatre sites d'observations différents et totalisant plus de 260 000 cas météorologiques, il appert que presque toutes les possibilités du point de vue météorologique seront considérées dans l'étude de modélisation.

Les roses des vents sur cinq ans des quatre stations météorologiques sont présentées à la figure 2.2. À toutes les stations, les vents dominants proviennent des secteurs sud-ouest et nord-est, approximativement selon l'axe de la vallée du Saint-Laurent. Contrairement aux autres stations, les vents du sud sont fréquents à l'aéroport de Saint-Hubert. Ces vents du sud seraient reliés à un effet de la vallée de la rivière Richelieu et du lac Champlain.

Les vitesses moyennes des observations du vent enregistrées aux trois aéroports sont similaires, entre 14 et 15 km/h, alors que la vitesse moyenne enregistrée à Bécancour n'est que 9 km/h. L'environnement autour de la station de Bécancour avec des boisés et des terres agricoles ou en friche diffère significativement de celui des aéroports dont l'environnement immédiat autour de l'anémomètre est beaucoup plus dégagé et dont la rugosité de la surface est beaucoup plus faible.

Figure 2.1 Localisation des stations météorologiques et domaines d'exploitation à petite échelle (scénario 3) et à grande échelle (scénario 5)

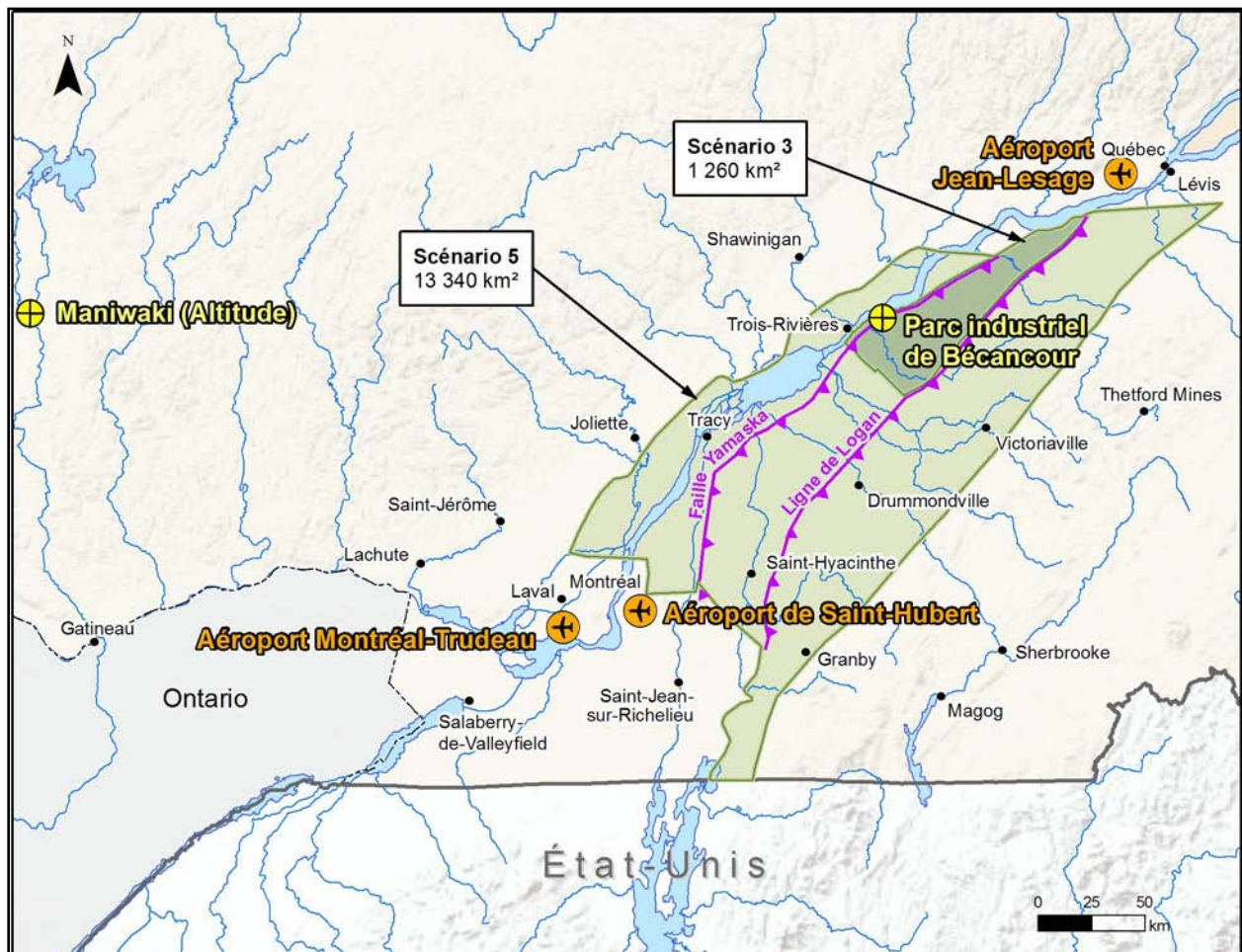
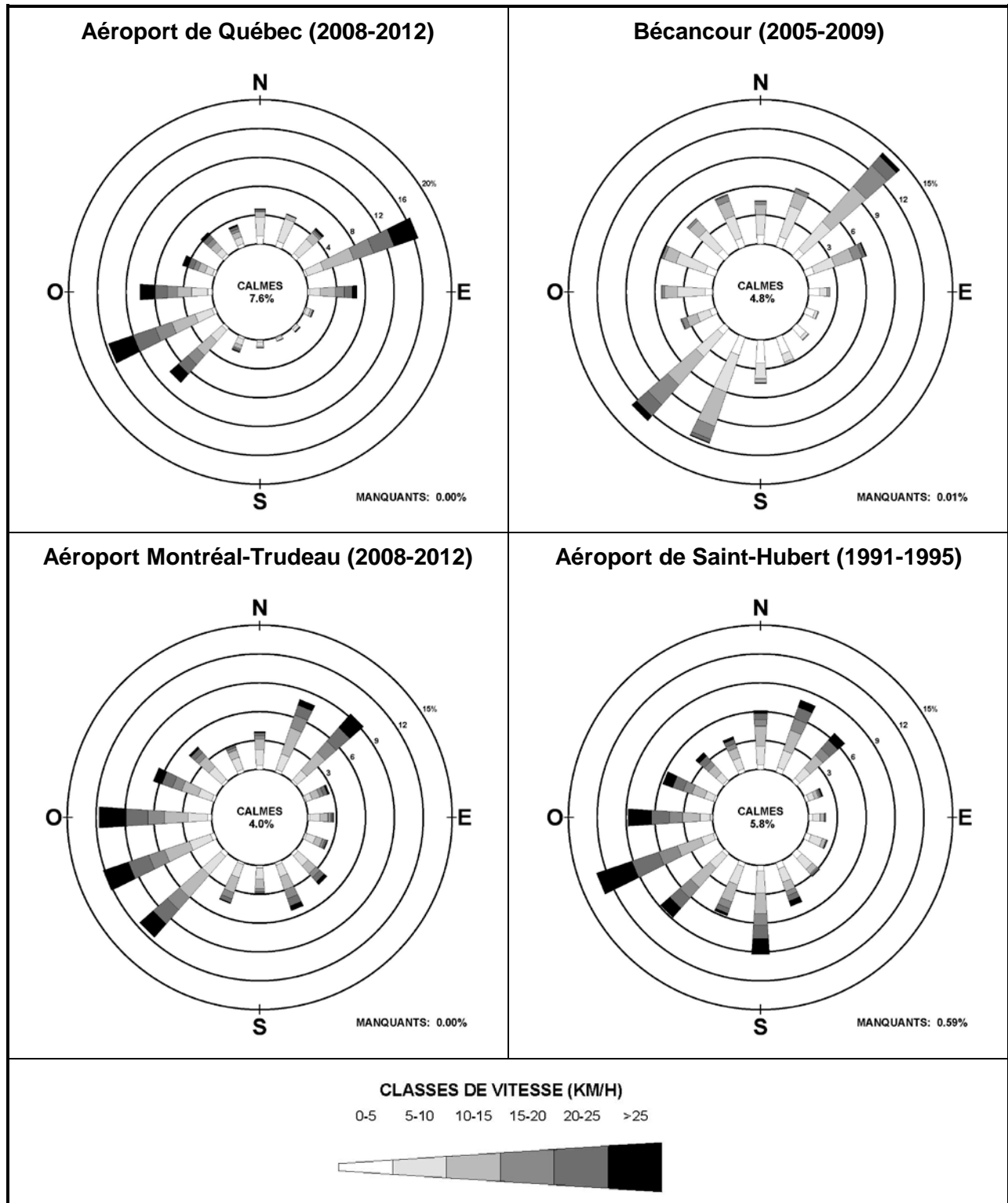


Figure 2.2 Roses des vents des quatre stations météorologiques



2.3 RÉCEPTEURS ET TOPOGRAPHIE

Les récepteurs (points de calculs des concentrations de contaminants dans l'air ambiant) ont été disposés à 50 mètres et plus de la *limite de propriété*¹ des installations selon une grille rectangulaire à résolution variable permettant de capturer les concentrations maximales prévisibles dans l'air ambiant :

- aux 50 m jusqu'à 1 km du site ;
- aux 100 m de 1 à 3 km du site ;
- aux 250 m de 3 à 5 km du site.

2.4 EFFETS DE SILLAGE DES BÂTIMENTS

Les effets de sillage des bâtiments sur la dispersion atmosphérique et l'élévation des panaches des cheminées ont été considérés dans l'analyse. Les dimensions et hauteurs des structures pouvant être considérées comme un obstacle significatif au libre écoulement de l'air ont été analysées avec le programme BPIP « *Building Profile Input Program* » de l'US-EPA.

Les principales structures considérées comme des bâtiments dans l'analyse sont présentés pour chaque étape d'un projet type de gaz de schiste aux chapitres 4 à 8.

2.5 CALCUL DES CONCENTRATIONS POUR UNE DURÉE INFÉRIEURE À UNE HEURE

Certaines des normes du RAA et des critères de qualité de l'air ambiant du Québec sont pour une durée inférieure à une heure (4 minutes par exemple) alors que les résultats du modèle de dispersion sont représentatifs d'une durée d'une heure ou plus. La formule spécifiée dans le *Guide de modélisation* du MDDEFP et à l'annexe H du RAA a été utilisée pour estimer les concentrations maximales sur 4 ou 15 minutes à partir des concentrations maximales horaires obtenues du modèle de dispersion. Les résultats maximums horaires sont donc multipliés par un facteur de 1,91 pour l'estimation des concentrations maximales sur 4 minutes et par un facteur de 1,37 pour l'estimation des concentrations maximales sur 15 minutes.

2.6 FACTEURS DE PONDÉRATION JOURNALIERS ET ANNUELS

Les taux d'émission utilisés dans le modèle de dispersion doivent correspondre à la durée des normes ou critères de qualité de l'air ambiant. Les simulations ont été effectuées en utilisant les taux d'émission maximums, ce qui permet d'obtenir les concentrations maximales dans l'air ambiant sur une base horaire. Pour les estimations des impacts à plus long terme, sur une base journalière ou annuelle par exemple, ce sont plutôt les taux d'émission moyens journaliers ou annuels qui tiennent compte des fluctuations des activités durant la journée et de la durée des activités qu'il faut considérer.

¹ Typiquement la zone clôturée entourant un site d'exploration, de développement, de production ou de traitement du gaz inaccessible au public.

À cette fin, pour les scénarios dont les émissions fluctuent durant la journée, certaines simulations ont été reprises en utilisant des taux d'émission moyens journaliers ou en appliquant un facteur de pondération journalier aux résultats de modélisation pour comparaison avec les normes ou critères journaliers. Pour les activités du projet type qui ne durent que quelques jours ou jusqu'à plusieurs mois durant les phases d'exploration ou de développement, des facteurs de pondération annuels basés sur le nombre de jours d'exploitation ont été appliqués aux résultats de modélisation pour les concentrations annuelles. Par exemple, si une phase d'un projet type ne dure que trois mois, un facteur de pondération de 0,25 (3 mois sur 12 mois) sera appliqué aux concentrations moyennes annuelles calculées par le modèle de dispersion. Les facteurs de pondération utilisés sont présentés au chapitre 3 avec les descriptions générales des scénarios de modélisation.

2.7 TRAITEMENT DES ODEURS

Plusieurs des contaminants émis par les sources fixes, mobiles et fugitives d'un projet type possèdent des propriétés odorantes. Selon le *Guide de modélisation* du MDDEFP, la durée de référence pour l'évaluation des odeurs est de quatre minutes. De plus, tel que convenu avec le MDDEFP en début de projet, l'étude considère que les niveaux d'odeur de chaque substance sont additifs.

Le niveau d'odeur d'une substance étant défini par le rapport entre sa concentration moyenne dans l'air ambiant sur quatre minutes et son seuil olfactif. Le niveau d'odeur s'exprime en « unités d'odeur » par mètre cube (u.o./m³) et une valeur de une u.o./m³ correspond ainsi au seuil olfactif. Il est généralement considéré que la probabilité de recevoir des plaintes d'odeur de la part de citoyen est élevée pour un niveau d'odeur de cinq (5) u.o./m³. Lorsque le niveau d'odeur atteint 10 u.o./m³, la génération de plaintes d'odeur par les citoyens est une quasi-certitude. Ces critères de classification peuvent varier significativement en fonction du caractère hédonique de l'odeur, c'est-à-dire qu'ils varient significativement selon l'appréciation (agréable ou désagréable) des individus.

Les seuils olfactifs retenus pour cette étude sont présentés à la section 2.8 (tableaux 2.1 et 2.2) avec les normes et critères de qualité de l'air. La plupart des normes et critères de qualité de l'air ambiant du Québec sur une base de 4 minutes sont basés sur des seuils olfactifs et sont utilisés pour l'estimation des concentrations d'odeurs, à l'exception du H₂S (critère de gestion) et du SO₂ (critère de santé) pour lesquels les seuils d'odeur sont plus faibles que les normes sur quatre minutes. Pour ces derniers et les autres contaminants n'ayant pas de norme ou de critère sur 4 minutes, des seuils olfactifs tirés des références suivantes ont été considérés dans cette étude :

- AIHA, 1989. Odor Thresholds for Chemicals with Established Occupational Health Standards, American Industrial Hygiene Association, Akron, OH, 90 p.
- Amoores, J. E. et Hautala, E., 1983. Odor as an Aid to Chemical Safety: Odor Thresholds Compared with Threshold Limit Values and Volatilities for 214 Industrial Chemicals in Air and Water Dilution, *Journal of Applied Toxicology* 3(6):272-290.

- Clayton, G.D., F.E. Clayton (eds.), *Patty's Industrial Hygiene and Toxicology. Volumes 2A, 2B, 2C, 2D, 2E, 2F: Toxicology. 4th ed.*, New York, NY: John Wiley & Sons Inc., 1993-1994., p. 1247.
- Hellman, T.M. et Small, F.H., 1974. *Characterization of the Odor Properties of 101 Petrochemicals Using Sensory Methods*, Journal of the Air Pollution Control Association 24 (10): 979-982.
- Nagata, Y., 2003. *Measurement of odor by the triangle method - Odor Measurement Review*, Japan, Ministry of the Environment. [<http://www.env.go.jp/en/air/odor/measure/>].
- Ruth, J.H., 1986. Odor Thresholds and Irritation Levels of Several Chemical Substances: A Review, Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 47: 142-151.

2.8 NORMES ET CRITÈRES DE QUALITÉ DE L'AIR AMBIANT ET SEUILS OLFRACTIFS

Les normes et les critères de qualité de l'air du Québec pour les contaminants atmosphériques à l'étude sont présentés au tableau 2.1, de même que leurs seuils olfactifs. Les seuils d'odeur pour les autres contaminants identifiés ne faisant pas l'objet de normes ou de critères de qualité de l'air sont présentés au tableau 2.2.

2.9 CONCENTRATIONS INITIALES

Le modèle de dispersion atmosphérique permet d'estimer la contribution des sources considérées aux concentrations de contaminants dans l'air ambiant. Les concentrations initiales permettent de tenir compte de la présence de contaminants atmosphériques déjà présents dans le milieu ou provenant de sources externes. Ces concentrations initiales sont ajoutées aux résultats du modèle de dispersion atmosphérique et les concentrations résultantes sont alors comparées aux normes et critères de qualité de l'air ambiant.

Le RAA et les critères québécois de qualité de l'air proposent des concentrations initiales par défaut. Il s'agit en général de niveaux relativement élevés typiques des milieux urbains ou fortement industrialisés. Ces valeurs par défaut, présentées au tableau 2.1, ont été considérées dans cette étude, à l'exemption du dioxyde d'azote (NO₂) pour lequel des concentrations initiales horaires issues d'observations du réseau de surveillance de la qualité de l'air du Québec ont été utilisées, tel qu'expliqué à la section 2.10. Pour les autres contaminants atmosphériques identifiés ne faisant pas l'objet d'une norme ou d'un critère, seuls les résultats sans tenir compte des concentrations initiales sont présentés.

Tableau 2.1 Normes, critères, concentrations initiales et seuils olfactifs des contaminants à l'étude

Contaminants	CAS	Périodes	Normes (N) ou critères (C) ^a (µg/m ³)		Concentrations initiales ^b (µg/m ³)	Seuils olfactifs ^c	
						Valeurs (µg/m ³)	Réf.
Particules totales (PM _t)	–	24 heures	120	N	90	-	s. o.
Particules fines (PM _{2,5})	–	24 heures	30	N	20	-	s. o.
Dioxyde d'azote (NO ₂)	10102-44-0	1 heure	414	N	150	110	AIHA
		24 heures	207	N	100		
		1 an	103	N	30		
Dioxyde de soufre (SO ₂)	7446-09-5	4 minutes	1 310 ^d	N	150	865	AIHA
		24 heures	288	N	50		
		1 an	52	N	20		
Monoxyde de carbone (CO)	630-08-0	1 heure	34 000	N	2 650	inodore	s. o.
		8 heures	12 700	N	1 750		
Sulfure d'hydrogène (H ₂ S)	7783-06-4	4 minutes	6	N	0	0,57	Nagata
		1 an	2	N	0		
HAP en équivalent B(a)P	–	1 an	0,0009	C	0,0003	-	s. o.
Benzo(a)pyrène	50-32-8	1 an	0,0009	N	0,0003	-	s. o.
1,1,2,2-Tétrachloroéthane	79-34-5	1 an	0,05	N	0,03	1 600	AIHA
1,1,2-Trichloroéthane	79-00-5	1 an	0,06	N	0,04	-	s. o.
1,2-Dichloroéthane	107-06-2	1 an	0,11	C	0,07	24 000	Ruth
1,2-Dichloropropane	78-87-5	1 an	4	N	0	1 170	Ruth
1,3-Butadiène	106-99-0	1 an	0,30	C	0,27	220	AIHA
Acétone	67-64-1	4 minutes	8 600	N	170	8 600	RAA
		1 an	380		4		
Acétophénone	98-86-2	4 minutes	830	N	0	830	RAA
		1 an	100		0		
Benzaldéhyde	100-52-7	4 minutes	200	N	0	200	RAA
		1 an	100		0		
Benzène	71-43-2	24 heures	10	N	3	4 500	Ruth
Chlorobenzène	108-90-7	1 an	8,5	N	0,3	400	AIHA
Chloroforme	67-66-3	1 an	0,24	C	0,2	18 500	Nagata
Dichlorométhane	75-09-2	1 heure	14 000	N	6	4 170	AIHA
		1 an	2		1		
Éthylbenzène	100-41-4	4 minutes	740	N	140	740	RAA
		1 an	200		3		
Formaldéhyde	50-00-0	15 minutes	37	N	3	33	AIHA
Isobutane	75-28-5	4 minutes	4 800	C	235	4 800	RAA
		1 an	480		5		
Méthanol	67-56-1	4 minutes	5 500	N	120	5 500	RAA
		1 an	50		10		

Tableau 2.1 Normes, critères, concentrations initiales et seuils olfactifs des contaminants à l'étude (suite)

Contaminants	CAS	Périodes	Normes (N) ou critères (C) ^a (µg/m ³)		Concentrations initiales ^b (µg/m ³)	Seuils olfactifs ^c	
						Valeurs (µg/m ³)	Réf.
Naphtalène	91-20-3	4 minutes	200	N	5	200	RAA
		1 an	3		0		
n-Heptane	142-82-5	4 minutes	2 740	C	60	2 740	RAA
n-Hexane	110-54-3	4 minutes	5 300	N	140	5 300	RAA
		1 an	140		3		
n-Pentane	109-66-0	4 minutes	4 120	C	190	4 120	RAA
		1 an	240		8,6		
Phénol	108-95-2	4 minutes	160	N	0	160	RAA
Propylène	115-07-1	1 an	3 400	C	3	17 200	AIHA
Styrène	100-42-5	1 heure	150	N	0	72	AIHA
Toluène	108-88-3	4 minutes	600	N	260	600	RAA
Chlorure de vinyle	75-01-4	1 an	0,05	N	0,03	25 500	AIHA
Xylènes	1330-20-7	4 minutes	350	N	150	350	RAA
		1 an	20		8		

a : Normes du RAA ou critères du Québec (MDDEFP, 2013b).

b : Concentrations initiales du RAA ou des critères du Québec (MDDEFP, 2013b).

c : Les seuils olfactifs s'appliquent sur une période de courte durée (par exemple moyenne 4 minutes).

d : En plus de la norme de 1 310 µg/m³, la concentration ne doit pas excéder 1 050 µg/m³ plus de 0,5 % du temps, sur une base annuelle.

s. o. : sans objet

Tableau 2.2 Seuils olfactifs des autres contaminants identifiés

Contaminants	CAS	Seuils olfactifs ^a		Contaminants	CAS	Seuils olfactifs ^a	
		Valeurs (µg/m ³)	Réf.			Valeurs (µg/m ³)	Réf.
1,1,1-Trichloroéthane	71-55-6	87 300	AIHA	Cyclopentane	287-92-3	–	s. o.
1,1-Dichloroéthane	75-34-3	198 000	AIHA	Cyclopentène	142-29-0	–	s. o.
1,2,3-Triméthylbenzène	526-73-8	–	s. o.	Décanal	112-31-2	2,6	Nagata
1,2,4-Triméthylbenzène	95-63-6	29	AIHA	Dibromure d'éthylène	106-93-4	62 500	Ruth
1,3,5-Triméthylbenzène	108-67-8	180	AIHA	Dodécanal	112-54-9	15	Ruth
2,2,4-Triméthylpentane	504-84-1	3 130	Nagata	Dodécane	112-40-3	766	Nagata
2,3,4-Triméthylpentane	565-75-3	–	s. o.	Éthane	74-84-0	184 500	Ruth
2,5-Diméthylbenzaldéhyde	5779-94-2	–	s. o.	Éthylène	74-85-1	19 500	AIHA
2,2-Diméthylbutane	75-83-2	70 400	Nagata	Éthyltoluène	611-14-3	41	Nagata
2,3-Diméthylbutane	79-29-8	1 480	Nagata	Heptanal	111-71-7	0,84	Nagata
2,3-Diméthylpentane	565-59-3	18 400	Nagata	Hexanal	65-25-1	1,1	Nagata
2,4-Diméthylpentane	108-08-7	3 850	Nagata	Isobutène	115-11-7	22 900	Nagata
2,4-Diméthylhexane	589-43-5	–	s. o.	Isopentane	78-78-4	3 830	Nagata
2,5-Diméthylhexane	592-13-2	–	s. o.	Méthacroléine	78-85-3	24	Nagata
2-Méthyl-1-butène	563-46-2	–	s. o.	Méthylcyclohexane	108-87-2	600	Nagata
2-Méthyl-2-pentène	625-27-4	–	s. o.	Méthylcyclopentane	96-37-7	5 850	Nagata
2-Méthylheptane	592-27-8	515	Nagata	n-Nonane	111-84-2	5 240	AIHA
2-Méthylhexane	591-76-4	1 720	Nagata	n-Octane	111-65-9	7 940	Nagata
3-Méthylhexane	589-34-4	3 440	Nagata	Nonanal	124-19-6	2,0	Nagata
2-Méthylpentane	107-83-5	290	Ruth	n-Propylbenzène	103-65-1	19	Nagata
3-Méthylpentane	96-14-0	31 300	Nagata	Octanal	124-13-0	0,052	Nagata
Acétaldéhyde	75-07-0	2,7	Nagata	Propanal	123-38-6	2,4	Nagata
Acétylène	74-86-2	240 000	AIHA	Propane	74-98-6	1 800 000	Ruth
Acroléine	107-02-8	8,2	Nagata	Tétrachlorure de carbone	56-23-5	28 900	Nagata
Butanal	123-72-8	2,0	Nagata	trans-2-Butène	624-64-6	4 800	Clayton ^(b)
Butane	106-97-8	2 850	Ruth	trans-2-Hexène	592-43-8	–	s. o.
cis-2-Butène	590-18-1	–	s. o.	trans-2-Pentène	646-04-8	–	s. o.
cis-2-Hexène	4050-45-7	–	s. o.	Tridécanal	10486-19-8	–	s. o.
Crotonaldéhyde	4170-30-3	66	Nagata	Undécanal	112-44-7	–	s. o.
Cyclohexane	110-82-7	1 440	Ruth				

a: Les seuils olfactifs s'appliquent sur une période de courte durée (par exemple moyenne 4 minutes).

b: Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, Volumes 2A à 2F, 4th edition, New York, 1993-1994, p. 1247.

s. o. : sans objet

2.10 CONVERSION DU NO EN NO₂

Les émissions d'oxydes d'azote (NO_x) des sources de combustion (moteurs, chaudières et systèmes de chauffage) comprennent le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂). Les proportions relatives typiques de NO et de NO₂ sont respectivement de 90 % et de 10 %. Dans l'atmosphère, le NO est converti plus ou moins rapidement en NO₂ en fonction principalement de la concentration d'ozone de l'atmosphère et des conditions météorologiques. À l'inverse, la photodissociation du NO₂ par le rayonnement solaire produit de l'ozone et du NO. Il n'y a pas de normes ou de critères pour le NO dans l'air ambiant dans les normes du RAA ou les critères de qualité de l'air du MDDEFP, ce sont donc les concentrations de NO₂ dans l'air ambiant qui doivent être évaluées.

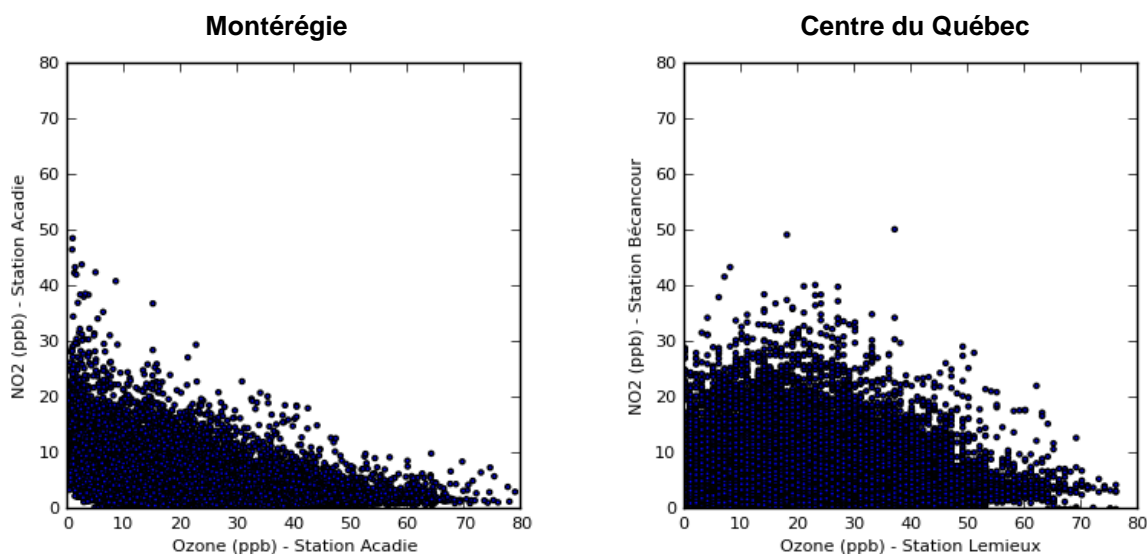
Dans un premier temps, l'hypothèse de la conversion totale du NO en NO₂ a été utilisée. Cette hypothèse très conservatrice considère que le NO émis à l'atmosphère se transforme instantanément en NO₂ au point d'émission, ce qui entraîne une surestimation des concentrations de NO₂ dans l'air ambiant, principalement près de la source. Dès le début de l'étude, il est apparu qu'une analyse plus réaliste serait nécessaire. La méthode de conversion PVMRM (« *Plume Volume Molar Ratio Method* ») a donc été considérée pour cette étude. Cette méthode reconnue par le MDDEFP (Couture, 2008) et intégrée au modèle AERMOD considère la quantité disponible d'ozone dans le panache pour la conversion du NO en NO₂.

Des concentrations ambiantes d'ozone, pour appliquer la méthode PVMRM, et des concentrations ambiantes de NO₂, pour tenir compte des concentrations initiales, sont donc requises pour l'évaluation des impacts sur les niveaux ambiants de NO₂. Or, ces deux contaminants atmosphériques sont intimement liés et le choix de valeurs uniques pour l'ozone et le NO₂ dans l'exercice de modélisation est problématique puisque les concentrations élevées d'ozone, favorisant la conversion du NO en NO₂ des sources à l'étude, sont habituellement reliées à de faibles concentrations de NO₂ et vice-versa. Afin de vérifier cette dernière affirmation, deux séries d'observations horaires d'ozone et de dioxyde d'azote ont été obtenues auprès du service de l'information sur le milieu atmosphérique (MDDEFP, 2013b) pour les années 2008 à 2012 :

- Les observations d'ozone et de NO₂ de la station l'Acadie en Montérégie
- Les observations d'ozone de la station Lemieux et de NO₂ de la station de Bécancour dans le Centre-du-Québec.

La figure 2.3 démontre clairement que les concentrations élevées d'ozone sont associées à de faibles concentrations ambiantes de NO₂ et vice-versa. Puisque le modèle AERMOD permet d'utiliser la méthode PVMRM sur une base horaire tout en tenant compte des concentrations initiales horaires de NO₂, deux séries de données O₃-NO₂ ont été préparées pour les années 2008 à 2012, correspondant aux observations météorologiques des aéroports de Montréal-Trudeau et de Québec. Pour le NO₂, les impacts sur la qualité de l'air ne peuvent donc qu'être évalués à partir des jeux de données météorologiques de ces deux aéroports.

Les concentrations initiales maximales de NO₂ dans l'air ambiant aux deux stations de suivi de la qualité de l'air sont présentées au tableau 2.3.

Figure 2.3 Concentrations horaires d'ozone versus NO₂ dans deux régions du Québec**Tableau 2.3 Concentrations initiales maximales de NO₂ dans l'air ambiant aux stations de L'Acadie et de Bécancour (2008-2012)**

Durées	Station L'Acadie Montérégie (µg/m ³)	Station Bécancour Centre du Québec (µg/m ³)	Normes du RAA (µg/m ³)
1 heure	92	94	414
24 heures	56	45	207
Annuelle	8,3	11	103

Source : MDDEFP, 2013b.

Afin de combler les périodes de données manquantes, incluant l'heure manquante chaque jour lors de l'auto-étalonnage des analyseurs, les données manquantes ont été interpolées linéairement jusqu'à 10 heures consécutives. Pour les rares périodes de données manquantes restantes, des valeurs de remplacement ont été utilisées et ont été déterminées de la façon suivante :

- pour le NO₂, le 98^e centile des observations horaires sur cinq ans a été utilisé comme valeur de remplacement, soit 15 ppb pour la station l'Acadie et 20 ppb pour la station de Lemieux ;
- pour l'ozone, le 98^e centile des observations horaires correspondant aux concentrations de NO₂ supérieures aux valeurs de remplacement du NO₂ a été utilisé comme valeur de remplacement, soit 35 ppb pour la station l'Acadie et 46 ppb pour la station de Lemieux ;

Finalement, la méthode PVMRM a été utilisée en considérant les valeurs par défaut d'AERMOD pour les rapports NO₂/NO_x initiaux (à la source) et maximums dans l'air ambiant, respectivement de 10 % et de 90 %.

3. SCÉNARIOS DE MODÉLISATION ET APPROCHE DE MODÉLISATION

Ce chapitre présente d'abord les scénarios de modélisation qui ont été retenus pour cette étude. Ces scénarios considèrent autant les étapes ou phases d'exploration, de développement et de production de gaz de schiste. En second lieu, l'approche générale de réalisation des simulations de la dispersion atmosphérique est présentée.

3.1 SCÉNARIOS DE MODÉLISATION

Le tableau 3.1 présente un sommaire des cinq scénarios retenus basés sur l'estimation des taux d'émission (SNC-Lavalin, 2013b), incluant les activités génératrices d'émissions atmosphériques, leurs durées et les sources d'émissions atmosphériques.

Pour les phases d'exploration et de développement, les activités reliées au forage de puits, à la fracturation hydraulique et à l'essai de production sont similaires et les mêmes équipements sont présents sur le site. Pour le forage et la fracturation, l'intensité des activités et les taux d'émission de contaminants sont identiques pour les phases d'exploration et de développement, mais la durée de forage ou de fracturation à la phase de développement est plus longue qu'à la phase d'exploration. Ainsi, un seul scénario de modélisation peut être utilisé pour les deux phases pour le forage et la fracturation hydraulique. Pour le forage et la fracturation, les concentrations maximales dans l'air ambiant sur 4 minutes, une heure ou 24 heures seront les mêmes pour les phases d'exploration et de développement, seules les concentrations moyennes annuelles seront différentes puisque les deux phases ne diffèrent que par leurs durées respectives. L'utilisation de facteurs de pondération propres à la durée de chaque phase avec les résultats annuels de la modélisation commune, tel que décrit à la section 2.6, permet d'estimer les contributions annuelles de chaque phase aux concentrations moyennes annuelles dans l'air ambiant.

3.2 APPROCHE DE MODÉLISATION

3.2.1 Émissions

Les taux d'émission ont été estimés sans considération de mesure de contrôle des émissions autres que réglementaires pour les moteurs existants en utilisant les facteurs d'émission les plus élevés retrouvés dans la littérature (SNC-Lavalin, 2013b). Dans tous les cas, les facteurs d'émission sélectionnés sont conformes aux normes d'émission applicables du *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (RAA). Les facteurs d'émission pour les moteurs diesels hors route sont représentatifs de moteurs existants avant la publication du *Règlement sur les émissions des moteurs hors route à allumage par compression* du gouvernement fédéral qui fixe des normes d'émission pour les nouveaux moteurs vendus au Canada à partir de 2006. L'application de ces normes est graduelle et varie selon la puissance des moteurs. Les réductions les plus importantes de NOx et de particules sont prévues pour 2015 et après.

L'utilisation de l'électricité du réseau de distribution existant n'est pas non plus considérée dans l'analyse, c'est-à-dire que l'énergie électrique et l'énergie mécanique nécessaires au développement et à l'exploitation des plates-formes d'extraction du gaz de schiste doivent être produites sur le site des plates-formes à l'aide de générateurs et de moteurs diesels. Même si le développement du gaz de schiste au Québec pourrait s'étendre sur une trentaine d'années, les

émissions ont été évaluées selon les technologies actuellement en exploitation et en considérant les normes d'émission canadiennes ou québécoises actuellement en vigueur pour les équipements existants.

Dans la même optique de prudence et puisque les analyses des composés traces dans le gaz de schiste d'Utica sont limitées et que la qualité du gaz pourrait varier d'un site à l'autre, le gaz de schiste considéré dans l'estimation des taux d'émission contient cinq fois plus de composés organiques volatils (BTEX et autres) que mesurés dans seulement deux échantillons du gaz du shale d'Utica et 100 ppmv de H₂S alors que ce dernier ne serait présent qu'à l'état de trace dans le gaz du shale d'Utica selon les quelques analyses réalisées.

L'utilisation de niveaux d'activité réalistes et de facteurs d'émission élevés dans l'exercice de modélisation permet de dresser un portrait prudent des impacts potentiels sur la qualité de l'air. Ces hypothèses représentent en quelque sorte une situation de pire cas qui pourrait éventuellement se produire pour quelques sites, mais qui n'est pas nécessairement représentative de l'ensemble des sites de production potentielle.

Seules les activités génératrices d'émissions atmosphériques propres au développement et à l'exploitation du gaz de schiste ont été considérées. Les travaux de mise à niveau des routes secondaires, l'aménagement de chemins d'accès ou les travaux de préparation des sites n'ont pas fait l'objet de cette étude puisque ce sont des activités de construction courantes.

Tableau 3.1 Scénarios de modélisation de la dispersion atmosphérique

Scénarios	Phases d'un projet type	Activités principales Durées	Sources (capacité par unité)
1 Forage	Exploration	Forage de 2 puits. Durée : 44 jours en continu.	2 groupes électrogènes (200 kW). 2 moteurs diesels (300 kW).
	Développement	Forage de 6 puits. Durée : 180 jours en continu.	3 moteurs diesels (1200 kW). 1 camion (350 kW) et 1 chargeur frontal (260 kW). 2 chaudières (7 MW), (24 heures en hiver). 1 torchère.
2 Fracturation	Exploration	Fracturation hydraulique de 2 puits durant 6 jours. 4 fracturations par puits. Cycles de fracturation : 4 heures à 100 % et de 20 heures au ralenti. Facteur de charge journalier de 25%.	13 camions-pompes (1 690 kW). 5 moteurs diesels (300 kW).
	Développement	Fracturation hydraulique de 6 puits durant 72 jours. 15 fracturations par puits. Cycles de fracturation : 4 heures à 100 % et de 20 heures au ralenti. Facteur de charge moyen sur 24 heures de 25%.	
3A et 3B Essai de production	3A Exploration	Essai de production avec élimination du gaz de schiste. Récupération des eaux de reflux. Durée : 30 jours.	Incinérateur (torchère à flamme invisible) : - en continu en mode exploration; - quelques heures en mode développement. Bassin des eaux de reflux de plus petite taille lors de l'exploration (scénario 3A).
	3B Développement	Essai de production avec collecte du gaz de schiste. Récupération des eaux de reflux. Durée : 30 jours.	
4 Extraction	Production	Extraction du gaz sur les plates-formes. Durant la durée d'exploitation de la plate-forme. Compresseur en fin de vie seulement.	Compresseur de puits (250 kW) alimenté au gaz. Émissions fugitives de procédés et au coffrage. Systèmes pneumatiques (gaz).
5 Traitement	Production	Traitement et compression du gaz avant injection dans le réseau de transport/distribution existant. Durant la durée d'exploitation d'un gisement.	1 système de chauffage du gaz. 10 événements de régénérateurs de glycol. 10 systèmes de chauffage des régénérateurs. 10 compresseurs (1 240 kW) alimentés au gaz. Émissions fugitives de procédés (gaz).

3.2.2 Déroulement des simulations

Avec six scénarios de modélisation, six jeux de données météorologiques et plus de 90 contaminants identifiés, et en considérant que la direction des échappements des moteurs peut être horizontale ou verticale, plusieurs milliers de simulations régulières avec le modèle AERMOD (ou d'exécution du modèle) seraient nécessaires. En optimisant le processus, il est possible de réduire considérablement le nombre et la durée des simulations selon l'approche suivante :

- Pour ce projet, le logiciel AERMOD View (version 8.2.0) de Lakes Environmental a été utilisé. Ce logiciel comporte une interface graphique et de nombreux outils permettant de faciliter et d'optimiser l'utilisation du modèle de dispersion AERMOD. L'option de simulation multi-contaminants, misant sur les propriétés de linéarité entre les taux d'émission et les concentrations dans l'air ambiant et d'additivité des contributions des sources du modèle AERMOD, permet d'obtenir des résultats de modélisation pour un scénario pour une multitude de contaminants simultanément. Puisque les concentrations maximales surviennent à proximité des sources, l'utilisation d'un domaine restreint de 1,2 x 1,2 km permet de réduire la durée de chaque simulation. À cette étape, les concentrations de NO₂ dans l'air ambiant sont estimées en supposant une conversion totale du NO en NO₂. Ce type de simulation ne permet cependant pas d'établir pour un contaminant le nombre de dépassements potentiels par récepteur d'une norme ou d'un critère de qualité de l'air ambiant.
- Des simulations régulières sur la grille complète de récepteurs sont alors effectuées pour les contaminants et jeux de données météorologiques pour lesquels des dépassements des normes ou critères de qualité de l'air ont été obtenus des simulations multi-contaminants. La méthode PVMRM pour la conversion du NO en NO₂ est alors introduite pour les simulations concernant le NO₂ avec les jeux météorologiques des aéroports de Québec et de Montréal-Trudeau (voir section 2.10). Le nombre de dépassements potentiels par récepteur d'une norme ou d'un critère de qualité de l'air ambiant peut alors être estimé pour la période complète de simulation (cinq ans).

3.2.3 Facteurs de pondération

Comme indiqué à la section 2.6, les simulations sont effectuées en utilisant les taux d'émission maximums horaires et ne tiennent pas compte des cycles journaliers des émissions pour la fracturation et de la durée des activités lors des phases d'exploration et de développement. Les résultats journaliers et annuels du modèle de dispersion pour les scénarios d'exploration et de développement sont donc multipliés par des facteurs de pondération qui tiennent compte du cycle journalier des émissions et de la durée de chaque phase. Ces facteurs sont présentés au tableau 3.2.

Dans le cas de la fracturation et de l'application de la méthode PVMRM pour la conversion du NO en NO₂, à cause de la non-linéarité de la méthode, des simulations supplémentaires utilisant les taux d'émission moyens journaliers ont été utilisées pour estimer les impacts maximums sur 24 heures pour le NO₂ dans l'air ambiant.

Tableau 3.2 Facteurs de pondération journaliers et annuels des résultats de modélisation

Scénarios	Phases	Facteurs de pondération des résultats journaliers ou annuels de modélisation pour obtenir les concentrations maximales journalières ou annuelles ^a	
		Journaliers	Annuels
Forage	Exploration	1,0	0,12
	Développement	1,0	0,49
Fracturation	Exploration	0,25	0,0043
	Développement	0,25	0,049
Essai de production	Exploration	1,0	0,082
	Développement	1,0	0,082
Extraction	Production	1,0	1,0
Traitement	Production	1,0	1,0

a : Les simulations utilisent les taux d'émission maximums horaires et ne tiennent pas compte de la durée ou de la variabilité de certaines activités. Ces facteurs de pondération, basés sur le cycle journalier de l'intensité des activités et de leur durée totale sont appliqués aux résultats de modélisation journaliers ou annuels.

3.2.4 Interprétation des résultats de modélisation

Les résultats de modélisations qui sont présentés sous la forme de tableau dans ce rapport sont les concentrations maximales calculées dans l'air ambiant sur l'ensemble du domaine de modélisation sur cinq années de données météorologiques et sont habituellement calculées pour les récepteurs les plus près de la plate-forme.

Finalement, lorsque les résultats de modélisation sont présentés en termes de nombre de dépassements des normes ou critères de qualité de l'air pour un contaminant, une période et un jeu de données météorologiques, ce nombre de dépassements est basé sur l'ensemble des cinq ans de la période de modélisation et considère aussi une concentration initiale constante, à l'exception des résultats pour le NO₂. Ces nombres de dépassements potentiels ne doivent donc pas être interprétés comme une représentation de la réalité, mais plutôt comme un indicateur des impacts sur la qualité de l'air, et ce particulièrement pour les activités temporaires telles que le forage, la fracturation hydraulique et l'essai de production.

4. ÉVALUATION DES IMPACTS SUR LA QUALITÉ DE L'AIR RELIÉS AU FORAGE

La préparation d'un puits comporte une première étape de forage vertical suivi par le forage d'une section horizontale, puis des travaux de coffrage et cimentation et de complétion du puits. Puisque l'activité de forage comme telle génère le plus d'émissions atmosphériques, seule cette étape est considérée dans la modélisation.

Pour le forage en mode d'exploration ou de développement, les émissions et les concentrations maximales calculées dans l'air ambiant sont identiques à court terme. Les concentrations annuelles seraient plus faibles pour l'exploration puisque la durée moyenne du forage sur la plate-forme est beaucoup plus courte (1,5 mois) que pour le développement (6 mois). À moins d'avis contraire, les concentrations annuelles présentées dans cette section sont celles obtenues en phase de développement.

4.1 SOURCES ET PARAMÈTRES D'ÉMISSION

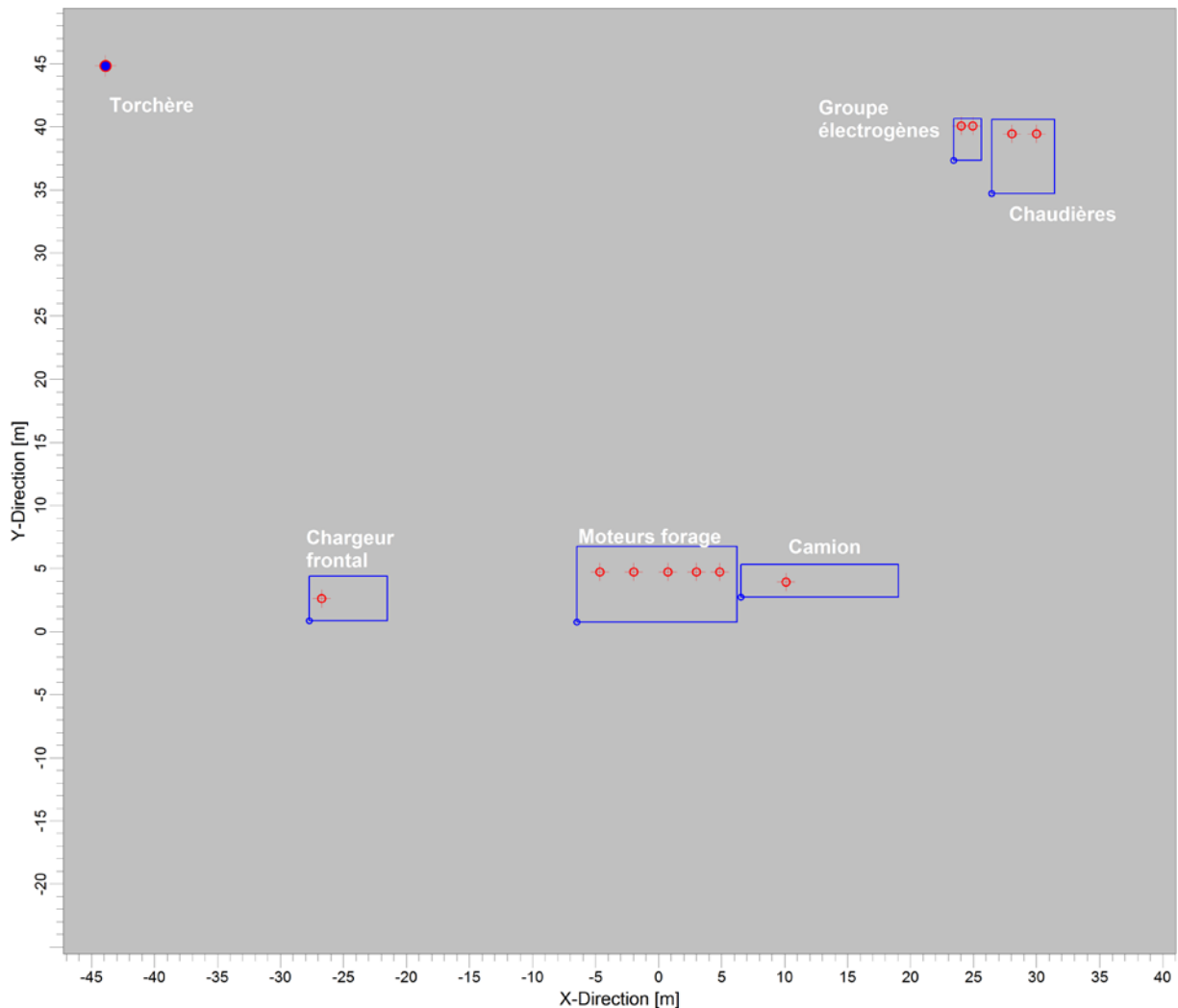
Le tableau 4.1 présente les sources reliées au forage d'un puits et leurs paramètres d'émission utilisés comme intrants au modèle de dispersion atmosphérique. Les taux d'émission de contaminants pour chacune des sources sont présentés dans la section 3.1 du rapport sur les taux d'émission (SNC-Lavalin, 2013b).

La figure 4.1 montre l'agencement des sources d'émissions atmosphériques sur une plate-forme de forage d'un projet type d'extraction de gaz de schiste. Cette configuration est applicable pour les phases d'exploration et de développement. Les structures considérées comme des bâtiments dans la modélisation (effets de sillage) sont aussi indiqués. La hauteur de ces structures est inférieure d'environ un mètre à celle des points d'émission.

Tableau 4.1 Paramètres d'émission des sources pour le forage

Sources	Nombre de sources	Température du gaz (°C) ^a	Vitesse du gaz (m/s)	Diamètre (cm)	Hauteur du point d'émission ^a (m)	Direction initiale du gaz ^a
Groupes électrogènes de 200 kW	2	400	25	18,4	2	H/V
Moteurs de 300 kW	2	400	25	23,5	3	H/V
Moteurs de 1 200 kW	3	450	40	37,1	4	H/V
Chaudières	2	150	15	53,2	6	V
Torchère à flamme visible	1	1 000	20	36,0	11,9	V
Chargeur frontal	1	400	25	20,6	3,7	H/V
Camions	1	425	40	20,6	4	H/V

a : V – échappement vertical; H/V – échappement qui peut être soit horizontal ou vertical selon la configuration.

