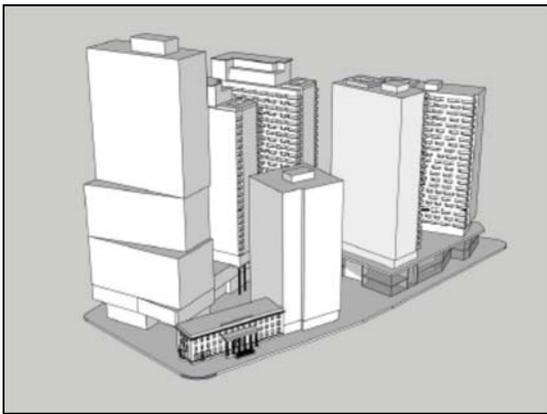


PROJET DE REDÉVELOPPEMENT DU CHILDREN'S HOSPITAL

ÉTUDE SUR MODÈLE NUMÉRIQUE DES IMPACTS ÉOLIENS

R.0082
Rapport final

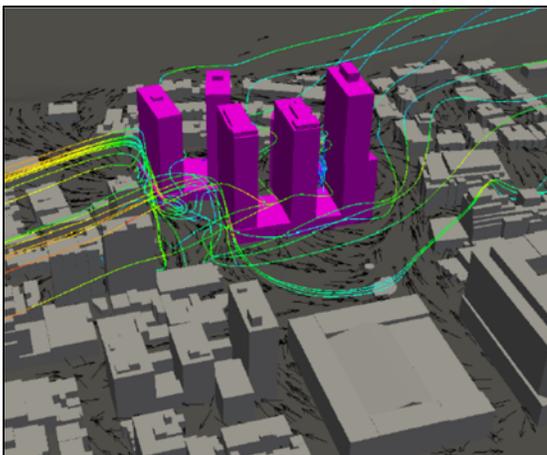


Préparé pour:



DEVIMCO
IMMOBILIER

Devimco Immobilier



14 novembre 2016

**PROJET DE REDÉVELOPPEMENT DU CHILDREN'S HOSPITAL
ÉTUDE SUR MODÈLE NUMÉRIQUE DES IMPACTS ÉOLIENS**

**RAPPORT FINAL
R.0082**

Préparé pour:

Devimco Immobilier

Brossard, Québec

Préparé par:

Lasalle | NHC

Montréal, Québec

Novembre 2016

NHC Ref No. 8001995

Préparé par:



Guillaume Lamothe, Ing.Jr. no. OIQ 5020370
Ingénieur junior



Wael Taha, Ing. no. OIQ 133365
Ingénieur de projets, associé

CLAUSE 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 la **Devimco Immobilier** à Brossard, Québec. 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 la **Devimco Immobilier**.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES.....	I
LISTE DES TABLEAUX.....	II
LISTE DES FIGURES.....	II
1.0 INTRODUCTION.....	1
2.0 DESCRIPTION DU PROJET.....	2
3.0 APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE.....	3
3.1 Représentation de l’air en mouvement.....	3
3.2 Critères d’évaluation du confort éolien.....	3
3.3 Données de référence.....	7
3.4 Transposition au site à l’étude.....	7
3.5 Vitesses locales et fréquences d’inconfort.....	8
4.0 ANALYSE DU RÉGIME DES VENTS.....	10
4.1 Station météorologique de référence.....	10
4.2 Analyse statistique de la direction et de la vitesse des vents.....	10
4.2.1 Direction.....	10
4.2.2 Vitesse.....	10
5.0 MODÈLE NUMÉRIQUE.....	13
5.1 Le modèle numérique.....	13
5.2 Domaine de calcul.....	13
5.3 Conditions aux limites.....	14
6.0 IMPACTS ÉOLIENS DU PROJET.....	15
6.1 Impacts sur les vitesses par vent de secteur OSO.....	15
6.2 Impacts sur les vitesses par vent de secteur NNE.....	16
6.3 Fréquences annuelles d’inconfort.....	17
6.3.1 Critère général – 25%.....	18
6.3.2 Critère de rue commerçante – 15%.....	18
6.3.3 Critère de parcs – 10%.....	18
6.3.4 Dépassement de la vitesse de 20 m/s.....	19
7.0 CONCLUSIONS.....	20
8.0 RÉFÉRENCES.....	21

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Fréquence d'inconfort communément admise selon l'activité	7
Tableau 2	Fréquence des vents dominants en fonction de leur vitesse et des heures considérées pour l'étude du confort des piétons.....	12

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 :	Plan de situation et projet
FIGURE 2 :	Rose des vents aux aéroports P-É Trudeau (Dorval) et Saint-Hubert
FIGURE 3 :	Statistiques des vents à l'aéroport P-É Trudeau
FIGURE 4 :	Domaine de calcul
FIGURE 5 :	Lignes de courant par vent de secteur OSO – Conditions de référence
FIGURE 6 :	Lignes de courant par vent de secteur OSO – Conditions futures
FIGURE 7 :	Facteurs de survitesse par vent de secteur OSO
FIGURE 8 :	Lignes de courant par vent de secteur NNE – Conditions de référence
FIGURE 9 :	Lignes de courant par vent de secteur NNE – Conditions futures
FIGURE 10 :	Facteurs de survitesse par vent de secteur NNE
FIGURE 11 :	Fréquence annuelles d'inconfort inférieur à 25 %
FIGURE 12 :	Fréquence annuelles d'inconfort inférieur à 15 % et 10 %

1.0 INTRODUCTION

L'entreprise Devimco Immobilier projette de redévelopper le Children's Hospital situé dans l'arrondissement Ville-Marie à Montréal. Le futur complexe immobilier consiste en un ensemble de 6 tours reliées par un basilaire, situé au coin de l'avenue Atwater et du boulevard René-Lévesque.

LaSalle | NHC a été mandaté par l'entreprise Devimco Immobilier pour effectuer une étude sur modèle numérique afin d'évaluer l'impact du projet sur le régime des vents sur l'espace public adjacent, et plus particulièrement, sur le confort des piétons circulant à proximité. L'étude vise donc à répondre aux exigences du règlement d'urbanisme de l'arrondissement Ville-Marie en termes d'impacts éoliens du projet.

Les interactions du vent dans les différentes configurations (état actuel 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 rend compte de la méthodologie et des résultats de l'étude selon sept sections distinctes. Le projet est d'abord décrit à la section 2. La section 3 résume l'approche méthodologique guidant l'évaluation des impacts éoliens. La section 4 présente ensuite une analyse du régime des vents applicable au site à l'étude. Les caractéristiques du modèle numérique et les conditions de simulation sont présentées à la section 5. La section 6 présente les résultats. Enfin, la section 7 expose les conclusions.

2.0 DESCRIPTION DU PROJET

Le projet de redéveloppement du Children's Hospital consiste en un complexe d'habitation de 6 tours unies par des basiliaires commerciaux de différentes hauteurs. Ceux-ci remplaceront les bâtiments existants de l'hôpital à l'exception du bâtiment patrimonial à l'intersection de l'avenue Atwater et du boulevard René-Lévesque qui sera conservé dans le cadre du projet. Le projet recouvre le quadrilatère bordé par la rue Tupper, la rue du Sussex, l'avenue Atwater et le boulevard René-Lévesque, tel qu'illustré à la figure 1. La hauteur des tours varie entre 65 m et 120 m. La tour numéro 1 a une hauteur de 120 m et longe l'avenue Atwater (voir figure 1). Les tours 2, 3 et 4 font 95 m de haut et elles sont situées au centre du complexe. Les tours 5 et 6 ont une hauteur respective de 85 et 65 m et elles sont situées le long de la rue du Sussex et du boulevard René-Lévesque respectivement. Le basilaire entre les tours 1, 2 et 3 a une hauteur de 14 m, alors que celui entre les tours 4 et 5 a une hauteur de 11 m

Le projet est situé à la limite de l'arrondissement Ville-Marie et de la Ville de Westmount. La localisation du projet est directement adjacente au Square Cabot, où se trouve la station de métro Atwater. La rue Sainte-Catherine est située à 100 m au nord-ouest du projet. Au nord de la rue Sainte-Catherine, on y retrouve le Forum de Montréal et la Place Alexis Nihon. L'autoroute Ville-Marie est située à 200 m au sud-est du projet. Le reste du voisinage est constitué d'édifices résidentiels de 2 à 4 étages. Le niveau du sol dans la région a une légère pente ascendante en direction nord-ouest et une forte pente descendante en direction de l'autoroute Ville-Marie, à partir du boulevard René-Lévesque.

La proximité de la station de métro et de la rue Sainte-Catherine achemine vers le secteur un volume important de trafic de piétons. De plus, la hauteur des tours projetées sera plus élevée que le bâti avoisinant, à l'exception des tours de la Place Alexis Nihon. L'arrivée du projet de redéveloppement du Children's Hospital dans le quartier, combiné à la forte dénivelé du terrain naturel, pourrait influencer le régime des vents dans les rues adjacentes d'où l'importance d'évaluer les impacts éoliens du projet.

3.0 APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

3.1 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].

Dans le cadre de la présente étude, le secteur est défini par un bâti hétérogène de hauteur moyenne induisant un paramètre de rugosité $\alpha = 0,30$. De plus, tel qu'indiqué à la section 5, l'ensemble du quartier englobant la zone d'étude a été modélisé, afin que le profil se développe selon les spécificités du tissu urbain existant et afin d'établir correctement le patron d'écoulement du vent incident.

3.2 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 inconfortant 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 Grandemer [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 :

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

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 :

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

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 inconfortants.

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 ordres de grandeur généralement admis [1] pour les fréquences d'inconfort, lesquelles sont exprimées en heures par année.

Il est à souligner que 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. L'extrait du règlement de la Ville de Montréal concernant l'arrondissement Ville-Marie stipule, pour la zone à l'étude, 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 % alors que les rues commerçantes, comme la rue Sainte-Catherine, sont soumises à une limite de 15% . 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 %)

3.3 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, on utilise généralement les statistiques de vent compilées à la station météo d'Environnement Canada de l'aéroport Pierre-Elliott-Trudeau (Dorval). À la section 4.1, on discute du choix de cette station.

3.4 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 :

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

⁽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.

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.

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 :

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

L'équation 3.12 et notre expérience du régime des vents sur l'île de Montréal nous ont conduits à utiliser $k = 0,64$ aux fins de la présente étude.

3.5 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.

4.0 ANALYSE DU RÉGIME DES VENTS

4.1 Station météorologique de référence

Deux stations météorologiques principales sont situées à proximité du site : celle de l'aéroport P.-E.-Trudeau (à environ 8 km à l'ouest) et celle de l'aéroport de Saint-Hubert (à environ 14 km au nord-est). 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, on doit privilégier les données de l'aéroport P.-E.-Trudeau puisque la tendance nord-sud des vents observés à Saint-Hubert est avant tout applicable à la rive Sud de Montréal.

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

4.2.1 Direction

La figure 3a illustre les roses des vents obtenues d'après les données recueillies à l'aéroport P.-E.-Trudeau (1980 - 2015) sur une base annuelle ainsi que pour les périodes printemps-été et automne-hiver [4]. 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 aménagements urbains situés sur l'île de Montréal, l'étude d'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.

4.2.2 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 4 978 heures ce qui correspond, sur 36 ans de données (315 576 heures), à une fréquence de 1,6%.

**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-Elliott-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 %	1 689	0,3 %	944	0,4 %	1 205	0,3 %	841
6 à 10	2,2 %	7 091	1,0 %	3 211	1,2 %	3 926	0,9 %	2 860
11 à 15	3,1 %	9 654	1,5 %	4 852	1,6 %	4 932	1,3 %	4 100
16 à 20	2,9 %	9 262	1,9 %	5 894	1,1 %	3 603	1,1 %	3 318
21 à 25	1,6 %	4 978	1,3 %	3 935	0,5 %	1 581	0,5 %	1 497
26 à 30	1,4 %	4 312	1,4 %	4 369	0,3 %	1 082	0,4 %	1 246
31 à 35	0,6 %	1 776	0,8 %	2 370	0,1 %	398	0,2 %	512
36 à 40	0,2 %	501	0,3 %	910	0,03 %	102	0,07 %	212
41 à 45	0,1 %	336	0,2 %	605	0,02 %	54	0,04 %	126
46 à 50	0,04 %	112	0,09 %	271	0,01 %	28	0,02 %	49
51 à 55	0,01 %	28	0,03 %	80	0,003 %	8	0,003 %	8
Plus de 55	0,007 %	21	0,02 %	67	0,004 %	14	0,001 %	4
TOTAL	12,6 %	37 620	8,72 %	27 508	5,37 %	16 933	4,68 %	14 776

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.

5.0 MODÈLE NUMÉRIQUE

5.1 Le modèle numérique

La modélisation des écoulements de vent dans le voisinage du projet de redéveloppement du Children's Hospital 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 3, 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 3). L'intérêt de cette méthodologie est d'éviter un maillage démesurément fin et des temps de calcul extrêmement longs.

5.2 Domaine de calcul

Tel que présenté en introduction et à la figure 1, le domaine modélisé englobe l'ensemble du quartier adjacent au projet. Ainsi, une maquette virtuelle du secteur s'étendant de la rue du Fort à l'avenue Wood dans la direction nord-est/sud-ouest, et du boulevard de Maisonneuve Ouest à l'autoroute Ville-Marie dans la direction nord-ouest/sud-est a été utilisée comme base pour monter le modèle numérique.

Les frontières du domaine de calcul ont été établies à environ 100 m des limites mentionnées au paragraphe précédent, afin que les conditions aux limites imposées au modèle puissent être adéquatement définies sans être affectées par les bâtiments du secteur. Le domaine de calcul couvre alors un quadrilatère de 1100 m de long par 1000 m de large. 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 comptant environ 9 800 000 éléments, 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 0,30 m, à l'inverse, au voisinage de la frontière supérieure du domaine de calcul les mailles ont une taille caractéristique de 10 m.

5.3 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 4). 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 4). 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 3), 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.

6.0 IMPACTS ÉOLIENS DU PROJET

Les champs de facteurs de survitesse ont été extraits à hauteur de piéton, soit 1,8 m au-dessus du niveau de la rue pour les deux directions de vents dominants en conditions de référence et en conditions futures. Les champs de fréquences totales de dépassement de la vitesse limite d'inconfort (voir détails section 3) toutes directions confondues, également désignées par le terme fréquences annuelles d'inconfort, ont ensuite été calculés pour toutes les configurations.

Les figures 5 à 7 illustrent les résultats obtenus pour les vents de secteur OSO et les figures 8 à 10 illustrent ceux obtenus pour les vents de secteur NNE. Les figures 11 et 12 quant à elles, présentent les fréquences annuelles d'inconfort, toutes directions confondues, pour chacune des configurations ainsi qu'une comparaison avec les critères établis pour la voie publique en général (25 %), le critère pour la rue Sainte-Catherine Ouest (15%) et pour les parcs et lieux de détente (10 %).

6.1 Impacts sur les vitesses par vent de secteur OSO

Les principaux effets aérodynamiques par vent de secteur OSO se font ressentir au niveau de la rue du Sussex, la rue Tupper, l'avenue Atwater, le boulevard René-Lévesque et le square Cabot (voir figures 5 à 7).

Avant d'arriver au site du projet, les vents de direction OSO rencontrent les tours du Westmount Square et de la Place Alexis Nihon, d'une hauteur respective de 80 m et 90 m. Les deux complexes jouent le rôle d'écran protecteur, obligeant les vents à passer au-dessus ou à contourner les tours, comme le montre la figure 5a. Cet écran divise les vents incidents au site à l'étude en deux. La première partie des vents s'écoule au-dessus des tours et atteint le site du projet en hauteur. Tandis que les vents qui contournent les tours par le sud sont canalisés dans l'axe du boulevard Dorchester (voir figure 5b).

À l'état actuel, trois phénomènes aérodynamiques sont responsables des champs de vitesse au niveau des piétons. Pour les vents s'écoulant en hauteur, l'obstacle principal est l'aile centrale de l'hôpital orienté perpendiculairement à la direction du vent. Ce bâtiment s'élève sur près de 70m et rabat les vents en hauteur vers le niveau du sol qui se dirigent ensuite vers le sud sur le boulevard René-Lévesque (figure 5b). Ce rabattement est ensuite canalisé dans le boulevard René-Lévesque accélérant la vitesse des vents au niveau des piétons. Les vents canalisés dans le boulevard Dorchester ont un angle d'incidence d'environ 45° avec le bâtiment patrimonial au coin de l'avenue Atwater et du boulevard René-Lévesque. L'angle d'incidence permet de dévier une partie des vents en direction nord-ouest sur l'avenue Atwater. La séparation de cette veine d'écoulement réduit légèrement les survitesses sur le boulevard René-Lévesque. Les bâtiments de deux étages au sud du boulevard René-Lévesque permettent aux vents canalisés sur le boulevard de s'élever au-dessus du tissu urbain et de soulager les courants au niveau des piétons. D'autre part, les vents canalisés sur l'avenue Atwater tournent le coin Atwater et Tupper et s'épanouissent au-dessus du Square Cabot. Par la suite, ces vents sont redirigés vers le boulevard René-Lévesque en passant par la rue du Sussex. Le courant se contracte légèrement dans le passage à l'entrée de la rue du Sussex entre le Children's Hospital et les bâtiments résidentiels augmentant les survitesses (voir la figure 7a), ce phénomène est appelé effet venturi.

