

ETUDES D'IMPACT
COMPLEMENT n°2
PC 11

BET Structure

EGIS (AEDIS sous traitant)
4, rue Dolores Ibaruri, TSA 40002
93 188 - Montreuil Cedex

BET Façade

EMMER PFINNINGER
Waldenstrasse 13
CH - 4142 Mûchenstein - SUISSE

BET Fluides et VRD

ARTELIA
2, avenue François Mitterrand
93 210 - La Plaine St Denis

BET Ascenseurs

LERCH BATES
117, avenue Achille Peretti
92 200 - Neuilly sur Seine

BET Aménagements paysagés

TECHNIVERT CONSULTANT
6, sentier de l'haillon
77 000 - Vaux le Perreil

BET Cuisine restauration

RESTAURATION CONSEIL
9, Maurice Grandcoing
94 854 - Ivry sur Seine Cedex

Conseil Restauration

INTERFACE RESTAURATION
19, rue Roger Selengro
92 130 - Issy les Moulineaux

Sécurité Incendie

CASSO & ASSOCIES
Carré Daumesnil - 52, rue Jacques Hilleret
75 612 - Paris Cedex 12

Acoustique

AVLS
18, rue Charles de Gaulle
91 400 - Orsay

Etude de Sureté et Sécurité Publique

CRONOS CONSEIL
26, rue Buisson St Louis
75 010 - Paris

Etude d'impact

ATELIER VILLES ET PAYSAGES
107, avenue Parmentier
75 011 - Paris

Qualité Environnementale

ARTELIA
2, avenue François Mitterrand
93 210 - La Plaine St Denis

Etudes Hydrauliques

BURGEAP
27, rue de Vanves
92 100 - Boulogne Billancourt

Economiste

GV INGENIERIE
4, allée des Ambalais
94 420 - Le Plessis-Trevise

Conseil Dépollution

URS FRANCE
87, avenue François Arago
92 017 - Nanterre Cedex

Bureau de Contrôle

SOCOTEC
10, rue Mollière
92 400 - Courbevoie

Coordonnateur SPS

SOCOTEC
10, rue Mollière
92 400 - Courbevoie

Coordonnateur SSI

EURO COORD
45, rue du Marigny
95 240 - Commeny-en-Parisis

DUO
D'Urbanisme et d'Orientation

**Maîtrise d'ouvrage**

IVANHOE CAMBRIDGE Investissements France
30, avenue George V
75008 PARIS

Maîtrise d'ouvrage déléguée

HINES France
66 Avenue Charles de Gaulle
92522 NEUILLY SUR SEINE Cedex

Maîtrise d'oeuvre

Ateliers Jean Nouvel
10 cité d'Angoulême 75 011 PARIS
T : 33 1 49 23 83 83 F : 33 1 49 24 64 16

Phase**PERMIS DE CONSTRUIRE****Titre**

PC 11
ETUDE D'IMPACT - COMPLEMENT 2

Date : 17 décembre 2014**Echelle :**

811	CSTB	PC	DOS	DUO	PC 11	0
PROJET	EMETTEUR	PHASE	DOCUMENT	ZONE	IDENTIFIANT	ORDRE

EN-CAPE 14.225 C - V0

**Impact du projet tours DUO à Paris sur la
sécurité au vent au niveau du périphérique
et solutions correctives**

Jérôme VINET, Graham KNAPP & Julien GUILHOT

Département Climatologie – Aérodynamique – Pollution – Epuration

EN-CAPE 14.225 C - V0

**Impact du projet tours DUO à
Paris sur la sécurité au vent au
niveau du périphérique et
solutions correctives**

**Jérôme Vinet, Graham KNAPP
& Julien GUILHOT**

**DEPARTEMENT CLIMATOLOGIE – AERODYNAMIQUE
POLLUTION - EPURATION**

*Cette étude a été réalisée
à la demande de la société IVANHOE
suivant la confirmation par email
en date du 17/12/2014
Offre n° 6908*

Nantes, le 17/12/2014

Jérôme VINET
Ingénieur
Climatologie-Aérodynamique-
Pollution-Epuration

Marc DUFRESNE de VIREL
Responsable thématique
Air-Confort-Environnement
Climatologie-Aérodynamique-
Pollution-Epuration

