

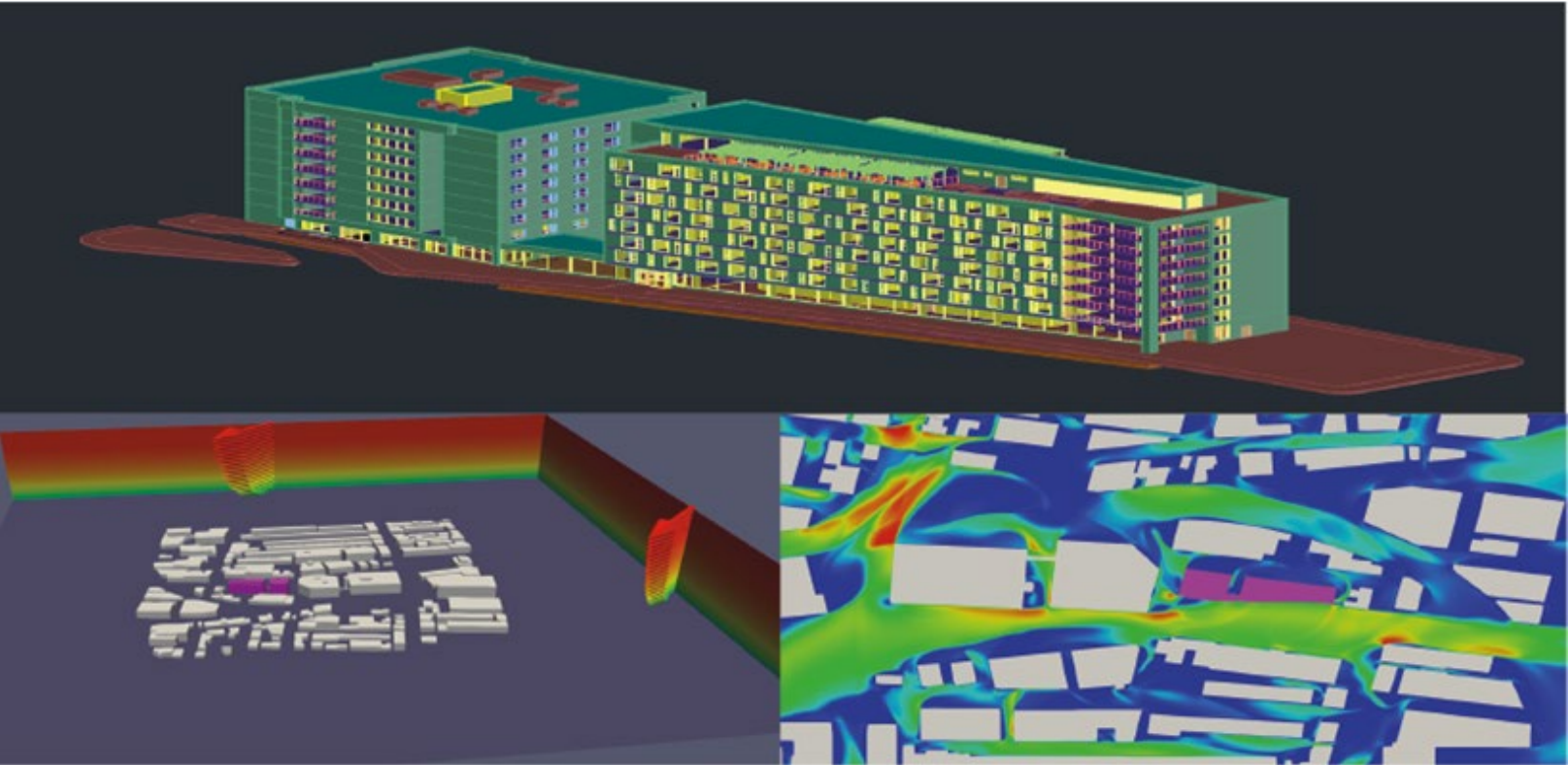


Photo source:

Projet: Ressource de la Montagne - PHASE 2 – Étude sur modèle numérique 3D des impacts éoliens

Rapport No. R0370

Préparé pour :

11246259 CANADA INC.
5550, boulevard des Rossignols
Laval, QC H7L 5W6

Au nom de :

M. Tomasso Cirillo
5620 rue Paul-Sauvé
Montréal, QC H1P 1L1

Préparé par :

Lasalle NHC Inc.
9620 rue Saint-Patrick
Lasalle, QC, H8R 1R8
Tel: (514) 366-2970
www.lablasalle.com

Contact du projet NHC :

Wael Taha, ing., M.Ing.
Chargé de projet, Associé
wtaha@lasallenhc.com

28 octobre 2021
Rapport Final

Lasalle | NHC Référence 08006751

Suivi du document

Date	Revision No.	Révisé par	Émis par
05-07-2021	0	Wael Taha	Marc Alexandre Allard
13-08-2021	1	Wael Taha	Marc Alexandre Allard
28-10-2021	2	Wael Taha	Marc Alexandre Allard

Rapport préparé par :



Marc Alexandre Allard, CPI, M. Sc. A.
Ingénieur junior de projet
No OIQ : 6022431

Rapport révisé par:



Wael Taha, ing., M.Ing.
Chargé de projet, Associé
No OIQ : 133365

CLAUDE DE LIMITATION DE RESPONSABILITÉ

Ce document a été préparé par Lasalle|NHC de façon conforme aux bonnes pratiques d'ingénierie et est destiné à l'usage exclusif de **11246259 CANADA INC.** et de leurs représentants autorisés dans le cadre spécifique du projet **Projet: Ressource de la Montagne - PHASE 2 – Étude sur modèle numérique 3D des impacts éoliens**.

Le contenu de ce document ne peut être appliqué ou utilisé, en tout ou en partie, par ou à l'avantage d'autres parties sans l'autorisation écrite de Lasalle|NHC. Aucune autre garantie, expresse ou tacite, n'est accordée.

Lasalle|NHC et ses directeurs, associés, employés et mandataires n'assument aucune responsabilité à l'utilisation ou au recours du présent document ou de son contenu par des parties autres que **11246259 CANADA INC.**.

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION	1
2	DESCRIPTION DU PROJET	2
3	RÉSUMÉ DE L'APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE.....	3
4	IMPACTS ÉOLIENS DU PROJET	5
4.1	Impacts sur les vitesses par vent de secteur OSO.....	5
4.2	Impacts sur les vitesses par vent de secteur NNE.....	6
4.3	Fréquences annuelles d'inconfort.....	7
4.3.1	Critère général – 25%.....	7
4.3.2	Critère de rue commerçante – 15% (à titre indicatif)	8
4.3.3	Critère de parcs – 10%	8
4.3.4	Dépassement de la vitesse de 75 km/h (20,83 m/s).....	9
5	CONCLUSION	10
6	RÉFÉRENCES	11

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3.1	: Synthèse des paramètres de calcul	4
-------------	---	---

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Plan de localisation du projet

Figure 2 : Rose des vents annuelle – Aéroport P.-E.-Trudeau et Saint-Hubert

Figure 3 : Statistique des vents à l’aéroport international P.-E. Trudeau de Montréal

Figure 4 : Domaine de calcul

Figure 5 : Facteur de survitesse par vent de secteur OSO

Figure 6 : Facteur de survitesse par vent de secteur NNE

Figure 7 : Fréquences annuelles d’inconfort. Critère 25%

Figure 8 : Fréquences annuelles d’inconfort. Critère 15%

Figure 9 : Fréquences annuelles d’inconfort. Critère 10%

1 INTRODUCTION

L'entreprise 11246259 CANADA INC. développe actuellement un projet d'agrandissement d'une résidence pour personnes âgées de 8 étages située au 7001 de l'avenue du Parc dans l'arrondissement Villeray-Saint-Michel-Parc-Extension à Montréal.

LaSalle | NHC a été mandatée par 11246259 CANADA INC. pour effectuer une étude sur modèle numérique afin d'évaluer l'impact de ce projet sur le régime des vents sur l'espace public adjacent, et plus particulièrement, sur le confort des piétons circulant à proximité. Nous évaluerons également le confort des usagers sur la terrasse aménagée sur le toit du bâtiment futur.

Les interactions du vent dans les différentes configurations (état de référence et état futur) ont été simulées à l'aide d'un modèle numérique tridimensionnel permettant de calculer les vitesses de l'air en mouvement en tout point du domaine d'intérêt.

Le présent rapport est divisé en 5 sections. Le projet est d'abord décrit à la section 2. La section 3 enchaîne ensuite avec un résumé de l'approche méthodologique guidant l'évaluation des impacts éoliens. La section 4 présente les résultats et la conclusion est exposée au chapitre 5.

2 DESCRIPTION DU PROJET

Le projet Ressource de la Montagne - PHASE 2 consiste à agrandir une résidence pour personnes âgées existante de 8 étages en construisant, sur le lot adjacent qui est présentement occupé par un bâtiment commercial de deux étages, un nouveau bâtiment de 8 étages comportant une mezzanine qui est reliée à la résidence existante par un passage au rez-de-chaussée. La volumétrie du projet est illustrée sur la figure 1 et la base du bâtiment futur occupera une superficie d'environ 3000 m².

Le projet en question est localisé au 7001 de l'avenue du Parc dans un quartier hétérogène combinant des bâtiments commerciaux de hauteur variable avec de plus petits bâtiments de moins de 5 étages.

3 RÉSUMÉ DE L'APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

Les détails techniques concernant l'approche méthodologique de même que la littérature scientifique pertinente sont présentés à l'annexe de ce rapport. Une compréhension approfondie de la méthodologie par le lecteur n'est pas strictement nécessaire pour comprendre les principales conclusions émises dans cette étude. En effet, le présent chapitre a plutôt pour but d'offrir un bref résumé vulgarisé de l'approche méthodologique afin d'aider le lecteur dans l'interprétation des résultats présentés au chapitre suivant. Le schéma 1 synthétise la méthodologie alors que le tableau 1 résume les paramètres de calculs.

Les vitesses de l'air en mouvement sont calculées à l'aide du modèle numérique 3D OpenFoam. Dans les études d'impacts éoliens, le domaine modélisé s'étend généralement sur une superficie de plus ou moins 1 km². Tel qu'illustré sur la figure 4, le modèle est alimenté, aux extrémités du domaine, par des vents dont la vitesse augmente avec l'élévation. La distribution verticale (ou profil) de la vitesse de ces vents varie selon le milieu ambiant de la zone d'étude. La forme que prendra cette distribution verticale est d'ailleurs contrôlée par une constante nommée paramètre de rugosité α .

Le modèle numérique est mis à profit pour simuler les directions dominantes de vent dans le secteur à l'étude. Dans les cas de Montréal et Laval, deux directions dominantes sont observées à la station météorologique de l'aéroport Pierre-Elliott-Trudeau, soit l'OSO et le NNE (voir figure 2 et 3).

Les vents au niveau des piétons, à une hauteur de 1.8m du sol et situé à proximité du site à l'étude, ainsi que ceux au niveau des usagers des toits-terrasses du bâtiment futur, circulant à 1.8m au-dessus de celles-ci, sont analysés. Les résultats sont présentés sous forme de survitesse. De manière schématique, ce paramètre représente un ratio adimensionnel entre la vitesse du vent à l'entrée du modèle et celle au point d'intérêt. Par exemple, si la survitesse en un point donné est de 1,5 et que la vitesse du vent à l'entrée du modèle est de 10 km/h, la vitesse du vent en ce même point donné sera de 15 km/h (1,5x10 km/h). De même, si la survitesse en un point donné est de 0,5 et que la vitesse du vent à l'entrée du modèle est de 10 km/h, la vitesse du vent en ce même point donné sera de 5 km/h (0,5x10 km/h). L'exemple demeure simplifié pour des fins d'illustration, toutefois il faut noter que le paramètre de survitesse inclut également un terme de turbulence permettant de mieux caractériser le point d'intérêt. L'utilisation du concept de survitesse permet ainsi de déduire la vitesse du vent qui sera ressentie par le piéton en fonction de la vitesse du vent à l'entrée du modèle. Les survitesses calculées par le modèle sont affichées sous forme de carte de couleur en conditions de références ainsi qu'en conditions futures (en présence du nouveau projet) et ce, pour chaque direction dominante de vents (voir figures 5 et 6). Pour une direction donnée de vents, une diminution de la survitesse (de l'état de référence vers l'état futur) révèle une bonification du confort éolien. À l'opposé, une augmentation de la survitesse implique une dégradation du confort éolien.

Afin d'intégrer l'ensemble des directions dominantes de vent, le concept d'inconfort éolien est adopté. Ce concept consiste à utiliser les survitesses calculées par le modèle ainsi que les données horaires de vent à l'entrée du modèle afin de calculer le nombre de fois où la vitesse du vent ressentie par le piéton et par l'utilisateur des toits-terrasses dépasse un certain seuil d'inconfort (15 km/h en hiver et 22 km/h en été). À cet effet, les données horaires de vent à l'entrée du modèle découlent des données mesurées à la station météorologique la plus proche, soit à l'aéroport Pierre-Elliott-Trudeau dans les cas de Montréal et Laval. Dans certaines situations, ces données mesurées peuvent être transposées directement à l'entrée

du modèle alors que dans d'autres situations, ces données mesurées doivent être recalées par un facteur de recalage k . L'inconfort éolien calculé par le modèle est affiché sous forme de carte de couleur en conditions de références ainsi qu'en conditions futures (en présence du nouveau projet). En guise d'exemple, une fréquence d'inconfort de 0,20 signifie que le seuil d'inconfort est excédé 20% du temps. À cet effet, les fréquences maximales d'inconfort éoliens étant admises ou tout simplement recommandées dépendent essentiellement de l'activité prévue sur la voie publique. En effet, un critère de 10% est généralement visé dans les parcs et les lieux de détente, 15% dans certaines rues commerçantes à Montréal et 25% dans le reste des cas (voir figures 7, 8 et 9).

Finalement, un dernier concept est adopté afin de tenir compte de la sécurité des piétons durant les événements de vents violents, soit le seuil de sécurité. Ce dernier consiste à calculer le nombre de fois où la vitesse du vent ressentie par le piéton dépasse le seuil de sécurité de 75 km/h (20,83 m/s). La fréquence maximale de dépassement de ce seuil est généralement admise à 1%.

Tableau 3.1 : Synthèse des paramètres de calcul

Paramètres du vent	
Station météorologique de référence	Aéroport Pierre-Elliott-Trudeau
Directions dominantes	OSO et NNE
Rugosité α	0,3
Recalage k	0,7 ($V_{\text{Entrée modèle}} = 0,7 V_{\text{Mesuré à la station}}$)
Seuil de confort éolien	22 km/h (6,11 m/s) en été 15 km/h (4,17 m/s) en hiver
Seuil de sécurité	75 km/h (20,83 m/s)
Caractéristiques du modèle	
Dimension du domaine	0,65 km x 0,65 km
Nombre de mailles	8 500 000
Résolution du maillage	10 m à 0,30 m

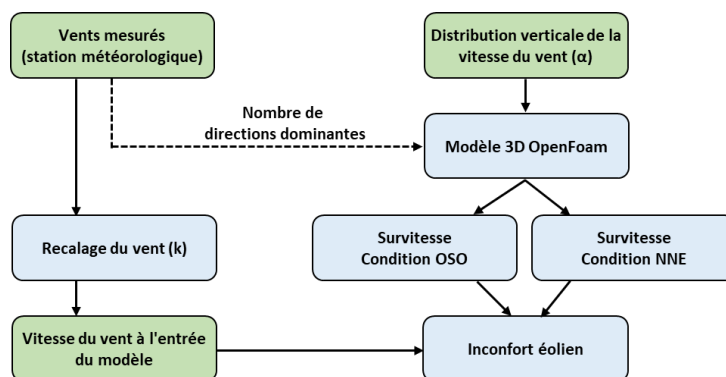


Schéma 1 : Résumé de l'approche méthodologique

4 IMPACTS ÉOLIENS DU PROJET

Les simulations aérodynamiques ont été réalisées pour les deux directions de vents dominants en conditions de référence et en conditions futures (en présence du nouveau projet). Les champs de facteurs de survitesse ont été extraits des simulations à hauteur de piéton, soit 1,8 m au-dessus du niveau de la rue, ainsi qu'à 1.8m au-dessus des toits-terrasses pour évaluer les survitesses au niveau des usagers. Les champs de fréquences totales de dépassement de la vitesse limite d'inconfort, toutes directions confondues, également désignées par le terme fréquences annuelles d'inconfort, ont ensuite été calculés pour toutes les configurations.

Le règlement sur les plans d'implantation et d'intégration architecturale de l'arrondissement de Villera—Saint-Michel—Parc Extension [4] présente les critères suivants à respecter :

- la génération d'impact éolien dont la vitesse moyenne au sol, calculée sur une base horaire, ne tend pas à être supérieure à 15 km/h en hiver et à 22 km/h en été, avec une fréquence de dépassement maximale correspondant à 25% du temps sur une voie publique et à 10% dans un parc, un lieu public et une aire de détente;
- La génération des rafales au sol qui ne tend pas à dépasser une vitesse au sol de 75 km/h durant plus de 1% du temps et ce, sur une période de référence pour l'évaluation de la rafale de 2 secondes ou moins, avec une turbulence de 30%.

Les figures 5 et 6 illustrent les résultats obtenus pour les vents de secteur OSO et NNE respectivement. Les figures 7 à 9, quant à elles, présentent les fréquences annuelles d'inconfort, toutes directions confondues, pour chacune des configurations (conditions de références et futures).

4.1 Impacts sur les vitesses par vent de secteur OSO

La figure 5 affiche la survitesse au niveau des piétons, soit à une hauteur de 1,8 m du sol, en condition de vents en provenance de l'OSO. De plus, l'image d) illustre aussi la survitesse au niveau des toits-terrasses, à une hauteur de 1,8 m du toit pour la même condition de vent.

De manière générale, le nouveau bâtiment de 8 étages bloque les vents d'OSO alors qu'en condition de références, les vents ont plutôt tendance à s'écouler au-dessus du bâtiment commercial existant.

En conditions futures, les survitesses associées aux vents canalisés sur l'avenue du Parc, en face de l'entrée principale, sont plus basses que celles observées en conditions actuelles. En effet, les survitesses sont réduites de 1,23 en conditions actuelles à 1,11 directement devant la façade sud du projet.