La mise en place des tours du futur projet affecte particulièrement les vents s'écoulant en hauteur. La tour numéro 1 longeant l'avenue Atwater s'élève sur plus de 120 m. Sur la figure 6b, on constate un faible rouleau sur l'avenue Atwater, formé par les vents rabattus par la tour 1. Notons que les décrochements de la façade longeant l'avenue Atwater interceptent les vents en hauteur. Ainsi, cette géométrie limite considérablement le rabattement et les impacts de la tour sur les conditions éoliennes au niveau des piétons. Les vents rabattus au niveau du sol s'écoulent au nord, au sud et vers le quartier côté Westmount. Une légère partie de l'écoulement rabattu s'engouffre dans la cour intérieure. L'effet de coin accélère l'écoulement sur une vingtaine de mètres à l'entrée de la cour intérieure entre les édifices du projet.

Vers le sud, un effet de coin à l'intersection de l'avenue Atwater et du boulevard René-Lévesque augmente localement les survitesses à 1,5 (voir figure 7b). Ces vents s'ajoutent aux courants canalisés sur le boulevard Dorchester qui poursuivent leurs trajectoires sur le boulevard René-Lévesque. Toutefois, les bâtiments de faible hauteur en direction sud-est permettent aux vents de quitter le niveau des piétons, entraînant des survitesses modérées de l'ordre de 1,2.

L'impact du projet est plus important au nord du site. Comme l'illustre la figure 7, la présence des tours 1, 2 et 3 forme un obstacle majeur aux vents du secteur OSO, ce qui a pour effet de concentrer l'écoulement et d'augmenter les survitesses au-dessus du square Cabot. De plus, la volumétrie de la tour 3 contracte davantage l'écoulement dans le passage à l'entrée de la rue du Sussex entre le projet et les bâtiments résidentiels augmentant considérablement l'effet venturi. Les survitesses à l'intersection des rues Tupper et du Sussex atteignent 1,7 et une importante canalisation est visible sur la rue du Sussex en direction du boulevard René-Lévesque. Quant au nouvel espace qui sera dédié au parc Henri-Dunant, celui-ci se retrouve à l'abri du courant concentré qui chemine de la rue Tupper vers le boulevard René-Lévesque.

En somme, la présence du projet modifie significativement le patron d'écoulement dans la région à l'étude. Toutefois, les survitesses sont, dans l'ensemble, peu impactées, à l'exception des rues Tupper et Sussex, ainsi que de l'intersection de l'avenue Atwater et du boulevard René-Lévesque.

6.2 Impacts sur les vitesses par vent de secteur NNE

Les principaux effets aérodynamiques par vent de secteur NNE sont présentés aux figures 8 à 10. Les vents de secteur NNE proviennent du Centre-Ville de Montréal. Le bâti urbain relativement élevé et dense en amont du projet favorise un écoulement des vents en hauteur (voir figure 8).

En conditions actuelles, l'aile longeant la rue Lambert-Closse fait environ 30m de haut et forme un angle d'environ 45° avec les vents incidents. Cela explique le faible rabattement visible à la figure 8a, au coin de la rue Lambert-Closse et du boulevard René-Lévesque. Un second rabattement est constaté sur l'aile centrale du Children's Hospital. Toutefois, la présence d'un basilaire, visible à la figure 8b, réduit considérablement l'impact au niveau des piétons, car il intercepte les vents rabattus et les maintient en hauteur. Au nord du site, les vents s'épanouissent au-dessus du square Cabot puis accélèrent au coin Tupper et Atwater pour rejoindre l'écoulement canalisé le long de l'avenue Atwater. Les survitesses en aval du Children's Hospital sont de l'ordre de 1 (voir la figure 10a).

En conditions futures, le projet de redéveloppement du Children's Hospital est un obstacle important pour les vents. Les tours 3 et 5 sont les premières en ligne face aux vents de ce secteur et sont respectivement d'une hauteur de 95 m et 85 m. De plus, l'angle d'incidence des vents sur les tours est tout juste inférieur à 90°. La figure 9a met en évidence l'important rabattement généré par les deux tours donnant sur les rues du Sussex et Lambert-Closse. Ce rabattement augmente considérablement les survitesses sur les rues du Sussex et Lambert-Closse, passant de 0,3 en conditions actuelles à 1,5 (voir figure 10).

Une partie des vents rabattus par la tour 5 est dirigée vers le sud et s'engouffre dans le boulevard René-Lévesque en accélérant au coin René-Lévesque et du Sussex tel qu'illustré par les figures 9a et 10b. Ces courants sont ensuite canalisés le long du boulevard René-Lévesque, où les survitesses y atteignent des valeurs de l'ordre de 2,0. Sur le boulevard René-Lévesque, les survitesses sont particulièrement élevées le long des trottoirs jusqu'à l'intersection de la rue Lambert-Closse. Par la suite les vents s'élèvent au-dessus du bâti avoisinant et les courants au niveau du sol sont soulagés. Signalons que les façades est des tours 3 et 5 sont quand même en retrait par rapport au basilaire ce qui réduit significativement l'intensité du rabattement et agit comme des marquises. Toutefois, l'ajout de balcons le long de ces deux façades permettraient de réduire davantage les impacts en augmentant la rugosité des façades est des tours 3 et 5.

Du côté nord, une fraction des vents rabattus par la façade de la tour 3 s'épanouit au-dessus du square Cabot, tandis que le reste s'écoule dans la cour intérieure (voir la figure 9b). Les survitesses moyennes au-dessus du square Cabot passent de 0,5 en conditions actuelles à 1,2 en conditions futures. Les vents en provenance du square Cabot remontent vers le Nord pour s'ajouter au courant de la rue Sainte-Catherine puis tournent vers le sud au coin de l'avenue Atwater et rejoignent le courant canalisé le long de l'avenue, ce qui a pour effet d'augmenter les survitesses sur l'avenue Atwater à 1,6 (voir figure 10b).

En somme, la présence du projet accélère significativement les vents dans la zone d'étude. Toutefois, les vents de secteur NNE sont moins fréquents que les vents du OSO, ce qui atténue leur impact sur les fréquences d'inconfort.

6.3 Fréquences annuelles d'inconfort

Tel qu'indiqué à la section 3 du présent rapport, 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 (6 m/s) et en hiver (4 m/s) 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 11, illustre le champ des fréquences annuelles d'inconfort au niveau des piétons avec le critère de comparaison applicable à la majorité des rues de la zone d'étude, soit le critère général établi pour la voie publique de 25 %.

La figure 12, présente les fréquences d'inconfort en comparaison aux critères de confort pour les zones plus sensibles :

- 15 % : applicable pour la rue Sainte-Catherine Ouest;
- 10 %, appliqué aux parcs ou lieu de détente, comme le Square Cabot;

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

Signalons enfin que le critère de dépassement pour les vitesses de 20 m/s lié à la sécurité des piétons est fixé à 1% pour tous les secteurs.

6.3.1 Critère général – 25%

Les résultats illustrés à la figure 11 (a et b) montrent que les fréquences d'inconfort traduisant les effets aérodynamiques décrits aux sections 6.1 et 6.2 demeurent inférieures au critère établi par le règlement de l'arrondissement Ville-Marie, soit 25 % de dépassement de la vitesse limite d'inconfort, en bordure des rues de la voie publique. Malgré une augmentation des fréquences d'inconfort à certains endroits, l'aménagement du projet ne conduit donc à aucun impact majeur en termes de confort éolien des piétons sur les voies publiques et le critère de 25% sera respecté en conditions futures le long de ces voies.

6.3.2 Critère de rue commerçante – 15%

Les figures 12a et 12b présentent le champ de fréquences d'inconfort inférieures à 15 %, critère appliqué dans l'arrondissement Ville-Marie sur la rue Sainte-Catherine Ouest. La simulation des conditions actuelles a démontré que le critère est déjà dépassé sur la rue Sainte-Catherine à l'ouest de l'avenue Atwater. En conditions futures, seule cette section de la rue Sainte-Catherine est sujette à des fréquences d'inconfort supérieures à 15% comme en conditions actuelles. Donc, le projet ne dégrade pas les conditions éoliennes dans les zones confortables de la rue Sainte-Catherine situées à l'est de l'avenue Atwater.

Notons que les fréquences d'inconfort dans la cour intérieure atteignent jusqu'à 15 %, ce qui pourrait être inconfortable pour les usagers de ces espaces communs du projet. Pour réduire l'inconfort au centre du projet, nous recommandons la plantation de végétation dense à proximité de l'avenue Atwater et du parc Henri-Durant pour réduire la libre circulation des courants selon un axe est-ouest.

6.3.3 Critère de parcs – 10%

Les figures 12c et 12d montrent le critère de 10% qui s'applique au square Cabot et au futur parc Henri-Dunant.

La figure 12c montre que le square Cabot est déjà soumis à des fréquences d'inconfort supérieures à 10%. L'aménagement du projet augmente la superficie du square Cabot qui est sujette à des fréquences d'inconfort supérieures à 10%, particulièrement le secteur à proximité des rues Lambert-Closse et Tupper.

Signalons que l'aménagement paysager du square Cabot n'a pas été reproduit au modèle. Ce secteur est fortement boisé ce qui risque de freiner les vents et réduire l'inconfort éolien.

Quant au futur parc Henri-Dunant, celui-ci sera majoritairement confortable à l'exception de son extrémité nord longeant la rue Tupper. Nous recommandons la plantation de végétation dense sur la partie nord du parc afin de réduire les impacts dans ce secteur.

6.3.4 Dépassement de la vitesse de 20 m/s

Les résultats ont été également analysés du point de vue du critère de sécurité établi à 20 m/s. La présence du projet ne conduit pas à développer des courants assez forts pour dépasser la vitesse de 20m/s plus de 1 % du temps sur l'ensemble du secteur d'intérêt.

7.0 CONCLUSIONS

L'étude par modélisation numérique tridimensionnelle des vents dans le voisinage du Children's Hospital a permis d'évaluer les impacts du projet de redéveloppement du Children's Hospital sur le confort des piétons circulant sur les rues adjacentes en fonction des critères établis par l'arrondissement Ville-Marie de la Ville de Montréal.

En conclusion, les résultats de l'étude de modélisation numérique montrent que, dans l'ensemble, l'implantation du projet dans le quartier n'a pas d'impact majeur pour les vents de secteur OSO. Seules la rue Tupper et l'intersection de l'avenue Atwater et du boulevard René-Lévesque sont sujettes à l'augmentation des facteurs de survitesses. En direction NNE, la vitesse des vents au niveau des piétons est significativement augmentée sur une grande partie du secteur à l'étude à cause des rabattements des vents en hauteur par les façades est des tours 3 et 5. Les survitesses les plus importantes ont été calculées le long du boulevard René-Lévesque. Signalons que l'ajout de balcons le long des façades est des tours 3 et 5 permettrait de réduire les impacts des rabattements.

Les résultats montrent que le critère de confort pour les voies publiques de l'arrondissement Ville-Marie est respecté sur l'ensemble du domaine d'étude. Les simulations en conditions actuelles ont mis en évidence des fréquences d'inconfort supérieures aux critères de l'arrondissement pour la rue Sainte-Catherine et le square Cabot. La mise en place du projet ne modifie pas les dépassements du critère le long de la rue Sainte-Catherine, mais conduit à une légère augmentation de la superficie du secteur inconfortable dans le square Cabot. Toutefois, il est à souligner que l'aménagement paysager du square Cabot n'a pas été reproduit au modèle. Ce secteur est fortement boisé ce qui risque de freiner les vents dans ce secteur et réduire l'inconfort éolien.

Quant au futur parc Henri-Dunant, celui-ci sera majoritairement confortable à l'exception de son extrémité nord longeant la rue Tupper. Nous recommandons la plantation de végétation dense sur la partie nord du parc afin de réduire les impacts dans ce secteur.

