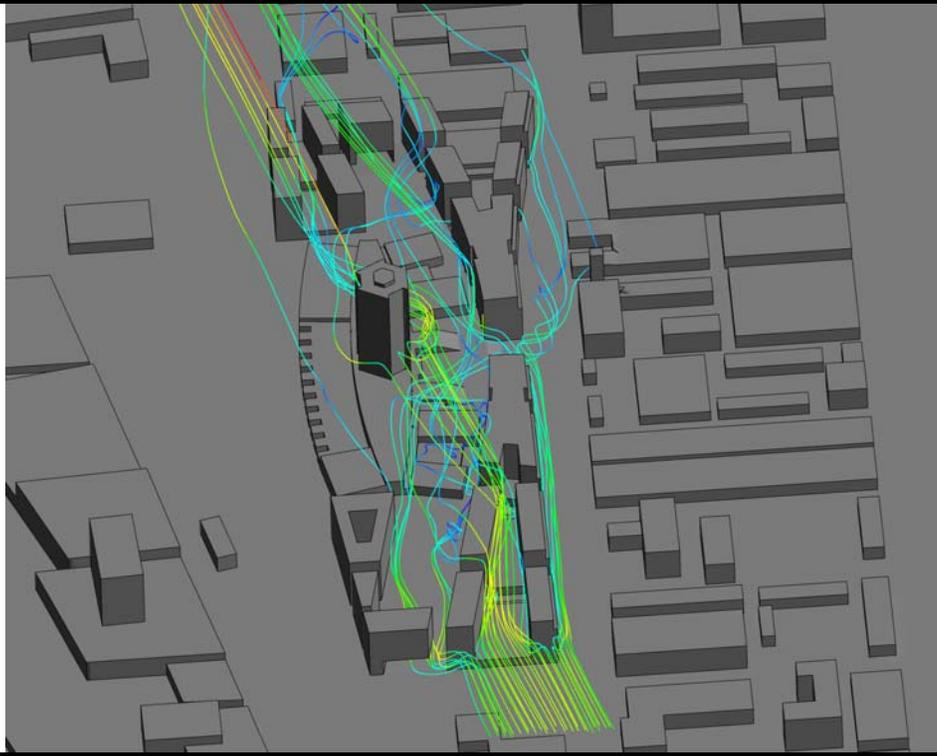


**DAOUST LESTAGE  
ARCHITECTES**



**MODERNISATION DE LA MAISON DE RADIO-CANADA  
Étude du régime des vents et des accumulations de neige**



*Le Groupe-Conseil LaSalle*

Rapport no 1673  
Novembre 2007



**Le Groupe-Conseil LaSalle Inc.**

9620, rue Saint-Patrick, LaSalle(Québec) Canada H8R 1R8

Téléphone : (514) 366-2970 / Télécopieur : (514) 366-2971

Site internet : [www.gcl.qc.ca](http://www.gcl.qc.ca)

Courrier électronique : [gcl@gcl.qc.ca](mailto:gcl@gcl.qc.ca)

***Rapport présenté à***

**DAOUST LESTAGE  
ARCHITECTES**

**MODERNISATION DE LA MAISON DE RADIO-CANADA**

**Modélisation numérique des impacts éoliens**

**Rapport no 1673**

**Novembre 2007**

**Préparé par :**

---

**Waël Taha, ing.**

---

**Tristan Aubel, ing.**

---

**Jean-Philippe Saucet, ing.**

418-101(1004)

---

## TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX  
LISTE DES FIGURES

<b>1.0</b>	<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>2.0</b>	<b>DESCRIPTION DES AMÉNAGEMENTS PROJETÉS</b> .....	<b>2</b>
<b>3.0</b>	<b>APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE</b> .....	<b>4</b>
3.1	Représentation de l'air en mouvement .....	4
3.2	Critères d'évaluation du confort éolien .....	4
3.3	Données de référence .....	8
3.4	Transposition au site à l'étude .....	8
3.5	Vitesses locales et fréquences d'inconfort.....	9
<b>4.0</b>	<b>ANALYSE DU RÉGIME DES VENTS</b> .....	<b>10</b>
4.1	Station météorologique de référence.....	10
4.2	Analyse statistique de la direction et de la vitesse des vents .....	12
4.2.1	Direction .....	12
4.2.2	Vitesse.....	12
4.3	Relevés effectués sur un site avoisinant .....	14
<b>5.0</b>	<b>MODÉLISATION NUMÉRIQUE</b> .....	<b>15</b>
5.1	Modèle numérique .....	15
5.2	Numérisation du secteur à l'étude .....	15
5.3	Conditions aux limites.....	15
<b>6.0</b>	<b>IMPACTS ÉOLIENS DU PROJET</b> .....	<b>17</b>
6.1	Vents du OSO.....	17
6.1.1	Conditions actuelles .....	17
6.1.2	Conditions futures.....	17
6.2	Vents du NNE .....	18
6.2.1	Conditions actuelles .....	18
6.2.2	Conditions futures.....	19
6.3	Fréquences annuelles d'inconfort des piétons .....	20
<b>7.0</b>	<b>ACCUMULATIONS DE NEIGE</b> .....	<b>22</b>
7.1	La maquette hydraulique .....	22
7.2	Méthodologie .....	23
7.2.1	Les caractéristiques physiques de la neige.....	24
7.2.2	Les épisodes de poudrière à Montréal .....	25
7.2.3	Caractéristiques physiques du matériau mobile .....	25
7.2.4	La mise en oeuvre du matériau mobile .....	26
7.3	Les résultats .....	27
7.3.1	Par vent de NNE.....	27
7.3.2	Par vent de OSO .....	28
7.4	Conclusions .....	28
<b>8.0</b>	<b>CONCLUSIONS</b> .....	<b>29</b>
	<b>RÉFÉRENCES</b> .....	<b>30</b>

---

## LISTE DES TABLEAUX

- TABLEAU 3.1 : Fréquence d'inconfort admissible selon l'activité
- TABLEAU 4.1 : Fréquence des vents dominants en fonction de leur vitesse et des heures considérées pour l'étude du confort des piétons

## LISTE DES FIGURES

- FIGURE 1 : Plan de localisation
- FIGURE 2 : Conditions d'aménagement actuelles et futures
- FIGURE 3 : Roses des vents annuelles – Aéroports de Dorval et Saint-Hubert
- FIGURE 4 : Analyse statistique des vents – Aéroport Pierre-Elliott-Trudeau (Dorval)
- FIGURE 5 : Résultats de modélisation – Vent de secteur OSO
- FIGURE 6 : Résultats de modélisation – Vent de secteur NNE
- FIGURE 7 : Visualisation des lignes de courant générées par un vent de OSO
- FIGURE 8 : Visualisation des lignes de courant générées par un vent de NNE
- FIGURE 9 : Fréquence d'inconfort des piétons
- FIGURE 10 : Statistique des vents à Montréal en présence de poudrerie
- FIGURE 11 : Étude des conditions d'enneigement – Conditions actuelles – Nord-Nord-Est
- FIGURE 12 : Étude des conditions d'enneigement – Conditions futures – Nord-Nord-Est
- FIGURE 13 : Épaisseur des accumulations de neige par vent de Nord-Nord-Est
- FIGURE 14 : Étude des conditions d'enneigement – Conditions actuelles – Ouest-Sud-Ouest
- FIGURE 15 : Étude des conditions d'enneigement – Conditions futures – Ouest-Sud-Ouest
- FIGURE 16 : Épaisseur des accumulations de neige par vent de Ouest-Sud-Ouest

---

## 1.0 INTRODUCTION

Dans le cadre du projet de modernisation de la Maison de Radio-Canada, située au 1400 boulevard René-Lévesque Est, le Groupe-Conseil LaSalle a été mandaté par la firme d'architectes Daoust-Lestage en vue de réaliser une étude des impacts éoliens associés aux aménagements projetés, et de préciser les risques d'accumulations de neige excessives sur le toit qui sera modifié par l'ajout d'un basilaire.

L'étude, qui repose sur l'utilisation d'un modèle numérique tridimensionnel simulant l'interaction entre les vents dominants et le bâti urbain, vise essentiellement à quantifier les fréquences de confort (ou d'inconfort) éolien ressenties par les piétons accédant au site ou circulant en périphérie, dans les conditions d'aménagement actuelles et futures.

Le présent rapport rend compte de la méthodologie et des résultats de l'étude selon sept cinq sections distinctes. Après une brève description du site à l'étude (section 2), la section 3 résume l'approche méthodologique ayant guidé l'évaluation des impacts éoliens. La section 4 présente ensuite une analyse du régime des vents applicable au site à l'étude. Les grandes lignes de la modélisation numérique sont exposées à la section 5 et la section 6 présente les résultats obtenus. Finalement, la section 7 est consacrée à la simulation du transport et du dépôt de la neige sur les toits, en conditions actuelles et futures.

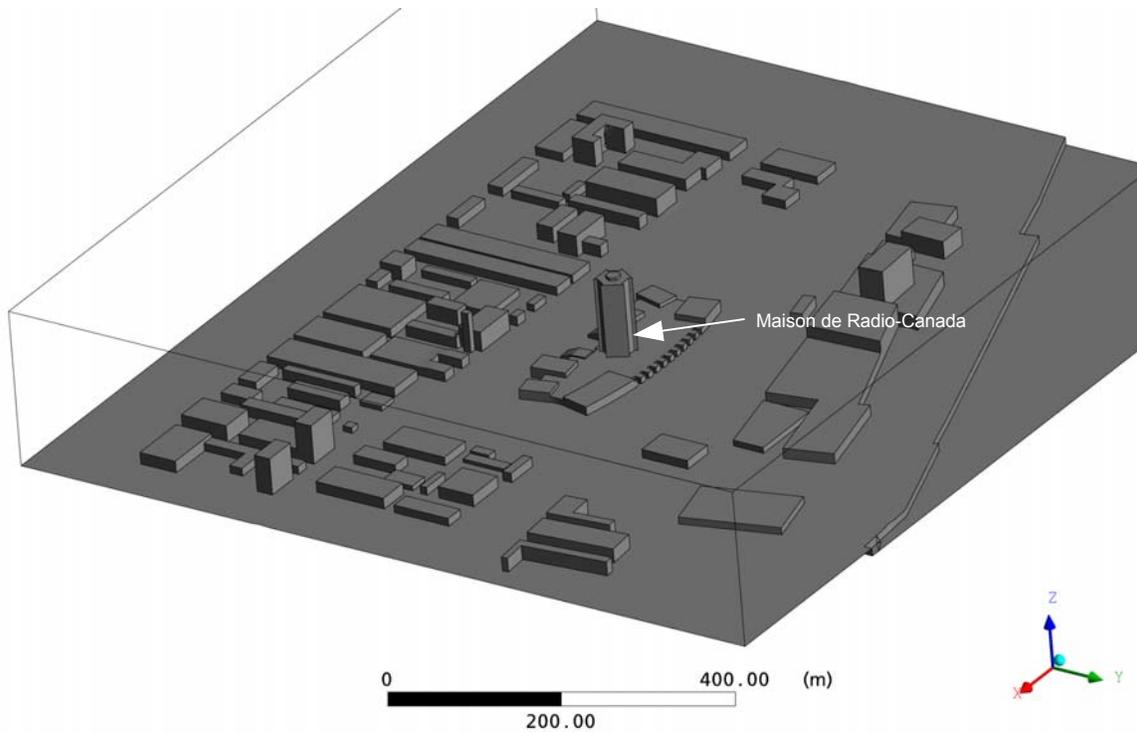
## 2.0 DESCRIPTION DES AMÉNAGEMENTS PROJETÉS

La Maison de Radio-Canada est centrée sur le quadrilatère composé par la rue Wolf et l'avenue Papineau à l'Ouest et à l'Est et par les rues Viger et René-Lévesque au Sud et au Nord (figure 1).

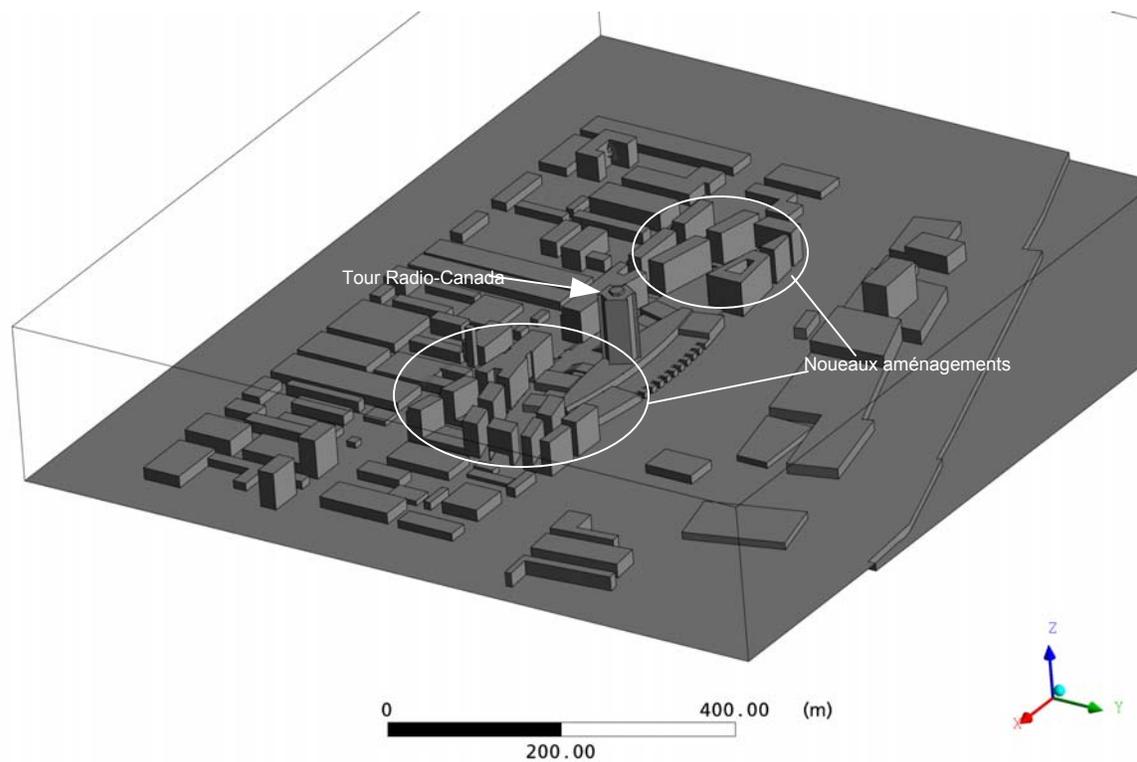


Figure 1 : Plan de localisation

La figure 2 illustre les conditions d'aménagement actuelles et projetées. Par rapport à la configuration actuelle du secteur, les modifications les plus importantes associées au projet surviennent dans les terrains de stationnement, où seront érigés les bâtiments autour du complexe actuel de la Maison de Radio-Canada. Des places publiques et des rues commerçantes sont prévues entre les nouveaux bâtiments sur une vaste terrasse surélevée d'environ 4 m par rapport au niveau de la rue. Le basilaire autour de la tour principale sera également élevé de 2 étages.



a) Conditions actuelles



b) Conditions futures



**Le Groupe-Conseil LaSalle**

PROJET :

**Modernisation de la maison de Radio-canada – études des impacts éoliens**

CLIENT :

DAOUST LESTAGE inc.  
architecture et design urbain

TITRE :

**Conditions d'aménagement actuelles et futures**

DATE :

Septembre 2007

PRÉPARÉ PAR :

TA

REF. CLIENT :

-----

REF. LASALLE :

-----

FIGURE :

**2**

## 3.0 APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

### 3.1 Représentation de l'air en mouvement

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  $\alpha$  et  $z_g$  dépendent essentiellement du type de rugosité de sol. La valeur de  $\alpha$  est faible ( $\alpha = 0,14$ ) dans un environnement de lac ou de plaine, qui apparaît comme une surface relativement "lisse". Elle augmente à  $\alpha = 0,25$  pour un vent balayant une forêt ou une zone de banlieue et atteint  $\alpha = 0,36$  au-dessus d'un centre-ville dense, fortement "rugueux" [1].

### 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, ou 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 correspondant 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  $\sigma$ .

Divers auteurs ont ainsi retenu des combinaisons variées de  $U$  et  $\sigma$  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] :

$$U + \sigma \leq 6 \text{ m/s}$$

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

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  $\sigma$  n'est pas indépendant de la vitesse moyenne et croît avec elle. L'intensité de la turbulence :

$$i = \frac{\sigma}{U} \tag{3.2}$$

est en effet comprise entre 0,15 et 0,30 pour la majorité des cas pratiques et l'écart type  $\sigma$  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 :

$$U + 0,25U = 6 \text{ m/s}$$

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

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

$$U + 0,875 U = 9 \text{ m/s}$$

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

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, car elle privilégie des vitesses instantanées ne s'écartant que peu de la valeur moyenne et 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 :

$$U + \sigma \leq 6 \text{ m/s} \quad (3.3)$$

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 :

$$U + \sigma \leq 4 \text{ m/s} \quad (3.4)$$

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  $20^\circ\text{F}$ .

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

**TABLEAU 3.1 : Fréquence d'inconfort admissible selon l'activité**

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

Il est à souligner que les règlements de la Ville de Montréal touchant les impacts éoliens définissent les fréquences maximales d'inconfort admissibles pour les principales artères du centre-ville. Dans la zone à l'étude, la rue Wolfe et l'avenue Papineau, entre le boulevard René-Lévesque et la rue Viger, le boulevard René-Lévesque, entre la rue Wolfe et l'avenue Papineau sont sujets à restriction, avec une fréquence d'inconfort ne devant pas dépasser 15%. Sur la terrasse surélevée, entre les nouveaux bâtiments, la fréquence d'inconfort ne doit pas dépasser

10% à cause de l'activité marchande et des aires de repos prévues entre les nouveaux bâtiments.

### 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) applicables au site à l'étude. En règle générale, ces informations proviennent de stations météorologiques permanentes situées à proximité du site, et disposant de données horaires sur des périodes suffisamment longues. On doit également s'assurer que la station choisie permet 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-Eliot-Trudeau (Dorval). La section 4.1 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  $U_{météo}$  obtenue à la station météo à une valeur correspondante  $U_{site}$  aux abords du site à l'étude :

$$U_{site} = k U_{météo} \quad (3.5)$$

où  $k$  est le coefficient de recalage. Les vitesses  $U_{météo}$  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 :

$$k = \left( \frac{Z_{g_{météo}}}{10} \right)^{\alpha_{météo}} \left( \frac{10}{Z_{g_{site}}} \right)^{\alpha_{site}} \quad (3.6)$$

Pour la station météorologique de Dorval, on suppose des conditions de banlieue et on pose  $a_{météo} = 0,25$  et  $Z_g \text{ météo} = 330$  m. Pour le secteur à l'étude, au centre-ville, on utilise  $a_{site} = 0,36$ ,  $Z_g \text{ site} = 400$  m [1]. On obtient alors un coefficient de recalage de  $k = 0,635$ , ce qui implique qu'à 10 m du sol, la vitesse du vent sur le site à l'étude équivaut à 63,5% de la valeur enregistrée au même moment à la station de Dorval.

Comme on le verra à la section 4.3, des relevés ponctuels de la vitesse du vent effectués sur un site avoisinant ont permis de préciser la valeur du coefficient  $k$ , qui a été fixée à 71% pour l'ensemble 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 :

$$\psi = \frac{U + \sigma}{(U + \sigma)_{site}} = \frac{U + \sigma}{kU_{météo}(1 + i_{site})} \quad (3.7)$$

où  $U+s$  correspond à la valeur maximale du vent à hauteur de piéton en un point donné du site à l'étude. La valeur de  $\psi$  est obtenue sur modèle réduit (soufflerie ou hydraulique) ou modèle numérique, en comparant les vitesses locales  $U+s$  liées à la présence des bâtiments avec la vitesse nominale  $(U+s)_{site}$  établie sur le site sans l'influence des aménagements projetés.