Mots clés : simulation numérique, sécurité, protections au vent

Nbre de pages : 17

Version n° : 0



CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT
11 RUE HENRI PICHERIT, BP 82341, 44323 NANTES CEDEX 3
Tél : 02.40.37.20.00 Fax : 02.40.37.20.60
Site Web : www.cstb.fr/nantes
Email : cape@cstb.fr

TABLE DES MATIERES

1	INTRODUCTION	1
2	LES DONNEES DE VENT	2
2.1	LA STATION METEO	2
2.2	LES DONNEES OBSERVEES	2
2.3	ROSE DES VENTS FORTS.....	3
3	LES SIMULATIONS NUMERIQUES	4
3.1	MODELISATION DE L'ENVIRONNEMENT	4
3.2	METHODE DE SIMULATION	4
4	IMPACT DU PROJET DUO SUR LES VITESSES DE VENT DU PERIPHERIQUE.....	6
4.1	DESCRIPTION DES SEUILS CONSIDERES	6
4.2	RESULTATS EN VITESSE DE POINTE	7
4.3	ANALYSE ET VISUALISATION DES VITESSES LATERALES.....	9
5	PROPOSITIONS DE DISPOSITIFS POUR LIMITER L'IMPACT DE DUO.....	11
5.1	ECRANS POREUX COMME DISPOSITIFS D'AMELIORATION DE LA SECURITE SUR LE PERIPHERIQUE	11
5.2	ANALYSE DU PROJET PAYSAGER COMME DISPOSITIFS D'AMELIORATION DE LA SECURITE SUR LE PERIPHERIQUE	13
5.3	ECRANS POREUX EN COMPLEMENT DE LA VEGETATION COMME DISPOSITIFS D'AMELIORATION	14
5.4	RESULTATS DES DISPOSITIFS D'AMELIORATION SUR LES VITESSES ET LA SECURITE DU PERIPHERIQUE	15
6	CONCLUSION	17

1 INTRODUCTION

En complément du rapport EN-CAPE 14.102 C-V0 traitant du confort et de la sécurité au vent autour du projet des tours DUO, une note spécifique à l'impact du projet sur la sécurité au niveau du périphérique proche est présentée ici. Des solutions correctives sont également discutées afin de rendre le projet le moins impactant possible.

Le projet des tours DUO sera implanté à Paris, dans le 13^{ème} arrondissement, îlot B3A, secteur Bruneseau-Massena, ZAC Paris Rive Gauche. Il consiste à construire deux Immeubles de Grande Hauteur à usage principal de bureaux et hôtel, il comporte deux tours, DUO 1 et DUO 2, de hauteurs respectives 175 et 123 mètres (base à 43 m NGF).

Une analyse spécifique des données de vent recueillies à la station de Vélizy-Villacoublay est également réalisée afin de caractériser le site étudié par rapport au vent. Il s'agit d'une part d'étudier la répartition du vent en termes de direction et de vitesse, et d'autre part de proposer des ajustements statistiques qui permettront d'évaluer des probabilités de dépassement des seuils associés à des critères de sécurité.

Les résultats des simulations numériques (approche CFD) réalisées, basées sur l'emploi d'un code de mécanique des fluides (résolution des équations de Navier-Stokes), sont exploités pour analyser les conditions de vent dans la zone du projet, dans un rayon d'au moins 500 mètres et plus spécifiquement au niveau des voies de circulation situées à proximités des tours.

Dans cette note, l'accent est mis sur l'amélioration des conditions de sécurité en prenant en considération une végétation persistante et importante sur le belvédère au pied de DUO1. L'effet d'écrans brise vent poreux est également démontré. L'action combinée des grands arbres et des écrans brise-vent améliore très sensiblement les conditions de sécurité sur le périphérique.

En préventif, afin d'éviter l'effet de surprise lié à un vent latéral, des dispositifs d'avertissement aux conducteurs (panneaux de signalisation ou manches à air) pourraient être mises en place avec l'accord de la direction de l'urbanisme en amont des zones concernées sur le périphérique.