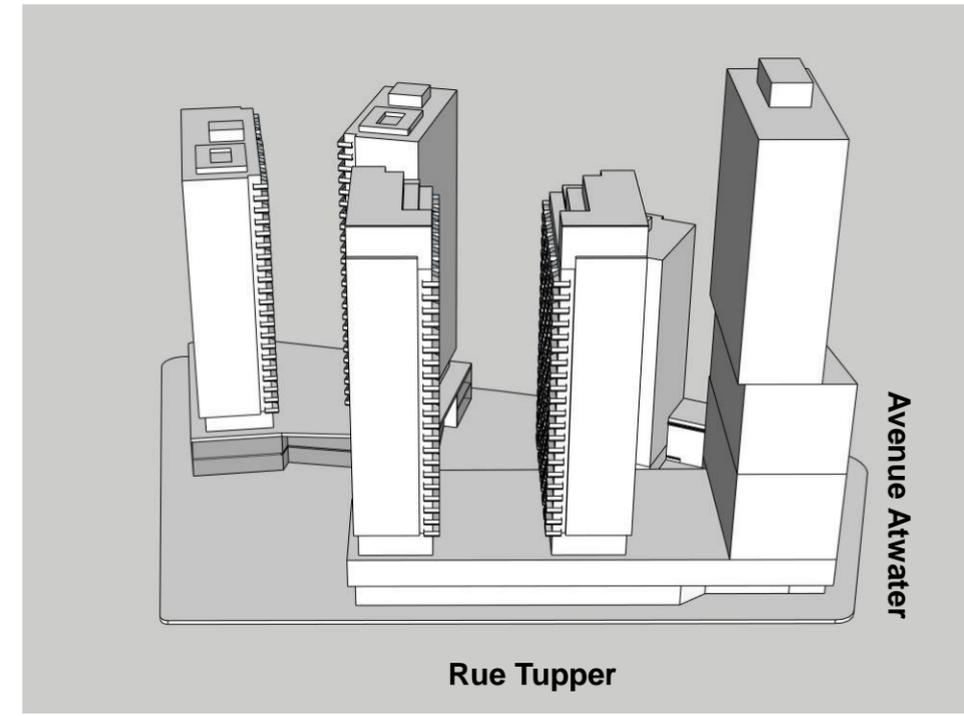
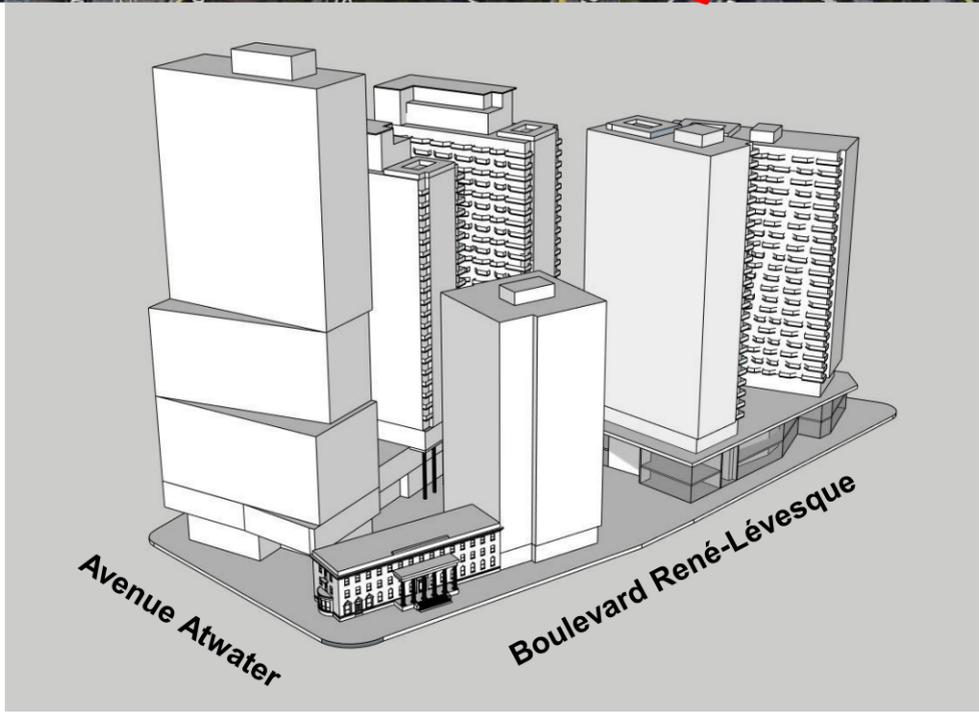
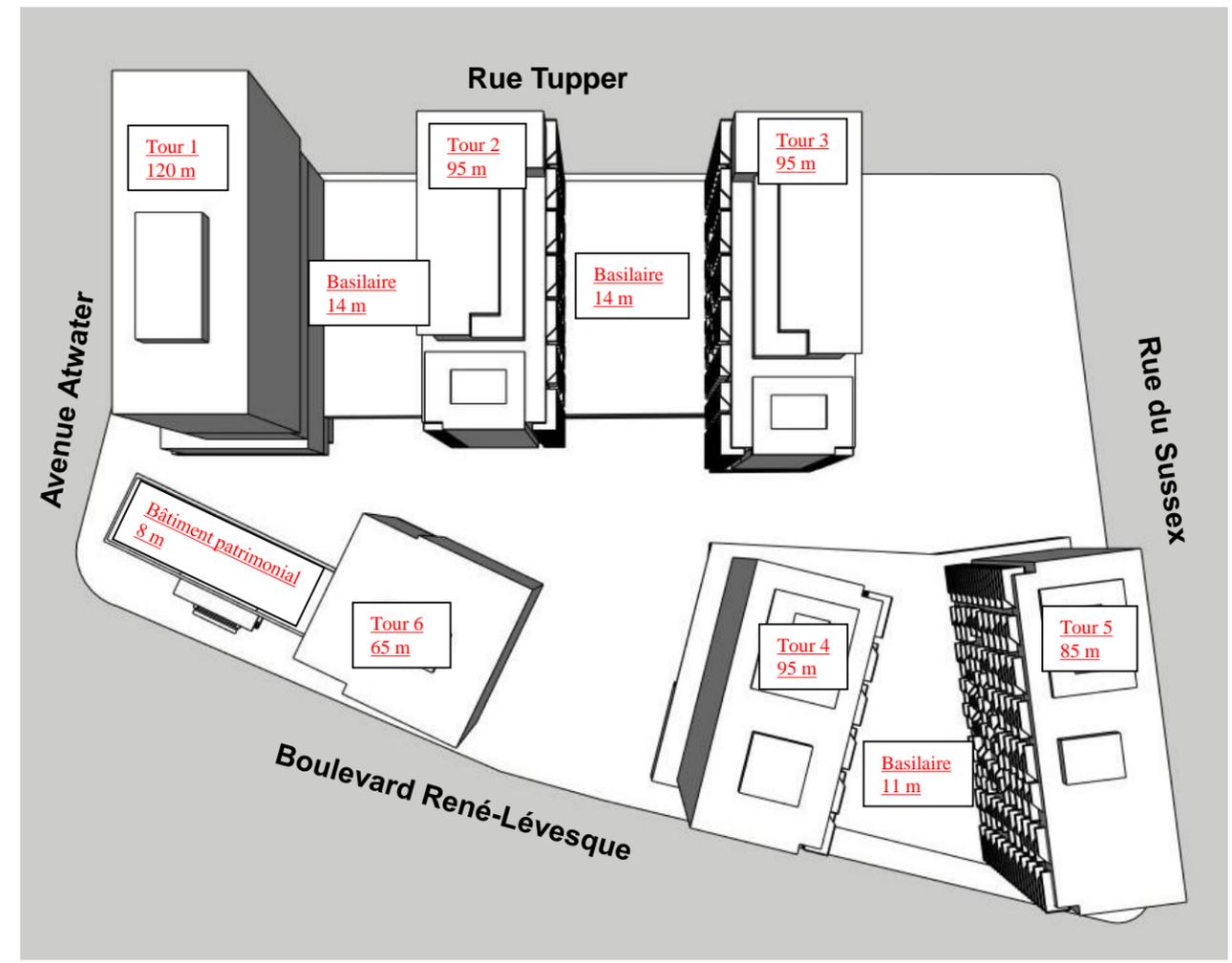
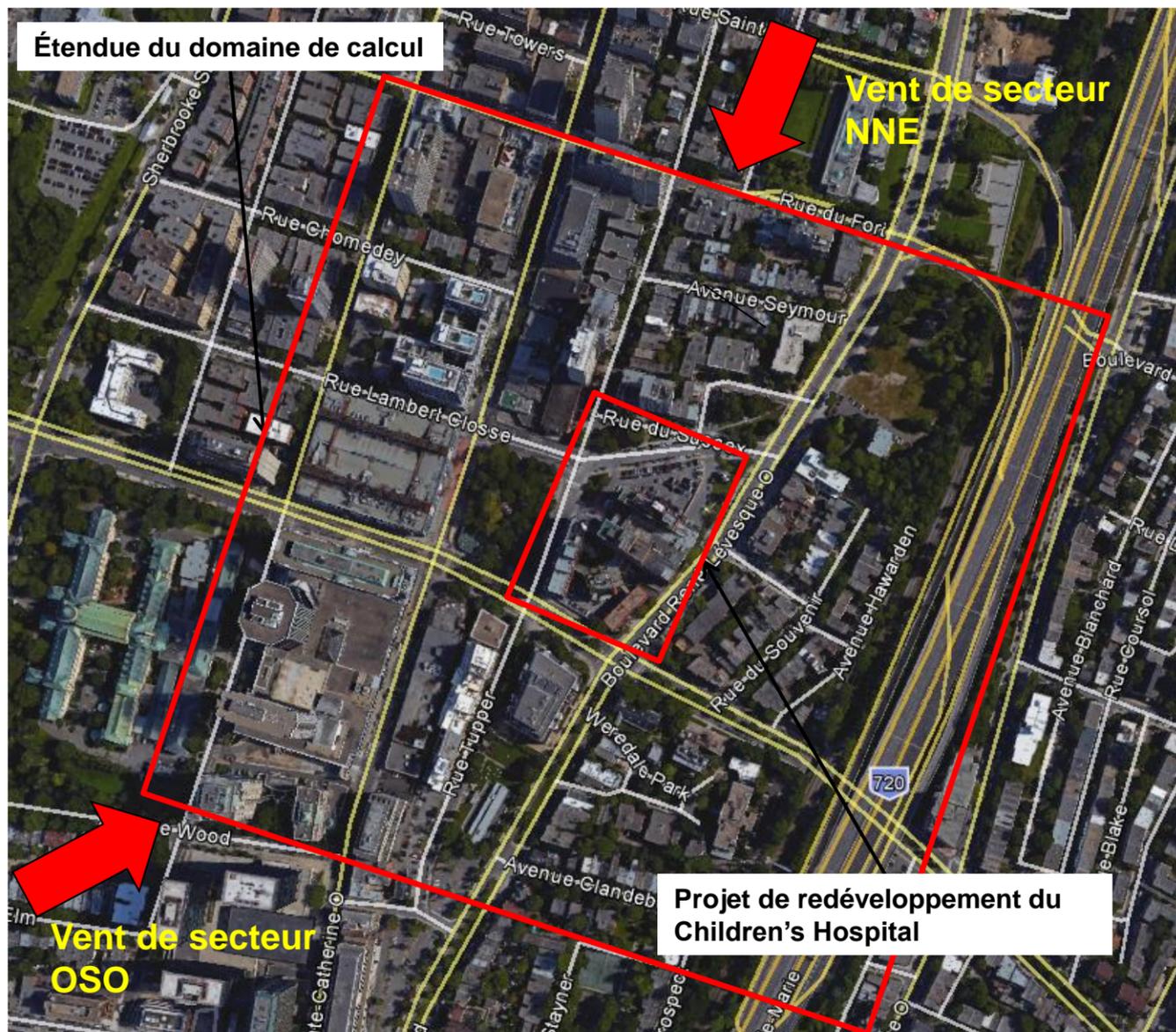
8.0 RÉFÉRENCES

- [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.

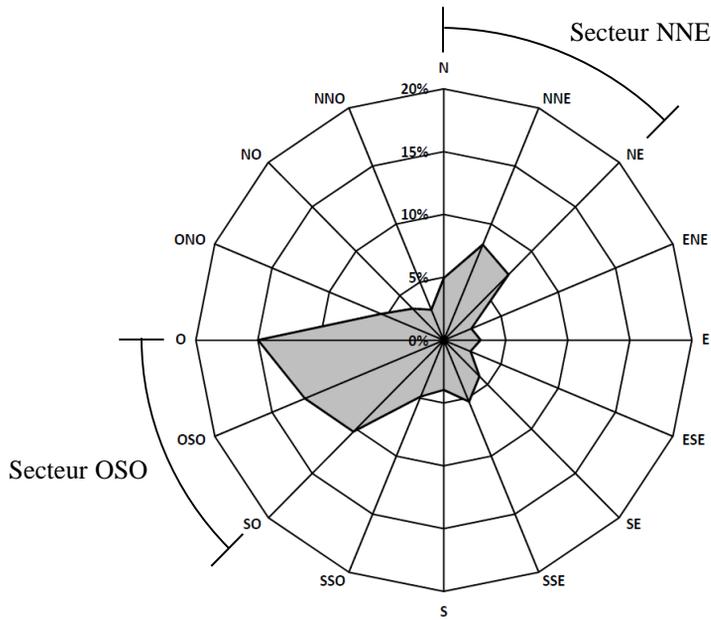
- [2] Architectural Aerodynamics by R.M. Aynsley, W. Melbourne and B.J. -Vickery - Applied Science Publishers Ltd. London.

- [3] Données des stations DSP-3, Montréal Intl A, Environnement Canada, service de l'environnement atmosphérique, 1983.

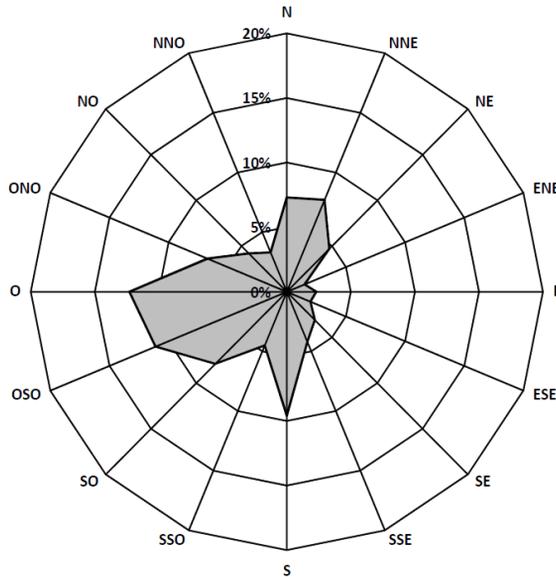
- [4] Élaboration d'outils méthodologiques et techniques d'aide à la conception d'ambiances urbaines de qualité pour favoriser le développement durable des villes - S. Reiter – Thèse de doctorat de l'Université Catholique de Louvain, Belgique.



lasalle nhc		
CLIENT :		
 DEVIMCO IMMOBILIER		
PROJET :		
Projet de redéveloppement du Children's Hospital – Étude sur modèle numérique des impacts éoliens		
TITRE :		
Localisation et projet		
PRÉPARÉ PAR :	REF. CLIENT :	REF. LASALLE :
G.L.	-----	8001995_REV1
DATE :	FIGURE :	
Novembre 2016	1	



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



b) Aéroport de Saint-Hubert

lasalle **nhc**

PROJET : Projet de redéveloppement du Children's Hospital – Étude sur modèle numérique des impacts éoliens

CLIENT : 
DEVIMCO
IMMOBILIER

TITRE :
Rose des vents annuelles – Aéroport P.-E.-Trudeau et Saint-Hubert

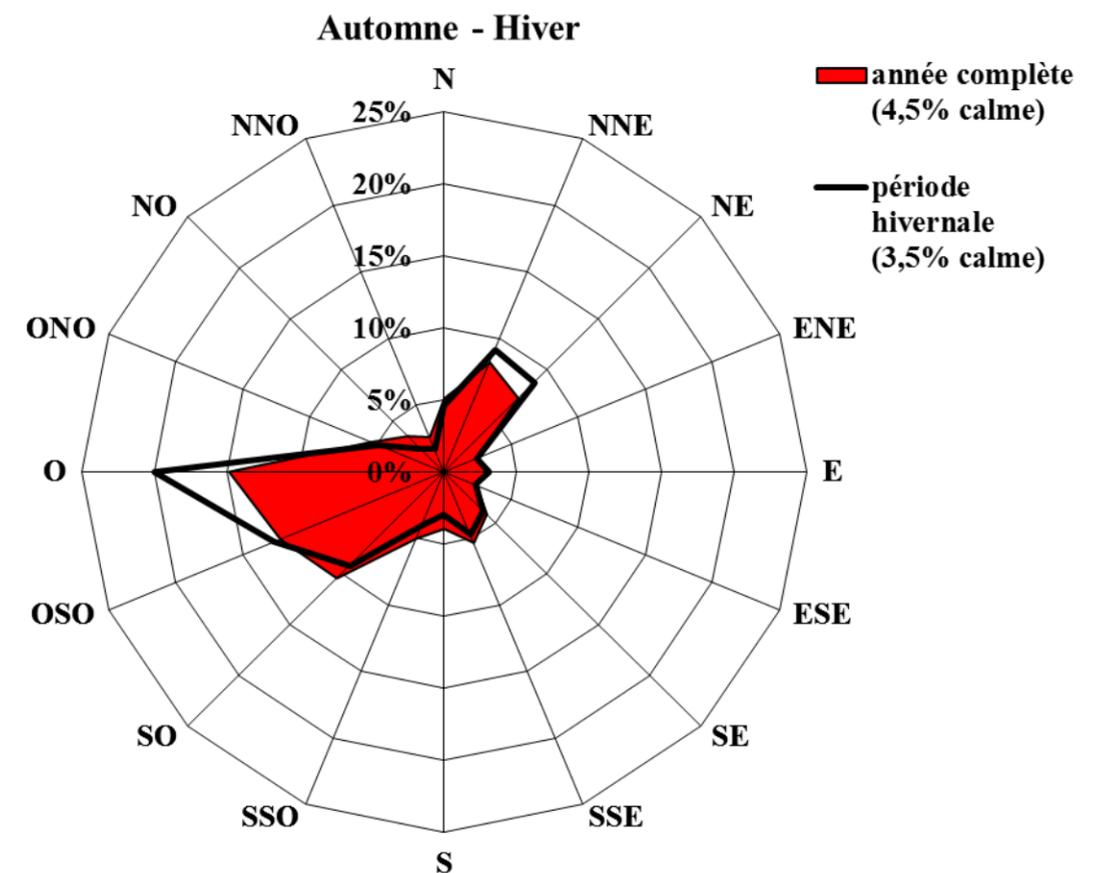
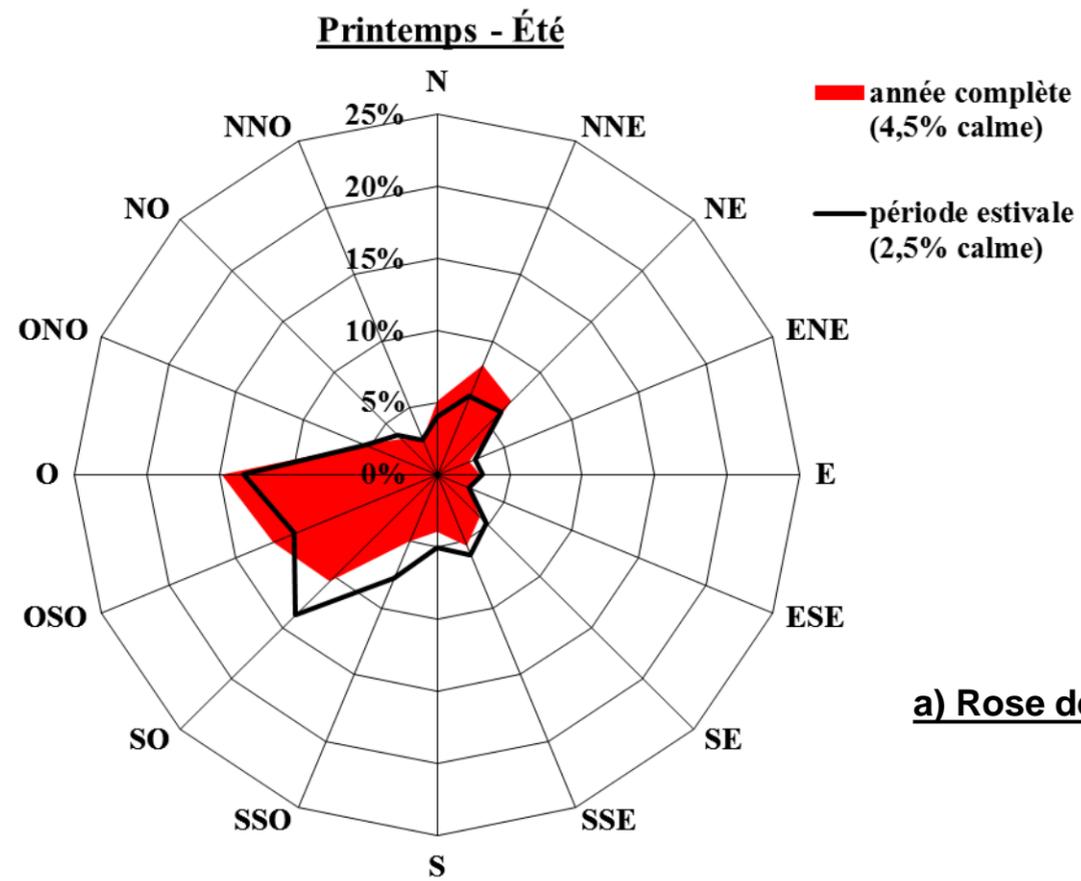
DATE :
Novembre 2016

PRÉPARÉ PAR :
G.L.