En fixant l'intensité de la turbulence sur le site à  $i_{site} = 0,3$ , on peut reformuler l'équation (3.7) comme suit :

$$U_{météo} = \frac{U + \sigma}{1,3k\psi} \quad (3.8)$$

En substituant pour chacun des points considérés, pour l'analyse du confort éolien, les limites de  $U+s$  correspondant aux seuils de confort estival et hivernal, soit les valeurs de 6 et 4 m/s des équations (3.3) et (3.4), on peut obtenir le vent moyen correspondant  $U_{météo}$  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

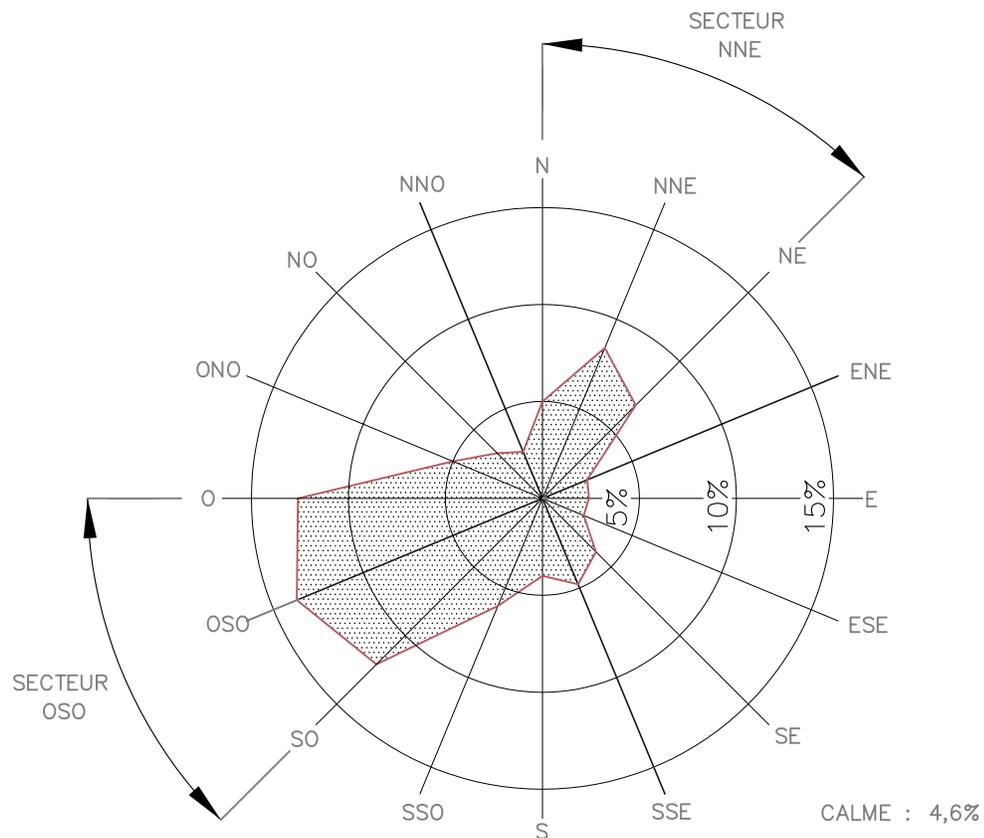
Deux stations météorologiques principales sont situées à proximité du site: celle de l'aéroport de Dorval (à environ 15 km au OSO) et celle de l'aéroport de Saint-Hubert (12 km à l'Est). La figure 3 donne, pour ces deux sites, la rose des vents obtenue sur une base annuelle. À Dorval, deux secteurs sont prédominants: le premier, centré sur l'Ouest-Sud-Ouest prévaut 38% du temps alors que le secteur Nord-Nord-Est compte pour 20% des observations. Les secteurs dominants du 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 3). Ces derniers sont favorisés par l'orientation Nord-Sud de la vallée du Richelieu.

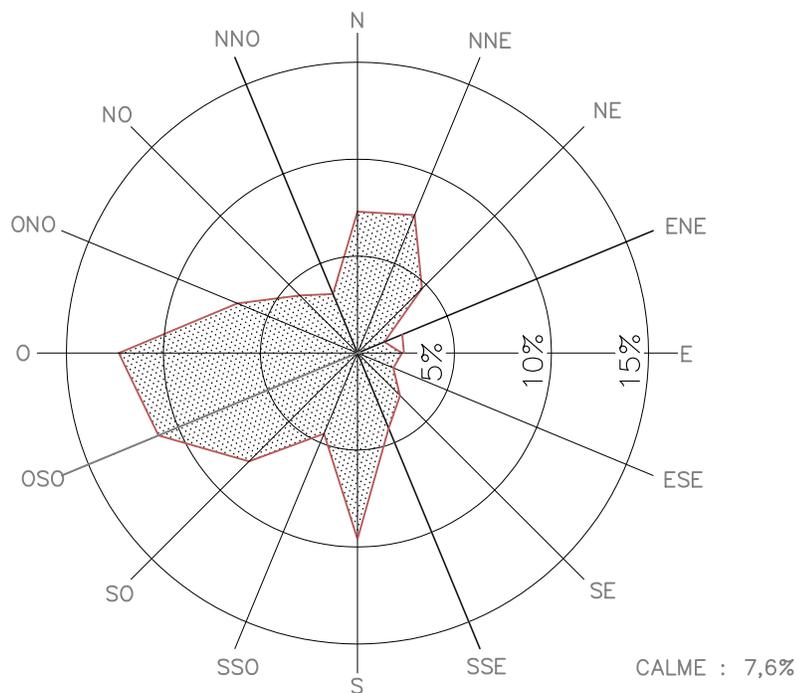
Pour les études d'impacts éoliens touchant l'île de Montréal, on doit privilégier les données de l'aéroport de Dorval puisque la tendance Nord-Sud des vents observés à Saint-Hubert est avant tout applicable à la rive Sud de Montréal.

Des données de vent sont également disponibles pour deux stations de moindre importance situées encore plus près du site à l'étude, soient celles de McGill et McTavish. Toutefois, ces deux stations sont situées au pied du mont Royal et les données qui y ont été recueillies subissent l'influence de la montagne (effets de protection, de déflecteur...). Par surcroît, Environnement Canada ne compile pas, pour ces stations, de statistiques détaillées sur la fréquence de la direction et de la vitesse des vents.

Dans ces conditions, on choisit comme référence la station météorologique de l'aéroport de Dorval.



a) Aéroport P.E. Trudeau (Dorval)



a) Aéroport de St-Hubert

**Le Groupe-Conseil LaSalle Inc.**



9620, rue Saint-Patrick  
LaSalle, Québec  
Canada H8R 1R8

DA OUST LESTAGE inc.  
architecture et design urbain

PROJET: Modernisation de la maison  
de Radio-Canada  
Étude des impacts éoliens

TITRE: ROSES DES VENTS ANNUELLES  
AÉROPORTS P.E. TRUDEAU ET  
ST-HUBERT

DESSINÉ PAR:  
P.T.

RÉF. CLIENT:  
-

RÉF. LASALLE:  
-

ÉCHELLE:  
-

DATE:  
SEPTEMBRE 2007

FIGURE:

3

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

### 4.2.1 Direction

La figure 4a illustre les roses des vents obtenues d'après les données recueillies à l'aéroport de Dorval (1951-1980) 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 clairement évidente 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 celle du SO.

L'ensemble de ces résultats confirme donc que, pour des immeubles situés 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.

### 4.2.2 Vitesse

La figure 4b 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 41% 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 :

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

À partir des données de vent historiques recueillies à la station météo de l'aéroport de Dorval, 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 4.1 exprime ces résultats en donnant la fréquence annuelle correspondant à huit (8) classes distinctes de vitesses du vent. Par exemple, d'avril à septembre, entre 6:00 et 22:00, des vents de l'OSO de 20 à 28 km/h sont, en moyenne, observés pendant 394 heures ce qui correspond, sur une base annuelle (8 760 heures), à une fréquence de 4,50%.

**TABLEAU 4.1 : 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))

Période	Avril à septembre 6:00 à 22 heures				Octobre à mars 8:00 à 18 heures			
	OSO		NNE		OSO		NNE	
Vitesse (km/h)	Fréquence %	Nombre d'heures	Fréquence %	Nombre d'heures	Fréquence %	Nombre d'heures	Fréquence %	Nombre D'heures
1 à 5	1,13	99	0,97	85	0,43	38	0,38	33
6 à 11	2,77	243	1,60	140	0,97	85	0,78	68
12 à 19	6,93	607	3,20	280	2,52	221	1,82	159
20 à 28	4,50	394	1,36	119	2,40	210	1,21	106
29 à 38	1,34	117	0,33	29	1,38	121	0,47	41
39 à 49	0,23	20	0,04	4	0,37	32	0,13	11
50 à 61	0,02	2	0,01	1	0,06	5	0,03	3
62 et plus	0,00	0	0,01	0	0,00	0	0,00	0
<b>TOTAL</b>	<b>16,92</b>	<b>1482</b>	<b>7,52</b>	<b>658</b>	<b>8,13</b>	<b>712</b>	<b>4,82</b>	<b>421</b>

En additionnant les probabilités du tableau 4.1, 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 Dorval. Ces fréquences cumulatives, illustrées graphiquement à la figure 4c, servent de base à l'analyse des conditions de confort des piétons.

### 4.3 Relevés effectués sur un site avoisinant

Une série de mesures de la vitesse du vent a été effectuée le 13 avril 2006 à proximité de la zone à l'étude, entre 12h et 16h. Ces relevés visaient à préciser le facteur de recalage défini à la section 3.4 dans le cadre d'une autre étude. Les résultats peuvent être réutilisés pour la présente étude en raison de la proximité de la Maison de Radio-Canada du site où les mesures ont été effectuées.

Des vents d'Ouest d'une vitesse moyenne horaire de 28,5 km/h ont été enregistrés à l'aéroport de Dorval durant cette période. Sur le site, la direction et la vitesse du vent ont été relevées à une cinquantaine de points dispersés dans toute la zone à l'étude. L'ensemble de ces points a donné une vitesse moyenne de 14 km/h à 2 m du sol.

En ramenant cette valeur à 10 m du sol, on obtient un coefficient de recalage de  $k = 0,89$  entre la station de Dorval et le site. Ce coefficient de recalage paraît toutefois élevé. Comme on l'a mentionné précédemment, la station de Dorval est située dans une zone faiblement urbanisée (banlieue) qui donnerait théoriquement un coefficient de recalage de 0,635 avec le centre-ville.

Si l'on écarte les valeurs qui sont clairement dues à des rafales, la vitesse moyenne est plutôt de 12,5 km/h. Le coefficient de recalage serait alors 0,783 (à 10 m du sol).

Afin de concilier le degré d'urbanisation autour de la station de Dorval avec les mesures in situ, on a fixé le coefficient de recalage à  $k = 0,71$  pour l'ensemble de l'étude.

## **5.0 MODÉLISATION NUMÉRIQUE**

### **5.1 Modèle numérique**

La modélisation des écoulements de vent dans le quartier de la Maison de Radio-Canada est effectuée à l'aide du modèle numérique tridimensionnel CFX5, développé par la firme ANSYS, qui résout par la méthode des volumes finis les équations de base de la dynamique de fluides (équations de Navier-Stokes). Le modèle a été utilisé en régime stationnaire.

### **5.2 Numérisation du secteur à l'étude**

Le secteur à l'étude a été numérisé d'après la représentation tridimensionnelle du quartier, fournie par les architectes pour les conditions d'aménagement actuelles et futures. La maquette 3D était délimitée par les rues Sainte-Catherine au Nord, la berge du fleuve Saint-Laurent au Sud, la rue Saint-André à l'Ouest et la rue Dorion à l'Est (figure 2).

Afin d'obtenir des conditions aux limites adéquates, ce quadrilatère a été élargi d'environ 100 m dans chaque direction. Le domaine de calcul s'étend donc sur 1 200 m dans la direction Est-Ouest et sur 1 000 m dans la direction Nord-Sud. Sur la verticale, le domaine atteint l'élévation 200 m. Le sol, défini par la topographie du secteur, constitue la limite inférieure du domaine.

Le volume décrit ci-dessus est représenté par un ensemble de 650 000 nœuds reliés entre eux par un maillage tétraédrique non structuré. Le maillage, effectué à l'aide du logiciel ANSYS ICEM CFD, permet de prendre en compte la géométrie de chacun des bâtiments (ou groupes de bâtiments). La taille des mailles est variable selon l'importance des détails de l'écoulement que l'on recherche. Par exemple, autour de la Maison de Radio-Canada, le maillage est raffiné pour que les éléments tétraédriques aient des arêtes de 1,5 m de long.

### **5.3 Conditions aux limites**

Les directions du vent modélisées correspondent aux vents dominants relevés sur l'île de Montréal (voir section 4.0), soient les vents de secteur OSO et NNE.

---

Un profil logarithmique de vitesses, représentatif des conditions de vent au centre-ville (cf. section 3.1), a été imposé comme condition d'entrée à la limite du modèle située au vent :

$$U(z) = 2.04z^{0,36} \quad (5.1)$$

avec  $U$  la vitesse et  $z$  l'élévation à partir du sol.

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

## **6.0 IMPACTS ÉOLIENS DU PROJET**

### **6.1 Vents du OSO**

#### **6.1.1 Conditions actuelles**

La figure 5 illustre les champs des survitesses en conditions actuelles au niveau piéton à 1,5 m au-dessus du niveau de la rue.

Dans l'ensemble, les survitesses sont inférieures à 1 dans le voisinage du complexe actuel de la Maison de Radio-Canada. Les stationnements à l'Est et à l'Ouest du basilaire sont à découverts, mais ils ne sont balayés que par des courants à faible vitesse (survitesse < 1).

L'entrée principale sur le boulevard René-Lévesque est protégée par des édifices sur les côtés. Cependant, une accélération au sol, due à un effet de rabattement sur la tour, se fait sentir à une dizaine de mètres au Nord de l'entrée. Les entrées latérales sur les rues Beaudry et Alexandre-Desève sont, quant à elles, protégées par des sillages.

#### **6.1.2 Conditions futures**

La figure 5 présente les champs des survitesses en conditions futures à 1,5 m au-dessus du niveau de la rue (niveau piéton sur le boulevard René-Lévesque) et à 4,8 m au-dessus du niveau de la rue (niveau piéton sur la terrasse surélevée). La figure 7 illustre les lignes de courant principales sur le nouveau complexe de la Maison de Radio-Canada.

De manière générale, l'alignement Est-Ouest des nouveaux bâtiments canalise les vents le long du trottoir sud du boulevard René-Lévesque. Le courant longeant ce trottoir s'engouffre dans les petites rues latérales permettant l'accès aux places publiques sur la terrasse surélevée (figure 7).

Un accès principal à la terrasse se situe à l'extrémité Ouest des nouveaux aménagements à l'intersection des rues Wolfe et de la Gauchetière. Les trois passages, permettant de prolonger la rue de la Gauchetière jusque dans le complexe de la Maison de Radio-Canada, su-

bissent de fortes accélérations de courants à cause d'une combinaison d'effets de rabattement et de canalisation dans les passages (figures 5 et 7).

Des accélérations de coin importantes ont lieu à l'intersection de la rue Wolfe et du boulevard René-Lévesque, et à l'intersection de l'avenue Papineau et de la rue Viger (figure 5). En conséquence, des décollements et des courants de retour se forment à l'abri des nouveaux bâtiments sur la rue Viger et sur l'avenue Papineau.

La partie Est de la terrasse surélevée, entre la rue Alexandre-Desève et l'avenue Papineau, est dans le sillage des nouveaux aménagements et donc à l'abri des vents de l'OSO.

## **6.2 Vents du NNE**

### **6.2.1 Conditions actuelles**

La figure 6 illustre les champs des survitesses en conditions actuelles au niveau piéton à 1,5 m au-dessus du niveau de la rue.

Comme pour les vents du OSO, les survitesses sont dans l'ensemble inférieures à 1 dans le voisinage du complexe actuel de la Maison de Radio-Canada. Le stationnement à l'Est du basilaire n'est pas balayé par un courant dominant alors qu'un courant le long de la rue Viger accélère, au coin de la rue Beaudry, avant de s'épanouir sur le stationnement à l'Ouest du complexe actuel.

L'entrée principale sur le boulevard René-Lévesque est protégée par des édifices sur les côtés. Cependant, une accélération au sol, due à un effet de rabattement sur la tour, se fait sentir à une dizaine de mètres au Nord de l'entrée. Ce rabattement est concentré ensuite le long du boulevard René-Lévesque entre la rue de la Visitation et la rue Wolfe.

Les entrées latérales sur les rues Beaudry et Alexandre-Desève sont, quant à elles, protégées par des sillages.

## 6.2.2 Conditions futures

La figure 6 présente les champs des survitesses en conditions futures à 1,5 m au-dessus du niveau de la rue (niveau piéton sur le boulevard René-Lévesque) et à 4,8 m au-dessus du niveau de la rue (niveau piéton sur la terrasse surélevée). La figure 8 illustre les lignes de courant principales sur le nouveau complexe de la Maison de Radio-Canada.

Comme pour le cas des vents d'OSO, l'alignement Est-Ouest des nouveaux bâtiments canalise les vents le long du boulevard René-Lévesque. Cette canalisation a lieu, pour ce cas-ci, entre l'avenue Papineau et la rue Plessis. Le courant longeant le trottoir sud du boulevard René-Lévesque s'engouffre dans les prolongements des rues De Champlain et Alexandre-Desève menant aux places publiques sur la terrasse surélevée (figure 6). L'orientation des aménagements canalise également les vents du NNE le long de la rue Viger entre l'avenue Papineau et la rue Panet.

L'autre accès principal à la terrasse surélevée se situe à l'extrémité Est des nouveaux aménagements à l'intersection de l'avenue Papineau et de la rue de la Gauchetière. Les passages, permettant de prolonger de l'Est la rue de la Gauchetière jusque dans le complexe de la Maison de Radio-Canada, subissent de fortes accélérations de courants à cause d'une combinaison d'effets de rabattement et de canalisation dans les passages (figure 8). Ce phénomène est semblable à celui décrit pour les passages à l'extrémité Ouest du complexe sous des vents d'OSO.

Des accélérations de coin importantes ont lieu à l'intersection des rues Wolfe et du boulevard René-Lévesque, à l'intersection du boulevard René-Lévesque et de l'avenue Papineau, à l'intersection de l'avenue Papineau et de la rue Viger, et à l'intersection des rues Beaudry et Viger (figure 6).

La partie Ouest de la terrasse entre les rues Beaudry et Wolfe est dans le sillage des nouveaux aménagements et donc à l'abri des vents du NNE.

### 6.3 Fréquences annuelles d'inconfort des piétons

On évalue l'impact éolien du projet sur le confort des piétons en calculant les fréquences annuelles d'inconfort avant et après la réalisation du projet. La figure 9 permet, pour les conditions actuelles et futures, de comparer ces fréquences avec les critères d'acceptabilité de la Ville de Montréal décrits à la section 3.5.

En conditions actuelles, les fréquences d'inconfort annuelles ne dépassent jamais 10% pour l'ensemble des points présentés sur la figure 9, ce qui respecte les critères d'acceptabilité de la Ville de Montréal.

En conditions futures, les fréquences d'inconfort annuelles sont, dans l'ensemble, légèrement augmentées par l'orientation des nouveaux aménagements mais elles ne dépassent que rarement les limites d'acceptabilité de la Ville de Montréal. Rappelons que les fréquences d'inconfort annuelles ne doivent pas excéder 15% pour une voie publique et 10% pour une place publique ou une aire de détente.

Le point no 30 dépasse légèrement la limite de 15% à cause d'une combinaison d'un effet de rabattement et de canalisation par vents d'OSO décrit dans la section 6.1.2. Les conditions éoliennes, au droit de ce point, peuvent être améliorées en empêchant l'effet de rabattement sur le portail à l'intersection des rues Wolfe et de la Gauchetière, et ce en prévoyant des marquises sur les façades des nouveaux bâtiments sur la rue Wolfe.

Le point no 34, sur le prolongement de la rue Beaudry, dépasse lui aussi légèrement la limite d'inconfort annuelle de 15% à cause d'un effet de canalisation entre deux nouveaux bâtiments par vents d'OSO. Le courant, dans cette petite rue transversale, provient à l'origine de la canalisation du courant le long du trottoir Sud du boulevard René-Lévesque (voir section 6.1.2). Le confort éolien dans les petites rues transversales, accédant aux places publiques et aux terrasses dans le cœur du complexe, peut être également amélioré. La plantation de végétation le long du trottoir Sud du boulevard René-Lévesque, empêchera le courant d'accélérer le long des façades Nord des nouveaux édifices, puis de s'engouffrer dans les petites rues transversales (prolongement des rues Montcalm, Beaudry et de la Visitation).