De plus, un léger effet de coin causé par les vents rabattus par le projet sur l'avenue du Parc est présent au passage de l'arête ouest du bâtiment existant en conditions futures. Cela augmente les survitesses locales de 0,84 en conditions actuelles à 1,16 en conditions futures.

L'effet de coin au passage de l'arête sud de l'aile présentement construite de la résidence est éliminé en conditions futures dû à la présence du passage au rez-de-chaussée reliant les deux ailes qui bloque le courant qui passe actuellement de l'avenue du Parc vers la rue Jeanne-Mance.

En conditions futures, il est intéressant de mentionner que les conditions éoliennes à l'intersection de l'avenue du Parc et de l'avenue Beaumont sont dégradées car il y a moins de courant canalisé vers la rue Jeanne-Mance et donc plus de vents canalisés vers la voie ferrée.

Il est aussi à noter qu'un courant s'introduit entre le nouvel édifice et le bâtiment A comme en conditions actuelles mais dans un espace plus restreint. Une partie de ce courant passe à proximité de deux entrées secondaires au coin sud-est du bâtiment futur, tel qu'illustré par l'image c) de la figure 5. Ces vents sont ensuite redirigés vers le bâtiment B où ils rencontrent un courant de recirculation qui souffle sur la rue Jeanne-Mance.

En observant les facteurs de survitesses obtenus à la hauteur des terrasses qui seront aménagées sur le toit du bâtiment futur, il est clair que la section sud subit les survitesses les plus élevées. Celles-ci sont causées par la canalisation des vents sur l'avenue du Parc qui viennent se concentrer en partie sur la façade sud du projet. Ces survitesses ont une valeur maximale de 1,06.

À l'endroit où l'entrée principale du bâtiment futur est localisée, les survitesses augmentent de 0,96 en conditions actuelles à 1,05 en conditions futures. L'épanouissement du courant canalisé sur l'avenue du Parc au nord du bâtiment D est la cause de cette augmentation en conditions futures.

De manière générale, les impacts sur les survitesses causés par les effets aérodynamiques observés sont localisés principalement autour du bâtiment futur.

4.2 Impacts sur les vitesses par vent de secteur NNE

La figure 6 affiche la survitesse au niveau des piétons, soit à une hauteur de 1,8 m du sol, en condition de vents en provenance du NNE. De plus, l'image d) illustre aussi la survitesse au niveau des toits-terrasses, à une hauteur de 1,8 m du toit pour la même condition de vent.

Similairement aux vents d'OSO, le nouveau bâtiment résidentiel de 8 étages agit comme obstacle important sur les vents du NNE. Il est constaté que les survitesses associées aux vents rabattus par le bâtiment C en direction du site à l'étude sur la rue Jean Roby sont réduites de 0,97 en conditions actuelles à 0,86 en conditions futures. La volumétrie du nouveau bâtiment étant plus imposante que celle du bâtiment présent actuellement sur le lot adjacent, les vents ont donc plus tendance à se rediriger vers la rue Jean-Talon Ouest en conditions futures qu'en conditions actuelles. C'est ce phénomène qui est à l'origine de la réduction des survitesses sur la rue Jean Roby.

De plus, l'effet de coin en conditions actuelles au passage de l'arête est du bâtiment existant est éliminé en conditions futures grâce au passage qui bloque les courants de la rue Jeanne-Mance vers l'avenue du Parc, ce qui réduit les survitesses locales de 1,04 à 0,38 sur la rue Jeanne-Mance.

En conditions futures, le nouveau bâtiment rabat les vents en hauteur vers le niveau du sol. Ces vents soufflent dans la rue Jeanne-Mance et se concentrent aussi sur la façade sud du bâtiment B, augmentant les survitesses de 0,3 à 1,01 à cet endroit.

Il est aussi observé que les survitesses associées aux courants de vents présents entre le bâtiment A et le projet augmentent de 0,5 en conditions actuelles à 1,06 en conditions futures. Cela s'explique par la réduction de l'espace entre les deux bâtiments qui tend à concentrer les vents rabattus par le bâtiment futur à cet endroit.

Il est aussi à noter qu'un effet de sillage est présent sur l'avenue du Parc en aval du bâtiment futur. Les vents circulant sur l'avenue Beaumont à proximité du bâtiment A sont attirés vers la façade nord du bâtiment D dû à la succion causée par la dépression présente dans le sillage.

Il peut aussi être observé que le facteur de survitesse maximal atteint par les vents au-dessus des terrasses sur le toit est de 1,01. Les survitesses sont plus élevées sur la section nord des terrasses dû à la présence des vents incidents à cette hauteur qui ne sont pas perturbés par les bâtiments de plus faibles hauteurs en amont du projet.

Une fois de plus, il est observé que de manière générale, les impacts sur les survitesses causés par les effets aérodynamiques observés sont localisés principalement autour du bâtiment futur à l'exception des vents redirigés vers la rue Jean-Talon.

4.3 Fréquences annuelles d'inconfort

Les fréquences d'inconfort sont calculées sur une base annuelle en prenant en compte l'ensemble des directions de vent considérées, les critères de vitesse limite en été (22 km/h) et en hiver (15 km/h) ainsi que les heures de circulation des piétons en fonction des saisons. Ces fréquences annuelles d'inconfort reflètent alors un cycle météorologique complet au cours d'une année.

La figure 7, illustrant le champ des fréquences annuelles d'inconfort au niveau des piétons, permet d'identifier les zones répondant au critère général habituellement établi :

- 25 % : critère général établi pour la voie publique ;

Les figures 8 et 9, présentent la comparaison avec des critères spécifiques :

- 15 % : critère adopté pour des rues commerçantes dans certains arrondissements;
- 10 % : appliqué aux parcs ou lieux de détente;

Une telle comparaison des fréquences d'inconfort permet également d'avoir un portrait global du quartier et servir d'outil au développement d'aménagements d'espaces urbains.

4.3.1 Critère général – 25%

La figure 7 présente le champ des fréquences d'inconfort annuelles selon le critère général de 25%. Ce critère est généralement utilisé dans les lieux où la fonction principale est destinée au déplacement (rues, trottoirs, pistes cyclables, etc.). La figure 7 montre que le critère général de 25% est respecté dans l'ensemble du domaine d'étude et ce, autant en conditions de référence qu'en conditions futures.

Ainsi, l'ajout du projet Ressource Intermédiaire de la Montagne - PHASE 2 ne conduit à aucun impact au niveau du confort éolien sur les voies publiques à proximité du projet en question.

4.3.2 Critère de rue commerçante – 15% (à titre indicatif)

La figure 8 présente le champ des fréquences d'inconfort annuelles selon le critère adopté pour des rues commerçantes dans certains arrondissements (15%). Ce critère est présenté à titre indicatif uniquement puisque le secteur à l'étude ne contient pas de rues pouvant se caractériser comme étant commerçantes. Toutefois, la figure 8 permet de faire ressortir les secteurs avec amélioration ou détérioration.

Sur la rue Jean Roby, entre le projet et le bâtiment C, les fréquences annuelles d'inconfort passent de 9% en conditions actuelles à 13% en conditions futures. De plus, au-devant de la façade sud du projet sur l'avenue du Parc, les fréquences d'inconfort annuelles diminuent de 13% en conditions actuelles à 11% en conditions futures.

Entre le bâtiment A et le projet, au coin sud-est de l'agrandissement, il peut être observé que les fréquences annuelles d'inconfort augmentent de 3% en conditions actuelles à 12% en conditions futures. Cela est dû au courant passant à proximité des deux entrées secondaires du bâtiment futur lorsque des vents de direction OSO sont considérés. L'intersection de l'avenue du Parc et de l'avenue Beaumont montre aussi une augmentation des fréquences d'inconfort annuelles de 15% à 18%.

Il est aussi à noter que les arbres localisés à proximité du site étudié en conditions actuelles et futures ne sont pas inclus dans le modèle numérique et pourraient contribuer à réduire l'inconfort de façon locale.

4.3.3 Critère de parcs – 10%

La figure 9 présente le champ des fréquences d'inconfort annuelles selon le critère adopté pour les parcs ou lieux de détente dans certains arrondissements (10%).

Dans un premier temps, il est intéressant de mentionner que le critère d'inconfort de 10% est respecté dans la zone de livraison située au nord du passage entre les deux ailes du projet. De plus, ce critère est aussi respecté en face de l'entrée principale du bâtiment futur, où la valeur maximale des fréquences annuelles d'inconfort obtenues est de 10%.

Il est aussi important de mentionner que les fréquences annuelles d'inconfort reliées aux courants des vents présents au-dessus des toits-terrasses du projet respectent le critère de 10%, tel que démontré dans l'image c) de la figure 9. La valeur maximale de fréquence d'inconfort enregistrée au-dessus de la section sud des terrasses est de 9,6%. Cette valeur résulte des impacts de la canalisation des vents de direction OSO sur l'avenue du Parc qui se concentrent sur la façade sud du projet. Il est toutefois bon de clarifier que cet espace demeure quand même approprié pour la détente et l'aménagement de toits-terrasses. De plus, le modèle n'a pas reproduit les garde-corps ni l'aménagement paysager sur les terrasses qui tendent à freiner les vents et réduire davantage les fréquences d'inconfort.

4.3.4 Dépassement de la vitesse de 75 km/h (20,83 m/s)

La vitesse limite étant jugée comme sécuritaire pour les piétons est une vitesse de 75 km/h. À cet effet, la fréquence limite de dépassement de cette vitesse est admise à 1%. Ce critère est respecté dans l'ensemble du domaine d'étude et ce, autant en conditions de référence qu'en conditions futures. La valeur maximale de fréquence de dépassement obtenue en conditions actuelles est de 0,42%, alors qu'elle est de 0,38% en conditions futures.

5 CONCLUSION

L'étude par modélisation numérique tridimensionnelle des vents à Montréal a permis d'évaluer les impacts du projet Ressource de la Montagne - PHASE 2 sur le confort des piétons circulant sur les rues adjacentes en fonction des critères habituellement utilisés par la Ville de Montréal.

Les résultats de modélisation montrent que l'ajout du projet Ressource de la Montagne - PHASE 2 engendre une réorganisation relativement localisée des patrons de courants des vents autour du bâtiment du projet. Bien que des augmentations locales des fréquences d'inconfort annuelles à l'ouest du projet sur la rue Jean Roby, à l'est entre le bâtiment A et le bâtiment futur et à l'intersection de l'avenue Beaumont soient observées, elles demeurent relativement locales et ne conduisent pas à excéder le critère général communément admis en bordure de voie publique et dans les lieux où la fonction principale est destinée au déplacement (25%). Soulignons que ce critère utilisé par l'arrondissement Villieray—Saint-Michel—Parc Extension demeure respecté dans l'ensemble de la zone d'étude. De plus, la présence du bâtiment futur améliore les fréquences annuelles d'inconfort sur l'avenue du Parc au sud du site.

Le critère limite de fréquences annuelles d'inconfort de 10% utilisé pour les parcs et lieux de détente est respecté à trois endroits clés : au-dessus des toits-terrasses, devant l'entrée principale du bâtiment futur et à l'intérieur de la zone de livraison. Une valeur maximale d'inconfort de 9,6% est atteinte dans la section sud des toits-terrasses, alors qu'à proximité de l'entrée principale de l'agrandissement, on retrouve une valeur limite de 10%. Ces espaces pourront donc offrir des zones de confort acceptables pour les usagers avec un faible niveau d'activité.

Les résultats de modélisation montrent aussi que le critère de sécurité de 1% demeure respecté dans l'ensemble de la zone d'étude.

Dans l'ensemble la construction du projet Ressource de la Montagne - PHASE 2 n'engendre donc aucun impact éolien majeur sur la voie publique.

6 RÉFÉRENCES

- [1] Intégration du phénomène vent dans la conception du milieu bâti - J. Gandemer et A. Guyot – Ministère de la Qualité de la vie - France 1976.
- [2] Architectural Aerodynamics by R.M. Aynsley, W. Melbourne and B.J. –Vickery - Applied Science Publishers Ltd. London.
- [3] Élaboration d’outils méthodologiques et techniques d’aide à la conception d’ambiances urbaines de qualité pour favoriser le développement durable des villes - S. Reiter – Thèse de doctorat de l’Université Catholique de Louvain, Belgique.
- [4] Règlement sur les plans d’implantation et d’intégration architecturale de l’arrondissement de Villeray—Saint-Michel—Parc Extension RCA06-14001. Codification administrative, 11 mai 2020.

ANNEXE A

DÉTAILS TECHNIQUES EN LIEN AVEC L'APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

1. APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE.....	A1
1.1 Représentation de l'air en mouvement.....	A1
1.2 Critères d'évaluation du confort éolien.....	A1
1.3 Données de référenceA5	A4
1.4 Transposition au site à l'étude.....	A5
1.5 Vitesses locales et fréquences d'inconfort	A5
2. ANALYSE DU RÉGIME DES VENTS	A6
2.1 Station météorologique de référence	A6
2.2 Analyse statistique de la direction et de la vitesse des vents.....	A7
2.2.1 Direction.....	A7
2.2.2 Vitesse.....	A7
3. MODÈLE NUMÉRIQUE	A9
3.1 Le modèle numérique	A9
3.2 Domaine de calcul.....	A9
3.3 Conditions aux limites.....	A10

1. APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

1.1 Représentation de l'air en mouvement

L'écoulement simulé doit avoir les mêmes caractéristiques que l'air arrivant sur le site étudié. En négligeant les phénomènes thermiques pouvant affecter la stabilité de l'atmosphère, la distribution verticale de la vitesse du vent peut s'exprimer comme suit :

$$\frac{U}{U_g} = \left(\frac{z}{z_g} \right)^\alpha \quad (3.1)$$

où

U :	vitesse moyenne du vent à l'altitude z;
z :	altitude au-dessus du sol;
z _g :	épaisseur de la couche limite atmosphérique;
U _g :	vitesse moyenne du vent à l'altitude z _g , au-delà de laquelle la vitesse n'est plus influencée par la nature du site rencontré par le vent.

Les paramètres α et z_g dépendent essentiellement du type de rugosité du sol, c'est-à-dire de la hauteur et de la densité des bâtiments du secteur élargi d'étude. La valeur de α varie typiquement entre 0,14, pour un environnement de lac ou de plaine qui apparaît comme une surface relativement "lisse", et 0,36 au-dessus d'un centre-ville de grande hauteur et dense, considéré comme étant fortement "rugueux" [1].

Afin que le profil de vent se développe selon les spécificités du tissu urbain existant, l'ensemble du quartier englobant la zone d'étude est généralement inclus dans le modèle numérique. Cela permet ainsi d'établir correctement le patron d'écoulement du vent incident.

1.2 Critères d'évaluation du confort éolien

Tous les auteurs ayant entrepris de caractériser le confort ou l'inconfort des piétons soumis aux vents définissent, tout d'abord, un seuil, autrement dit, une vitesse limite à partir de laquelle le vent est incommodant et considèrent ensuite la fréquence avec laquelle ce seuil est dépassé en un site donné. Le régime des vents est alors jugé acceptable si cette fréquence est inférieure à une limite qui dépend de la vocation du site. Cette fréquence peut s'exprimer en nombre d'heures par an, sur la base de 8 760 heures par année.

Le seuil (la vitesse limite) est défini en considérant les effets physiques du vent sur un individu et on constate que les valeurs adoptées par divers auteurs diffèrent grandement en fonction des objectifs recherchés : certains auteurs s'intéressent surtout à la sécurité des piétons et adoptent alors un seuil élevé, de l'ordre de 20 m/s (72 km/h). Cette vitesse correspond sensiblement à celle de vents susceptibles d'empêcher la marche ou de provoquer la chute des piétons.

D'autres études abordent plus spécifiquement la question du confort et établissent le seuil à une valeur susceptible de provoquer des effets incommodes sans être dangereux : vents capables de soulever la poussière, de décoiffer, de rendre impossible la lecture d'un journal, etc. Les vitesses limites retenues selon cette perspective, que nous adopterons, sont alors plus faibles, de l'ordre de 5 m/s (18 km/h).

Il s'agit là d'ordres de grandeur et il faut, pour aller plus loin, préciser ce qu'on entend par « vitesse du vent ». Le vent est en effet, par nature, fortement variable d'un instant à l'autre et l'enregistrement des vitesses, en un point donné, révèle des fluctuations aléatoires liées à la nature turbulente de l'écoulement de l'air dans la couche limite terrestre. On doit ainsi distinguer la vitesse moyenne du vent et les vitesses extrêmes observées pendant les rafales. Plus précisément, la valeur instantanée de la vitesse du vent $u(t)$ est rapportée à sa valeur moyenne U et les fluctuations autour de cette moyenne sont en général bien représentées par une loi normale, caractérisée par son écart-type σ .

Divers auteurs ont ainsi retenu des combinaisons variées de U et σ pour définir la vitesse limite requise pour caractériser le seuil d'inconfort. On trouve ainsi, aux deux extrêmes, les critères proposés respectivement par Gandemer [1] et Melbourne [2] :

$$U + \sigma \leq 6 \text{ m/s} \quad (3.2)$$

$$U + 3,5 \sigma \leq 9 \text{ m/s} \quad (3.3)$$

Cette disparité n'est toutefois qu'apparente, et les deux critères ci-dessus correspondent pratiquement à la même situation; on constate en effet que l'écart-type σ n'est pas indépendant de la vitesse moyenne et croît avec elle. L'intensité de la turbulence :

$$i = \frac{\sigma}{U} \quad (3.4)$$

est en effet comprise entre 0,15 et 0,30 pour la majorité des cas pratiques et l'écart-type σ est donc de l'ordre de $0,25U$. Un vent correspondant à la limite d'inconfort selon Gandemer [1] est donc un vent dont la vitesse moyenne est donnée par :

$$U + 0,25U = 6 \text{ m/s} \quad (3.5)$$

$$U = 6/1,25 = 4,8 \text{ m/s} \quad (3.6)$$

alors que la vitesse moyenne limite selon Melbourne [2] correspond à :

$$U + 0,875 U = 9 \text{ m/s} \quad (3.7)$$

$$U = 9/1,875 = 4,8 \text{ m/s} \quad (3.8)$$

soit une valeur identique à la précédente.