REF. CLIENT :

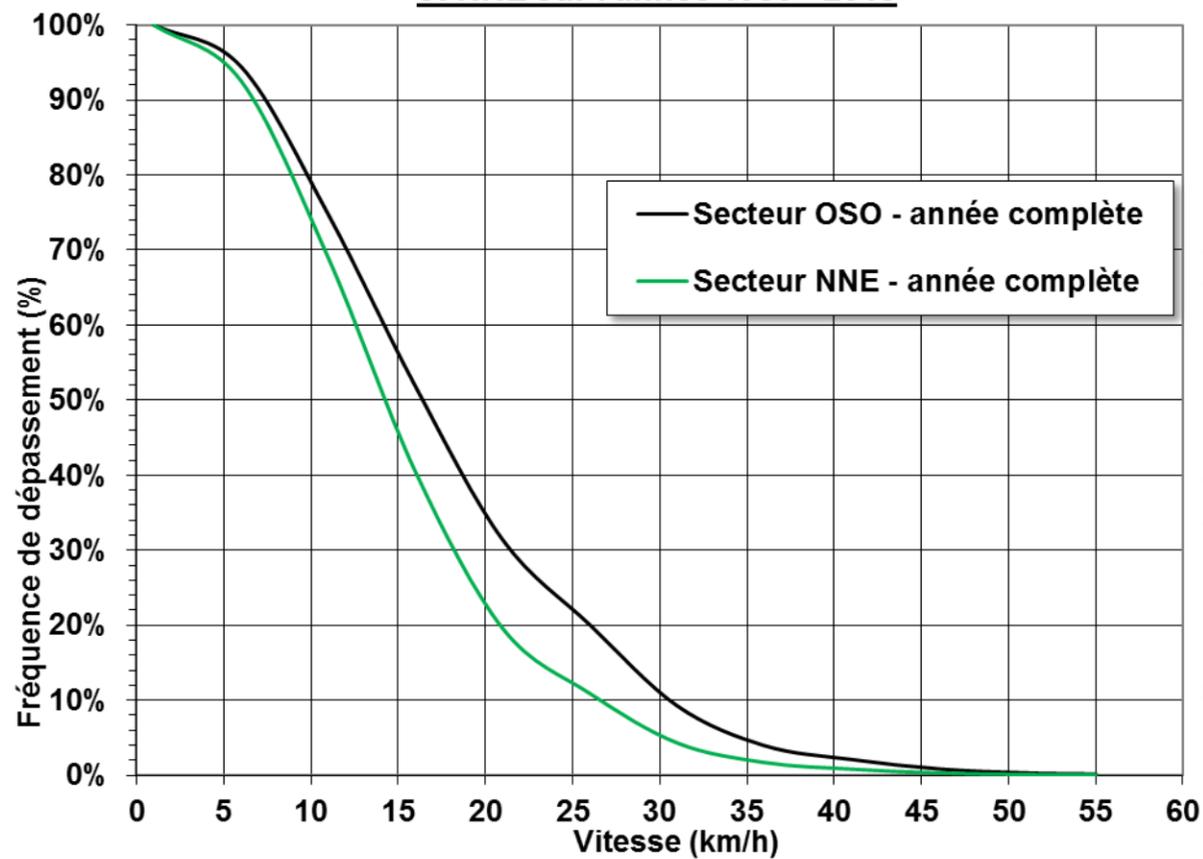
REF. LASALLE :
8001995_REV1

FIGURE :
2

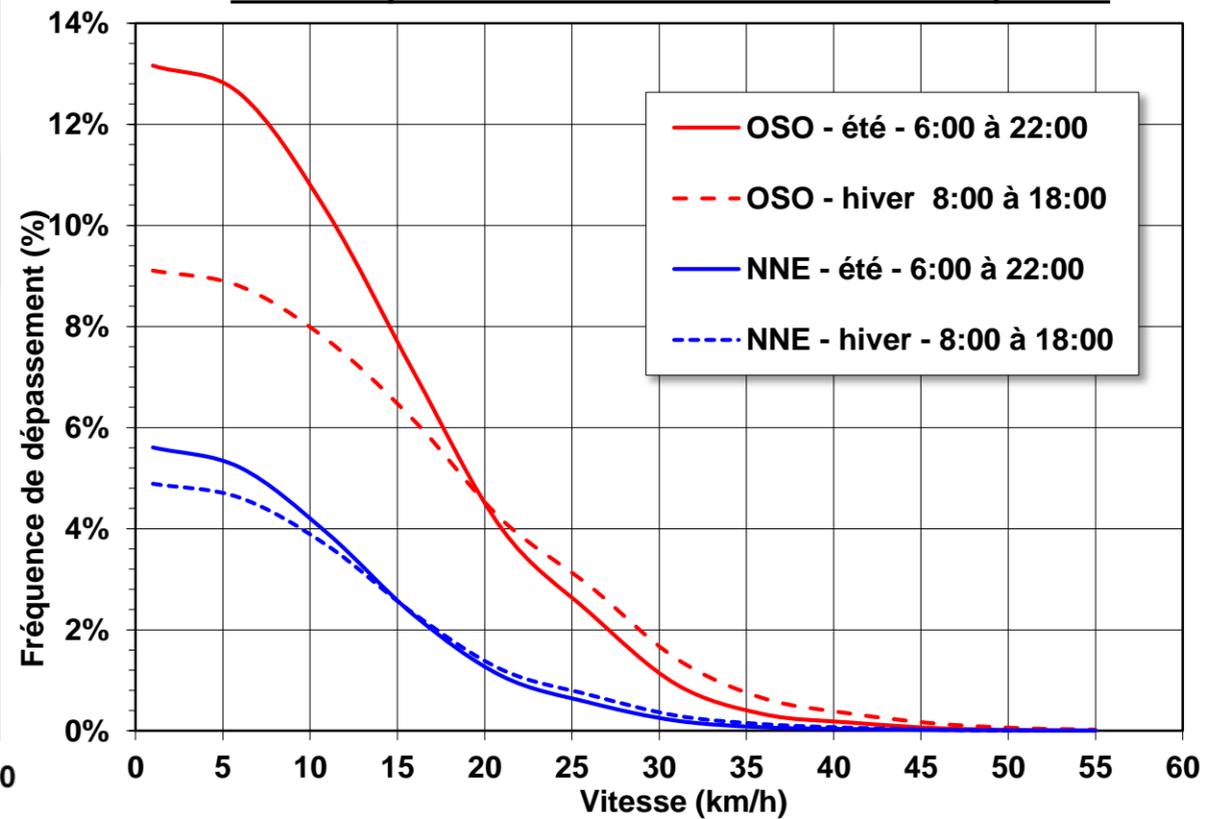


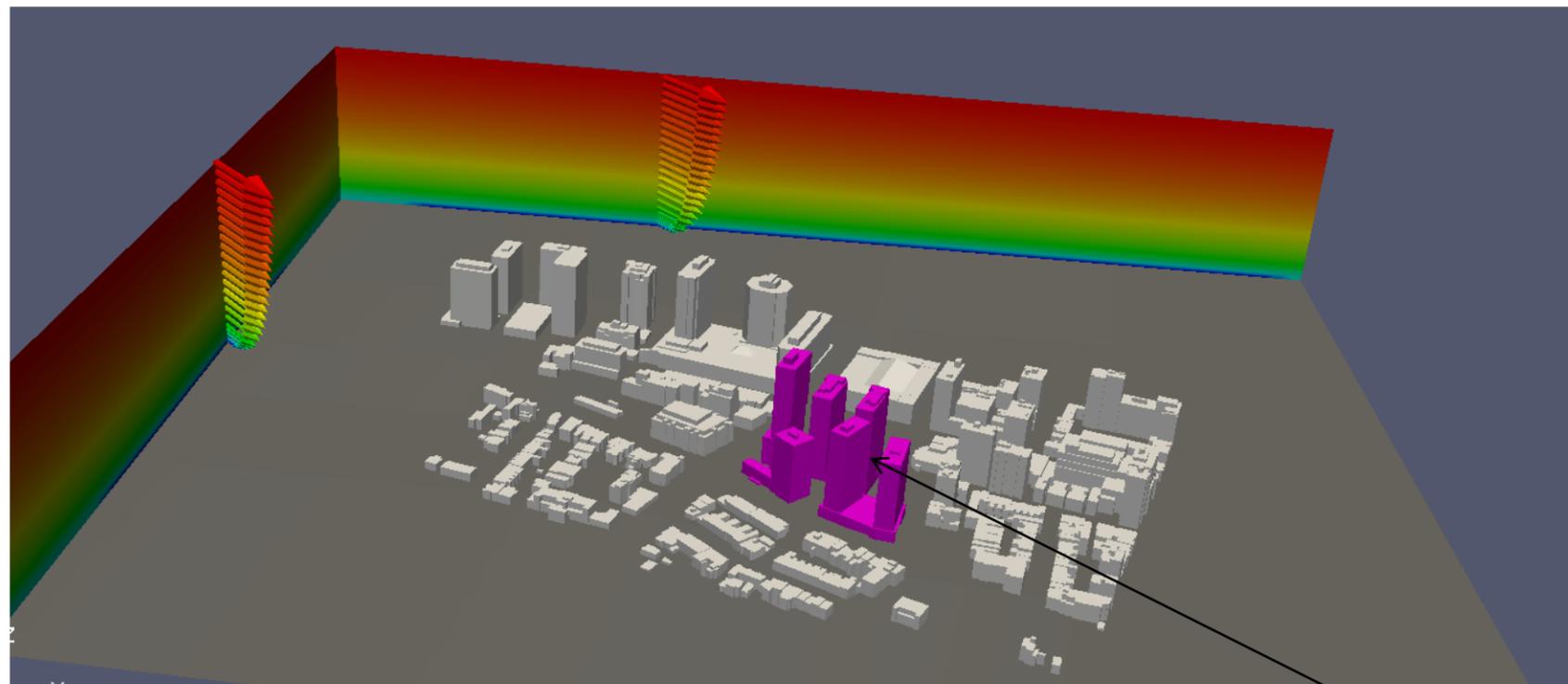
a) Rose des vents

b) Fréquence de dépassement des vitesses des vents OSO et NNE sur l'année 1980 - 2015



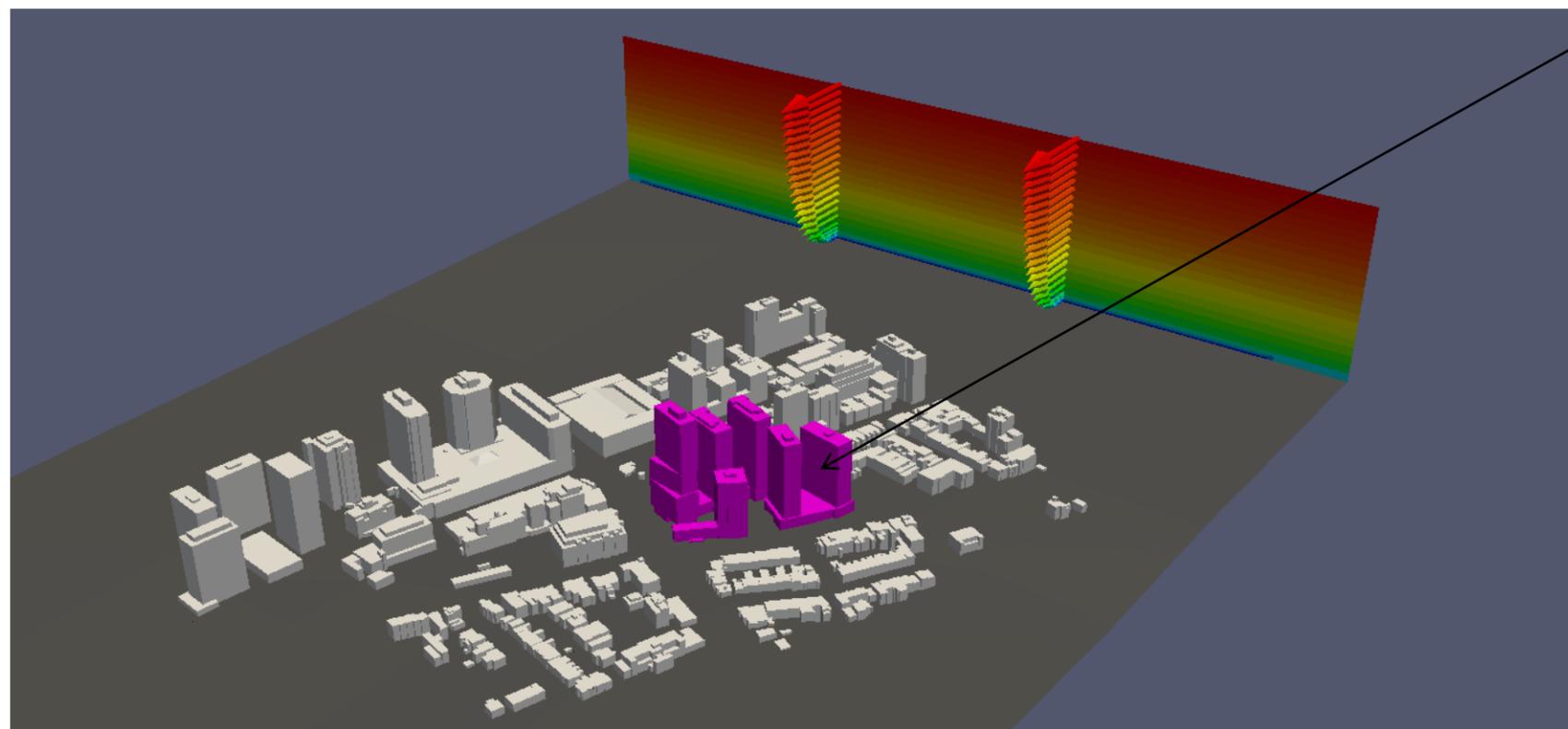
c) Fréquence de dépassement des vents des secteurs OSO et NNE 1980 - 2015 observés pendant les heures de circulation des piétons





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

Projet de redéveloppement du Children's Hospital



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

lasalle **nhc**

CLIENT :



DEVIMCO
IMMOBILIER

PROJET :

Projet de redéveloppement du Children's Hospital – Étude sur modèle numérique des impacts éoliens

TITRE :

Domaine de calcul

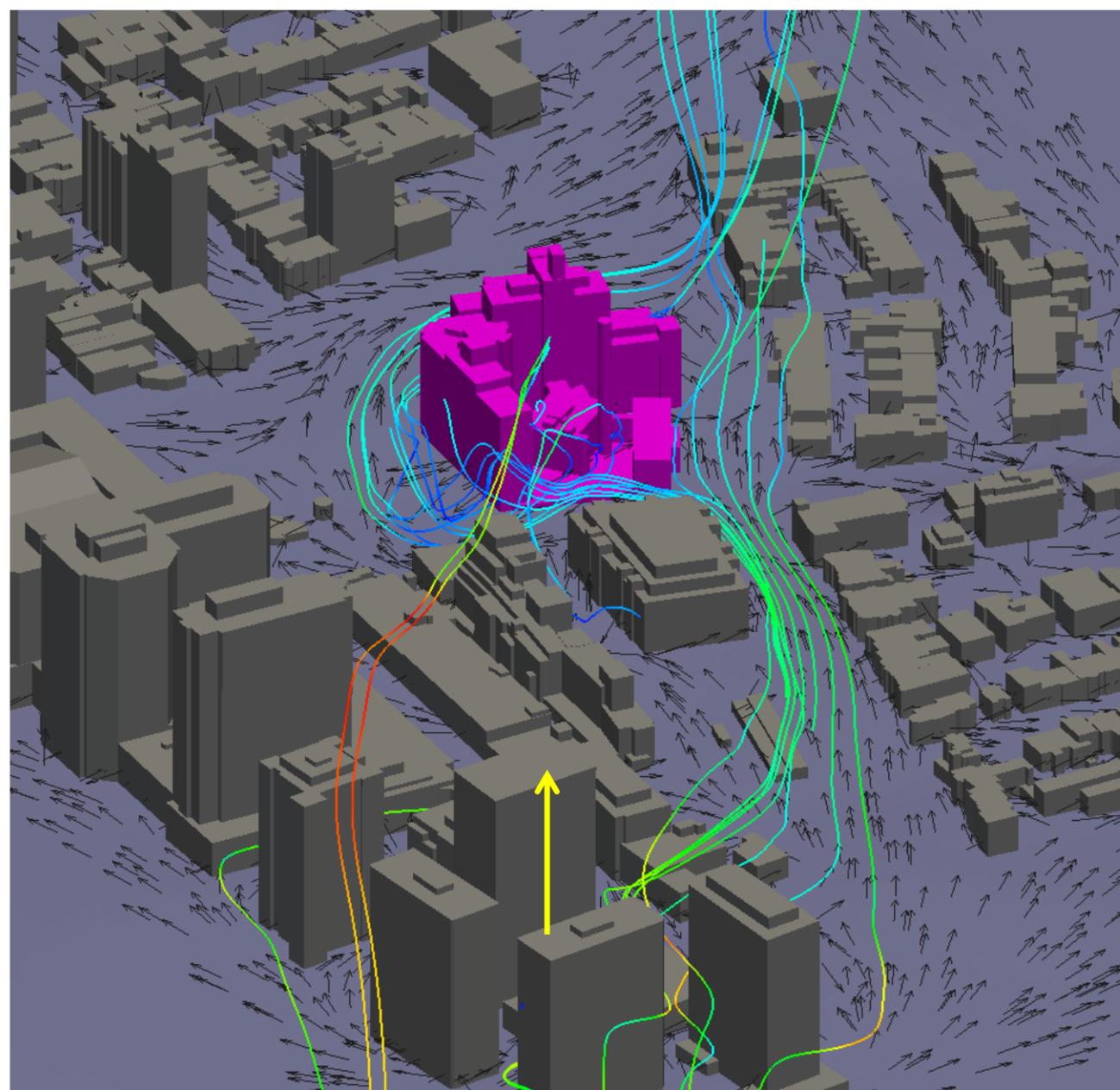
PRÉPARÉ PAR :
G.L.