Toutes ces mesures apportent une sécurisation du périphérique à proximité de DUO1.

2 LES DONNEES DE VENT

L'étude de la sécurité au vent requiert de connaître les caractéristiques statistiques du vent dans la zone du projet. L'établissement de ces caractéristiques est réalisé à partir de données météorologiques observées à une station météo proche et possédant une durée d'acquisition de données de vent permettant d'être représentative.

2.1 La station météo

Les données de vent utilisées comme référence météorologique sont ici issues de la station de Vélizy-Villacoublay (station Météo-France 78640001), située sur le site de l'aéroport à environ 15 km à l'Ouest de l'emplacement des Tours DUO (cf. Figure 1 ci-dessous).

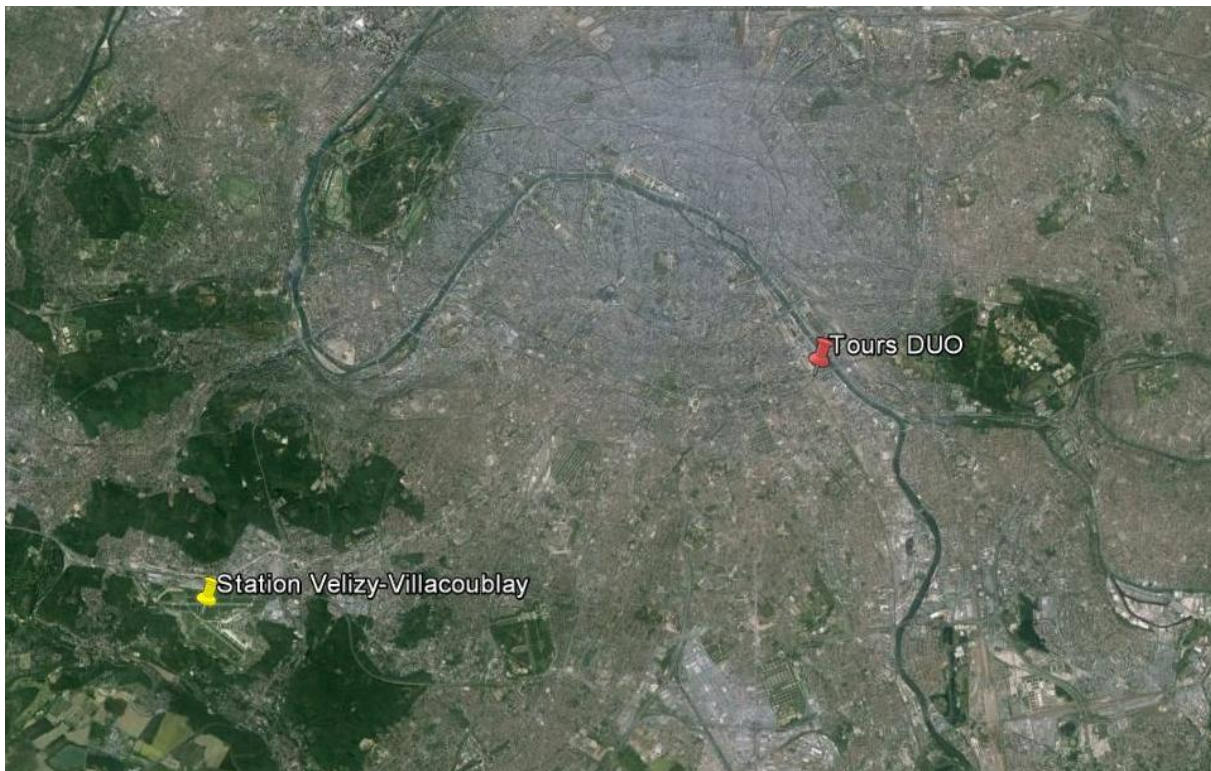


Figure 1 : Emplacement de la station météo par rapport au site du projet

2.2 Les données observées

Les données utilisées sont les vitesses moyennes de vent tri-horaires (soit mesurées toutes les 3h) et leurs directions associées relevées à la station. Les moyennes sont calculées sur une période de 10 minutes et sont fournies avec une précision de 1 m/s. Les directions sont définies par pas de 20°. Ces données correspondent à un vent mesuré à 10 mètres au-dessus du sol.