Les deux critères ne s'écartent l'un de l'autre que dans des situations extrêmes où la turbulence du vent s'éloigne des valeurs typiques citées précédemment : turbulence dans le sillage immédiat d'un bâtiment aux arêtes vives, par exemple, et la définition de Gandemer nous semble alors préférable. Cette dernière privilégie des vitesses instantanées ne s'écartant que peu de la valeur moyenne, qu'on observe donc fréquemment, alors que Melbourne s'intéresse aux pics violents et rares, dans une optique qui s'apparente, ici encore, à l'analyse de la sécurité des piétons plus qu'à leur confort.

Le critère adopté :

$$U + \sigma \leq 6,11 \text{ m/s} \quad (3.9)$$

doit maintenant être corrigé pour tenir compte des effets thermiques. Nous avons retenu ce critère sans le modifier pour les mois relativement chauds, avril à septembre inclus, alors que l'on adopte plutôt :

$$U + \sigma \leq 4,17 \text{ m/s} \quad (3.10)$$

pour les mois plus froids d'octobre à mars. Ceci correspond sensiblement à la règle communément admise, citée par Melbourne [2], selon laquelle il faut augmenter les vitesses d'un degré Beaufort pour tenir compte d'un refroidissement de 20°F.

L'analyse du confort éolien est limitée aux heures pendant lesquelles les piétons sont les plus nombreux, soit :

- de 6 h 00 à 22 h 00 d'avril à septembre inclus;
- de 8 h 00 à 18 h 00 d'octobre à mars inclus.

Ces périodes correspondent à 4 750 heures dans l'année (54 % de la durée totale), et les vents observés en dehors de ces périodes (en particulier pendant la nuit) ne sont pas comptés comme incommodants.

La fréquence avec laquelle les vents inconfortables peuvent être tolérés dépend de la vocation du site ou de l'artère. Le tableau 1 résume les valeurs généralement admises [1] pour les fréquences d'inconfort, lesquelles sont exprimées en heures par année.

Il est à souligner que la Ville de Laval ne dispose pas de critère numérique pour définir l'inconfort éolien. Toutefois, les règlements de la Ville de Montréal et de ses arrondissements touchant les impacts éoliens définissent les fréquences maximales d'inconfort admissibles pour les divers secteurs de la ville. Par exemple dans le cas de l'arrondissement du Sud-Ouest, l'extrait du règlement stipule qu'en bordure d'une voie publique, une fréquence limite de dépassement de 25 % est généralement admise. Les parcs et lieux de détente sont soumis à une limite de 10 %. Les vitesses seuil sont de 6 m/s en été et de 4 m/s en hiver.

Tableau 1 Fréquence d'inconfort communément admise selon l'activité

Activité	Nombre maximum d'heures pendant lesquelles le seuil d'inconfort est atteint ou dépassé ⁽¹⁾
Station immobile prolongée terrasse de café, théâtre en plein air, piscine...	438 h/an (ou 5 %)
Station immobile courte jardin public, aire de jeux, rue commerçante, galerie...	876 h/an (ou 10 %)
Marche normale promenade pédestre, passage piétonnier, entrée d'immeuble...	1 314 h/an (ou 15 %)
Marche rapide parc auto, trottoir des avenues, belvédère...	2 190 h/an (ou 25 %)

1.3 Données de référence

L'analyse des impacts éoliens d'un projet immobilier repose sur des données statistiques du régime des vents (vitesse et direction) applicable au site à l'étude. En règle générale, ces informations proviennent de stations météorologiques permanentes situées à proximité du site, et disposent de données horaires sur des périodes suffisamment longues. On doit également s'assurer que la station choisie permette une mesure du vent exempte des effets locaux du relief et du bâti avoisinant. Pour les projets situés sur l'île de Montréal ainsi qu'à Laval, on utilise généralement les statistiques de vent compilées à la station météo d'Environnement Canada de l'aéroport Pierre-Eliot-Trudeau (Dorval). À la section 2.1 de l'annexe A, on discute du choix de cette station.

⁽¹⁾ Il est à noter que chaque arrondissement établit son règlement et que les valeurs admissibles peuvent ainsi varier d'un arrondissement à l'autre.

1.4 Transposition au site à l'étude

Des données de vent fiables et détaillées ne sont que très rarement disponibles au site immédiat des projets à l'étude et, comme on vient de le mentionner, on doit généralement faire appel aux données de stations météorologiques situées à proximité. En vue de calculer l'impact des aménagements projetés sur les fréquences d'inconfort éolien, il importe au préalable de transposer ou de «recaler» la vitesse moyenne du vent $U_{\text{météo}}$ obtenue à la station météo à une valeur correspondante U_{site} aux abords du site à l'étude :

$$U_{\text{site}} = k U_{\text{météo}} \quad (3.11)$$

où k est le coefficient de recalage. Les vitesses $U_{\text{météo}}$ et U_{site} sont évaluées à une hauteur $z = 10$ m par rapport au sol, une valeur standard pour les relevés de vents dans les stations météo. À Laval ainsi qu'à Montréal, le coefficient de recalage k varie essentiellement entre 0.65 et 1.0 dépendamment de la densité urbaine du secteur à l'étude. À cet effet, une valeur de 1.0 signifie que les conditions éoliennes sur le site du projet sont pratiquement identiques aux conditions à l'aéroport Pierre-Elleot-Trudeau.

En l'absence de données mesurées directement sur le site, on peut faire appel à la théorie pour l'évaluation de k . En effet, en appliquant l'équation (3.1) à l'emplacement de la station, puis au site à l'étude, on obtient :

$$k = \left(\frac{Z_{g\text{météo}}}{10} \right)^{\alpha_{\text{météo}}} \left(\frac{10}{Z_{g\text{site}}} \right)^{\alpha_{\text{site}}} \quad (3.12)$$

1.5 Vitesses locales et fréquences d'inconfort

L'influence d'un nouveau bâtiment sur les conditions éoliennes locales est exprimée à l'aide d'un paramètre de confort, aussi appelé facteur de survitesse :

$$\psi = \frac{U + \sigma}{(U + \sigma)_{\text{site}}} = \frac{U + \sigma}{k U_{\text{météo}} (1 + i_{\text{site}})} \quad (3.13)$$

où $U + \sigma$ correspond à la valeur maximale du vent à hauteur de piéton en un point donné du site à l'étude. La valeur de ψ est obtenue sur modèle réduit (soufflerie ou hydraulique) ou modèle numérique, en

comparant les vitesses locales $U+\sigma$ liées à la présence des bâtiments avec la vitesse nominale $(U+\sigma)_{\text{site}}$ établie sur le site sans l'influence des aménagements projetés.

En introduisant l'intensité de la turbulence i_{site} caractéristique du vent incident soufflant sur le site, l'équation (3.13) peut s'écrire comme suit :

$$U_{\text{météo}} = \frac{U+\sigma}{k\psi(1+i_{\text{site}})} \quad (3.14)$$

En substituant, pour chacun des points considérés pour l'analyse du confort éolien, les limites de $U+\sigma$ correspondant aux seuils de confort estival et hivernal, soit les valeurs de 6 et 4 m/s des équations (3.9) et (3.10), on peut obtenir le vent moyen correspondant $U_{\text{météo}}$ à la station météo de référence et en déduire les probabilités ou fréquences d'inconfort en chaque point.

2. ANALYSE DU RÉGIME DES VENTS

2.1 Station météorologique de référence

Deux stations météorologiques principales sont situées à proximité du site : celle de l'aéroport P.-E.-Trudeau à Montréal et celle de l'aéroport de Saint-Hubert sur la rive sud. La figure 2 donne, pour ces deux sites, la rose des vents obtenue sur une base annuelle. À la station de l'aéroport Pierre-Elliott-Trudeau, deux secteurs sont prédominants : le premier, centré sur l'ouest-sud-ouest (OSO) prévaut 37 % du temps alors que le deuxième, le secteur nord-nord-est (NNE), compte pour 20 % des observations. Les secteurs dominants de l'OSO et du NNE, qui représentent ainsi près de 60 % des épisodes de vent, correspondent à l'orientation de la vallée du Saint-Laurent encaissée entre les Laurentides et les Appalaches.

Le régime des vents à Saint-Hubert est semblable, mais la fréquence des vents des secteurs OSO et du NNE est diminuée au profit des vents du Nord et du Sud (figure 2). Ces derniers sont favorisés par l'orientation Nord-Sud de la vallée du Richelieu.

Pour les études d'impacts éoliens touchant l'île de Montréal ainsi que Laval, on doit privilégier les données de l'aéroport Pierre-Elliott-Trudeau puisque la tendance nord-sud des vents observés à Saint-Hubert est avant tout applicable à la rive Sud de Montréal.

2.2 Analyse statistique de la direction et de la vitesse des vents

2.2.1 Direction

La figure 3a illustre les roses des vents obtenues d'après les données recueillies à l'aéroport Pierre-Elliott-Trudeau (1980 - 2013) sur une base annuelle ainsi que pour les périodes printemps-été et automne-hiver [3]. Tel que mentionné précédemment, la prédominance des directions de vent centrées sur les secteurs OSO et NNE est manifeste tout au long de l'année. Par rapport à la moyenne annuelle, les mois les plus chauds (avril à septembre) indiquent une certaine diminution des vents du secteur NNE au profit de ceux de l'OSO, et particulièrement du SO. Par contre, les mois d'automne et d'hiver (octobre à mars) s'accompagnent d'une augmentation marquée de la fréquence des vents du NNE. Pour les vents dominants du secteur OSO, on observe alors que les composantes O et OSO deviennent plus importantes que celles du SO.

L'ensemble de ces résultats confirme donc que, pour des immeubles situés à Laval et sur l'île de Montréal, l'étude des impacts éoliens peut être concentrée sur les vents dominants des secteurs OSO et NNE. Les autres directions, beaucoup moins fréquentes, ne font l'objet d'examen que dans des cas d'intérêt particulier.

2.2.2 Vitesse

La figure 3b donne la fréquence des vitesses moyennes du vent obtenue sur une base annuelle pour les secteurs de l'OSO et du NNE. On observe essentiellement que les vents de l'OSO sont, en moyenne, plus forts que ceux du NNE. Ainsi, les vents de l'OSO excèdent 15 km/h près de 55 % du temps alors que seulement 45% des vents du NNE dépassent cette valeur.

Comme on l'a déjà souligné, l'analyse du confort des piétons tient uniquement compte des statistiques de vitesses de vent correspondant aux heures normales de circulation des piétons :

- 6 h 00 à 22 h 00 pour les mois d'avril à septembre inclusivement;
- 8 h 00 à 18 h 00 d'octobre à mars inclusivement.

À partir des données de vent historiques recueillies à la station météo de l'aéroport P.-E.-Trudeau, on peut établir la fréquence annuelle des vents de l'OSO et du NNE en fonction de la vitesse observée aux heures de circulation des piétons.

Le tableau 2 exprime ces résultats en donnant la fréquence annuelle correspondant à douze (12) classes distinctes de vitesses du vent. D'avril à septembre, par exemple, entre 6 h 00 et 22 h 00, des vents de l'OSO de 21 à 25 km/h sont observés pendant 4567 heures ce qui correspond, sur 34 ans de données (298 228 heures), à une fréquence de 1,5%.

Tableau 2 Fréquence des vents dominants en fonction de leur vitesse et des heures considérées pour l'étude du confort des piétons

(Station météo de l'aéroport Pierre-Elilot-Trudeau (Dorval))

	SECTEUR OSO				SECTEUR NNE			
	ÉTÉ avril à septembre 06:00 à 22:00		HIVER octobre à mars 08:00 à 18:00		ÉTÉ avril à septembre 06:00 à 22:00		HIVER octobre à mars 08:00 à 18:00	
Vitesse (km/h)	Fréquence	Nombre heures	Fréquence	Nombre heures	Fréquence	Nombre heures	Fréquence	Nombre heures
1 à 5	0,5 %	1627	0,30 %	900	0,37 %	1094	0,25 %	754
6 à 10	2,3 %	6801	1,03 %	3079	1,27 %	3792	0,92 %	2751
11 à 15	3,1 %	9248	1,57 %	4694	1,60 %	4761	1,32 %	3944
16 à 20	3,0 %	8827	1,89 %	5624	1,14 %	3401	1,06 %	3171
21 à 25	1,5 %	4567	1,21 %	3600	0,48 %	1436	0,47 %	1392
26 à 30	1,4 %	4034	1,36 %	4049	0,33 %	997	0,39 %	1162
31 à 35	0,5 %	1629	0,74 %	2202	0,13 %	385	0,15 %	457
36 à 40	0,1 %	427	0,27 %	816	0,03 %	97	0,06 %	182
41 à 45	0,1 %	310	0,19 %	560	0,02 %	54	0,04 %	113
46 à 50	0,0 %	103	0,08 %	248	0,01 %	28	0,01 %	42
51 à 55	0,0 %	26	0,02 %	68	0,00 %	8	0,00 %	8
Plus de 55	0,0 %	21	0,02 %	61	0,00 %	14	0,00 %	4
TOTAL	12,6 %	37620	8,7 %	25901	5,4 %	16067	4,7 %	13980

En additionnant les probabilités du tableau 2, on obtient, pour les secteurs OSO et NNE et les heures considérées pour l'étude du confort des piétons, la fréquence annuelle avec laquelle une vitesse du vent est atteinte ou dépassée à la station météo de P.-E.-Trudeau. Ces fréquences cumulatives, illustrées graphiquement à la figure 3c, servent de base à l'analyse des conditions de confort des piétons.

3. MODÈLE NUMÉRIQUE

3.1 Le modèle numérique

La modélisation des écoulements de vent dans Laval a été effectuée à l'aide d'un modèle numérique tridimensionnel de la suite OpenFoam, qui résout par la méthode des volumes finis les équations de base de la dynamique des fluides (équations de Navier-Stokes).

La turbulence de l'écoulement est modélisée à l'aide de la formulation Spalart-Almaras (SA), en régime stationnaire. Ce modèle est largement utilisé en aérodynamique et dans les cas de figure faisant intervenir un écoulement non confiné. La prise en compte de la turbulence permet non seulement d'aboutir à une solution réaliste du champ moyen d'un écoulement turbulent, mais aussi d'évaluer l'intensité turbulente en chacun des points du domaine de calcul. Comme on l'a déjà mentionné à la section 1 de l'annexe A, la turbulence, jouant un rôle important dans l'évaluation des impacts éoliens, doit être évaluée.

Bien qu'intrinsèquement non stationnaire, la turbulence peut être modélisée avec une approche stationnaire en utilisant un paramètre de viscosité turbulente permettant de caractériser l'intensité turbulente, qui est normalement donnée par le rapport entre l'écart type et la vitesse moyenne. En effet, les travaux sur banc d'essais numérique menés par notre entreprise ont permis de mettre en évidence une relation explicite entre l'intensité turbulente en régime non stationnaire et la viscosité turbulente du modèle SA en régime stationnaire. Ainsi, les simulations effectuées en régime stationnaire dans un domaine complexe permettent d'obtenir la vitesse moyenne de l'écoulement et l'intensité turbulente qui sont les intrants du calcul des fréquences d'inconfort des piétons (voir section 1 de l'annexe A). L'intérêt de cette méthodologie est d'éviter un maillage démesurément fin et des temps de calcul extrêmement longs.

3.2 Domaine de calcul

Le domaine modélisé s'étend généralement sur une superficie de plus ou moins 1 km² et le projet en question est positionné relativement au centre de la maquette virtuelle. Le domaine de calcul s'étend verticalement sur 200 m, ce qui place la frontière du modèle à une altitude suffisante pour ne pas être affectée par les bâtiments du secteur. La figure 4 illustre le domaine de calcul.

Le volume défini par le domaine de calcul a été discrétisé à l'aide d'un maillage hexaédrique permettant de prendre en compte la géométrie des bâtiments. La taille des mailles est variable selon l'importance des détails de l'écoulement que l'on recherche. Au voisinage du sol, par exemple, ainsi que près de la surface des nouveaux bâtiments, les mailles ont une taille caractéristique de 0,60 m. À l'inverse, au voisinage de la frontière supérieure du domaine de calcul, les mailles ont une taille caractéristique de 10 m.

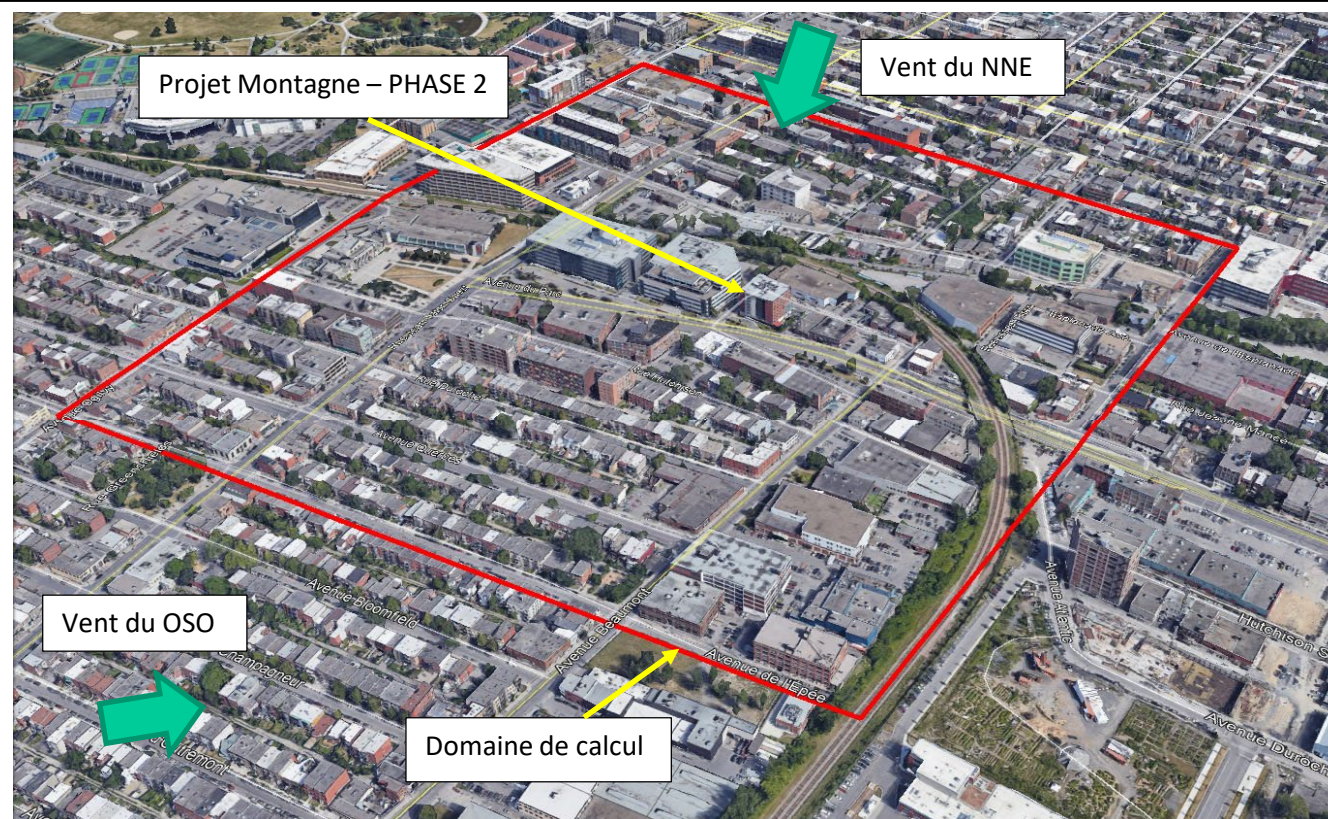
3.3 Conditions aux limites

Les directions du vent modélisées correspondent aux vents dominants prévalant sur l'île de Montréal, soit les directions OSO et NNE (voir section 2 de l'annexe A). Compte tenu de l'orientation du domaine de calcul, une condition de vitesse a été imposée aux frontières nord-nord-ouest et sud-sud-ouest, pour les vents de secteur OSO et à la frontière nord-nord-est pour les vents de secteur NNE (voir figure 2 de l'annexe A). La condition de vitesse se traduit par un profil de vitesses logarithmique caractéristique de la couche limite atmosphérique développée au-dessus du secteur d'étude. Les résultats étant essentiellement présentés en termes de facteurs de survitesse (défini par le symbole Ψ dans la section 1 de l'annexe A), la vitesse absolue imposée au modèle est arbitraire. À titre indicatif, mentionnons que la vitesse d'entrée du site à 10 m du sol a été fixée à 10 m/s.