Figure 4.1 Agencement des sources sur une plate-forme lors du forage

4.2 RÉSULTATS DE MODÉLISATION

L'annexe A présente les concentrations maximales obtenues des simulations en mode multi-contaminants pour l'ensemble des contaminants et les six jeux de données météorologiques. Les résultats sont présentés pour les deux orientations des échappements des moteurs tout en considérant l'utilisation des chaudières ou non et les concentrations initiales.

Des dépassements des normes ou des critères de qualité de l'air ont été calculés pour le NO_2 , en supposant une conversion totale du NO en NO_2 , les $\text{PM}_{2.5}$ et PM_t , les HAP (en équivalent B(a)P), le formaldéhyde et le SO_2 . Les moteurs diesels sont les sources en cause à l'exception des dépassements pour le SO_2 , ces derniers étant reliés à l'utilisation des chaudières seulement.

Dans un premier temps, les résultats de modélisation du NO_2 et des $\text{PM}_{2.5}$ pour tous les jeux de données météorologiques sont présentés. Par la suite, les résultats des simulations pour tous les autres contaminants problématiques seront présentés seulement pour les jeux de données

météorologiques de Montréal, Bécancour et Québec. En général, les conclusions a tirées des résultats obtenus des divers jeux météorologiques sont similaires. La station météorologique de Bécancour est la seule station située en plein cœur du territoire de développement de l'industrie de gaz de schiste au Québec. Finalement, le choix de retenir aussi les données météorologiques des aéroports de Québec et de Montréal se base sur la représentativité de ces données pour la vallée du St-Laurent. Ce sont aussi les jeux de données pour lesquelles des données horaires de qualité de l'air ambiant sont disponibles pour l'estimation des concentrations de NO₂ dans l'air ambiant. De plus, la station de Québec est la seule station au nord du St-Laurent. Les jeux de données considérant un milieu agro-forestier basés sur les aéroports de Québec et Montréal-Trudeau ne sont pas retenus puisque les résultats de modélisation obtenus avec ces jeux sont généralement plus faibles qu'avec les jeux originaux de données.

4.2.1 Dioxyde d'azote (NO₂)

Les résultats des simulations pour les concentrations maximales horaires, journalières et annuelles pour le dioxyde d'azote (NO₂) sont présentés aux tableaux 4.2 à 4.4. Les figures 4.2 et 4.3 montrent les courbes de concentrations maximales horaires et journalières de NO₂ pour le jeu de données météorologiques de Montréal. Des dépassements des normes horaires et journalières du RAA ont été obtenus, peu importe l'orientation des échappements des moteurs ou le jeu de données météorologiques. Les concentrations maximales horaires calculées sont significativement plus élevées et les zones de dépassements des normes sont plus grandes pour les scénarios dont les échappements des moteurs sont horizontaux. Les zones de dépassement des normes atteignent des distances maximales de 285 m et 215 m respectivement pour les moyennes horaires et journalières.

Tableau 4.2 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales horaires de NO₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour le forage

Météorologie	Orientations des échappements des moteurs	Concentrations maximales ^a (µg/m ³) (Norme=414 µg/m ³)	Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b	Nombres maximums de dépassements de la norme par récepteur ^c
		Avec concentration initiale	Avec concentration initiale	
Montréal 2008-2012	V	1 527	250	1 755
	H	2 442	285	1 739
Montréal AF ^d 2008-2012	V	1 283	200	1 158
	H	1 887	200	1 059
Québec 2008-2012	V	1 176	260	1 964
	H	1 920	260	1 984
Québec AF ^d 2008-2012	V	1 320	200	1 203
	H	2 262	195	1 165

a : Résultats du modèle de dispersion avec considération de la concentration initiale.

b : Distance à partir du centre du site.

c : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

d : Jeux de données pour un milieu agro-forestier (AF).

Tableau 4.3 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales journalières de NO₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour le forage

Météorologie	Orientations des échappements des moteurs	Concentrations maximales ^a (µg/m ³) (Norme=207 µg/m ³)	Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b	Nombres maximums de dépassements de la norme par récepteur ^c
		Avec concentration initiale	Avec concentration initiale	
Montréal 2008-2012	V	575	200	147
	H	571	200	144
Montréal AF ^d 2008-2012	V	458	170	125
	H	478	175	123
Québec 2008-2012	V	532	210	172
	H	568	215	182
Québec AF ^d 2008-2012	V	494	170	142
	H	490	175	160

a : Résultats du modèle de dispersion avec considération de la concentration initiale.

b : Distance à partir du centre du site.

c : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

d : Jeux de données pour un milieu agro-forestier (AF).

Tableau 4.4 Sommaire des résultats pour les concentrations moyennes annuelles de NO₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour le forage

Météorologie	Orientations des échappements des moteurs	Concentrations maximales ^a (µg/m ³) (Norme=103 µg/m ³)	Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b
		Avec concentration initiale	Avec concentration initiale
Montréal 2008-2012	V	35,6	s. o.
	H	37,3	s. o.
Montréal AF ^c 2008-2012	V	35,5	s. o.
	H	37,9	s. o.
Québec 2008-2012	V	40,0	s. o.
	H	42,5	s. o.
Québec AF ^c 2008-2012	V	38,1	s. o.
	H	41,8	s. o.

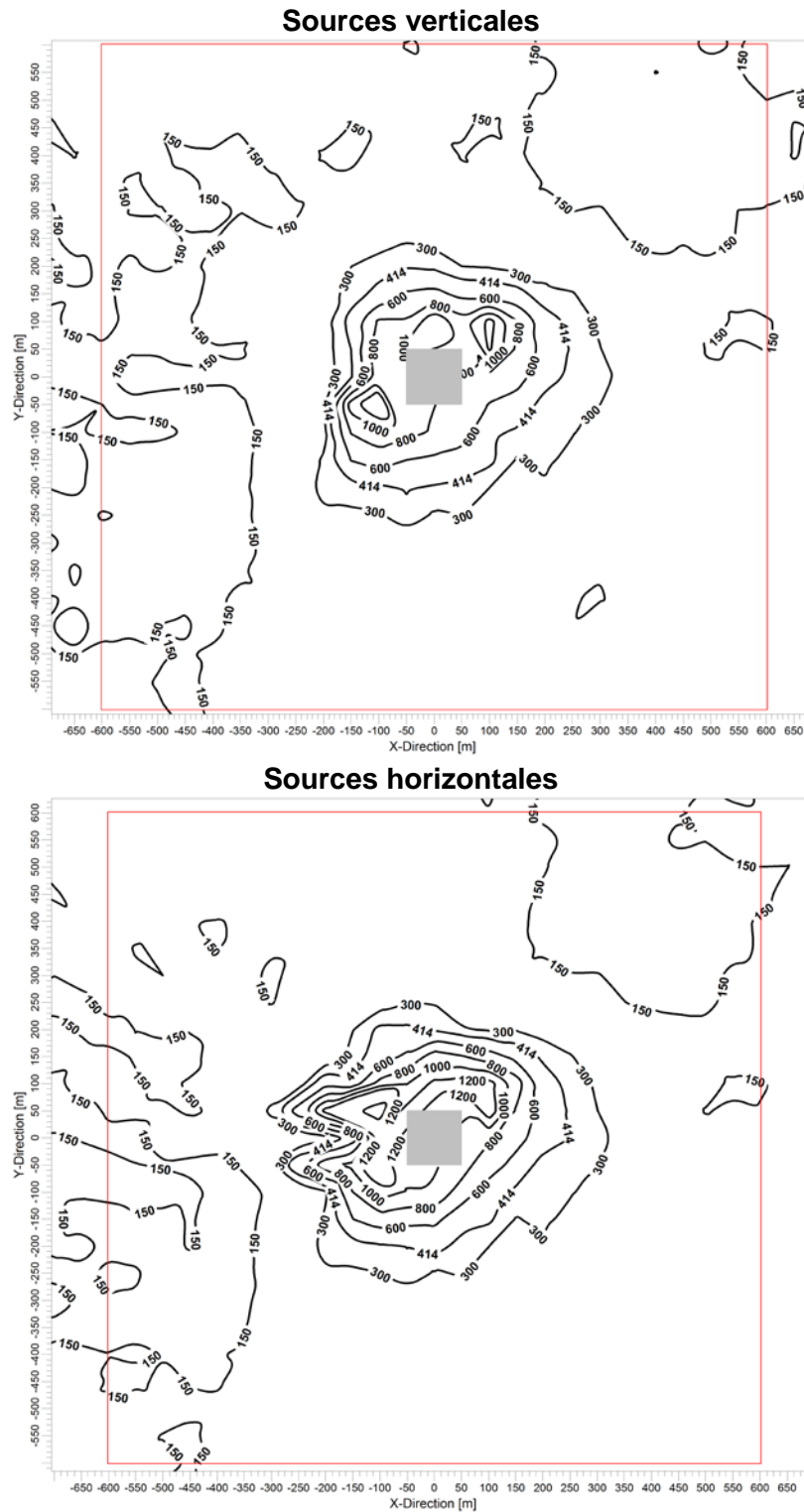
a : Résultats du modèle de dispersion avec considération de la concentration initiale.

b : Distance à partir du centre du site.

c : Jeux de données pour un milieu agro-forestier (AF).

s. o. : sans objet, car il n'y aurait pas de dépassement de la norme.

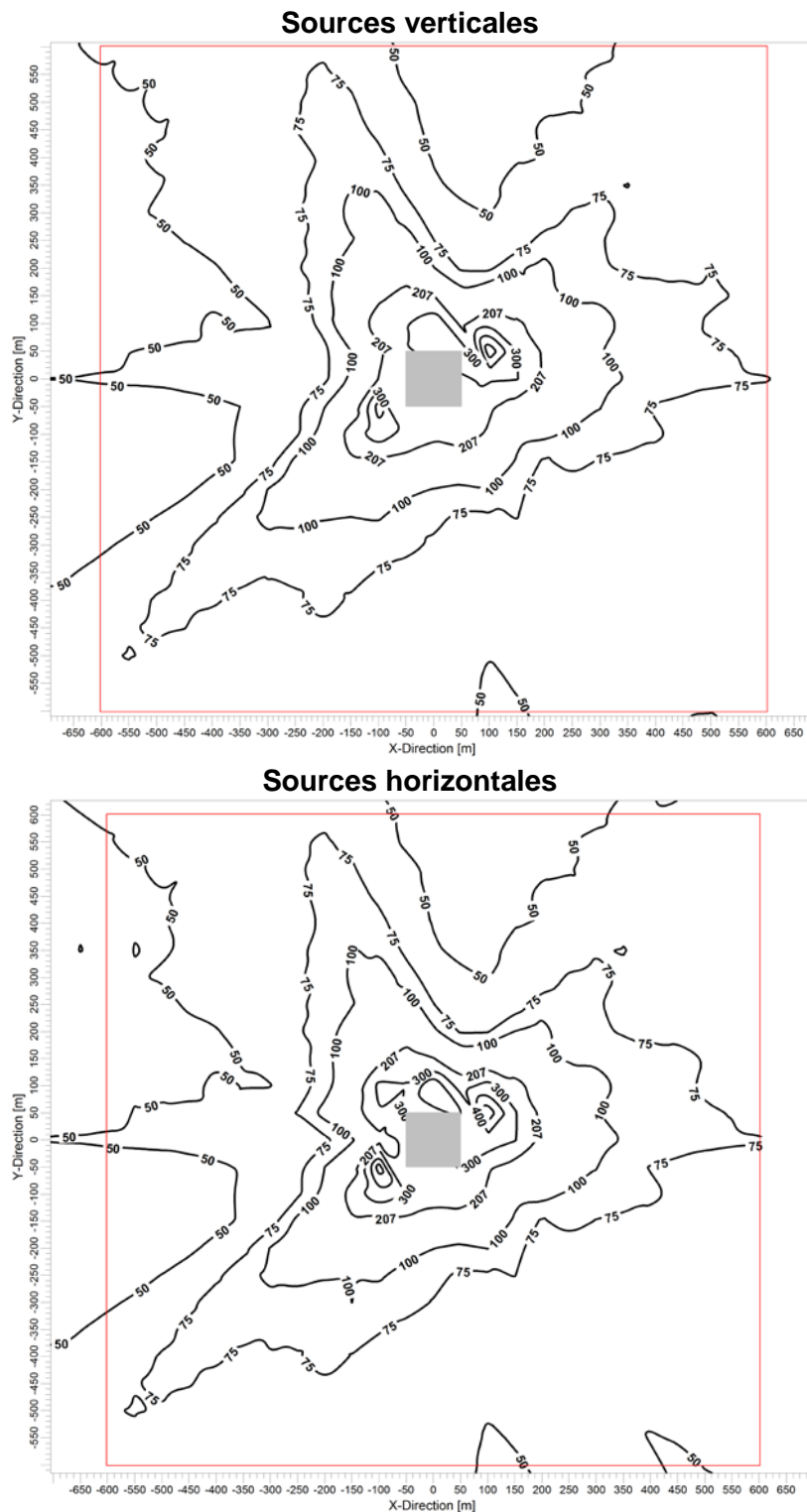
Figure 4.2 Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales horaires de NO_2 calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour le forage – Météorologie : Montréal 2008-2012



Norme du RAA : $414 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les concentrations initiales sont considérées dans les courbes.

Figure 4.3 Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales journalières de NO_2 calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour le forage – Météorologie : Montréal 2008-2012



Norme du RAA : $207 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les concentrations initiales sont considérées dans les courbes.

4.2.2 Particules fines (PM_{2.5})

Les résultats des simulations pour les particules fines PM_{2.5} sont présentés au tableau 4.5 et les courbes de concentrations maximales journalières sont présentées aux figures 4.4 à 4.9, pour tous les jeux de données météorologiques et les deux orientations des échappements des moteurs. Tout comme avec le dioxyde d'azote, les émissions des moteurs diesels sont en cause des concentrations élevées de PM_{2.5} calculées dans l'air ambiant. Des dépassements de la norme journalière de 30 µg/m³ ont été calculés jusqu'à environ 1 km du site de forage pour des sources horizontales en utilisant les données météorologiques de Bécancour.

Tableau 4.5 Sommaire des résultats pour les concentrations journalières de PM_{2.5} calculées dans l'air ambiant pour le forage

Météorologie	Orientations des échappements des moteurs	Concentrations maximales ^a (µg/m ³) (Norme=30 µg/m ³)		Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b		Nombres maximums de dépassements de la norme par récepteur ^c
		Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	
Montréal 2008-2012	V	77	97	290	730	660
	H	80	100	290	740	763
Montréal AF ^d 2008-2012	V	78	98	250	570	742
	H	79	99	250	590	848
St-Hubert 1991-1995	V	85	105	300	910	696
	H	89	109	300	920	754
Bécancour 2005-2009	V	69	89	280	990	373
	H	76	96	280	1000	616
Québec 2008-2012	V	81	101	300	780	806
	H	84	104	300	780	899
Québec AF ^d 2008-2012	V	84	104	260	580	839
	H	85	105	260	580	974

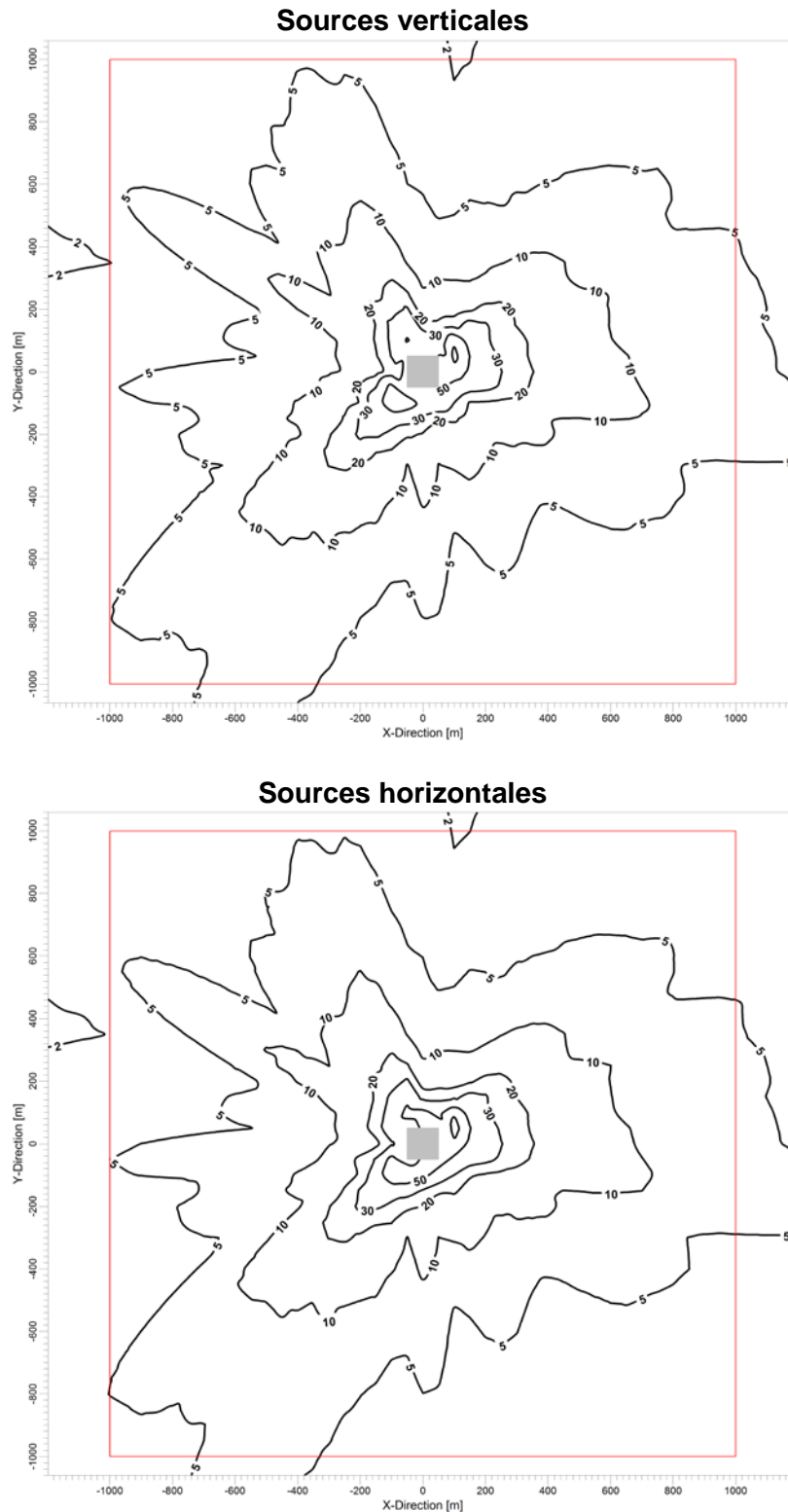
a : Résultats du modèle de dispersion sans et avec considération de la concentration initiale (20 µg/m³).

b : Distance à partir du centre du site.

c : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

d : Jeux de données pour un milieu agro-forestier (AF).

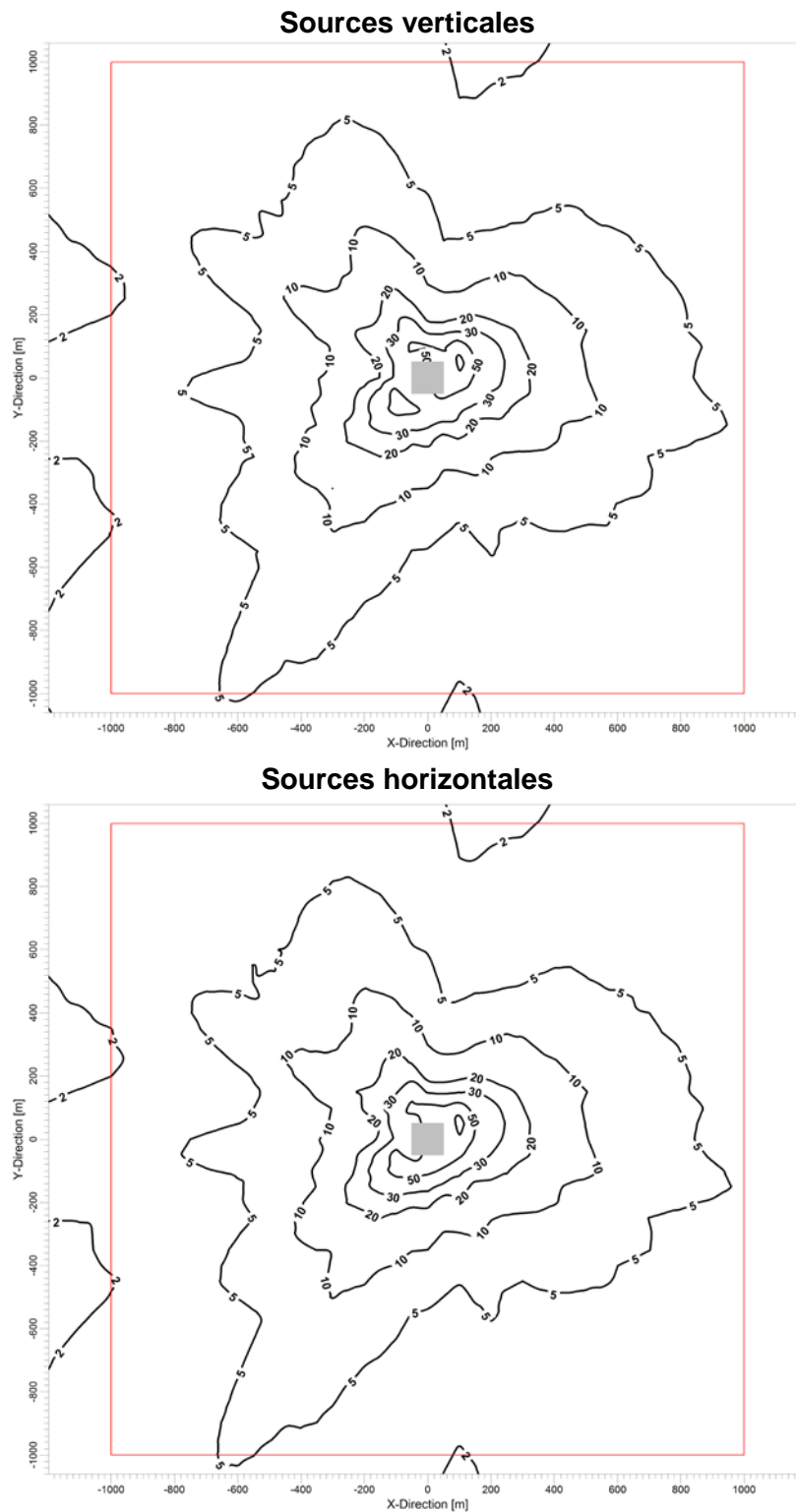
Figure 4.4 Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales journalières de $\text{PM}_{2.5}$ calculées dans l'air ambiant pour le forage – Météorologie : Montréal 2008-2012



Norme du RAA : $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentration initiale ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas considérée dans les courbes.

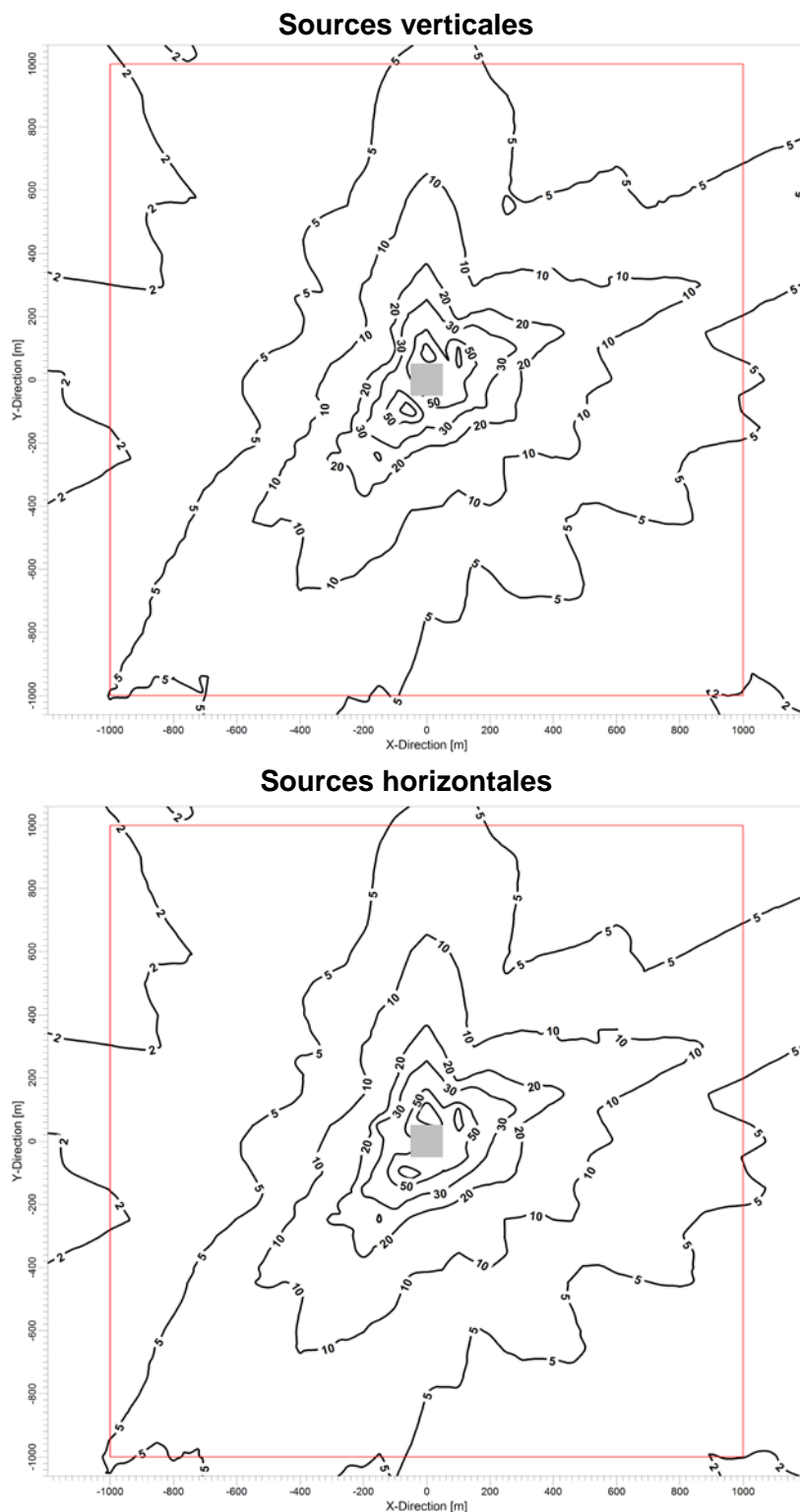
Figure 4.5 Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales journalières de $\text{PM}_{2.5}$ calculées dans l'air ambiant pour le forage – Météorologie : Montréal AF 2008-2012



Norme du RAA : 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentration initiale (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas considérée dans les courbes.

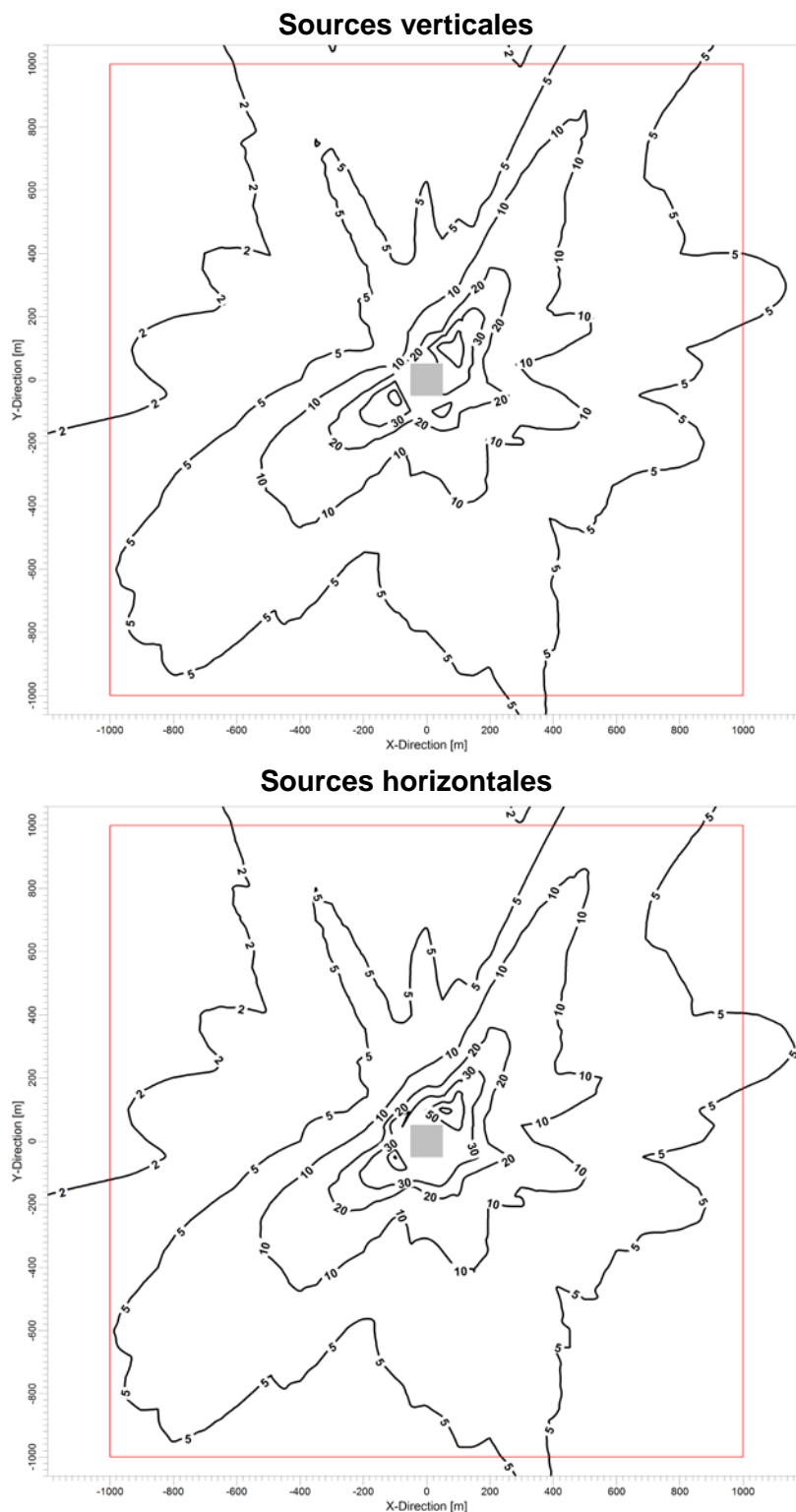
Figure 4.6 Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales journalières de $\text{PM}_{2.5}$ calculées dans l'air ambiant pour le forage – Météorologie : St-Hubert 1991-1995



Norme du RAA : $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentration initiale ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas considérée dans les courbes.

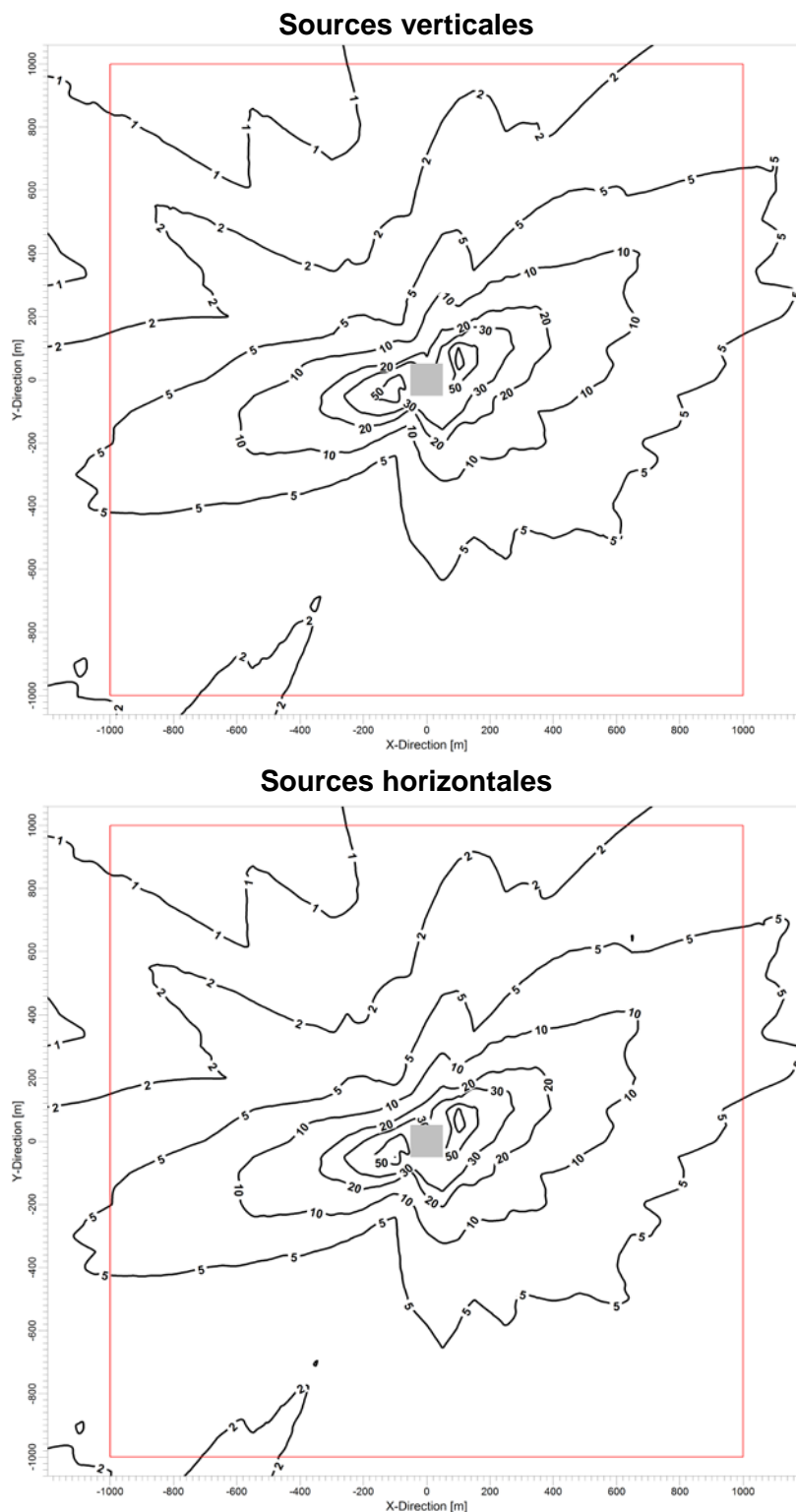
Figure 4.7 Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales journalières de $\text{PM}_{2.5}$ calculées dans l'air ambiant pour le forage – Météorologie : Bécancour 2005-2009



Norme du RAA : $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentration initiale ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas considérée dans les courbes.

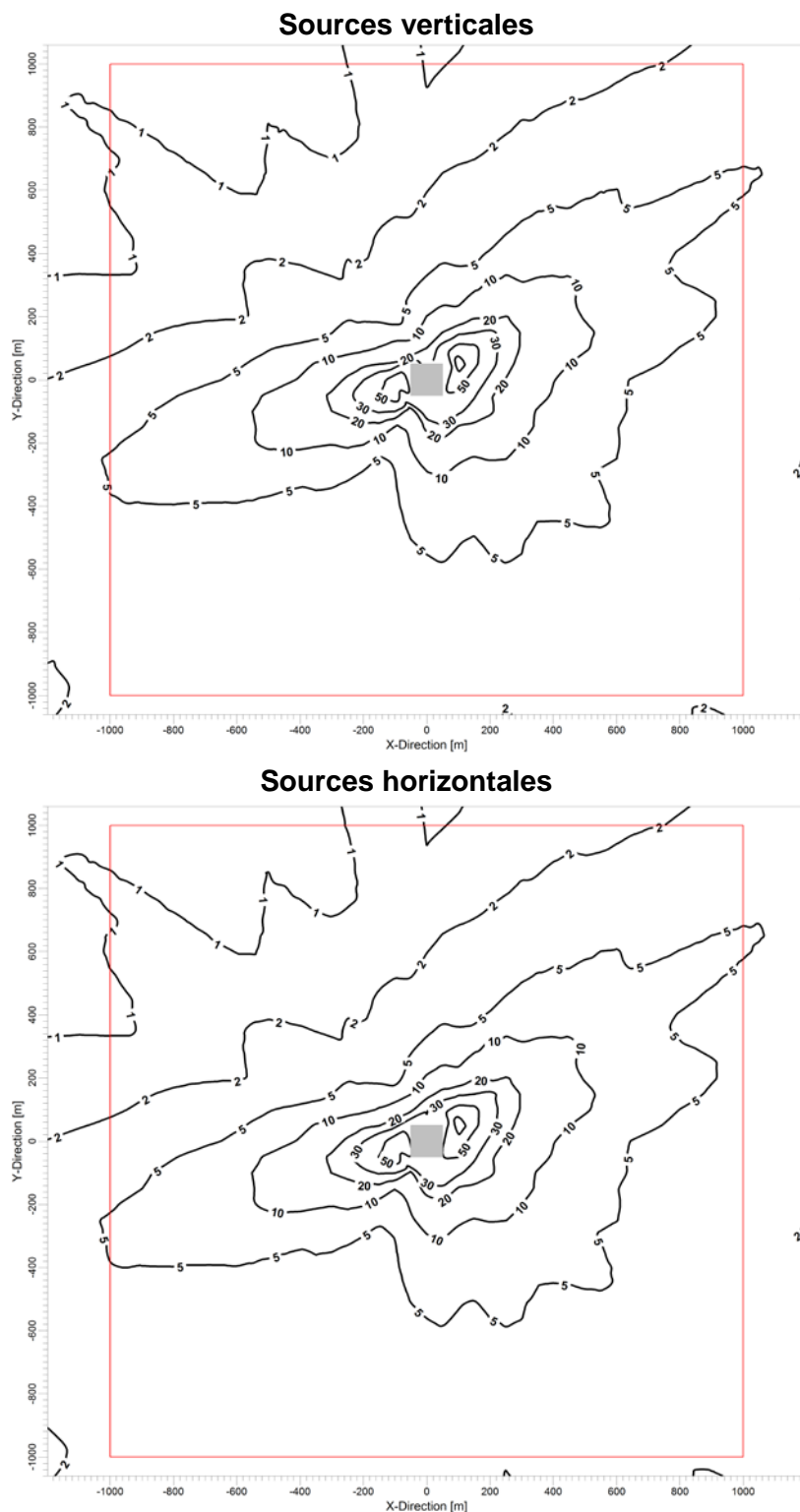
Figure 4.8 Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales journalières de $\text{PM}_{2.5}$ calculées dans l'air ambiant pour le forage – Météorologie : Québec 2008-2012



Norme du RAA : $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentration initiale ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas considérée dans les courbes.

Figure 4.9 Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales journalières de $\text{PM}_{2.5}$ calculées dans l'air ambiant pour le forage – Météorologie : Québec AF 2008-2012



Norme du RAA : 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentration initiale (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas considérée dans les courbes.

4.2.3 Particules totales (PM_t)

Les concentrations maximales de PM_t dans l'air ambiant estimées par modélisation sont présentées au tableau 4.6 pour les jeux de données météorologiques de Montréal, Bécancour et Québec. Les courbes des concentrations maximales journalières sont présentées à la figure 4.10 pour le jeu de données météorologiques de Québec pour lequel les concentrations calculées de PM_t sont les plus élevées. Des dépassements de la norme journalière de 120 µg/m³ ont été calculés jusqu'à 365 m du centre de la plate-forme, mais uniquement en considérant la concentration initiale.

Tableau 4.6 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales journalières de PM_t calculées dans l'air ambiant pour le forage

Météorologie	Orientations des échappements des moteurs	Concentrations maximales ^a (µg/m ³) (Norme=120 µg/m ³)		Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b		Nombres maximums de dépassements de la norme par récepteur ^c
		Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	
Montréal 2008-2012	V	88	178	s. o.	330	207
	H	91	181	s. o.	335	237
Bécancour 2005-2009	V	80	170	s. o.	345	105
	H	83	173	s. o.	345	179
Québec 2008-2012	V	97	187	s. o.	365	305
	H	100	190	s. o.	365	371

a : Résultats du modèle de dispersion sans et avec considération de la concentration initiale (90 µg/m³).

b : Distance à partir du centre du site.

c : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

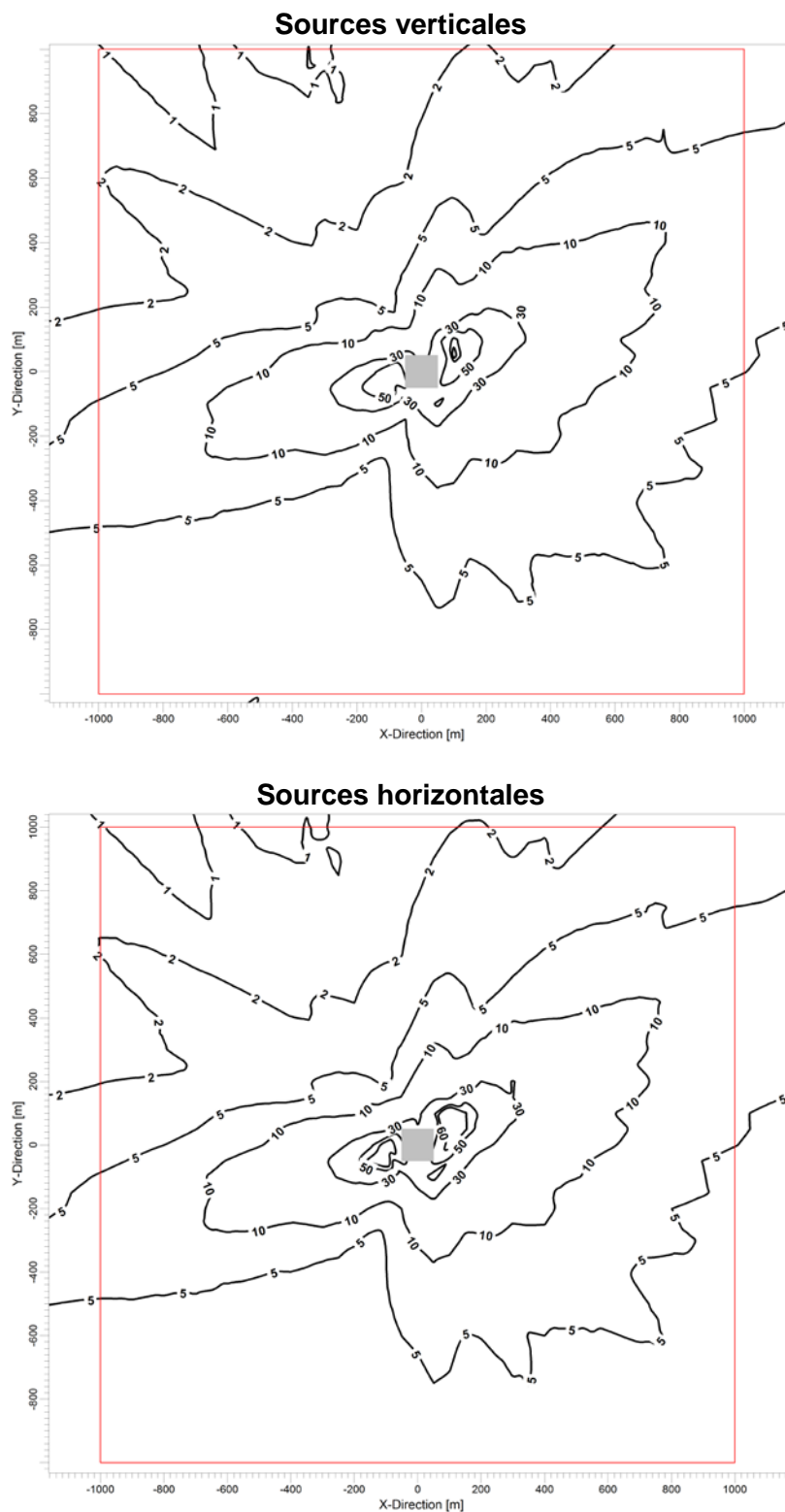
s. o. : sans objet

4.2.4 Dioxyde de soufre (SO₂)

Les résultats maximums pour le dioxyde de soufre sont présentés aux tableaux 4.7 à 4.9 respectivement pour les concentrations sur 4 minutes, journalières et annuelles. La figure 4.11 présente les concentrations maximales sur quatre minutes et journalières calculées dans l'air ambiant pour le jeu de données météorologiques de Montréal. L'ampleur des dépassements des normes à courts termes (4 minutes et 24 heures) est importante à proximité du site et les zones de dépassements atteignent respectivement 205 m et 265 m du centre de la plate-forme.

Les chaudières alimentées au mazout léger sont les principaux contributeurs aux concentrations calculées de SO₂ dans l'air ambiant. L'utilisation de ces dernières ne serait cependant que pour une période de 24 heures en hiver (CIRAIG, 2012). Sans la contribution des chaudières, tous les résultats pour le SO₂ se retrouvent en deçà des normes du RAA. Dans un tel scénario, la concentration maximale sur 4 minutes atteint 172 µg/m³ (13 % de la norme 4 minutes) alors que les maximums journalier et annuel atteignent respectivement 51,4 µg/m³ (18 % de la norme) et 20,1 µg/m³ (38 % de la norme) tout en incluant les concentrations initiales (150 µg/m³, 50 µg/m³ et 20 µg/m³ sur des bases de 4 minutes, journalière et annuelle).

Figure 4.10 Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales journalières de PM_{10} calculées dans l'air ambiant pour le forage – Météorologie : Québec 2008-2012



Norme du RAA : $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentration initiale ($90 \mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas considérée dans les courbes.

Tableau 4.7 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales sur 4 minutes de SO₂ calculées dans l'air ambiant pour le forage

Météorologie	Concentrations maximales ^a (µg/m ³) (Norme=1310 µg/m ³)		Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b	
	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale
Montréal 2008-2012	2 240	2 390	185	205
Bécancour 2005-2009	1 810	1 960	170	190
Québec 2008-2012	2 130	2 280	180	200

a : Résultats du modèle de dispersion sans et avec considération de la concentration initiale (150 µg/m³).

b : Distance à partir du centre du site.

Tableau 4.8 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales journalières de SO₂ calculées dans l'air ambiant pour le forage

Météorologie	Concentrations maximales ^a (µg/m ³) (Norme=288 µg/m ³)		Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b	
	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale
Montréal 2008-2012	627	677	185	230
Bécancour 2005-2009	511	561	180	265
Québec 2008-2012	559	609	210	260

a : Résultats du modèle de dispersion sans et avec considération de la concentration initiale (50 µg/m³).

b : Distance à partir du centre du site.

Tableau 4.9 Sommaire des résultats pour les concentrations moyennes annuelles de SO₂ calculées dans l'air ambiant pour le forage

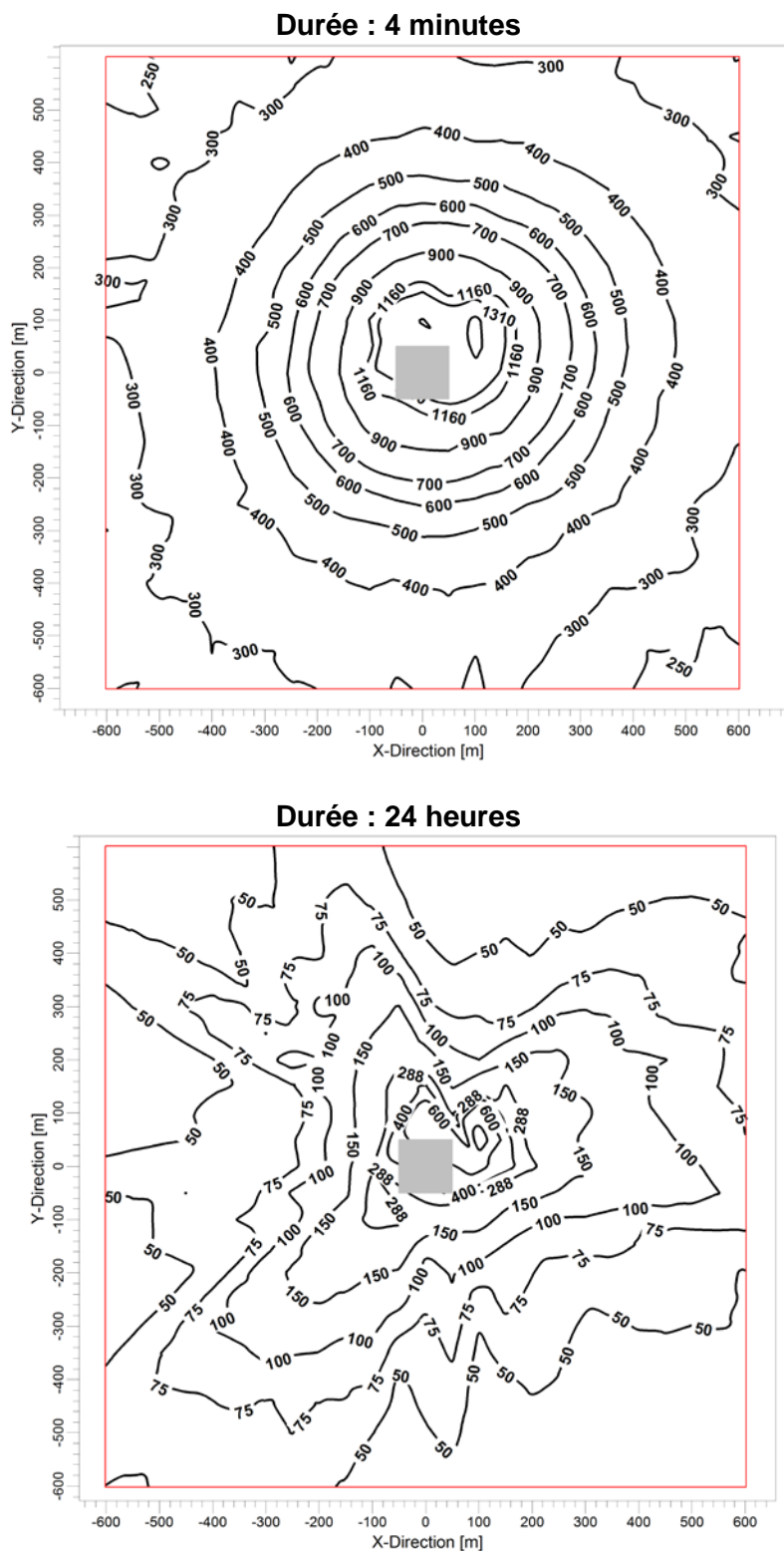
Météorologie	Concentrations maximales ^a (µg/m ³) (Norme=52 µg/m ³)		Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b	
	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale
Montréal 2008-2012	16	36	s. o.	s. o.
Bécancour 2005-2009	14	34	s. o.	s. o.
Québec 2008-2012	24	44	s. o.	s. o.

a : Résultats du modèle de dispersion sans et avec considération de la concentration initiale (20 µg/m³).

b : Distance à partir du centre du site.

s. o. : sans objet, car il n'y aurait pas de dépassement de la norme.