La période considérée couvre 11 années complètes, du 1^{er} janvier 1996 au 31 décembre 2006. La durée des observations est ici assez longue pour pouvoir considérer ces données comme représentatives des vents soufflant à Paris.

Enfin, le mât de mesure météo étant situé dans un environnement dégagé de type rase-campagne, rugosité II, ce ne sont pas les vitesses de vent mesurées brutes qui ont été utilisées par la suite, mais des vitesses corrigées pour correspondre une rugosité caractéristique du site du projet, à savoir une rugosité urbaine de catégorie IIIb. Le coefficient de passage appliqué a été calculé selon la théorie exposée dans le rapport de départ.

2.3 Rose des vents forts

Afin de mieux appréhender les phénomènes liés aux vents forts, la figure ci-dessous illustre la répartition par secteur de direction des vitesses de vent supérieures à 15 m/s à la station de Vélizy (mesure à 10 m, rugosité II).

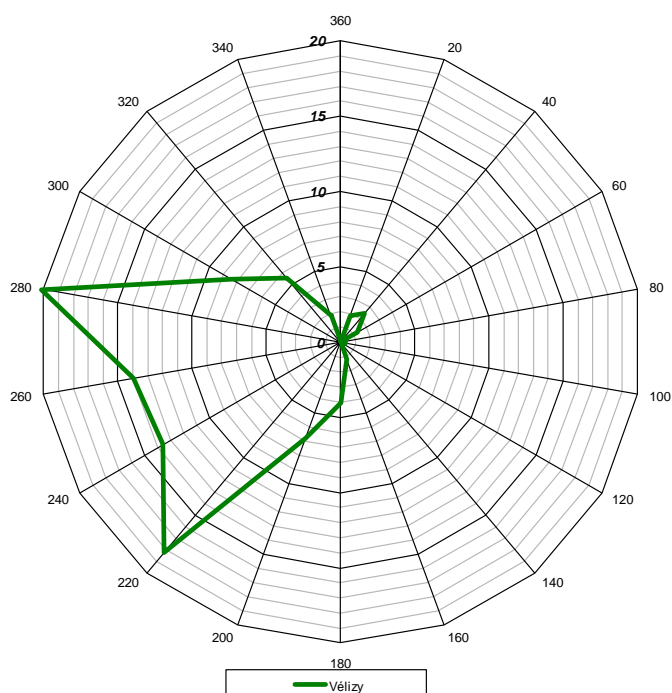


Figure 2 : Distribution des vents forts (>15 m/s) à Vélizy

3 LES SIMULATIONS NUMERIQUES

La connaissance du champ de vent s'appliquant autour du bâtiment en projet est obtenue par approche numérique, par l'intermédiaire du logiciel de CFD Fluent. La modélisation 3D représentant les tours et les constructions environnantes est bâtie à partir des fichiers 3D fournis par *Ateliers Jean Nouvel* en date du 11/03/2014 et intitulés "811-AJN-3D DUO-140311r5.3dm" et "811-AJN-CONTEXTE-140311r5.3dm".

3.1 Modélisation de l'environnement

Les constructions entourant le projet influent directement sur les caractéristiques locales du vent. Ces dernières sont modélisées dans un rayon d'au moins 500 mètres autour du projet. La figure 3 propose une image de l'environnement utilisé et des tours.