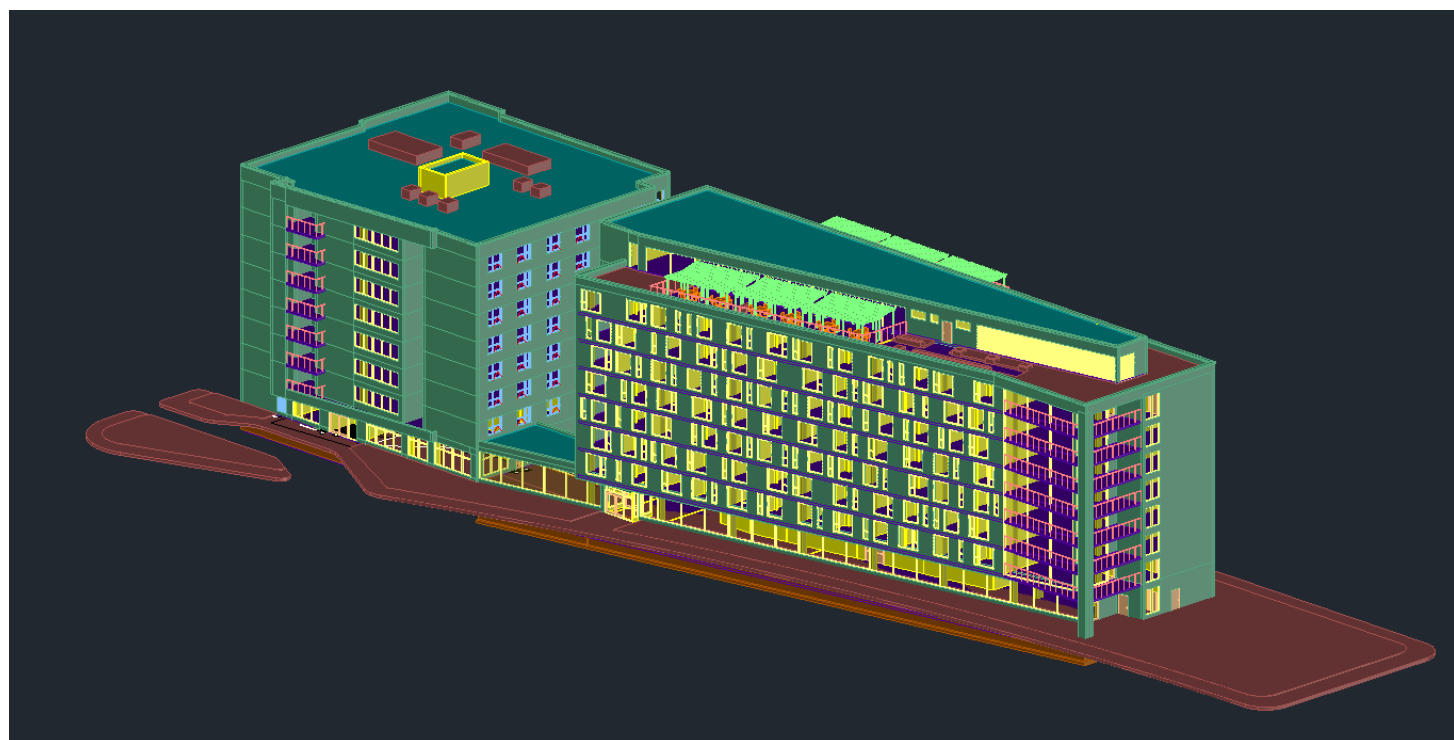
Les paramètres caractérisant la turbulence ont été réglés de manière à ce que l'intensité turbulente de l'écoulement incident imposé aux frontières du modèle soit représentative de celle d'un vent non perturbé soufflant au-dessus d'un tissu urbain, soit une valeur typique de $i=0,25$. Il est à noter qu'à l'intérieur du domaine de calcul, c'est essentiellement l'interaction avec les bâtiments qui conditionne l'intensité turbulente, des valeurs variables seront alors calculées par le modèle.

L'écoulement aux parois (sol et murs des bâtiments) a été traité par des fonctions de paroi qui permettent de s'affranchir de résoudre les couches limites et donc de réduire la taille du maillage et les temps de calculs.

Les autres frontières du modèle correspondent à des sorties libres où la pression atmosphérique a été imposée, cette dernière étant définie comme pression de référence dans tout le domaine de calcul.



a) Localisation du projet Ressource de la Montagne - PHASE 2



b) Rendue 3D du projet Ressource de la Montagne - PHASE 2

lasalle **nhc**

CLIENT :

11246259 CANADA INC.

PROJET:

Projet Ressource de la Montagne -
PHASE 2 – Étude sur modèle numérique
des impacts éoliens

TITRE :

Plan de localisation du projet

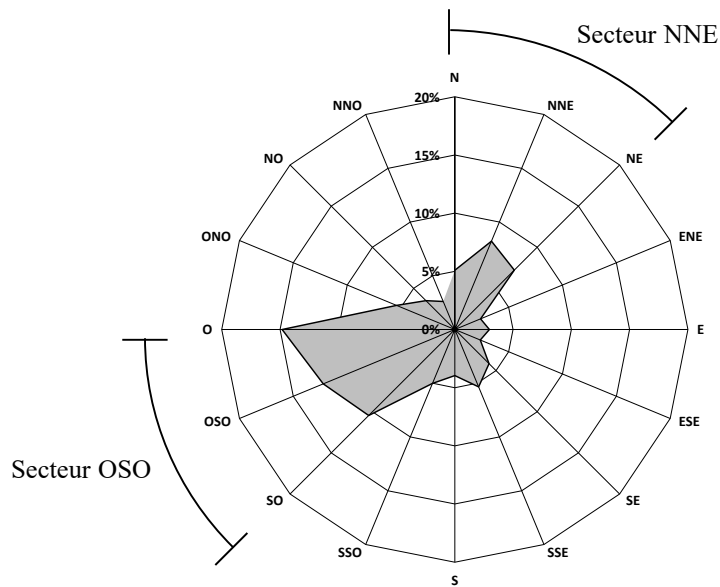
PRÉPARÉ PAR :
M.A.A

REF. CLIENT :

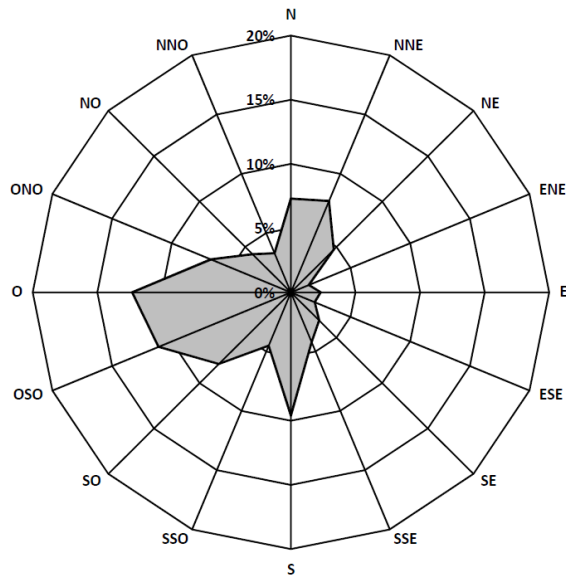
REF. LASALLE :
08006751

DATE:
Août 2021

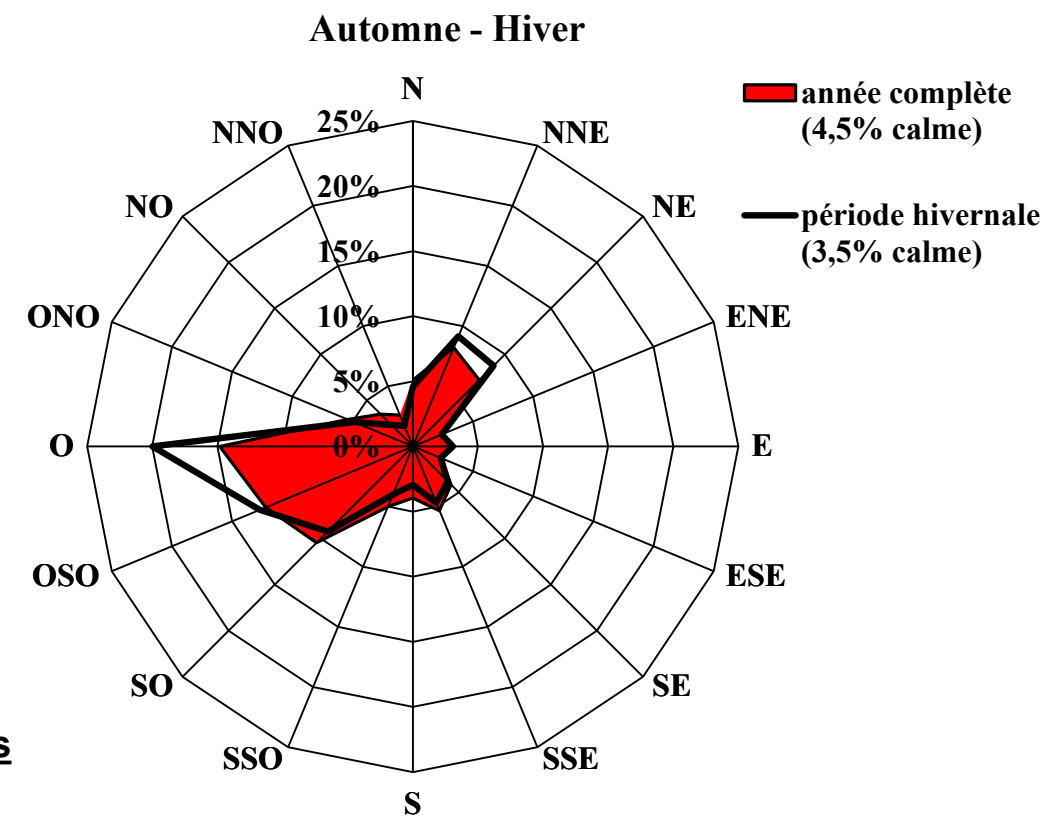
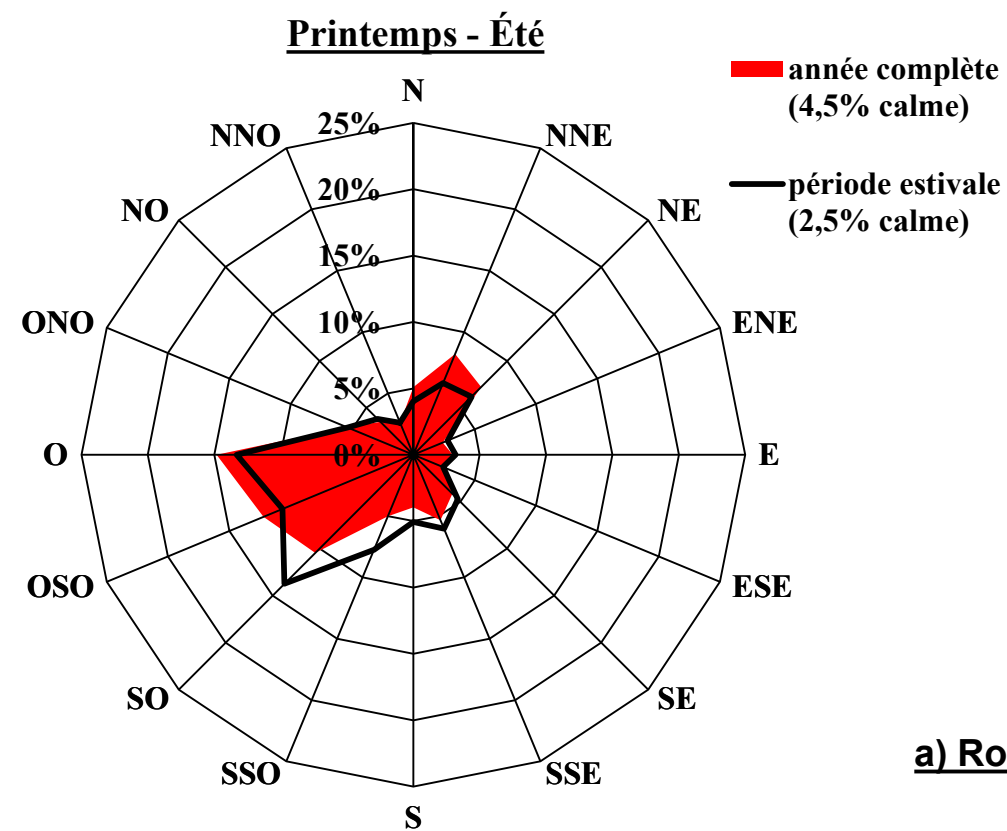
FIGURE :
1