Figure 4.11 Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales à courts termes de SO_2 calculées dans l'air ambiant pour le forage – Météorologie : Montréal 2008-2012



Norme du RAA : 1 310 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 4 minutes, 288 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 24 heures.

Les concentrations initiales (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 4 minutes et 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 24 heures) ne sont pas considérées dans les courbes.

4.2.5 Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Les résultats de simulation pour les concentrations moyennes annuelles de HAP en phase développement, exprimés en termes d'équivalence toxique par rapport au B(a)P, sont présentés au tableau 4.10 pour trois jeux de données météorologiques et à la figure 4.12 pour le jeu de données météorologiques de Québec.

La concentration moyenne annuelle maximale calculée pour la phase de développement dépasse le critère de qualité de l'air ambiant ($0,0009 \mu\text{g}/\text{m}^3$) par un facteur de deux à quatre pour les trois jeux météorologiques et les deux orientations des échappements des moteurs. La distance maximale de dépassement de la norme atteint 240 m du centre de la plate-forme. Encore une fois, ce sont les moteurs diesels qui sont en cause.

Pour la phase d'exploration, la concentration maximale annuelle calculée en bordure du site dépasse aussi le critère avec une valeur de $0,0011 \mu\text{g}/\text{m}^3$, incluant la concentration initiale.

Tableau 4.10 Sommaire des résultats pour les moyennes annuelles d'HAP en équivalent B(a)P calculées dans l'air ambiant pour le forage

Météorologie	Orientations des échappements des moteurs	Concentrations maximales ^a ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Norme= $0,0009 \mu\text{g}/\text{m}^3$)		Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b	
		Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale
Montréal 2008-2012	V	0,0022	0,0025	200	255
	H	0,0025	0,0028	205	265
Bécancour 2005-2009	V	0,0012	0,0015	200	255
	H	0,0022	0,0025	200	260
Québec 2008-2012	V	0,0028	0,0031	235	340
	H	0,0032	0,0035	240	340

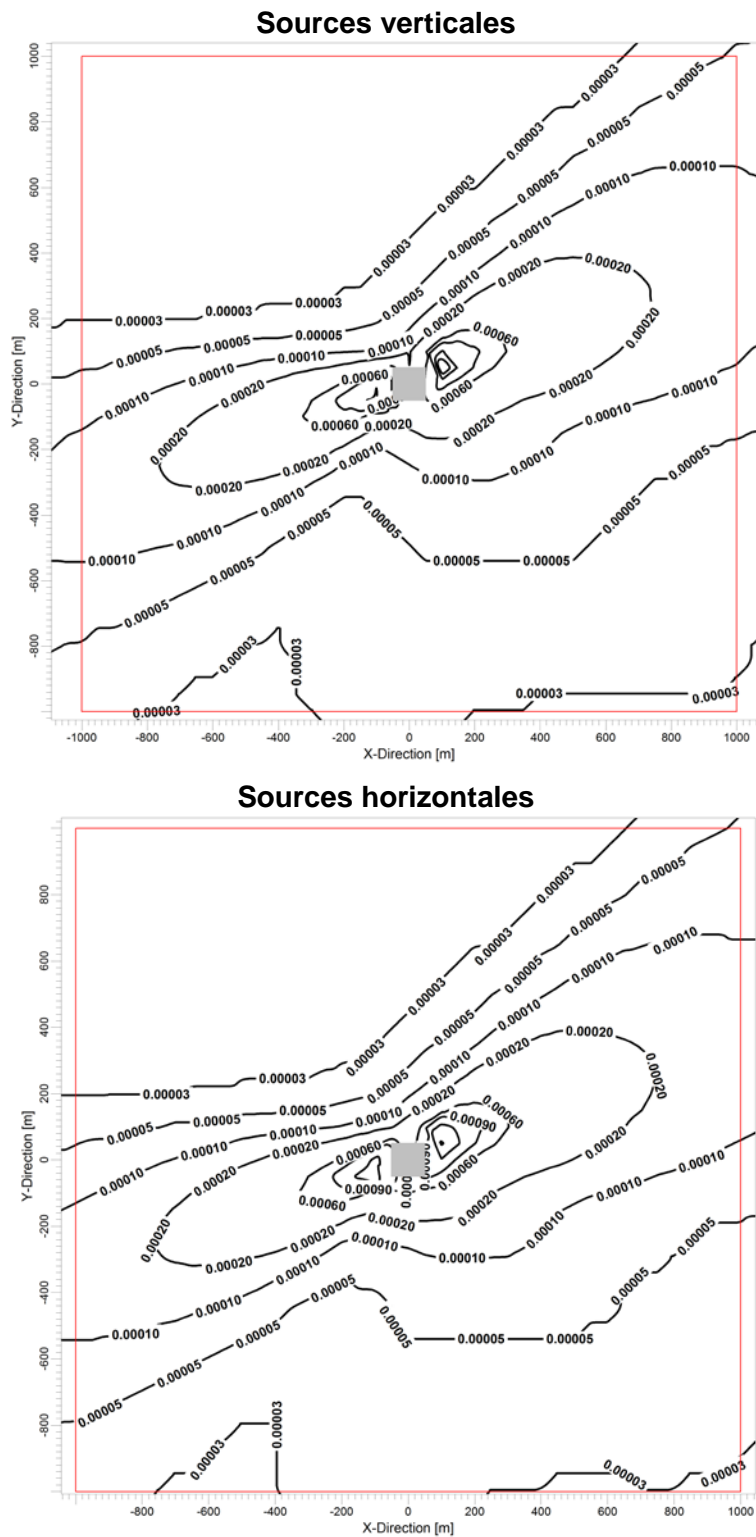
a : Résultats du modèle de dispersion sans et avec considération de la concentration initiale ($0,0003 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

b : Distance à partir du centre du site.

4.2.6 Formaldéhyde

Les résultats de simulation pour le formaldéhyde sont présentés au tableau 4.11 pour l'orientation horizontale des échappements des moteurs seulement, les résultats en orientation verticale étant inférieurs à la norme. La figure 4.13 présente les concentrations maximales sur 15 minutes pour le jeu météorologique de Bécancour. Tous les dépassements de la norme sont causés par les moteurs diesels et ont été calculés jusqu'à une distance de 135 m du centre de la plate-forme.

Figure 4.12 Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) moyennes annuelles HAP en équivalent B(a)P calculées dans l'air ambiant pour le forage - Météorologie : Québec 2008-2012



Critère du MDDEFP : $0,0009 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentration initiale ($0,0003 \mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas considérée dans les courbes.

Tableau 4.11 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales sur 15 minutes de formaldéhyde calculées dans l'air ambiant pour le forage

Météorologie	Orientations des échappements des moteurs	Concentrations maximales ^a ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Norme= $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$)		Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b		Nombres maximums de dépassements de la norme par récepteur ^c
		Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	
Montréal 2008-2012	H	30	33	s. o.	s. o.	0
Bécancour 2005-2009	H	51	54	130	135	9
Québec 2008-2012	H	19	22	s. o.	s. o.	0

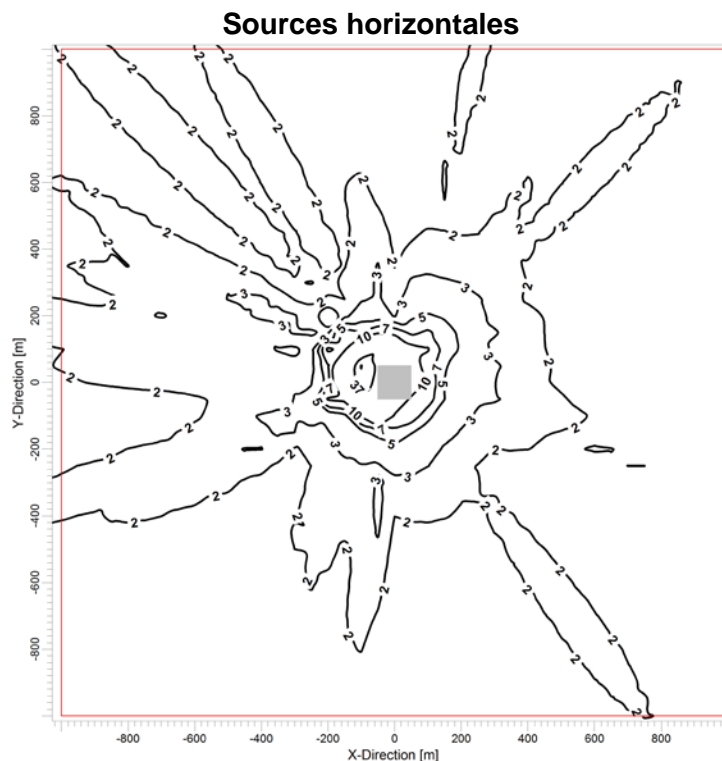
a : Résultats du modèle de dispersion sans et avec considération de la concentration initiale ($3 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

b : Distance à partir du centre du site.

c : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

s. o. : sans objet, car il n'y aurait pas de dépassement de la norme.

Figure 4.13 Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales sur 15 minutes de formaldéhyde calculées dans l'air ambiant pour le forage - Météorologie : Bécancour 2005-2009



Norme du RAA : $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentration initiale ($3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas considérée dans les courbes.

5. ÉVALUATION DES IMPACTS SUR LA QUALITÉ DE L'AIR RELIÉS À LA FRACTURATION HYDRAULIQUE

La fracturation hydraulique consiste à injecter sous haute pression un fluide composé d'eau et d'additifs dans le puits pour créer des fractures dans les formations rocheuses et de libérer le gaz en prévision de l'essai de production. Plusieurs cycles de fracturation sont effectués sur un puits afin d'en stimuler les différentes sections.

Pour la fracturation en mode d'exploration ou de développement, les émissions et les concentrations maximales calculées dans l'air ambiant sont identiques à court terme. Les concentrations annuelles seraient plus faibles pour l'exploration puisque la durée moyenne de la fracturation sur la plate-forme est beaucoup plus courte (6 jours) que pour le développement (2,5 mois). Puisqu'il n'y a pas d'impacts significatifs sur les concentrations moyennes annuelles de contaminants dans l'air ambiant pour la fracturation, seuls les résultats à court terme sont discutés dans ce chapitre et sont applicables aux phases d'exploration et de développement.

5.1 SOURCES ET PARAMÈTRES D'ÉMISSION

Le tableau 5.1 présente les paramètres d'émission des sources considérés dans la modélisation de la dispersion atmosphérique lors de la fracturation hydraulique. Les taux d'émission sont présentés dans la section 3.2 du rapport sur les taux d'émission (SNC-Lavalin 2013b).

La figure 5.1 montre l'agencement des sources sur une plate-forme lors de la fracturation hydraulique d'un puits. Cette configuration et les paramètres d'émission sont applicables pour les phases de l'exploration et du développement.

Tableau 5.1 Paramètres d'émission des sources lors de la fracturation hydraulique

Paramètres d'émission	Camions-pompes (moteurs de 1 690 kW)	Équipements de mélange (moteurs de 300 kW)
Nombre de sources	13	5
Température du gaz (°C)	450	400
Vitesse du gaz (m/s)	50	25
Diamètre (cm)	39,1	23,5
Hauteur du point d'émission (m) ^a	4	4
Direction initiale du gaz ^a	H/V	H/V

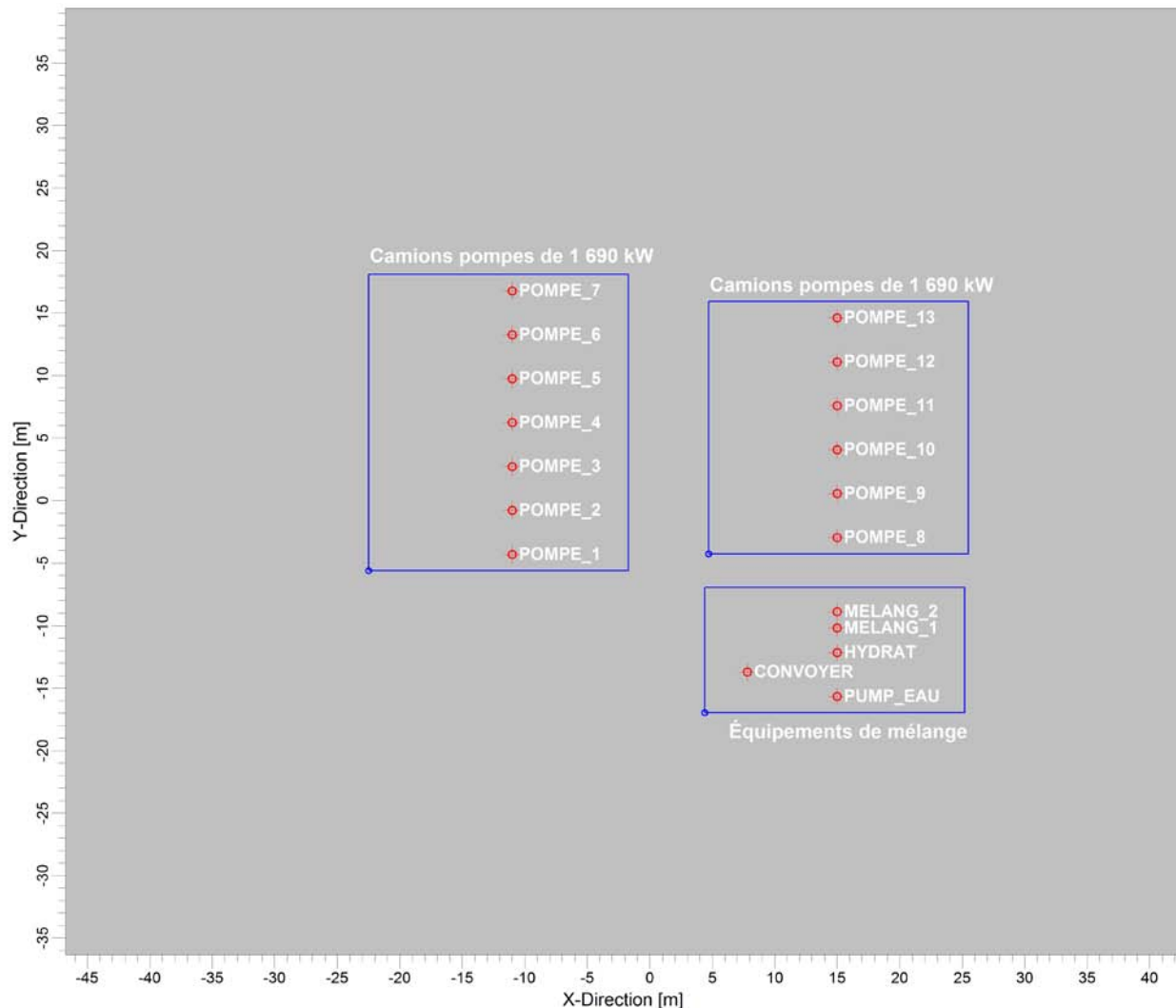
a : H/V – échappement horizontal ou vertical (deux options possibles).

5.2 RÉSULTATS DE MODÉLISATION

Les résultats de la modélisation obtenus avec l'option de simulation multi-contaminants sont présentés dans les tableaux sommaires de l'annexe B. Des dépassements importants des normes ou critères de qualité de l'air ambiant à court terme ont été calculés pour les particules totales (PM_t), les particules fines (PM_{2,5}), le NO₂ et le formaldéhyde. Tout comme pour l'étape du forage, les nombreux moteurs diesels exploités sur le site durant la fracturation, principalement les camions-pompes, sont les sources en cause de ces dépassements. Pour

ces contaminants, les sous-sections suivantes présentent les résultats de modélisation de façon plus détaillée. Afin d'alléger la présentation des résultats, en général seuls ceux obtenus pour l'orientation verticale des échappements des moteurs sont présentés pour plusieurs jeux de données météorologiques dans des tableaux et les courbes des concentrations maximales sont présentées pour le jeu de données ayant mené aux concentrations maximales. Bien qu'avec l'orientation horizontale des échappements des moteurs les résultats soient généralement plus élevés à proximité des sources, les conclusions à tirer des résultats sont similaires.

Figure 5.1 Agencement des sources sur une plate-forme lors de la fracturation hydraulique



5.2.1 Dioxyde d'azote (NO₂)

Les concentrations maximales horaires et journalières de NO₂ dans l'air ambiant estimées par simulation sont présentées aux tableaux 5.2 et 5.3 ainsi qu'aux figures 5.2 et 5.3. Les résultats des moyennes annuelles de NO₂ obtenus en supposant une conversion totale du NO en NO₂, n'ont pas indiqué de dépassement de la moyenne annuelle (voir annexe B) et ne sont pas interprétés plus longuement. Sur une base horaire, les concentrations maximales calculées en

bordure du site dépassent la norme par un facteur de 4 et les dépassements s'étendraient jusqu'à 600 mètres du centre de la plate-forme. Sur une base journalière, les dépassements calculés atteignent le double de la norme en bordure du site et s'étendent jusqu'à environ 200 mètres du centre de la plate-forme.

5.2.2 Particules fines ($PM_{2.5}$)

Les concentrations maximales de $PM_{2.5}$ calculées dans l'air ambiant sur 24 heures sont présentées au tableau 5.4 et à la figure 5.4. Encore une fois, l'ampleur des dépassements de la norme est importante à proximité des sources, de 2 à 4 fois la norme en considérant ou non la concentration initiale. Les dépassements calculés pour les sources seulement s'étendent jusqu'à 235 mètres du centre de la plate-forme et jusqu'à 650 mètres en considérant la concentration initiale.

5.2.3 Particules totales (PM_t)

Les résultats de simulation pour les particules totales PM_t sont présentés au tableau 5.5 et à la figure 5.5. Des dépassements potentiels de la norme journalière ont été calculés en considérant la concentration initiale seulement. L'ampleur et la distance des dépassements calculés sont également moins importantes que pour les $PM_{2.5}$.

5.2.4 Formaldéhyde

Les concentrations maximales calculées sur 15 minutes pour le formaldéhyde sont présentées au tableau 5.6 et à la figure 5.6 pour une orientation horizontale. La zone de dépassement de la norme s'étend jusqu'à 425 m du centre de la plate-forme. Les résultats en orientation verticale sont plus bas et aucun dépassement de la norme n'a été obtenu pour la plupart des jeux de données météorologiques.

Tableau 5.2 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales horaires de NO₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour la fracturation

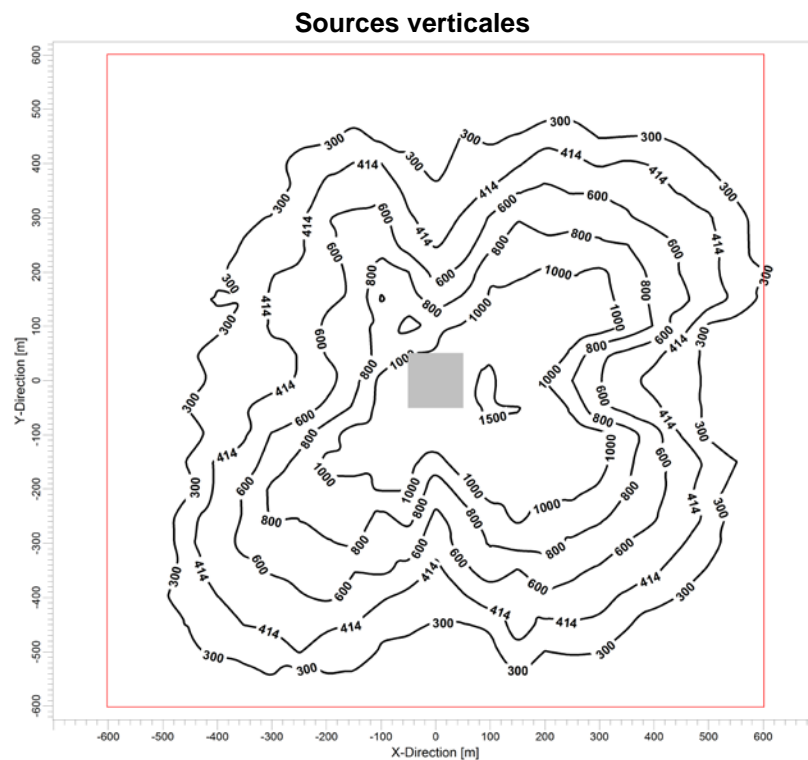
Météorologie	Orientations des échappements des moteurs	Concentrations maximales ^a (µg/m ³) (Norme=414 µg/m ³)	Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b	Nombres maximums de dépassements de la norme par récepteur ^c
		Avec concentration initiale	Avec concentration initiale	
Montréal 2008-2012	V	1 631	590	4 823
Québec 2008-2012	V	1 632	575	6 177

a : Résultats du modèle de dispersion avec considération de la concentration initiale.

b : Distance à partir du centre du site.

c : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

Figure 5.2 Concentrations (µg/m³) maximales horaires de NO₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour la fracturation – Météorologie : Montréal 2008-2012



Norme du RAA : 414 µg/m.

Les concentrations initiales sont considérées dans les courbes.

Tableau 5.3 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales journalières de NO₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour la fracturation

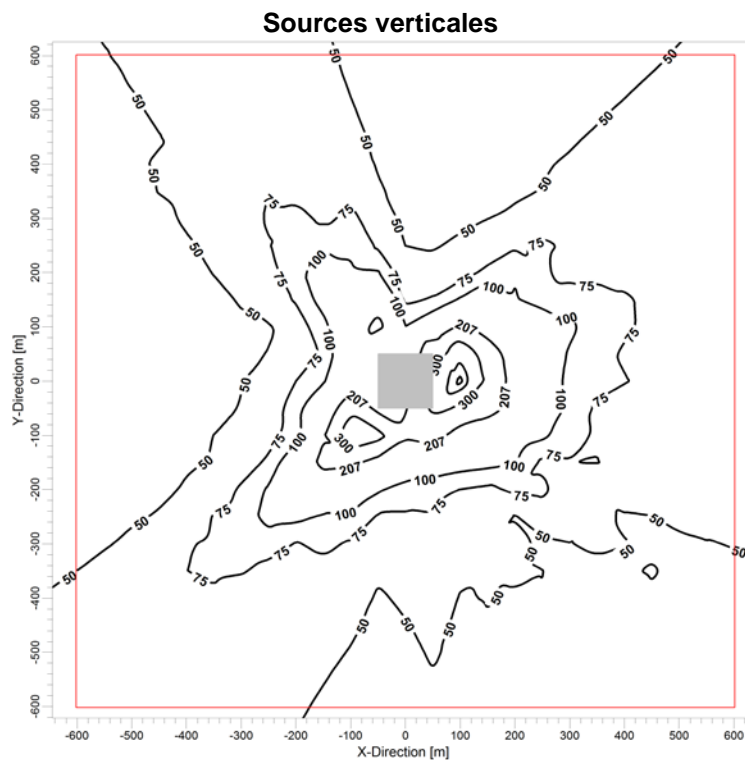
Météorologie	Orientations des échappements des moteurs	Concentrations maximales ^a (µg/m ³) (Norme=207 µg/m ³)	Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b	Nombres maximums de dépassements de la norme par récepteur ^c
		Avec concentration initiale	Avec concentration initiale	
Montréal 2008-2012	V	467	220	101
Québec 2008-2012	V	404	190	80

a : Résultats du modèle de dispersion avec considération de la concentration initiale.

b : Distance à partir du centre du site.

c : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

Figure 5.3 Concentrations (µg/m³) maximales journalières de NO₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour la fracturation – Météorologie : Montréal 2008-2012



Norme du RAA : 414 µg/m³.

Les concentrations initiales sont considérées dans les courbes.

Tableau 5.4 Sommaire des résultats pour les concentrations journalières de PM_{2.5} calculées dans l'air ambiant pour la fracturation

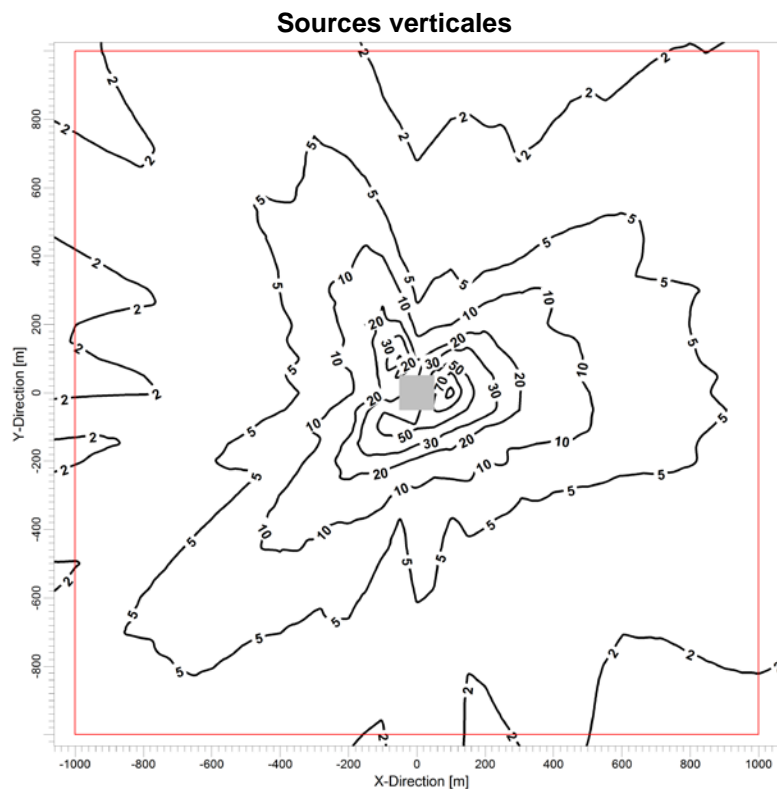
Météorologie	Orientations des échappements des moteurs	Concentrations maximales ^a (µg/m ³) (Norme=30 µg/m ³)		Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b		Nombres maximums de dépassements de la norme par récepteur ^c
		Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	
Montréal 2008-2012	V	98	118	235	640	599
Bécancour 2005-2009	V	59	79	205	595	312
Québec 2008-2012	V	89	109	235	605	756

a : Résultats du modèle de dispersion sans et avec considération de la concentration initiale (20 µg/m³).

b : Distance à partir du centre du site.

c : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

Figure 5.4 Concentrations (µg/m³) maximales journalières de PM_{2.5} calculées dans l'air ambiant pour la fracturation – Météorologie : Montréal 2008-2012



Norme du RAA : 30 µg/m³.

La concentration initiale (20 µg/m³) n'est pas considérée dans les courbes.

Tableau 5.5 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales journalières de PM_{10} calculées dans l'air ambiant pour la fracturation

Météorologie	Orientations des échappements des moteurs	Concentrations maximales ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Norme=120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ^a		Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b		Nombres maximums de dépassements de la norme par récepteur ^c
		Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	
Montréal 2008-2012	V	98	188	s. o.	235	176
Bécancour 2005-2009	V	59	149	s. o.	205	63
Québec 2008-2012	V	89	179	s. o.	235	219

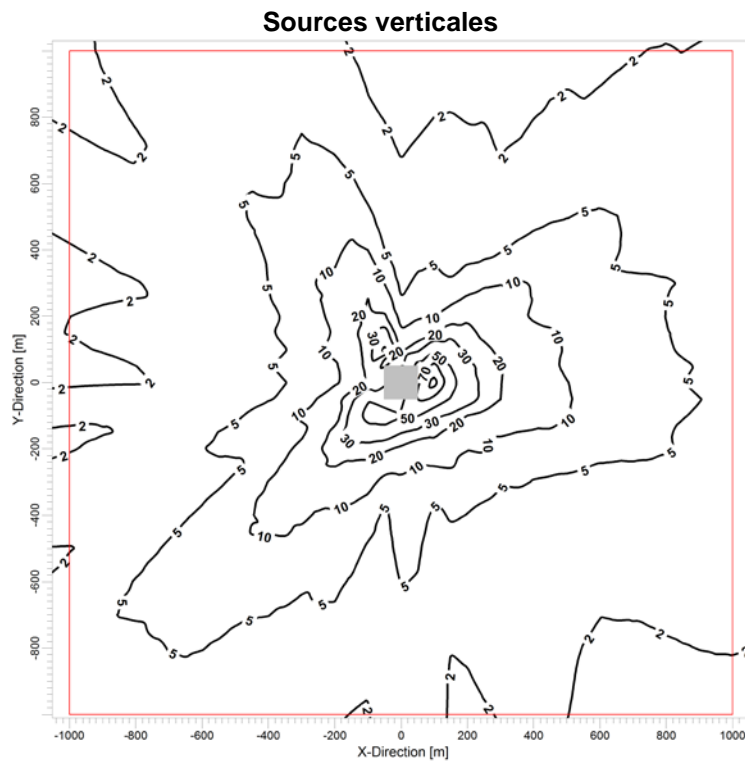
a : Résultats du modèle de dispersion sans et avec considération de la concentration initiale (90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

b : Distance à partir du centre du site.

c : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

s. o. : sans objet

Figure 5.5 Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales journalières de PM_{10} calculées dans l'air ambiant pour la fracturation – Météorologie : Montréal 2008-2012



Norme du RAA : 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentration initiale (90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas considérée dans les courbes.

Tableau 5.6 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales sur 15 minutes de formaldéhyde calculées dans l'air ambiant pour la fracturation

Météorologie	Orientations des échappements des moteurs	Concentrations maximales ^a ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Norme=37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b		Nombres maximums de dépassements de la norme par récepteur ^c
		Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	
Montréal 2008-2012	H	36	39	s. o.	115	3
Bécancour 2005-2009	H	70	73	395	425	90
Québec 2008-2012	H	39	42	115	120	2

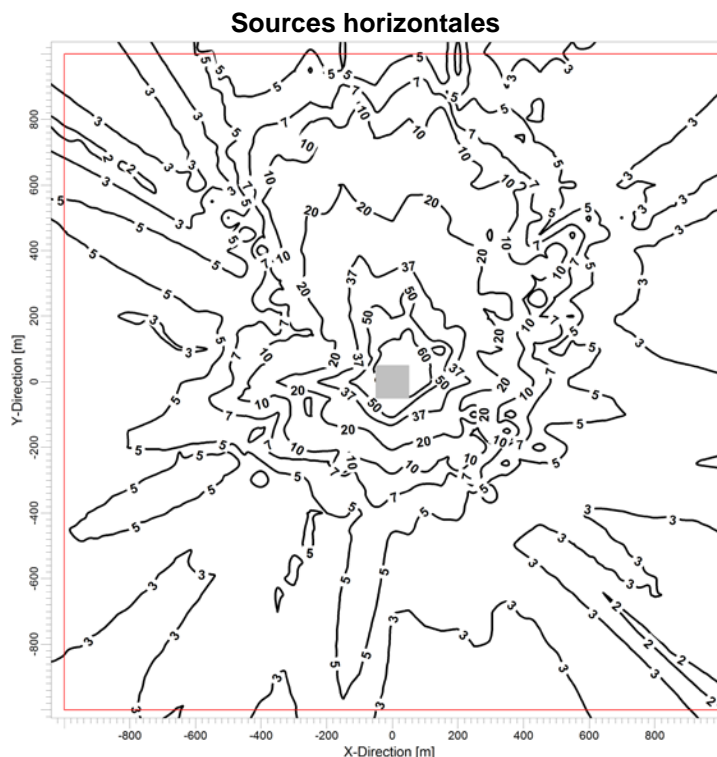
a : Résultats du modèle de dispersion sans et avec considération de la concentration initiale (3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

b : Distance à partir du centre du site.

c : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

s. o. : sans objet, car il n'y aurait pas de dépassement de la norme.

Figure 5.6 Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales sur 15 minutes de formaldéhyde calculées dans l'air ambiant pour la fracturation - Météorologie : Bécancour 2005-2009



Norme du RAA : 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentration initiale (3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas considérée dans les courbes.

6. ÉVALUATION DES IMPACTS SUR LA QUALITÉ DE L'AIR RELIÉS À L'ESSAI DE PRODUCTION

L'essai de production évalue l'efficacité de la fracturation hydraulique dans un puits et permet aussi d'évaluer le rendement potentiel du site en gaz de schiste durant la phase d'exploration. L'essai consiste tout d'abord à retirer une importante quantité d'eau ayant été injectée dans le puits à l'aide d'équipements de pompage spécialisés. Le gaz peut alors jaillir du puits avec l'eau de reflux vers un séparateur gaz-liquide. Le gaz à la sortie du séparateur est éliminé à la torchère alors que l'eau de reflux est acheminée dans des bassins d'entreposage ouverts construits sur le site même.

Contrairement au forage et à la fracturation, les émissions à court terme lors de l'essai de production seraient plus importantes à la phase de développement qu'à la phase d'exploration à cause de la plus grande dimension du bassin de stockage des eaux de reflux. Tous les résultats présentés dans ce chapitre se rapportent à la phase de développement. Les résultats pour la phase d'exploration seraient plus faibles (jusqu'à un facteur de deux), mais face aux incertitudes reliées aux émissions du bassin qui seront présentées plus loin, il appert qu'ils n'apporteraient pas d'informations supplémentaires utiles pour cette étude.

6.1 SOURCES ET PARAMÈTRES D'ÉMISSION

Le tableau 6.1 présente les sources et leurs paramètres d'émission considérés dans l'étude de dispersion atmosphérique pour l'étape de l'essai de production. Les taux d'émission ont été développés et présentés dans la section 3.3 du rapport sur les taux d'émission (SNC-Lavalin 2013b).

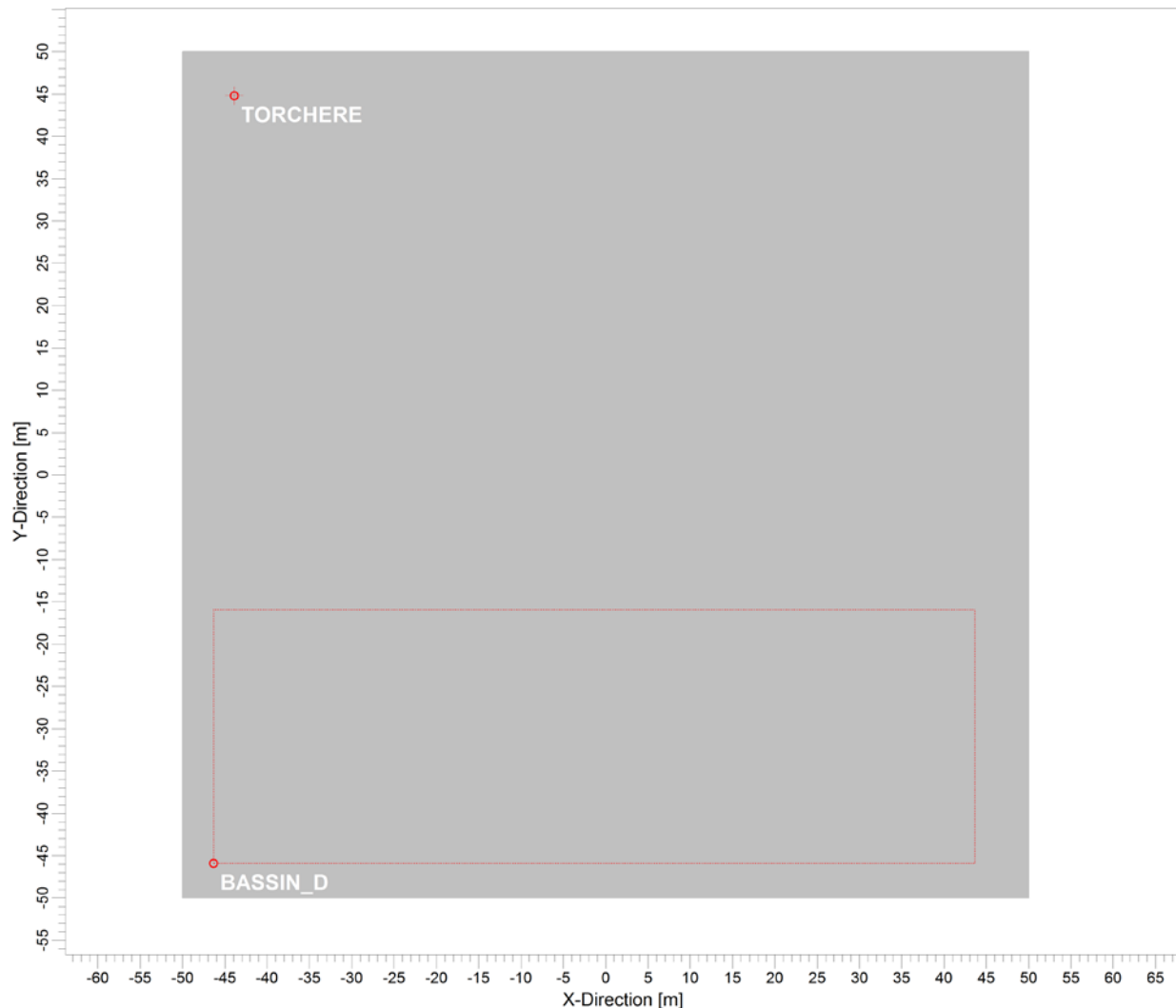
La figure 6.1 montre l'agencement des sources sur une plate-forme en mode de développement. En mode d'exploration, le bassin des eaux de reflux serait plus petit, avec une dimension de 30 m par 40 m.

Tableau 6.1 Paramètres d'émission des sources pour l'essai de production

Paramètres d'émission	Torchère à flamme invisible	Bassin des eaux de reflux
Nombre de sources	1	1
Température du gaz (°C)	800	s. o.
Vitesse du gaz (m/s)	50	s. o.
Diamètre (cm)	98,8	s. o.
Surface (m ²)	s. o.	30 m × 90 m ^a (ou 30 m × 40 m)
Hauteur du point d'émission (m) ^a	10	0
Direction initiale du gaz ^c	V	V

a : Surface du bassin plus grande en phase de développement qu'en phase d'exploration.

Figure 6.1 Agencement des sources sur une plate-forme durant l'essai de production (mode développement)



6.2 RÉSULTATS DE MODÉLISATION

Les concentrations maximales calculées pour chaque contaminant sont présentées à l'annexe C pour chaque jeu de données météorologiques, en mode d'exploration et en mode de développement.

Pour les émissions de H₂S et de BTEX en provenance du bassin des eaux de reflux, des dépassements extrêmes en termes d'intensités (10 à 400 fois selon le BTEX et de 600 à 2000 pour le H₂S) et d'étendues (plus de 5 km pour le benzène, le toluène, le xylène et le H₂S) ont été calculés. Ces résultats sont présentés aux tableaux 6.2 à 6.7 et aux figures 6.2 à 6.7.

Tableau 6.2 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales sur 4 minutes de H₂S calculées dans l'air ambiant pour l'essai de production

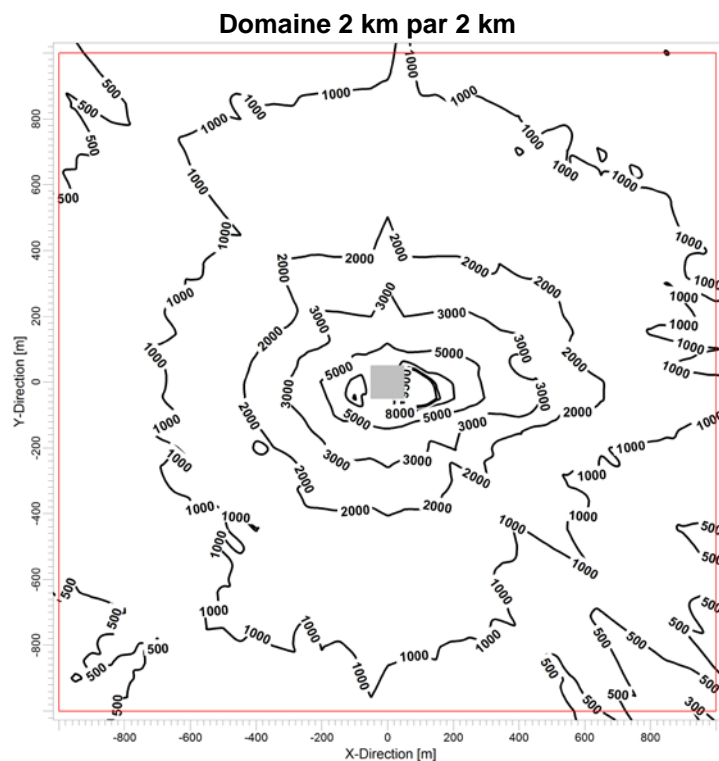
Météorologie	Concentrations maximales ^a (µg/m ³) (Norme=6 µg/m ³)	Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b	Nombres maximums de dépassements de la norme par récepteur ^c
	Sans et avec concentration initiale	Sans et avec concentration initiale	
Montréal 2008-2012	3 636	> 5 000	11 153
Bécancour 2005-2009	13 482	> 5 000	13 714
Québec 2008-2012	3 539	> 5 000	12 672

a : Résultats du modèle de dispersion avec considération de la concentration initiale (0 µg/m³).

b : Distance à partir du centre du site. Domaine de modélisation se rend jusqu'à 5 km du centre de la plate-forme.

c : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

Figure 6.2 Concentrations (µg/m³) maximales sur 4 minutes de H₂S calculées dans l'air ambiant pour l'essai de production – Météorologie : Bécancour 2005-2009



Normes du RAA : 6 µg/m³.

La concentration initiale étant 0 µg/m³, les courbes sont identiques avec et sans la concentration initiale

Tableau 6.3 Sommaire des résultats pour les concentrations moyennes annuelles de H₂S calculées dans l'air ambiant pour l'essai de production

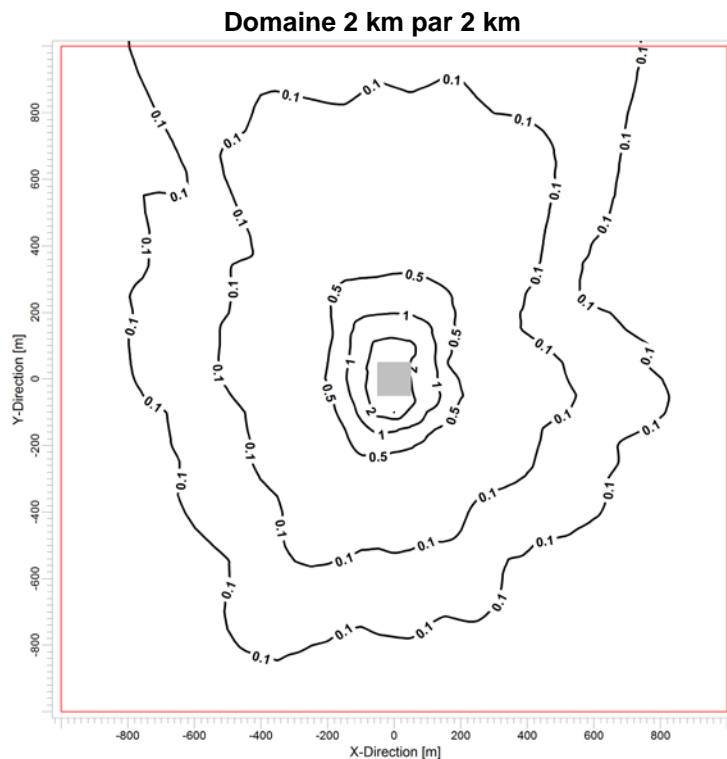
Météorologie	Concentrations maximales ^a ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Norme=2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b
	Sans et avec concentration initiale	Sans et avec concentration initiale
Montréal 2008-2012	1,62	s. o.
Bécancour 2005-2009	2,73	125
Québec 2008-2012	2,51	120

a : Résultats du modèle de dispersion avec considération de la concentration initiale (0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

b : Distance à partir du centre du site.

s. o. : sans objet, car il n'y aurait pas de dépassement de la norme.

Figure 6.3 Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales annuelles de H₂S calculées dans l'air ambiant pour l'essai de production – Météorologie : Bécancour 2005-2009



Normes du RAA : 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentration initiale étant 0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, les courbes sont identiques avec et sans la concentration initiale.

Tableau 6.4 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales journalières de benzène calculées dans l'air ambiant pour l'essai de production

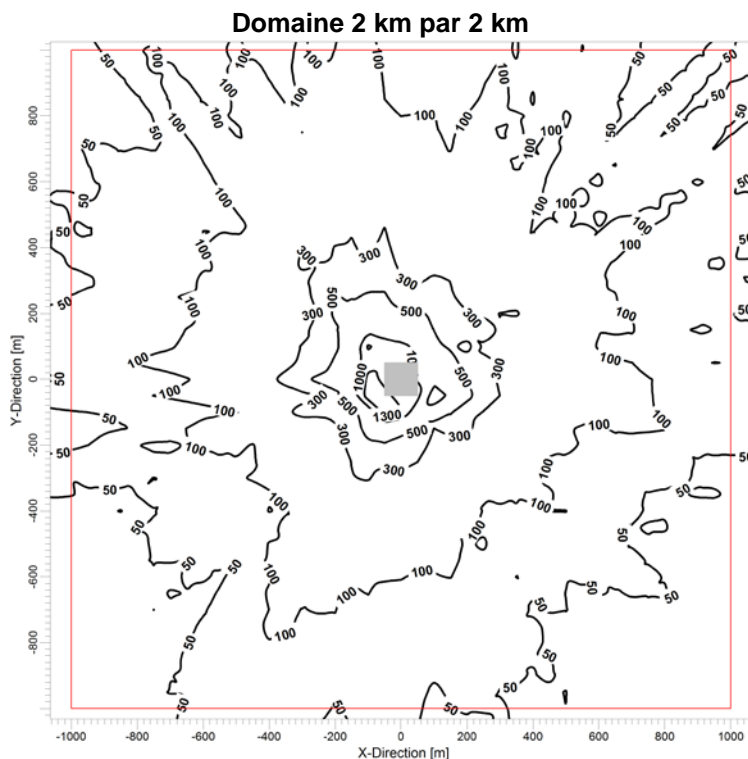
Météorologie	Concentrations maximales ^a ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Norme=10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b		Nombre maximum de dépassements de la norme par récepteur ^c
	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	
Montréal 2008-2012	821	824	2 785	3 550	1 127
Bécancour 2005-2009	1 470	1 473	> 5 000	> 5 000	1 229
Québec 2008-2012	1 013	1 016	3 000	3 890	1 216

a : Résultats du modèle de dispersion sans et avec considération de la concentration initiale (3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

b : Distance à partir du centre du site.

c : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

Figure 6.4 Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales journalières de benzène calculées dans l'air ambiant pour l'essai de production – Météorologie : Bécancour 2005-2009



Norme du RAA : 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentration initiale (3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas considérée dans les courbes.

Tableau 6.5 Sommaire des résultats pour les concentrations sur 4 minutes de toluène calculées dans l'air ambiant pour l'essai de production

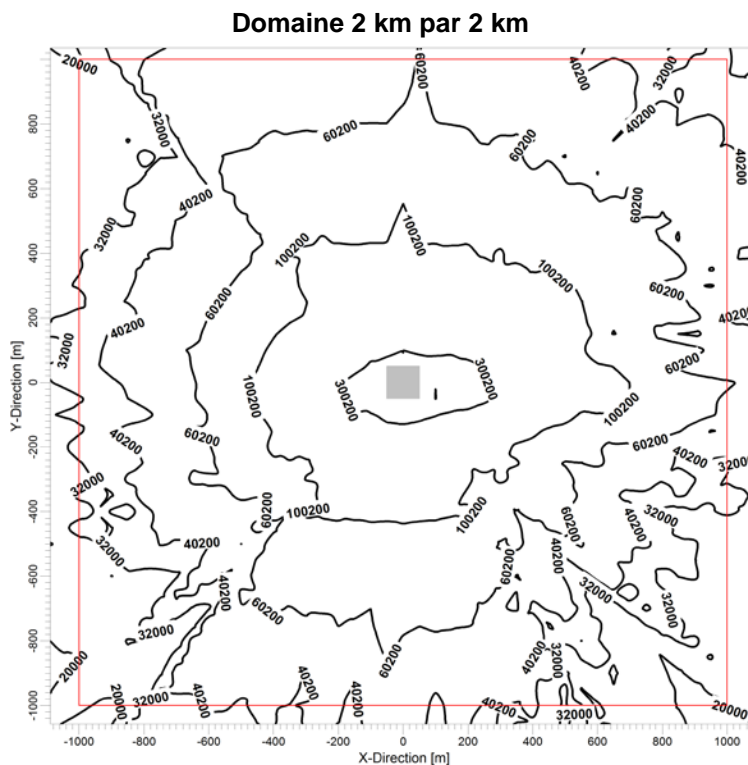
Météorologie	Concentrations maximales ^a ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Norme=600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b		Nombres maximums de dépassements de la norme par récepteur ^c
	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	
Montréal 2008-2012	199 240	199 500	> 5 000	> 5 000	11 059
Bécancour 2005-2009	738 620	738 880	> 5 000	> 5 000	13 675
Québec 2008-2012	193 890	194 150	> 5 000	> 5 000	12 597

a : Résultats du modèle de dispersion sans et avec considération de la concentration initiale (260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

b : Distance à partir du centre du site.

c : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

Figure 6.5 Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales sur 4 minutes de toluène calculées dans l'air ambiant pour l'essai de production – Météorologie : Bécancour 2005-2009



Norme du RAA : 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentration initiale (260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas considérée dans les courbes.