---

Notons que les points 18, 25, 26, et 27 aux entrées de la Maison de Radio-Canada et les points 39 à 48 sur les terrasses et les places publiques ont des fréquences d'inconfort annuelles qui ne dépassent pas la limite de 10%.

## 7.0 ACCUMULATIONS DE NEIGE

### 7.1 La maquette hydraulique

Les accumulations de neige sur et aux abords immédiats de la maison de Radio-Canada sont étudiées à l'aide d'une maquette construite à l'échelle du 1 :300, immergée dans un canal hydraulique faisant partie des installations permanentes de notre laboratoire. Un matériau granulaire, de la ponce de diamètre moyen 0,25 mm, est injecté dans l'écoulement et transporté en suspension dans ce dernier. En fin d'essais, les épaisseurs des dépôts fournissent des indications sur les zones susceptibles d'exiger un déneigement important, et sur les épaisseurs locales maximums, ce qui permet d'évaluer les charges de neige maximums sur les toits

L'expérience et l'analyse des données météorologiques à la station d'Environnement Canada à Dorval, analyse présentée à la section 7.2.3, montrent que les chutes de neige sont le plus souvent associées à des vents soufflant du secteur Nord-Nord-Est, et les essais conduits sous cette direction sont à privilégier. Il arrive toutefois que les chutes de neige se produisent par vent de Ouest-Sud-Ouest, ou que le vent tourne à l'Ouest-Sud-Ouest dans les heures qui suivent la chute de neige. La neige fraîchement tombée est alors reprise au sol ou sur les toits et transportée à nouveau : les essais conduits sous cette direction du vent fournissent ainsi des indications complémentaires, dont on doit aussi tenir compte.

Les essais sont réalisés en injectant, à chaque fois, un même volume de ponce dans le canal, et pour une vitesse d'écoulement de l'eau choisie de manière à conduire aux plus grosses accumulations de «neige». La section 7.2 fournit des précisions sur la technique qui est adoptée. Même s'il est difficile de rattacher précisément les résultats d'essais à un épisode météorologique spécifique (durée et intensité de la chute de neige, vitesse effective du vent pendant cet épisode, etc.), on peut retenir que les résultats caractérisent le potentiel d'accumulation maximum de neige en un point donné. Ce sont donc les épaisseurs auxquelles on peut s'attendre au terme d'une «tempête» de grande intensité, survenant rarement, mais susceptible d'être observée à quelques reprises pendant la durée de vie des équipements.

On s'intéresse plus particulièrement au potentiel d'accumulation de la neige sur le toit actuel de la Maison : il s'agit de vérifier si la mise en place d'un étage supplémentaire ne provo-

que pas une accumulation supplémentaire, comme on en observe souvent au décrochement entre deux toitures à des niveaux différents.

## 7.2 Méthodologie

Le transport et le dépôt de la neige sont principalement gouvernés par deux paramètres physiques qui sont la vitesse d'entraînement  $V_e$  et la vitesse de chute  $V_c$ . La vitesse d'entraînement de la neige est définie comme la vitesse minimum du vent soufflant sur une surface lisse enneigée et telle que l'on observe le début d'entraînement des particules de neige. La vitesse de chute correspond à la vitesse terminale uniforme à laquelle tombent les flocons ou particules de neige dans l'air calme.

Les valeurs de ces deux vitesses sont elles-mêmes contrôlées par les caractéristiques physiques du fluide en mouvement et des particules de neige : citons, en particulier, la densité et le diamètre des particules et la rugosité de la surface enneigée, fonction du diamètre des grains. Cette répartition gouverne à son tour, avec la masse volumique de l'air et sa viscosité, la plus ou moins grande capacité d'arrachement et d'entraînement de l'air en mouvement.

Les vitesses caractéristiques  $V_e$  et  $V_c$  apparaissent ainsi comme des grandeurs synthétiques dont la reproduction à l'échelle permet d'assurer la similitude d'un ensemble complexe d'interactions entre l'écoulement fluide et les particules solides.

La reproduction de ces phénomènes sur un modèle réduit hydraulique se fait en pratique comme suit :

- a) Un matériau solide, destiné à jouer le rôle de la neige, est choisi de telle façon que le rapport de ses vitesses caractéristiques  $V_e/V_c$  soit aussi voisin que possible du rapport correspondant pour la neige. Ceci laisse une grande latitude dans le choix du diamètre des grains et de la densité du matériau, mais des impératifs pratiques sont à considérer : on aura ainsi, en général, intérêt à utiliser des grains de diamètre suffisant pour qu'ils soient nettement à l'extérieur de la sous-couche laminaire qui se développe contre la surface du modèle. Cette contrainte conduira à choisir un matériau de faible densité, pour que les vitesses requises pour l'entraînement ne deviennent pas trop élevées.

- b) La vitesse  $V$  moyenne de l'écoulement, intégrée sur une verticale, est réglée pour chaque essai de telle sorte que le rapport avec la vitesse d'entraînement,  $V/V_e$ , soit le même sur le modèle et en nature. L'égalité des rapports  $V_e/V_c$  assure, par ailleurs, automatiquement la reproduction correcte du rapport à la vitesse de chute  $V/V_c$ .

On notera que cette approche, privilégiant la reproduction du paramètre adimensionnel  $V_e/V_c$  est voisine de celle proposée par d'autres auteurs.

### 7.2.1 Les caractéristiques physiques de la neige

La neige rencontrée en nature présente des caractéristiques fortement variables selon les conditions météorologiques et l'on doit accepter une certaine schématisation et adopter des valeurs moyennes. La vitesse d'entraînement généralement citée est ainsi fortement variable. On retrouve en effet, selon les auteurs, des vitesses de début d'entraînement comprises entre 1 et 5,7 m/s. On comprend que cette grande disparité est liée d'une part à la difficulté de définir rigoureusement le début d'entraînement de la neige au sol, difficulté que l'on rencontre aussi dans les études de transport solide en rivière, à laquelle s'ajoute ici la grande variabilité et la difficulté de mesure de paramètres tels que la densité ou le diamètre des particules de neige, valeurs qui varient par exemple avec la température de l'air. On peut toutefois tenter de dégager une moyenne et tous les auteurs récents s'accordent pour admettre que l'entraînement de la neige au sol s'effectue à des vitesses se situant autour de 5 à 6 m/s (18 à 22 km/h). On verra ci-dessous qu'à Montréal, les observations au cours des 25 dernières années tendent à montrer que la vitesse de début d'entraînement de la neige est en général de 18 km/h, soit 5 m/s, et c'est cette valeur qui est finalement adoptée.

Les valeurs généralement citées pour la vitesse terminale de chute  $V_c$  varient elles aussi grandement selon le type de neige. Les valeurs généralement citées se situent aux alentours de  $V_c = 0,70$  m/s pour des grains de diamètre  $d = 0,20$  mm.

Il semble ainsi, en conclusion, que la valeur  $V_e/V_c = 5/0,7 = 7,15$  soit bien représentative du type de neige présent sur le site.

## 7.2.2 Les épisodes de poudrerie à Montréal

L'analyse des observations réalisées à la station d'Environnement à Dorval permet de caractériser les épisodes de "poudrerie" à Montréal. On considère à cette fin les observations horaires disponibles à cette station pendant la période 1982-2006 (25 années). Ces observations comprennent la vitesse et la direction du vent (vitesse du vent mesurée à 10 m du sol), et une indication du type de temps notée par l'observateur (nuageux, pluie, brouillard, etc...). On a retenu toutes les observations pour lesquelles l'observateur note "poudrerie", et on a formé une rose des vitesses et des directions du vent pour ces épisodes.

L'observateur a noté "poudrerie" 555 fois pendant les 25 années considérées, soit en moyenne 22 heures par hiver. La vitesse minimale du vent pour ces épisodes est de 18 km/h, et la vitesse moyenne du vent en présence de poudrerie est 36 km/h<sup>(1)</sup>.

La figure 10 présente plus précisément les vitesses et les directions des vents à Montréal en présence de poudrerie. On observe que les directions sont très fréquemment du Nord-Nord-Est (70% des épisodes), et secondairement de l'Ouest-Sud-Ouest (30% des épisodes), ce qui diffère significativement de la répartition des vents toutes saisons confondues à Montréal.

## 7.2.3 Caractéristiques physiques du matériau mobile

Le matériau choisi pour simuler le transport et le dépôt de la neige est la pierre ponce finement concassée, de densité relative 1,8 et de diamètre moyen 0,25 mm. Ce matériau solide, lorsque injecté dans l'eau en mouvement, permet, grâce à ses caractéristiques physiques, de reproduire fidèlement le mouvement de transport et de dépôt de la neige. Les mesures en laboratoire conduisent à une vitesse de chute  $V_c$  de 1,8 cm/s. Pour la profondeur d'écoulement de 40 cm imposée dans le modèle, la vitesse d'entraînement  $V_e$  s'établit à 15 cm/s. Le rapport  $V_e/V_c$  vaut ainsi 8,3, valeur voisine du 7,15 estimée pour la neige.

---

<sup>(1)</sup> : (Contre 14,5 km/h à Montréal toutes saisons confondues).

#### 7.2.4 La mise en oeuvre du matériau mobile

La “tempête de neige” reproduite au modèle est uniquement caractérisée par sa durée ainsi que par la direction et la vitesse du vent. Pour toute la durée de la tempête, on suppose que les apports de neige sont suffisants pour que la capacité maximale de transport de neige par le vent soit atteinte. Les accumulations obtenues au modèle résultent donc de l’interaction entre le vent et la neige et non de l’importance de la tempête en terme de précipitations. Évidemment, les fortes quantités de neige impliquées ne sont pas obligatoirement liées à une chute de neige donnée et peuvent provenir, en tout ou en partie, de la remise en suspension de neige fraîche (poudrière).

Pour simuler la tempête au modèle, il faut imposer une vitesse moyenne d’écoulement supérieure à la vitesse d’entraînement du matériau utilisé pour simuler la neige. Des essais en laboratoire et des observations en nature indiquent que les accumulations maximales sont observées lorsque la vitesse moyenne d’écoulement  $V$  est égale à environ deux fois la vitesse d’entraînement (i.e.  $V/V_e \approx 2$ ). Considérant que la vitesse de début d’entraînement de la neige en nature est 5 m/s, on simule un vent de vitesse double, c’est-à-dire 10 m<sup>3</sup>/s ou 36 km/h. L’analyse des données météo à Dorval, présentées plus haut, montre que c’est effectivement la vitesse moyenne mesurée pendant les épisodes de poudrière.

Le volume de matériau mobile à injecter au modèle est estimé à partir de la relation donnant la capacité de transport du vent, qui est la suivante :

$$\log_{10} Q = 1,18 + 0,089 U_{10} \quad (7.2)$$

où  $Q$  : débit solide en grammes de neige/seconde/mètre de largeur;  
 $D$  : vitesse du vent (m/s), mesurée à 10 m au-dessus du sol.

Pour une vitesse de 36 km/h, l’équation précédente conduit à un débit unitaire de 0,12 kg/s/m. Au canal d’essai représentant une largeur de 450 m, on obtient pour une tempête de 48 heures une masse de neige transportée de 11 000 tonnes, soit un volume de 73 300 m<sup>3</sup> de neige fraîche de densité 0,15, ou encore 2,7 litres sur le modèle au 1/300.

Les accumulations observées au modèle, au terme d'un essai conduit dans ces conditions, sont importantes, et correspondent à des épaisseurs maximums qu'il est possible d'observer. Des essais conduits plus longtemps, en augmentant ainsi le volume total injecté, ne conduisent pas à des épaisseurs supérieures, parce que l'on a atteint un état de «saturation» des accumulations, la neige nouvellement arrivée étant transportée sur le site sans s'y déposer.

Les épaisseurs mesurées au modèle ne sont cependant pas excessives, comme on s'en assure en comparant les épaisseurs déposées dans des secteurs existants bien connus, tels que les aires de stationnement des avions à l'Ouest de la jetée transfrontalière.

On retiendra que les essais fournissent des valeurs très importantes, mais pas irréalistes. Ces épaisseurs sont susceptibles d'être atteintes à l'occasion pendant la durée de vie des équipements. Les résultats fournissent par ailleurs des indications relatives, en permettant de distinguer les zones à gros potentiel d'accumulation des zones constamment balayées par le vent et où la neige ne s'accumule pas.

## **7.3 Les résultats**

### **7.3.1 Par vent de NNE**

La figure 11 présente les résultats d'une simulation conduite par vent de secteur NNE en conditions actuelles. On rappelle que les chutes de neige importantes se produisent pour des vents de ce secteur dans 70% des cas. On constate que malgré l'abondance du transport de neige, comme en témoignent les accumulations sur le boulevard René-Lévesque et dans le quartier avoisinant (photo 11.1) les dépôts de neige sont peu importants sur le toit principal de la maison de Radio-Canada. Les épaisseurs les plus importantes apparaissent au décrochement entre les divers niveaux du toit, 2,1 m sur la photo 11.3, et 1,2 m sur la photo 11.1.

Les accumulations ne sont pas plus importantes en conditions futures (figure 12) parce que les édifices construits plus à l'Est, dans ce qui est aujourd'hui un ensemble de stationnements, sont trop éloignés pour former un écran et ralentir le vent sur le toit et le nouveau basilaire. Ces éléments restent bien balayés par le vent et la neige se dépose peu. L'orientation générale du basilaire, sensiblement alignée avec les vents de secteur NNE, est également favorable.

La figure 13 présente les épaisseurs maximales mesurées en conditions futures.

### **7.3.2 Par vent de OSO**

La figure 14 présente les résultats d'une simulation d'un épisode de poudrerie abondante par vent de secteur OSO. On rappelle que les chutes de neige importantes se produisent pour des vents de ce secteur dans 30% des cas seulement (voir section 7.2.2).

Ici encore, les accumulations sur le toit principal de la Maison de Radio-Canada sont faibles, le vent de secteur OSO balayant le toit : on ne relève que des accumulations locales de faible emprise, sous le vent de la tour principale, et aux décrochements des toitures des studios les plus à l'Ouest (photo 14.2) où les épaisseurs maximales ne dépassent pas 1,80 m.

Les figures 15 et 16 présentent les accumulations de neige pour les mêmes conditions de vent, secteur OSO, en conditions futures. Les toits restent dans l'ensemble libres de neige, à l'exception du studio situé à l'extrémité Sud-Ouest de la Maison (photo 15.2). L'épaisseur maximale de l'accumulation sur ce toit ne dépasse pas toutefois 0,50 m.

## **7.4 Conclusions**

Les simulations en canal hydraulique du transport et du dépôt de la neige ont permis de montrer que les toits de la Maison de Radio-Canada et du basilaire qu'il est prévu de construire resteront dans l'ensemble libres de neige, et on ne prévoit pas d'accumulations significatives, requérant des précautions particulières en terme de charge de neige.

## 8.0 CONCLUSIONS

La modélisation numérique tridimensionnelle des écoulements de vent autour du futur complexe de la Maison de Radio-Canada a permis de mettre en évidence les impacts éoliens du projet sur le confort des piétons. Seuls les vents dominants sur l'île de Montréal ont été simulés, soit les vents issus des secteurs OSO et NNE.

D'une manière générale, le projet a tendance à canaliser les courants sur les axes Est-Ouest. Malgré des effets de rabattement sur les nouveaux édifices aux extrémités Est et Ouest du nouveau complexe, et des accélérations dans les passages étroits et aux coins des bâtiments les fréquences d'inconfort respectent, dans l'ensemble, les limites fixées par le règlement de la Ville de Montréal.

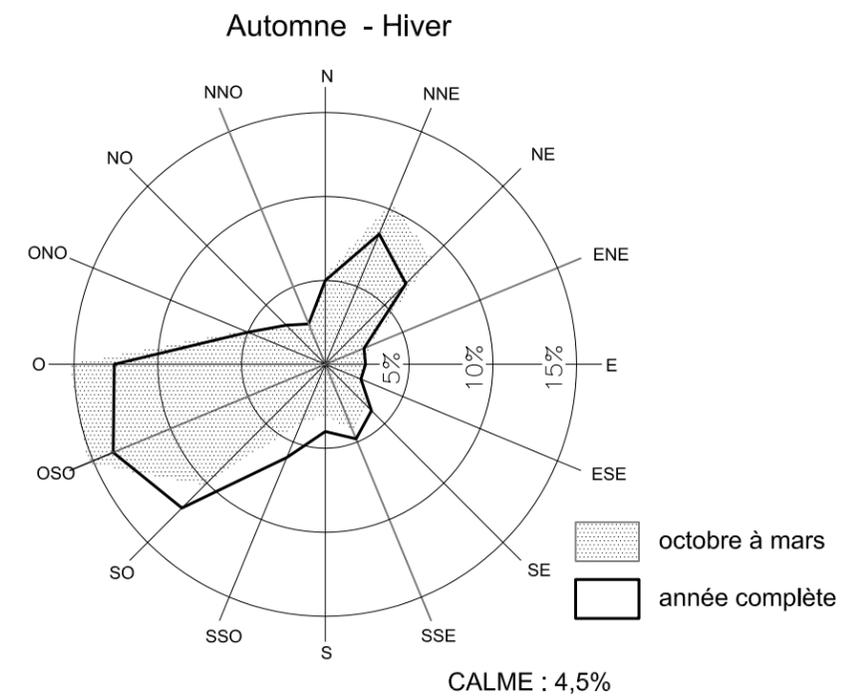
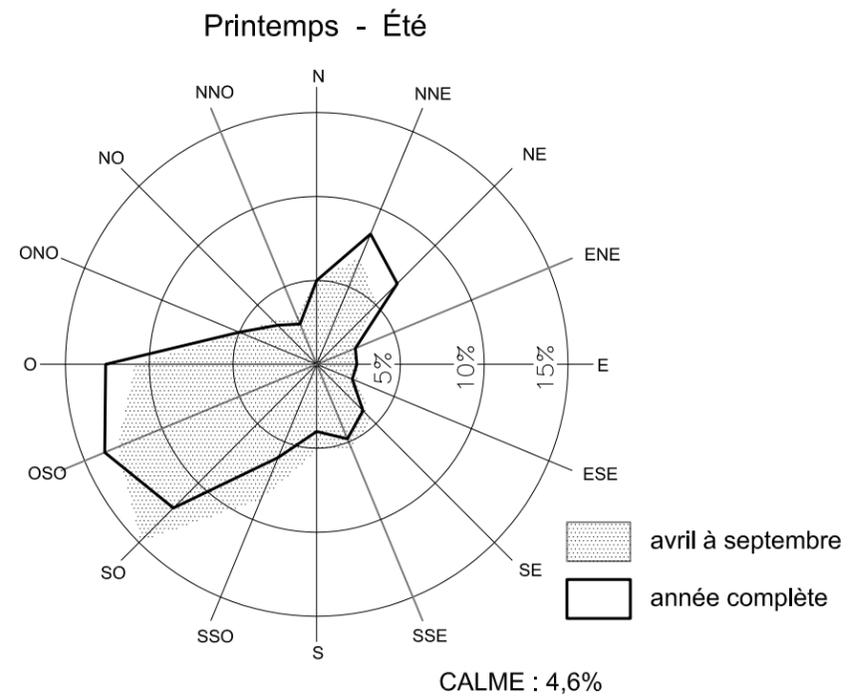
Certaines améliorations peuvent être apportées pour réduire davantage les impacts sur les piétons aux secteurs ayant des fréquences d'inconfort à la limite de l'acceptabilité. Les conditions éoliennes dans les passages à l'intersection des rues de la Gauchetière et Wolfe peuvent être améliorées en installant des marquises pour réduire le rabattement. Celles-ci seraient construites sur les façades des nouveaux bâtiments sur la rue Wolfe. De plus, la plantation de végétation, le long du trottoir un du boulevard René-Lévesque, devrait empêcher la canalisation du courant sur un axe Est-Ouest, réduisant ainsi la concentration des courants qui s'engouffrent dans les petites rues transversales menant aux terrasses et aux places publiques.

Finalement, les simulations en canal hydraulique du transport et du dépôt de la neige ont permis de montrer que les toits de la Maison de Radio-Canada et du basilaire qu'il est prévu de construire resteront, dans l'ensemble, libres de neige, et on ne prévoit pas d'accumulations significatives, requérant des précautions particulières en terme de charge de neige.