a) Aéroport international P.-E.-Trudeau de Montréal



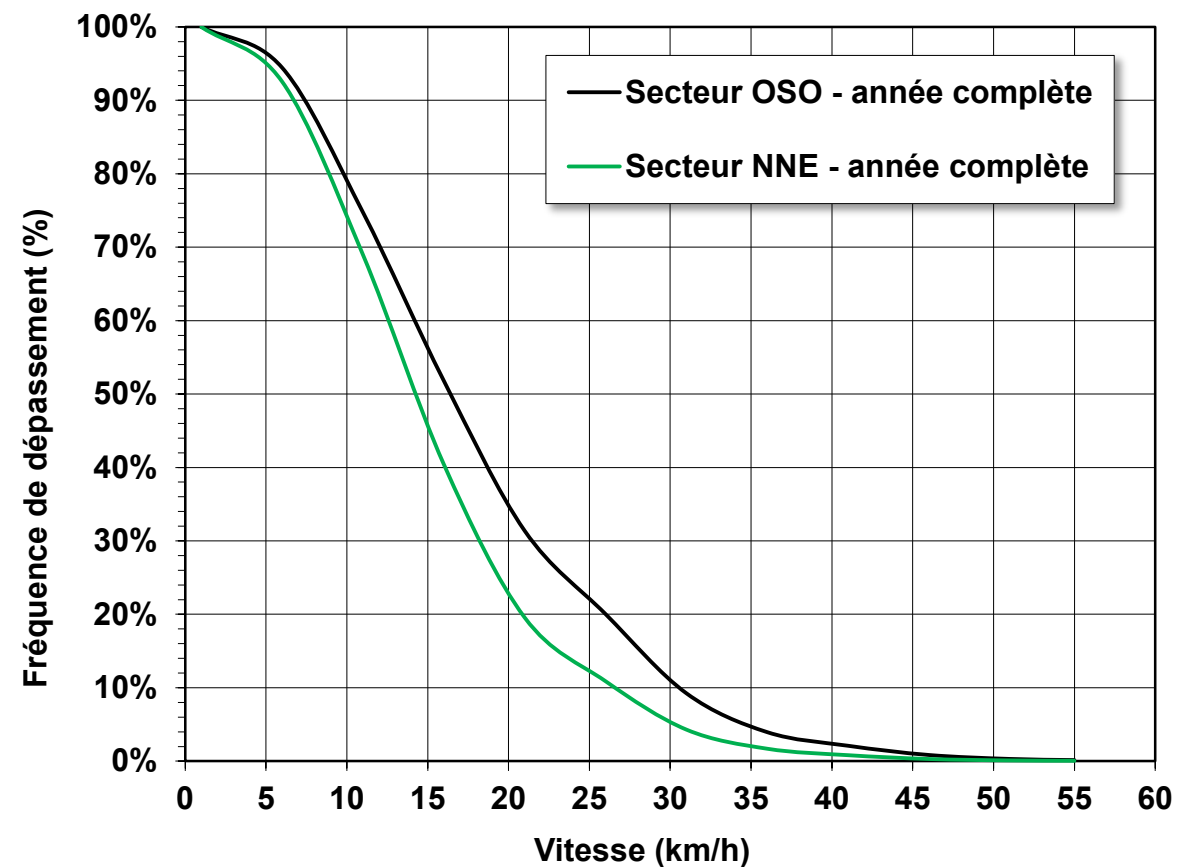
b) Aéroport de Saint-Hubert



a) Rose des vents

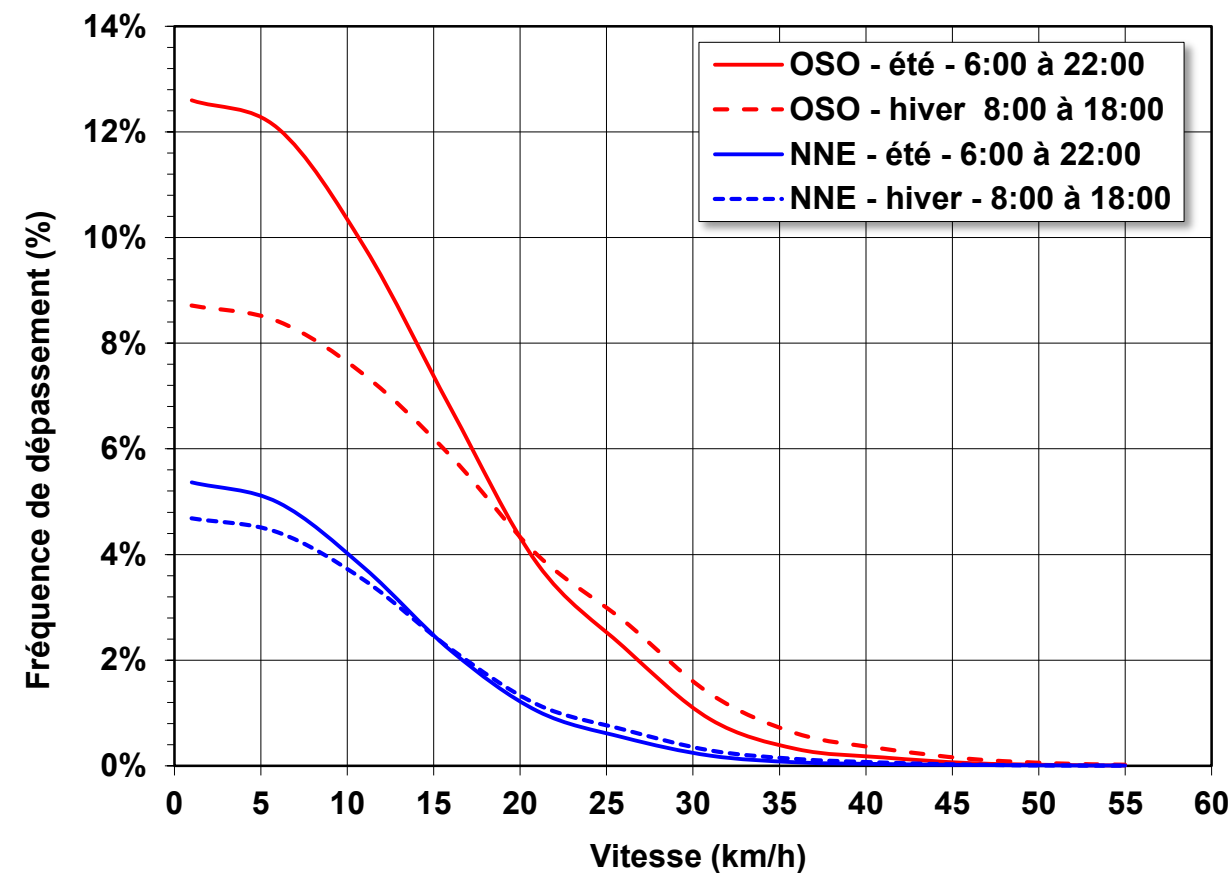
b) Fréquence de dépassement des vitesses des vents OSO et NNE sur l'année

Source: Station météorologique Montréal/Pierre-Elliott-Trudeau INTL A, 1980-2015



c) Fréquence de dépassement des vents des secteurs OSO et NNE observés pendant les heures de circulation des piétons

Source: Station météorologique Montréal/Pierre-Elliott-Trudeau INTL A, 1980-2015



lasalle **nhc**

CLIENT :

11246259 CANADA INC.

PROJET:

Projet Ressource de la Montagne -
PHASE 2 – Étude sur modèle
numérique des impacts éoliens

TITRE :

Statistique des vents à l'aéroport
international P.-E. Trudeau de Montréal

PRÉPARÉ PAR :

M.A.A

REF. CLIENT :

REF. LASALLE :

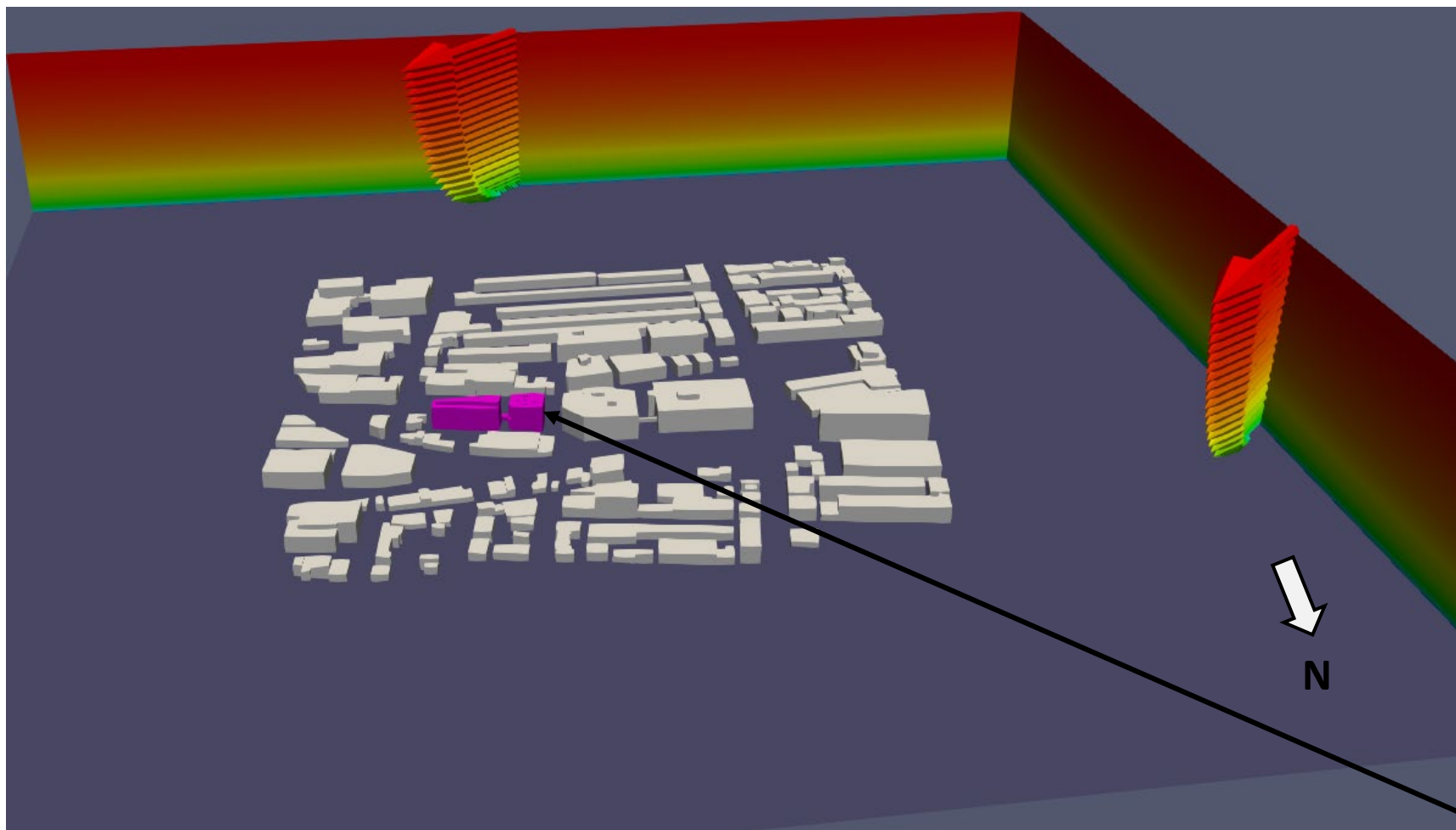
08006751

DATE:

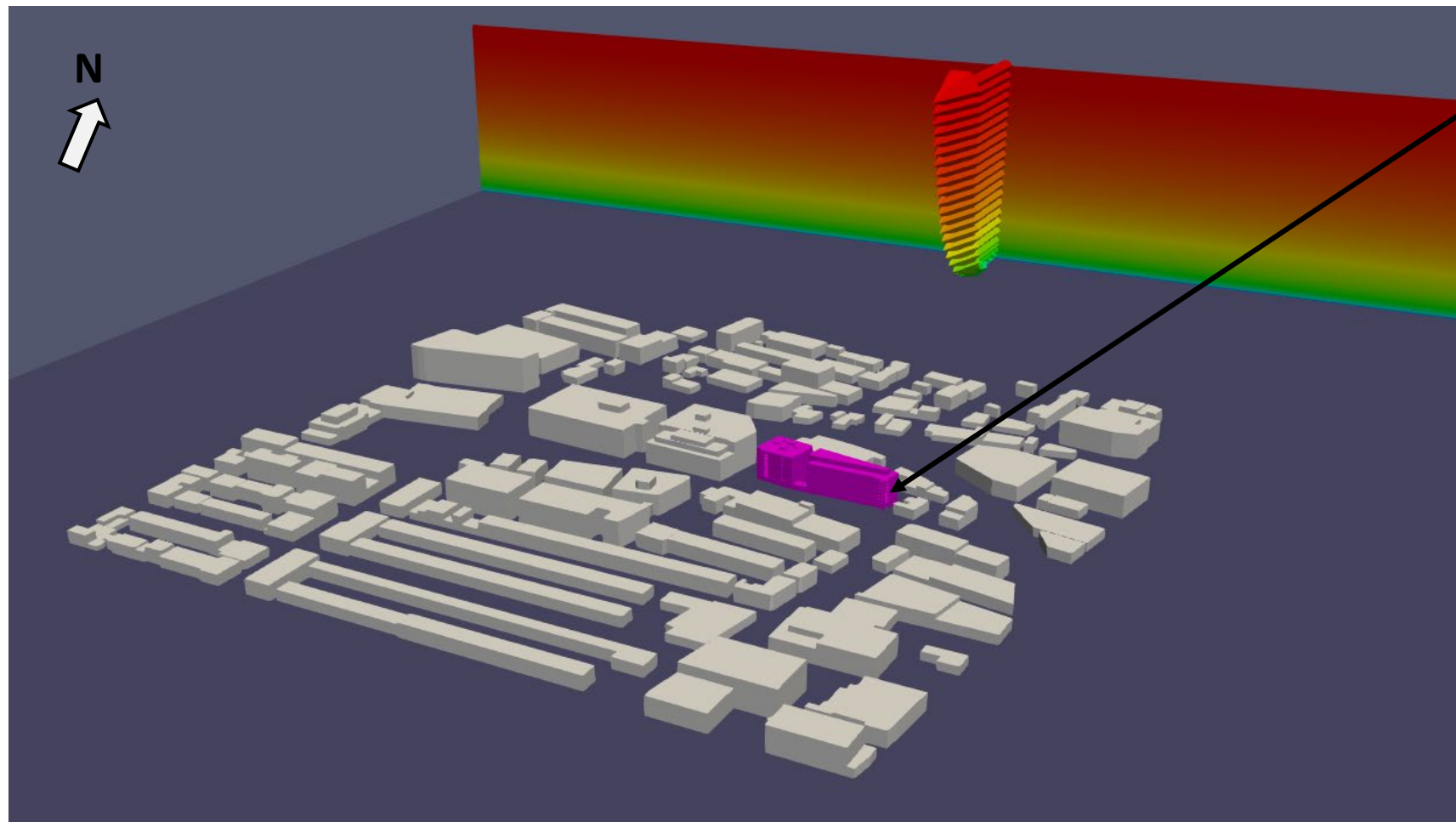
Août 2021

FIGURE :

3

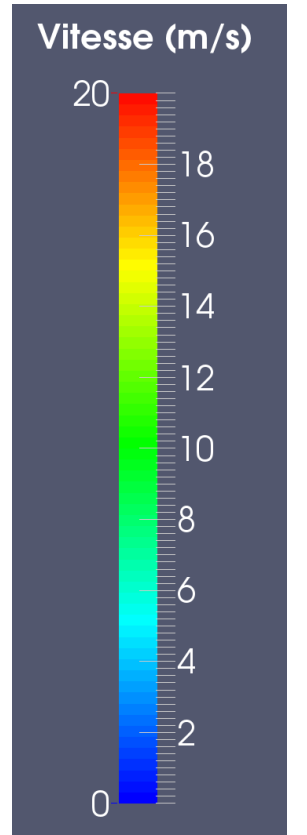


a) Domaine de calcul et profil de vitesses à l'entrée du modèle par vent de secteur OSO.



Projet Ressource Intermédiaire de la Montagne - PHASE 2

b) Domaine de calcul et profil de vitesses à l'entrée du modèle par vent de secteur NNE.



lasalle **nhc**

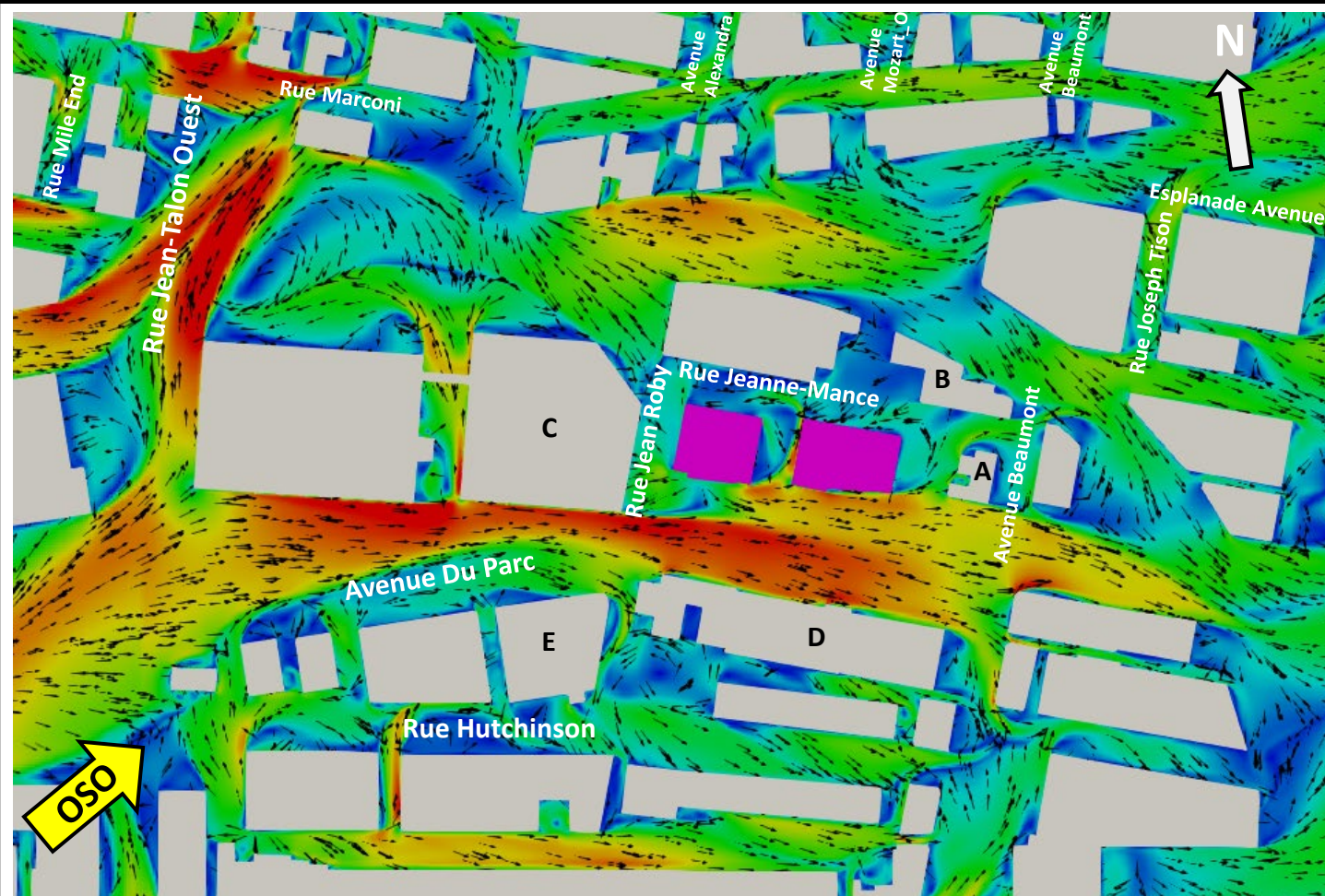
CLIENT :
11246259 CANADA INC.