Tableau 6.6 Sommaire des résultats pour les concentrations sur 4 minutes d'éthylbenzène calculées dans l'air ambiant pour l'essai de production

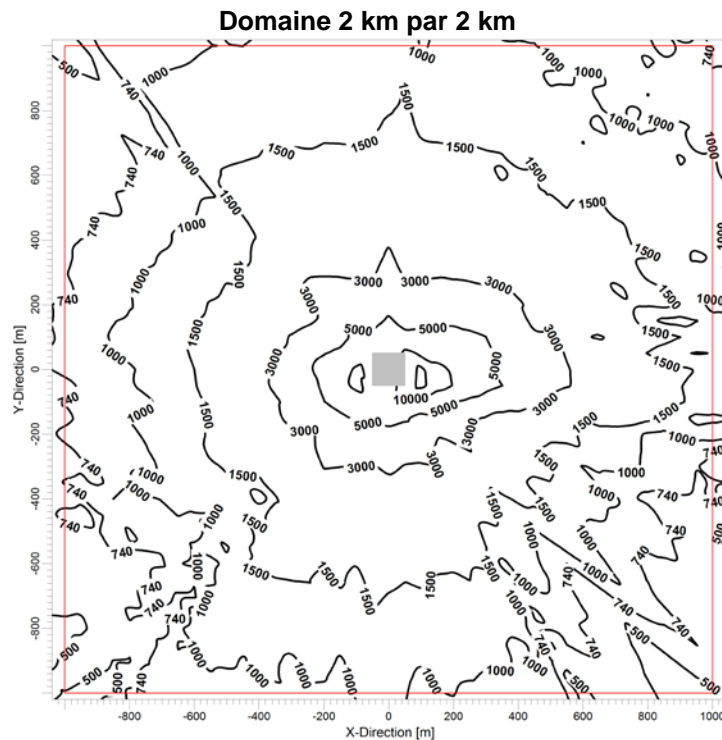
Météorologie	Concentrations maximales ^a ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Norme=740 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b		Nombres maximums de dépassements de la norme par récepteur ^c
	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	
Montréal 2008-2012	4 420	4 560	535	635	1 026
Bécancour 2005-2009	16 380	16 520	1 625	2155	1 606
Québec 2008-2012	4 300	4 440	525	620	1 920

a : Résultats du modèle de dispersion sans et avec considération de la concentration initiale (140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

b : Distance à partir du centre du site.

c : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

Figure 6.6 Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales sur 4 minutes d'éthylbenzène calculées dans l'air ambiant pour l'essai de production – Météorologie : Bécancour 2005-2009



Norme du RAA : 740 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentration initiale (140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas considérée dans les courbes.

Tableau 6.7 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales sur 4 minutes des xylènes calculées dans l'air ambiant pour l'essai de production

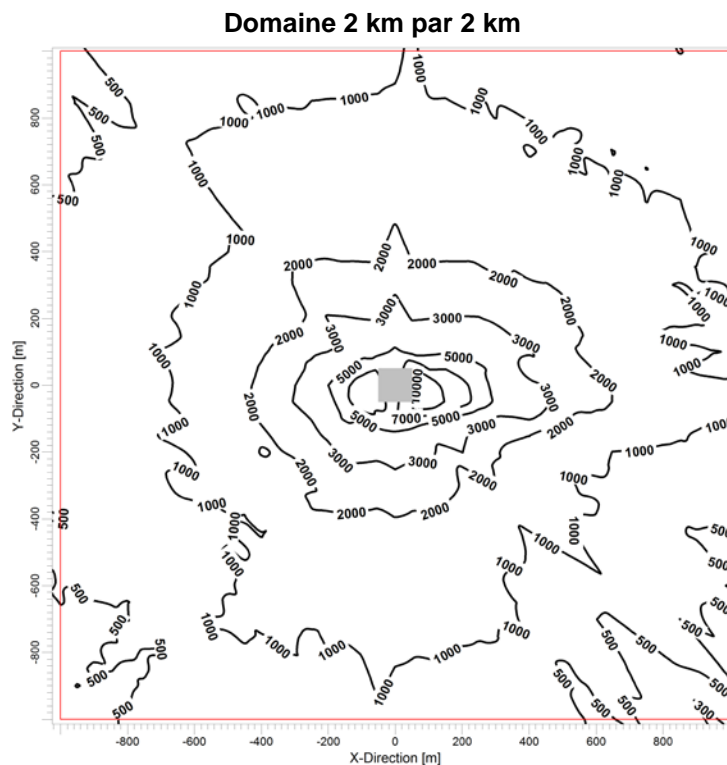
Météorologie	Concentrations maximales ^a ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Norme=350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b		Nombres maximums de dépassements de la norme par récepteur ^c
	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	
Montréal 2008-2012	6 794	6 944	1 290	1 980	2 699
Bécancour 2005-2009	25 185	25 335	4 985	> 5 000	3 524
Québec 2008-2012	6610	6760	1 300	1 995	4 136

a : Résultats du modèle de dispersion sans et avec considération de la concentration initiale (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

b : Distance à partir du centre du site.

c : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

Figure 6.7 Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales sur 4 minutes des xylènes calculées dans l'air ambiant pour l'essai de production – Météorologie : Bécancour 2005-2009



Norme du RAA : 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentration initiale (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas considérée dans les courbes.

6.3 INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Les taux d'émission considérés (SNC-Lavalin, 2013b) dans les résultats de la section 6.2 sont basés sur des concentrations théoriques de COV dans l'eau de reflux à l'équilibre avec le gaz de schiste tout en considérant un gaz de schiste enrichi aux fins de l'étude en composés organiques et en H₂S par rapport aux teneurs de ses composés observés dans le peu d'analyses effectuées sur le gaz de schiste d'Utica au Québec.

Ces concentrations théoriques de COV dans l'eau de reflux sont supérieures de plusieurs ordres de grandeur (2 000 à 40 000 fois) aux concentrations mesurées dans l'eau de fracturation fournies par le MDDEFP. Ces dernières n'ont pas été considérées dans la détermination des taux d'émission, car les temps de repos entre le reflux de l'eau et le moment de l'échantillonnage sont inconnus.

Les concentrations théoriques de COV dans l'eau de reflux sont aussi beaucoup plus élevées que celles observées dans les eaux de reflux lors de l'exploitation du shale de Marcellus en Pennsylvanie et Virginie occidentale (NYSDEC, 2011) pour un gaz considéré moins « propre » que celui du shale d'Utica. Les séries de données publiées dans l'étude du NYSEC peuvent aussi être qualifiées de disparates, car elles proviennent de sources multiples et de fiabilité variable. Elles indiquent toutefois que les concentrations dans l'eau de reflux varient beaucoup d'un puits à l'autre et qu'elles peuvent changer quelques jours après la fracturation.

La comparaison entre les concentrations de BTEX dans les profils de concentrations théoriques et observés dans les eaux de reflux est présentée au tableau 6.8. Les résultats de modélisation pour les concentrations de contaminants dans l'air ambiant sont directement proportionnels aux concentrations de ces contaminants dans l'eau de reflux. Le tableau 6.9 présente une analyse des concentrations maximales dans l'air ambiant à partir de ces quatre profils de concentrations dans l'eau de reflux. Ces nouveaux résultats permettent d'apprécier le niveau de confiance à apporter aux résultats de modélisation présentés à la section 6.2.

Selon les informations disponibles, il appert que la probabilité que les émissions par évaporation de H₂S et de COV au bassin de stockage des eaux de reflux entraînent des dépassements des normes en bordure des sites est très élevée. De plus, l'intensité, la fréquence et l'étendue de ces dépassements potentiels seraient vraisemblablement moindres que celles présentées à la section 6.2.

Tableau 6.8 Concentrations estimées et mesurées de BTEX dans les eaux de reflux

Composés	Concentrations dans l'eau (µg/L)				
	Estimations ^a (SNC-Lavalin)		Mesures MDDEFP	Mesures NYSDEC	
	Minimum	Maximum (modélisation)		Médiane	Maximum
H ₂ S	0	4 600	Indéterminé	Indéterminé	Indéterminé
Benzène	3 800	19 100	5,2 – 9,1	480	1 950
Toluène	80 000	400 000	9,2 – 11,2	833	3 190
Éthylbenzène	1 900	9 400	0,8	54	164
Xylènes	2 600	13 000	2,4 -3,2	444	2 670

a : basé sur les compositions typique et « enrichi » du gaz de schiste d'Utica au Québec (Tableau 1, SNC-Lavalin, 2013b).

Tableau 6.9 Comparaison des concentrations (µg/m³) de BTEX calculées dans l'air ambiant selon divers profils de concentrations dans l'eau de reflux – Météorologie Bécancour 2005-2009

Composés	Profils de concentrations dans l'eau de reflux			
	Estimation minimale	Estimation maximale (tableaux 6.4 à 6.7)	Mesures MDDEFP	Mesures NYSDEC (maximum)
Benzène (norme 24 h - 10 µg/m ³)	294	1 470	3,6	153
Toluène (norme 4 min. - 600 µg/m ³)	147 780	738 880	280	6 160
Éthylbenzène (norme 4 min. - 740 µg/m ³)	3 250	16 520	140	430
Xylènes (norme 4 min. - 350 µg/m ³)	5 070	25 335	155	5 330

7. ÉVALUATION DES IMPACTS SUR LA QUALITÉ DE L'AIR RELIÉS À L'EXPLOITATION D'UNE PLATE-FORME D'EXTRACTION

Cette section évalue l'impact des sources de contaminants atmosphériques d'une plate-forme de production de gaz de schiste. Les sources d'émissions considérées sont les moteurs de compresseur, les événements de coffrage à la tête des puits, les dégagements de gaz des systèmes pneumatiques et les émissions fugitives des équipements de procédé. Les compresseurs de puits sont habituellement requis uniquement durant les dernières années d'exploitation d'une plate-forme, lorsque la pression du gaz diminue significativement.

7.1 SOURCES ET PARAMÈTRES D'ÉMISSION

Le tableau 7.1 présente les paramètres d'émission des sources d'une plate-forme en exploitation. Les taux d'émission de contaminants sont présentés dans la section 5.1 du rapport sur les taux d'émission (SNC-Lavalin 2013b).

La figure 7.1 montre l'agencement des sources d'émissions d'une plate-forme de production tel que considéré dans l'étude

Tableau 7.1 Paramètres d'émission des sources d'une plate-forme de production

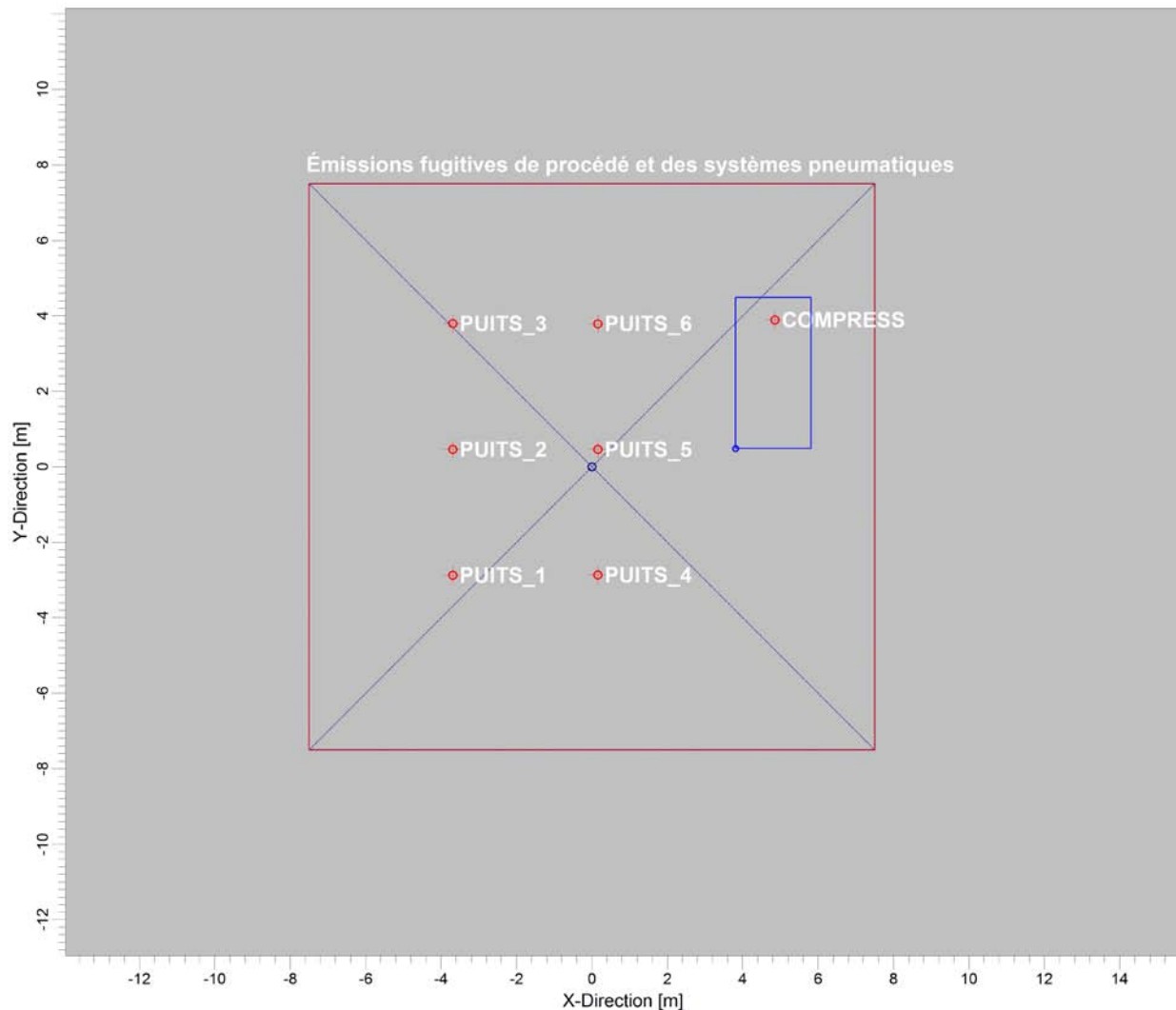
Paramètres d'émission	Compresseurs de puits	Équipements de procédé	Coffrage et migration (puits)	Systèmes pneumatiques
Nombre de sources	1	1	6	1
Température du gaz (°C)	550	s. o.	ambiant	s. o.
Vitesse du gaz (m/s)	25	s. o.	0,1	s. o.
Diamètre (cm)	22,6	s. o.	7,8	s. o.
Volume (LxLxH) (m)	s. o.	15x15x1	s. o.	15x15x1
Hauteur du point d'émission (m) ^a	3	0,5	0	0,5
Direction initiale du gaz ^a	H/V	s. o.	H/V	s. o.

^a H/V – échappement qui peut être soit horizontal ou vertical selon la configuration.

7.2 RÉSULTATS DE MODÉLISATION

Les concentrations maximales par contaminant, par jeux de données météorologiques et avec ou sans la présence d'un compresseur de puits sont présentées à l'annexe D.

Pour l'exploitation d'une plate-forme de production, les contaminants pour lesquels des dépassements des normes ou critères de qualité de l'air ont été calculés en bordure du site sont le dioxyde d'azote (NO₂), le sulfure d'hydrogène (H₂S) et plusieurs composés organiques (benzène, toluène, xylènes, formaldéhyde et hexane). Les résultats pour ces contaminants sont présentés avec plus de détails dans les sous-sections suivantes sous la forme de tableaux et de figures. Les résultats sont similaires d'un jeu de données météorologiques à l'autre et seuls les résultats pour les jeux présélectionnés sont présentés pour l'option d'orientation de la cheminée du compresseur de puits générant les hautes concentrations de contaminants dans l'air ambiant.

Figure 7.1 Agencement des sources sur une plate-forme en exploitation

7.2.1 Dioxyde d'azote (NO₂)

Les résultats de simulation pour le dioxyde d'azote (NO₂) sont présentés aux tableaux 7.2 et 7.3 pour les concentrations maximales horaires et journalières respectivement de même qu'aux figures 7.2 et 7.3. Les résultats pour les moyennes annuelles de NO₂ obtenus en supposant une conversion totale du NO en NO₂, n'ont pas indiqué de dépassement de la moyenne annuelle (voir annexe D) et ne sont donc pas analysés avec plus de détails.

Le compresseur de puits est l'unique source de NO_x sur une plate-forme en exploitation. Ces compresseurs sont utilisés en fin de production lorsque la pression du gaz est insuffisante. Les dépassements calculés des normes horaires et journalières de NO₂ sont concentrés aux abords de la plate-forme et s'étendent jusqu'à environ 120 m du centre de celle-ci.

Tableau 7.2 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales horaires de NO₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour l'exploitation

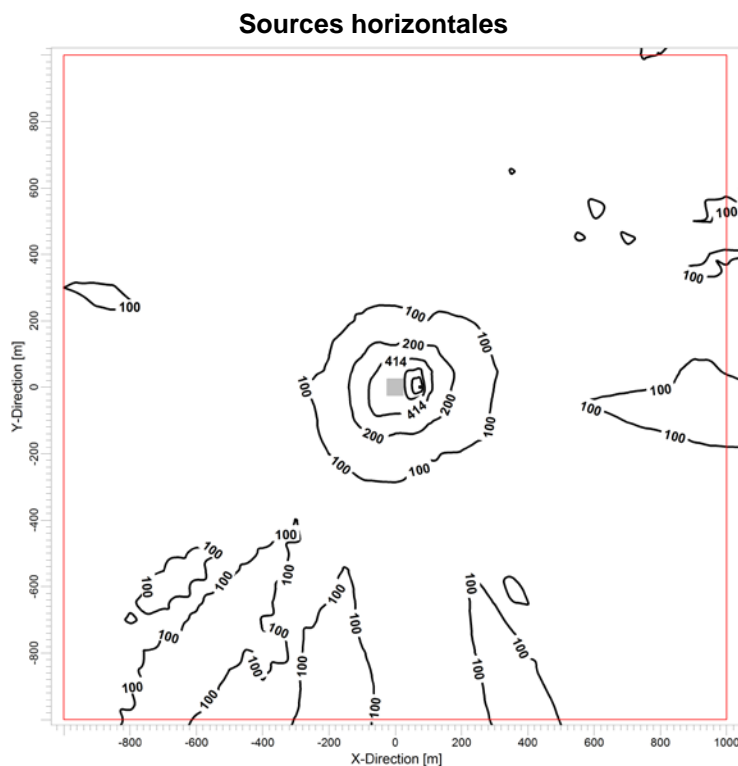
Météorologie	Orientations des échappements des moteurs	Concentrations maximales ^a (µg/m ³) (Norme=414 µg/m ³)	Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b	Nombres maximums de dépassements de la norme par récepteur ^c
		Avec concentration initiale	Avec concentration initiale	
Montréal 2008-2012	H	811	120	424
Québec 2008-2012	H	884	120	226

a : Résultats du modèle de dispersion avec considération de la concentration initiale.

b : Distance à partir du centre du site.

c : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

Figure 7.2 Concentrations (µg/m³) maximales horaires de NO₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour l'exploitation– Météorologie : Montréal 2008-2012



Normes du RAA : 414 µg/m³.

Les concentrations initiales sont considérées dans les courbes.

Tableau 7.3 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales journalières de NO₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour l'exploitation

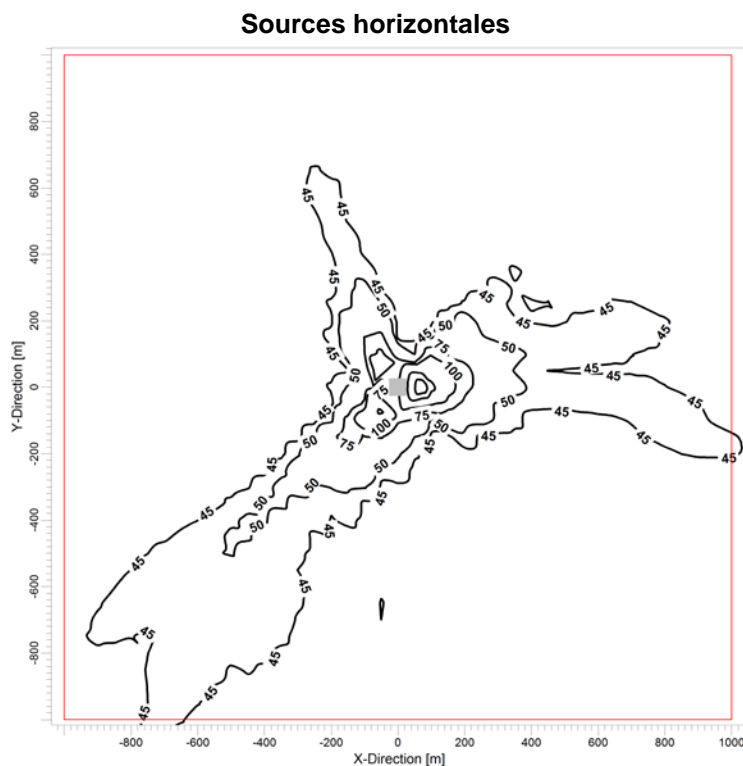
Météorologie	Orientations des échappements des moteurs	Concentrations maximales ^a (µg/m ³) (Norme=207 µg/m ³)	Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b	Nombres maximums de dépassements de la norme par récepteur ^c
		Avec concentration initiale	Avec concentration initiale	
Montréal 2008-2012	H	398	110	13
Québec 2008-2012	H	337	95	6

a : Résultats du modèle de dispersion avec considération de la concentration initiale.

b : Distance à partir du centre du site.

c : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

Figure 7.3 Concentrations (µg/m³) maximales journalières de NO₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour l'exploitation– Météorologie : Montréal 2008-2012



Normes du RAA : 207 µg/m³.

Les concentrations initiales sont considérées dans les courbes.

7.2.2 Sulfure d'hydrogène (H₂S) et composés organiques

Les concentrations maximales calculées pour le H₂S et les composés organiques (benzène, toluène, xylènes, formaldéhyde et hexane) sont présentés aux tableaux 7.4 à 7.9 et aux figures 7.4 à 7.9. Les événements de coffrage des puits, les émissions fugitives de procédé et les systèmes pneumatiques sont les principaux contributeurs aux concentrations ambiantes de ces contaminants dans l'air ambiant à l'étape d'exploitation d'une plate-forme.

Pour le H₂S et le toluène, les dépassements calculés sont intenses et fréquents en bordure du site. Les zones de dépassement des normes sur 4 minutes s'étendent de 500 à 800 m du centre de la plate-forme selon les jeux météorologiques. Pour le benzène, la zone de dépassement de la norme journalière est inférieure à 200 mètres. Finalement, pour les xylènes et l'hexane sur 4 minutes et le formaldéhyde sur 15 minutes, la zone de dépassement des normes est d'environ 100 m du centre la plate-forme, et les dépassements sont moins fréquents que pour les autres contaminants organiques.

Tableau 7.4 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales sur 4 minutes de H₂S calculées dans l'air ambiant pour l'exploitation

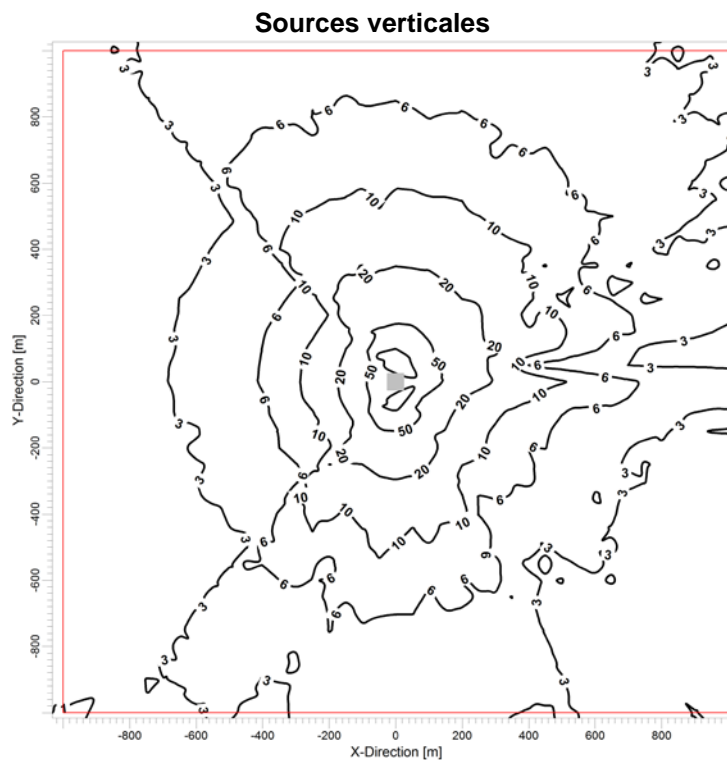
Météorologie	Orientations des échappements des moteurs	Concentrations maximales ^a (µg/m ³) (Norme=6 µg/m ³)	Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b	Nombres maximums de dépassements de la norme par récepteur ^c
		Sans et avec concentration initiale	Sans et avec concentration initiale	
Montréal 2008-2012	V	79	530	1 019
Bécancour 2005-2009	V	140	880	2 243
Québec 2008-2012	V	71	525	1 081

a : Résultats du modèle de dispersion avec considération de la concentration initiale (0 µg/m³).

b : Distance à partir du centre du site.

c : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

Figure 7.4 Concentrations (µg/m³) maximales 4 minutes de H₂S calculées dans l'air ambiant pour l'exploitation– Météorologie : Bécancour 2005-2009



Norme du RAA : 6 µg/m³.

La concentration initiale étant 0 µg/m³, les courbes sont identiques avec et sans la concentration initiale.

Tableau 7.5 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales journalières de benzène calculées dans l'air ambiant pour l'exploitation

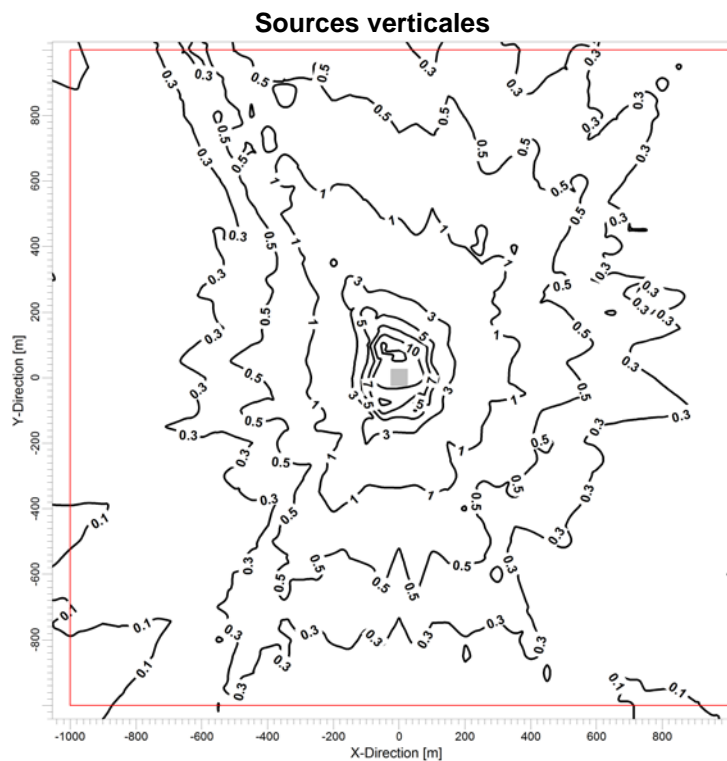
Météorologie	Orientations des échappements des moteurs	Concentrations maximales ^a ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Norme=10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b		Nombres maximums de dépassements de la norme par récepteur ^c
		Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	
Montréal 2008-2012	V	15	18	95	120	13
Bécancour 2005-2009	V	17	20	150	180	55
Québec 2008-2012	V	12	15	110	130	12

a : Résultats du modèle de dispersion sans et avec considération de la concentration initiale (3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

b : Distance à partir du centre du site.

c : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

Figure 7.5 Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales journalières de benzène calculées dans l'air ambiant pour l'exploitation – Météorologie : Bécancour 2005-2009



Norme du RAA : 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentration initiale (3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas considérée dans les courbes.

Tableau 7.6 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales sur 4 minutes de toluène calculées dans l'air ambiant pour l'exploitation

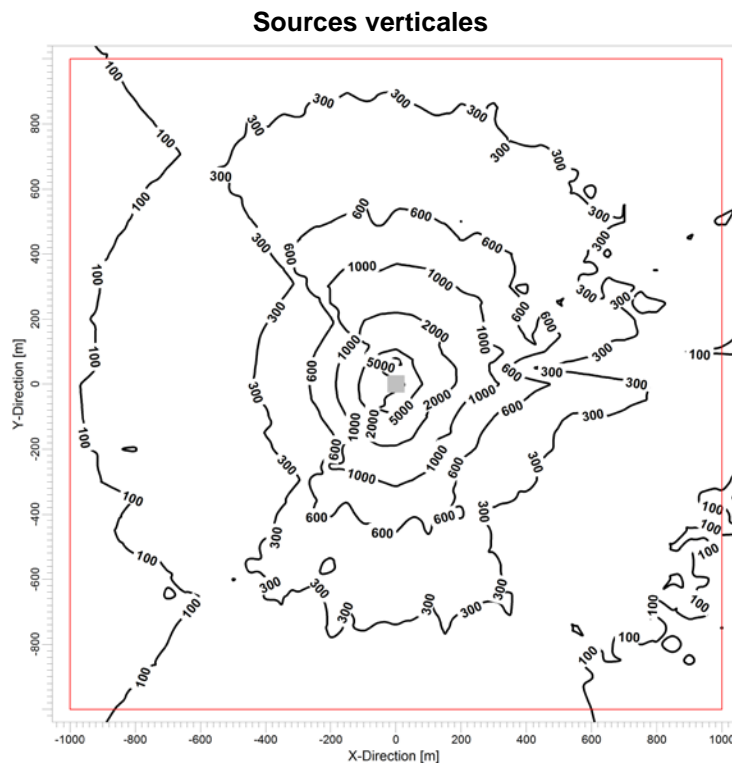
Météorologie	Orientations des échappements des moteurs	Concentrations maximales ^a ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Norme=600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b		Nombres maximums de dépassements de la norme par récepteur ^c
		Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	
Montréal 2008-2012	V	4 245	4 505	335	515	945
Bécancour 2005-2009	V	7 545	7 805	565	865	2 185
Québec 2008-2012	V	3 813	4 073	340	510	-

a : Résultats du modèle de dispersion sans et avec considération de la concentration initiale (260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

b : Distance à partir du centre du site.

c : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

Figure 7.6 Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales sur 4 minutes de toluène calculées dans l'air ambiant pour l'exploitation – Météorologie : Bécancour 2005-2009



Norme du RAA : 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentration initiale (260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas considérée dans les courbes.

Tableau 7.7 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales sur 4 minutes des xylènes calculées dans l'air ambiant pour l'exploitation

Météorologie	Orientations des échappements des moteurs	Concentrations maximales ^a ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Norme=350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b		Nombres maximums de dépassements de la norme par récepteur ^c
		Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	
Montréal 2008-2012	V	123	273	s. o.	s. o.	0
Bécancour 2005-2009	V	218	368	s. o.	80	4
Québec 2008-2012	V	110	260	s. o.	s. o.	0

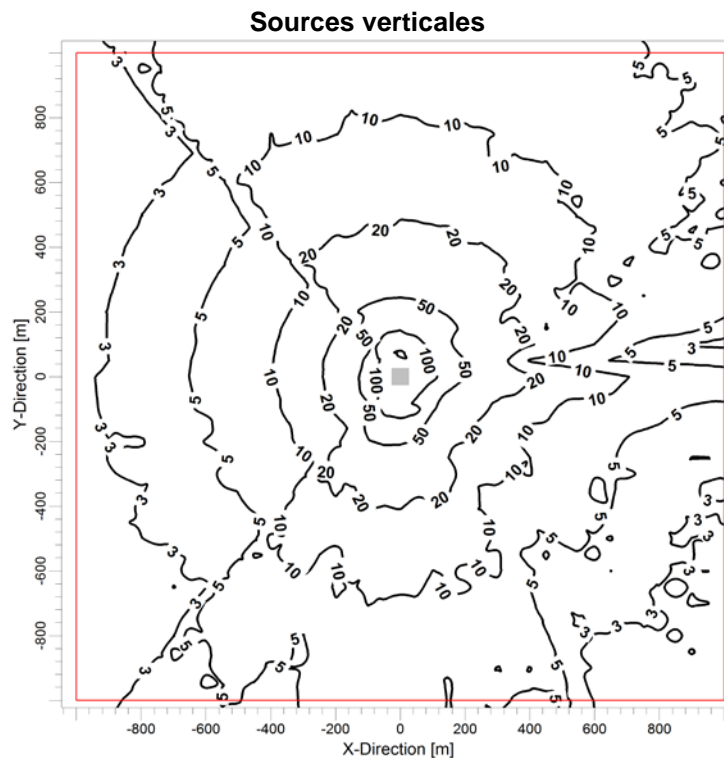
a : Résultats du modèle de dispersion sans et avec considération de la concentration initiale (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

b : Distance à partir du centre du site.

c : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

s. o. : sans objet, car il n'y aurait pas de dépassement de la norme.

Figure 7.7 Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales sur 4 minutes des xylènes calculées dans l'air ambiant pour l'exploitation – Météorologie : Bécancour 2005-2009



Norme du RAA : 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentration initiale (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas considérée dans les courbes.

Tableau 7.8 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales sur 15 minutes de formaldéhyde calculées dans l'air ambiant pour l'exploitation

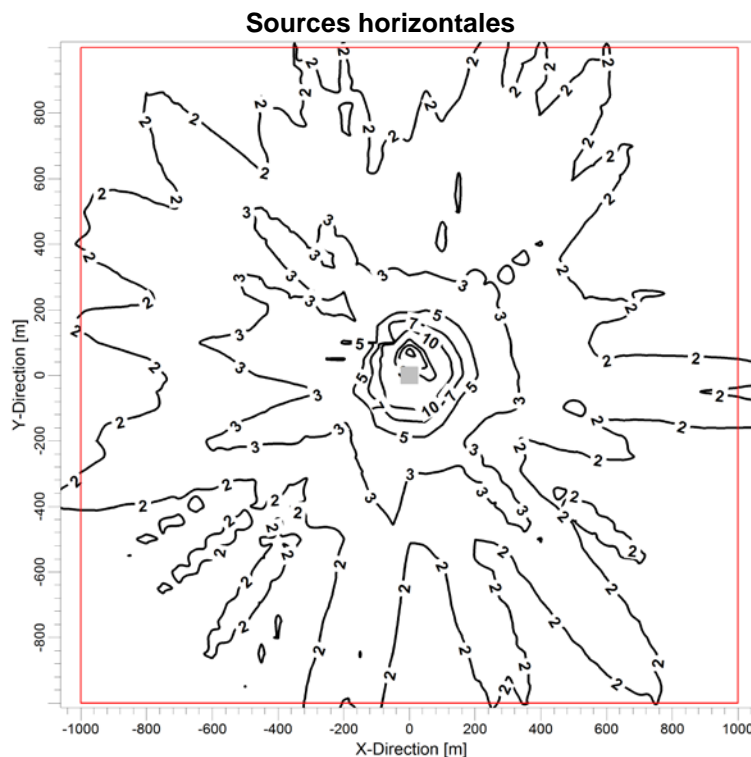
Météorologie	Orientations des échappements des moteurs	Concentrations maximales ^a ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Norme=37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b		Nombre maximum de dépassements de la norme par récepteur ^c
		Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	
Montréal 2008-2012	H	51	54	80	85	20
Bécancour 2005-2009	H	79	82	110	115	42
Québec 2008-2012	H	42	45	75	80	6

a : Résultats du modèle de dispersion sans et avec considération de la concentration initiale (3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

b : Distance à partir du centre du site.

c : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

Figure 7.8 Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales sur 15 minutes de formaldéhyde calculées dans l'air ambiant pour l'exploitation– Météorologie : Bécancour 2005-2009



Norme du RAA : 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentration initiale (3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas considérée dans les courbes.

Tableau 7.9 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales sur 4 minutes d'hexane calculées dans l'air ambiant pour l'exploitation

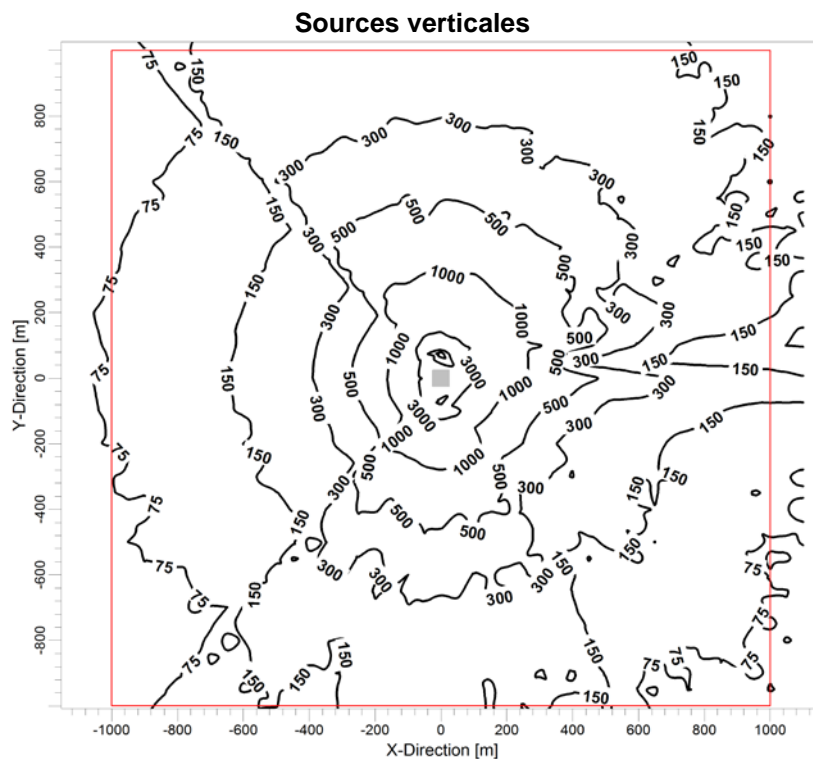
Météorologie	Orientations des échappements des moteurs	Concentrations maximales ^a ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Norme=5 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b		Nombres maximums de dépassements de la norme par récepteur ^c
		Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	
Montréal 2008-2012	V	3 600	3 740	s. o.	s. o.	0
Bécancour 2005-2009	V	6 400	6 540	85	90	9
Québec 2008-2012	V	3 235	3 375	s. o.	s. o.	0

a : Résultats du modèle de dispersion sans et avec considération de la concentration initiale ($140 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

b : Distance à partir du centre du site.

c : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

Figure 7.9 Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales sur 4 minutes d'hexane calculées dans l'air ambiant pour l'exploitation – Météorologie : Bécancour 2005-2009



Norme du RAA : 5 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentration initiale ($140 \mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas considérée dans les courbes.

8. ÉVALUATION DES IMPACTS SUR LA QUALITÉ DE L'AIR RELIÉS À UN CENTRE DE TRAITEMENT DU GAZ

Un centre de traitement collecterait le gaz de toutes les plates-formes de production se situant à l'intérieur d'un territoire de 400 km², ce qui équivaut à environ un centre de traitement pour 50 plates-formes comportant six puits en production chacune.

Le traitement du gaz comprend d'abord le réchauffage en hiver surtout, puis une étape de séparation de l'eau liquide suivie d'une étape de déshydratation au glycol. Le gaz sec est ensuite comprimé en vue de sa distribution dans le gazoduc du distributeur local.

8.1 SOURCES ET PARAMÈTRES D'ÉMISSION

Le tableau 8.1 présente les paramètres des sources d'émissions atmosphériques au centre de traitement du gaz de schiste. Les taux d'émission de contaminants de chaque source sont présentés dans la section 5.2 du rapport sur les taux d'émission (SNC-Lavalin 2013b).

La figure 8.1 montre l'agencement d'un centre de traitement du gaz de schiste considéré pour la modélisation de la dispersion atmosphérique.

Tableau 8.1 Paramètres d'émission des sources d'un centre de traitement du gaz

Paramètres d'émission	Chauffage du gaz	Événements du régénérateur de glycol	Chauffage du régénérateur de glycol (déshydrateur)	Compression du gaz	Équipements de procédé
Nombre de sources	1	10	10	10	1
Température du gaz (°C)	150	150	150	550	s. o.
Vitesse du gaz (m/s)	15	0,2	1	40	s. o.
Diamètre (cm)	42,9	25,3	20,6	32,6	s. o.
Volume (LxLxH) (m)	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.	60x60x5
Hauteur du point d'émission (m) ^a	6	10	10	5	2,5
Direction initiale du gaz ^a	V	V	V	H/V	s. o.

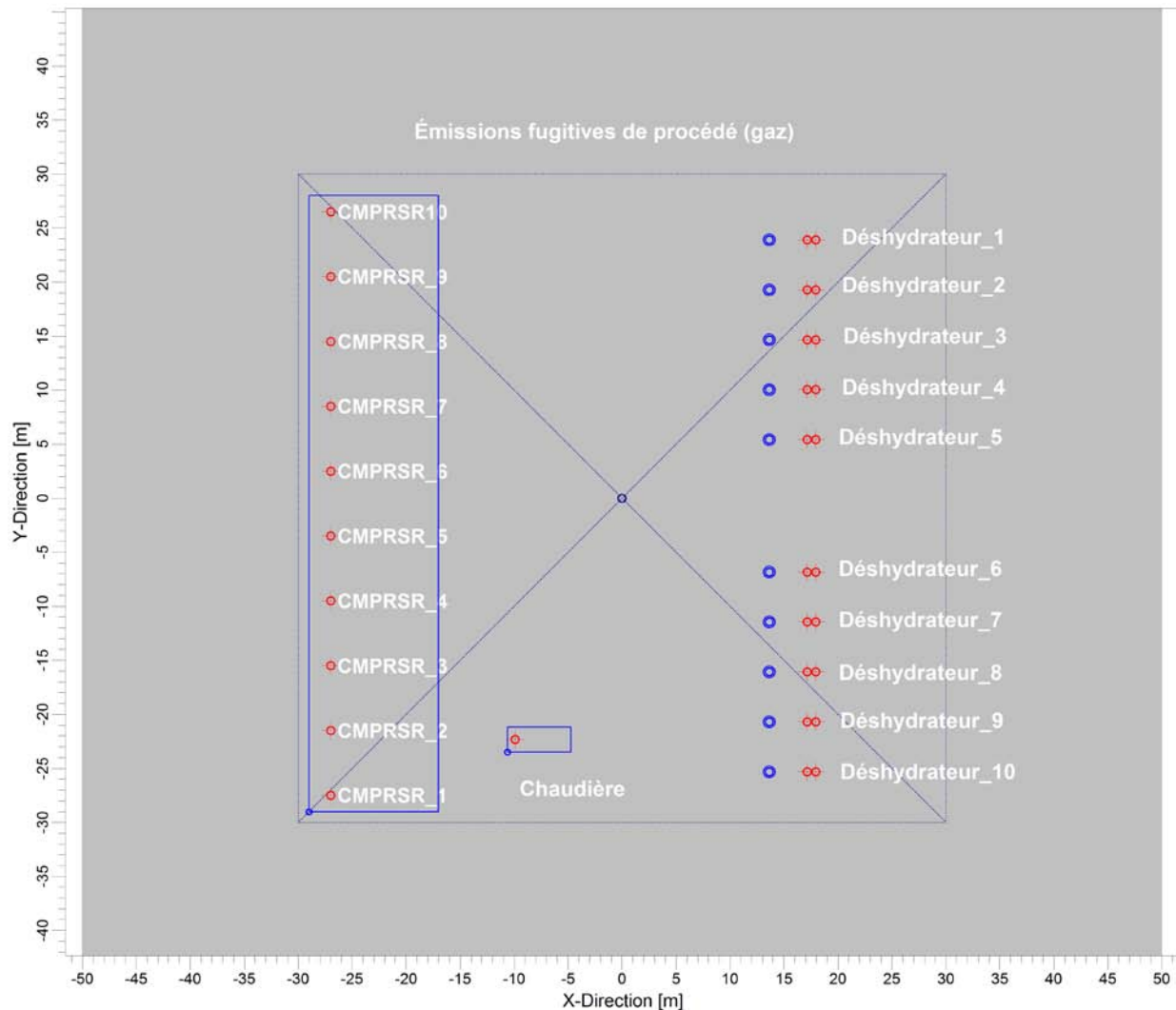
c V – échappement vertical; H/V – échappement qui peut être soit horizontal ou vertical selon la configuration.

8.2 RÉSULTATS DE MODÉLISATION

Les concentrations maximales calculées dans l'air ambiant pour chaque contaminant et chaque jeu de données météorologiques sont présentés à l'annexe E.

Pour le centre de traitement du gaz, des dépassements des normes ou de critères de qualité de l'air ambiant ont été calculés pour le dioxyde d'azote (NO₂), les particules totales (PM_t), les particules (PM_{2,5}), le formaldéhyde, le butadiène et le tétrachloroéthane, presque exclusivement émis par les moteurs alimentés au gaz des compresseurs de gaz. Des dépassements ont aussi été calculés pour le sulfure d'hydrogène (H₂S), le benzène et le toluène émis par les événements non traités des régénérateurs de glycol et les micro-fuites des procédés.

Figure 8.1 Agencement des sources d'un centre de traitement du gaz de schiste



8.2.1 Dioxyde d'azote (NO₂)

Les concentrations maximales horaires, journalières et annuelles calculées dans l'air ambiant pour le dioxyde d'azote (NO₂) sont présentées aux tableaux 8.2 à 8.4 ainsi qu'aux figures 8.2 à 8.4. Les dépassements des normes sont nombreux et les zones de dépassement s'étendent jusqu'à environ 700 m, 400 m et 150 m respectivement pour les concentrations moyennes horaires, journalières et annuelles.

Tableau 8.2 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales horaires de NO₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour le traitement du gaz

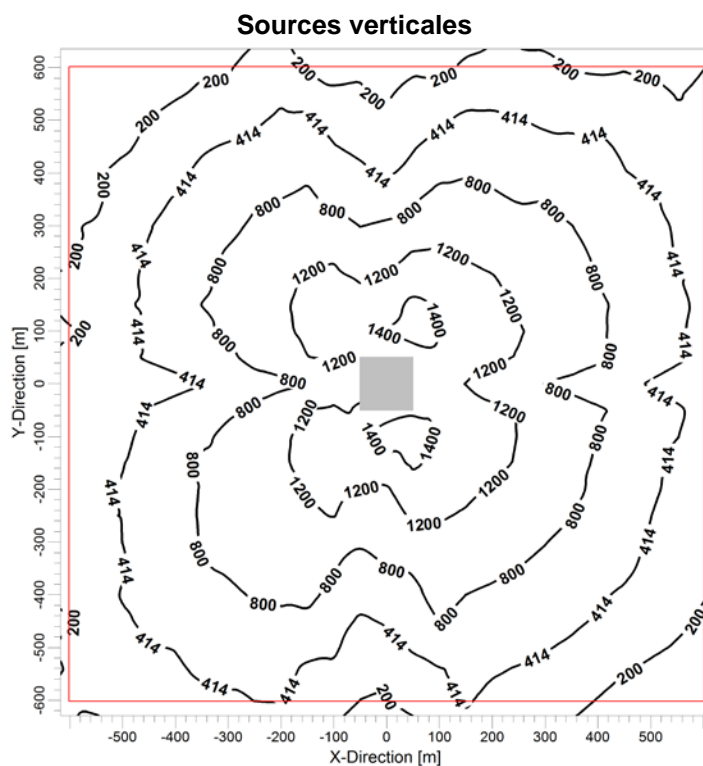
Météorologie	Orientations des échappements des moteurs	Concentrations maximales ^a (µg/m ³) (Norme=414 µg/m ³)	Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b	Nombres maximums de dépassements de la norme par récepteur ^c
		Avec concentration initiale	Avec concentration initiale	
Montréal 2008-2012	V	1 491	665	4 884
Québec 2008-2012	V	1 489	670	6 200

a : Résultats du modèle de dispersion avec considération de la concentration initiale.

b : Distance à partir du centre du site.

c : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

Figure 8.2 Concentrations (µg/m³) maximales horaires de NO₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour le traitement du gaz – Météorologie : Montréal 2008-2012



Norme du RAA : 414 µg/m³.

Les concentrations initiales sont considérées dans les courbes.