REF. CLIENT :

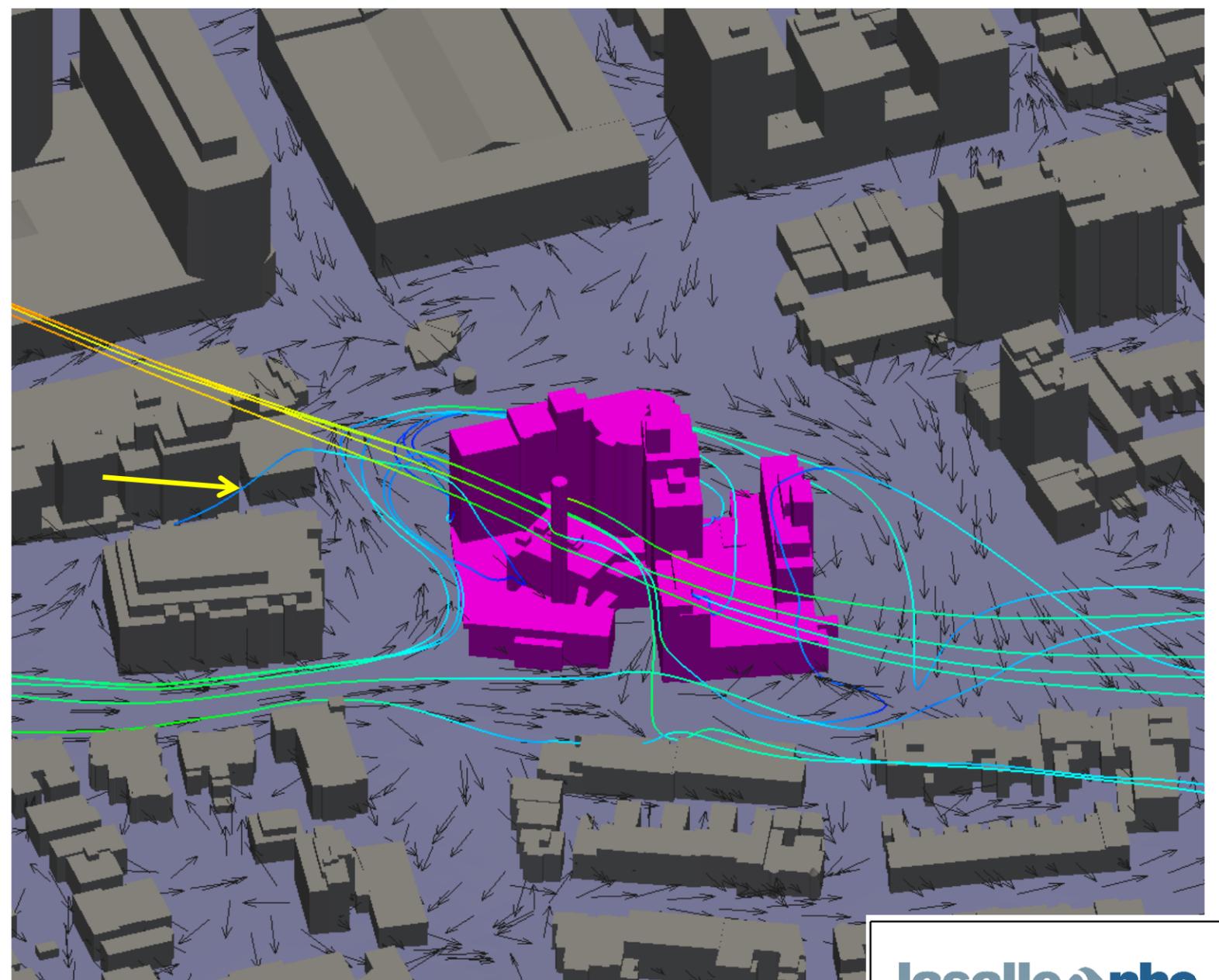
REF. LASALLE :
8001995_REV1

DATE:
Novembre 2016

FIGURE :
4



a) Conditions de référence – lignes de courant par vent de OSO
– Vue parallèle à l'écoulement



b) Conditions de référence – lignes de courant par vent de OSO
– Vue perpendiculaire à l'écoulement

lasalle **nhc**

CLIENT :



DEVIMCO
IMMOBILIER

PROJET :

Projet de redéveloppement du Children's
Hospital – Étude sur modèle numérique
des impacts éoliens

TITRE :

Lignes de courant par vent de secteur
OSO - Conditions de référence

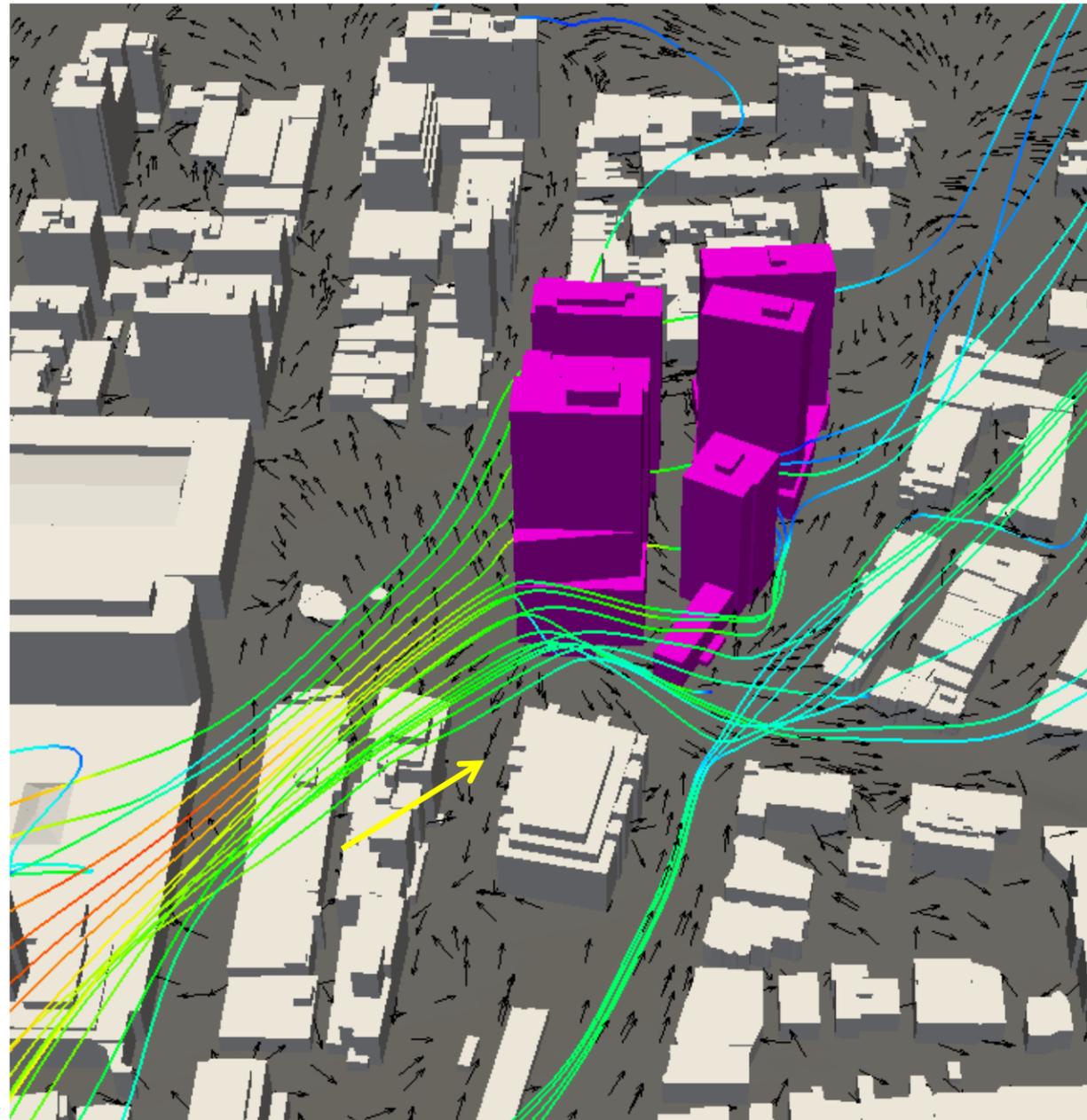
PRÉPARÉ PAR :
G.L.

REF. CLIENT :
.....

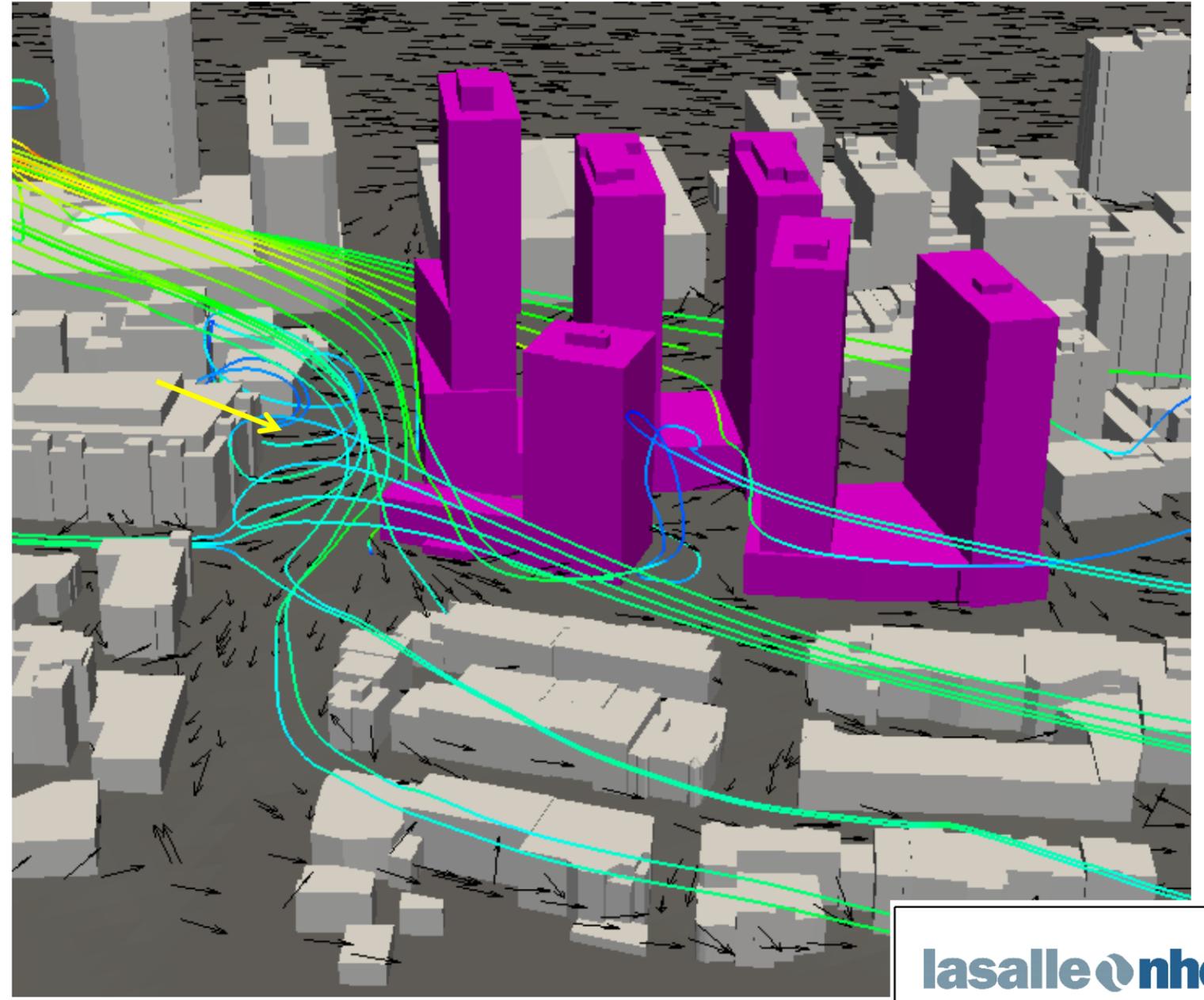
REF. LASALLE :
8001995_REV1

DATE:
Novembre 2016

FIGURE :
5



a) Conditions futures– lignes de courant par vent de OSO
– Vue parallèle à l'écoulement



b) Conditions futures – lignes de courant par vent de OSO
– Vue perpendiculaire à l'écoulement

lasalle **nhc**

CLIENT :



DEVIMCO
IMMOBILIER

PROJET :

Projet de redéveloppement du Children's
Hospital – Étude sur modèle numérique
des impacts éoliens

TITRE :

Lignes de courant par vent de secteur
OSO – Conditions futures

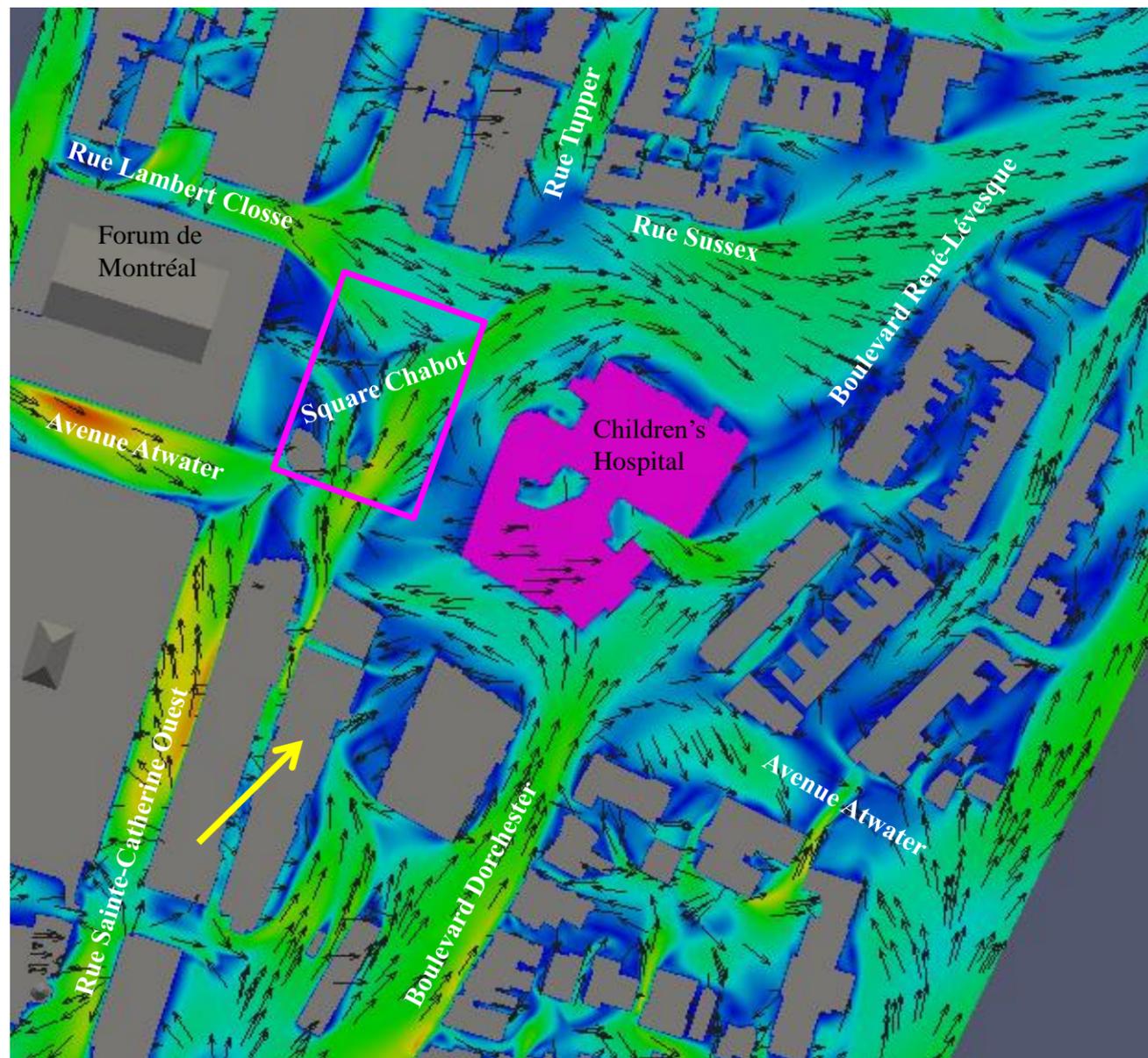
PRÉPARÉ PAR :
G.L.

REF. CLIENT :
.....