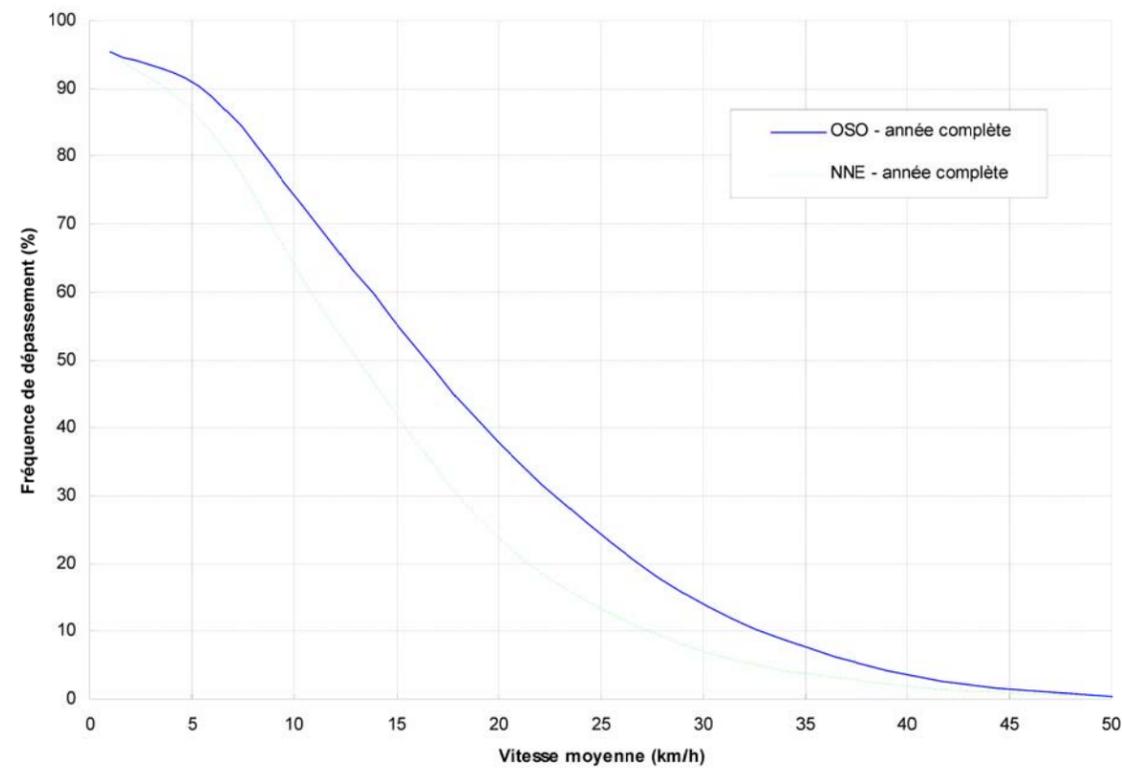
---

## RÉFÉRENCES

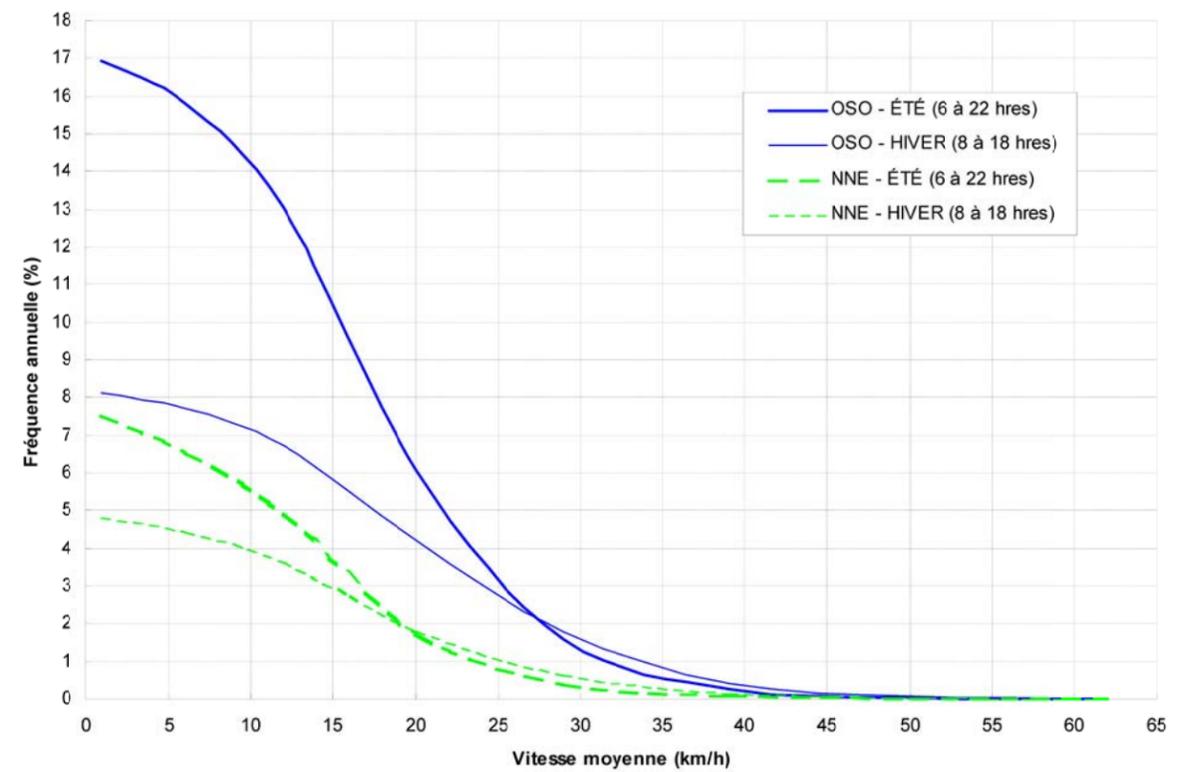
- [1] : Intégration du phénomène vent dans la conception du milieu bâti - J. Gandemer et A. Guyot - Ministère de la Qualité de la vie - France 1976.
  
- [2] Architectural Aerodynamics by R.M. Aynsley, W. Melbourne and B.J. Vickery - Applied Science Publishers Ltd. London.
  
- [3] Données des stations DSP-3, Montréal Intl A, Environnement Canada, service de l'environnement atmosphérique, 1983.



a) Roses des vents



b) Vents des secteurs OSO et NNE -  
Fréquence de dépassement des vitesses



c) Fréquence annuelle des vents du OSO et du NNE  
observés pendant les heures de circulation des piétons

**Le Groupe-Conseil LaSalle Inc.**

9620, rue Saint-Patrick  
LaSalle, Québec  
Canada H8R 1R8

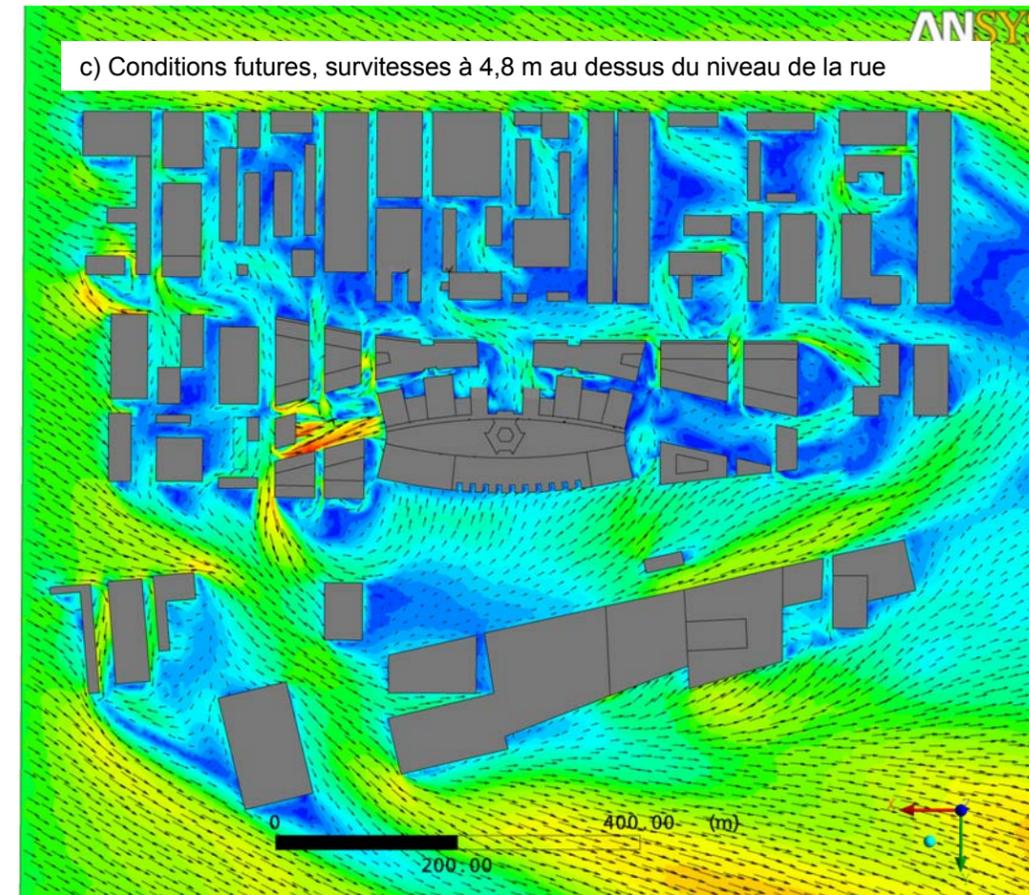
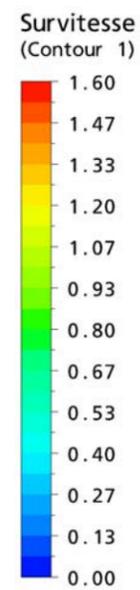
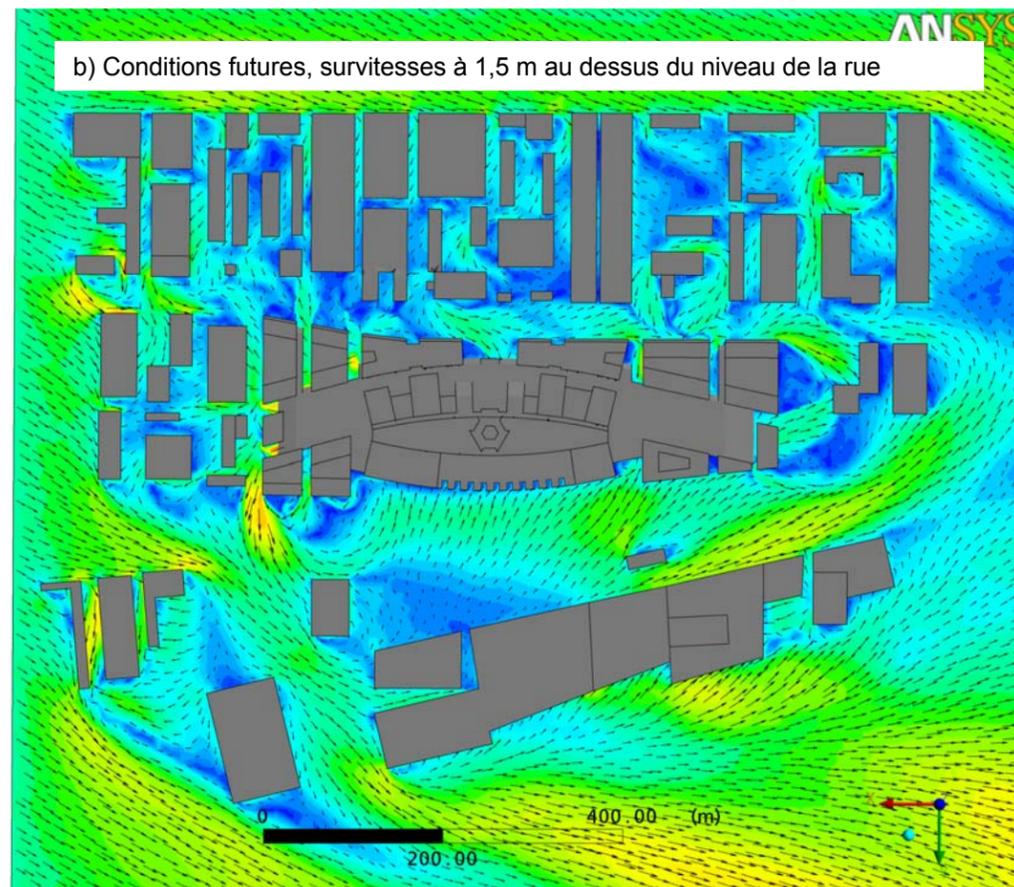
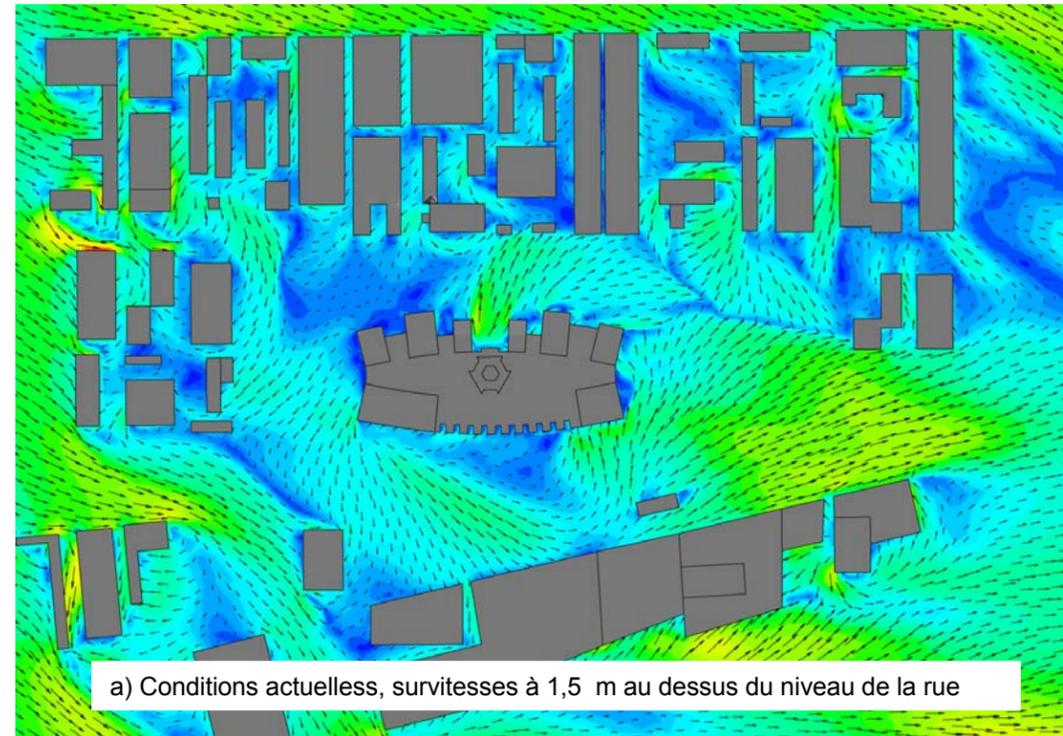
**DA OUST LESTAGE inc.**  
architecture et design urbain

PROJET: Modernisation de la maison  
de Radio-Canada  
Étude des impacts éoliens

TITRE: Analyse statistique des vents  
Station météorologique de l'aéroport  
P.E. Trudeau (Dorval)

DESSINÉ PAR: T.A.	RÉF. CLIENT: -	RÉF. LASALLE: -
----------------------	-------------------	--------------------

ÉCHELLE: -	DATE: SEPTEMBRE 2007	FIGURE: 4
---------------	-------------------------	--------------



**Le Groupe Conseil LaSalle Inc.**



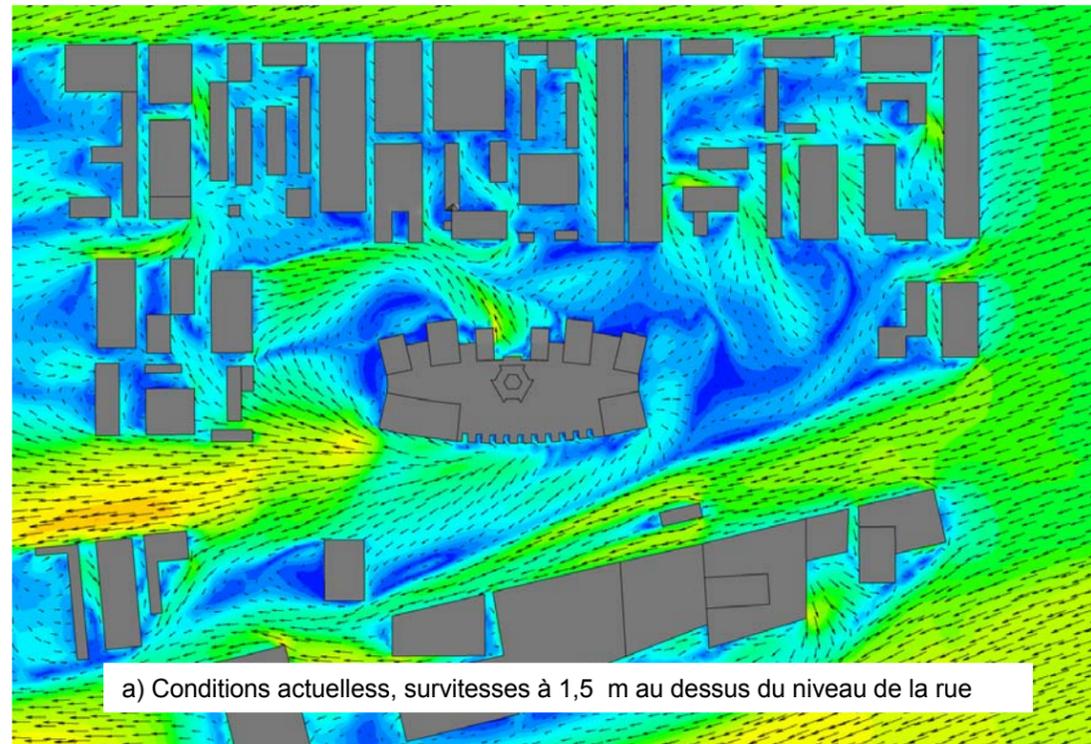
9620, rue Saint-Patrick  
LaSalle, Québec  
Canada, H8R 1R8

DAOUST LESTAGE inc.  
architecture et design urbain

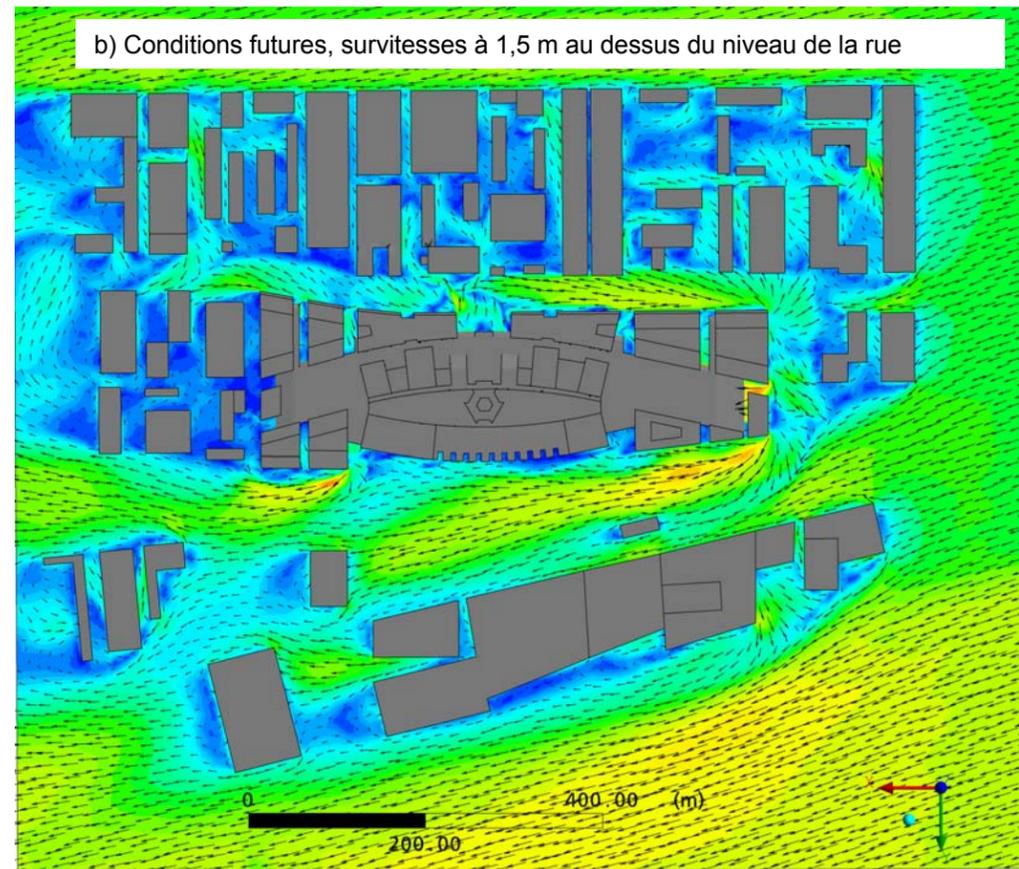
PROJET: Modernisation de la maison de  
Radio Canada  
Étude des impacts Éoliens