PROJET:
Projet Ressource de la Montagne -
PHASE 2 – Étude sur modèle
numérique des impacts éoliens

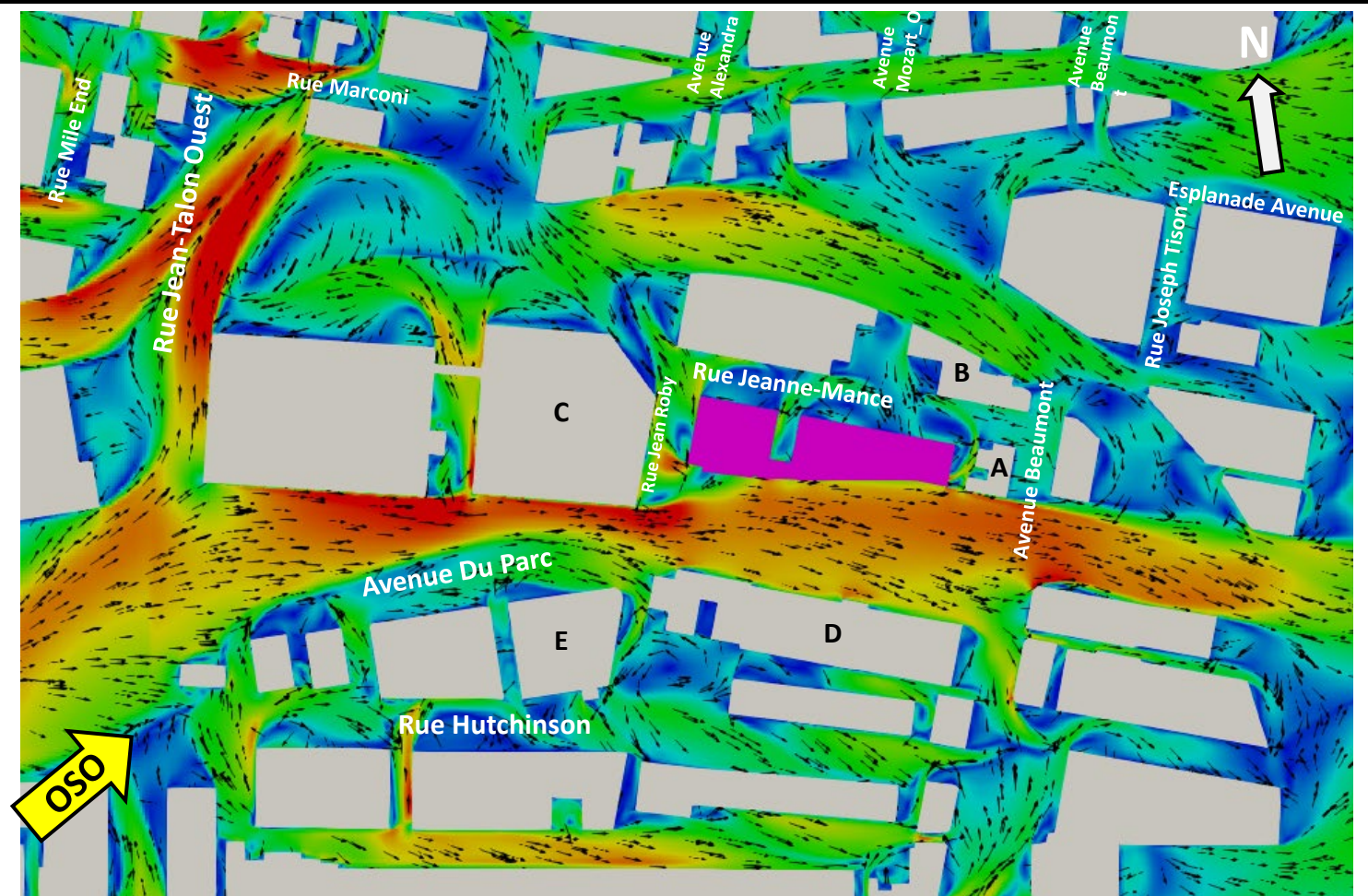
TITRE :
Domaine de calcul

PRÉPARÉ PAR : M.A.A	REF. CLIENT : -----	REF. LASALLE : 08006751
------------------------	------------------------	----------------------------

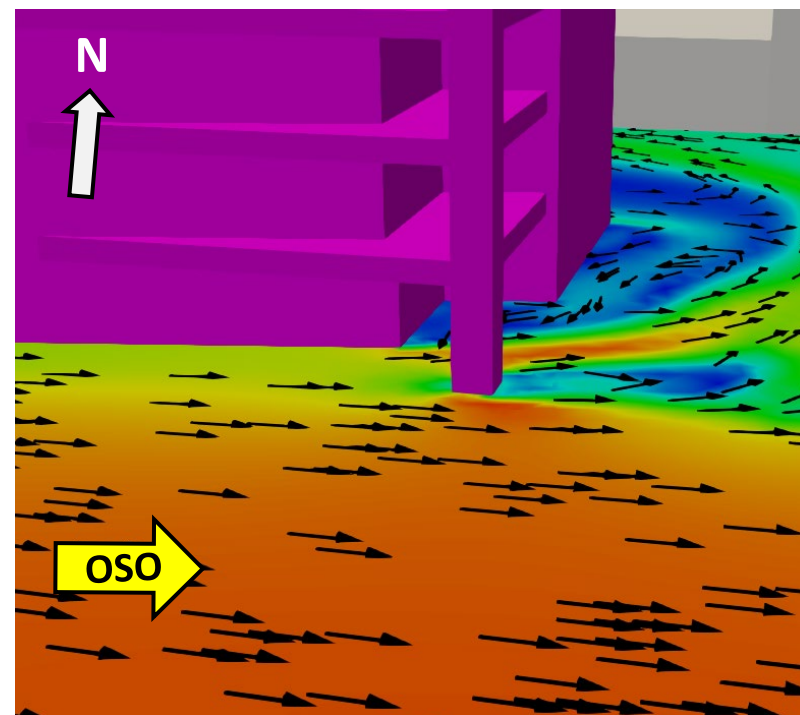
DATE: Août 2021	FIGURE : 4
--------------------	----------------------



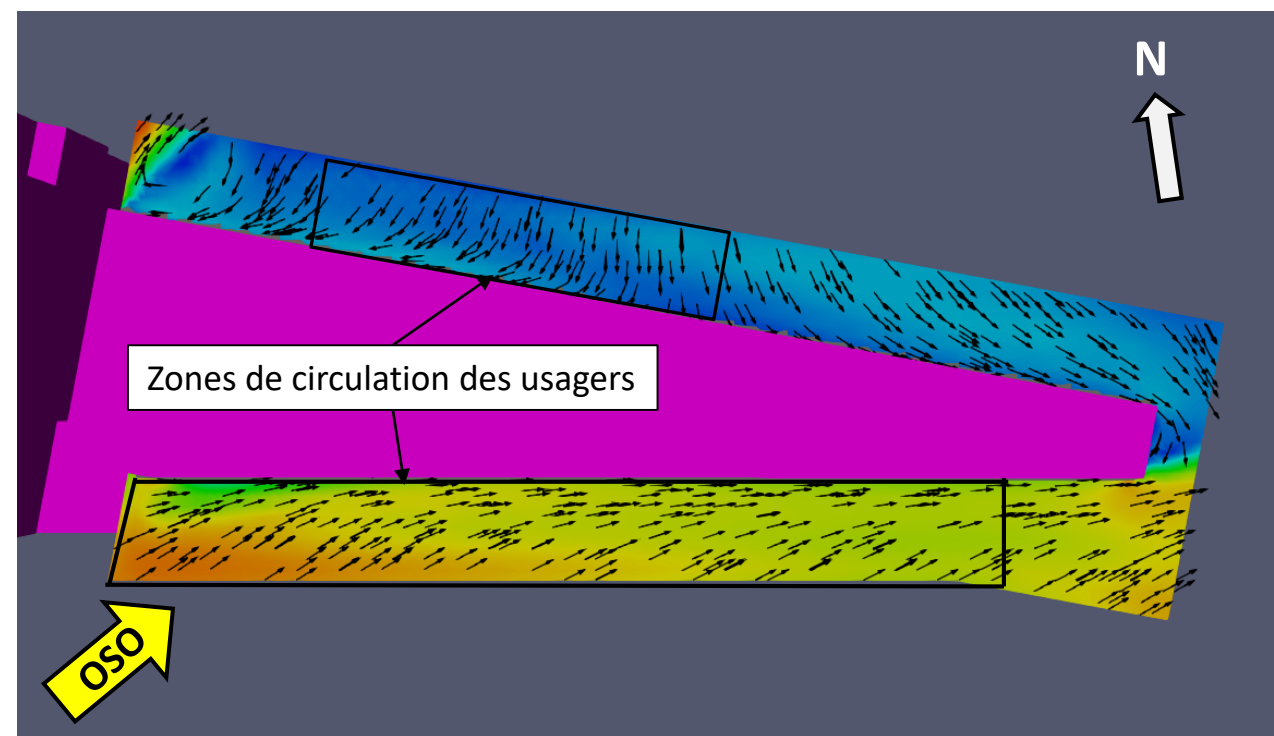
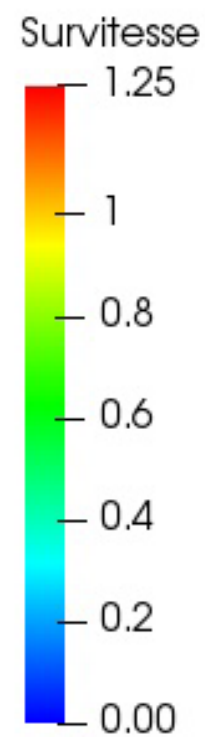
a) Conditions de référence.
Facteur de survitesse par vent de secteur OSO.



b) Conditions futures.
Facteur de survitesse par vent de secteur OSO.



c) Coin sud-est.
Facteur de survitesse par vent de secteur OSO.



d) Toits-terrasses.
Facteur de survitesse par vent de secteur OSO.

Note : Les figures a) à c) illustrent les conditions de vent au niveau des piétons, soit à 1,8 m au-dessus du sol. La figure d) illustre les conditions de vent au niveau des terrasses, soit à 1,8 m au-dessus du niveau du toit.

lasalle nhc

CLIENT :

11246259 CANADA INC.

PROJET:

Projet Ressource de la Montagne -
PHASE 2 – Étude sur modèle
numérique des impacts éoliens

TITRE :

Facteur de survitesse par vent de
secteur OSO

PRÉPARÉ PAR :

M.A.A

REF. CLIENT :

REF. LASALLE :

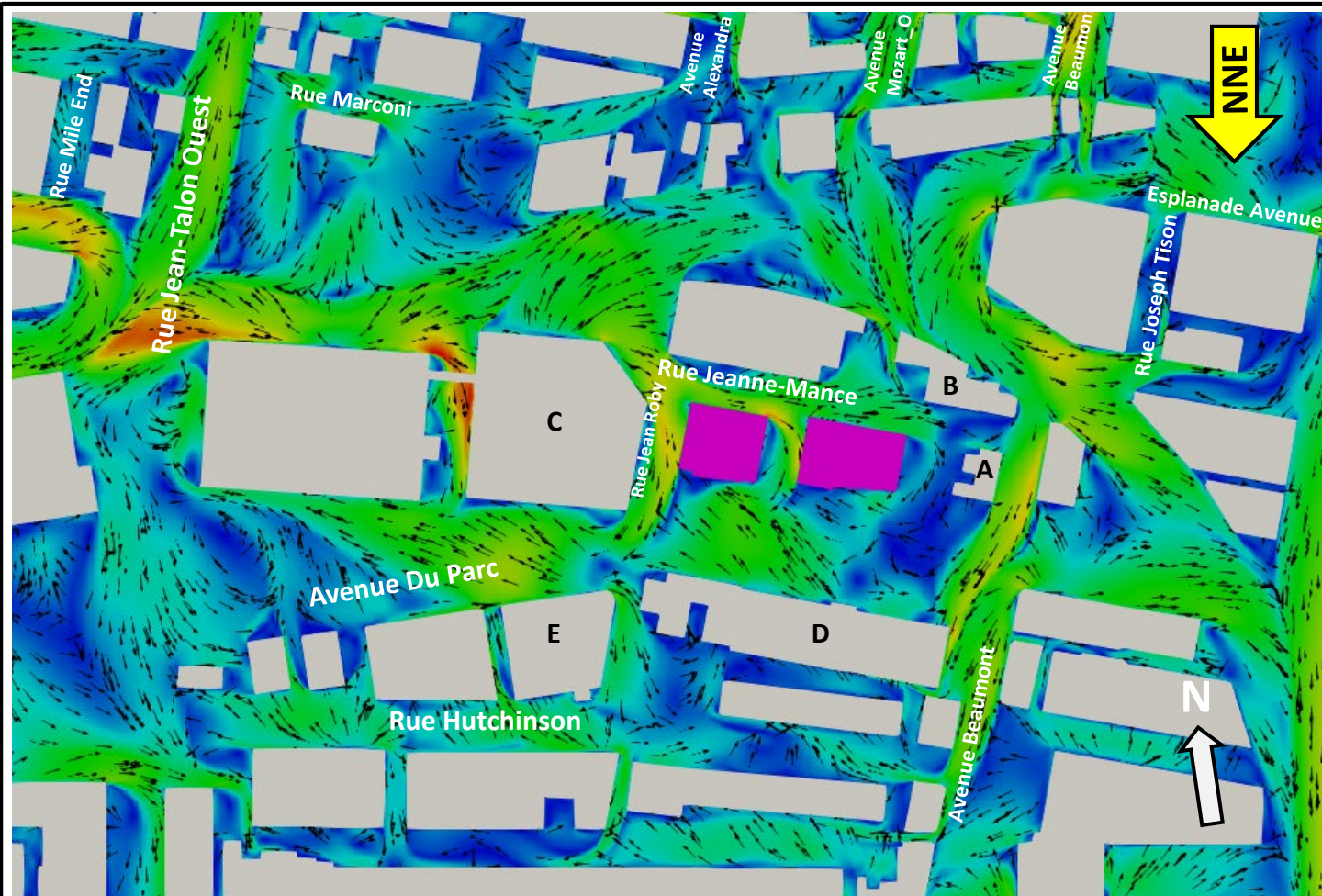
08006751

DATE:

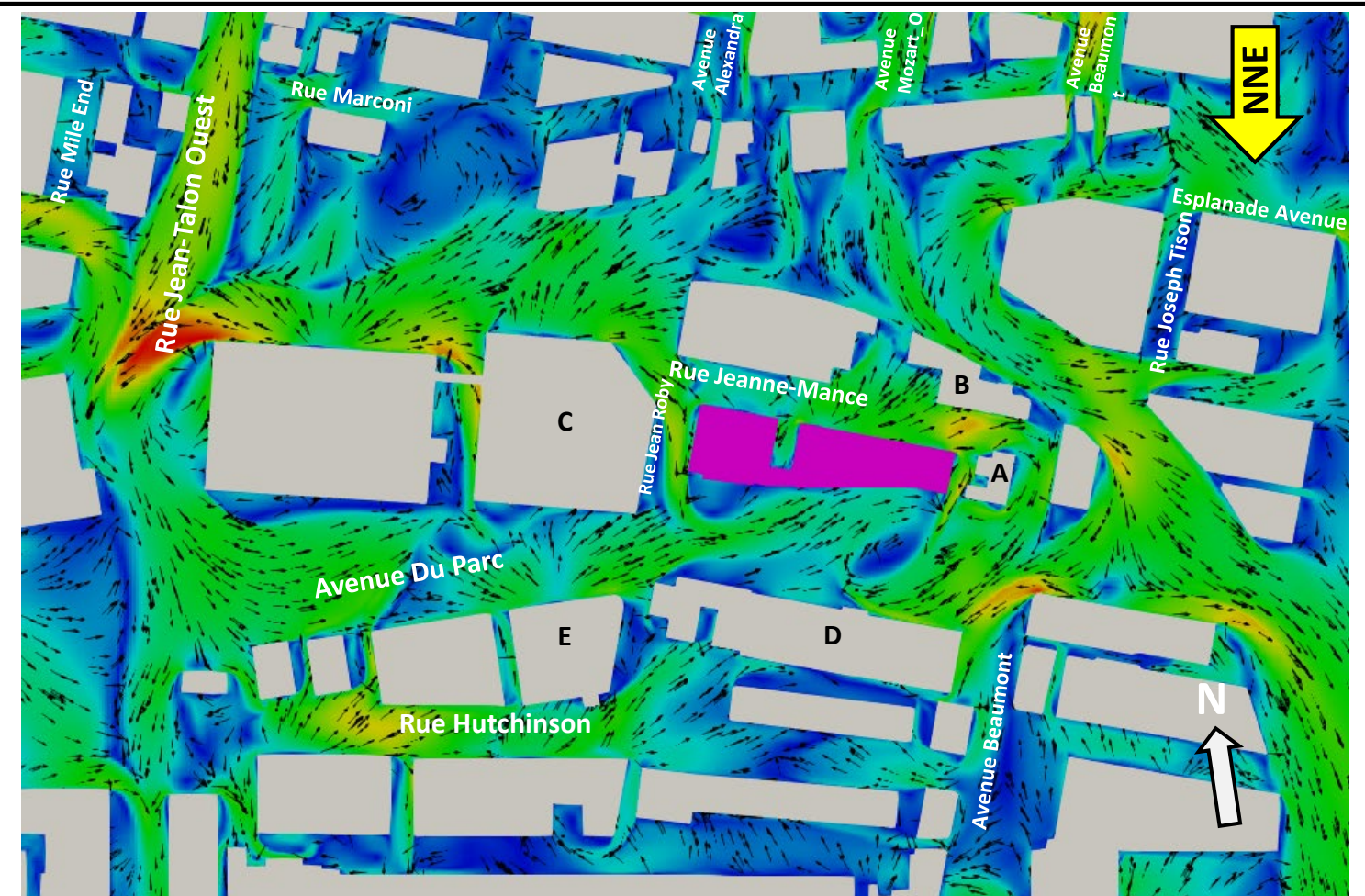
Août 2021

FIGURE :