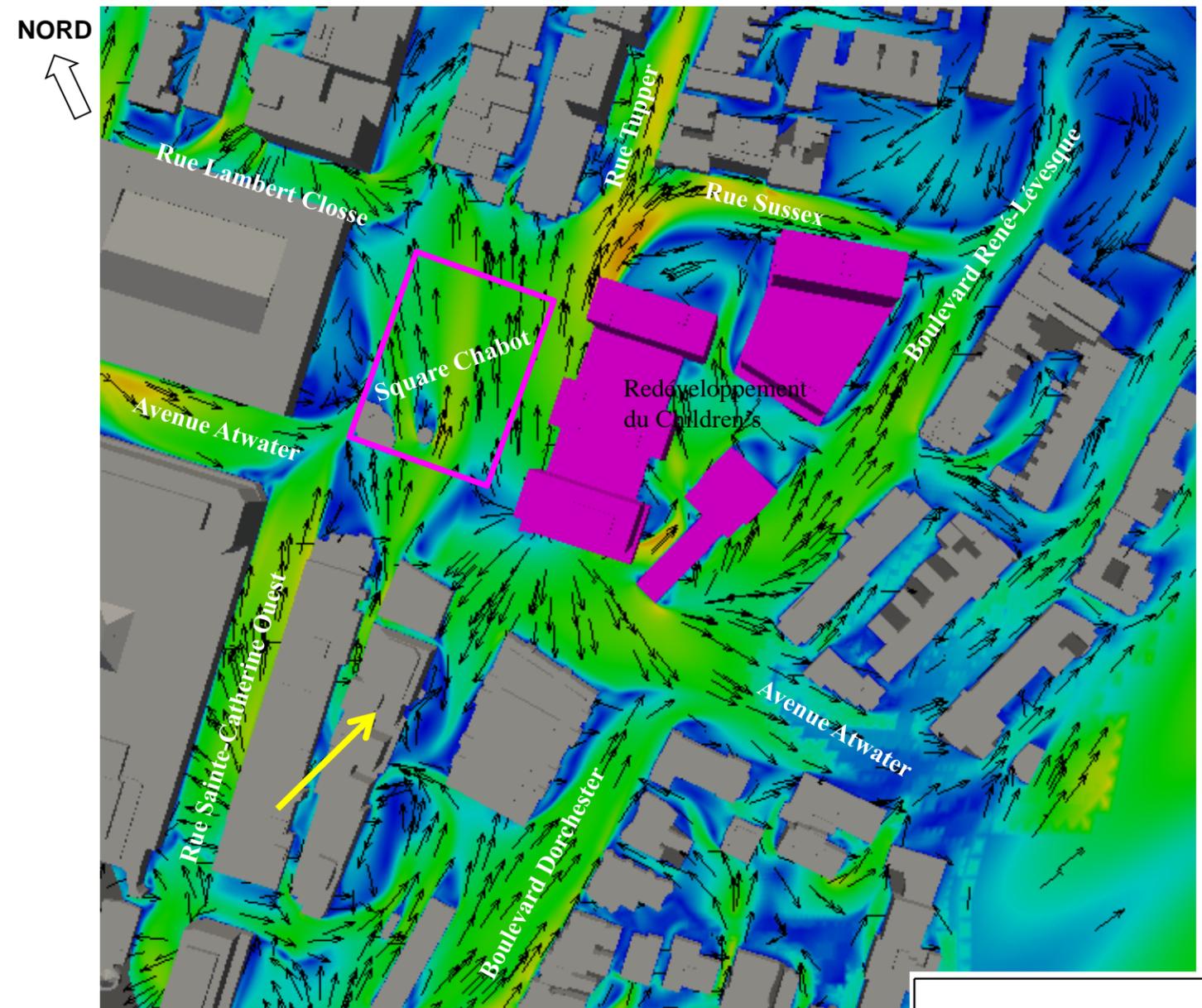
REF. LASALLE :
8001995_REV1

DATE:
Novembre 2016

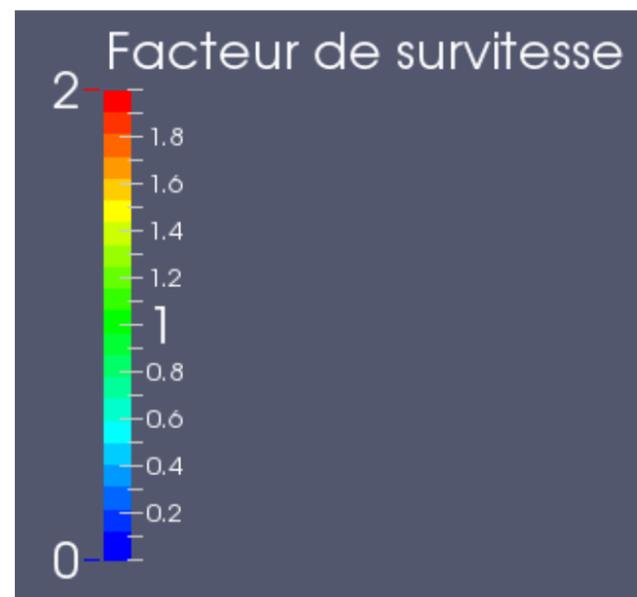
FIGURE :
6



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



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



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

lasalle nhc

CLIENT :



DEVIMCO
IMMOBILIER

PROJET :

Projet de redéveloppement du Children's
Hospital – Étude sur modèle numérique
des impacts éoliens

TITRE :

Facteur de survitesse par vent de
secteur OSO

PRÉPARÉ PAR :

G.L.

REF. CLIENT :

.....

REF. LASALLE :

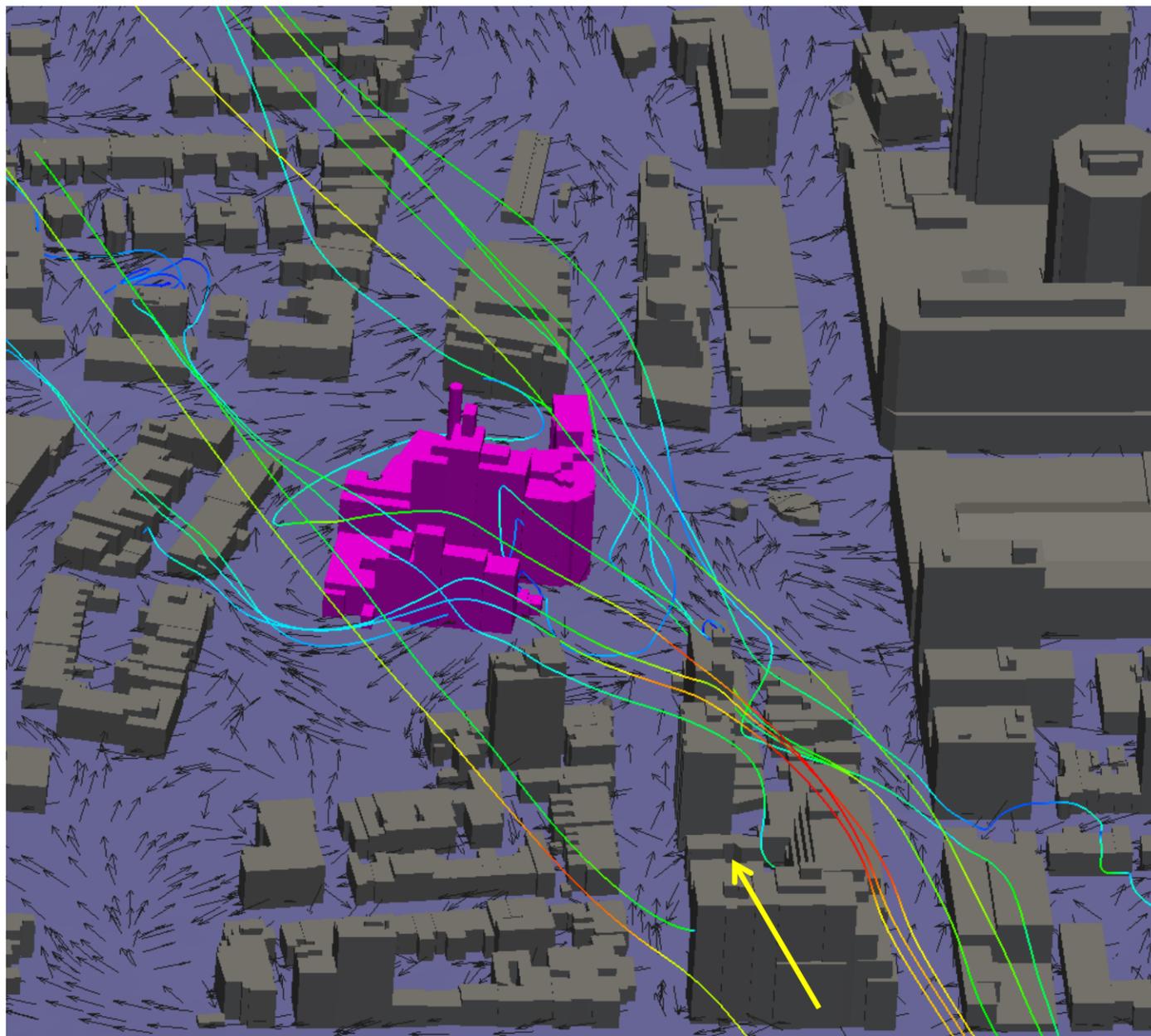
8001995_REV1

DATE :

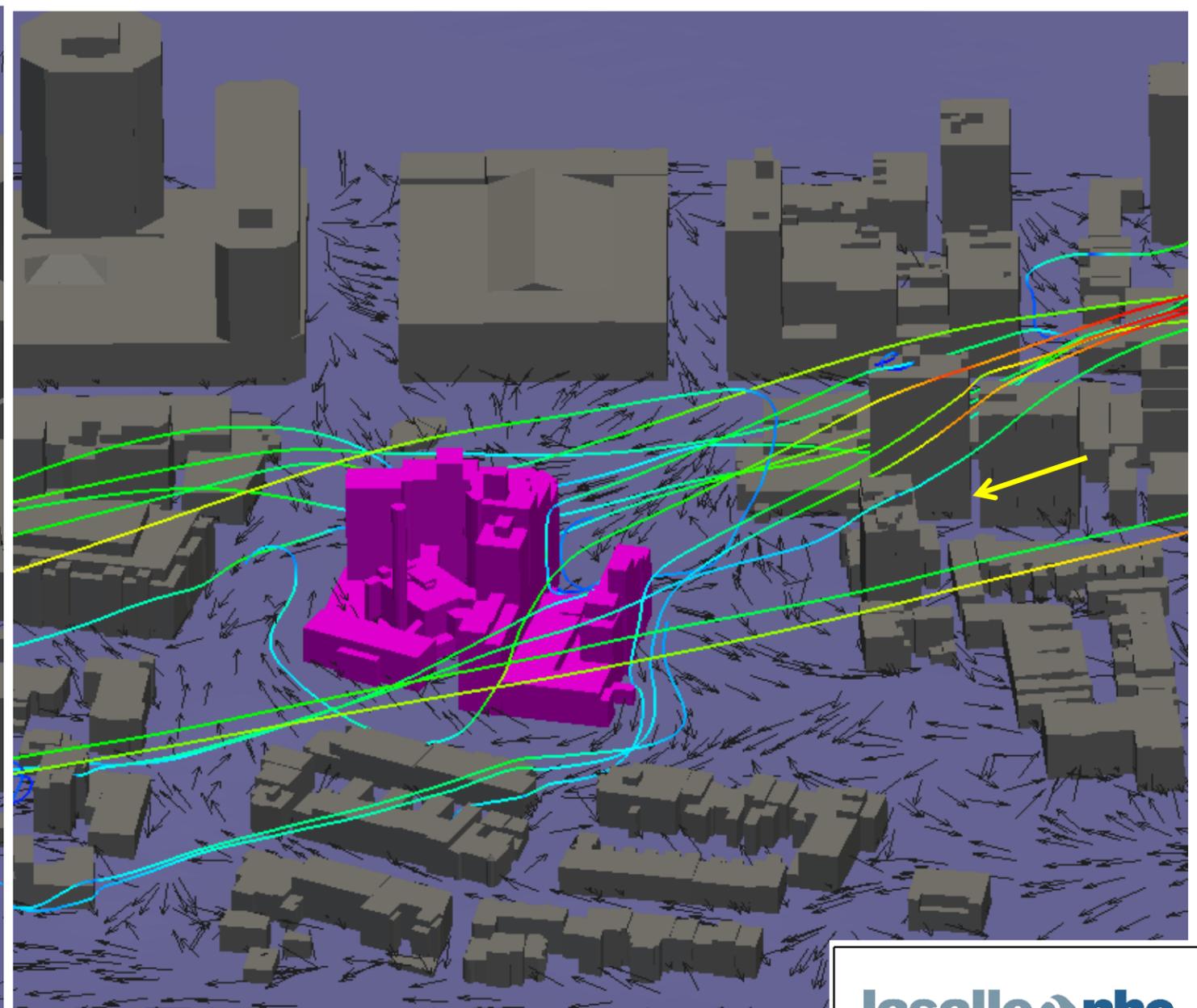
Novembre 2016

FIGURE :

7



a) Conditions de référence – lignes de courant par vent de NNE
– Vue parallèle à l'écoulement



b) Conditions de référence – lignes de courant par vent de NNE
– Vue perpendiculaire à l'écoulement

lasalle **nhc**

CLIENT :



DEVIMCO
IMMOBILIER

PROJET :

Projet de redéveloppement du Children's
Hospital – Étude sur modèle numérique
des impacts éoliens

TITRE :

Lignes de courant par vent de secteur
NNE – Conditions de référence

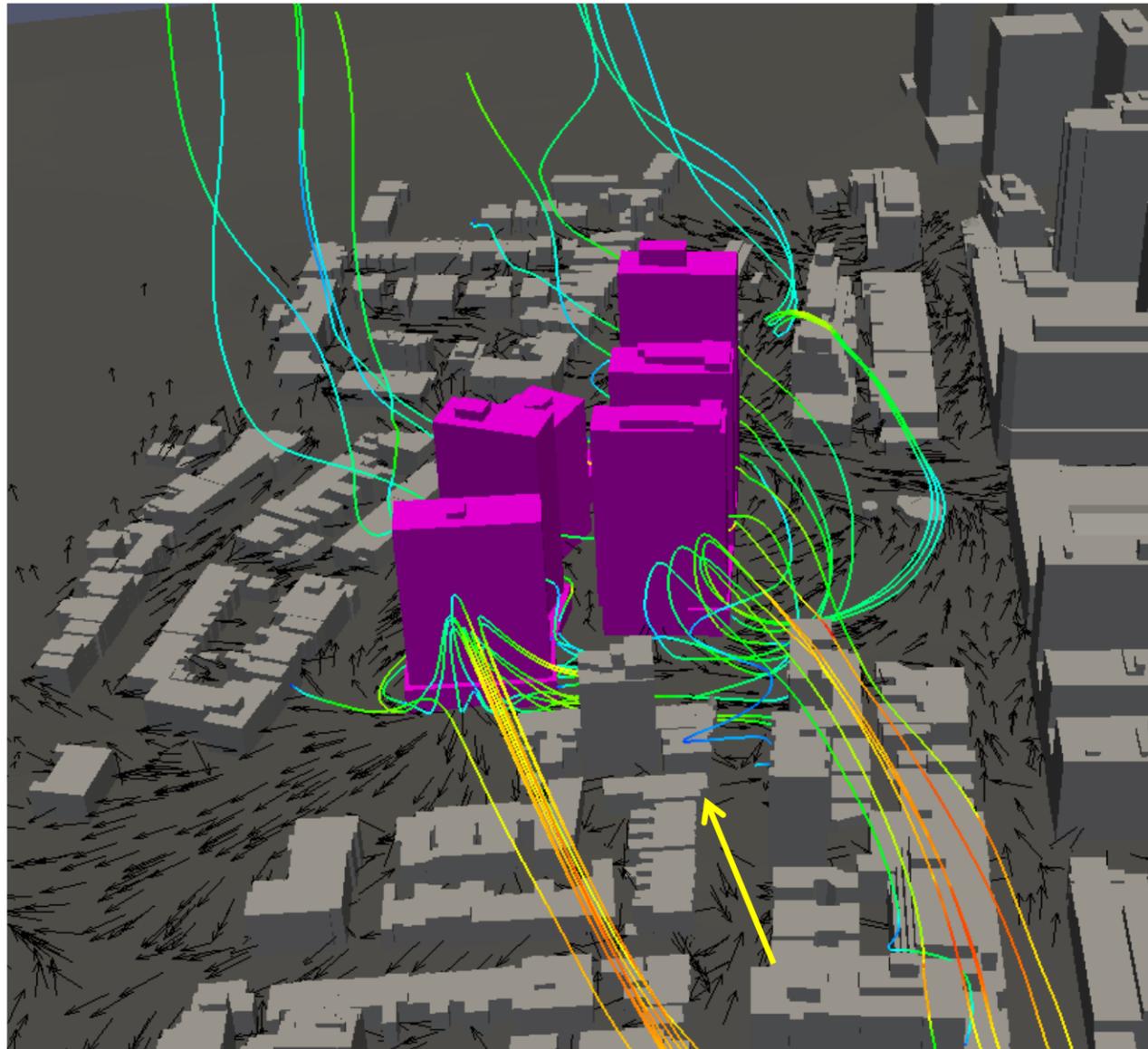
PRÉPARÉ PAR :
G.L.

REF. CLIENT :
.....