Tableau 8.3 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales journalières de NO₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour le traitement du gaz

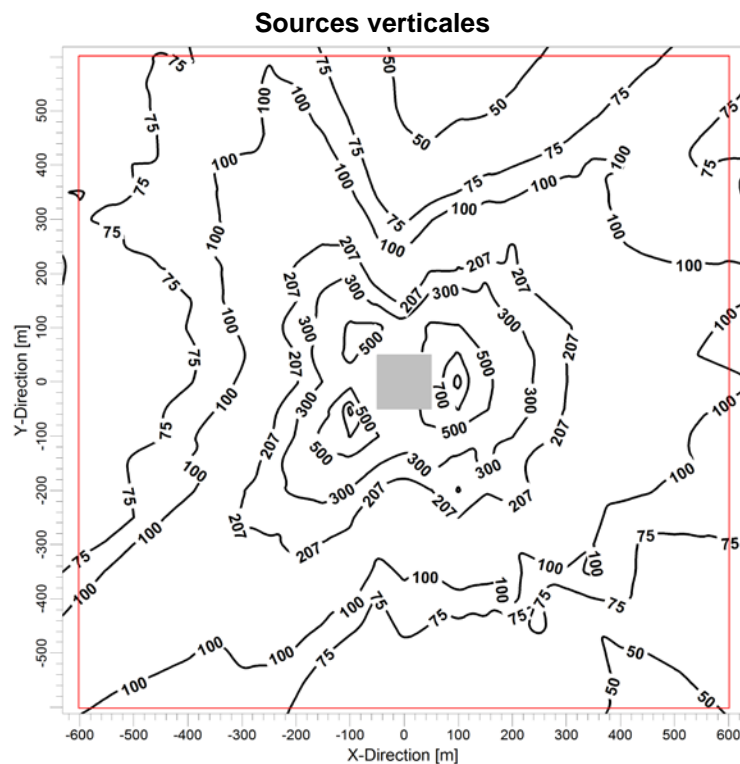
Météorologie	Orientations des échappements des moteurs	Concentrations maximales ^a (µg/m ³) (Norme=207 µg/m ³)	Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b	Nombres maximums de dépassements de la norme par récepteur ^c
		Avec concentration initiale	Avec concentration initiale	
Montréal 2008-2012	V	837	410	355
Québec 2008-2012	V	764	370	471

a : Résultats du modèle de dispersion avec considération de la concentration initiale.

b : Distance à partir du centre du site.

c : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

Figure 8.3 Concentrations (µg/m³) maximales journalières de NO₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour le traitement du gaz – Météorologie : Montréal 2008-2012



Norme du RAA : 207 µg/m³.

Les concentrations initiales sont considérées dans les courbes.

Tableau 8.4 Sommaire des résultats pour les concentrations moyennes annuelles de NO₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour le traitement du gaz

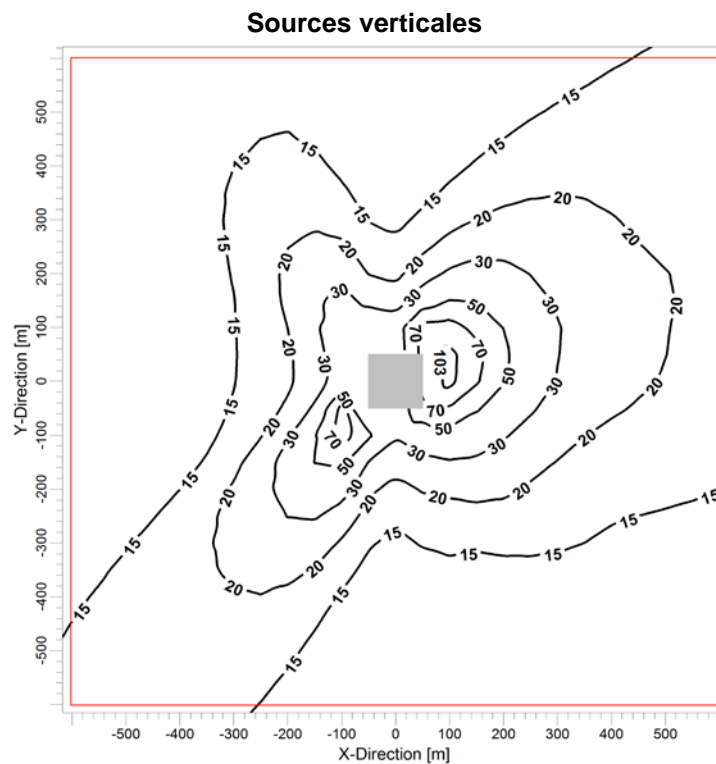
Météorologie	Orientations des échappements des moteurs	Concentrations maximales ^a (µg/m ³) (Norme=103 µg/m ³)	Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b
		Avec concentration initiale	Avec concentration initiale
Montréal 2008-2012	V	114	125
Québec 2008-2012	V	135	140

a : Résultats du modèle de dispersion avec considération de la concentration initiale.

b : Distance à partir du centre du site.

c : Jeux de données pour un milieu agro-forestier (AF).

Figure 8.4 Concentrations (µg/m³) moyennes annuelles de NO₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour le traitement du gaz – Météorologie : Montréal 2008-2012



Norme du RAA : 103 µg/m³.

Les concentrations initiales sont considérées dans les courbes.

8.2.2 Particules (PM_t et PM_{2,5})

Les résultats de simulation pour les concentrations maximales journalières PM_{2,5} et les PM_t dans l'air ambiant sont présentés aux tableaux 8.5 et 8.6 et aux figures 8.5 et 8.6. La zone de dépassement potentiel de la norme journalière pour les PM_{2,5} s'étend jusqu'à presque un kilomètre du centre des installations. Pour les PM_t, les dépassements de la norme journalière sont moins fréquents que pour les PM_{2,5} et la zone de dépassement potentiel de la norme est aussi moins grande, jusqu'à 400 m du centre des installations.

8.2.3 Sulfure d'hydrogène (H₂S) et composés organiques

Les concentrations maximales pour le H₂S et les composés organiques (benzène, toluène, formaldéhyde, 1,3-butadiène et 1,1,2,2-tétrachloroéthane) pour lesquels des dépassements des normes de qualité de l'air ambiant ont été calculés sont présentés aux tableaux 8.7 à 8.12 et aux figures 8.7 à 8.12.

Pour le H₂S sur 4 minutes et le 1,1,2,2-tétrachloroéthane sur une base annuelle, les dépassements des normes sont légers et atteignent environ 150 m du centre des installations.

Pour le 1,3-butadiène sur une base annuelle et le benzène sur une base journalière, les concentrations maximales atteignent le double de la valeur de la norme et des dépassements sont calculés jusqu'à respectivement 600 m et 1 km du centre des installations.

Finalement, pour le formaldéhyde sur 15 minutes et le toluène sur 4 minutes, les concentrations maximales en bordure du site peuvent atteindre des valeurs correspondant respectivement à 18 et à 8 fois les valeurs de leurs normes respectives. Les distances de dépassements des normes par rapport au centre des installations atteignent 2,6 km pour le formaldéhyde et plus de 5 km pour le toluène.

Tableau 8.5 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales journalières de PM_{2.5} calculées dans l'air ambiant pour le traitement du gaz

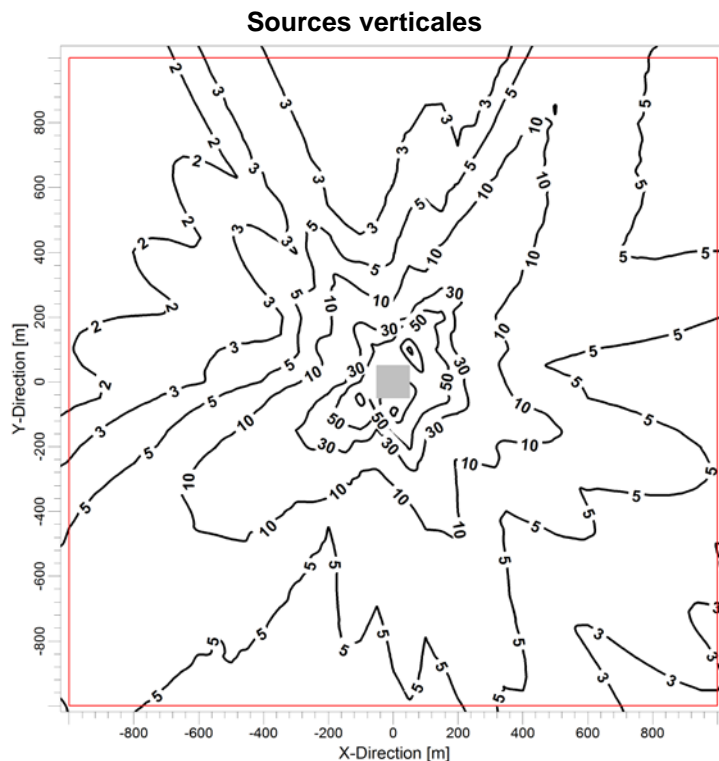
Météorologie	Orientation des échappements des moteurs	Concentration maximale ^a (µg/m ³) (Norme=30 µg/m ³)		Distance (m) maximale avec concentration supérieure à la norme ^b		Nombre maximum de dépassements de la norme par récepteur ^c
		Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	
Montréal 2008-2012	V	108	128	380	900	797
Bécancour 2005-2009	V	129	149	340	990	733
Québec 2008-2012	V	99	119	350	865	934

a : Résultats du modèle de dispersion sans et avec considération de la concentration initiale (20 µg/m³).

b : Distance à partir du centre du site.

c : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

Figure 8.5 Concentrations (µg/m³) maximales journalières de PM_{2.5} calculées dans l'air ambiant pour le traitement du gaz - Météorologie : Montréal 2008-2012



Norme du RAA : 30 µg/m³.

La concentration initiale (20 µg/m³) n'est pas considérée dans les courbes.

Tableau 8.6 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales journalières de PM_{10} calculées dans l'air ambiant pour le traitement du gaz

Météorologie	Orientation des échappements des moteurs	Concentration maximale ^a ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Norme= $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$)		Distance (m) maximale avec concentration supérieure à la norme ^b		Nombre maximum de dépassements de la norme par récepteur ^c
		Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	
Montréal 2008-2012	V	108	198	s. o.	380	321
Bécancour 2005-2009	V	129	219	120	340	354
Québec 2008-2012	V	99	189	s.o	350	417

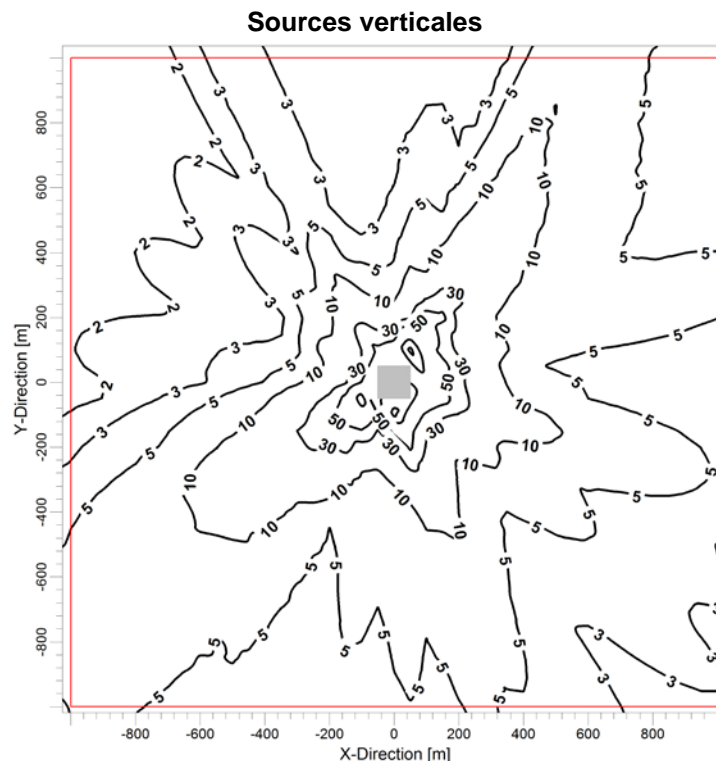
a : Résultats du modèle de dispersion sans et avec considération de la concentration initiale ($90 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

b : Distance à partir du centre du site.

c : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

s. o. : sans objet, car il n'y aurait pas de dépassement de la norme.

Figure 8.6 Concentrations maximales journalières de PM_{10} calculées dans l'air ambiant pour le traitement du gaz – Météorologie : Montréal 2008-2012



Norme du RAA : $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentration initiale ($90 \mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas considérée dans les courbes.

Tableau 8.7 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales sur 4 minutes de H₂S calculées dans l'air ambiant pour le traitement du gaz

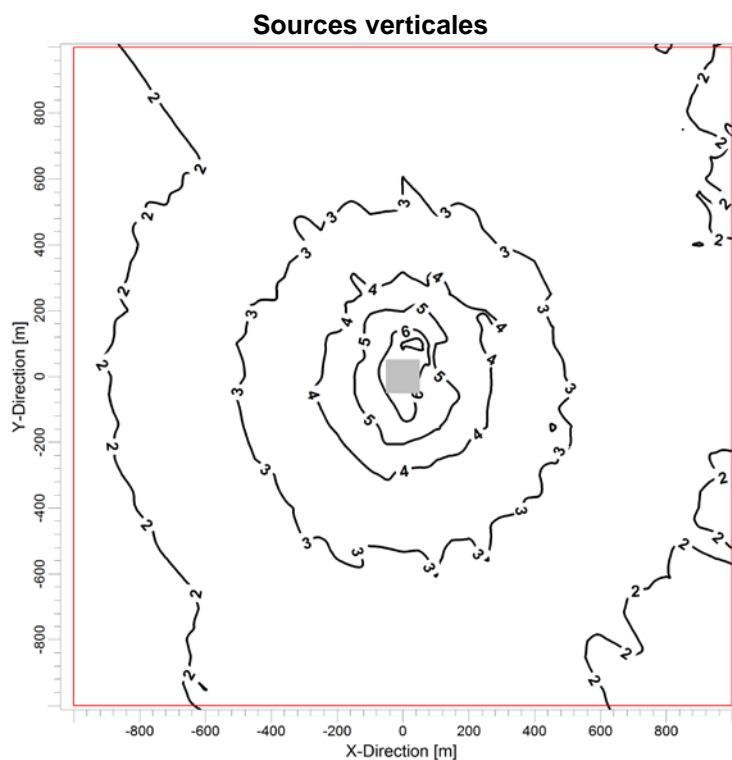
Météorologie	Orientations des échappements des moteurs	Concentrations maximales ^a (µg/m ³) (Norme=6 µg/m ³)	Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b	Nombres maximums de dépassements de la norme par récepteur ^c
		Sans et avec concentration initiale	Sans et avec concentration initiale	
Montréal 2008-2012	V	6,0	115	1
Bécancour 2005-2009	V	7,6	150	4
Québec 2008-2012	V	7,4	145	2

a : Résultats du modèle de dispersion avec considération de la concentration initiale (0 µg/m³).

b : Distance à partir du centre du site.

c : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

Figure 8.7 Concentrations maximales 4 minutes de H₂S calculées dans l'air ambiant pour le traitement du gaz – Météorologie : Bécancour 2005-2009



Norme du RAA : 6 µg/m³.

La concentration initiale étant 0 µg/m³, les courbes sont identiques avec et sans la concentration initiale.

Tableau 8.8 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales journalières de benzène calculées dans l'air ambiant pour le traitement du gaz

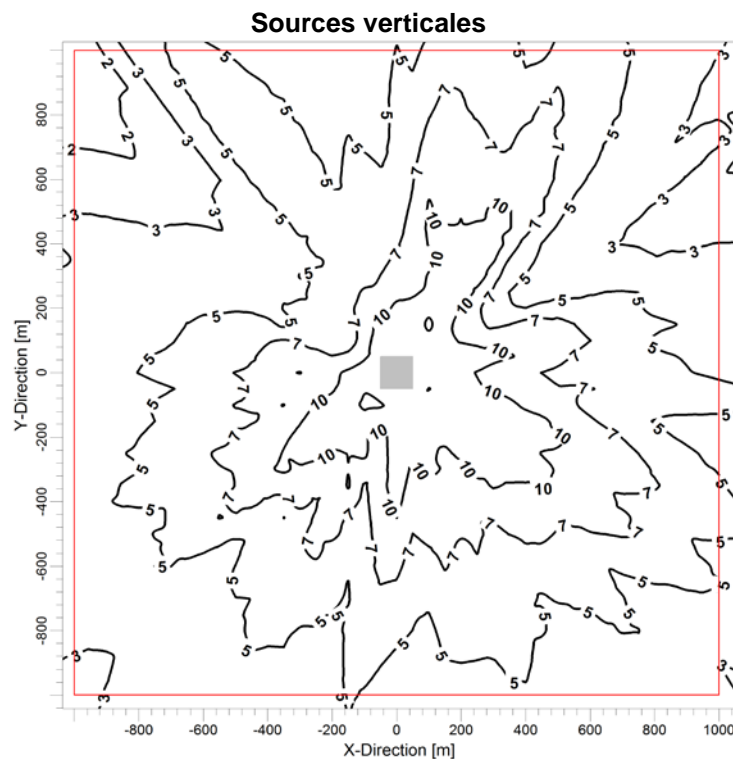
Météorologie	Orientations des échappements des moteurs	Concentrations maximales ^a ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Norme=10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b		Nombres maximums de dépassements de la norme par récepteur ^c
		Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	
Montréal 2008-2012	V	18	21	335	610	190
Bécancour 2005-2009	V	24	27	625	1 020	322
Québec 2008-2012	V	19	22	300	840	489

a : Résultats du modèle de dispersion sans et avec considération de la concentration initiale (3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

b : Distance à partir du centre du site.

c : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

Figure 8.8 Concentrations maximales journalières de benzène calculées dans l'air ambiant pour le traitement du gaz – Météorologie : Bécancour 2005-2009



Norme du RAA : 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentration initiale (3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas considérée dans les courbes.

Tableau 8.9 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales sur 4 minutes de toluène calculées dans l'air ambiant pour le traitement du gaz

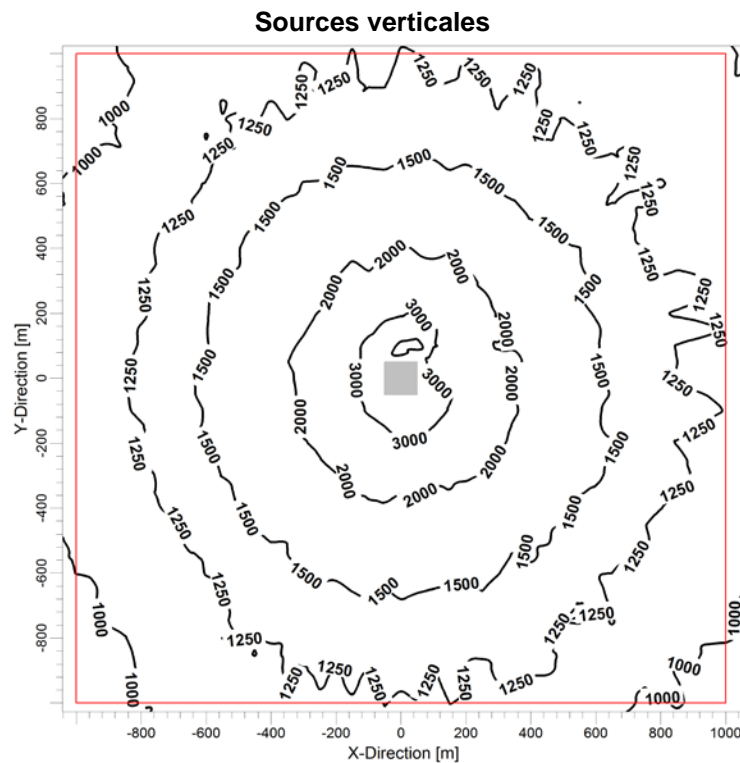
Météorologie	Orientations des échappements des moteurs	Concentrations maximales ^a ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Norme=600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b		Nombres maximums de dépassements de la norme par récepteur ^c
		Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	
Montréal 2008-2012	V	3 440	3 700	3 065	> 5 000	4 893
Bécancour 2005-2009	V	4 585	4 845	3 415	> 5 000	6 780
Québec 2008-2012	V	4 435	4 695	3 000	> 5 000	7 924

a : Résultats du modèle de dispersion sans et avec considération de la concentration initiale (260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

b : Distance à partir du centre du site.

c : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

Figure 8.9 Concentrations maximales sur 4 minutes de toluène calculées dans l'air ambiant pour le traitement du gaz – Météorologie : Bécancour 2005-2009



Norme du RAA : 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentration initiale (260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas considérée dans les courbes.

Tableau 8.10 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales sur 15 minutes de formaldéhyde calculées dans l'air ambiant à l'étape de traitement du gaz

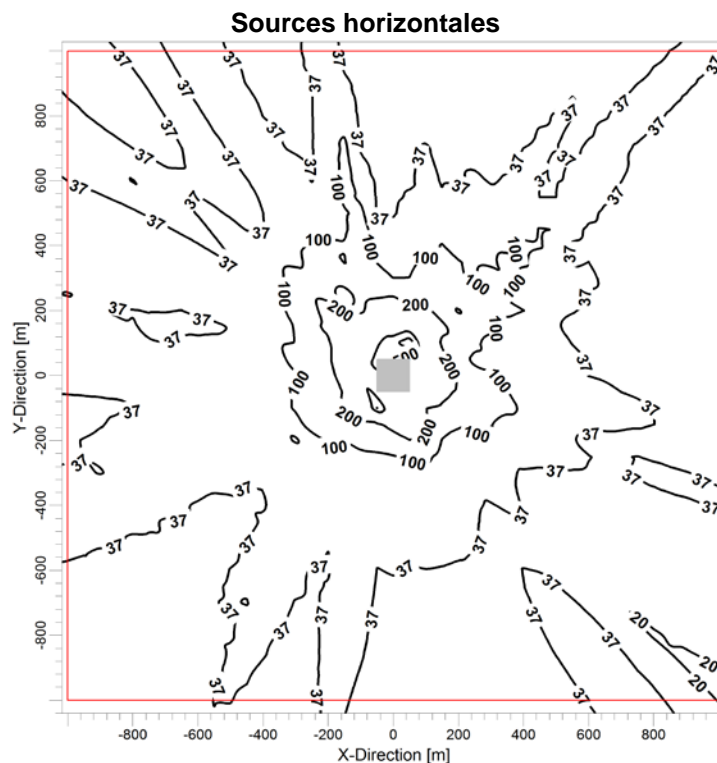
Météorologie	Orientations des échappements des moteurs	Concentrations maximales ^a ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Norme= $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$)		Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b		Nombres maximums de dépassements de la norme par récepteur ^c
		Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	
Montréal 2008-2012	V	373	376	840	1 065	7 488
Bécancour 2005-2009	H	670	673	2 345	2 630	8 474
Québec 2008-2012	V	371	374	840	970	9 069

a : Résultats du modèle de dispersion sans et avec considération de la concentration initiale ($3 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

b : Distance à partir du centre du site.

c : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

Figure 8.10 Concentrations maximales sur 15 minutes de formaldéhyde calculées dans l'air ambiant pour le traitement du gaz – Météorologie : Bécancour 2005-2009



Norme du RAA : $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentration initiale ($3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas considérée dans les courbes.

Tableau 8.11 Sommaire des résultats pour les concentrations moyennes annuelles de 1,3-butadiène calculées dans l'air ambiant pour le traitement du gaz

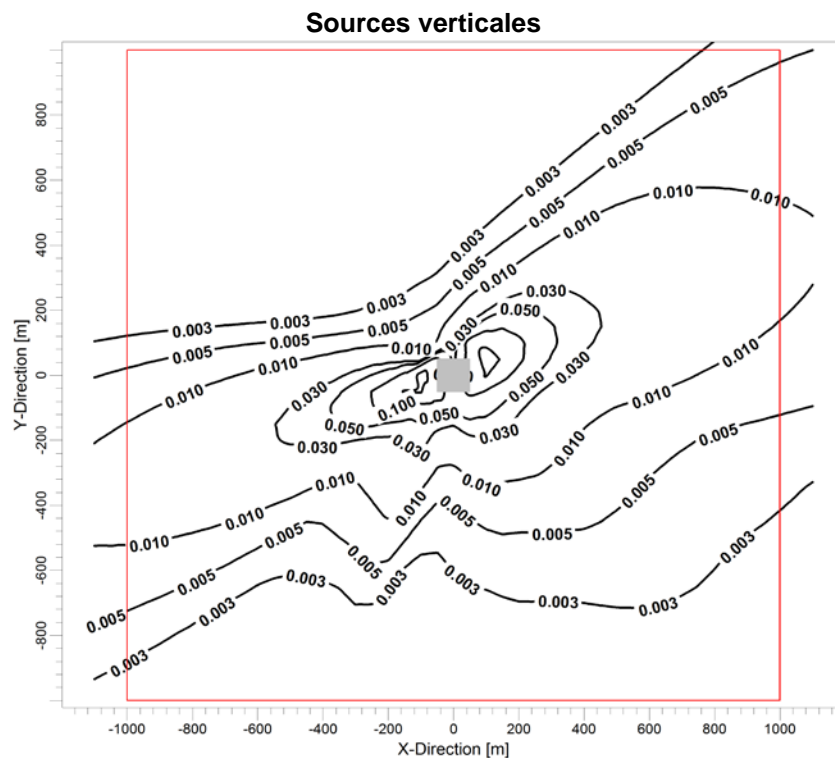
Météorologie	Orientations des échappements des moteurs	Concentrations maximales ^a ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Critère=0,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b	
		Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale
Montréal 2008-2012	V	0.238	0.508	s. o.	410
Bécancour 2005-2009	V	0.248	0.518	s. o.	410
Québec 2008-2012	V	0.294	0.564	s. o.	570

a : Résultats du modèle de dispersion avec considération de la concentration initiale (0,27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

b : Distance à partir du centre du site.

s. o. : sans objet, car il n'y aurait pas de dépassement de la norme.

Figure 8.11 Concentrations moyennes annuelles de 1,3-butadiène calculées dans l'air ambiant pour le traitement du gaz - Météorologie : Québec 2008-2012



Critère du MDDEFP : 0,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentration initiale (0,27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas considérée dans les courbes.

Tableau 8.12 Sommaire des résultats pour les concentrations moyennes annuelles de 1,1,2,2-tétrachloroéthane calculées dans l'air ambiant pour le traitement du gaz

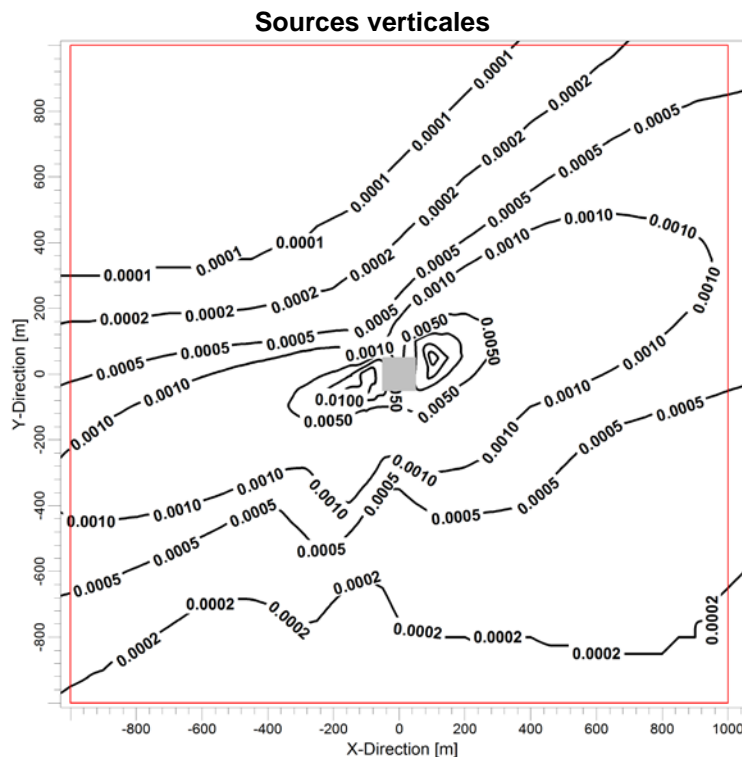
Météorologie	Orientations des échappements des moteurs	Concentrations maximales ^a ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Norme=0,05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^b	
		Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale
Montréal 2008-2012	V	0,019	0,049	s. o.	s. o.
Bécancour 2005-2009	V	0,020	0,050	s. o.	110
Québec 2008-2012	V	0,024	0,054	s. o.	130

a : Résultats du modèle de dispersion avec considération de la concentration initiale (0,03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

b : Distance à partir du centre du site.

s. o. : sans objet, car il n'y aurait pas de dépassement de la norme.

Figure 8.12 Concentrations moyennes annuelles de 1,1,2,2-tétrachloroéthane calculées dans l'air ambiant pour le traitement du gaz - Météorologie : Québec 2008-2012



Norme du RAA : 0,05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentration initiale (0,03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas considérée dans les courbes.

9. MESURES D'ATTÉNUATION ET IMPACTS SUR LA QUALITÉ DE L'AIR

Cette section présente les mesures qui pourraient être appliquées à un projet type de gaz de schiste afin d'atténuer les impacts sur la qualité de l'air, c'est-à-dire de façon à ce qu'ultimement les concentrations maximales dans l'air ambiant autour d'un site soient inférieures aux normes et critères de qualité de l'air ambiant, de préférence en tout temps. Les résultats de modélisation des chapitres 4 à 8 ont permis d'identifier les contaminants et sources problématiques par phase d'implantation d'un projet type de gaz de schiste. Le tableau 9.1 présente ces contaminants, les sources en cause et des mesures de réduction des émissions qui pourraient être considérées pour atténuer les impacts sur la qualité de l'air.

9.1 MESURES D'ATTÉNUATION DES IMPACTS SUR LA QUALITÉ DE L'AIR

9.1.1 Moteurs à combustion (forage, fracturation, production et traitement)

Les moteurs diesels (exploration et développement) ou alimentés au gaz de schiste (production) sont les principales sources de NO_x, de particules et de formaldéhyde et virtuellement les seuls contributeurs aux concentrations de ces contaminants dans l'air ambiant pour lesquelles des dépassements des normes de qualité de l'air ambiant ont été calculées lors des forages, des fractures hydrauliques et du traitement du gaz. Les trois méthodes identifiées pour réduire les impacts sur la qualité de l'air pour ces sources sont :

- Le rehaussement des cheminées des moteurs, avec échappement des gaz à la verticale.
- La réduction des émissions des moteurs en utilisant des moteurs de génération plus récente, ce qui implique de meilleures techniques de combustion et/ou du traitement des gaz de combustion. Certaines de ces techniques peuvent aussi être ajoutées à certains moteurs existants, mais les réductions des émissions seraient moindres.
- Le remplacement des moteurs à combustion par des moteurs électriques et l'élimination des groupes électrogènes en fournissant l'électricité aux sites à partir du réseau de distribution existant.

Rehaussement des cheminées des moteurs

Dépendamment du degré de rehaussement des cheminées des moteurs, cette option serait surtout efficace pour réduire les concentrations maximales à proximité de la source. Cette option serait plus facilement applicable pour les sources de longue durée lors de l'exploitation. L'effet d'un rehaussement des cheminées des moteurs des sources fixes (générateurs, compresseurs) et quasi fixes (camions-pompes, foreuses) a été évalué à l'aide de simulations supplémentaires pour les PM_{2,5} et le NO₂ en fixant la hauteur de ces sources à dix mètres au lieu de quelques mètres seulement. Une évacuation des gaz à la verticale et sans obstruction a été considérée dans ces simulations supplémentaires.

Tableau 9.1 Contaminants problématiques, sources en cause et mesures de mitigation par phase d'un projet type de gaz de schiste

Scénarios	Phases d'un projet type	Contaminants problématiques	Sources en cause	Mesures de réduction évaluées par rapport au cas de base
1 Forage de puits	Exploration Développement	NO ₂ , PMt, PM _{2.5} , formaldéhyde, HAP, SO ₂	Moteurs diesel (foreuses et autres) Chaudières (SO ₂ seulement)	Moteurs TIER-4 avec pots catalytiques : - réduction des émissions de PM de 95 %. - réduction des émissions de NOx de 95% (moteurs <1 MW). - réduction des émissions de NOx de 70% (moteurs >1 MW). - réduction des émissions de composés organiques de 90 %. Chaudière : réduction du soufre dans le carburant et rehaussement de cheminée.
2 Fracturation hydraulique	Exploration Développement	NO ₂ , PMt, PM _{2.5} , formaldéhyde.	Moteurs diesel (camions-pompes et autres)	Moteurs TIER-4 avec pots catalytiques : - réduction des émissions de PM de 95 %. - réduction des émissions de NOx de 95% (moteurs <1 MW). - réduction des émissions de NOx de 70% (moteurs >1 MW). - réduction des émissions de composés organiques de 90 %.
3 Essai de production	Exploration Développement	BTEX, H ₂ S.	Bassin des eaux de reflux.	Réservoirs fermés (élimination des émissions potentielles).
4 Extraction du gaz	Production	NO ₂ , formaldéhyde.	Compresseur de puits alimenté au gaz.	Moteurs de meilleure technologie : - réduction des émissions de PM et de NOx de 95 %. - réduction des émissions de composés organiques de 90 %.
		Benzène, toluène, xylène, n-hexane, H ₂ S.	Événements de coffrage des puits. Fugitives de procédés. Systèmes pneumatiques au gaz « high-bleed ».	Captage aux événements de coffrage (élimination). Programme de détection et de réparation des fuites (réduction de 90 % des émissions). Remplacement des systèmes pneumatiques par des systèmes « low-bleed », à air comprimé ou mécanique (élimination).
5 Traitement du gaz	Production	NO ₂ , PMt, PM _{2.5} , formaldéhyde, butadiène, tétrachloroéthane.	Compresseurs : moteurs alimentés au gaz.	Moteurs de meilleure technologie : - réduction des émissions de PM et de NOx de 95 %. - réduction des émissions de composés organiques de 90 %. Rehaussement des cheminées à 10 m.
		Benzène, toluène et H ₂ S.	Événements de régénérateurs de glycol (benzène, toluène). Fugitives de procédé (toluène, H ₂ S)	Condenseurs et incinérateurs (efficacité de captage et destruction de plus de 98%). Programme de détection et de réparation des fuites (réduction de 90 % des émissions).

Réductions des émissions à la source

Les simulations pour le cas de base ont été réalisées pour des moteurs diesels utilisant la technologie présente au tournant de l'an 2000. Depuis, les normes d'émission fédérales pour les nouveaux moteurs hors route non stationnaires se sont resserrées tant aux États-Unis qu'au Canada. Ces réductions se poursuivront jusqu'en 2015 et possiblement au-delà. L'annexe F présente un survol des techniques de réduction des émissions et de leurs efficacités pour des moteurs diesels ou alimentés au gaz. Selon les scénarios de développement à petite et grande échelle établis par le CEES, les périodes d'activités significatives (plus d'une centaine de puits par année) devraient débuter en 2018 pour le scénario à petite échelle et en 2020 pour le scénario à grande échelle. Les technologies de moteurs de 2015 (TIER-4) à faible émission de NOx et de particules fines seraient alors disponibles et bien implantées, c'est-à-dire sur les nouveaux équipements et sur ceux utilisés par les fournisseurs de services de forage et de fracturation.

Par rapport au cas de base pour les moteurs diesels, les moteurs TIER-4 représentent des réductions de NOx de plus de 95 % pour les moteurs de moins de 1 000 kW et de plus de 70 % pour les moteurs de puissance supérieure. La réduction des émissions de PM_{2.5} serait de plus de 95 % pour toutes les puissances de moteur.

Pour les compresseurs de gaz au niveau des plates-formes de production ou des centres de traitement du gaz, des réductions de plus de 95 % pour les émissions de NOx et de PM_{2.5} sont également possibles en utilisant les meilleures technologies de contrôle des émissions disponibles sur les moteurs alimentés de dernière génération.

Pour tous les moteurs, des réductions de plus de 90 % des émissions de formaldéhyde sont possibles en utilisant un pot catalytique, qui vraisemblablement pourrait aussi réduire considérablement les émissions des autres COV et des HAP.

Remplacement des moteurs à combustion par des moteurs électriques

Le remplacement des moteurs diesels par des moteurs électriques permettrait l'élimination complète ou quasi complète des émissions de NOx et de matières particulaires (PMt et PM_{2.5}) lors du forage et de la fracturation des puits, de même lors de l'exploitation des plates-formes et des centres de traitements du gaz, à condition bien sûr que l'électricité provienne du réseau de distribution existant. Cette option serait plus facilement applicable pour les installations permanentes en exploitation, telles que les compresseurs de puits et les centres de traitement du gaz, que pour les activités temporaires d'exploration et de développement (forage et fracturation).

9.1.2 Chaudières (forage)

Malgré la faible utilisation des chaudières lors du forage (24 heures en hiver seulement), les simulations pour le forage ont montré des dépassements potentiels pour le SO₂ des normes sur 4 minutes et sur 24 heures pour tous les jeux de données météorologiques. Le taux d'émission de SO₂ était cependant basé sur la teneur maximale en soufre (0,5 %) permise au RAA pour l'utilisation de mazout léger. L'utilisation d'un mazout léger à faible teneur en soufre (0,1 % par exemple) serait la solution la plus simple pour régler ce problème potentiel. Un rehaussement

des cheminées pourrait aussi être considéré pour réduire la contribution des chaudières aux concentrations de $PM_{2.5}$ en bordure des sites de forage.

9.1.3 Bassins des eaux de reflux (essai de production)

Comme indiqué au chapitre 6, il existe une grande incertitude dans les émissions estimées à partir des concentrations à l'équilibre des composés du gaz de schiste dans l'eau, qui sont vraisemblablement surestimées par un facteur important, d'un à quelques ordres de grandeur. Néanmoins, la seule technique de réduction de ces émissions consiste à réduire la surface d'exposition de l'eau à l'atmosphère. Parmi les techniques envisageables utilisées dans l'industrie, il y a les réservoirs en acier en série et les réservoirs flexibles de grande capacité. Avec l'une ou l'autre de ces options, les émissions potentielles des bassins des eaux de fracturations seraient virtuellement éliminées.

9.1.4 Événements de coffrage en tête de puits (production)

Les émissions de gaz de schiste au niveau des événements de coffrage en tête de puits peuvent être éliminées par captage et réacheminement dans le flux de production.

9.1.5 Systèmes de contrôle pneumatiques (production)

Pour les plates-formes en production, les systèmes de contrôle pneumatiques « high-bleed » utilisant le gaz de schiste, considérés pour le scénario de base, peuvent être remplacés par des systèmes « low-bleed », assurant une réduction des émissions de gaz de schiste de l'ordre de 96 %, ou encore mieux par des systèmes à air comprimé ou mécaniques éliminant complètement cette source d'émission.

9.1.6 Émissions fugitives de procédés (production et traitement)

Les émissions reliées aux fuites des procédés des plates-formes de forage en production et des centres de traitement du gaz ont été estimées en utilisant des facteurs d'émission moyens en l'absence de mesures de contrôle particulières. Ces émissions peuvent être réduites considérablement en implantant un programme de détection et de réparation des fuites (LDAR : « *Leak detection and repair program* ») similaire aux exigences des articles 46 à 50 du RAA. Selon les évaluations de ce type de programme par l'US-EPA¹ et l'expérience de SNC-Lavalin dans l'implantation de ce type de programme, une réduction de 90 % des émissions des fuites des procédés au niveau des plates-formes et des centres de traitement du gaz par rapport au cas de base est envisageable.

9.1.7 Événements des régénérateurs de glycol (traitement)

Les émissions de COV au niveau des événements des régénérateurs de glycol des centres de traitement du gaz peuvent être captées et traitées en utilisant un condenseur, qui récupère la

¹ US-EPA, *Leak Detection and Repair - A Best Practices Guide*,
<http://www.epa.gov/compliance/resources/publications/assistance/ldarguide.pdf>

vapeur d'eau et les matières condensables, dont les BTEX, puis une unité d'oxydation thermique. L'efficacité de traitement de ce type de système est estimée à plus de 98 %.

9.2 RÉSULTATS DE MODÉLISATION AVEC MESURES D'ATTÉNUATION

Cette section présente les résultats de modélisation avec mesures d'atténuation (tableau 9.1) pour chaque étape d'un projet type. Pour toutes les phases d'un projet type, l'alimentation électrique des sites permettrait d'éliminer les émissions des moteurs à combustion en remplaçant ces derniers par des moteurs électriques et ne nécessite donc pas d'évaluation supplémentaire.

Puisque les résultats de modélisation pour chaque jeu de données météorologiques ne diffèrent généralement pas beaucoup, ceux-ci sont présentés pour les jeux originaux de Montréal et Québec pour le NO₂ et pour celui de Bécancour pour les autres contaminants. Finalement, à moins d'avis contraire, seuls les résultats considérant des échappements de moteurs verticaux sont présentés. Ces derniers pourraient aussi être considérés comme la première mesure d'atténuation des concentrations de contaminants dans l'air ambiant à proximité des sites d'activités reliés à l'exploitation du gaz de schiste.

9.2.1 Forage

Tel que décrit au tableau 9.1, les sources en cause pour les dépassements des normes ou critères de qualité de l'air à l'étape du forage sont principalement les moteurs diesels fixes et les chaudières sur le site.

Dioxyde d'azote (NO₂)

Pour le NO₂, le tableau 9.2 présente les résultats de modélisation pour le cas de base, le rehaussement des cheminées des moteurs fixes à 10 mètres du sol et l'utilisation de moteurs de dernière génération (TIER-4). Pour ces derniers, seuls les taux d'émission diminuent et les autres paramètres demeureraient identiques au cas de base.

Le rehaussement des cheminées permettrait une réduction des concentrations moyennes annuelles de l'ordre de 50 %, mais les concentrations maximales horaires et journalières calculées en bordure du site demeurent toujours nettement au-dessus des normes.

L'utilisation de moteurs TIER-4 à faible émission de NO_x, sans rehaussement des cheminées, serait suffisante pour les concentrations de NO₂ calculées dans l'air ambiant demeurent sous les normes de qualité de l'air, avec un maximum horaire de 328 µg/m³ (79 % de la norme) et un maximum journalier de 187 µg/m³ (90 % de la norme), tout en incluant les concentrations initiales. La concentration maximale en moyenne annuelle serait alors de 12 µg/m³ ou 12 % de la norme annuelle.

Les figures 9.1 à 9.4 présentent les courbes de concentrations maximales horaires et journalières de NO₂ pour les scénarios du cas de base et avec moteurs TIER-4 pour les jeux de données météorologiques de Montréal et de Québec.

Tableau 9.2 Sommaire des résultats pour les concentrations de NO₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour le forage avec mesures d'atténuation

Scénarios ^a	Jeux de données météorologiques	Résultats de modélisation ^b	Périodes		
			1 heure	24 heures	Annuelle
Cas de base	Québec	Concentrations maximales (µg/m ³)	1 176	532	41
		Nombres de dépassements de la norme (sur 5 ans), maximums par récepteur	1 964	202	s. o.
		Distances maximales de dépassement ^c	260	210	s. o.
	Montréal-Trudeau	Concentrations maximales (µg/m ³)	1 527	575	36
		Nombres de dépassements de la norme (sur 5 ans), maximums par récepteur	1 755	147	s. o.
		Distances maximales de dépassement ^c	250	200	s. o.
Rehaussement à 10 m des cheminées des moteurs fixes	Québec	Concentrations maximales (µg/m ³)	932	328	18
		Nombres de dépassements de la norme (sur 5 ans), maximums par récepteur	172	2	s. o.
		Distances maximales de dépassement ^c	210	120	s. o.
	Montréal-Trudeau	Concentrations maximales (µg/m ³)	885	351	17
		Nombres de dépassements de la norme (sur 5 ans), maximums par récepteur	234	11	s. o.
		Distances maximales de dépassement ^c	220	150	s. o.
Moteurs Tier 4	Québec	Concentrations maximales (µg/m ³)	307	184	12
		Nombres de dépassements de la norme (sur 5 ans), maximums par récepteur	0	0	0
		Distances maximales de dépassement ^c	s. o.	s. o.	s. o.
	Montréal-Trudeau	Concentrations maximales (µg/m ³)	328	187	12
		Nombres de dépassements de la norme (sur 5 ans), maximums par récepteur	0	0	0
		Distances maximales de dépassement ^c	s. o.	s. o.	s. o.
Normes du RAA (µg/m³)			414	207	103

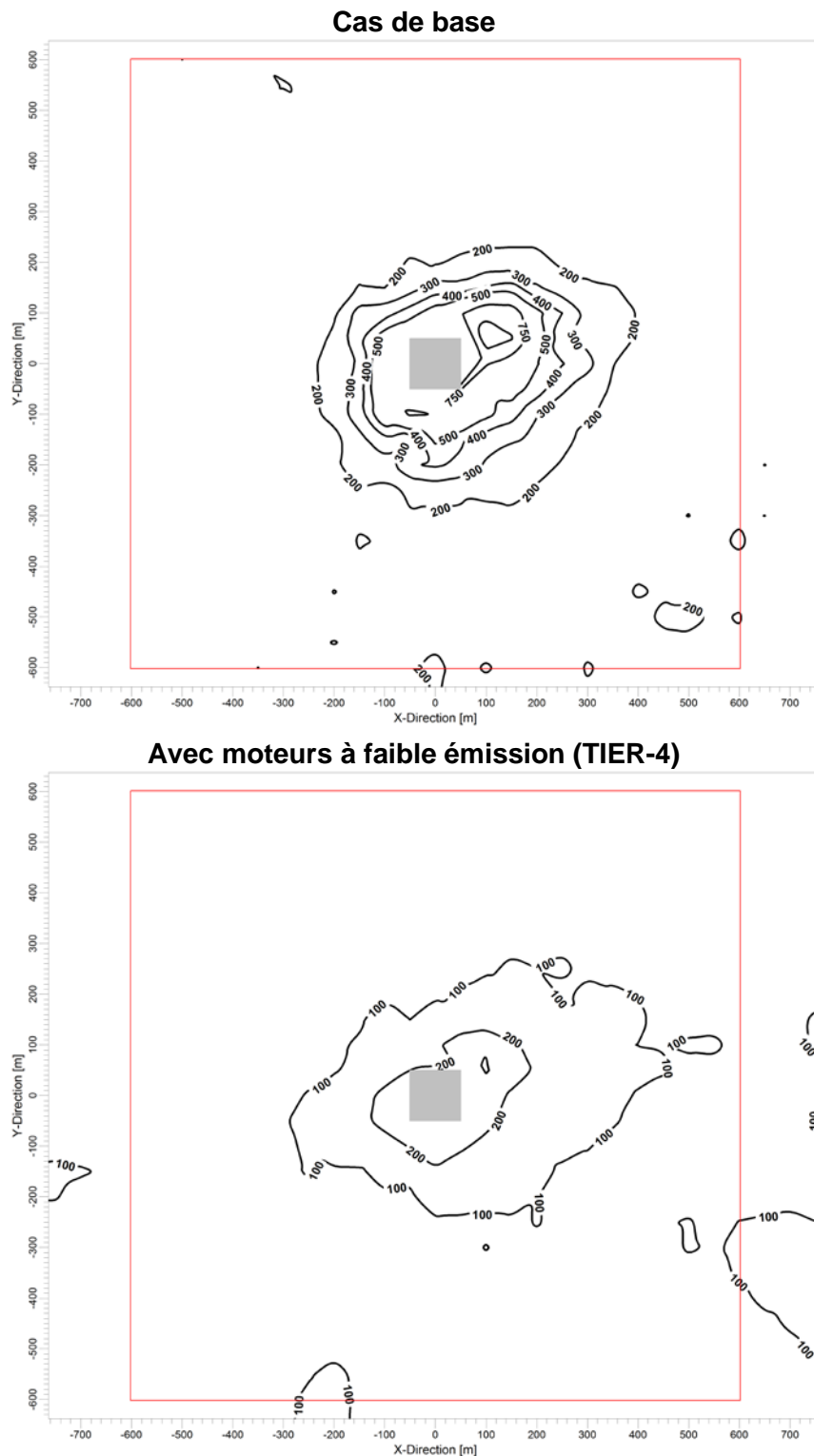
a : Tous les scénarios avec échappements des moteurs à la verticale.

b : Tous les résultats considèrent les concentrations initiales.

c : À partir du centre du site.

s. o. : sans objet, car il n'y aurait pas de dépassement de la norme.