TITRE: Champ des vitesses par vent de  
secteur OSO

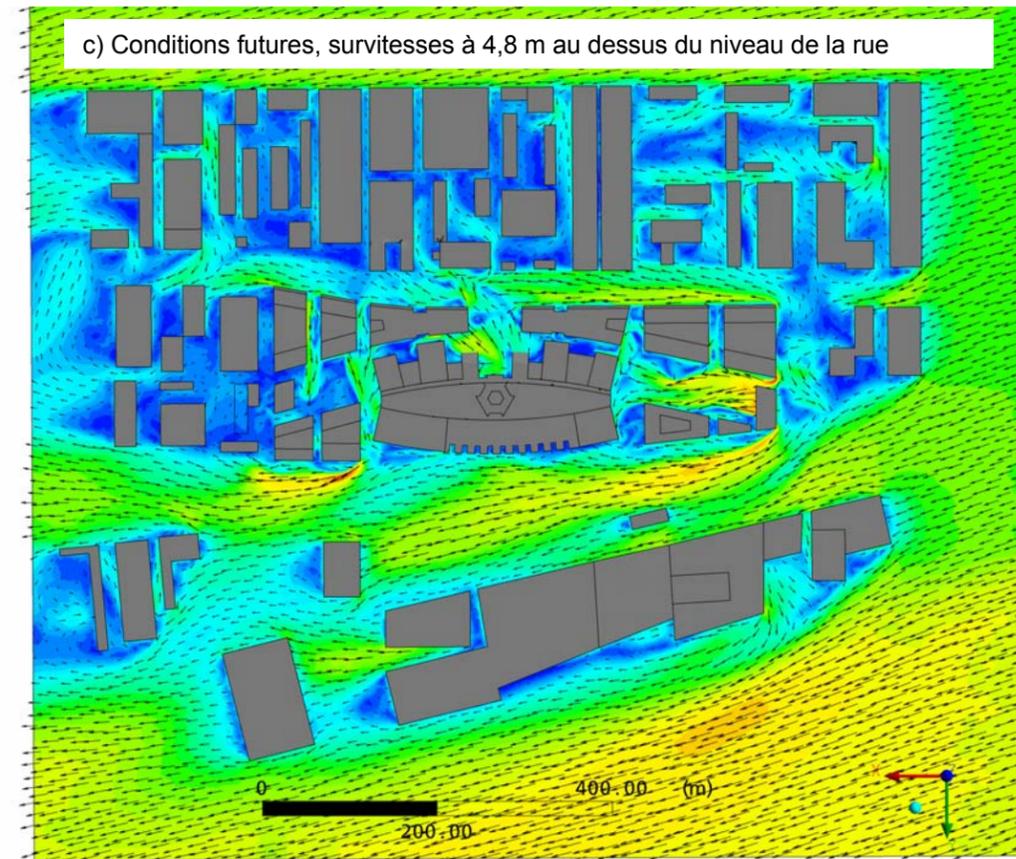
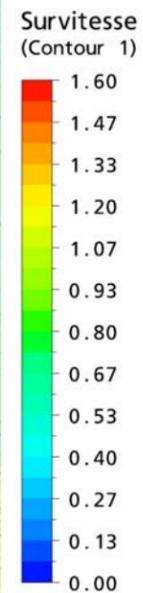
PRÉPARÉ PAR : T.A.	REF. CLIENT : -	REF. LASALLE : -
DATE: septembre2007	FIGURE : 5	



a) Conditions actuelles, survitesses à 1,5 m au dessus du niveau de la rue



b) Conditions futures, survitesses à 1,5 m au dessus du niveau de la rue



c) Conditions futures, survitesses à 4,8 m au dessus du niveau de la rue

**Le Groupe Conseil LaSalle Inc.**



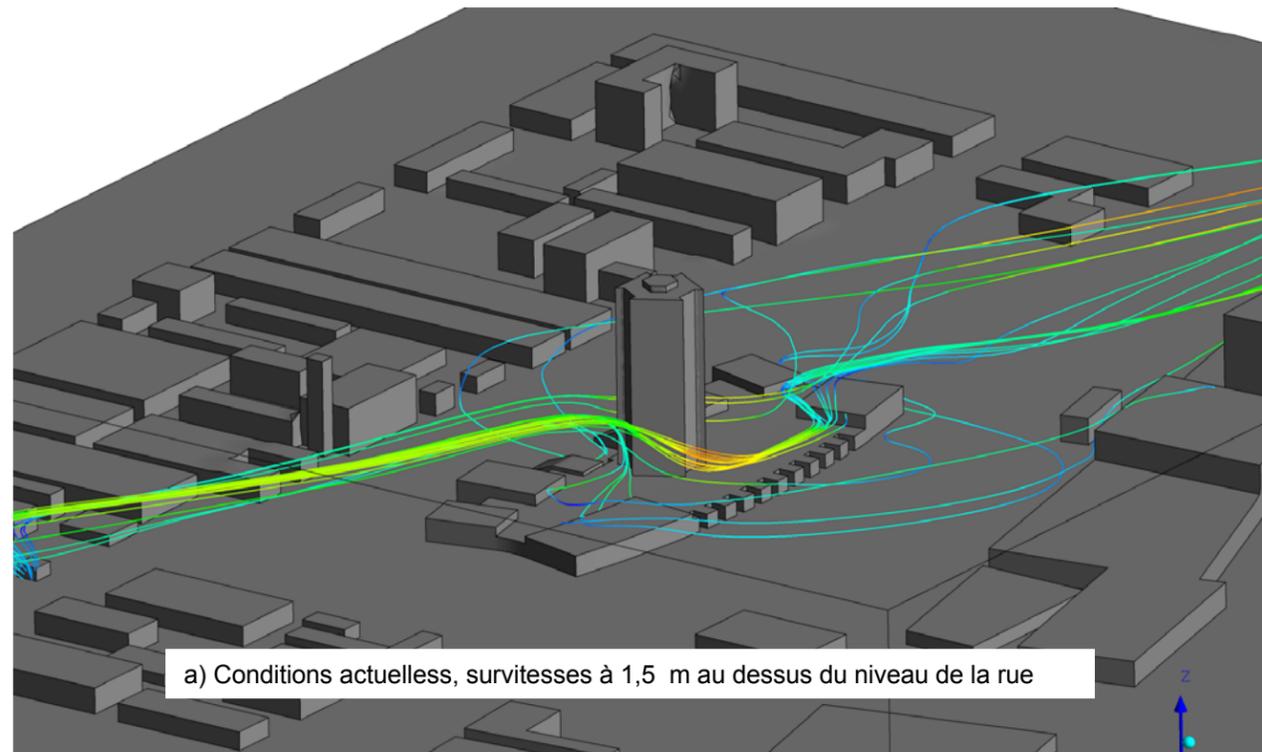
9620, rue Saint-Patrick  
LaSalle, Québec  
Canada, H8R 1R8

DAOUST LESTAGE inc.  
architecture et design urbain

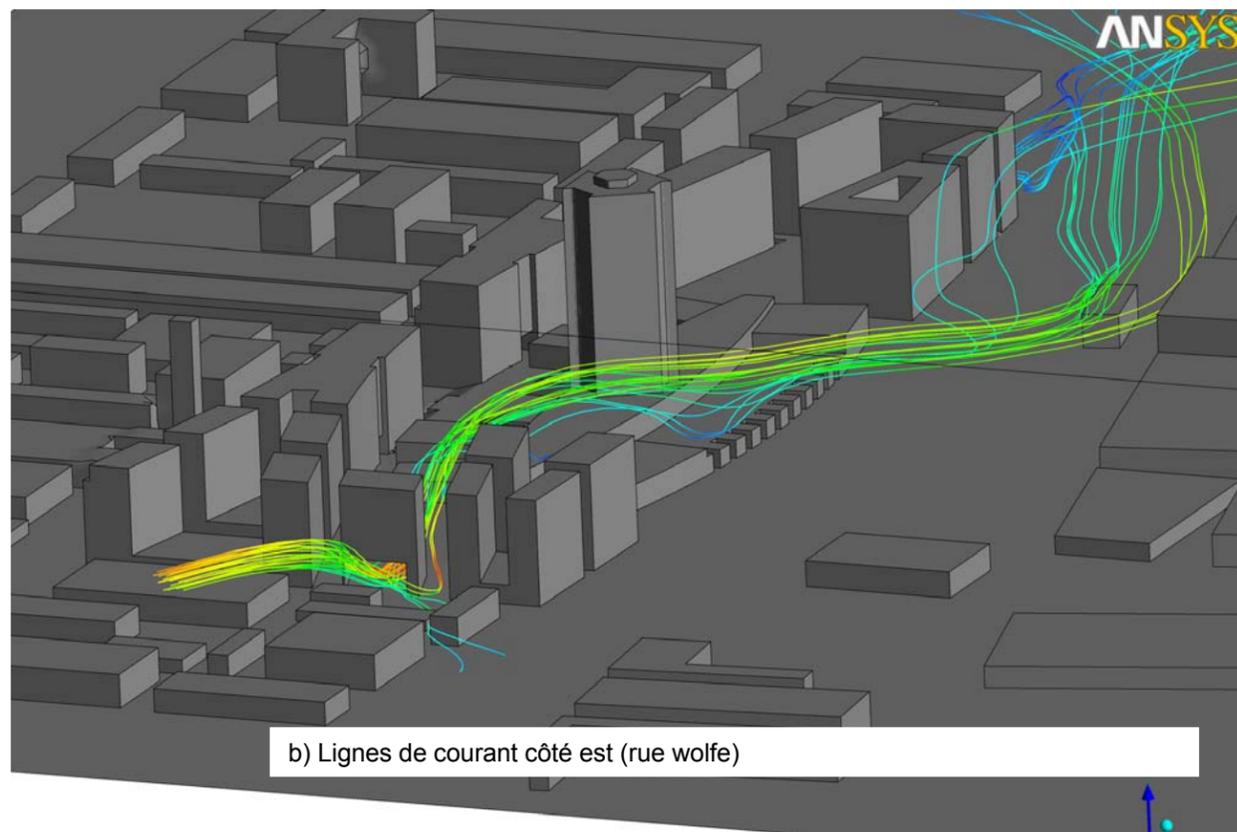
PROJET:  
Modernisation de la maison de  
Radio Canada  
Étude des impacts Éoliens

TITRE:  
Champ des vitesses par vent de  
secteur NNE

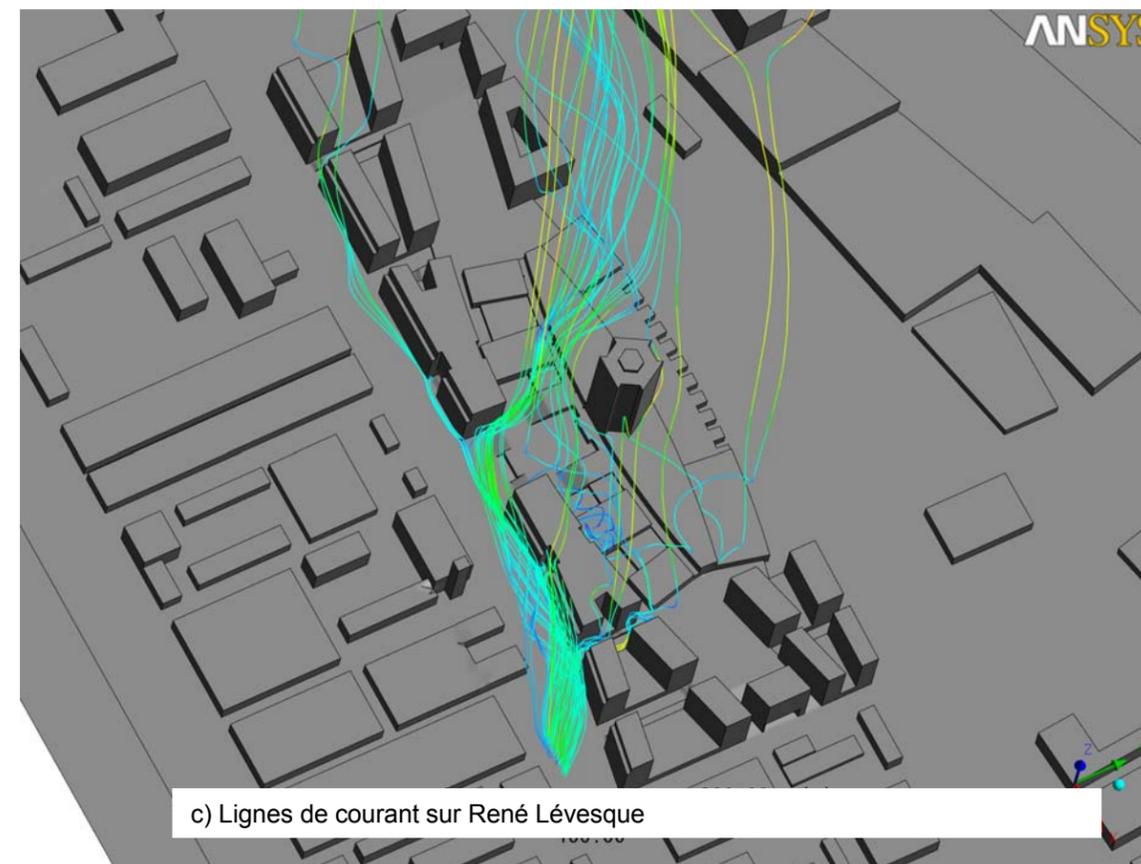
PRÉPARÉ PAR : T.A.	REF. CLIENT : -	REF. LASALLE : -
DATE: septembre2007	FIGURE : 6	



a) Conditions actuelles, survitesses à 1,5 m au dessus du niveau de la rue

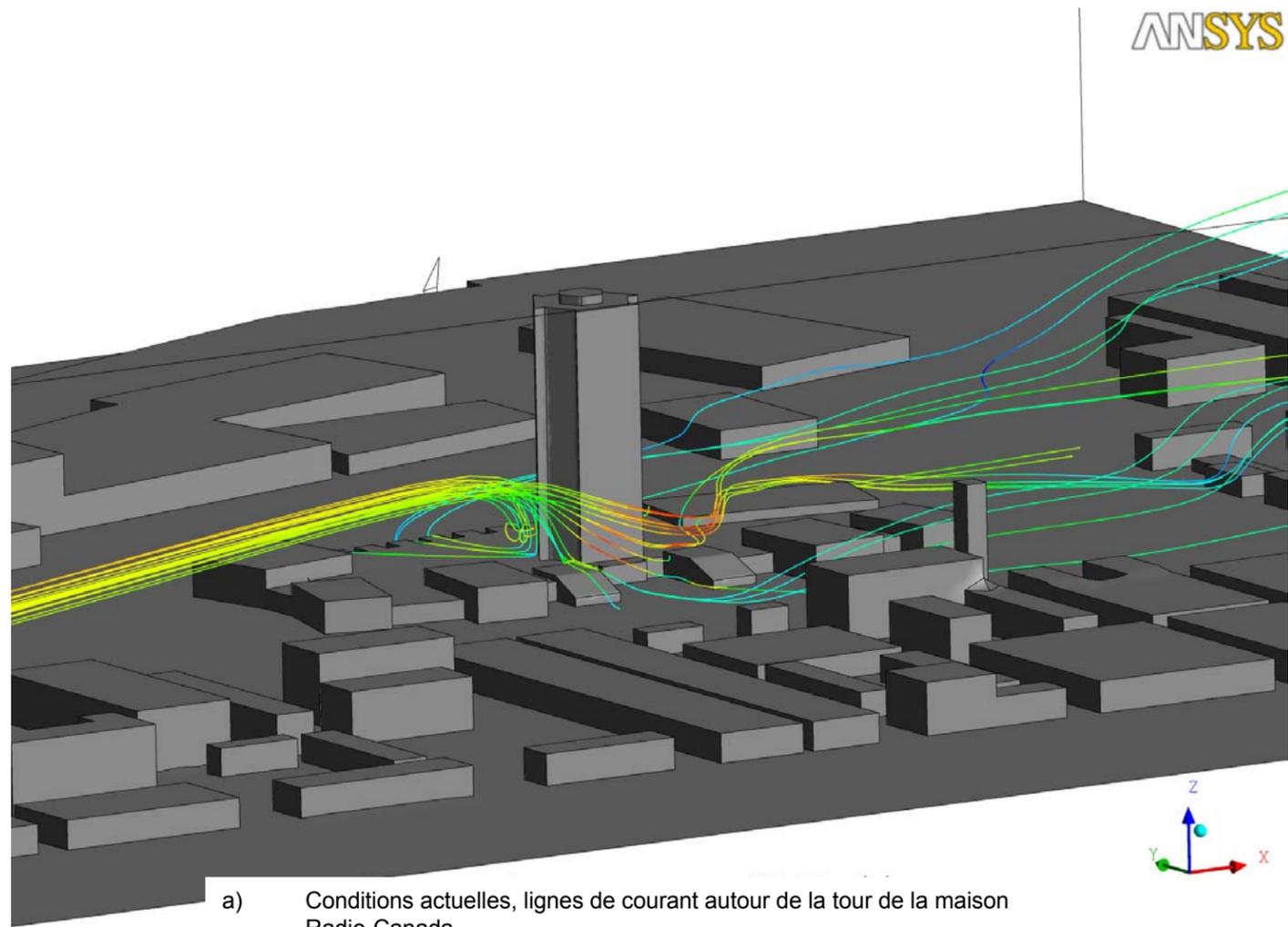


b) Lignes de courant côté est (rue wolfe)

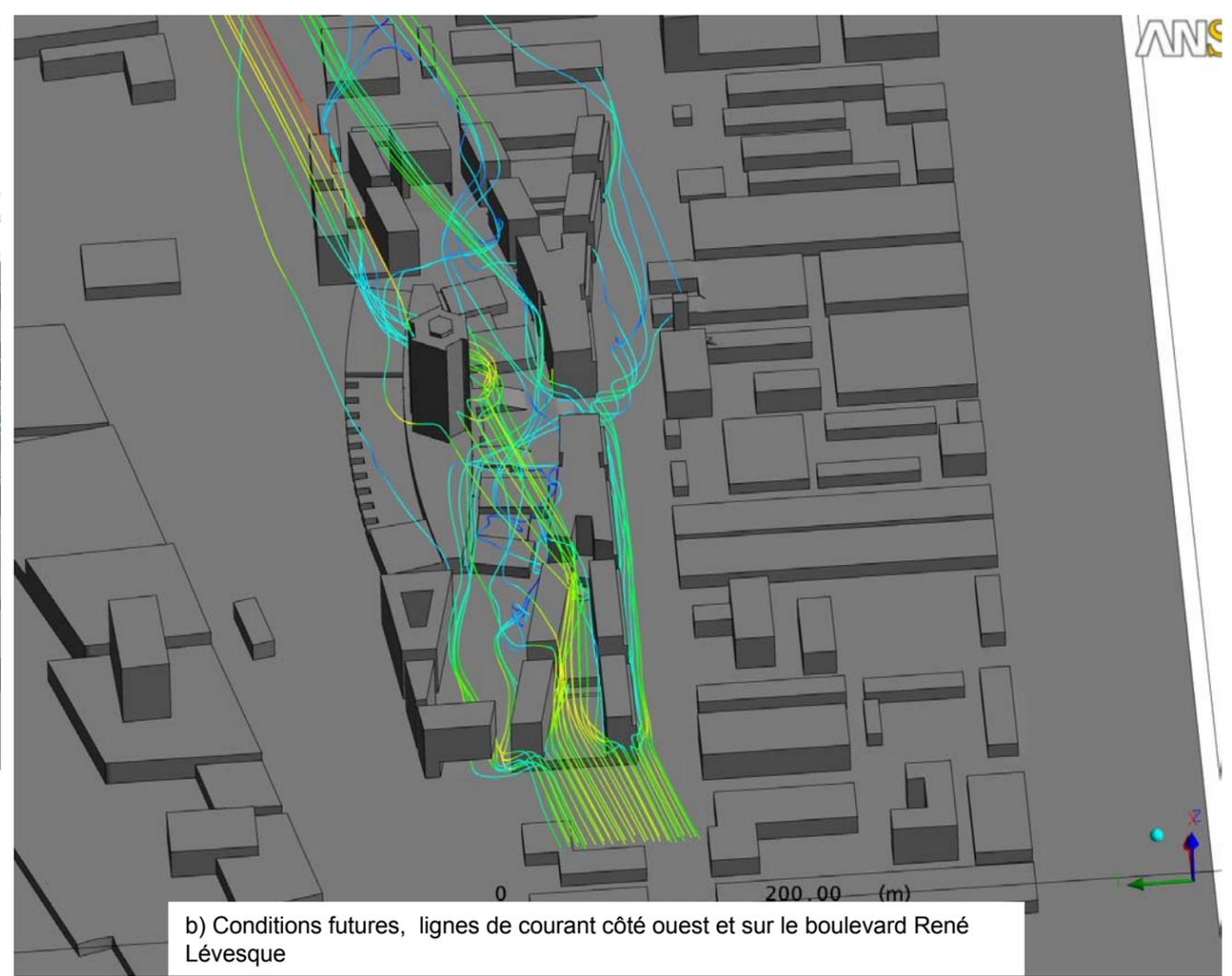


c) Lignes de courant sur René Lévesque

<b>Le Groupe Conseil LaSalle Inc.</b>  9620, rue Saint-Patrick LaSalle, Québec Canada, H8R 1R8	DA OUST LESTAGE inc. architecture et design urbain	PROJET:	TITRE :	PRÉPARÉ PAR :	REF. CLIENT :	REF. LASALLE :
		Modernisation de la maison de Radio Canada Étude des impacts Éoliens	Lignes de courant par vent de secteur OSO	T.A.	-	-
				DATE:	FIGURE :	
				septembre2007	7	



a) Conditions actuelles, lignes de courant autour de la tour de la maison Radio-Canada