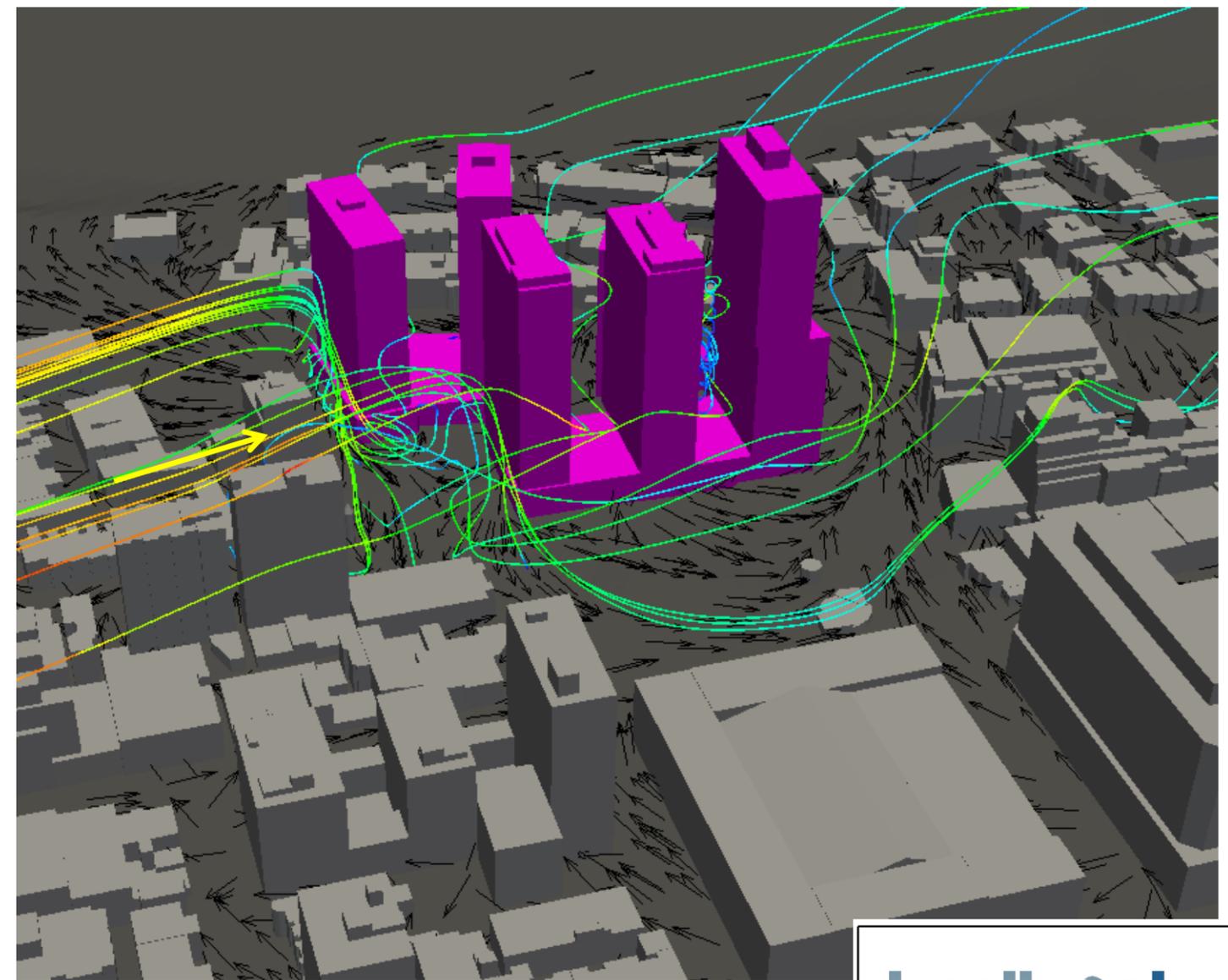
REF. LASALLE :
8001995_REV1

DATE:
Novembre 2016

FIGURE :
8



a) Conditions futures– lignes de courant par vent de NNE
– Vue parallèle à l'écoulement



b) Conditions futures– lignes de courant par vent de NNE – Vue perpendiculaire à l'écoulement

lasalle **nhc**

CLIENT :



DEVIMCO
IMMOBILIER

PROJET :

Projet de redéveloppement du Children's
Hospital – Étude sur modèle numérique
des impacts éoliens

TITRE :

Lignes de courant par vent de secteur
NNE – Conditions futures

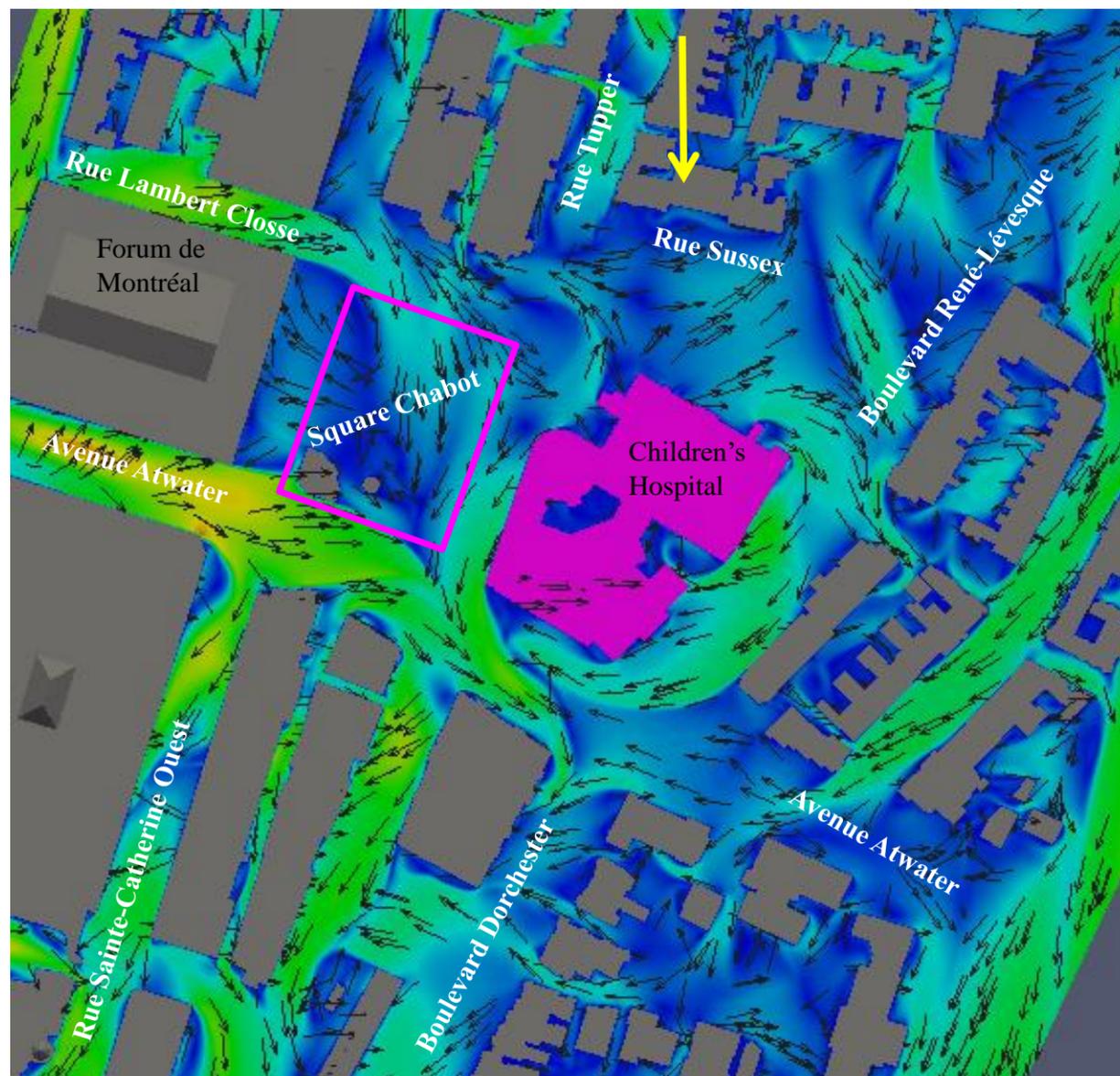
PRÉPARÉ PAR :
G.L.

REF. CLIENT :

REF. LASALLE :
8001995_REV1

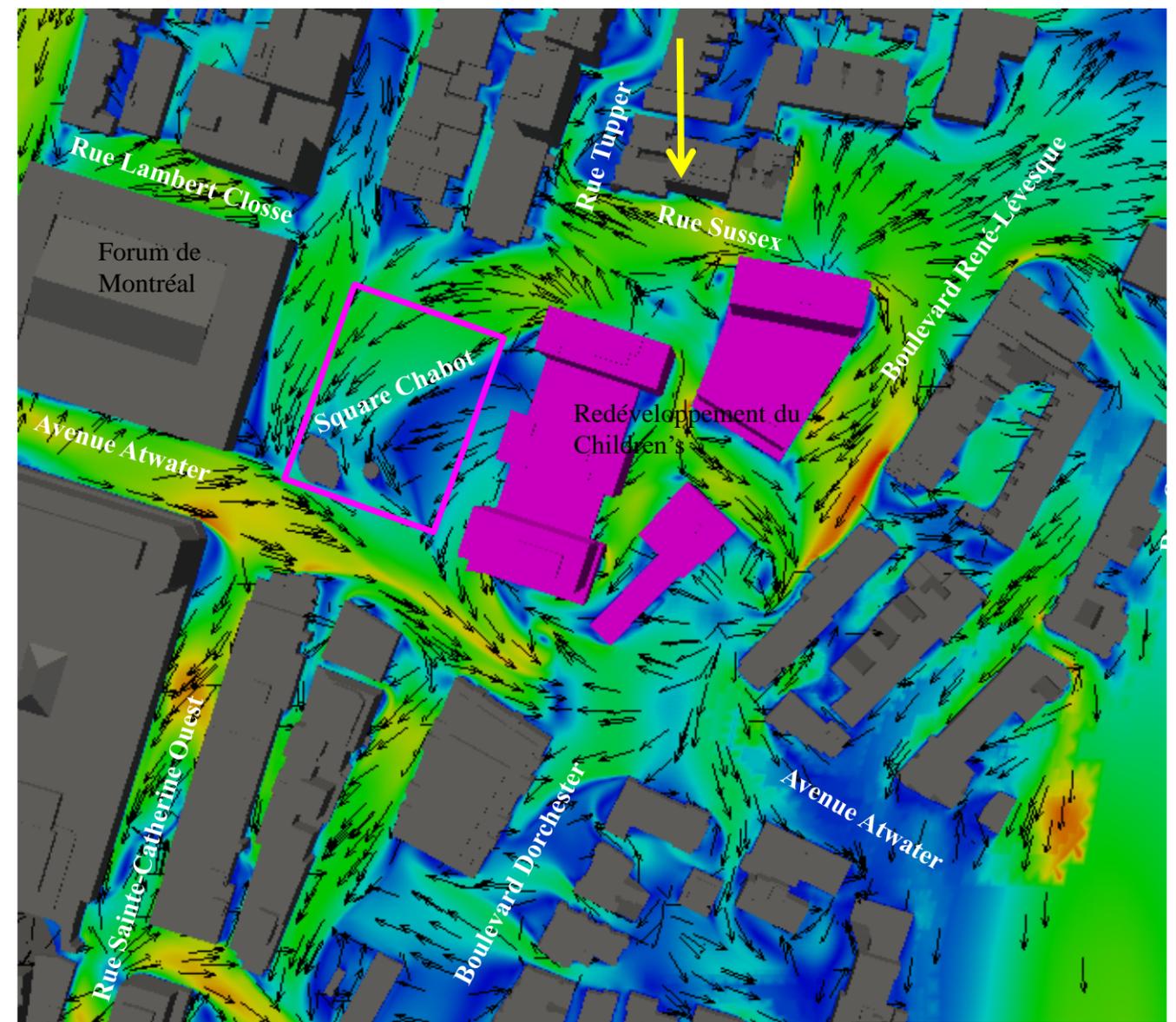
DATE:
Novembre 2016

FIGURE :
9

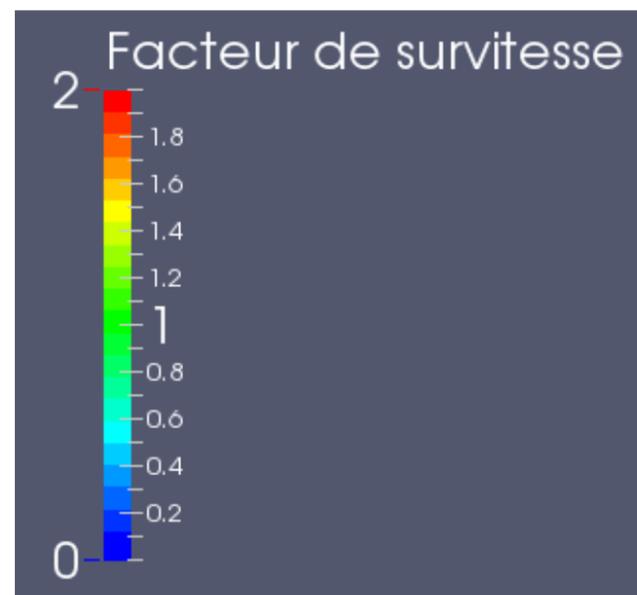


a) Conditions de référence - Facteur de survitesse par vent de secteur NNE

NORD



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



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

lasalle **nhc**

CLIENT :



DEVIMCO
IMMOBILIER

PROJET :

Projet de redéveloppement du Children's Hospital – Étude sur modèle numérique des impacts éoliens

TITRE :

Facteur de survitesse par vent de secteur NNE

PRÉPARÉ PAR :

G.L.

REF. CLIENT :

.....

REF. LASALLE :

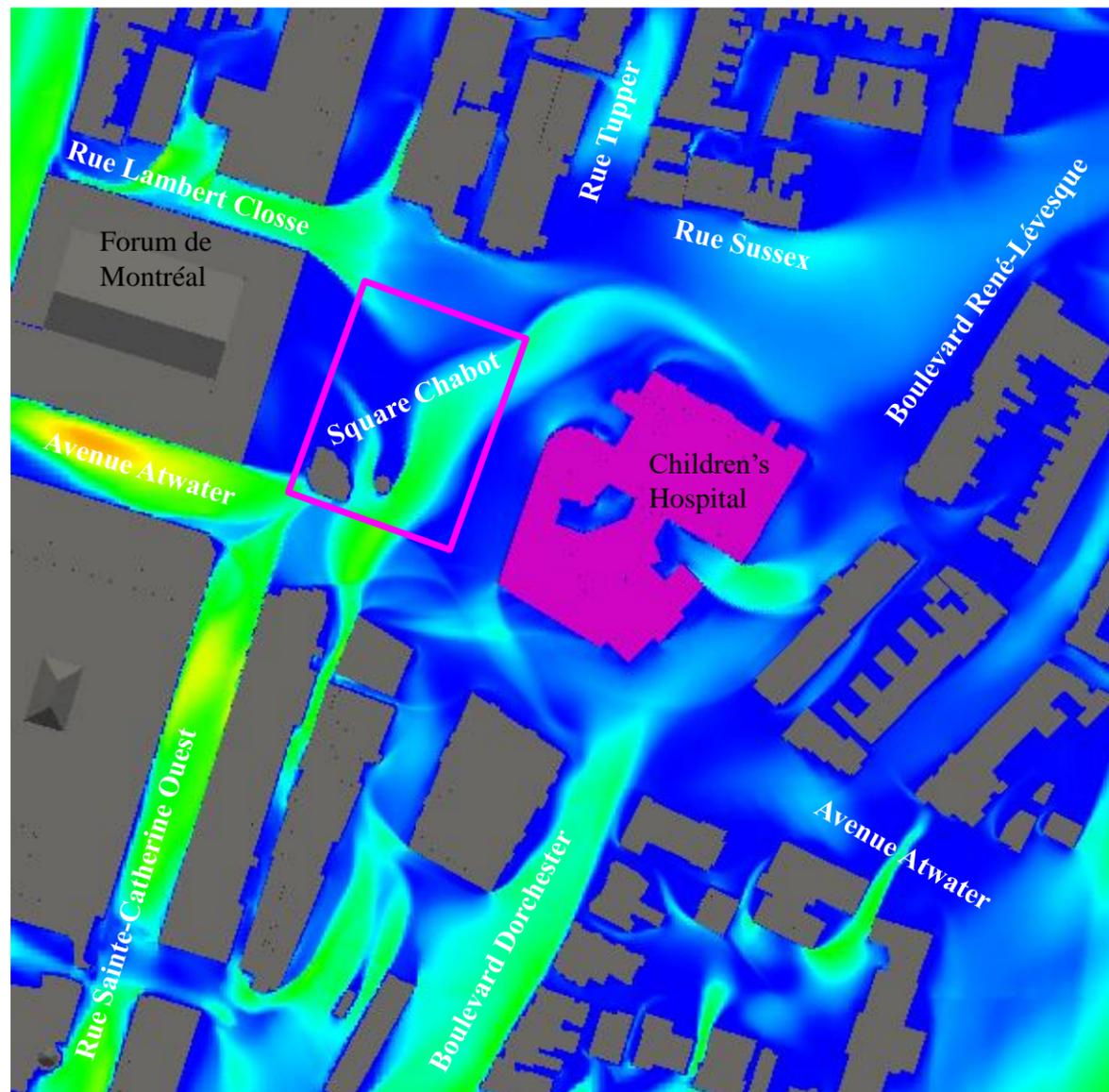
8001995_REV1

DATE :