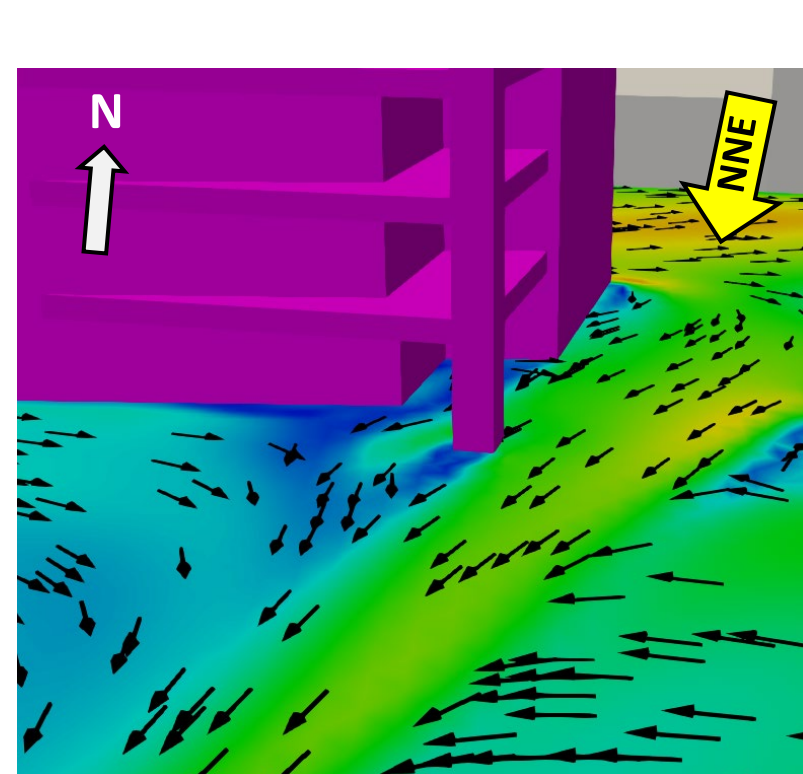
5



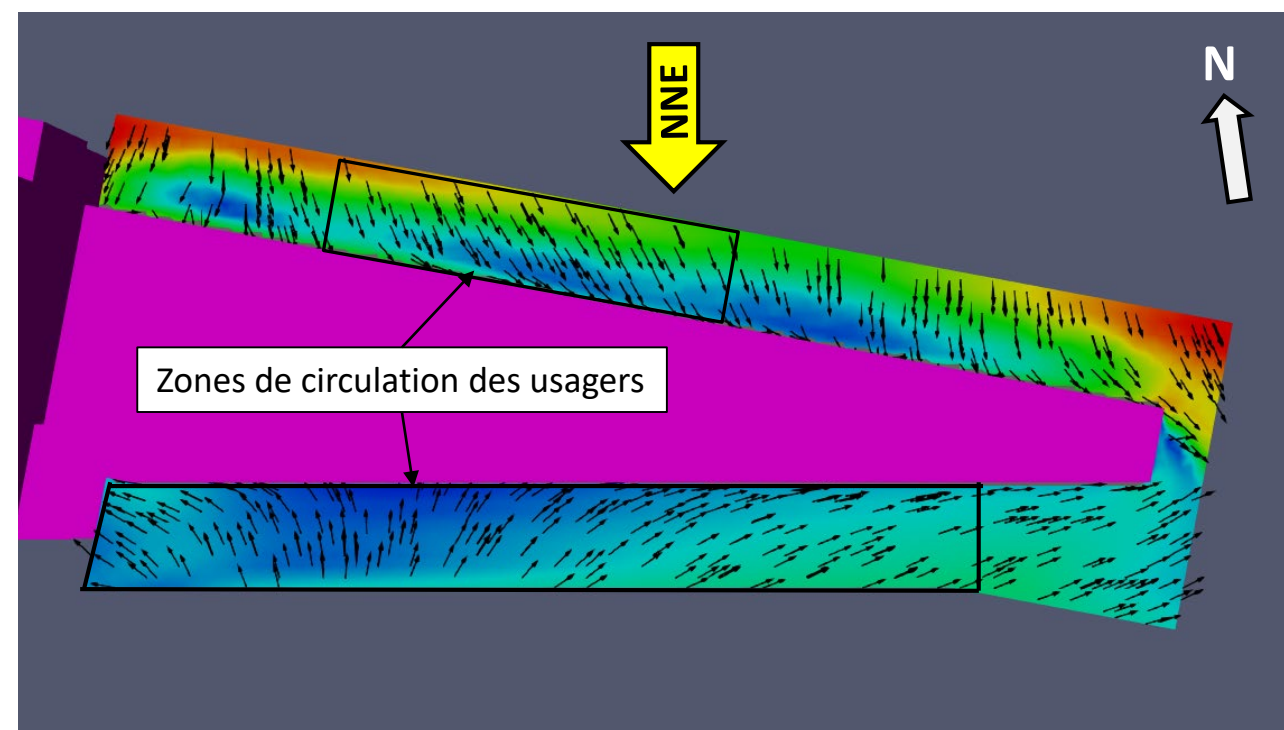
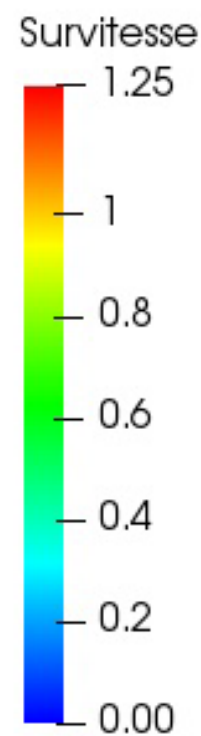
a) Conditions de référence.
Facteur de survitesse par vent de secteur NNE.



b) Conditions futures.
Facteur de survitesse par vent de secteur NNE.



c) Coin sud-est.
Facteur de survitesse par vent de secteur NNE.



d) Toits-terrasses.
Facteur de survitesse par vent de secteur NNE.

Note : Les figures a) à c) illustrent les conditions de vent au niveau des piétons, soit à 1,8 m au-dessus du sol. La figure d) illustre les conditions de vent au niveau des terrasses, soit à 1,8 m au-dessus du niveau du toit.

lasalle nhc

CLIENT :

11246259 CANADA INC.

PROJET:

Projet Ressource de la Montagne -
PHASE 2 – Étude sur modèle
numérique des impacts éoliens

TITRE :

Facteur de survitesse par vent de
secteur NNE

PRÉPARÉ PAR :

M.A.A

REF. CLIENT :

REF. LASALLE :

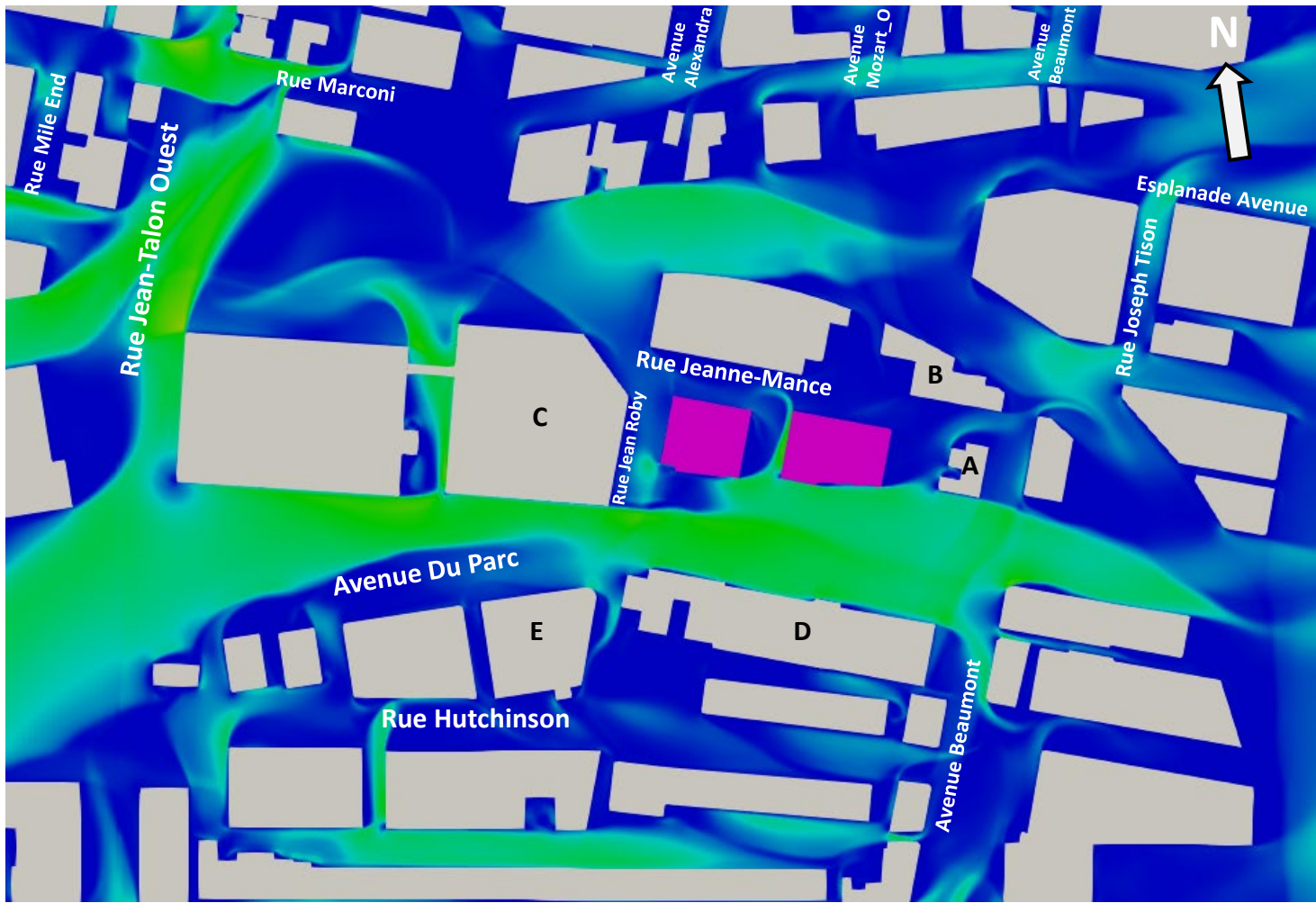
08006751

DATE:

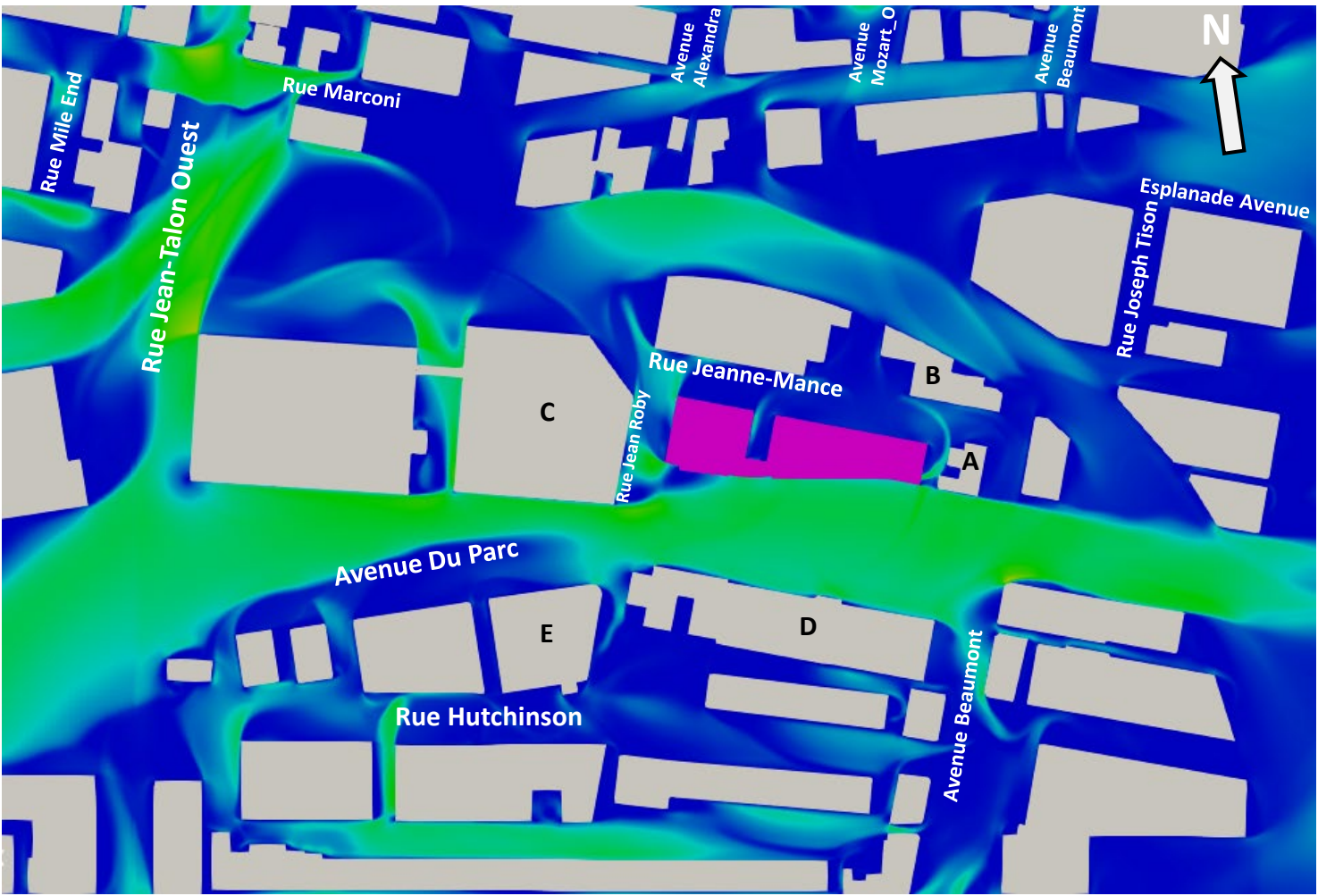
Août 2021

FIGURE :

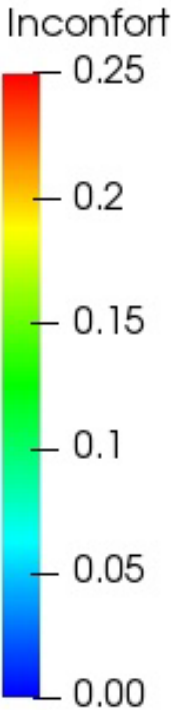
6



a) Conditions de référence – Fréquences annuelles d'inconfort inférieures à 25%. Critère général pour toutes les rues du secteur.



b) Conditions futures – Fréquences annuelles d'inconfort inférieures à 25%. Critère général pour toutes les rues du secteur.

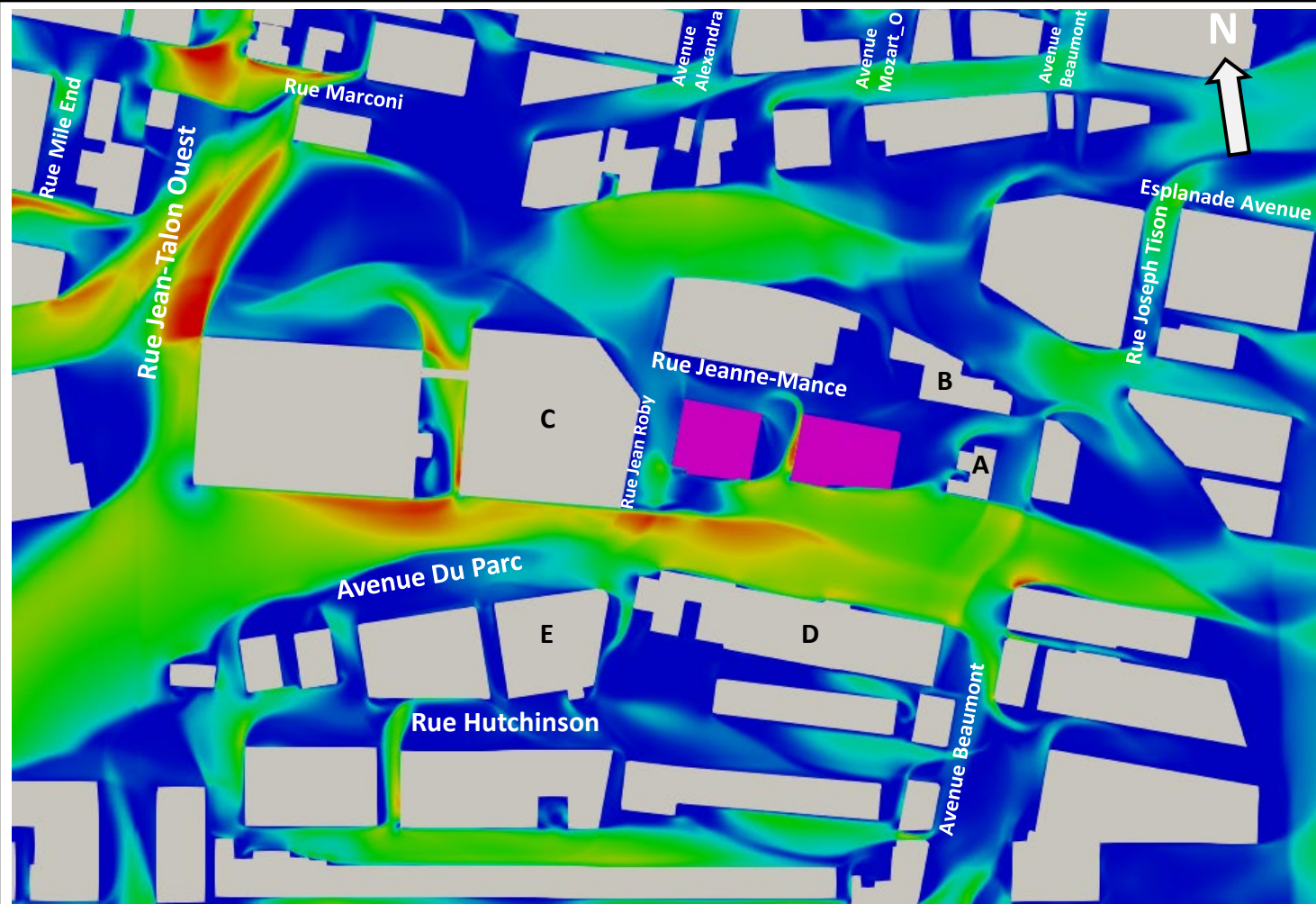


Critère relatif aux fréquences d'inconfort:

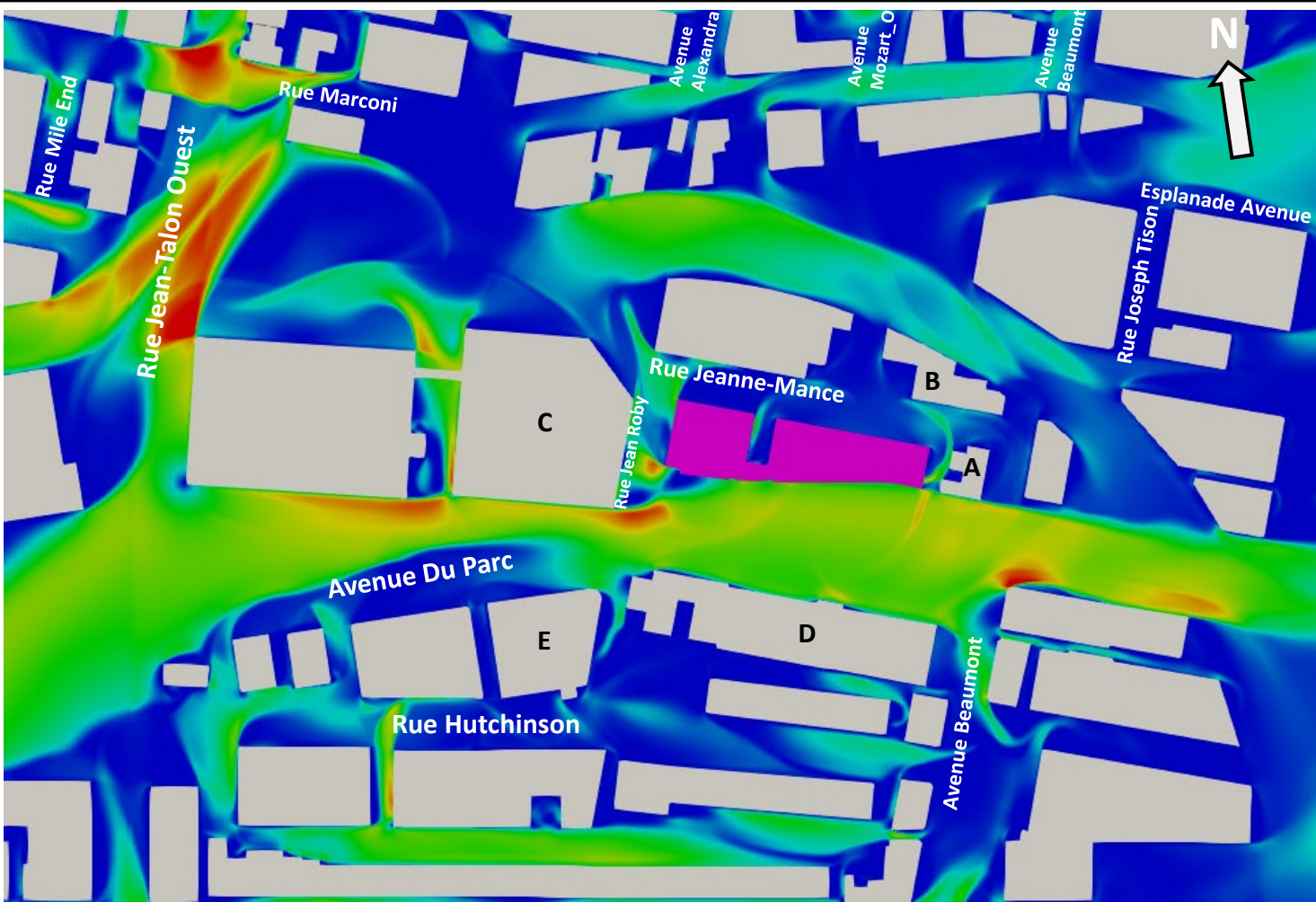
- 25%: Critère général pour toutes les rues.
- 15%: Critère pour la rue Sainte-Catherine entre l'avenue Atwater et le pont Jacques-Cartier
- 10%: Critère pour les parcs et lieux de détente.