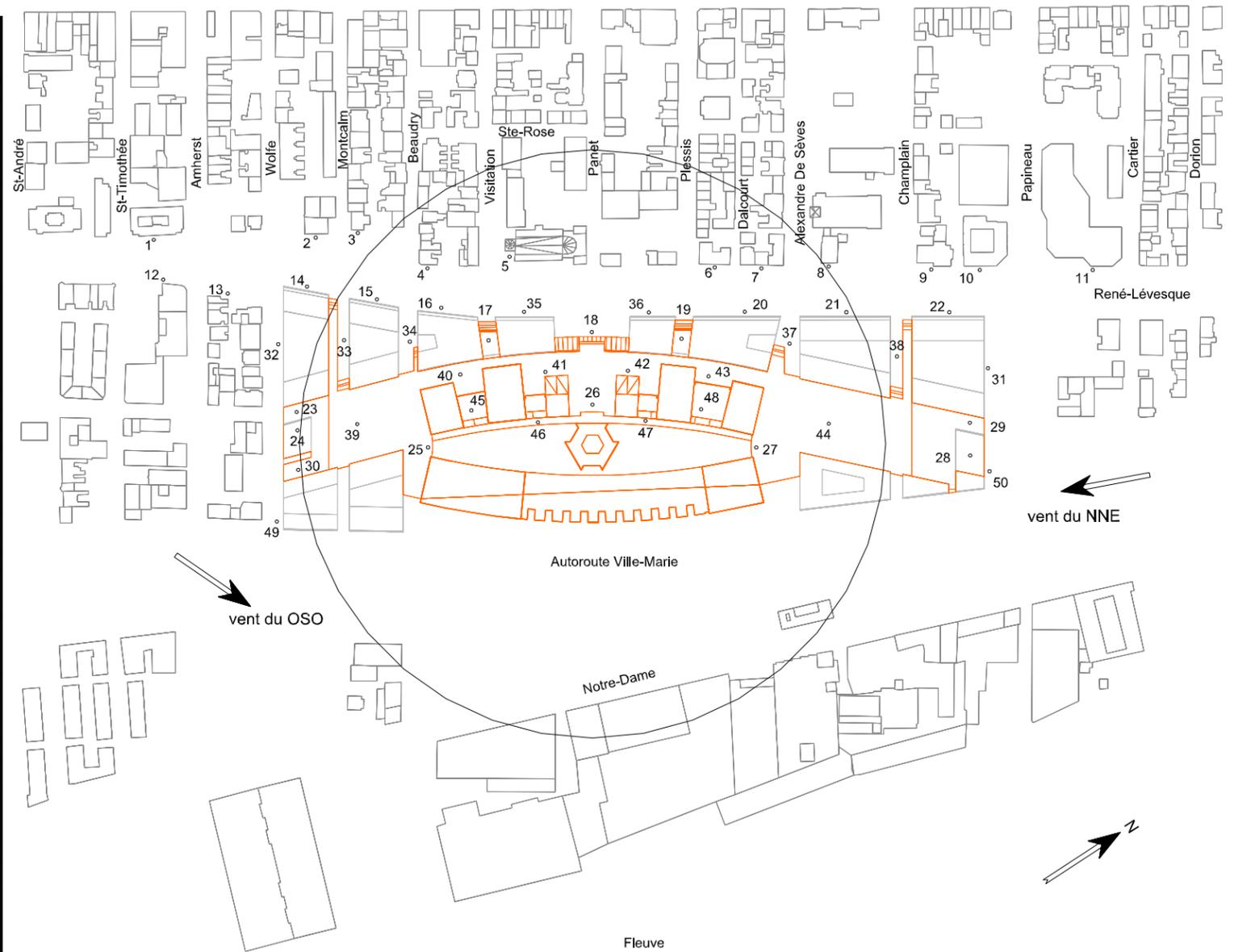


b) Conditions futures, lignes de courant côté ouest et sur le boulevard René Lévesque

<b>Le Groupe Conseil LaSalle Inc.</b>  9620, rue Saint-Patrick LaSalle, Québec Canada, H8R 1R8	DA OUST LESTAGE inc. architecture et design urbain	PROJET:	TITRE :	PRÉPARÉ PAR :	REF. CLIENT :	REF. LASALLE :
		Modernisation de la maison de Radio Canada Étude des impacts Éoliens	Lignes de courant par vent de secteur NNE	T.A.	-	-
				DATE:	FIGURE :	
				septembre2007	8	

POINT	AVANT AMENAGEMENT				TOTAL	APRES AMENAGEMENT				TOTAL
	OSO		NNE			OSO		NNE		
	survitesse	fréquence	survitesse	fréquence		survitesse	fréquence	survitesse	fréquence	
1	0.14	0.0%	0.53	0.6%	<b>0.6%</b>	0.59	2.7%	0.22	0.0%	<b>2.7%</b>
2	0.32	0.1%	0.26	0.0%	<b>0.1%</b>	0.11	0.0%	0.34	0.1%	<b>0.1%</b>
3	0.33	0.1%	0.22	0.0%	<b>0.1%</b>	0.17	0.0%	0.19	0.0%	<b>0.0%</b>
4	0.35	0.2%	0.74	2.0%	<b>2.3%</b>	0.17	0.0%	0.41	0.2%	<b>0.2%</b>
5	0.41	0.5%	0.68	1.7%	<b>2.2%</b>	0.41	0.6%	0.29	0.0%	<b>0.6%</b>
6	0.51	1.7%	0.10	0.0%	<b>1.7%</b>	0.30	0.0%	0.90	3.3%	<b>3.3%</b>
7	0.37	0.3%	0.01	0.0%	<b>0.3%</b>	0.41	0.6%	0.91	3.3%	<b>3.9%</b>
8	0.33	0.2%	0.27	0.0%	<b>0.2%</b>	0.10	0.0%	0.81	2.4%	<b>2.4%</b>
9	0.17	0.0%	0.09	0.0%	<b>0.0%</b>	0.12	0.0%	0.60	1.1%	<b>1.1%</b>
10	0.25	0.0%	0.08	0.0%	<b>0.0%</b>	0.38	0.3%	0.49	0.5%	<b>0.9%</b>
11	0.18	0.0%	0.27	0.0%	<b>0.0%</b>	0.15	0.0%	0.09	0.0%	<b>0.0%</b>
12	0.95	9.1%	0.42	0.3%	<b>9.3%</b>	0.92	8.5%	0.54	0.7%	<b>9.1%</b>
13	0.20	0.0%	0.22	0.0%	<b>0.0%</b>	0.12	0.0%	0.62	1.2%	<b>1.2%</b>
14	0.65	3.7%	0.32	0.1%	<b>3.8%</b>	0.13	0.0%	0.67	1.6%	<b>1.6%</b>
15	0.27	0.0%	0.78	2.2%	<b>2.2%</b>	0.14	0.0%	0.39	0.2%	<b>0.2%</b>
16	0.20	0.0%	0.29	0.0%	<b>0.0%</b>	0.34	0.2%	0.34	0.1%	<b>0.3%</b>
17	0.08	0.0%	0.16	0.0%	<b>0.0%</b>	0.47	1.2%	0.19	0.0%	<b>1.2%</b>
18	0.74	5.2%	0.53	0.6%	<b>5.8%</b>	0.55	2.2%	0.06	0.0%	<b>2.2%</b>
19	0.46	1.1%	0.29	0.0%	<b>1.1%</b>	0.60	2.8%	0.27	0.0%	<b>2.8%</b>
20	0.45	1.0%	0.24	0.0%	<b>1.0%</b>	0.55	2.2%	0.17	0.0%	<b>2.2%</b>
21	0.36	0.3%	0.32	0.1%	<b>0.3%</b>	0.49	1.4%	0.91	3.3%	<b>4.8%</b>
22	0.44	0.9%	0.24	0.0%	<b>0.9%</b>	0.45	1.1%	0.62	1.2%	<b>2.3%</b>
23	0.41	0.5%	0.34	0.1%	<b>0.6%</b>	1.17	12.4%	0.10	0.0%	<b>12.4%</b>
24	0.47	1.2%	0.61	1.2%	<b>2.4%</b>	1.18	12.6%	0.21	0.0%	<b>12.6%</b>
25	0.05	0.0%	0.16	0.0%	<b>0.0%</b>	0.53	1.9%	0.66	1.5%	<b>3.4%</b>
26	0.26	0.0%	0.22	0.0%	<b>0.0%</b>	0.15	0.0%	0.76	2.1%	<b>2.1%</b>
27	0.13	0.0%	0.23	0.0%	<b>0.0%</b>	0.22	0.0%	0.50	0.5%	<b>0.5%</b>
28	0.78	5.7%	0.30	0.0%	<b>5.7%</b>	0.59	2.7%	1.20	5.4%	<b>8.0%</b>
29	0.76	5.4%	0.14	0.0%	<b>5.4%</b>	0.40	0.5%	1.27	6.0%	<b>6.5%</b>
30	0.49	1.5%	0.75	2.0%	<b>3.6%</b>	1.41	15.9%	0.35	0.1%	<b>16.0%</b>
31	0.52	1.8%	0.22	0.0%	<b>1.8%</b>	0.03	0.0%	0.63	1.3%	<b>1.3%</b>
32	0.35	0.2%	0.57	0.9%	<b>1.1%</b>	0.51	1.7%	0.18	0.0%	<b>1.7%</b>
33	0.12	0.0%	0.66	1.5%	<b>1.5%</b>	0.79	5.8%	0.15	0.0%	<b>5.8%</b>
34	0.15	0.0%	0.23	0.0%	<b>0.0%</b>	1.31	14.6%	0.59	1.0%	<b>15.6%</b>
35	0.17	0.0%	0.65	1.5%	<b>1.5%</b>	0.28	0.0%	0.11	0.0%	<b>0.0%</b>
36	0.55	2.1%	0.35	0.1%	<b>2.2%</b>	0.31	0.1%	0.48	0.5%	<b>0.5%</b>
37	0.45	1.0%	0.19	0.0%	<b>1.0%</b>	0.83	6.5%	0.28	0.0%	<b>6.5%</b>
38	0.50	1.5%	0.20	0.0%	<b>1.5%</b>	0.31	0.1%	0.47	0.5%	<b>0.5%</b>
39	0.39	0.4%	0.32	0.1%	<b>0.4%</b>	1.00	10.0%	0.20	0.0%	<b>10.0%</b>
40	0.09	0.0%	0.27	0.0%	<b>0.0%</b>	0.26	0.0%	0.03	0.0%	<b>0.0%</b>
41	0.32	0.1%	0.56	0.8%	<b>0.9%</b>	0.43	0.8%	0.96	3.7%	<b>4.6%</b>
42	0.35	0.2%	0.44	0.3%	<b>0.5%</b>	0.62	3.3%	0.54	0.7%	<b>4.0%</b>
43	0.21	0.0%	0.09	0.0%	<b>0.0%</b>	0.32	0.1%	0.08	0.0%	<b>0.1%</b>
44	0.50	1.6%	0.05	0.0%	<b>1.6%</b>	0.23	0.0%	1.07	4.5%	<b>4.5%</b>
45	0.10	0.0%	0.17	0.0%	<b>0.0%</b>	0.37	0.3%	0.13	0.0%	<b>0.3%</b>
46	0.87	7.6%	0.77	2.1%	<b>9.7%</b>	0.22	0.0%	0.61	1.2%	<b>1.2%</b>
47	0.53	1.9%	0.84	2.7%	<b>4.6%</b>	0.31	0.1%	0.14	0.0%	<b>0.1%</b>
48	0.39	0.4%	0.21	0.0%	<b>0.4%</b>	0.08	0.0%	0.27	0.0%	<b>0.0%</b>
49	0.28	0.0%	0.99	4.0%	<b>4.0%</b>	1.19	12.8%	0.19	0.0%	<b>12.8%</b>
50	0.82	6.3%	0.28	0.0%	<b>6.4%</b>	0.13	0.0%	0.42	0.2%	<b>0.2%</b>

a) Fréquences d'inconfort



b) Localisation

**Le Groupe Conseil LaSalle Inc.**



9620, rue Saint-Patrick  
LaSalle, Québec  
Canada, H8R 1R8

DA OUST LESTAGE inc.  
architecture et design urbain

PROJET:

Modernisation de la maison de  
Radio Canada  
Étude des impacts Éoliens

TITRE:

Fréquences d'inconfort

PRÉPARÉ PAR :

T.A.

REF. CLIENT :

DATE:

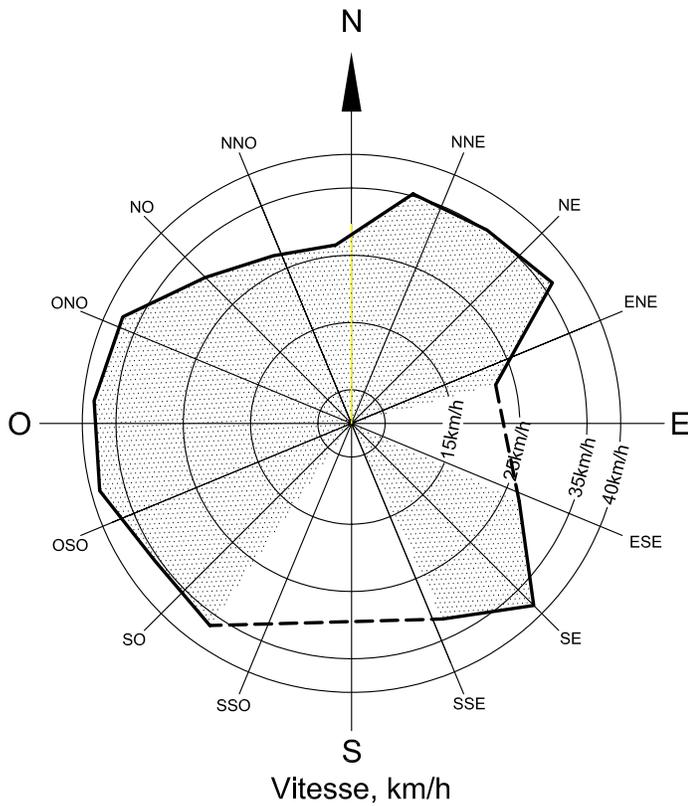
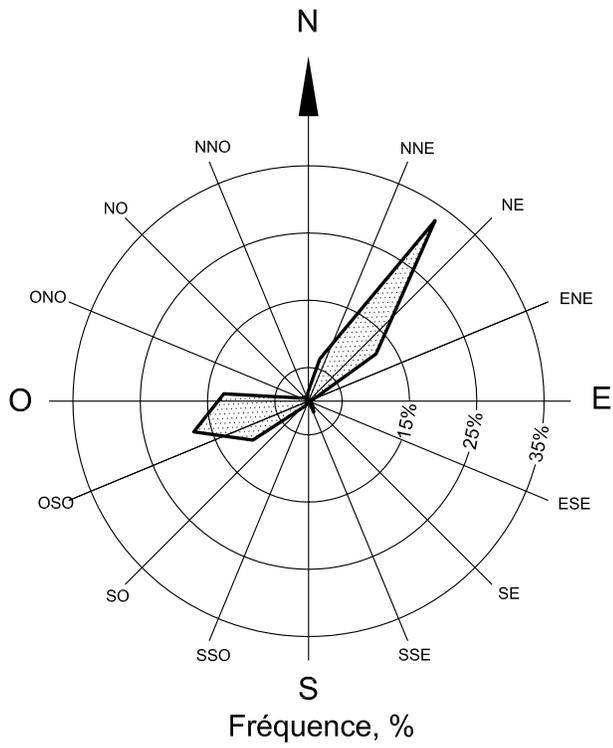
septembre2007

REF. LASALLE :

FIGURE :

9

Dorval 1982 - 2006  
Observations horaires avec poudrerie



**Le Groupe-Conseil LaSalle Inc.**



9620, rue Saint-Patrick  
LaSalle, Québec  
Canada H8R 1R8

PROJET:

MAISON DE RADIO-CANADA

DESSINÉ PAR:

P.T.