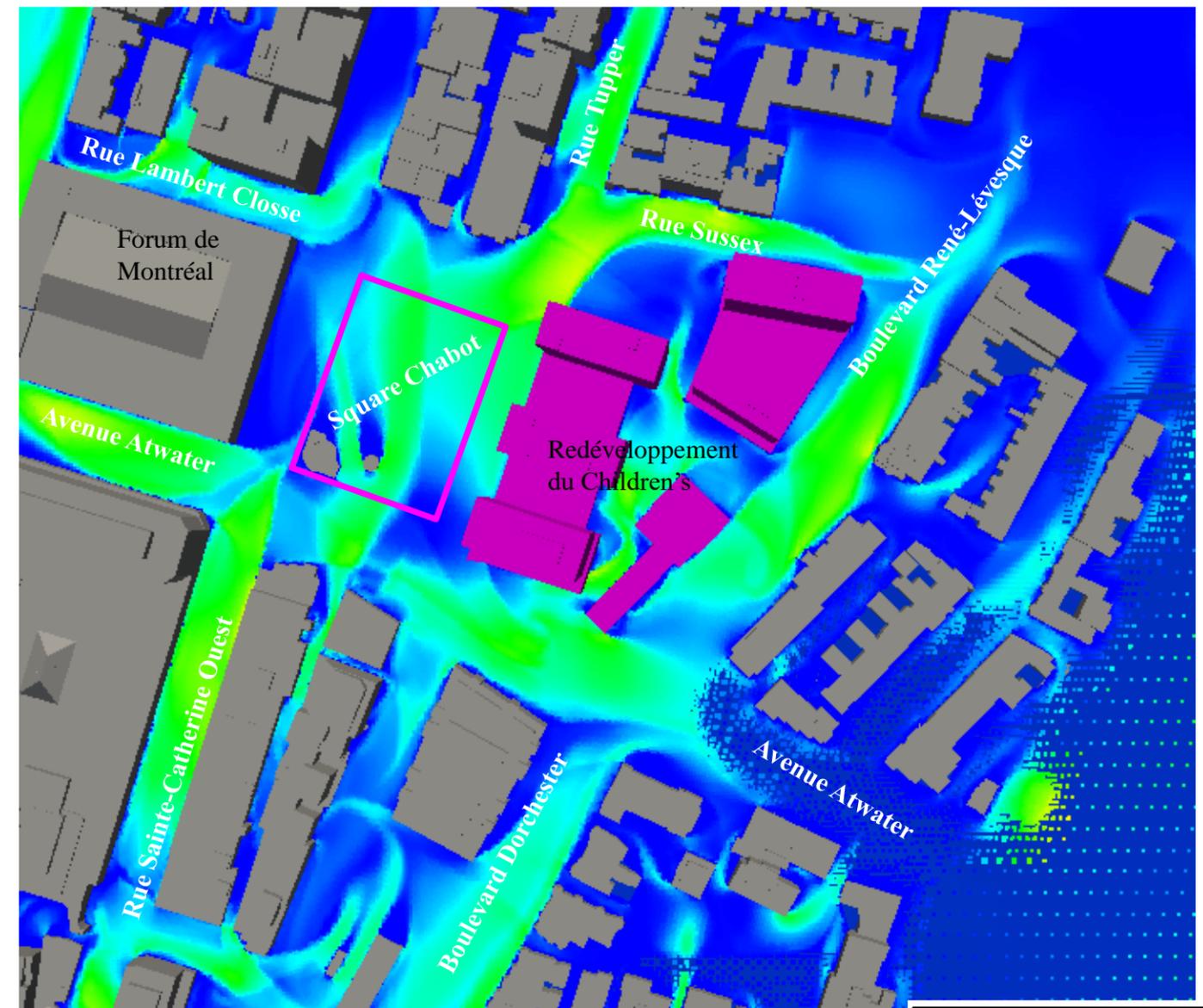
Novembre 2016

FIGURE :

10



NORD
↑

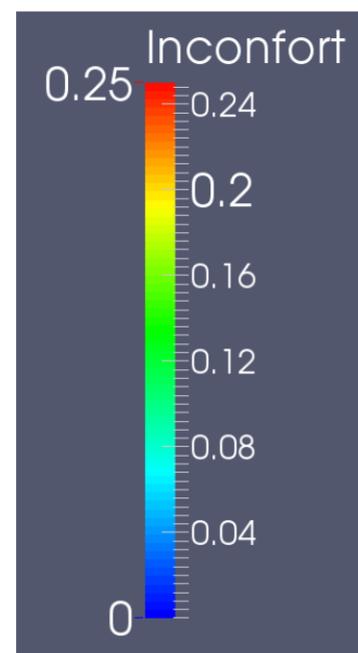


a) Conditions de référence – Fréquence annuelle d'inconfort inférieure à 25% - Critère general pour toutes les rues du secteur

b) Conditions futures – Fréquence annuelle d'inconfort inférieure à 25% - Critère general pour toutes les rues du secteur

Critère relatif aux fréquences d'inconfort:

- 25%: Critère general pour toutes les rues
- 15% pour la rue Sainte-Catherine Ouest – Selon les articles 32 et 38 du règlement d'urbanisme de l'arrondissement Ville-Marie
- 10% pour les parcs et lieux de détente – Selon le règlement d'urbanisme de l'arrondissement Ville-Marie



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

lasalle nhc

CLIENT :



DEVIMCO
IMMOBILIER

PROJET:

Projet de redéveloppement du Children's Hospital – Étude sur modèle numérique des impacts éoliens

TITRE :

Fréquences annuelles d'inconfort Inférieures à 25%

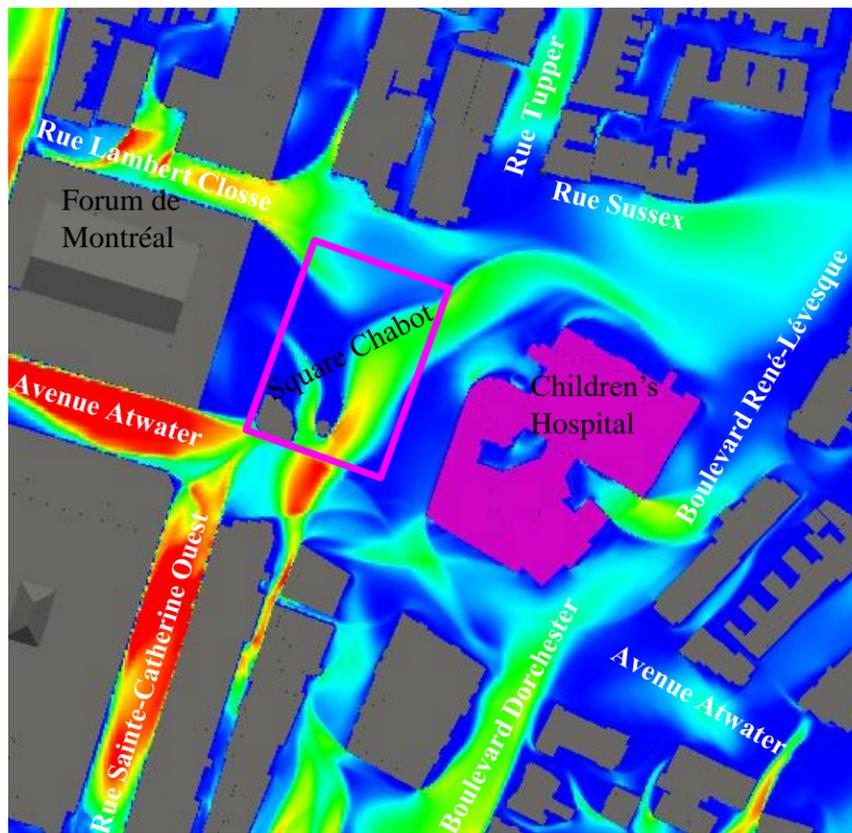
PRÉPARÉ PAR :
G.L.

REF. CLIENT :
.....

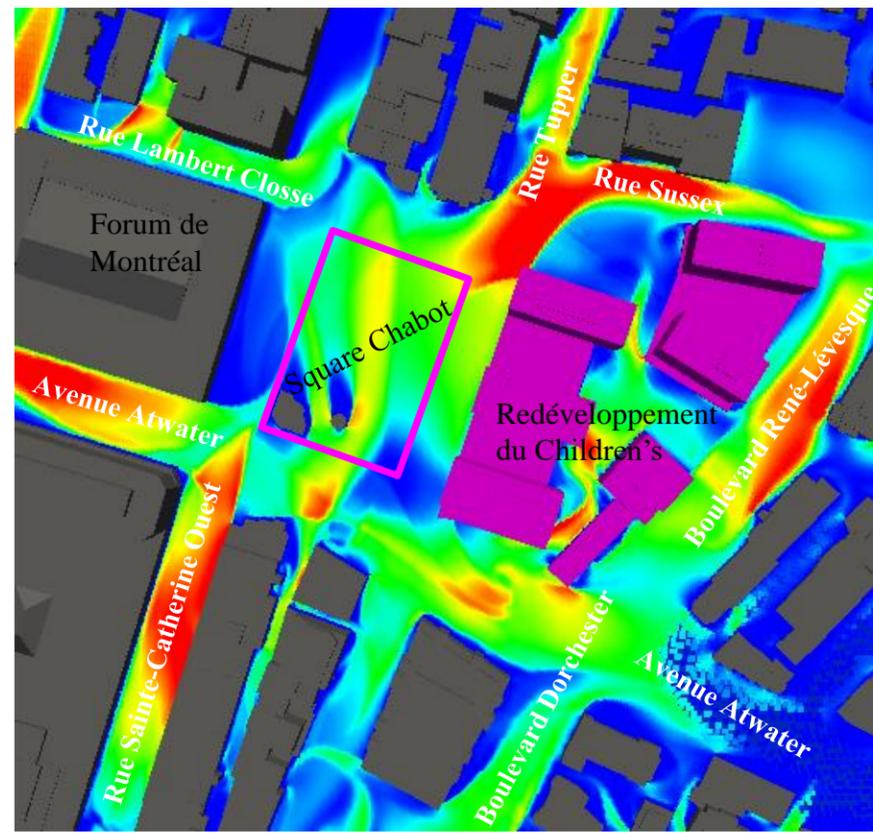
REF. LASALLE :
8001995_REV1

DATE:
Novembre 2016

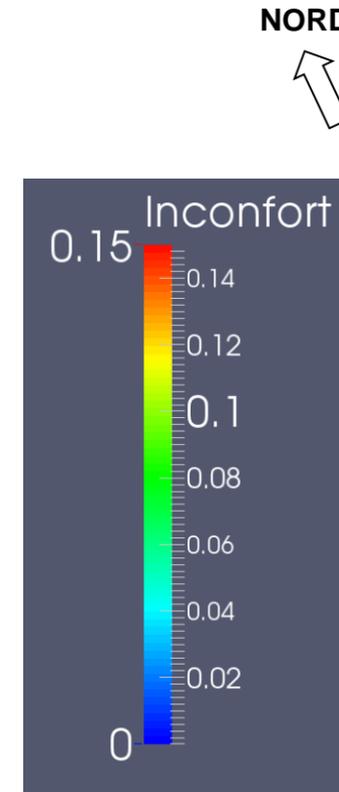
FIGURE :
11



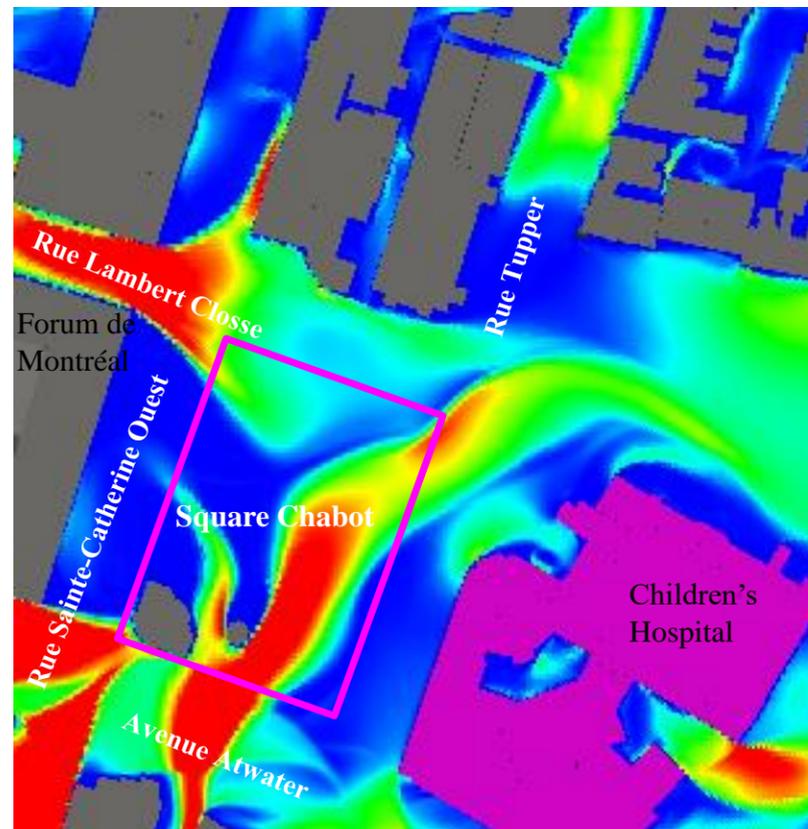
a) Conditions de référence – Fréquence annuelle d'inconfort inférieure à 15% - Critère pour la rue Sainte-Catherine Ouest



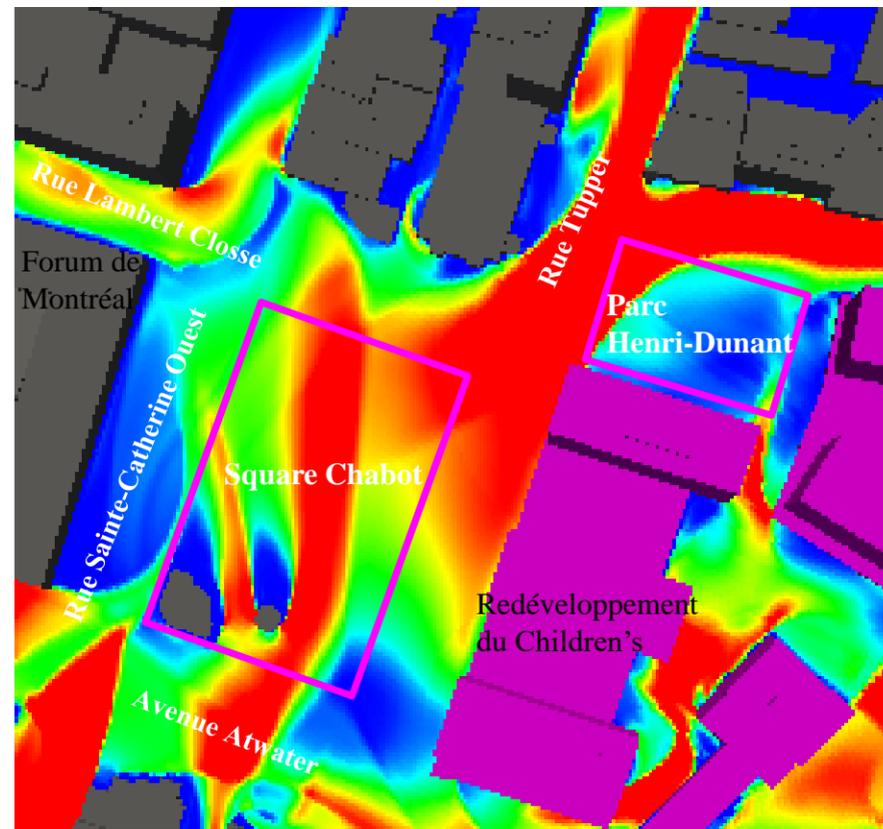
b) Conditions futures – Fréquence annuelle d'inconfort inférieure à 15% - Critère pour la rue Sainte-Catherine Ouest



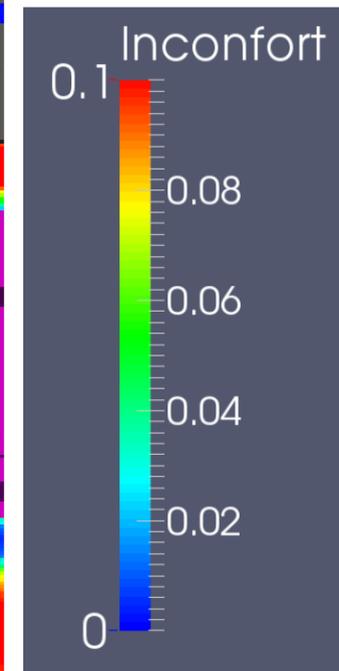
- Critère relatif aux fréquences d'inconfort:**
- 25%: Critère general pour toutes les rues
 - 15% pour la rue Sainte-Catherine Ouest – Selon les articles 32 et 38 du règlement d'urbanisme de l'arrondissement Ville-Marie
 - 10% pour les parcs et lieux de détente – Selon le règlement d'urbanisme de l'arrondissement Ville-Marie



c) Conditions de référence – Fréquence annuelle d'inconfort inférieure à 10% - Critère de parcs ou lieux de détente



d) Conditions futures – Fréquence annuelle d'inconfort inférieure à 10% - Critère de parcs ou lieux de détente



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

lasalle **nhc**

CLIENT :



DEVIMCO
IMMOBILIER

PROJET :

Projet de redéveloppement du Children's Hospital – Étude sur modèle numérique des impacts éoliens

TITRE :

Fréquences annuelles d'inconfort inférieures à 15% et 10%

PRÉPARÉ PAR :

G.L.

REF. CLIENT :

REF. LASALLE :

8001995_REV1

DATE :

Novembre 2016

FIGURE :

12