Note : Les figures illustrent les conditions de vent au niveau des piétons, soit à 1,8 m au dessus du sol.

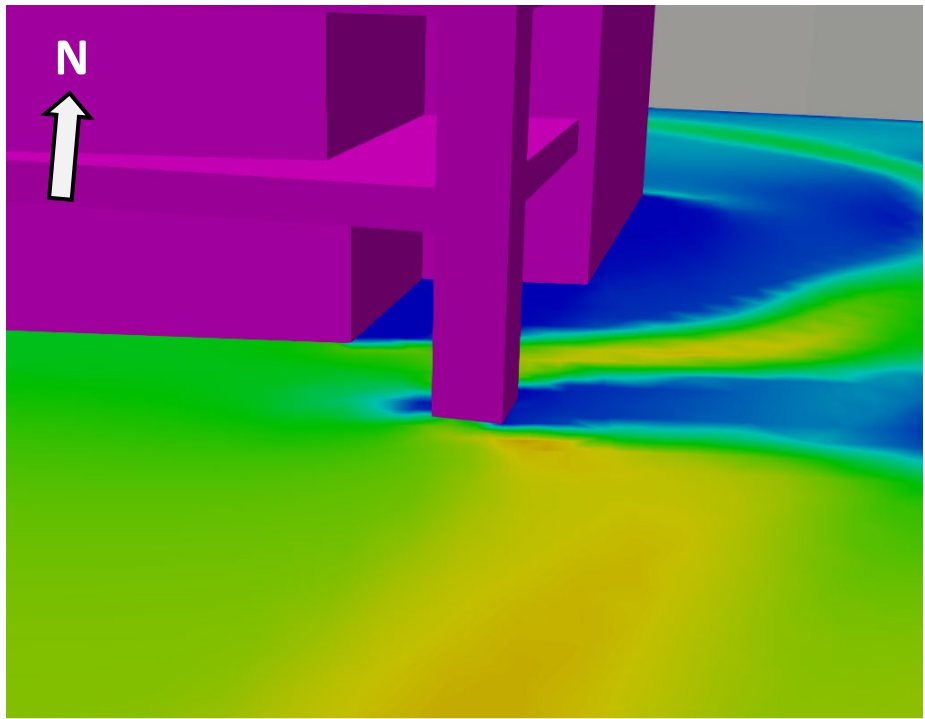
lasallenhc		
CLIENT : 11246259 CANADA INC.		
PROJET: Projet Ressource de la Montagne - PHASE 2 – Étude sur modèle numérique des impacts éoliens		
TITRE: Fréquences annuelles d'inconfort. Critère 25%		
PRÉPARÉ PAR : M.A.A	REF. CLIENT : -----	REF. LASALLE : 08006751
DATE: Août 2021	FIGURE : 7	



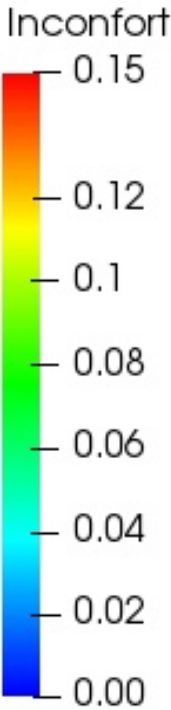
a) Conditions de référence – Fréquences annuelles d’inconfort inférieures à 15%.
Critère pour les rues commerçantes.



b) Conditions futures – Fréquences annuelles d’inconfort inférieures à 15%.
Critère pour les rues commerçantes.



c) Fréquences annuelles d’inconfort inférieures à 15% à proximité des entrées secondaires du coin sud-est.

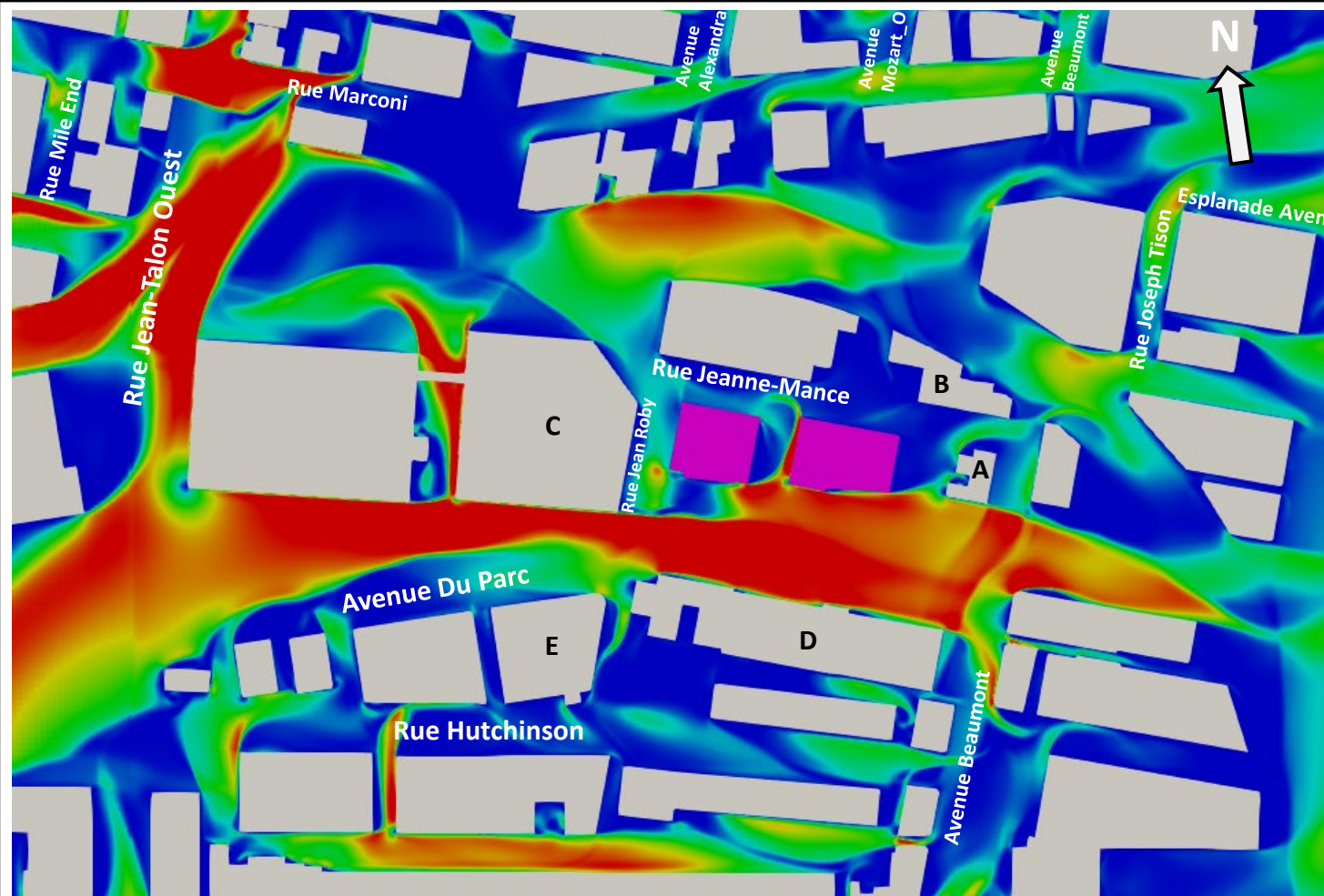


Note : Les figures illustrent les conditions de vent au niveau des piétons, soit à 1,8 m au dessus du sol.

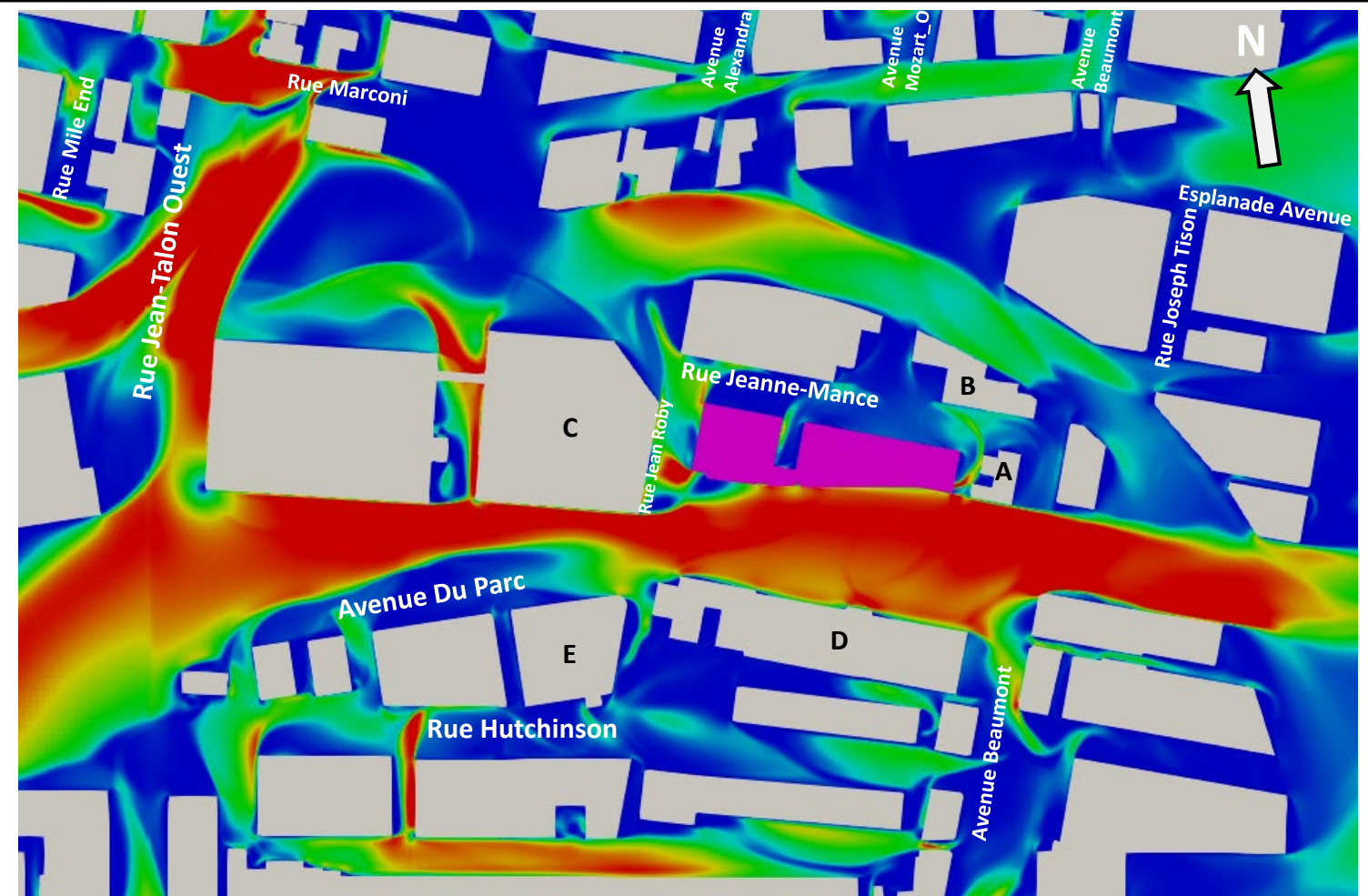
Critère relatif aux fréquences d’inconfort:

- 25%: Critère général pour toutes les rues.
- 15%: Critère pour la rue Sainte-Catherine entre l’avenue Atwater et le pont Jacques-Cartier
- 10%: Critère pour les parcs et lieux de détente.

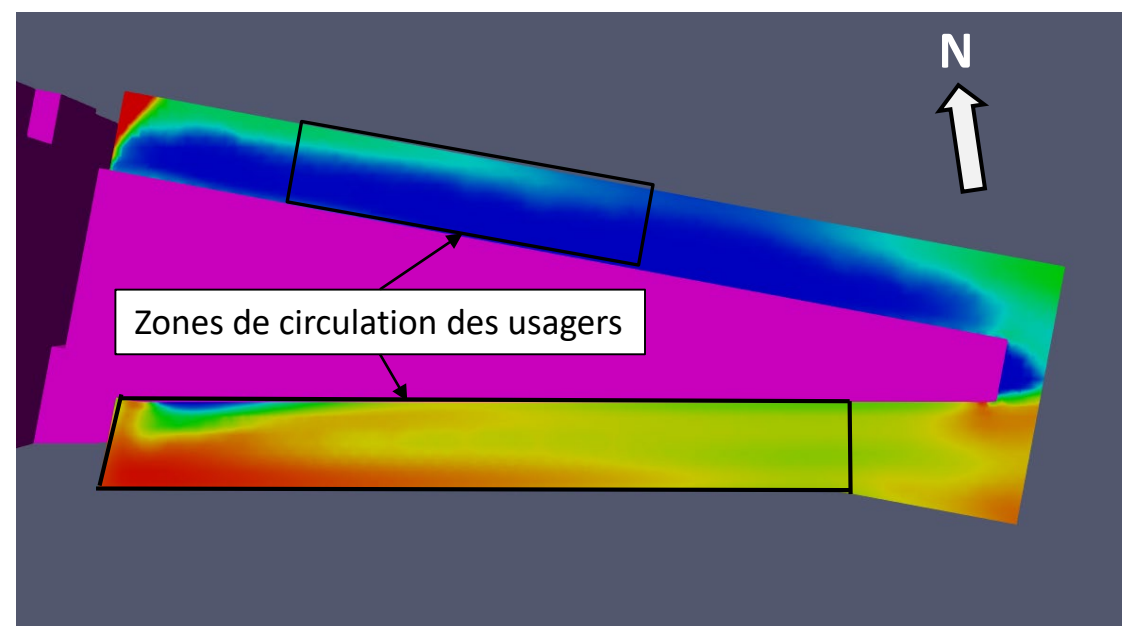
lasalle nhc		
CLIENT : 11246259 CANADA INC.		
PROJET: Projet Ressource de la Montagne - PHASE 2 – Étude sur modèle numérique des impacts éoliens		
TITRE : Fréquences annuelles d’inconfort. Critère 15%		
PRÉPARÉ PAR : M.A.A	REF. CLIENT : -----	REF. LASALLE : 08006751
DATE: Août 2021	FIGURE : 8	



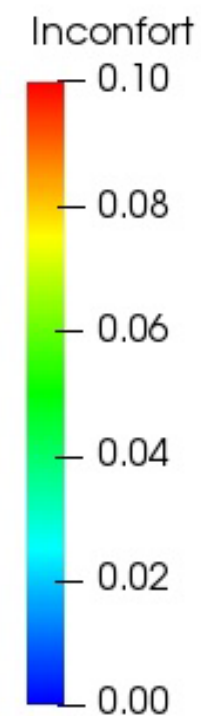
a) Conditions de référence – Fréquences annuelles d'inconfort inférieures à 10%.
Critère pour les parcs et les lieux de détente.



b) Conditions futures – Fréquences annuelles d'inconfort inférieures à 10%.
Critère pour les parcs et les lieux de détente.



c) Fréquences annuelles d'inconfort inférieures à 10% sur les terrasses



Note : Les figures a) et b) illustrent les conditions de vent au niveau des piétons, soit à 1,8 m au-dessus du sol. La figure c) illustre les conditions de vent au niveau des terrasses, soit à 1,8 m au-dessus du niveau du toit

Critère relatif aux fréquences d'inconfort:

- 25%: Critère général pour toutes les rues.
- 15%: Critère pour la rue Sainte-Catherine entre l'avenue Atwater et le pont Jacques-Cartier
- 10%: Critère pour les parcs et lieux de détente.

lasalle **nhc**

CLIENT :

11246259 CANADA INC.

PROJET:

Projet Ressource de la Montagne -
PHASE 2 – Étude sur modèle
numérique des impacts éoliens

TITRE :

Fréquences annuelles d'inconfort.
Critère 10%

PRÉPARÉ PAR :

M.A.A

REF. CLIENT :

REF. LASALLE :

08006751

DATE:

Août 2021

FIGURE :

9