RÉF. CLIENT:

-

RÉF. LASALLE:

228-105-10

**DAOUST LESTAGE**

architecture  
design urbain

TITRE:

Statistique des vents à Montreal  
en présence de poudrerie

ÉCHELLE:

-

DATE:

OCTOBRE 2007

FIGURE:

10

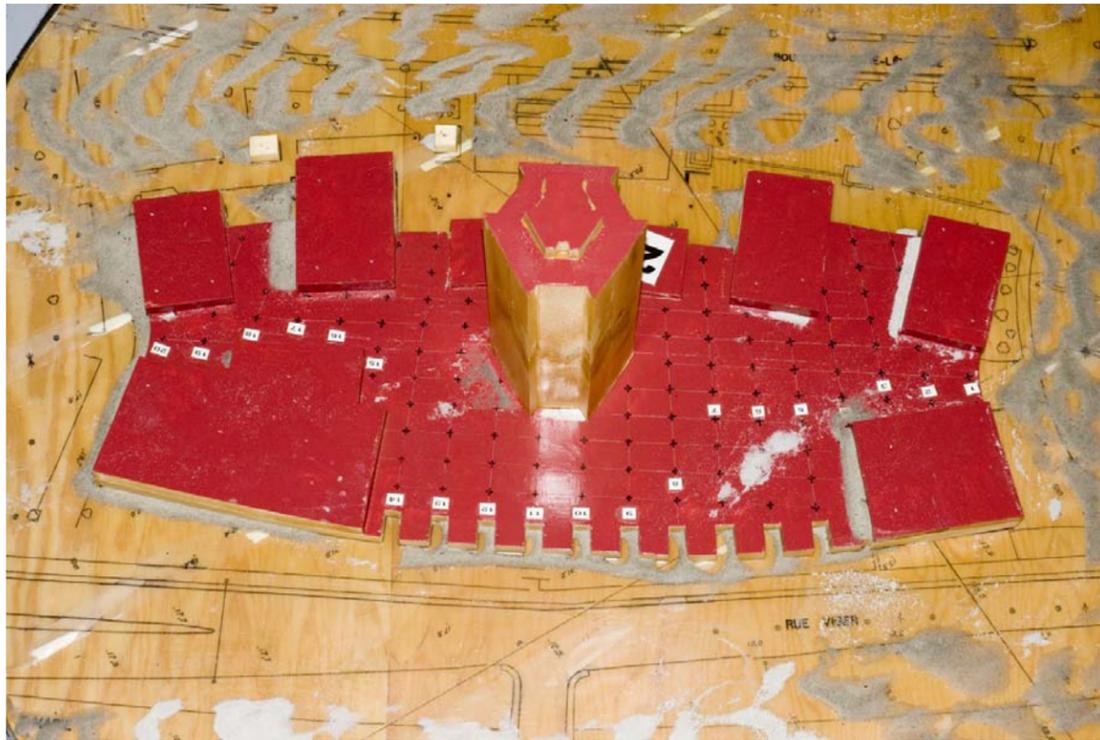


Photo 11.1

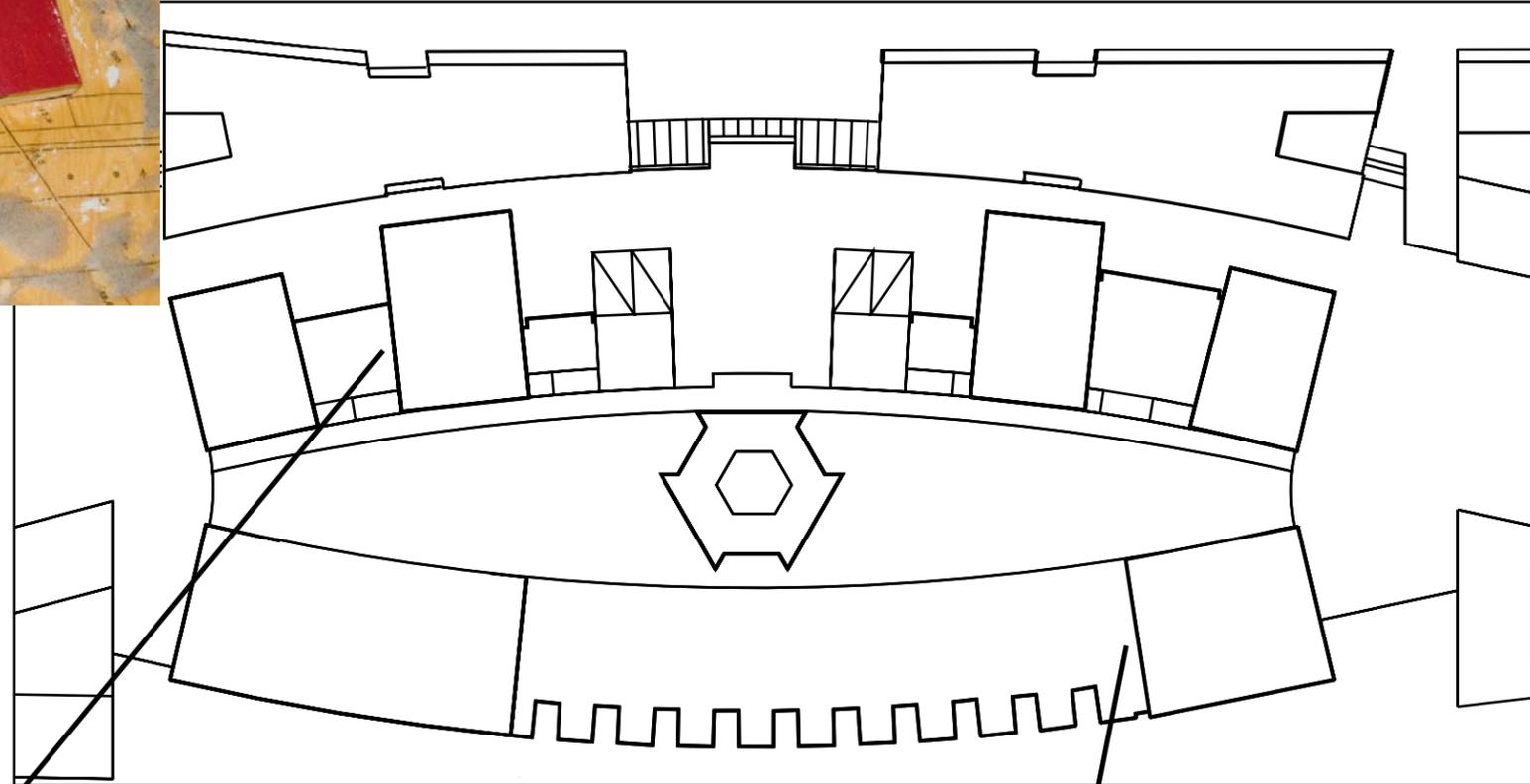


Photo 11.2



Photo 11.3



**DAOUST LESTAGE**  
architecture  
design urbain

PROJET:  
**Modernisation de la maison  
de Radio-Canada**  
Étude des conditions d'enneigement

TITRE:  
**conditions actuelles  
vent de secteur Nord-Nord-Est**

DESSINÉ PAR: JPS      RÉF. CLIENT:      RÉF. LASALLE: 228-105-11

DATE: Septembre 2007      **FIGURE 11**



Photo 12.1

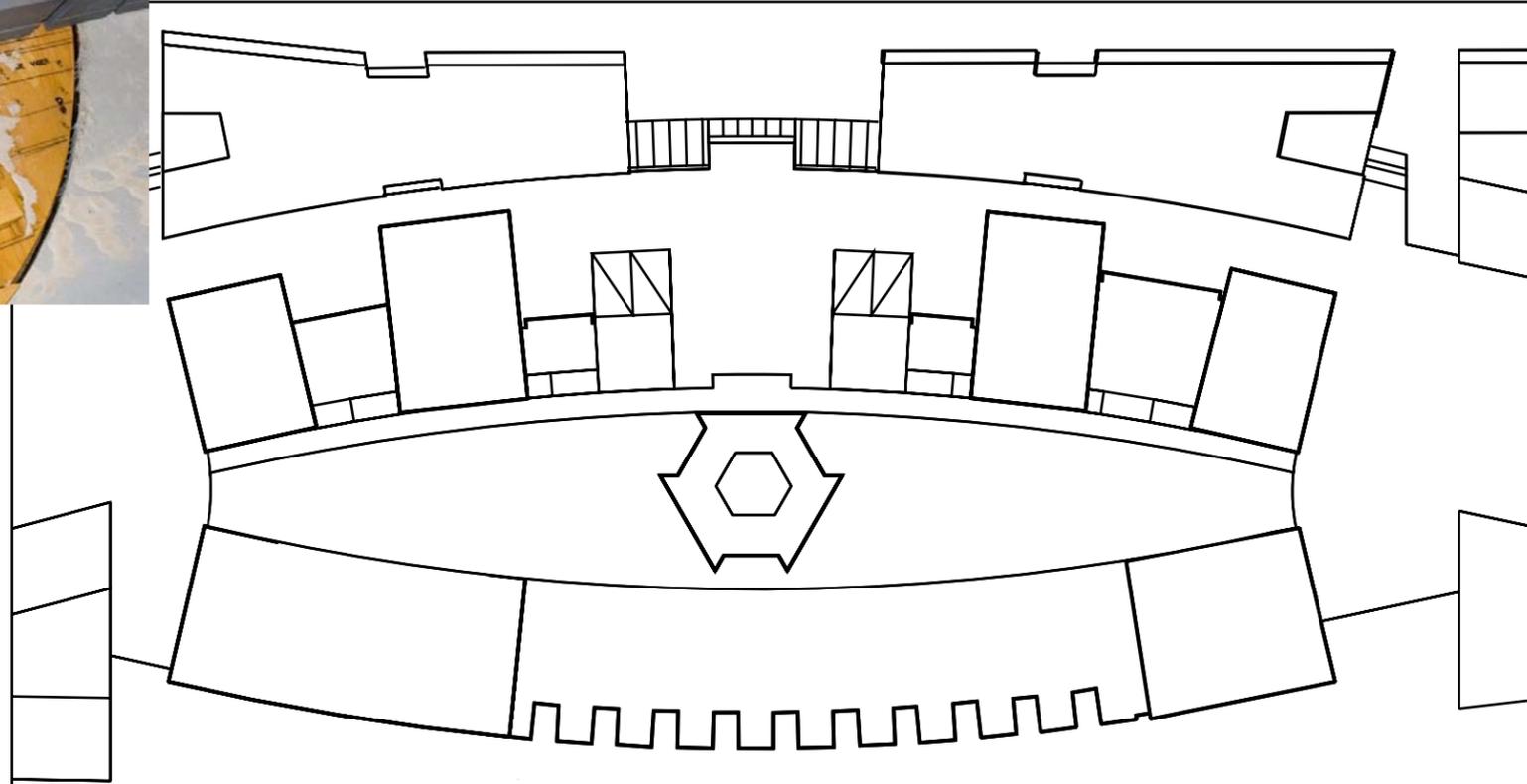


Photo 12.2

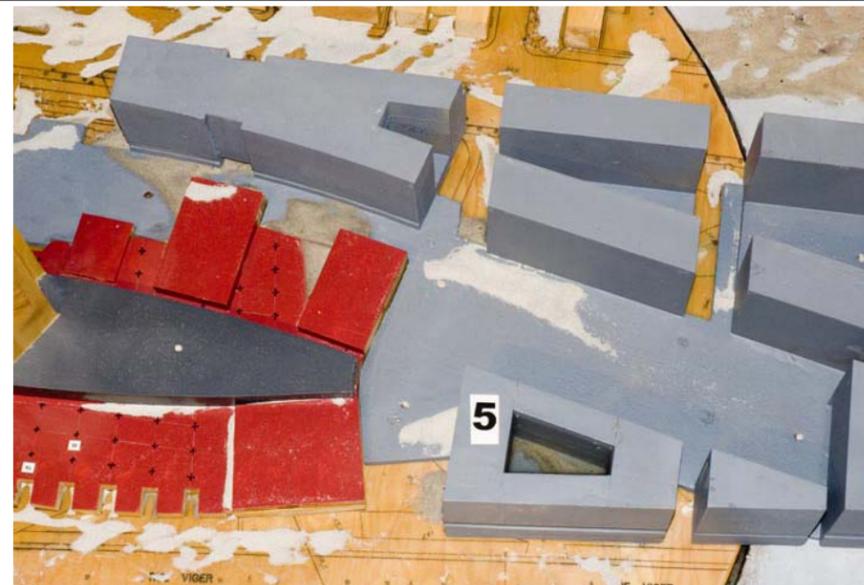


Photo 12.3



**DAOUST LESTAGE**  
architecture  
design urbain

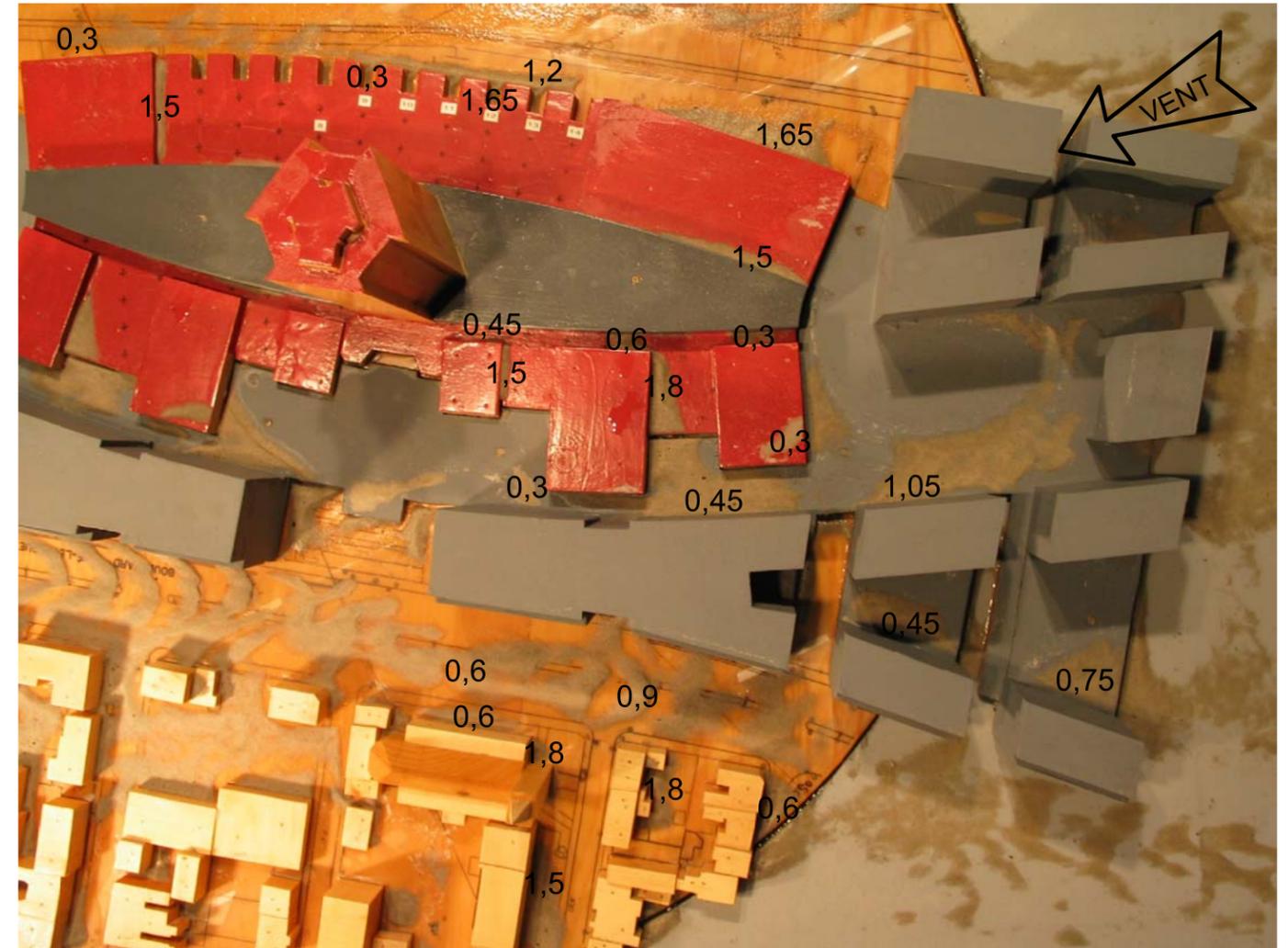
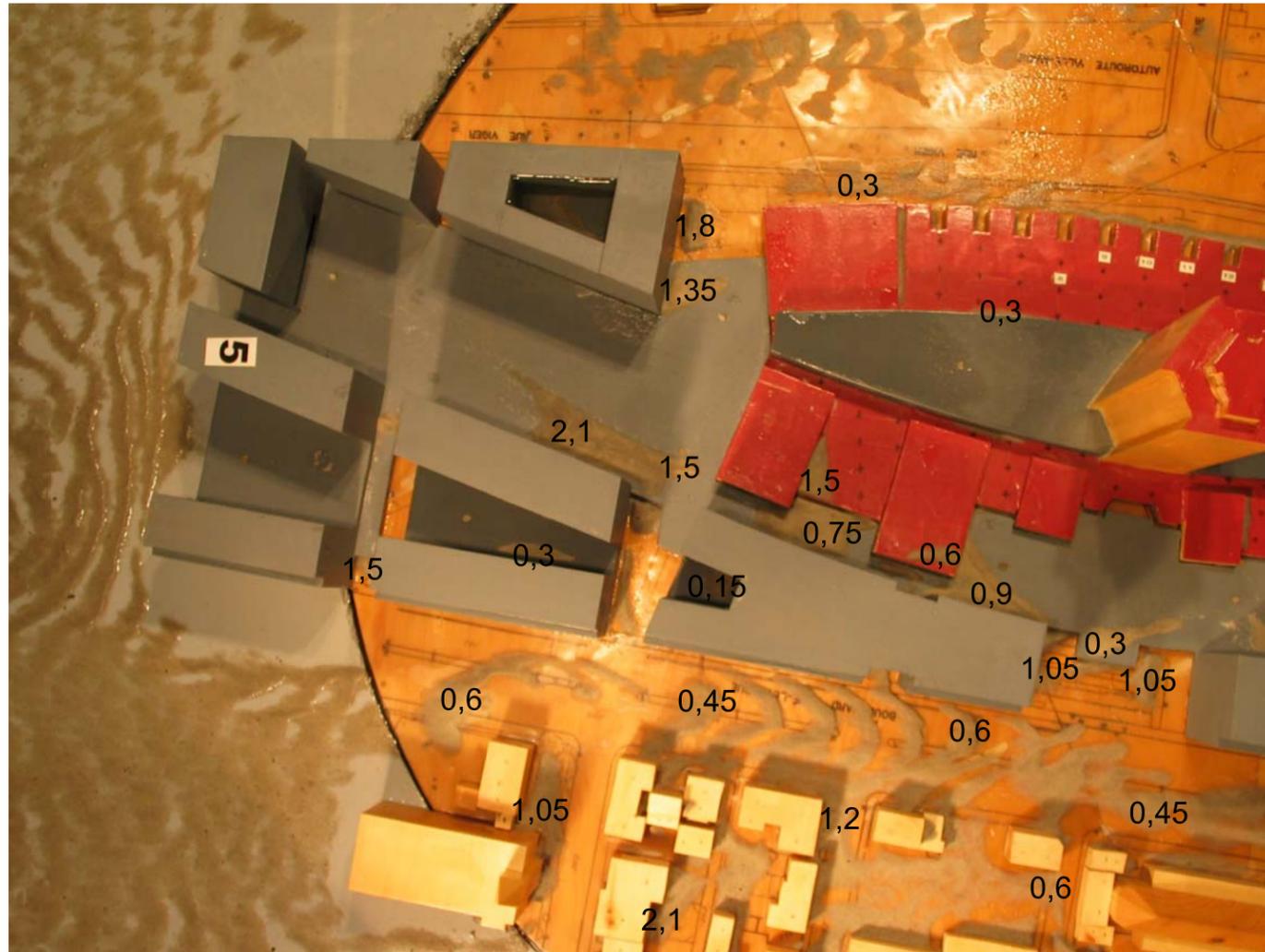
PROJET:  
**Modernisation de la maison  
de Radio-Canada**  
Étude des conditions d'enneigement

TITRE:  
**conditions futures  
vent de secteur Nord-Nord-Est**

DESSINÉ PAR: JPS      RÉF. CLIENT:      RÉF. LASALLE: 228-105-12

DATE:  
Septembre 2007

**FIGURE 12**



Note:

Toutes les épaisseurs sont exprimées en m

**Le Groupe-Conseil LaSalle Inc.**


 9620, rue Saint-Patrick  
 LaSalle, Québec  
 Canada H8R 1R8

**DAOUST LESTAGE**  
 architecture  
 design urbain

PROJET: MODERNISATION DE LA  
 MAISON DE RADIO-CANADA  
 Étude des conditions d'enneigement