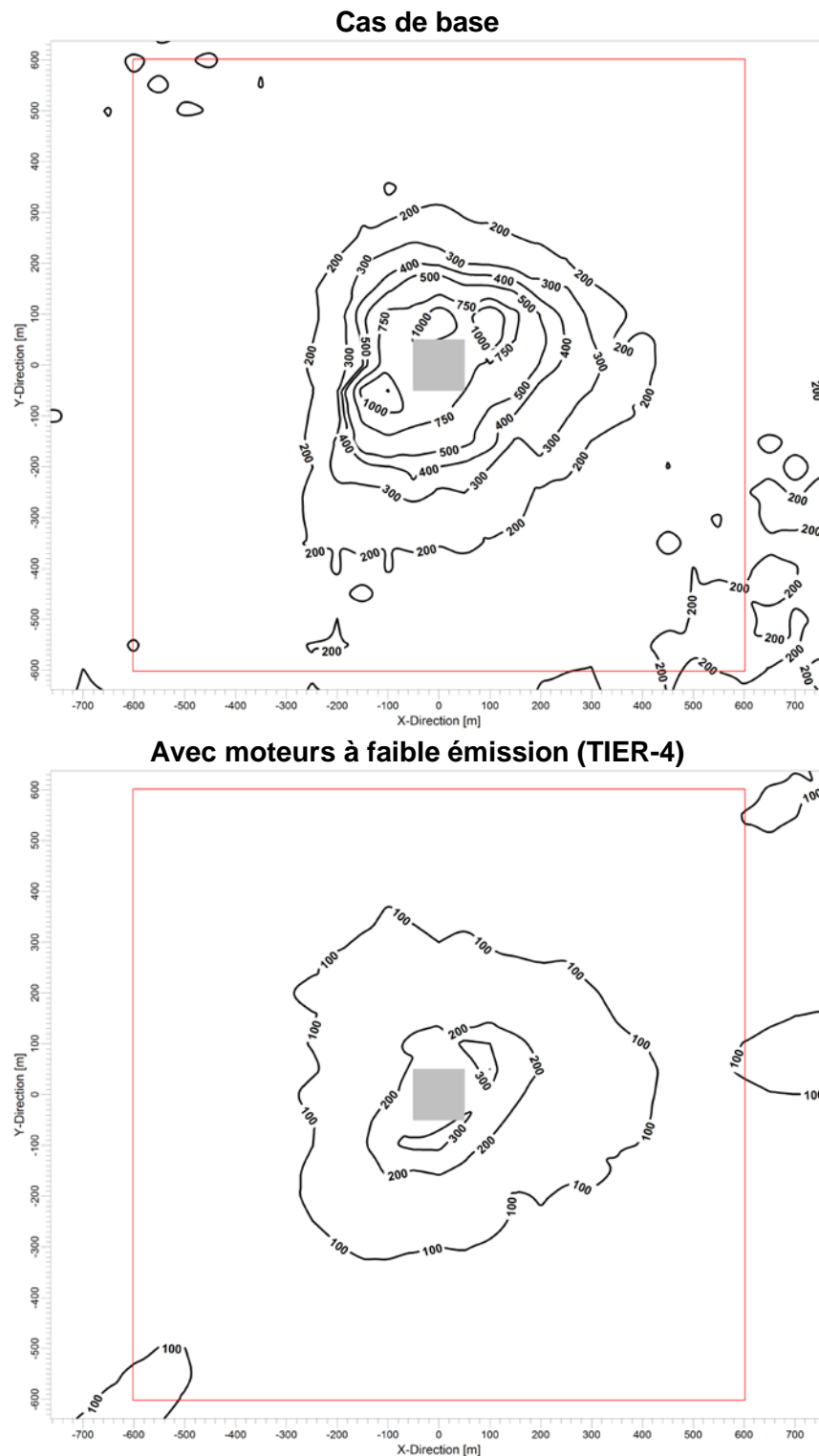
Figure 9.1 Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales horaires de NO_2 calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour le forage avec mesures d'atténuation – Météorologie : Québec 2008-2012



Norme du RAA : $414 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les concentrations initiales sont considérées dans les courbes.

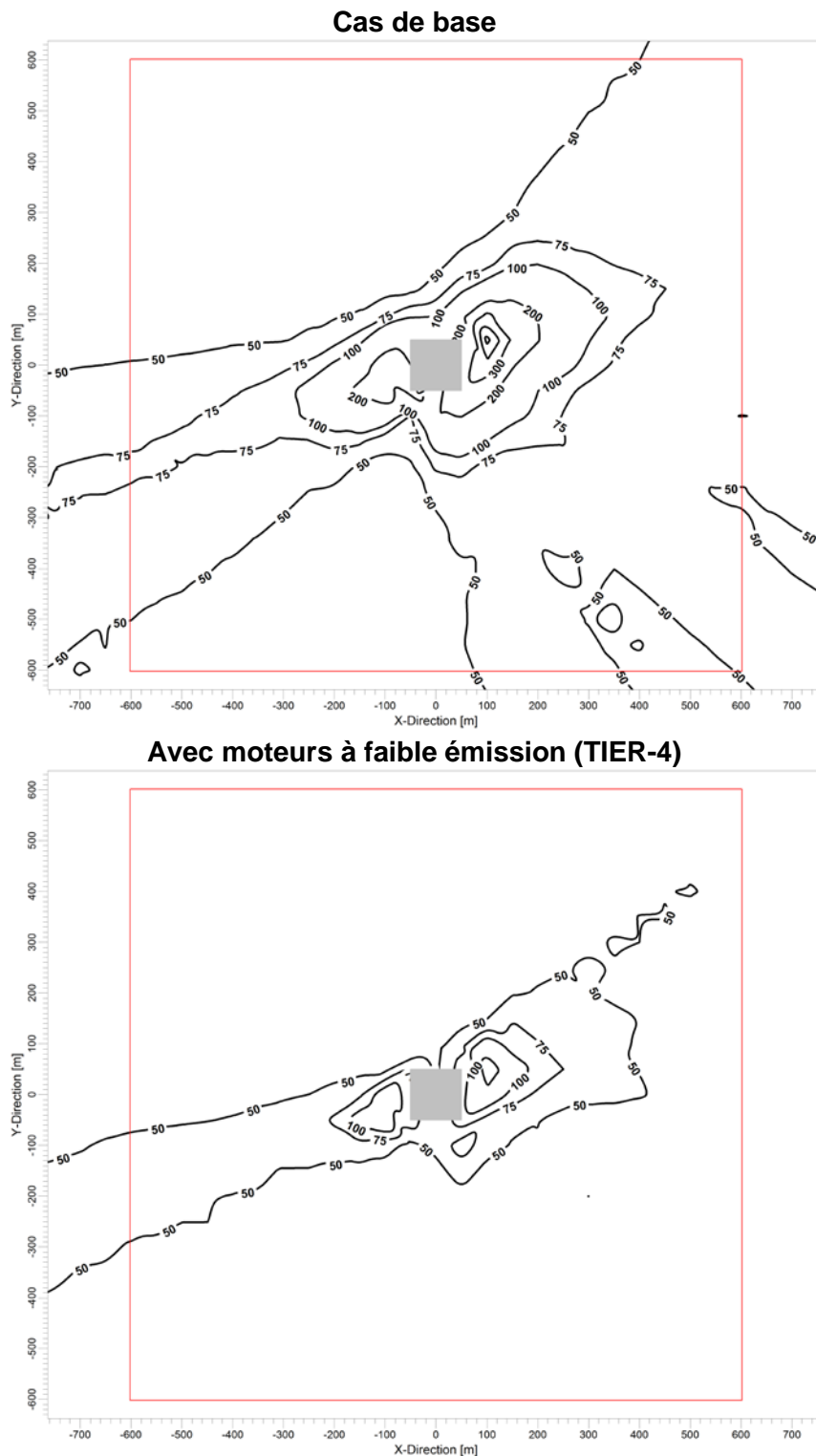
Figure 9.2 Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales horaires de NO_2 calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour le forage avec mesures d'atténuation – Météorologie : Montréal 2008-2012



Norme du RAA : $414 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les concentrations initiales sont considérées dans les courbes.

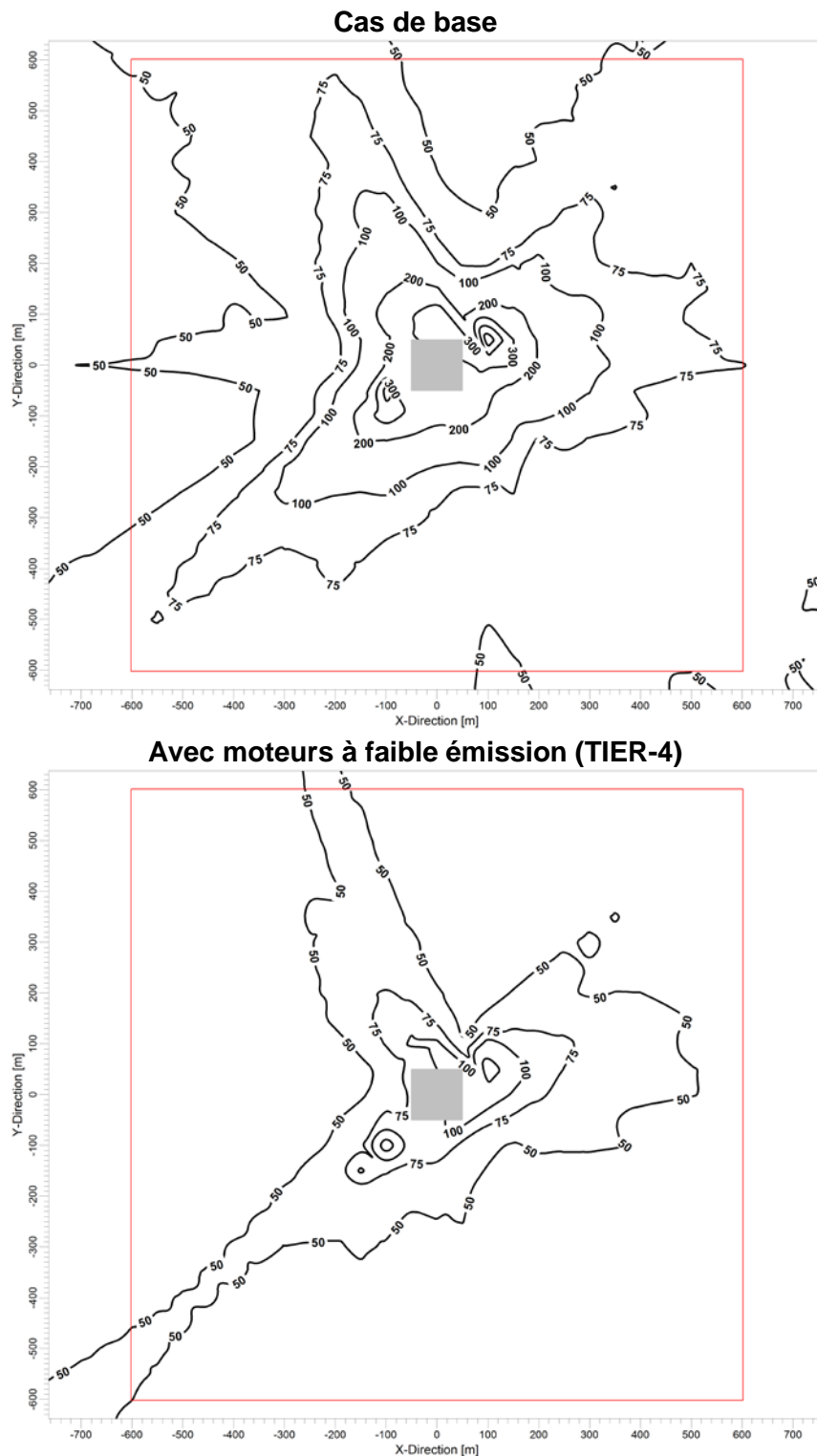
Figure 9.3 Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales journalières de NO_2 calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour le forage avec mesures d'atténuation – Météorologie : Québec 2008-2012



Norme du RAA : $207 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les concentrations initiales sont considérées dans les courbes.

Figure 9.4 Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales journalières de NO_2 calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour le forage avec mesures d'atténuation – Météorologie : Montréal 2008-2012



Norme du RAA : $207 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les concentrations initiales sont considérées dans les courbes.

Particules fines ($PM_{2.5}$)

Le tableau 9.3 compare les résultats de modélisation pour les $PM_{2.5}$ lors du forage pour le cas de base, le rehaussement des cheminées des sources fixes et l'utilisation de moteurs TIER-4 avec et sans considération des chaudières. Pour alléger la discussion, seuls les résultats obtenus avec le jeu de données météorologiques de Bécancour sont présentés.

Le rehaussement des échappements des moteurs fixes à 10 m permet de réduire les impacts sur la qualité de l'air ambiant, mais pas suffisamment pour atteindre la valeur de la norme journalière de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Avec les moteurs TIER-4, la contribution maximale du site de forage aux concentrations ambiantes de $PM_{2.5}$ diminue considérablement, mais deux dépassements potentiels sont tout de même calculés lorsque la concentration initiale est prise en compte. En retirant la contribution des chaudières, la concentration maximale journalière calculée atteint $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$, soit 80 % de la norme journalière. Les chaudières ne seraient utilisées que 24 heures par forage en hiver seulement et un rehaussement des cheminées de ces dernières pourrait être envisagé.

Les courbes de concentrations maximales journalières de $PM_{2.5}$ pour les scénarios du cas de base et avec moteurs à faible émission de $PM_{2.5}$ (TIER-4) sont illustrées à la figure 9.5.

Tableau 9.3 Sommaire des résultats pour les concentrations journalières de $PM_{2.5}$ calculées dans l'air ambiant pour le forage avec mesures d'atténuation

Météorologie	Scénarios ^a	Concentrations maximales ^b ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Norme= $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$)		Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^c		Nombre maximums de dépassements de la norme par récepteur ^d
		Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	
Bécancour 2005-2009	Cas de base	69	89	280	990	373
	Rehaussement des sources fixes à 10 m	38	58	180	760	249
	Moteurs TIER-4	14	34	s. o.	140	1 (à deux récepteurs)
	Moteurs TIER-4 (sans chaudières)	4,3	24	s. o.	s. o.	s. o.

a : Tous les scénarios avec échappements des moteurs à la verticale, incluant la chaudière (24 heures en hiver), sans indications contraires.

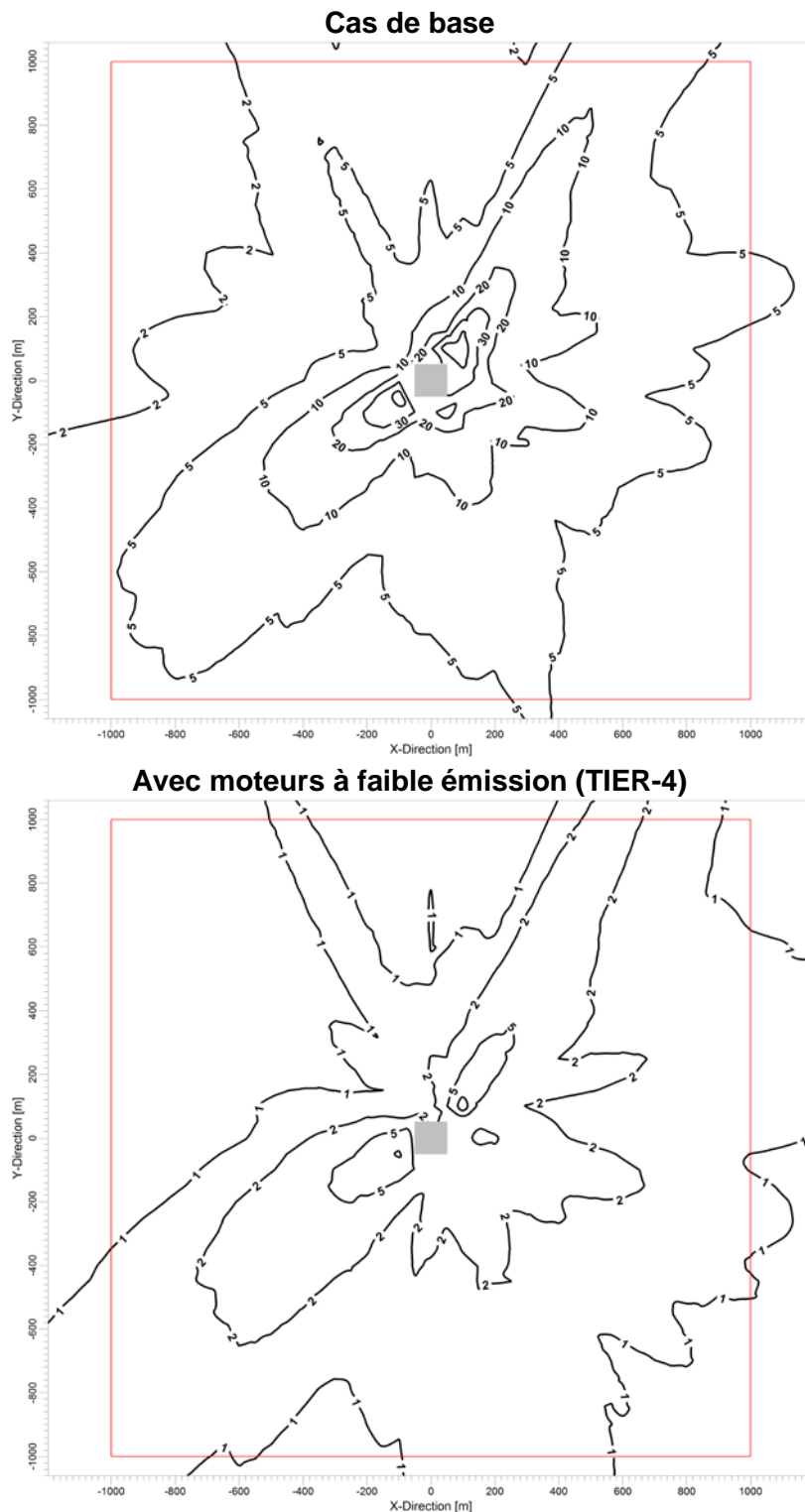
b : Résultats du modèle de dispersion sans et avec considération de la concentration initiale ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

c : Distance à partir du centre du site.

d : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

s. o. : sans objet, car il n'y aurait pas de dépassement de la norme.

Figure 9.5 Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales journalières de $\text{PM}_{2.5}$ calculées dans l'air ambiant pour le forage avec mesures d'atténuation – Météorologie : Bécancour 2005-2009



Norme du RAA : $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentration initiale ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas considérée dans les courbes.

Dioxyde de soufre (SO₂)

Tel qu'indiqué à la section 4.2.4, les dépassements des normes à courts termes (4 minutes et 24 heures) calculés pour le SO₂ sont uniquement causés par les émissions des chaudières qui ne seraient exploitées que durant 24 heures en hiver seulement. Ces résultats considèrent l'utilisation d'un carburant dont la teneur en soufre correspond à la norme du RAA pour le mazout léger (0,5 %). L'utilisation d'un mazout à faible teneur en soufre de l'ordre de 0,1 % ou moins ou un rehaussement de cheminée permettrait d'éliminer ces dépassements potentiels en bordure du site.

HAP en équivalent B(a)P et formaldéhyde

Les tableaux 9.4 et 9.5 présentent les résultats de modélisation pour les HAP et le formaldéhyde pour le cas de base et pour l'utilisation moteurs de dernière génération lors du forage. L'utilisation de moteurs de dernière génération permettrait d'éviter les dépassements du critère de qualité de l'air annuel pour les HAP et de la norme sur 15 minutes pour le formaldéhyde dans l'air ambiant lors des forages.

Tableau 9.4 Sommaire des résultats pour les moyennes annuelles d'HAP en équivalent B(a)P calculées dans l'air ambiant pour le forage avec mesures d'atténuation

Météorologie	Scénarios ^a	Concentrations maximales ^b (µg/m ³) (Norme=0,0009 µg/m ³)		Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^c	
		Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale
Bécancour 2005-2009	Cas de base	0,0012	0,0015	200	255
	Moteurs à faible émission	0,0001	0,0004	s. o.	s. o.

a : Tous les scénarios avec échappements des moteurs à la verticale, incluant la chaudière (24 heures en hiver), sans indications contraires.

b : Résultats du modèle de dispersion sans et avec considération de la concentration initiale (0,0003 µg/m³).

c : Distance à partir du centre du site.

s. o. : sans objet, car il n'y aurait pas de dépassement de la norme.

Tableau 9.5 Sommaire des résultats pour concentrations maximales sur 15 minutes de formaldéhyde calculées dans l'air ambiant pour le forage avec mesures d'atténuation

Météorologie	Scénarios ^a	Concentrations maximales ^b (µg/m ³) (Norme=37 µg/m ³)		Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^c		Nombres maximums de dépassements de la norme par récepteur ^d
		Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	
Bécancour 2005-2009	Cas de base	51	54	130	135	9
	Moteurs à faible émission	5	8	s. o.	s. o.	s. o.

a : Tous les scénarios avec échappements des moteurs à l'horizontale.

b : Résultats du modèle de dispersion sans et avec considération de la concentration initiale (3 µg/m³).

c : Distance à partir du centre du site.

d : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

s. o. : sans objet, car il n'y aurait pas de dépassement de la norme.

9.2.2 Fracturation hydraulique

Les moteurs diesels des camions-pompes et des équipements de mélange sont les seules sources de contaminants atmosphériques sur la plate-forme lors de la fracturation hydraulique. L'utilisation de moteurs de dernière génération (TIER-4) est la seule mesure d'atténuation des impacts sur les concentrations ambiantes de NO₂, de particules et de formaldéhyde considérée. L'évaluation du rehaussement des échappements des moteurs fixes n'a pas été effectuée, puisque pour le forage cette mesure n'a pas été jugée suffisante pour des sources similaires.

Dioxyde d'azote (NO₂)

Le tableau 9.6 compare les résultats de modélisation pour le NO₂ entre les scénarios de base et avec mesures d'atténuation lors de la fracturation.

Malgré les réductions des émissions, les concentrations maximales calculées à courts termes dépassent les normes de la qualité de l'air pour le NO₂, la concentration maximale horaire atteignant 689 µg/m³ (166 % de la norme) et la concentration maximale journalière atteignant 283 µg/m³ (137 % de la norme). Les nombres de dépassements potentiels des normes sont cependant considérablement réduits et l'étendue de la zone de dépassement de la norme horaire est réduite de moitié (environ 600 m pour le cas de base à 300 m avec atténuation).

Les figures 9.6 à 9.9 présentent les courbes de concentrations maximales horaires et journalières de NO₂ pour le cas de base et avec moteurs à faible émission de NO_x pour les jeux de données météorologiques de Montréal-Trudeau et Québec.

Particules fines (PM_{2,5})

Le tableau 9.7 compare les résultats de modélisation pour les PM_{2,5} pour les scénarios de base et avec moteurs de dernière génération obtenus en utilisant le jeu de données météorologiques de Bécancour. Avec une réduction des émissions de 95 %, par rapport au cas de base, les concentrations maximales calculées dans l'air ambiant, incluant la concentration initiale, en bordure du site passent de 79 µg/m³ (2,6 fois la norme) à 23 µg/m³ (77 % de la norme).

Formaldéhyde

Le tableau 9.8 présente les résultats de modélisation pour le formaldéhyde en considérant l'utilisation de moteurs de dernière génération comme mesure d'atténuation. La concentration maximale de formaldéhyde sur 15 minutes calculée dans l'air ambiant en bordure du site passe alors de 73 µg/m³ pour le cas de base à 10 µg/m³ avec atténuation, la norme étant de 37 µg/m³.

Tableau 9.6 Sommaire des résultats pour les concentrations de NO₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour la fracturation hydraulique avec mesures d'atténuation

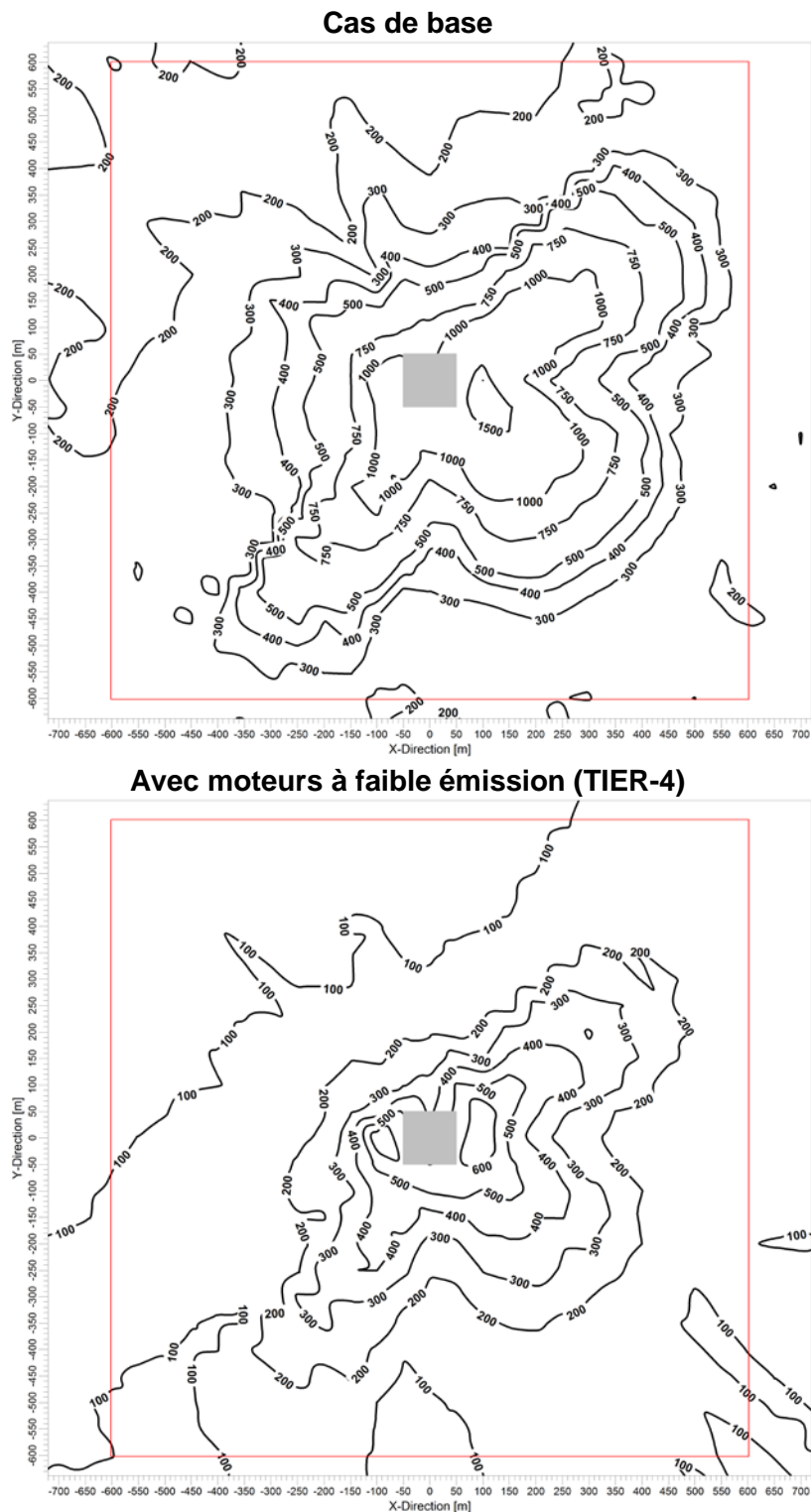
Scénarios ^a	Jeux de données météorologiques	Résultats de modélisation ^b	Périodes		
			1 heure	24 heures	Annuelle
Cas de base	Québec	Concentrations maximales (µg/m ³)	1 632	404	12,5
		Nombres de dépassements de la norme (sur 5 ans), maximums par récepteur	6 177	80	0
		Distances maximales de dépassement ^c	575	190	s. o.
	Montréal-Trudeau	Concentrations maximales (µg/m ³)	1 631	467	11,3
		Nombres de dépassements de la norme (sur 5 ans), maximums par récepteur	4 823	101	0
		Distances maximales de dépassement ^c	590	220	s. o.
Moteurs Tier 4	Québec	Concentrations maximales (µg/m ³)	689	246	6,9
		Nombres de dépassements de la norme (sur 5 ans), maximums par récepteur	1 014	7	0
		Distances maximales de dépassement ^c	320	160	s. o.
	Montréal-Trudeau	Concentrations maximales (µg/m ³)	683	283	6,0
		Nombres de dépassements de la norme (sur 5 ans), maximums par récepteur	1 085	8	0
		Distances maximales de dépassement ^c	320	160	s. o.
Normes du RAA (µg/m³)			414	207	103

a : Tous les scénarios avec échappements des moteurs à la verticale.

b : Tous les résultats considèrent les concentrations initiales.

c : À partir du centre du site.

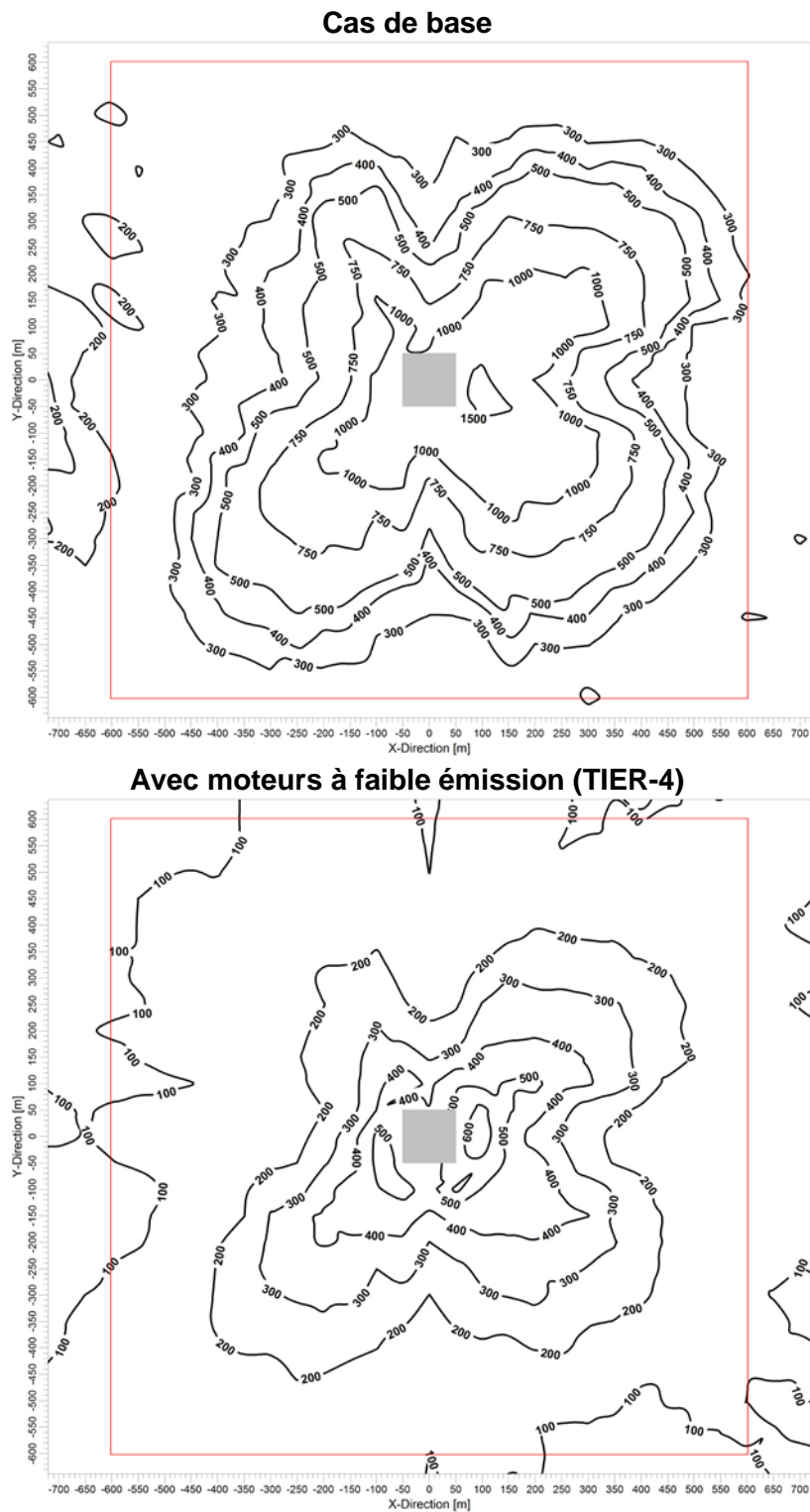
Figure 9.6 Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales horaires de NO_2 calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour la fracturation avec mesures d'atténuation – Météorologie : Québec 2008-2012



Norme du RAA : $414 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les concentrations initiales sont considérées dans les courbes.

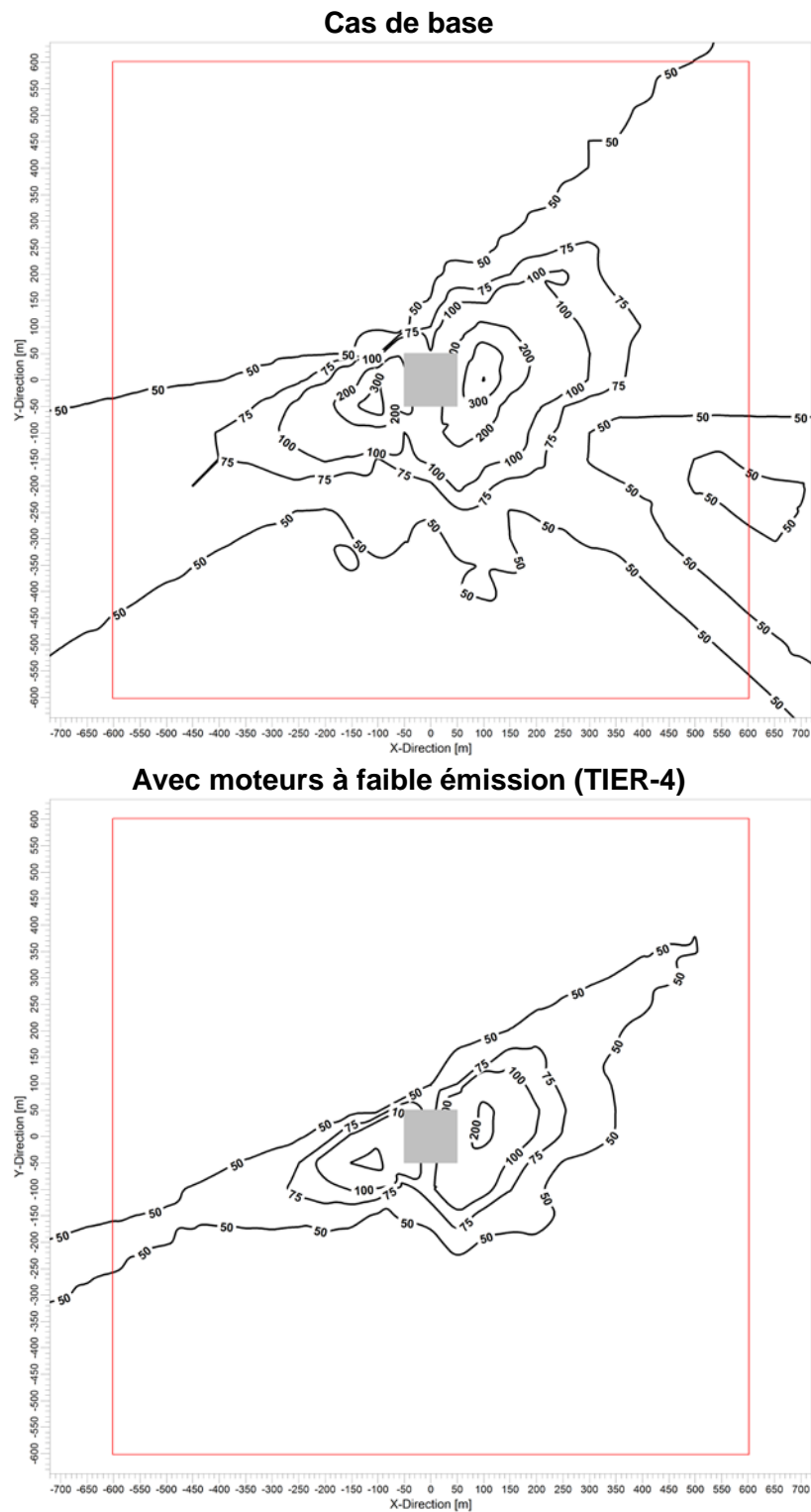
Figure 9.7 Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales horaires de NO_2 calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour la fracturation avec mesures d'atténuation – Météorologie : Montréal 2008-2012



Norme du RAA : $414 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les concentrations initiales sont considérées dans les courbes.

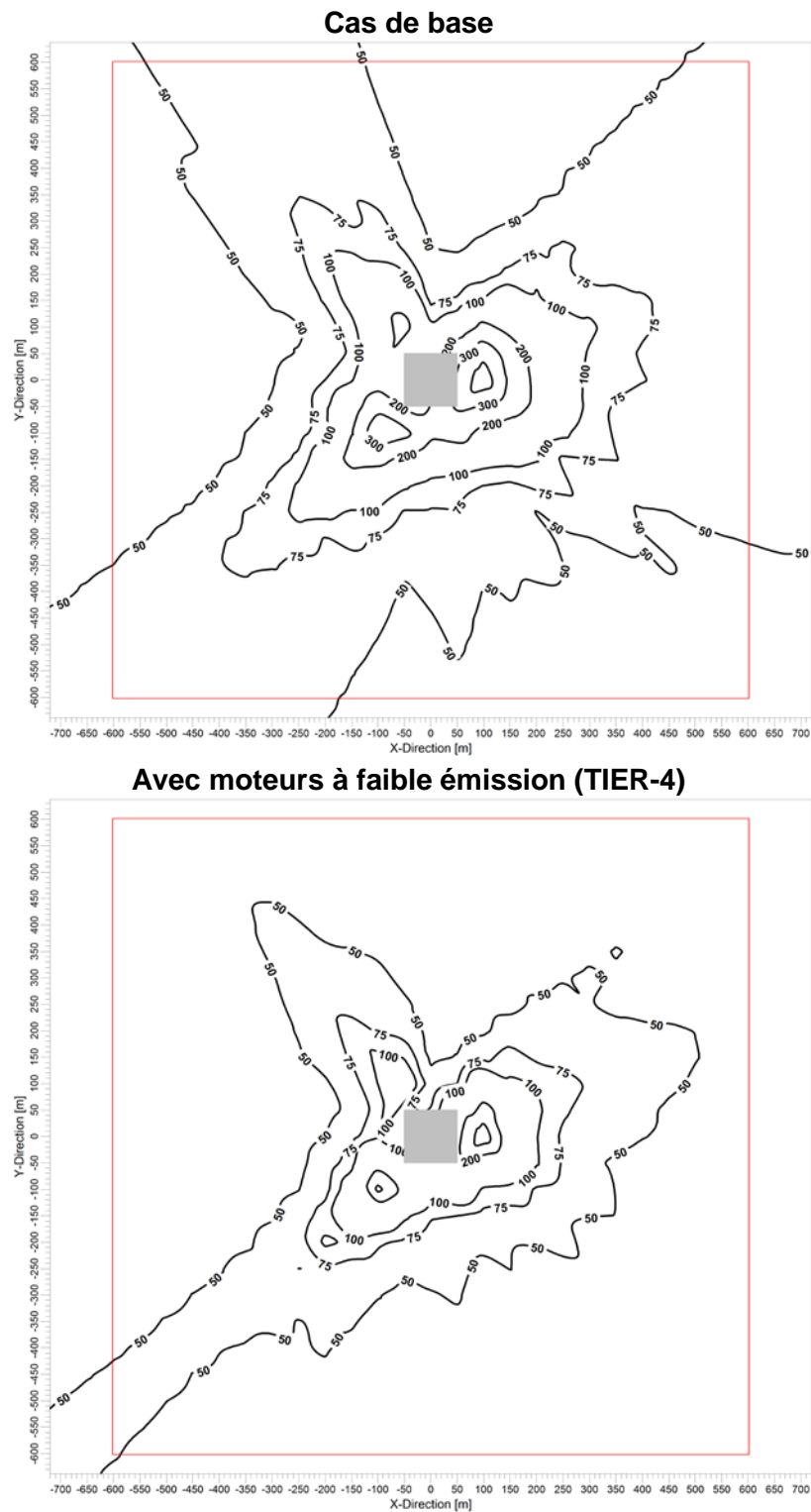
Figure 9.8 Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales journalières de NO_2 calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour la fracturation avec mesures d'atténuation – Météorologie : Québec 2008-2012



Norme du RAA : $207 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les concentrations initiales sont considérées dans les courbes.

Figure 9.9 Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales journalières de NO_2 calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour la fracturation avec mesures d'atténuation – Météorologie : Montréal 2008-2012



Norme du RAA : $207 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les concentrations initiales sont considérées dans les courbes.

Tableau 9.7 Sommaire des résultats pour les concentrations journalières de PM_{2.5} calculées dans l'air ambiant pour la fracturation hydraulique avec mesures d'atténuation

Météorologie	Scénarios ^a	Concentrations maximales ^b (µg/m ³) (Norme=30 µg/m ³)		Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^c		Nombres maximums de dépassements de la norme par récepteur ^d
		Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	
Bécancour 2005-2009	Cas de base	59	79	205	595	312
	Moteurs TIER-4	3	23	s. o.	s. o.	s. o.

a : Tous les scénarios avec échappements des moteurs à la verticale.

b : Résultats du modèle de dispersion sans et avec considération de la concentration initiale (20 µg/m³).

c : Distance à partir du centre du site.

d : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

s. o. : sans objet, car il n'y aurait pas de dépassement de la norme.

Tableau 9.8 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales sur 15 minutes de formaldéhyde calculées dans l'air ambiant pour la fracturation avec mesures d'atténuation

Météorologie	Scénarios ^a	Concentrations maximales ^b (µg/m ³) (Norme=37 µg/m ³)		Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^c		Nombres maximums de dépassements de la norme par récepteur ^d
		Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	
Bécancour 2005-2009	Cas de base	70	73	395	425	90
	Moteurs TIER-4	7	10	s. o.	s. o.	s. o.

a : Tous les scénarios avec échappements des moteurs à l'horizontal.

b : Résultats du modèle de dispersion sans et avec considération de la concentration initiale (3 µg/m³).

c : Distance à partir du centre du site.

d : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

s. o. : sans objet, car il n'y aurait pas de dépassement de la norme.

9.2.3 Essai de production

Avec les mesures d'atténuation proposées éliminant les émissions par évaporation du bassin des eaux de reflux, il n'y a pas d'autres sources requérant des mesures d'atténuation.

9.2.4 Production

Les effets sur la qualité de l'air des mesures d'atténuation proposée au tableau 9.1 pour la production de gaz sur une plate-forme sont évalués dans cette section. Les résultats de nouvelles simulations avec ces mesures en place sont comparés avec les normes et critères de qualité de l'air et aussi avec les résultats obtenus pour le cas de base (chapitre 7).

Dioxyde d'azote (NO₂)

Le tableau 9.9 compare les résultats de modélisation pour le NO₂ entre le cas de base, le cas avec rehaussement de la cheminée du compresseur de puits et le cas considérant l'utilisation de moteurs à faible émission de NO_x. Pour les deux mesures d'atténuation, les concentrations maximales horaires et journalières de NO₂ calculées dans l'air ambiant sont inférieures aux normes de la qualité de l'air, mais l'option de réduction des émissions à la source produit une diminution un peu plus avantageuse que le rehaussement des cheminées à 10 m. Les moyennes annuelles de NO₂ ne dépassent jamais la norme, peu importe le scénario de modélisation.

Les courbes de résultats ne sont pas présentées, car les concentrations maximales sont pratiquement identiques aux concentrations initiales maximales de 91 µg/m³ (ou 22 % de la norme) sur une base horaire et de 45 µg/m³ (ou 22 % de la norme) sur une base journalière.

Sulfure d'hydrogène (H₂S) et composés organiques

Le tableau 9.10 compare les résultats du cas de base pour une plate-forme en production à ceux en considérant les mesures d'atténuation présentées au tableau 9.1 pour le H₂S et les composés organiques pour lesquelles des dépassements de normes de qualité de l'air ambiant avaient été obtenus pour le cas de base, soit le formaldéhyde, le benzène, le toluène, les xylènes et l'hexane. Selon les résultats de modélisation du tableau 9.10, les mesures d'atténuation identifiées permettraient d'atteindre les normes de qualité de l'air ambiant en bordure d'un site de traitement du gaz avec une marge sécuritaire.

Tableau 9.9 Sommaire des résultats pour les concentrations de NO₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour l'exploitation avec mesures d'atténuation

Scénarios ^a	Jeux de données météorologiques	Résultats de modélisation ^b	Périodes		
			1 heure	24 heures	Annuelle
Cas de base	Québec	Concentrations maximales (µg/m ³)	831	323	25
		Nombres de dépassements de la norme (sur 5 ans), maximums par récepteur	204	7	0
		Distances maximales de dépassement ^c	100	90	s. o.
	Montréal-Trudeau	Concentrations maximales (µg/m ³)	762	394	27
		Nombres de dépassements de la norme (sur 5 ans), maximums par récepteur	349	12	0
		Distances maximales de dépassement ^c	100	100	s. o.
Cas de base et rehaussement des cheminées à 10 m	Québec	Concentrations maximales (µg/m ³)	101	59	13
		Nombres de dépassements de la norme (sur 5 ans), maximums par récepteur	0	0	0
		Distances maximales de dépassement ^c	s. o.	s. o.	s. o.
	Montréal-Trudeau	Concentrations maximales (µg/m ³)	111	53	13
		Nombres de dépassements de la norme (sur 5 ans), maximums par récepteur	0	0	0
		Distances maximales de dépassement ^c	s. o.	s. o.	s. o.
Moteurs à faible émission	Québec	Concentrations maximales (µg/m ³)	94	45	11
		Nombres de dépassements de la norme (sur 5 ans), maximums par récepteur	0	0	0
		Distances maximales de dépassement ^c	s. o.	s. o.	s. o.
	Montréal-Trudeau	Concentrations maximales (µg/m ³)	91	48	12
		Nombres de dépassements de la norme (sur 5 ans), maximums par récepteur	0	0	0
		Distances maximales de dépassement ^c	s. o.	s. o.	s. o.
Normes du RAA (µg/m³)			414	207	103

a : Tous les scénarios avec échappements des moteurs à la verticale.

b : Tous les résultats considèrent les concentrations initiales.

c : À partir du centre du site.

s. o. : sans objet, car il n'y aurait pas de dépassement de la norme.

Tableau 9.10 Sommaire des résultats pour les concentrations de H₂S et de composés organiques calculées dans l'air ambiant pour l'exploitation avec mesures d'atténuation – Météorologie de Bécancour 2005-2009

Contaminants	Périodes	Normes (µg/m ³)	Concentrations initiales (µg/m ³)	Scénarios ^a	Concentrations maximales ^b (µg/m ³)		Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^c		Nombres maximums de dépassements de la norme par récepteur ^d
					Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	
Sulfure d'hydrogène	4 minutes	6	0	Cas de base	140	140	880	880	2 243
				Atténuation	1	1	s. o.	s. o.	s. o.
Formaldéhyde	15 minutes	37	3	Cas de base (horizontal)	79	82	110	115	42
				Atténuation (horizontal)	8	11	s. o.	s. o.	s. o.
Benzène	24 heures	10	3	Cas de base	17	20	150	180	55
				Atténuation	0,15	3,2	s. o.	s. o.	s. o.
Toluène	4 minutes	600	260	Cas de base	7 545	7 805	565	865	2 185
				Atténuation	56	316	s. o.	s. o.	s. o.
Xylènes	4 minutes	350	150	Cas de base	218	368	s. o.	80	4
				Atténuation	1,6	152	s. o.	s. o.	s. o.
Hexane	4 minutes	5 300	140	Cas de base	6 400	6 540	85	90	9
				Atténuation	47	187	s. o.	s. o.	s. o.

a : Tous les scénarios avec échappements des moteurs à la verticale, sauf indication contraire. Atténuation excluant le remplacement des moteurs à combustion fixes par des moteurs électriques.

b : Résultats du modèle de dispersion sans et avec considération de la concentration initiale.

c : Distance à partir du centre du site.

d : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

s. o. : sans objet, car il n'y aurait pas de dépassement de la norme.

9.2.5 Centre de traitement

Les effets sur la qualité de l'air des mesures d'atténuation proposée au tableau 9.1 pour le centre de traitement de gaz de schiste sont évalués dans cette section. Les résultats de nouvelles simulations avec ces mesures en place sont comparés avec les normes et critères de qualité de l'air et aussi avec les résultats obtenus pour le cas de base (chapitre 8). Les résultats sont présentés uniquement pour le jeu de données météorologiques qui avait conduit aux concentrations calculées les plus élevées pour le cas de base.

Dioxyde d'azote (NO₂)

Le tableau 9.11 compare les résultats de modélisation de NO₂ entre les scénarios du cas de base et l'utilisation de moteurs à faible émission de NO_x pour les compresseurs avec et sans rehaussement à 10 m de leurs cheminées.

L'utilisation de moteurs de dernière génération sans rehaussement des cheminées ne serait pas suffisante pour que les concentrations maximales journalières en bordure du site soient inférieures à la norme.

Avec un rehaussement des cheminées et l'utilisation de moteurs de dernière génération, les concentrations maximales horaires et journalières calculées dans l'air ambiant diminuent pour atteindre des niveaux inférieurs aux normes. La concentration horaire calculée la plus élevée atteint alors 278 µg/m³ (67 % de la norme) alors que la concentration maximale journalière la plus élevée atteint 189 µg/m³ (91 % de la norme), tout en incluant les concentrations initiales.

Particules fines (PM_{2,5})

Le tableau 9.12 compare les résultats de modélisation entre le cas de base évalué au chapitre 8 et l'utilisation de nouveaux moteurs qui permettraient de réduire les émissions de PM_{2,5} de 95 %. Avec cette option, la concentration maximale journalière calculée baisse à 27,4 µg/m³, soit 91 % de la norme sur 24 heures tout en considérant la concentration initiale.

Formaldéhyde

Pour le formaldéhyde, les résultats de modélisation sont présentés au tableau 9.13. L'utilisation de moteurs avec pot catalytique ne serait pas suffisante pour que la concentration maximale de formaldéhyde calculée dans l'air ambiant soit inférieure à la norme sur 15 minutes en bordure du site sans rehaussement des cheminées des moteurs à 10 mètres du sol.

Sulfure d'hydrogène (H₂S) et composés organiques

Le tableau 9.14 compare les résultats du cas de base et au cas avec mesures d'atténuation pour le H₂S et les composés organiques pour lesquelles des dépassements de normes de qualité de l'air ambiant avaient été obtenus pour le cas de base. Selon les résultats de modélisation du tableau 9.14, les mesures d'atténuation identifiées permettraient d'atteindre les normes de qualité de l'air ambiant en bordure d'un site de traitement du gaz.