TITRE:  
 Épaisseur des accumulations de  
 neige par vent de Nord-Nord-Est

DESSINÉ PAR: G. Carier	RÉF. CLIENT: -	RÉF. LASALLE: 228-105-13
ECHELLE: -	DATE: OCTOBRE 2007	FIGURE: <b>13</b>



Photo 14.1

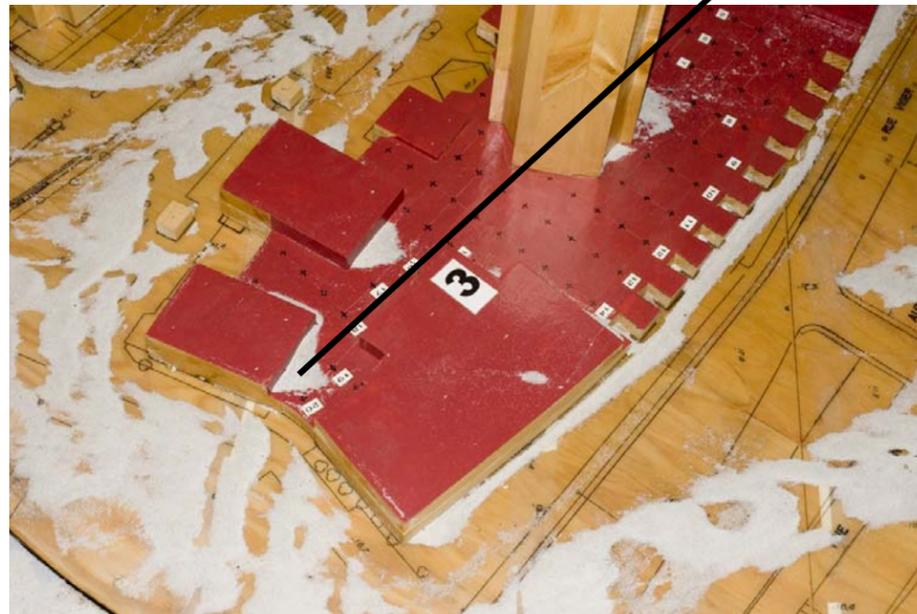
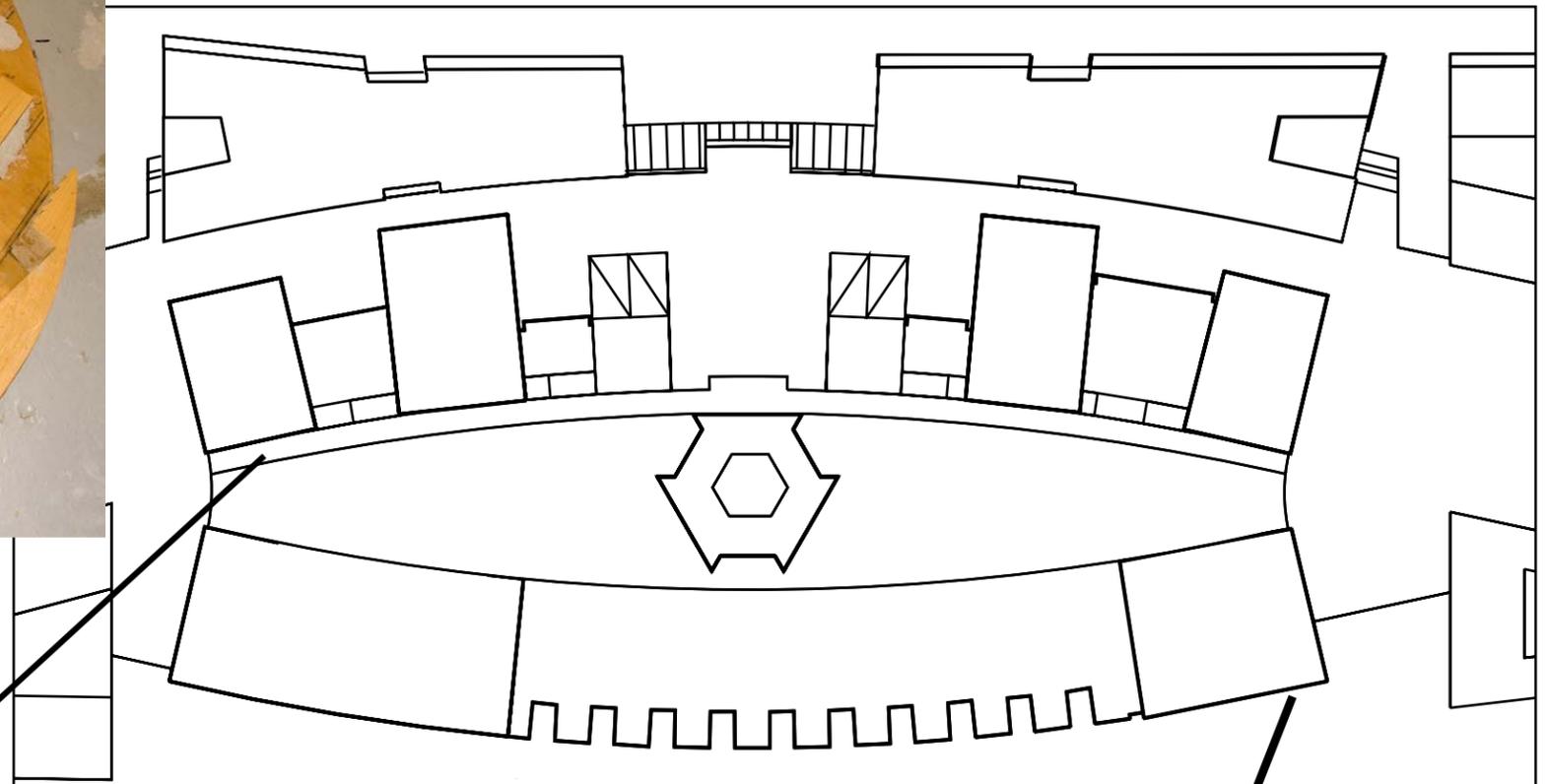


Photo 14.2



Photo 14.3



**DAOUST LESTAGE**  
architecture  
design urbain

PROJET:  
**Modernisation de la maison  
de Radio-Canada**  
Étude des conditions d'enneigement

TITRE:  
**conditions actuelles  
vent de secteur Ouest-Sud-Ouest**

DESSINÉ PAR: JPS      RÉF. CLIENT:      RÉF. LASALLE: 228-105-14

DATE:  
Septembre 2007

**FIGURE 14**



Photo 15.1

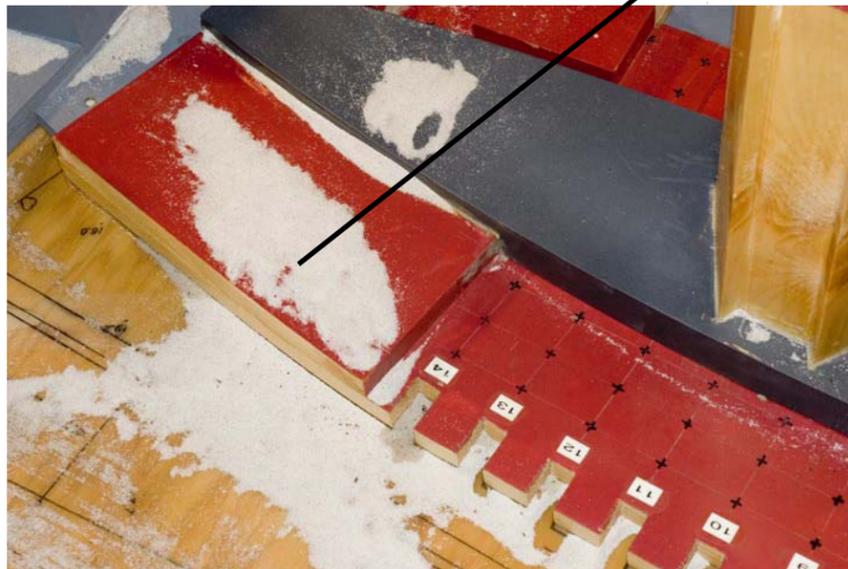
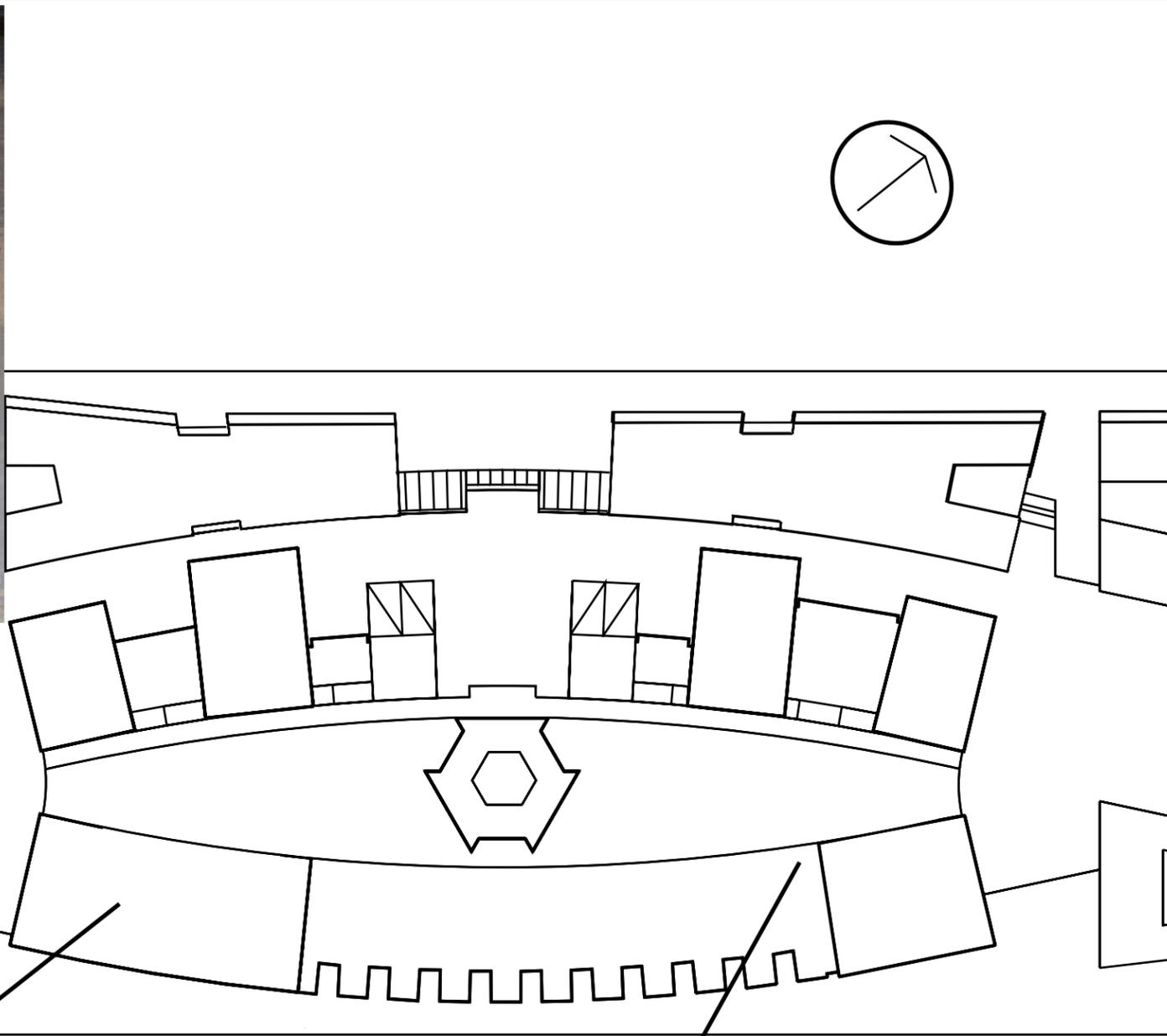


Photo 15.2

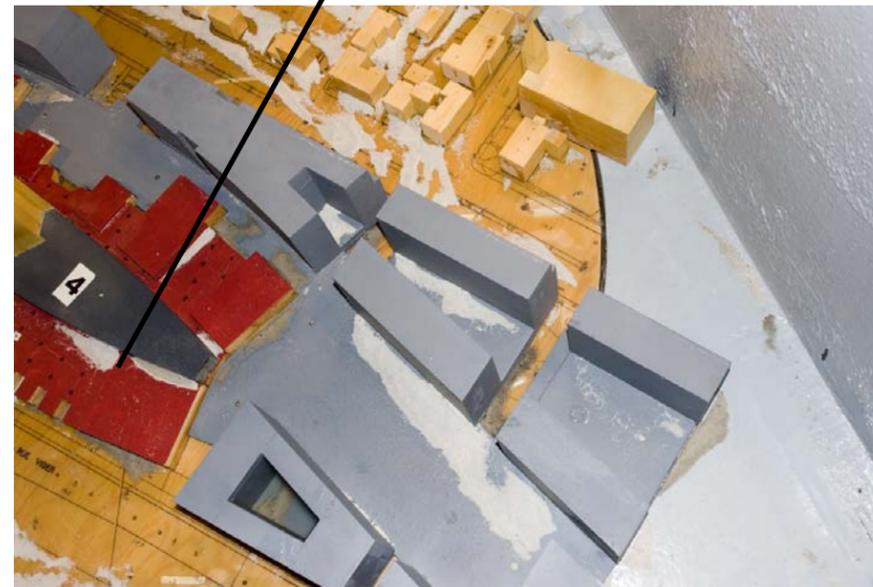


Photo 15.3



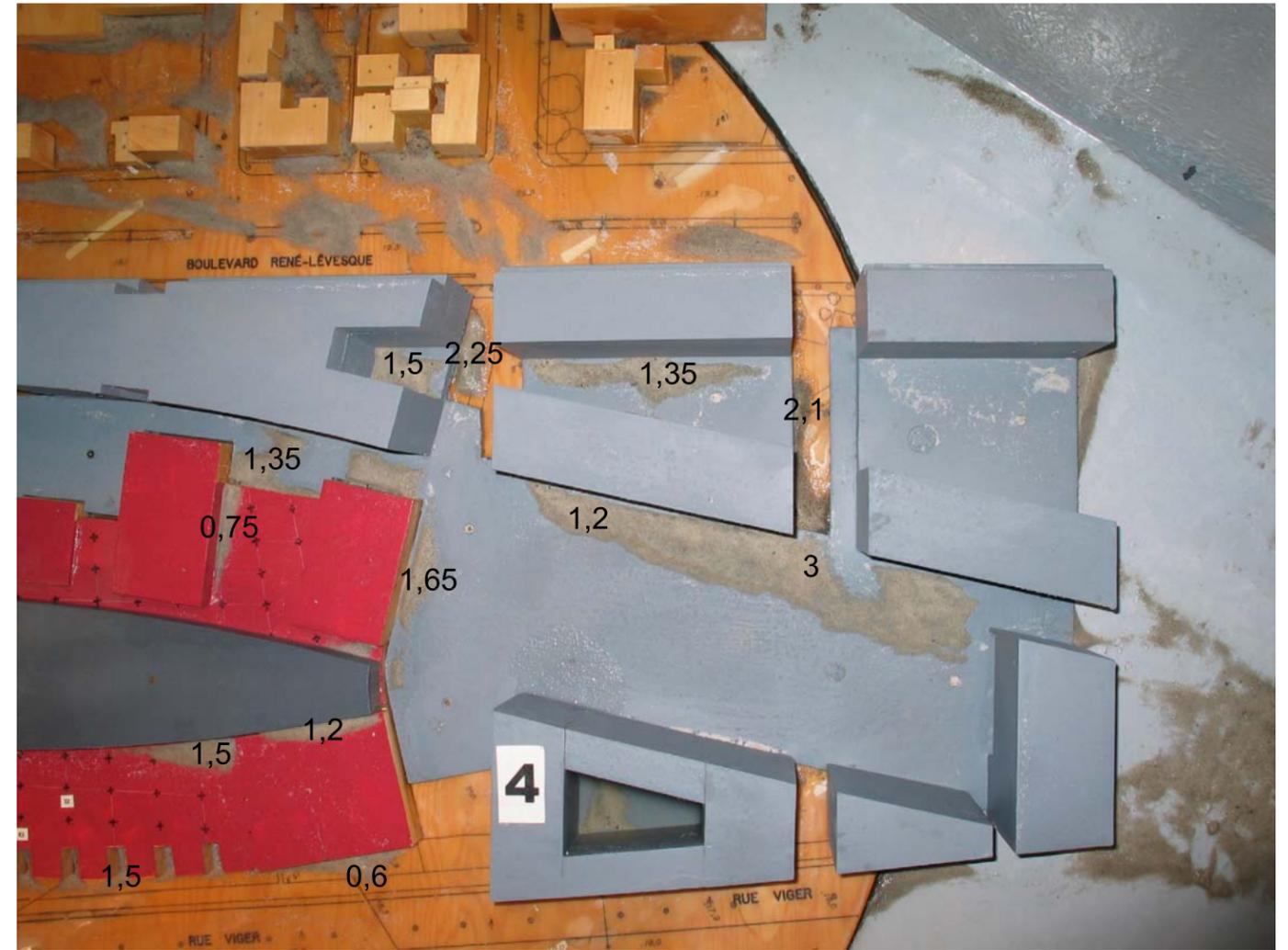
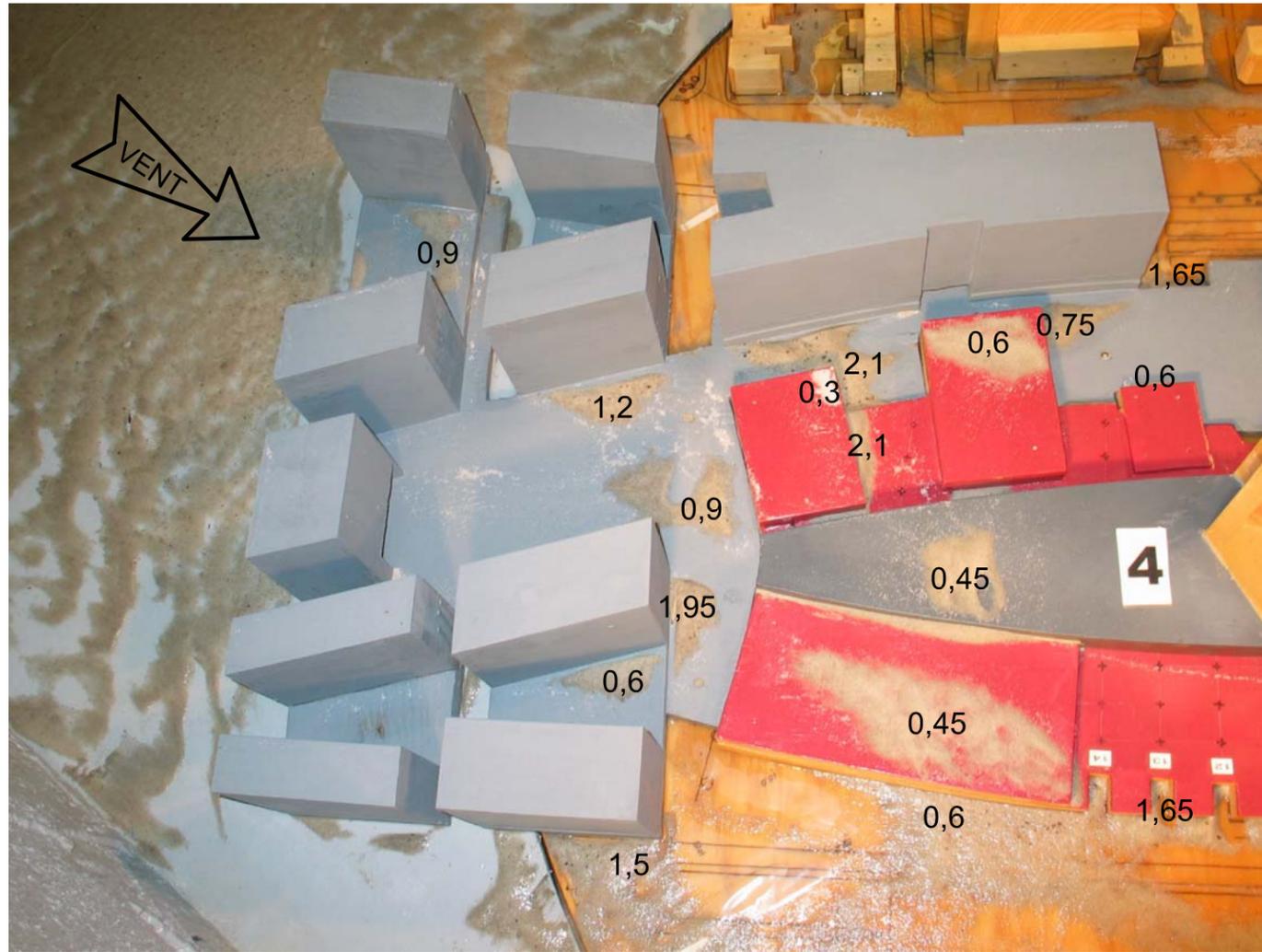
**DAOUST LESTAGE**  
architecture  
design urbain

PROJET:  
**Modernisation de la maison  
de Radio-Canada**  
Étude des conditions d'enneigement

TITRE:  
**conditions futures  
vent de secteur Ouest-Sud-Ouest**

DESSINÉ PAR: JPS      RÉF. CLIENT:      RÉF. LASALLE: 228-105-15

DATE: Septembre 2007      **FIGURE 15**



Note:

Toutes les épaisseurs sont exprimées en m

**Le Groupe-Conseil LaSalle Inc.**

9620, rue Saint-Patrick  
LaSalle, Québec  
Canada H8R 1R8

**DAOUST LESTAGE**  
architecture  
design urbain

PROJET: MODERNISATION DE LA  
MAISON DE RADIO-CANADA  
Étude des conditions d'enneigement

TITRE:  
Épaisseur des accumulations de  
neige par vent de Ouest-Sud-Ouest

DESSINÉ PAR: G. Carier	RÉF. CLIENT: -	RÉF. LASALLE: 228-105-16
---------------------------	-------------------	-----------------------------

ECHELLE: -	DATE: OCTOBRE 2007	FIGURE: 16
---------------	-----------------------	---------------