Tableau 9.11 Sommaire des résultats pour les concentrations de NO₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour un centre de traitement du gaz avec mesures d'atténuation

Scénarios ^a	Jeux de données météorologiques	Résultats de modélisation ^b	Périodes		
			1 heure	24 heures	Annuelle
Cas de base	Québec	Concentrations maximales (µg/m ³)	1 489	764	135
		Nombres de dépassements de la norme (sur 5 ans), maximums par récepteur	6 201	471	inconnu
		Distances maximales de dépassement ^c	680	370	120
	Montréal-Trudeau	Concentrations maximales (µg/m ³)	1 491	838	114
		Nombres de dépassements de la norme (sur 5 ans), maximums par récepteur	4 885	356	5
		Distances maximales de dépassement ^c	660	390	110
Moteurs à faible émission	Québec	Concentrations maximales (µg/m ³)	359	233	42
		Nombres de dépassements de la norme (sur 5 ans), maximums par récepteur	0	8	0
		Distances maximales de dépassement ^c	s. o.	160	s. o.
	Montréal-Trudeau	Concentrations maximales (µg/m ³)	373	259	38
		Nombres de dépassements de la norme (sur 5 ans), maximums par récepteur	0	12	0
		Distances maximales de dépassement ^c	s. o.	100	s. o.
Moteurs à faible émission et rehaussement des cheminées à 10 m	Québec	Concentrations maximales (µg/m ³)	278	151	30
		Nombres de dépassements de la norme (sur 5 ans), maximums par récepteur	0	0	0
		Distances maximales de dépassement ^c	s. o.	s. o.	s. o.
	Montréal-Trudeau	Concentrations maximales (µg/m ³)	257	189	27
		Nombres de dépassements de la norme (sur 5 ans), maximums par récepteur	0	0	0
		Distances maximales de dépassement ^c	s. o.	s. o.	s. o.
Normes du RAA (µg/m³)			414	207	103

a : Tous les scénarios avec échappements des moteurs à la verticale.

b : Tous les résultats considèrent les concentrations initiales.

c : À partir du centre du site.

s. o. : sans objet, car il n'y aurait pas de dépassement de la norme.

Tableau 9.12 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales journalières de PM_{2.5} calculées dans l'air ambiant pour un centre de traitement du gaz avec mesures d'atténuation

Météorologie	Scénarios ^a	Concentrations maximales ^b (µg/m ³) (Norme=30 µg/m ³)		Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^c		Nombres maximums de dépassements de la norme par récepteur ^d
		Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	
Bécancour 2005-2009	Cas de base	129	149	340	990	733
	Moteurs à faible émission	7,4	27,4	s. o.	s. o.	s. o.

a : Tous les scénarios avec échappements des moteurs à la verticale.

b : Résultats du modèle de dispersion sans et avec considération de la concentration initiale (20 µg/m³).

c : Distance à partir du centre du site.

d : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

s. o. : sans objet, car il n'y aurait pas de dépassement de la norme.

Tableau 9.13 Sommaire des résultats pour les concentrations maximales sur 15 minutes de formaldéhyde calculées dans l'air ambiant pour un centre de traitement du gaz avec mesures d'atténuation

Météorologie	Scénarios ^a	Concentrations maximales ^b (µg/m ³) (Norme=37 µg/m ³)		Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^c		Nombres maximums de dépassements de la norme par récepteur ^d
		Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	
Montréal 2008-2012	Cas de base	373	376	840	1 065	7 488
	Moteurs à faible émission	37	40	100	175	6
	Moteurs à faible émission et cheminée de 10 m	19	22	s. o.	s. o.	s. o.

a : Tous les scénarios avec échappements des moteurs à la verticale.

b : Résultats du modèle de dispersion sans et avec considération de la concentration initiale (3 µg/m³).

c : Distance à partir du centre du site.

d : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

s. o. : sans objet, car il n'y aurait pas de dépassement de la norme.

Tableau 9.14 Sommaire des résultats pour les concentrations de H₂S et de composés organiques calculées dans l'air ambiant pour un centre de traitement du gaz avec mesures d'atténuation – Météorologie de Bécancour 2005-2009

Contaminants	Périodes	Normes (µg/m ³)	Concentrations initiales (µg/m ³)	Scénarios ^a	Concentrations maximales ^b (µg/m ³)		Distances (m) maximales avec concentrations supérieures à la norme ^c		Nombres maximums de dépassements de la norme par récepteur ^d
					Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	Sans concentration initiale	Avec concentration initiale	
Sulfure d'hydrogène	4 minutes	6	0	Cas de base	7,6	7,6	150	150	4
				Atténuation	0,6	0,6	s. o.	s. o.	s. o.
Benzène	24 heures	10	3	Cas de base	24	27	625	1 020	322
				Atténuation	0,68	3,7	s. o.	s. o.	s. o.
Toluène	4 minutes	600	260	Cas de base	4 585	4 845	3 415	> 5 000	6 780
				Atténuation	97	357	s. o.	s. o.	s. o.
1,3-butadiène	Annuelle	0,3	0,27	Cas de base	0,248	0,518	s. o.	410	-
				Atténuation	0,025	0,295	s. o.	s. o.	s. o.
1,1,2,2-tétrachloroéthane	Annuelle	0,05	0,03	Cas de base	0,020	0,050	s. o.	110	-
				Atténuation	0,002	0,032	s. o.	s. o.	s. o.

a : Tous les scénarios avec échappements des moteurs à la verticale. Atténuation excluant le remplacement des moteurs à combustion fixes par des moteurs électriques.

b : Résultats du modèle de dispersion sans et avec considération de la concentration initiale.

c : Distance à partir du centre du site.

d : Nombre total de dépassements calculés sur cinq ans, en considérant la concentration initiale.

s. o. : sans objet, car il n'y aurait pas de dépassement de la norme.

10. ÉVALUATION DES IMPACTS SUR LES ODEURS

Tel que décrit à la section 2.7, cette étude considère que les niveaux d'odeur de chaque substance sont additifs. À cette fin, les concentrations odeur maximales de chaque substance par récepteur ont été additionnées entre elles. Cet exercice est effectué sans tenir compte du fait que les concentrations maximales par substance à un récepteur ne surviennent pas nécessairement au même moment pour toutes les substances. Pour le forage et la fracturation, puisque toutes les sources de contaminants sont du même type (gaz de combustion) et émettent les mêmes contaminants, cette approche est tout à fait valable. Pour l'essai de production, la production et le traitement du gaz, cette approche mène à une surestimation des concentrations odeur près des plates-formes à cause de la présence de plusieurs types (ponctuelles, surfaciques) de sources n'émettant pas les mêmes contaminants.

Les impacts odeur ont été évalués uniquement pour les cas avec échappement vertical des moteurs en utilisant le jeu de donnée météorologique de Montréal. Ce jeu a été sélectionné parce qu'il faut inclure le NO₂ dans l'analyse, éliminant ainsi les jeux de Bécancour et de Saint-Hubert, et parce que son utilisation produit des concentrations à court terme généralement plus élevées et sur une plus grande distance que l'utilisation du jeu de Québec. Les concentrations initiales des contaminants ne sont pas considérées dans l'analyse.

Le tableau 10.1 présente les concentrations odeur maximales calculées dans l'air ambiant sur le domaine de modélisation pour chaque étape d'implantation pour le cas de base. Seuls les contaminants pour lesquels la concentration odeur atteint 1 u.o./m³ ou plus pour une des phases d'implantation d'un projet type sont indiqués. Les contributions des autres contaminants sont regroupées sous la rubrique « Autres contaminants ». Ces maximums surviennent tous à certains récepteurs à 50 m de la limite des plates-formes ou du centre de traitement du gaz.

Pour le forage et la fracturation, les aldéhydes (principalement l'octanal et l'acétaldéhyde) et le NO₂ sont les principaux contaminants contributeurs aux concentrations odeur dans l'air ambiant. À l'essai de production, ce sont les émissions présumées de H₂S et de composés organiques volatils (principalement le toluène) des bassins des eaux de reflux qui auraient l'impact odeur le plus important. Le H₂S et le toluène associés aux pertes de gaz de schiste sur les plates-formes sont les principaux constituants de l'impact odeur lors de la production. Finalement, pour le traitement, l'impact odeur est dominé par les aldéhydes et l'acroléine présents dans les émissions des moteurs, et le H₂S et les COV présents dans les émissions fugitives des procédés et les émissions des événements des régénérateurs de glycol.

Le tableau 10.2 présente les concentrations odeur maximales calculées dans l'air ambiant sur le domaine de modélisation pour chaque étape d'implantation avec les mesures d'atténuation identifiées à la section 9.1 (tableau 9.1), en excluant l'option de remplacement des moteurs à combustion par des moteurs électriques. Les contaminants responsables des concentrations odeur résiduelles proviennent des moteurs à combustion ou des fugitives des procédés sur une plate-forme en production.

Le tableau 10.3 présente le sommaire des concentrations odeur calculées pour chaque phase d'implantation d'un projet type pour les cas de base et avec mesures d'atténuation, à l'exception du remplacement des moteurs à combustion par des moteurs électriques. Les distances du

centre des sites correspondant à des concentrations odeur calculées de 10 u.o./m³, 5 u.o./m³ et 1 u.o./m³ sont aussi indiquées.

Tableau 10.1 Concentrations odeur (u.o./m³) maximales calculées dans l'air ambiant pour chaque étape d'implantation d'un projet type pour le cas de base – Météorologie : Montréal 2008-2012

Contaminants	Étapes d'implantation d'un projet type ^a				
	Forage	Fracturation	Essai	Production	Traitement
Dioxyde d'azote (NO ₂)	26,5	28,3	1,6 ^b	13,2	25,9
Dioxyde de soufre (SO ₂)	2,6	0,017	0,013	0,011	0,19
Sulfure d'hydrogène (H ₂ S)	0,015	s. o.	6 400	140	11
Acroléine	0,24	0,88	0,00096	0,62	8,9
Benzène	0,00064	0,0021	2,3	0,04	0,032
Éthylbenzène	0,00041	0,0013	6	0,16	0,13
Toluène	0,0041	0,014	330	7,1	5,7
Xylènes	0,0054	0,019	19	0,35	0,28
Méthylcyclohexane	0,00052	0,0018	1,5	0,51	0,029
Aldéhydes					
Acétaldéhyde	9,2	33	0,0032	1,9	27
Butanal	0,39	1,4	s. o.	0,14	2,1
Décanal	0,64	2,3	s. o.	s. o.	s. o.
Formaldéhyde	0,49	1,4	0,0015	1,1	16
Heptanal	2,3	8,1	s. o.	s. o.	s. o.
Hexanal	1,1	3,9	s. o.	s. o.	s. o.
Nonanal	1,3	4,7	s. o.	s. o.	s. o.
Octanal	35	120	s. o.	s. o.	s. o.
Propanal	3,5	12	s. o.	s. o.	s. o.
Autres contaminants	0,353	1,20	1,25	3	0,246
Total	84	217	6762	168	97

a : Tous les scénarios avec l'orientation des sources à la verticale.

s. o. : sans objet, la substance n'est pas émise dans cette phase du projet.

Tel que mentionné à la section 2.7, il est généralement considéré que la probabilité de recevoir des plaintes de la part de citoyens est élevée lorsque la concentration odeur atteint plus de 5 u.o./m³. Lorsque la concentration odeur atteint plus de 10 u.o./m³, la génération de plaintes par les citoyens est une quasi-certitude.

Pour le cas de base, les concentrations odeur maximums dépassent 10 u.o./m³ partout dans le domaine de modélisation pour la fracturation hydraulique et le traitement du gaz, soit à une distance de plus de 5 km. Pour le forage et l'extraction du gaz, les zones de dépassement de 10 u.o./m³ atteignent respectivement 2,2 km et 650 m des plates-formes. Pour l'essai de production, les incertitudes sur les taux d'émission du bassin de stockage des eaux de reflux suite à la fracturation hydraulique exposées à la section 6.3 demeurent valides pour l'évaluation de l'impact odeur.

Tableau 10.2 Concentrations odeur (u.o./m³) maximales calculées dans l'air ambiant pour chaque étape d'implantation d'un projet type avec mesures d'atténuation – Météorologie : Montréal 2008-2012

Contaminants	Étapes d'implantation d'un projet type ^a				
	Forage	Fracturation	Essai	Production	Traitement
Dioxyde d'azote (NO ₂)	5,7	11,9	Aucun effet odeur quantifiable	0,90 ^b	4,3
Dioxyde de soufre (SO ₂)	0,52	0,017		0,011	s. o.
Sulfure d'hydrogène (H ₂ S)	0,015	s. o.		1,2	0,88
Acroléine	0,024	0,088		0,062	0,46
Benzène	0,000064	0,00021		0,00036	0,0007
Éthylbenzène	0,000041	0,00013		0,0015	0,0029
Toluène	0,00041	0,0014		0,063	0,12
Xylènes	0,00054	0,0019		0,0031	0,0061
Méthylcyclohexane	0,000052	0,00018		0,0045	0,0033
Aldéhydes					
Acétaldéhyde	0,92	3,3		0,19	1,4
Butanal	0,039	0,14		0,014	0,11
Décanal	0,064	0,23		s. o.	s. o.
Formaldéhyde	0,049	0,14		0,11	0,81
Heptanal	0,23	0,81		s. o.	s. o.
Hexanal	0,11	0,39		s. o.	s. o.
Nonanal	0,13	0,47		s. o.	s. o.
Octanal	3,5	12		s. o.	s. o.
Propanal	0,35	1,2		s. o.	s. o.
Autres contaminants	0,035	0,120		0,027	0,024
Total	12	31	2,6	8,1	

a : Tous les scénarios avec l'orientation des sources à la verticale.

s. o. : sans objet, la substance n'est pas émise dans cette phase du projet.

Avec les mesures de mitigation identifiées au tableau 9.1, les concentrations odeur diminuent considérablement. Les zones de concentrations odeur de plus de 10 u.o./m³ atteignent maintenant 150 m pour le forage et 600 m pour la fracturation par rapport au centre de la plateforme et sont inexistantes pour l'essai de production, l'extraction et le traitement du gaz complètement éliminées. La zone à plus de 5 u.o./m³ atteint cependant 2,5 km pour la fracturation, 300 m pour le forage, 300 m pour le traitement et est inexistante pour l'extraction du gaz.

Finalement, le remplacement des moteurs à combustion fixes (générateurs, équipement, camions-pompes, compresseurs) par des moteurs électriques, en plus des mesures d'atténuation déjà considérées pour les autres sources de contaminants, permettrait de virtuellement éliminer l'impact odeur de chaque étape d'implantation et d'exploitation de gaz de schiste.

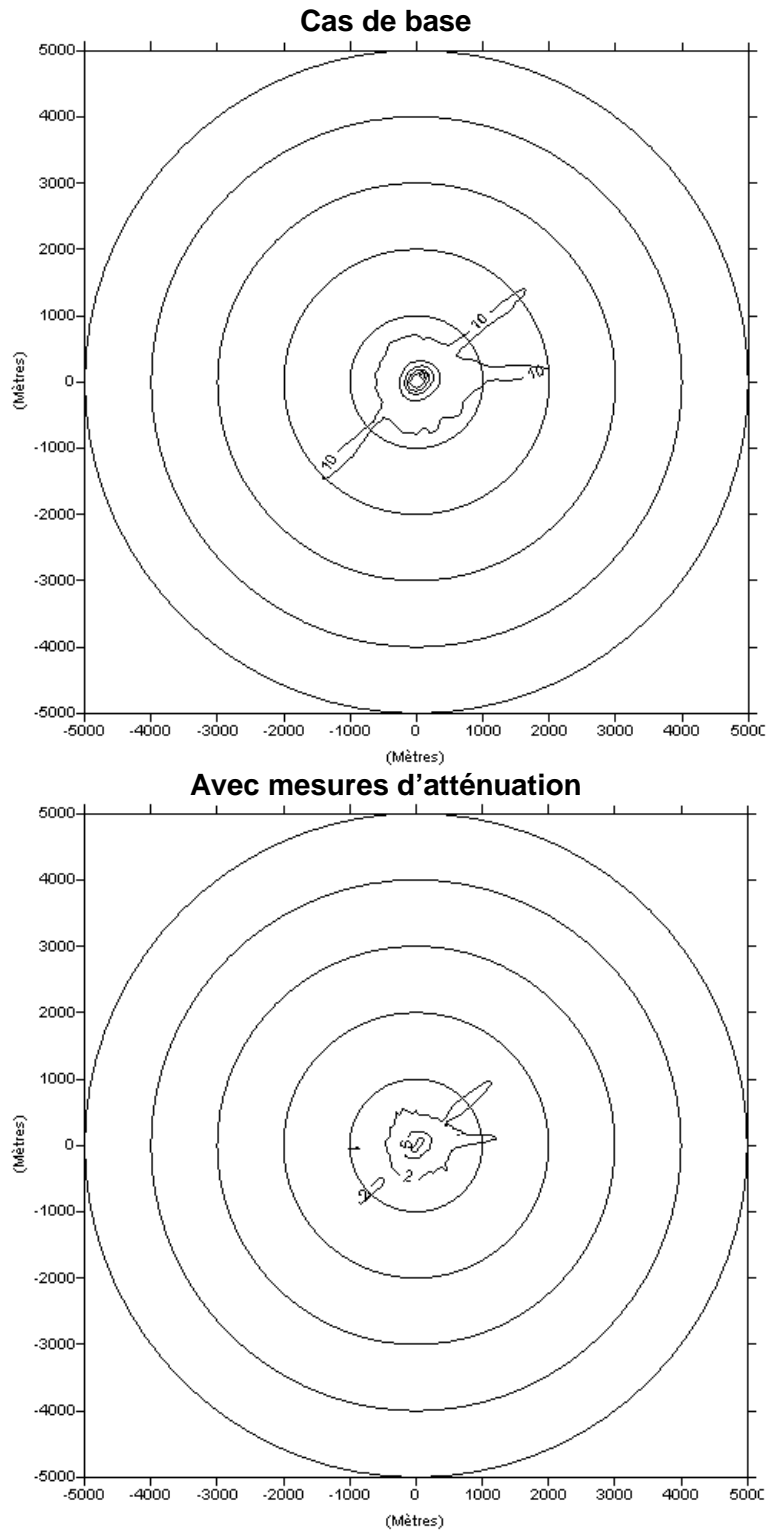
Tableau 10.3 Sommaire des résultats pour les concentrations odeur calculées dans l'air ambiant pour chaque étape d'implantation d'un projet type – Météorologie : Montréal 2008-2012

Étapes	Scénarios ^a	Concentrations odeur maximales ^b (u.o./m ³)	Distances (m) ^b maximales avec concentrations odeur supérieures à		
			10 u.o./m ³	5 u.o./m ³	1 u.o./m ³
Forage	Cas de base	84	2 200	> 5 000	> 5 000
	Avec atténuation	12	150	300	> 5 000
Fracturation	Cas de base	217	> 5 000	> 5 000	> 5 000
	Avec atténuation	31	500	2 500	> 5 000
Essai de production	Cas de base	0 à 6 762	0 à > 5 000	0 à > 5 000	0 à > 5 000
	Avec atténuation	Aucun effet odeur de quantifiable, puis les sources sont éliminées.			
Extraction	Cas de base	168	650	1 400	> 5 000
	Avec atténuation	2,6	nil	nil	150
Traitement	Cas de base	97	> 5 000	> 5 000	> 5 000
	Avec atténuation	8,1	nil	300	2 500

a : Tous les scénarios avec échappements des moteurs à la verticale. Les mesures d'atténuation n'incluent pas le remplacement des moteurs à combustion par des moteurs électriques.

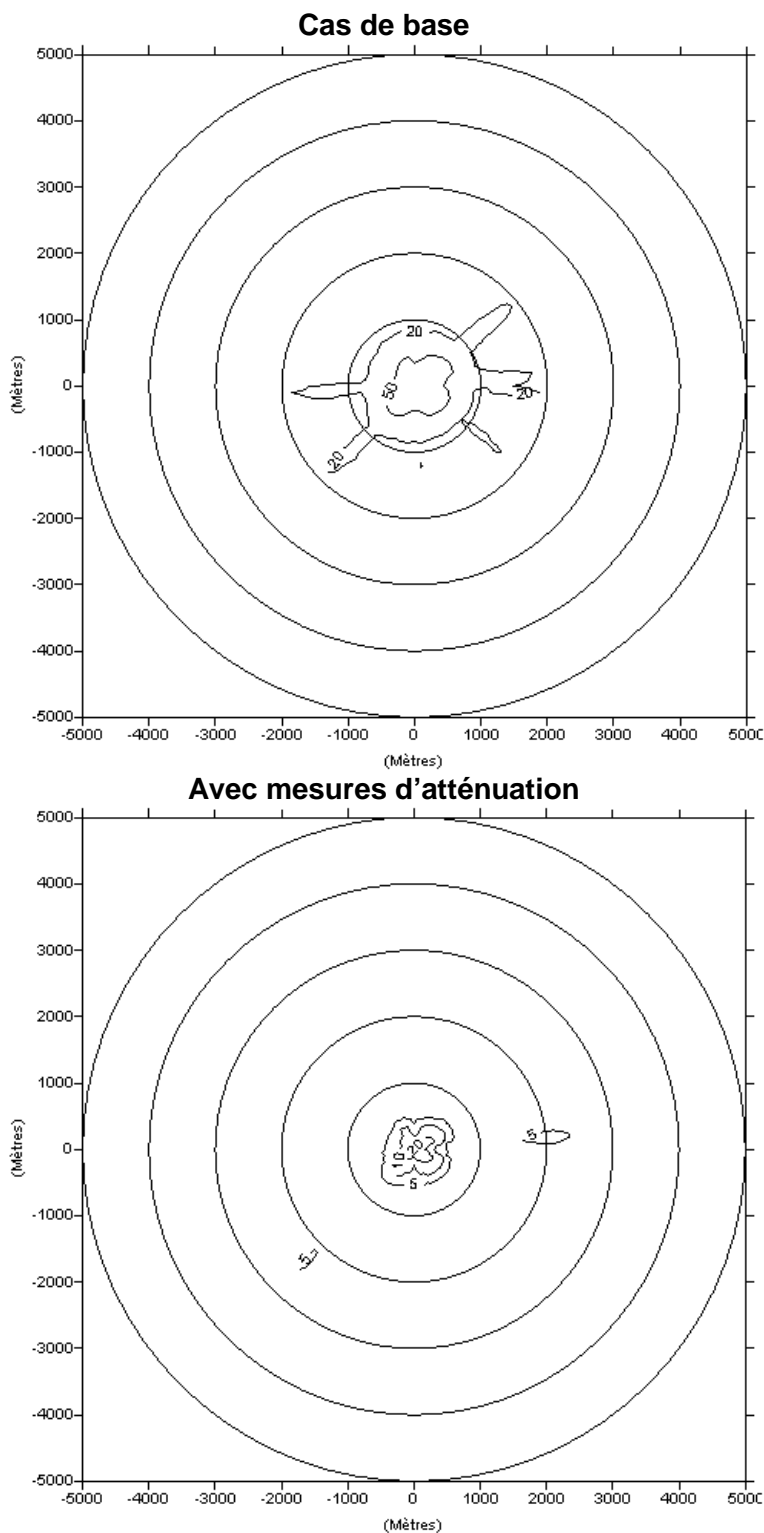
b : Distance à partir du centre de la plate-forme ou du centre de traitement.

Figure 10.1 Concentrations odeur (u.o./m³) maximales calculées dans l'air ambiant pour le forage – Météorologie : Montréal 2008-2012



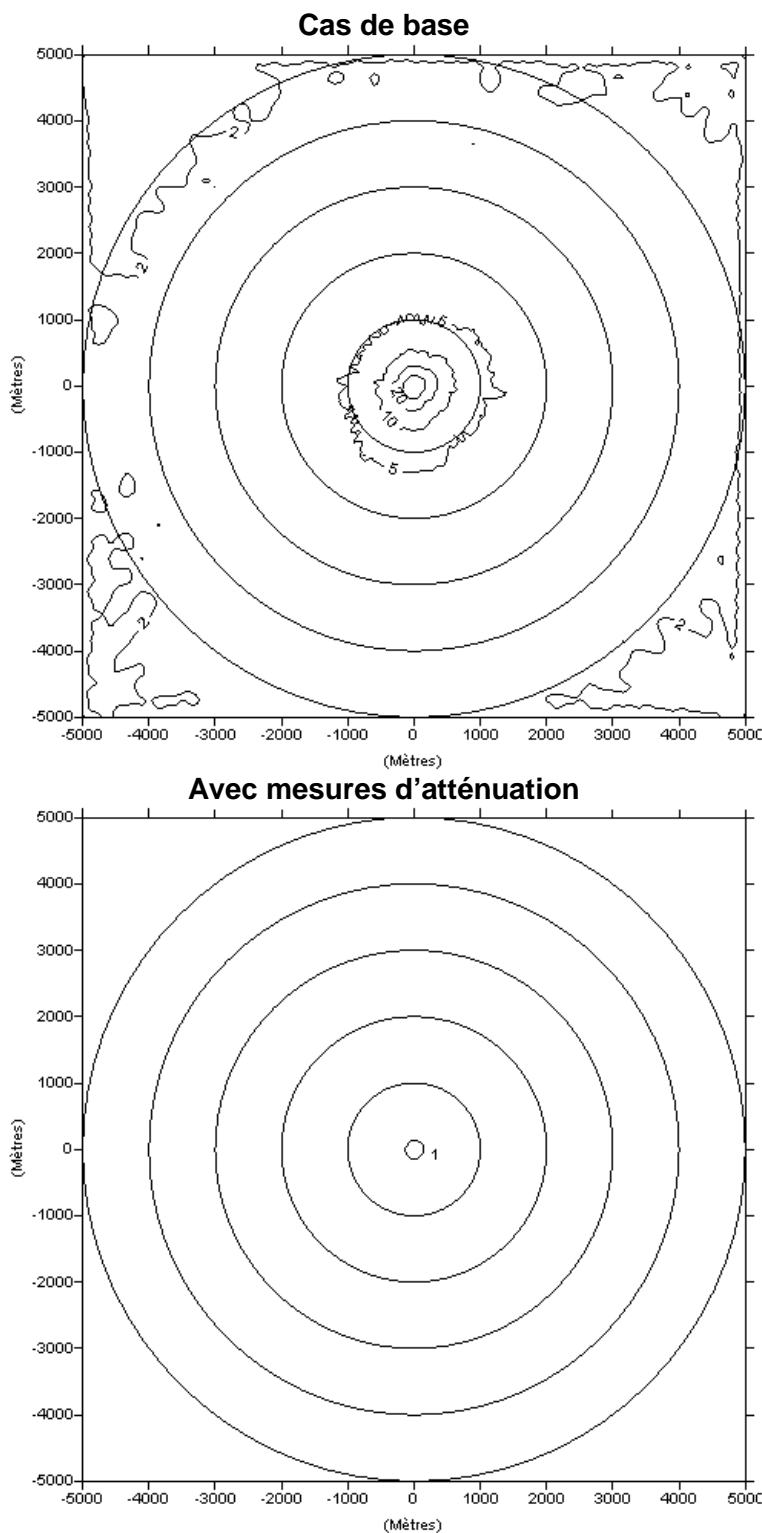
Critères : 1 u.o./m³ : seuil d'odeur, 5 u.o./m³ : quelques plaintes, 10 u.o./m³ : plaintes multiples.
Excluant le remplacement des moteurs à combustion par des moteurs électriques.

Figure 10.2 Concentrations odeur (u.o./m³) maximales calculées dans l'air ambiant pour la fracturation hydraulique – Météorologie : Montréal 2008-2012



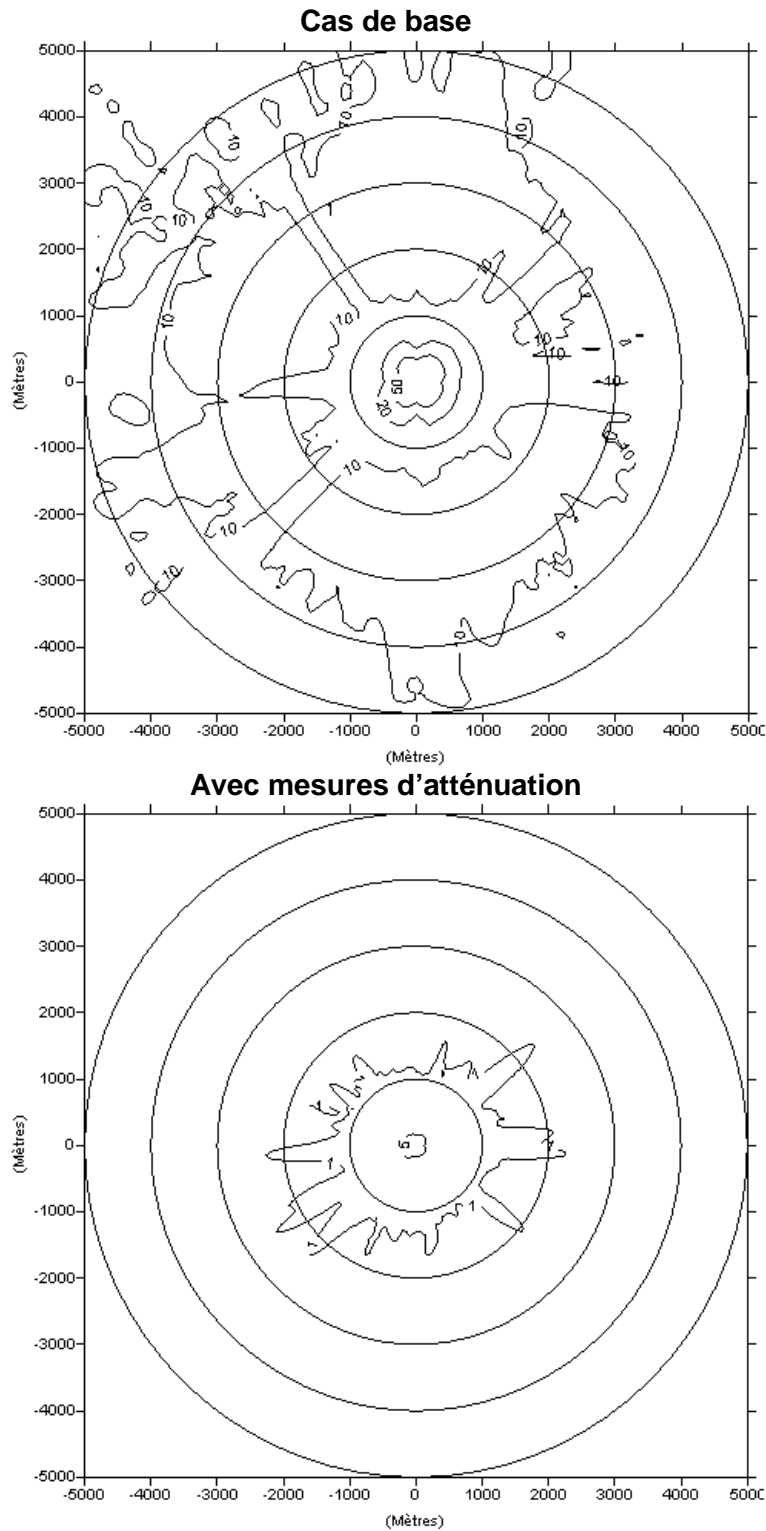
Critères : 1 u.o./m³ : seuil d'odeur, 5 u.o./m³ : quelques plaintes, 10 u.o./m³ : plaintes multiples.
Excluant le remplacement des moteurs à combustion par des moteurs électriques.

Figure 10.3 Concentrations odeur (u.o./m³) maximales calculées dans l'air ambiant pour l'exploitation d'une plate-forme – Météorologie : Montréal 2008-2012



Critères : 1 u.o./m³ : seuil d'odeur, 5 u.o./m³ : quelques plaintes, 10 u.o./m³ : plaintes multiples.
Excluant le remplacement des moteurs à combustion par des moteurs électriques.

Figure 10.4 Concentrations odeur (u.o./m³) maximales calculées dans l'air ambiant pour un centre de traitement du gaz – Météorologie : Montréal 2008-2012



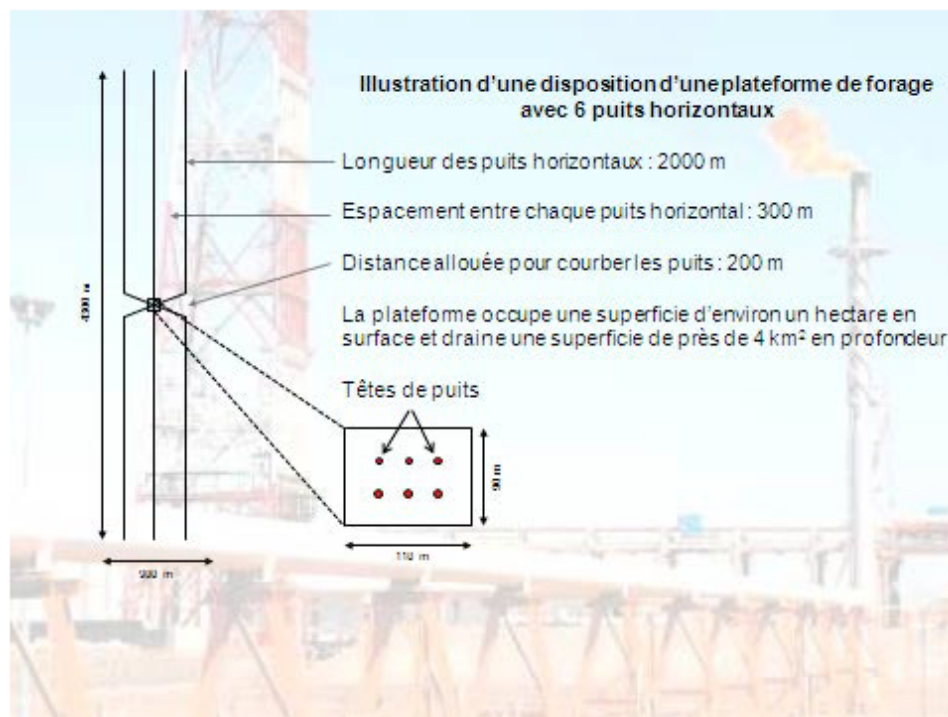
Critères : 1 u.o./m³ : seuil d'odeur, 5 u.o./m³ : quelques plaintes, 10 u.o./m³ : plaintes multiples.
Excluant le remplacement des moteurs à combustion par des moteurs électriques.

11. EFFETS CUMULATIFS

Les résultats de modélisation présentés aux chapitres 4 à 10 ne concernaient que les effets locaux d'un seul site à la fois. Le présent chapitre s'attarde plutôt aux effets cumulatifs régionaux de plusieurs sites en développement ou en exploitation à la fois dans une même région. Pour la phase d'exploration, il est peu probable d'avoir deux sites voisins actifs simultanément.

Selon les scénarios de développement établis par le CEES (2012), chaque plate-forme de forage comportant en moyenne six puits permettrait d'extraire le gaz sur une superficie de 3,87 km² (voir figure 11.1). Les sections horizontales (environ 2 km) des puits seraient dirigées dans un axe nord-ouest sud-est (NO-SE), c'est-à-dire perpendiculairement à l'axe du fleuve Saint-Laurent. Toujours selon le scénario du CEES, la distance minimale entre les plates-formes serait de 4,3 km dans l'axe NO-SE et de 0,9 km dans l'axe SO-NE.

Figure 11.1 Illustration d'une plate-forme de forage du projet type



Source : CEES, 2012.

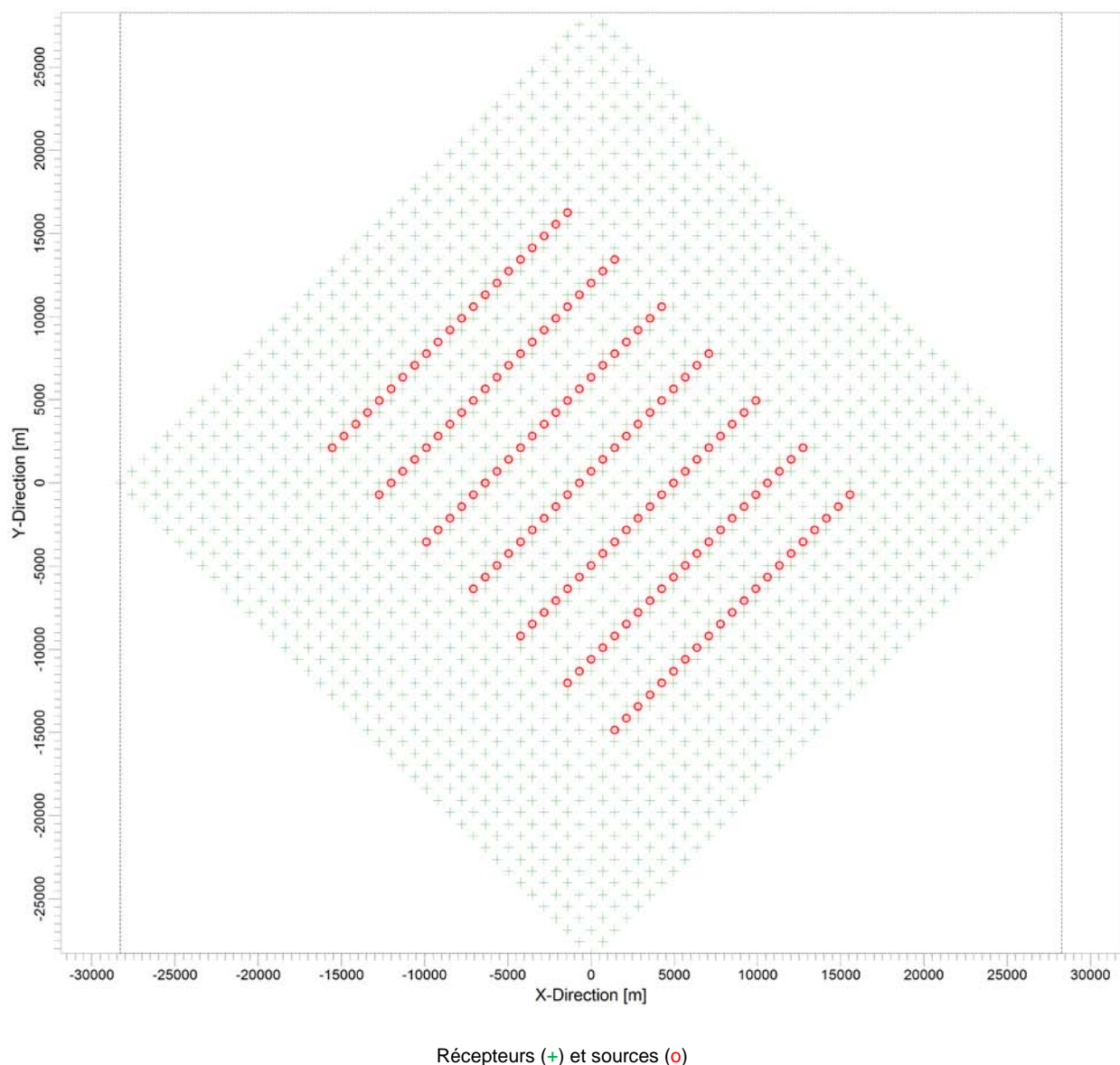
11.1 MÉTHODOLOGIE

Le modèle de dispersion atmosphérique a été utilisé pour quelques contaminants lors du forage et de l'exploitation d'une plate-forme. Pour ce faire, une grille de récepteurs d'une résolution d'un kilomètre sur un domaine de 20 x 20 km orientée approximativement dans l'axe du fleuve Saint-Laurent a été utilisée. Des sources équivalentes représentant l'ensemble des sources d'une plate-forme ont été placées au centre des cellules délimitées par les récepteurs sur 21 colonnes et 7 rangées (147 sources) selon la disposition illustrée à la figure 11.2. Les

paramètres et taux d'émission de chaque source sont identiques et correspondent aux paramètres moyens et aux émissions totales des moteurs sur une plate-forme lors du forage.

Lors des simulations, les résultats ont été produits pour la source centrale seulement, pour l'ensemble des sources et pour un regroupement de six sources voisines disposées sur trois colonnes (1 km de distance dans l'axe SO-NE) et deux rangées (4 km de distance dans l'axe NO-SE). Les résultats pour la source unique permettent de valider l'approche de source équivalente en comparant avec les résultats des chapitres précédents à une distance d'environ 500 à 700 mètres d'une plate-forme.

Figure 11.2 Agencement des sources et récepteurs pour les simulations des effets cumulatifs



La densité des plates-formes, ou le nombre de plates-formes par kilomètre carré de surface du territoire, utilisée dans la simulation est de 0,25 pf/km² (147 plates-formes (pf)). Selon les scénarios de développement du CEES, la densité moyenne des plates-formes sur les territoires respectifs des scénarios à petite (scénario 3, 1260 km²) et grande (scénario 5, 15 000 km²) échelles pour les années de développement maximum ne seraient que de 0,046 pf/km² (58 pf) et de 0,023 pf/km² (350 pf) respectivement pour ces deux scénarios. Pour l'étape de la production en fin de développement, les densités de plates-formes atteindraient 0,13 pf/km² (167 pf) et 0,10 pf/km² (1 500 pf) respectivement pour les scénarios de développement à petite et grande échelles. Bien évidemment, la densité de puits forés pourrait être beaucoup plus élevée dans les sous-régions sans contraintes d'implantation.

Lors du développement d'une concession, le promoteur n'aura vraisemblablement pas les ressources nécessaires pour développer toutes les plates-formes simultanément et optera plutôt pour le développement à la chaîne de groupes de plates-formes. Aux fins de modélisation, il s'agit de trouver un compromis entre le nombre et la densité des plates-formes. Le cas avec six plates-formes voisines représentant 36 puits avec une haute densité de 0,25 pf/km² semble donc un scénario de simulation raisonnable pour l'évaluation des impacts cumulatifs dans une même sous-région en développement et sans contraintes d'implantation. Le scénario comprenant l'ensemble des sources pourrait représenter une sous-région sans contrainte d'implantation en mode d'exploitation pour le scénario de développement à grande échelle.

Des simulations ont été effectuées pour les deux contaminants pour lesquels les effets cumulatifs pourraient être importants, soient les PM_{2.5} et le NO₂. Seule l'étape du forage a été modélisée, car elle est considérée comme étant celle la plus susceptible d'avoir des impacts cumulatifs pour les raisons suivantes : plusieurs plates-formes pourraient être à l'étape du forage simultanément, cette étape dure environ six mois par plate-forme et les émissions sont relativement continues. L'étape de fracturation hydraulique ne comporte des émissions importantes que durant 4 heures par jour durant deux mois. Les émissions journalières d'une plate-forme en mode de fracturation sont d'ailleurs similaires à celles d'une plate-forme en mode de forage. La possibilité d'avoir plusieurs sites voisins sur le même cycle de fracturation apparaît improbable et il en est de même pour l'essai de production. En mode d'exploitation avec système de compresseur sur les sites, les émissions de NO_x et de PM_{2.5} au niveau d'une plate-forme ne représentent que 2,5 % des émissions d'une plate-forme en mode de forage. Pour la production, les résultats de simulation pour les 147 sites de forage peuvent simplement être pondérés par ce facteur. Finalement, les centres de traitement du gaz seraient trop éloignés les uns des autres pour avoir des impacts cumulatifs importants.

11.2 EFFETS CUMULATIFS – PARTICULES FINES (PM_{2.5})

Les résultats obtenus pour les effets cumulatifs sur les concentrations ambiantes de PM_{2.5} pour les forages multiples et l'exploitation de plates-formes à haute densité sont présentés au tableau 11.1. Les cas de base et avec mesures d'atténuation impliquant uniquement l'utilisation de moteurs de dernières générations sont présentés.

Les figures 11.3 à 11.5 présentent les concentrations maximales journalières de PM_{2.5} pour les forages en utilisant le jeu météorologique de Montréal pour les cas à une plate-forme, à six

plates-formes voisines et le cas incluant toutes les sources. Ce dernier est indiqué à titre informatif seulement, car cette haute densité de plates-formes en développement sur un domaine de cette dimension n'est pas jugée plausible.

Pour le cas de base, les effets cumulatifs maximums de six plates-formes voisines à l'étape du forage simultanément atteignent de 8,5 à 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En considérant une concentration initiale de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, les concentrations maximales journalières pourraient dépasser la norme du RAA au-delà des quelques centaines de mètres identifiés pour une seule plate-forme (chapitre 4). Finalement, les résultats pour les concentrations maximales journalières ne sont pas proportionnels au nombre total de plates-formes. Les concentrations maximales varient surtout en fonction du nombre de plates-formes consécutives dans l'axe SO-NE (figure 11.4).

L'utilisation de moteurs de dernières générations (TIER-4 et plus) ou l'utilisation de l'électricité du réseau de distribution existant pour l'alimentation électrique des plates-formes, conjointement avec l'utilisation de moteurs électriques en remplacement des moteurs à combustion, permettraient de réduire les impacts cumulatifs considérablement et de réduire voire éliminer les risques de dépassements supplémentaires de la norme journalière pour les $\text{PM}_{2,5}$ dans l'air ambiant.

Pour les plates-formes en exploitation avec compresseur de puits, les résultats du tableau 11.1 pour la production à grande échelle démontrent que les impacts cumulatifs sur les niveaux ambiants de $\text{PM}_{2,5}$ seraient inférieurs à 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur une base journalière pour le cas de base. Il s'agit d'une contribution de faible importance comparativement à la concentration initiale de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et à la norme journalière de 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tableau 11.1 Concentrations maximales de $\text{PM}_{2,5}$ calculées dans l'air ambiant pour plusieurs sites simultanément dans la même région pour le cas de base et l'utilisation de moteurs TIER4

Phases / Étapes	Concentrations maximales journalières ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ^a					
	Jeux de données météorologiques					
	Bécancour (2005-2009)		Québec (2008-2012)		Montréal (2008-2012)	
	Cas de base	Moteurs TIER4	Cas de base	Moteurs TIER4	Cas de base	Moteurs TIER4
Développement - Forage						
Maximum pour une plate-forme	7,6	0,38	8,4	0,42	11	0,55
Maximum pour six plates-formes voisines	11	0,56	8,5	0,43	12	0,60
Ensemble des 147 sources (à titre informatif seulement)	22	1,1	27	1,4	28	1,4
Production à grande échelle						
Ensemble des 147 sources	0,55	0,028	0,68	0,033	0,70	0,035

a : contribution des plates-formes seulement, excluant la concentration initiale de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Norme du RAA : 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

11.3 EFFETS CUMULATIFS – DIOXYDE D'AZOTE (NO₂)

L'analyse des effets cumulatifs sur les concentrations maximales ambiantes de NO₂ pour plusieurs plates-formes en développement simultané et à haute densité est présente au tableau 11.2. Pour le NO₂ sur une base horaire, des dépassements additionnels reliés aux effets cumulatifs sont à prévoir dans un contexte de développement à haute densité sur un territoire exempt de contraintes d'implantation. Tout comme pour les PM_{2,5}, l'utilisation de moteurs de dernière génération et/ou l'utilisation de l'électricité du réseau existant sont les solutions envisageables afin d'éviter d'avoir des zones de dépassements des normes reliés aux effets cumulatifs du développement de plusieurs plates-formes voisines simultanément.

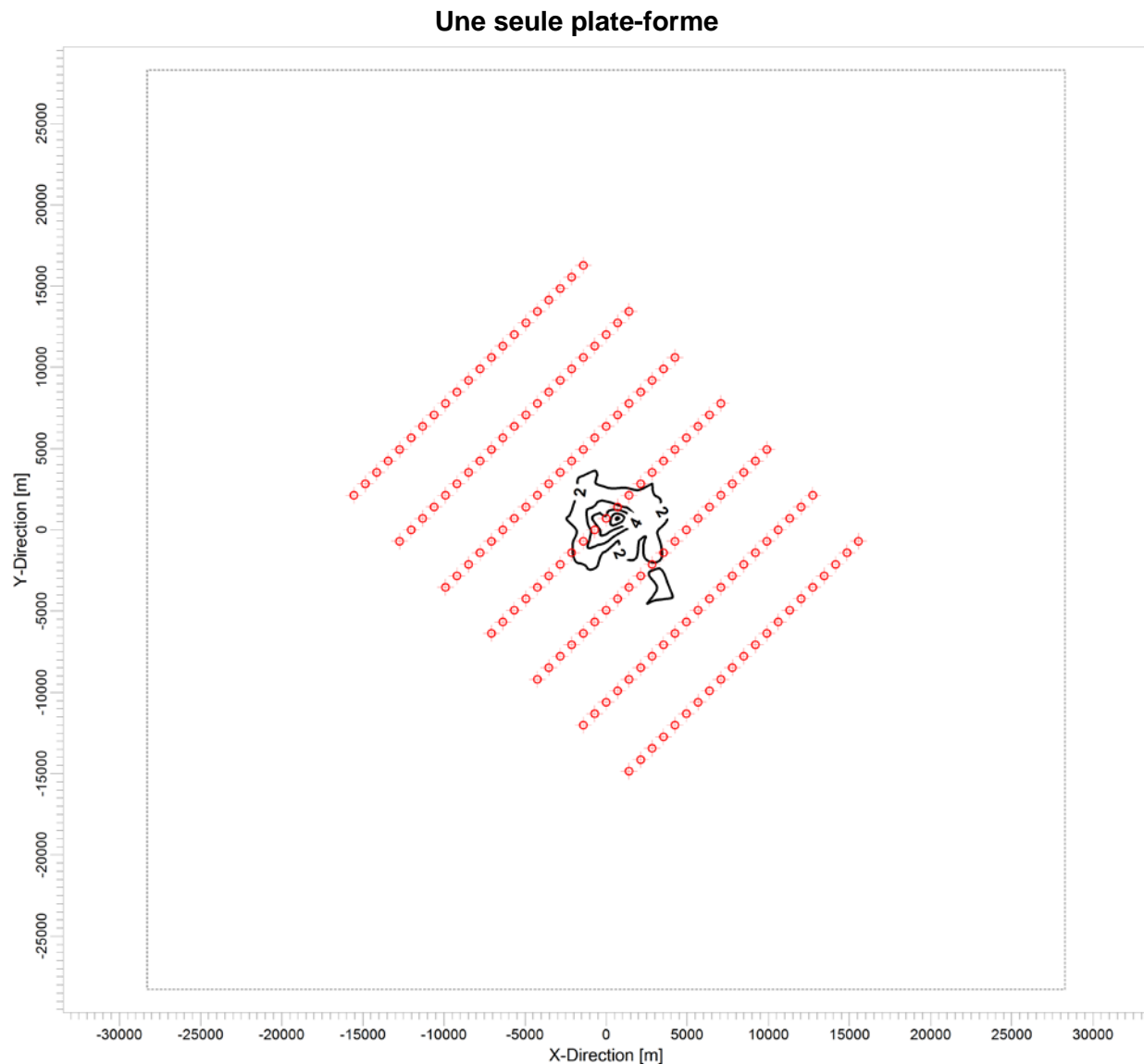
Les résultats pour les plates-formes en production avec compresseurs de puits sont présentés au tableau 11.3 en supposant un développement sans aucune contrainte d'implantation (147 sources) et qu'un compresseur de puits est nécessaire à chaque plate-forme. Aucun dépassement des normes pour le NO₂ n'a été obtenu par modélisation pour le cas de base. Pour le cas avec mesures d'atténuation, les concentrations maximales calculées sont à peine supérieures aux concentrations initiales maximums.

11.4 EFFETS CUMULATIFS – ODEURS

L'impact odeur d'une seule plate-forme en mode de forage, de fracturation ou d'essai de production peut atteindre plus de 5 u.o./m³ à 5 km selon les résultats présentés au chapitre 10 pour le cas de base. Pour les régions en développement à haute densité, l'intensité et la fréquence des épisodes potentiels d'odeurs seraient alors plus importantes. La méthode utilisée dans cette étude pour évaluer l'impact odeur d'une seule plate-forme n'est cependant pas apte à traiter les impacts cumulatifs de manière quantitative.

Avec les mesures de mitigation impliquant des moteurs à combustion de dernière génération, les impacts cumulatifs seraient réduits considérablement puisque l'impact odeur d'une plate-forme serait à peine perceptible à la plate-forme voisine. La seule exception serait pour le cas de plusieurs plates-formes voisines à l'étape de la fracturation hydraulique. Par contre, les émissions suivant un cycle journalier lors de la fracturation, il est donc peut probable que plusieurs plates-formes voisines soient en phase.

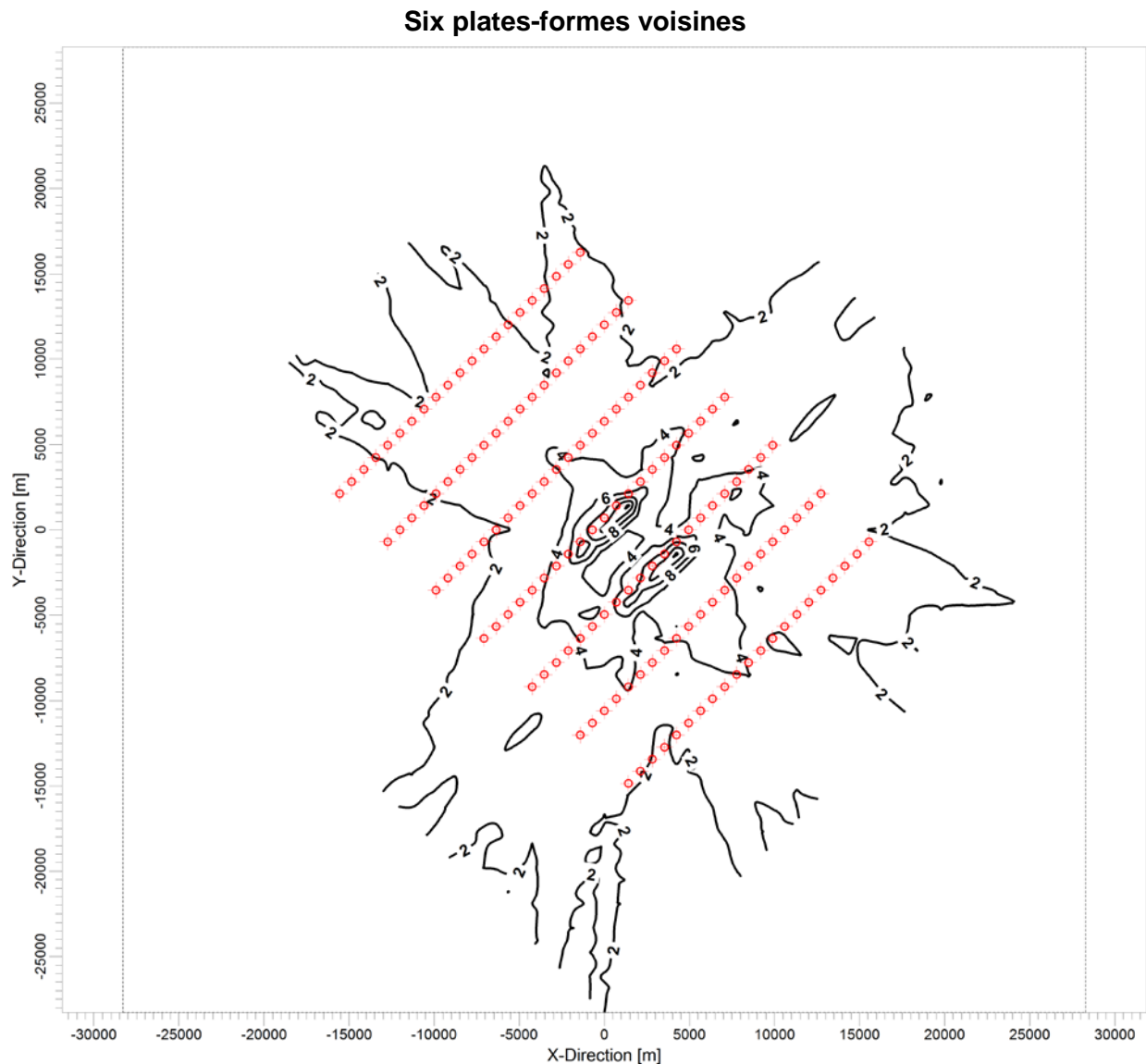
Figure 11.3 Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales de $\text{PM}_{2.5}$ calculées dans l'air ambiant pour une plate-forme en mode forage pour le cas de base – Météorologie : Montréal 2008-2012



Norme du RAA : $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentration initiale ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas considérée dans les courbes.

Figure 11.4 Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales de $\text{PM}_{2.5}$ calculées dans l'air ambiant pour six plates-formes voisines en mode forage pour le cas de base – Météorologie : Montréal 2008-2012

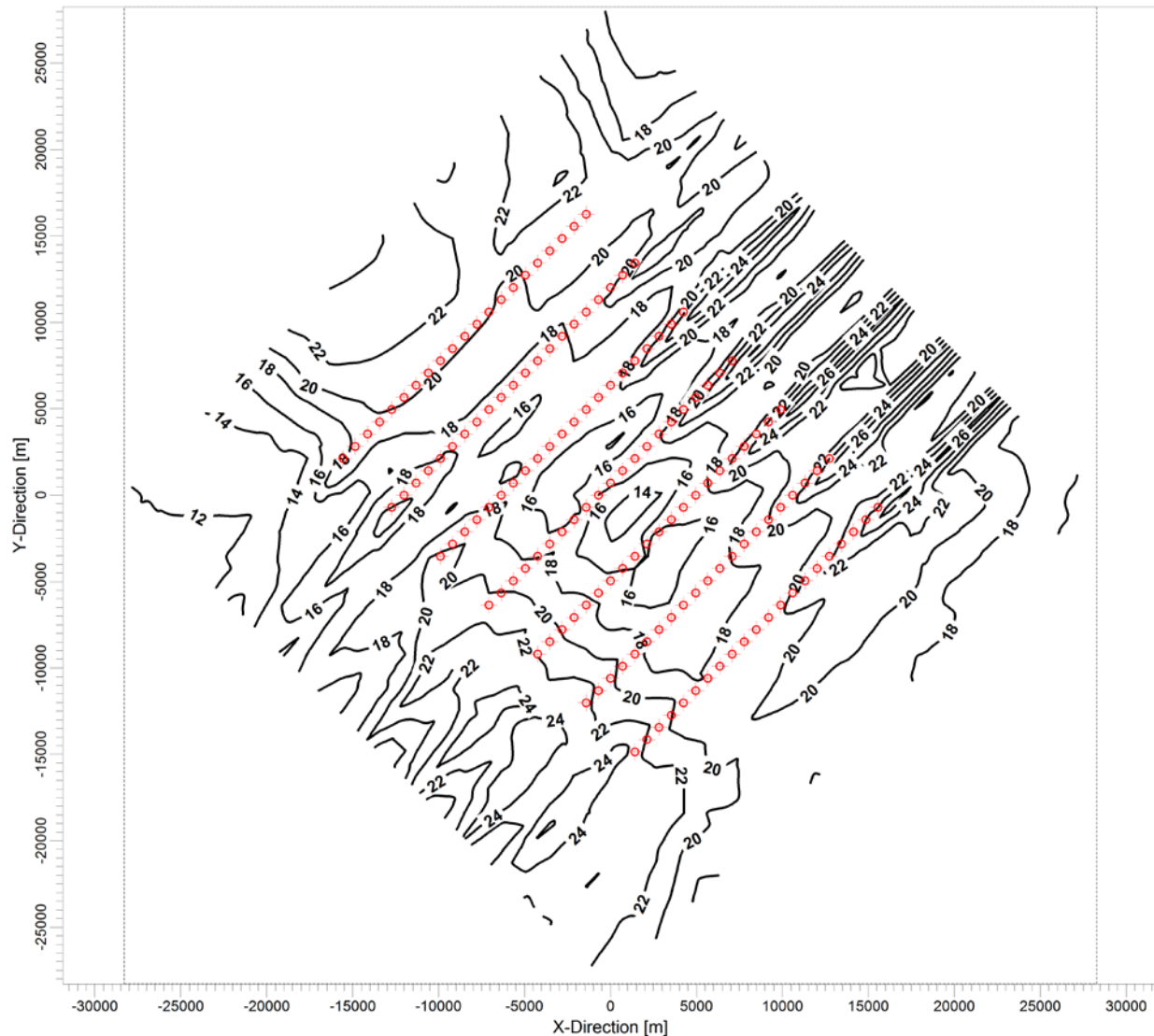


Norme du RAA : $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentration initiale ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas considérée dans les courbes.

Figure 11.5 Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales de $\text{PM}_{2.5}$ calculées dans l'air ambiant pour une multitude de plates-formes en mode forage pour le cas de base – Météorologie : Montréal 2008-2012

**147 plates-formes à haute densité
(pour illustration du potentiel des impacts cumulatifs seulement)**



Norme du RAA : $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentration initiale ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas considérée dans les courbes.

Tableau 11.2 Concentrations maximales de NO₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour plusieurs sites de forages simultanément dans la même région pour le cas de base et l'utilisation de moteurs TIER4

Périodes Scénarios	Jeux de données météorologiques			
	Québec (2008-2012)		Montréal (2008-2012)	
	Cas de base	Moteurs TIER4	Cas de base	Moteurs TIER4
Concentrations maximales horaires (µg/m³)^a – Norme : 414 µg/m³				
Maximum pour une plate-forme	316	164	310	162
Maximum pour six plates-formes voisines	588	296	643	267
Concentrations maximales journalières (µg/m³)^a – Norme : 207 µg/m³				
Maximum pour une plate-forme	74	58	70	54
Maximum pour six plates-formes voisines	127	66	122	71
Concentrations maximales annuelles (µg/m³)^a – Norme : 103 µg/m³				
Maximum pour une plate-forme	7	6	8	7
Maximum pour six plates-formes voisines	12	8	13	8

a : contribution des plates-formes incluant les concentrations initiales.

Tableau 11.3 Concentrations maximales de NO₂ calculées avec la méthode PVMRM dans l'air ambiant pour plusieurs plates-formes en production simultanément dans la même région pour le cas de base et l'utilisation de moteurs TIER4

Périodes Scénarios	Jeux de données météorologiques			
	Québec (2008-2012)		Montréal (2008-2012)	
	Cas de base	Moteurs TIER4	Cas de base	Moteurs TIER4
Concentrations maximales horaires (µg/m³)^a – Norme : 414 µg/m³				
Maximum pour une plate-forme	111	95	114	92
Maximum pour 147 plates-formes voisines	302	101	293	96
Concentrations maximales journalières (µg/m³)^a – Norme : 207 µg/m³				
Maximum pour une plate-forme	45	41	46	44
Maximum pour 147 plates-formes voisines	88	42	84	45
Concentrations maximales annuelles (µg/m³)^a – Norme : 103 µg/m³				
Maximum pour une plate-forme	10	9,1	12	11
Maximum pour 147 plates-formes voisines	22	9,6	24	11

a : contribution des plates-formes incluant les concentrations initiales.

12. EFFETS SUR L'OZONE TROPOSPHÉRIQUE

Les oxydes d'azote sont des précurseurs à la formation d'ozone troposphérique. Afin d'évaluer les impacts potentiels des émissions de NO_x reliés à l'exploitation du gaz de schiste au Québec, deux approches différentes ont été utilisées. Plus de détails sur ces approches sont présentés à l'annexe G.

La première approche se contente de dresser le bilan total des émissions de NO_x de deux scénarios de développement de cette industrie au Québec développés par le Comité de l'évaluation environnementale stratégique sur le gaz de schiste (CEES, 2012) : les scénarios à petite échelle (scénario 3) et à grande échelle (scénario 5) dont les territoires d'exploitation sont illustrés à la figure 12.1. Les territoires impliqués dans ces deux scénarios de développement sont entièrement à l'intérieur de la zone de gestion québécoise de gestion des émissions de NO_x, telle que définie à l'annexe J du RAA.

La deuxième approche utilise des résultats de modélisation pour le NO₂ dans l'air ambiant selon la même configuration des sources et récepteurs que celle utilisée pour l'évaluation des effets cumulatifs au chapitre 11 et des concentrations résultantes d'ozone sont déduites en considérant la réaction de quasi-équilibre photochimique du système NO-NO₂-O₃ décrite à l'annexe G.

12.1 ESTIMATIONS DES EFFETS SUR LE BILAN PROVINCIAL DES ÉMISSIONS DE NO_x

Le tableau 12.1 présente des projections des émissions de NO_x reliées au développement du gaz de schiste au Québec selon les deux scénarios du CEES en considérant les émissions totales par activité de développement (forage, fracturation) ou les émissions annuelles en mode production (SNC-Lavalin, 2013b) pour le cas de base, c'est-à-dire pour des moteurs n'utilisant pas les technologies de réduction des NO_x graduellement implantées sur les nouveaux moteurs depuis l'an 2000 et sans l'utilisation de l'électricité du réseau de distribution existant.

Il s'agit de projections pessimistes dont les émissions annuelles de NO_x pourraient atteindre un total de 22 000 tonnes en 2020 (9 % des émissions provinciales de 2011) pour le scénario de développement à petite échelle à presque 150 000 tonnes en 2025 (60 % des émissions provinciales de 2011) pour le scénario de développement à grande échelle. Les émissions du Québec totalisaient environ 246 000 tonnes en 2011 selon Environnement Canada.

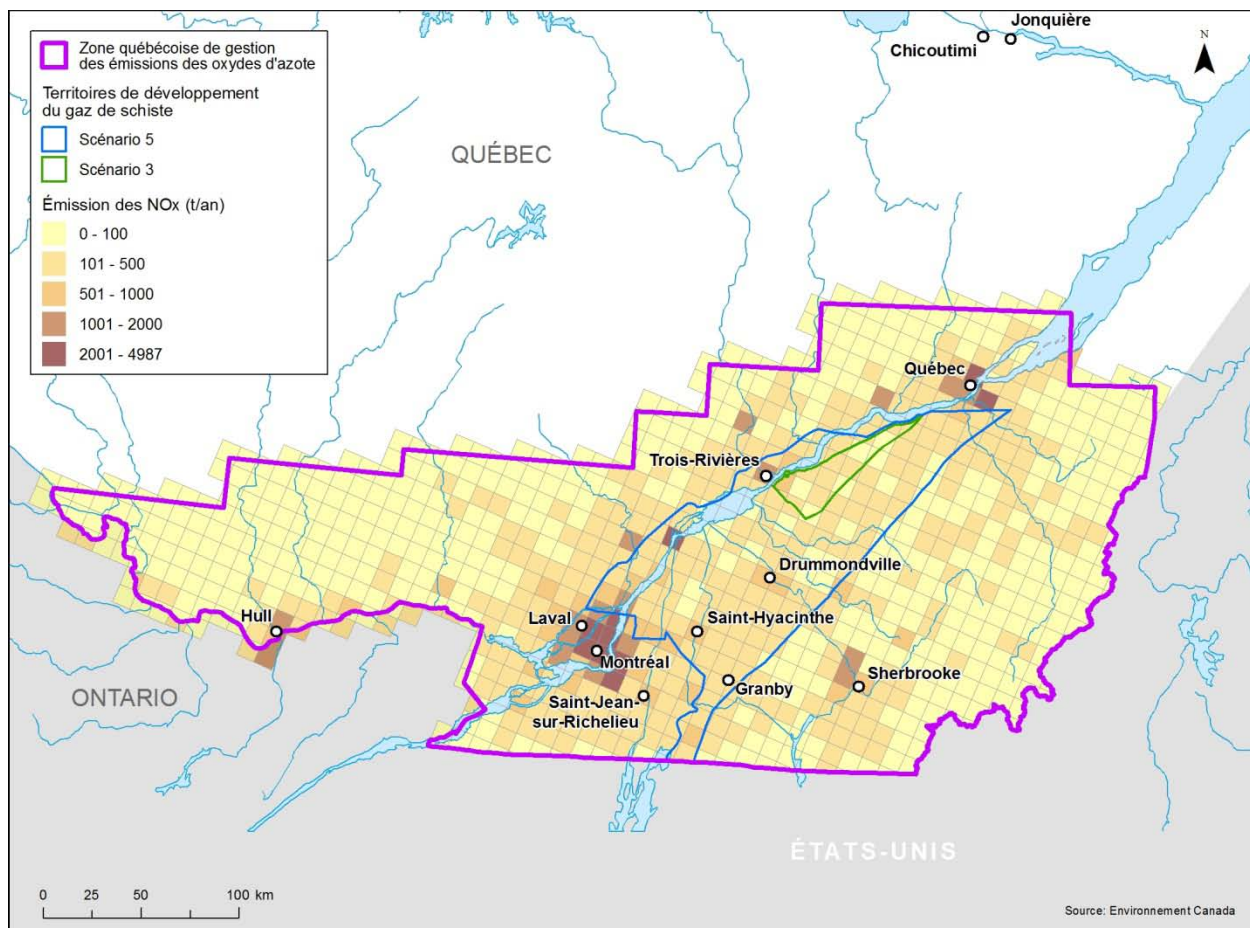
Les épisodes de pollution par l'ozone dans le sud-ouest du Québec sont en grande partie reliés à du transport atmosphérique transfrontalier d'ozone et de ses précurseurs. Une variation des émissions provinciales de NO_x entraînerait une variation de plus faible amplitude des concentrations ambiantes d'ozone. Cependant, une augmentation de plus de 60 % durant de nombreuses années représente une contribution très importante, surtout dans un contexte où les agences environnementales cherchent plutôt à réduire les émissions provinciales de NO_x, qui pourrait faire augmenter la fréquence, l'intensité et l'étendue des épisodes de pollution par l'ozone. De plus, il est probable que les activités de forage et de fracturation soient plus intenses durant la saison estivale correspondant à la période des épisodes de pollution par l'ozone.

Une deuxième série de projections pour les mêmes scénarios de développement, mais cette fois en considérant les mesures de réduction (70 à 95 % selon les moteurs, voir tableau 9.1) des émissions des moteurs diesels en phase de développement et des moteurs au gaz pour la compression du gaz en exploitation, est présentée au tableau 12.2.

Pour le scénario de développement à petite échelle, après quelques années avec quelques milliers de tonnes, les émissions se stabiliseraient à un peu plus de 500 tonnes par année, soit environ 0,2 % des émissions provinciales de 2011. Pour le scénario à grand déploiement, après quelques années dont les émissions totales atteignent de 10 000 à 30 000 (4 à 12 % des émissions provinciales de 2011), celles-ci se stabiliseraient à environ 5 000 tonnes, soit environ 2 % des émissions provinciales de 2011.

À titre comparatif, selon l'inventaire canadien des émissions de NO_x distribué par cellule de 10 x 10 km pour l'année 2008 (figure 12.1), les émissions totales annuelles correspondant aux territoires des scénarios de développement à petite (scénario 3) et grande (scénario 5) échelles étaient respectivement de 4 720 et 52 100 tonnes, alors que les émissions totales sur la zone de gestion des NO_x étaient de 163 000 tonnes.

Figure 12.1 Émissions annuelles (t/an) de NO_x par cellule de 10 x 10 km sur les territoires de développement du gaz de schiste au Québec



(Données d'émissions de 2008, Environnement Canada)

Tableau 12.1 Bilan des émissions de NOx selon les scénarios du CEES pour le cas de base (sans mesures de mitigation)

Année	Puits en développement		Puits en production		Centres de traitement		Puits en développement		Puits en production		Centres de traitement		Total	
	Nombre		Nombre		Nombre		NOx (t/an)		NOx (t/an)		NOx (t/an)		NOx (t/an)	
	Sc. 3	Sc. 5	Sc. 3	Sc. 5	Sc. 3	Sc. 5	Sc. 3	Sc. 5	Sc. 3	Sc. 5	Sc. 3	Sc. 5	Sc. 3	Sc. 5
2015	1	1			0	0	48	48	0	0	0	0	48	48
2016	4	1	1	1	0	0	191	48	5	5	6	6	201	58
2017	25	5	5	2	0	0	1 194	239	23	9	29	11	1 245	259
2018	121	13	30	7	0	0	5 777	621	136	32	172	40	6 085	693
2019	349	36	151	20	1	0	16 662	1 719	686	91	866	115	18 214	1 924
2020	348	98	500	56	2	0	16 615	4 679	2 270	254	2 868	321	21 752	5 254
2021	121	258	848	154	3	1	5 777	12 318	3 850	699	4 864	883	14 490	13 900
2022	25	638	969	412	3	1	1 194	30 460	4 399	1 870	5 558	2 363	11 150	34 693
2023	4	1 349	994	1 050	3	4	191	64 405	4 513	4 767	5 701	6 022	10 405	75 194
2024	2	2 101	998	2 399	3	8	95	100 308	4 531	10 891	5 724	13 759	10 350	124 958
2025		2 100	1 000	4 500	3	15	0	100 260	4 540	20 429	5 735	25 809	10 275	146 499
2026		1 349	1 000	6 600	3	22	0	64 405	4 540	29 963	5 735	37 853	10 275	132 222
2027		638	1 000	7 949	3	26	0	30 460	4 540	36 087	5 735	45 590	10 275	112 137
2028		258	1 000	8 587	3	29	0	12 318	4 540	38 984	5 735	49 249	10 275	100 551
2029		98	1 000	8 845	3	29	0	4 679	4 540	40 155	5 735	50 729	10 275	95 563
2030		36	1 000	8 943	3	30	0	1 719	4 540	40 600	5 735	51 291	10 275	93 610
2031		13	1 000	8 979	3	30	0	621	4 540	40 763	5 735	51 498	10 275	92 882
2032		5	1 000	8 992	3	30	0	239	4 540	40 822	5 735	51 572	10 275	92 633
2033		2	1 000	8 997	3	30	0	95	4 540	40 845	5 735	51 601	10 275	92 541
2034		1	1 000	8 999	3	30	0	48	4 540	40 854	5 735	51 612	10 275	92 514
2035			1 000	9 000	3	30	0	0	4 540	40 859	5 735	51 618	10 275	92 477

Notes : Un compresseur de puits par plate-forme (6 puits).

Émissions de la province de Québec en 2011 : 246 313 tonnes (Environnement Canada, 2013)

Tableau 12.2 Bilan des émissions de NOx selon les scénarios du CEES en considérant des mesures de réduction des émissions des moteurs diesels en développement et au gaz pour la compression en exploitation

Année	Puits en développement		Puits en production		Centres de traitement		Puits en développement		Puits en production		Centres de traitement		Total	
	Nombre		Nombre		Nombre		NOx (t/an)		NOx (t/an)		NOx (t/an)		NOx (t/an)	
	Sc. 3	Sc. 5	Sc. 3	Sc. 5	Sc. 3	Sc. 5	Sc. 3	Sc. 5	Sc. 3	Sc. 5	Sc. 3	Sc. 5	Sc. 3	Sc. 5
2015	1	1			0	0	13	13	0	0	0	0	13	13
2016	4	1	1	1	0	0	51	13	0	0	0	0	51	13
2017	25	5	5	2	0	0	317	63	1	0	1	1	320	65
2018	121	13	30	7	0	0	1 536	165	7	2	9	2	1 551	169
2019	349	36	151	20	1	0	4 429	457	34	5	45	6	4 508	467
2020	348	98	500	56	2	0	4 417	1 244	113	13	148	17	4 678	1 273
2021	121	258	848	154	3	1	1 536	3 274	192	35	251	46	1 979	3 355
2022	25	638	969	412	3	1	317	8 097	220	94	287	122	824	8 313
2023	4	1 349	994	1 050	3	4	51	17 121	226	238	295	311	571	17 670
2024	2	2 101	998	2 399	3	8	25	26 665	227	545	296	711	548	27 920
2025		2 100	1 000	4 500	3	15	0	26 652	227	1 021	296	1 334	523	29 007
2026		1 349	1 000	6 600	3	22	0	17 121	227	1 498	296	1 956	523	20 575
2027		638	1 000	7 949	3	26	0	8 097	227	1 804	296	2 356	523	12 258
2028		258	1 000	8 587	3	29	0	3 274	227	1 949	296	2 545	523	7 769
2029		98	1 000	8 845	3	29	0	1 244	227	2 008	296	2 622	523	5 873
2030		36	1 000	8 943	3	30	0	457	227	2 030	296	2 651	523	5 138
2031		13	1 000	8 979	3	30	0	165	227	2 038	296	2 661	523	4 865
2032		5	1 000	8 992	3	30	0	63	227	2 041	296	2 665	523	4 770
2033		2	1 000	8 997	3	30	0	25	227	2 042	296	2 667	523	4 734
2034		1	1 000	8 999	3	30	0	13	227	2 043	296	2 667	523	4 723
2035			1 000	9 000	3	30	0	0	227	2 043	296	2 668	523	4 711

Notes : Un compresseur de puits par plate-forme (6 puits).

Émissions de la province de Québec en 2011 : 246 313 tonnes (Environnement Canada, 2013)

Développement : utilisation de moteurs diesels TIER-4 sur les plates-formes ou utilisation importante de l'électricité.

Exploitation : moteurs au gaz des compresseurs en exploitation de dernière génération ou utilisation importante de l'électricité.

12.2 ESTIMATIONS DES EFFETS LOCAUX D'UN PROJET TYPE SUR L'OZONE AMBIANT

La deuxième méthode décrite à l'annexe G a été utilisée pour évaluer les impacts potentiels des émissions de NOx d'une plate-forme ou d'un centre de traitement du gaz sur les concentrations ambiantes horaires d'ozone durant la journée et la saison estivale à une distance de 5 à 10 km de la source. La grille de récepteurs d'une résolution d'un kilomètre considérée pour l'évaluation des effets cumulatifs (chapitre 11) a été utilisée.

À proximité des sources, là où les concentrations de NOx, principalement du NO, sont très élevées, il y aurait une baisse importante et délimitée par le panache des moteurs de la concentration ambiante d'ozone. Les résultats de modélisation pour les concentrations maximales horaires de NOx durant la journée de mai à septembre sont présentés au tableau 12.3. L'augmentation des concentrations horaires d'ozone pour deux niveaux élevés pour l'ozone ambiant correspondant au 98^e centile des valeurs horaires (50 µg/m³) et à la norme horaire ont été considérées (160 µg/m³). Cette augmentation potentielle est évaluée pour un rayonnement solaire intense (800 W/m²) favorisant la formation de l'ozone et une température ambiante de 25°C. Pour une même contribution aux concentrations de NOx dans l'air ambiant, le potentiel de former de l'ozone supplémentaire diminue lorsque la concentration ambiante du milieu augmente.

Lorsque la concentration ambiante d'ozone est voisine de la norme horaire, la contribution maximale d'une plate-forme atteint environ 10 µg/m³ pour l'étape de la fracturation hydraulique pour le cas de base. Pour les autres étapes d'un projet type, les contributions maximales sont plus faibles. En considérant les mesures de mitigation identifiées pour réduire les émissions de NOx des moteurs, la contribution maximale de la fracturation hydraulique chute à moins de 3 µg/m³ et à moins de 1 µg/m³ pour les autres étapes d'un projet type.

Finalement, les contributions maximales présentées au tableau 12.3 ne sont obtenues qu'à quelques récepteurs dans la région entre 5 et 10 km d'une plate-forme ou d'un centre de traitement du gaz. Un projet type contribuerait à augmenter localement les concentrations d'ozone lors d'un épisode de pollution par l'ozone, mais considérant l'étendue de ces épisodes couvrant de vastes régions et parfois tout le sud du Québec, l'impact d'une seule plate-forme ne semble pas très significatif, surtout avec les mesures de mitigation en place.

Cette même méthode a aussi été utilisée conjointement avec la méthode du chapitre 11 pour évaluer les effets cumulatifs à l'échelle locale reliés à plusieurs plates-formes en développement à l'étape du forage et d'une région en production sans aucune contrainte d'implantation. Les résultats sont présentés au tableau 12.4. Ainsi, lorsque la concentration ambiante d'ozone est très élevée et voisine de la norme horaire (160 µg/m³), les effets cumulatifs de six plates-formes en forage pourraient faire augmenter à certains récepteurs la concentration d'ozone de 6 à 7 µg/m³ pour le cas de base et d'un peu plus de 2 µg/m³ avec les mesures d'atténuation des émissions de NOx des moteurs diesels. Pour l'étape de la production à haute densité, l'augmentation maximum de la concentration d'ozone presque partout dans le domaine serait de l'ordre de 1 µg/m³ pour le cas de base et inférieure à 0,1 µg/m³ avec des moteurs de dernière génération.

Tableau 12.3 Estimations des concentrations additionnelles d'ozone sur une base horaire par étape d'implantation – Cas de base et avec mesures d'atténuation

Étapes	Scénarios	Jeux de données météorologiques	Concentrations maximales ^a horaires de NOx (µg/m ³)	Estimations des concentrations d'ozone additionnelles (µg/m ³)	
				[O ₃] ambiante élevée ^c 50 ppb 100 µg/m ³	[O ₃] ambiante très élevée ^d 80 ppb 160 µg/m ³
Forage	Cas de base	Montréal	42	5,4	2,5
		Québec	39	5,0	2,3
	Avec atténuation ^b	Montréal	10	1,4	0,61
		Québec	10	1,4	0,61
Fracturation	Cas de base	Montréal	172	19	9,2
		Québec	161	18	8,7
	Avec atténuation ^b	Montréal	48	6,1	2,8
		Québec	45	5,7	2,7
Production	Cas de base	Montréal	4,3	0,59	0,26
		Québec	3,8	0,52	0,23
	Avec atténuation ^b	Montréal	0,17	0,02	0,01
		Québec	0,16	0,02	0,01
Traitement	Cas de base	Montréal	118	14	6,6
		Québec	123	14	6,8
	Avec atténuation ^b	Montréal	7,1	1,0	0,43
		Québec	6,6	0,90	0,40

a : Concentrations maximales de NOx (équivalent NO₂) entre 5 et 10 km de la source, de mai à septembre, entre 10:00 et 15:00.

b : Avec l'utilisation de moteurs de dernière génération seulement.

c : Concentration d'ozone ambiante correspondant approximativement au 98^e centile des concentrations horaires sur une base annuelle.

d : Concentration d'ozone ambiante correspondant à la norme horaire du RAA (µg/m³).

Tableau 12.4 Estimations des concentrations additionnelles d'ozone sur une base horaire reliées aux effets cumulatifs de plusieurs plates-formes en forage ou en production simultanément – Cas de base et avec mesures d'atténuation

Étapes	Scénarios	Jeux de données météorologiques	Concentrations maximales ^a horaires de NOx (µg/m ³)	Estimations des concentrations d'ozone additionnelles (µg/m ³)	
				[O ₃] ambiante élevée ^c 50 ppb 100 µg/m ³	[O ₃] ambiante très élevée ^d 80 ppb 160 µg/m ³
Forage (6 plates-formes)	Cas de base	Montréal	107	12	6,0
		Québec	131	15	7,2
	Avec atténuation ^b	Montréal	37	4,8	2,2
		Québec	33	4,3	2,0
Production (147 plates-formes)	Cas de base	Montréal	34	2,2	1,0
		Québec	38	2,5	1,2
	Avec atténuation ^b	Montréal	1,7	0,12	0,05
		Québec	1,9	0,13	0,06

a : Concentrations maximales de NOx (équivalent NO₂) calculées de mai à septembre, entre 10:00 et 15:00.

b : Avec l'utilisation de moteurs de dernière génération seulement.

c : Concentration d'ozone ambiante correspondant approximativement au 98^e centile des concentrations horaires sur une base annuelle.

d : Concentration d'ozone ambiante correspondant à la norme horaire du RAA (µg/m³).

13. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

13.1 CONCLUSION

Les impacts sur la qualité de l'air ambiant des émissions atmosphériques reliées à l'exploration, au développement et à l'exploitation du gaz de schiste au Québec ont été évalués pour des scénarios de développement à petite et grande échelles selon les analyses du CEES (2012). Toutes les étapes du projet type définies par le CIRAIG (2012) ont été considérées, soit le forage, la fracturation hydraulique, l'essai de production, l'exploitation et le traitement du gaz. Seules les activités génératrices d'émissions atmosphériques propres au développement et à l'exploitation du gaz de schiste ont été considérées.

Le modèle de dispersion AERMOD a été utilisé conjointement avec six jeux de données météorologiques représentatives de toutes les régions de développement potentiel. Pour le cas de base, les taux d'émission des sources ont été estimés de façon prudente afin de ne pas sous-estimer les émissions atmosphériques. Les taux d'émission de contaminants considérés et les résultats de modélisation représentent ainsi une situation de pire cas. Les résultats de modélisation ont été comparés avec les normes de qualité de l'air ambiant du *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* et les critères québécois de qualité de l'air ambiant. Des mesures de mitigation des impacts ont été identifiées et les impacts résiduels ont été évalués.

Le tableau 13.1 présente un sommaire des impacts sur la qualité de l'air par contaminant et pour les odeurs pour le cas de base, des mesures de mitigation et des impacts résiduels par étape d'implantation d'un projet type de gaz de schiste.

Pour le scénario ou cas de base, basé sur une approche prudente représentant une situation de pire cas, le développement du gaz de schiste à petite et grande échelles pourrait avoir un impact significatif sur la qualité de l'air à l'échelle locale sur des distances allant de quelques centaines de mètre à un kilomètre des sites et sur la qualité de l'air à l'échelle régionale dans les sous-régions à haute densité d'implantation. Un développement à grande échelle pourrait aussi avoir un impact significatif sur le bilan provincial des émissions de NO_x, un précurseur à la formation de l'ozone, qui pourrait vraisemblablement faire augmenter la fréquence, l'intensité et l'étendue des épisodes de pollution par l'ozone.

Le contrôle des émissions à toutes les étapes et l'utilisation de moteurs à combustion de dernière génération, dont la performance va au-delà des exigences de la réglementation fédérale pour les moteurs hors route non stationnaires, permettraient d'éliminer les dépassements des normes ou critères de qualité de l'air ambiant à proximité des sites pour toutes les étapes d'implantation, sauf pour le NO₂ durant la fracturation jusqu'à 300 m du centre de la plate-forme. Sans l'alimentation électrique des sites à partir du réseau de distribution existant et le remplacement des moteurs à combustion fixes par des moteurs électriques, des odeurs pourraient être perçues par certains individus à plus de 5 km lors du forage et de la fracturation hydraulique, jusqu'à 2 500 m pour le centre de traitement et 150 m pour une plate-forme en production. Les concentrations odeur génératrices de plaintes (10 u.o/m³ et plus) pourraient s'étendre à 150 m et à 600 m du centre des plates-formes, respectivement pour les étapes du forage et de la fracturation seulement.

Le remplacement des moteurs à combustion fixes par des moteurs électriques permettraient de virtuellement éliminer les impacts odeur autour des plates-formes et des centres de traitement du gaz.

13.2 RECOMMANDATIONS

Cette section présente des recommandations afin de permettre de mieux quantifier les émissions atmosphériques reliées au développement de l'exploitation du gaz de schiste au Québec et de mieux évaluer les impacts sur la qualité de l'air lors d'études futures au besoin.

Qualité de l'eau de reflux et du gaz de schiste

Pour éliminer les incertitudes reliées à l'estimation des émissions de composés organiques volatils et de H₂S des bassins de stockage des eaux de reflux de fracturation, des analyses plus fréquentes et plus sensibles pour ces contaminants traces dans les eaux de reflux à l'entrée des bassins et dans ceux-ci seraient nécessaires. Ces analyses devraient être réalisées à plusieurs reprises durant la période de reflux afin de vérifier la variation dans le temps de la qualité de l'eau de reflux « fraîche » et celle entreposée.

Des analyses plus sensibles, plus nombreuses et plus fréquentes des composés traces (COV et H₂S) dans le gaz récupéré lors des essais de production seraient nécessaires afin de mieux quantifier les émissions de ces contaminants reliées aux fuites ou pertes de gaz à l'atmosphère.

Types de moteur et utilisation de l'électricité

Lors de l'exploration, du développement et de l'exploitation, tenir un registre des moteurs incluant la puissance et le type de certification du moteur, les heures d'utilisation et la consommation de carburant. Cette information pourrait servir à établir le bilan des émissions atmosphériques et aussi permettre d'obtenir des taux d'émission réalistes ainsi qu'une meilleure évaluation des impacts sur la qualité de l'air.

Impact odeur

Pour une meilleure évaluation de l'impact odeur, des mesures olfactométriques à la source ou des facteurs d'émission dérivés de ce type de mesures seraient préférables à la méthode utilisée dans la présente étude basée sur l'additivité des concentrations odeur de chaque contaminant.

Effets sur l'ozone troposphérique

Les effets potentiels du développement de l'exploitation du gaz de schiste sur l'ozone troposphérique ont été évalués à l'aide d'une méthode simplifiée et à l'échelle locale seulement. Afin d'évaluer les impacts à l'échelle de la vallée du St-Laurent entre Montréal et Québec et au-delà, il est recommandé d'utiliser un modèle photochimique avancé qui permet de prendre compte d'une multitude de réactions chimiques et photochimiques impliquant entre autres les NO_x et les COV dans l'atmosphère. Ce type de modèle, couplé à un modèle météorologique à la méso-échelle, permet aussi de tenir compte de l'ensemble des émissions de la province et du nord-est de l'Amérique du Nord et du transport transfrontalier de l'ozone et de ses précurseurs.

Tableau 13.1 Sommaire des impacts sur la qualité de l'air, des mesures de mitigation et des impacts résiduels par étape d'implantation d'un projet de gaz de schiste

Étapes	Phases et durées d'un projet type	Sources et contaminants en cause lors de dépassements des normes et critères de la qualité ambiant ^a		Distances de dépassements des normes et critères de qualité de l'air ambiant		Mesures d'atténuation des impacts (Excluant l'alimentation électrique pour remplacement des moteurs à combustion)	Distances de dépassements des normes et critères de qualité de l'air ambiant avec mesures d'atténuation	
		Sources	Contaminants	Contaminants	Distances ^b (m)		Contaminants	Distances ^b (m)
1 Forage des puits	Exploration (1½ mois) Développement (6 mois)	Moteurs diesel	NO ₂ , PM _{2.5} , PM ₁₀ , formaldéhyde, HAP, odeur.	NO ₂ PM _{2.5} PM ₁₀ ^c SO ₂ Formaldéhyde HAP	300 1 000 350 250 150 350	Moteurs TIER-4 : - réduction des émissions de PM de 95 %. - réduction des émissions de NOx de 95% (moteurs <1 MW). - réduction des émissions de NOx de 70% (moteurs >1 MW). Réduction des émissions de composés organiques de 90 % avec pots catalytiques. Chaudière : réduction du soufre dans le carburant et rehaussement de cheminée.	Odeur > 10 u.o/m ³ Odeur > 5 u.o/m ³ Odeur > 1 u.o/m ³	150 300 > 5 000
		Chaudières	SO ₂ , odeur, PM _{2.5} .	Odeur > 10 u.o/m ³ Odeur > 5 u.o/m ³ Odeur > 1 u.o/m ³	2 200 > 5 000 > 5 000			
2 Fracturation hydraulique	Exploration (6 jours) Développement (2½ mois)	Moteurs diesel (camions-pompes et autres)	NO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2.5} , formaldéhyde, odeur.	NO ₂ PM _{2.5} PM ₁₀ ^c Formaldéhyde Odeur > 10 u.o/m ³ Odeur > 5 u.o/m ³ Odeur > 1 u.o/m ³	600 650 250 450 > 5 000 > 5 000 > 5 000	Moteurs TIER-4 : - réduction des émissions de PM de 95 %. - réduction des émissions de NOx de 95% (moteurs <1 MW). - réduction des émissions de NOx de 70% (moteurs >1 MW). Réduction des émissions de composés organiques de 90 % avec pots catalytiques.	Odeur > 10 u.o/m ³ Odeur > 5 u.o/m ³ Odeur > 1 u.o/m ³	NO ₂ 300 600 2 500 > 5 000
3 Essai de production	Exploration (1 mois) Développement (1 mois)	Bassin des eaux de reflux.	BTEX, H ₂ S, odeur.	Benzène Toluène Éthylbenzène Xylène H ₂ S Odeur > 10 u.o/m ³ Odeur > 5 u.o/m ³ Odeur > 1 u.o/m ³	Indéterminées. Selon les informations disponibles, entre 0 et plus de 5 km.	Réservoirs fermés (élimination des émissions potentielles).	Odeurs possibles sur le site et très près de la plate-forme	
4 Extraction du gaz	Production (permanent)	Moteur du compresseur de puits alimenté au gaz.	NO ₂ , formaldéhyde, odeur.	NO ₂ Formaldéhyde Benzène Toluène Xylène ^c n-hexane H ₂ S Odeur > 10 u.o/m ³ Odeur > 5 u.o/m ³ Odeur > 1 u.o/m ³	150 100 200 850 100 100 550-900 650 1 400 > 5 000	Moteurs de meilleure technologie : - réduction des émissions de PM et de NOx de 95 %. - réduction des émissions de composés organiques de 90 %. Captage aux événements de coffrage (élimination). Programme de détection et de réparation des fuites (réduction de 90 % des émissions). Remplacement des systèmes pneumatiques par des systèmes « low-bleed », à air comprimé ou mécanique (élimination).	Odeur > 10 u.o/m ³ Odeur > 5 u.o/m ³ Odeur > 1 u.o/m ³	nil nil 150
		Événements de coffrage des puits. Fugitives de procédés. Systèmes pneumatiques au gaz « high-bleed ».	Benzène, toluène, xylène, n-hexane, H ₂ S, odeur.	Odeur > 10 u.o/m ³ Odeur > 5 u.o/m ³ Odeur > 1 u.o/m ³	650 1 000 400 2 600 550			
5 Traitement du gaz	Production (permanent)	Moteurs des compresseurs alimentés au gaz.	NO ₂ , PM _{2.5} , PM ₁₀ , formaldéhyde, butadiène, tétrachloroéthane, odeur.	NO ₂ , PM _{2.5} PM ₁₀ Formaldéhyde Butadiène ^c Tétrachloroéthane ^c	650 1 000 400 2 600 550 150	Moteurs de meilleure technologie : - réduction des émissions de PM et de NOx de 95 %. - réduction des émissions de composés organiques de 90 %. Rehaussement des cheminées à 10 m. Condenseurs et incinérateurs (efficacité de captage et destruction de plus de 98%). Programme de détection et de réparation des fuites (réduction de 90 % des émissions).	Odeur > 10 u.o/m ³ Odeur > 5 u.o/m ³ Odeur > 1 u.o/m ³	NO ₂ Formaldéhyde 0 - 100 ^d 0 - 200 ^d
		Événements de régénérateurs de glycol (benzène, toluène). Fugitives de procédé (toluène, H ₂ S)	Benzène, toluène et H ₂ S, odeur.	Benzène Toluène H ₂ S Odeur > 10 u.o/m ³ Odeur > 5 u.o/m ³ Odeur > 1 u.o/m ³	1 000 > 5 000 150 > 5 000 > 5 000 > 5 000			

a : Incluant les concentrations initiales.

b : Distance à partir du centre de la plate-forme ou du centre de traitement du gaz, incluant les concentrations initiales. Les valeurs sont arrondies aux 50 mètres près.

c : Contaminants pour lesquels des dépassements de normes ou critères ont été calculés uniquement en tenant compte des concentrations initiales.

d : Aucun dépassement avec les deux options pour les moteurs des compresseurs (meilleure technologie et rehaussement de cheminée). Les distances indiquées considèrent seulement les moteurs de meilleure technologie, sans rehaussement de cheminée.

RÉFÉRENCES

- AIHA, 1989. *Odor Thresholds for Chemicals with Established Occupational Health Standards*, American Industrial Hygiene Association, Akron, OH, 90 p.
- Amoore, J. E. et Hautala, E., 1983. *Odor as an Aid to Chemical Safety: Odor Thresholds Compared with Threshold Limit Values and Volatilities for 214 Industrial Chemicals in Air and Water Dilution*, *Journal of Applied Toxicology* 3(6):272-290.
- CESS, 2012. *L'industrie du gaz de schiste dans les Basses-Terres du Saint-Laurent : scénarios de développement*, Comité de l'évaluation environnementale stratégique sur le gaz de schiste, Novembre 2012.
- CIRAIG, 2012. *Projet type concernant les activités liées au gaz de schiste au Québec*, document synthèse préparé pour le CEES, Centre interuniversitaire de recherche sur le cycle de vie des produits, procédés et services (CIRAIG) août 2012.
- Clayton, G.D., F.E. Clayton (eds.) *Patty's Industrial Hygiene and Toxicology*. Volumes 2A, 2B, 2C, 2D, 2E, 2F: Toxicology. 4th ed. New York, NY: John Wiley & Sons Inc., 1993-1994., p. 1247.
- Couture, Y., 2008. *Guide d'estimation de la concentration de dioxyde d'azote (NO₂) dans l'air ambiant lors de l'application des modèles de dispersion atmosphérique*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-53731-1 (PDF), 7 pages.
- Hellman, T.M. et Small, F.H., 1974. *Characterization of the Odor Properties of 101 Petrochemicals Using Sensory Methods*, *Journal of the Air Pollution Control Association* 24 (10): 979-982.
- Leduc, R., 2005. *Guide de la modélisation de la dispersion atmosphérique*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, envirodoq no ENV/2005/0072, rapport no QA/49, 38p.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP), 2013a. *Normes et critères québécois de qualité de l'atmosphère*, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-68322-3 (PDF), 23 p.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP), 2013b. *Banque de données sur la qualité de l'air ambiant*, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement.
- Nagata, Y., 2003. *Measurement of odor by the triangle method - Odor Measurement Review. Japan*, Ministry of the Environment. [<http://www.env.go.jp/en/air/odor/measure/>].
- NEW YORK STATE DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL CONSERVATION, *Supplemental generic environmental impact statement on the oil, gas and solution mining regulatory program: Well permit issuance for horizontal drilling and high-volume hydraulic fracturing*

to develop the Marcellus shale and other low-permeability gas reservoirs, Version préliminaire révisée, septembre 2011.

Ruth, J.H., 1986. *Odor Thresholds and Irritation Levels of Several Chemical Substances: A Review, Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 47: 142-151.*

SNC-Lavalin, 2013a. *Détermination des taux d'émission et modélisation de la dispersion atmosphérique pour évaluer l'impact sur la qualité de l'air des activités d'exploration et d'exploitation du gaz de schiste au Québec - Livrable 1 : Préparation des données météorologiques, Rapport (révision 01), préparé pour le Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs du Québec, Septembre 2013.*

SNC-Lavalin, 2013b. *Détermination des taux d'émission et modélisation de la dispersion atmosphérique pour évaluer l'impact sur la qualité de l'air des activités d'exploration et d'exploitation du gaz de schiste au Québec - Livrable 2 : Détermination des taux d'émission, Rapport final (révision 00), préparé pour le Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs du Québec, Octobre 2013,*

US-EPA, 2009. *AERMOD IMPLEMENTATION GUIDE - Last Revised: March 19, 2009, AERMOD Implementation Workgroup, U. S. Environmental Protection Agency, Air Quality Assessment Division, Research Triangle Park, NC.*



SNC • LAVALIN

2271, boul. Fernand-Lafontaine
Longueuil Qc Canada J4G 2R7
514-393-8000 - 450-651-0885