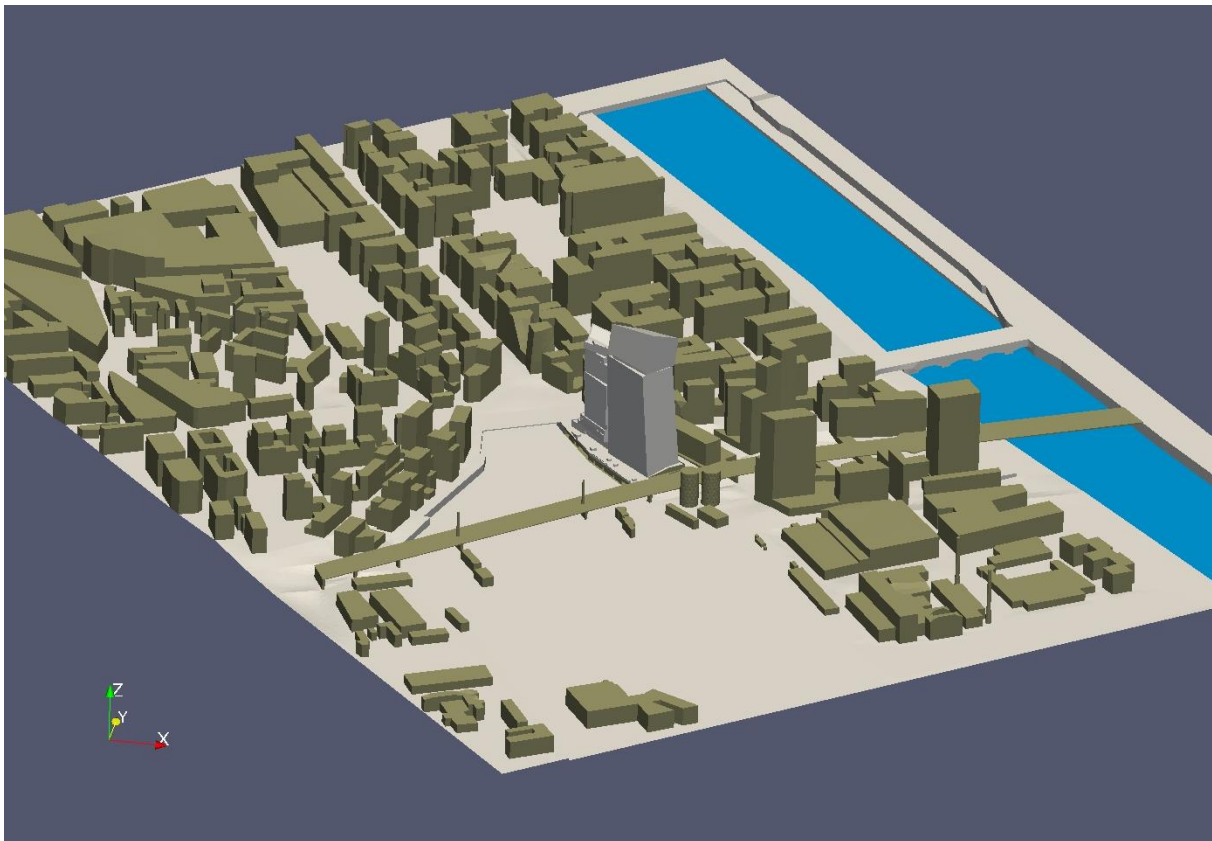


Figure 3 : Représentation des tours et de leur environnement bâti

3.2 Méthode de simulation

Le logiciel Fluent permet de résoudre pour une géométrie 3D les équations de continuité et de quantité de mouvement de manière découplée. Les flux turbulents sont pris en compte à l'aide d'un modèle de type RANS où la

turbulence est moyennée dans le temps. Le calcul est réalisé en régime stationnaire pour un écoulement neutre (pas d'effet thermique). La résolution utilise la méthode des volumes finis et s'effectue sur un maillage non-structuré constitué d'environ 4 millions de cellules.

Le vent en entrée du domaine de calcul est imposé, tant au niveau de sa vitesse moyenne que de sa turbulence suivant les profils décrits dans le rapport pour une rugosité de catégorie IIIb. Ces conditions d'entrée du vent en amont du domaine de calcul sont considérées comme homogènes avec une variation verticale aussi bien pour la vitesse que pour la turbulence.

En ce qui concerne la surface représentant le sol à l'extérieur de la zone bâtie, elle correspond à une paroi ayant une rugosité de 0.50 m (rugosité IIIb).

Les conditions des autres limites du domaine sont :

- soit des conditions de symétrie (pour les parois latérales et la paroi supérieure)
- soit des conditions de pression libre (en sortie de domaine)

Ces conditions sont telles que l'écoulement ne soit pas perturbé au voisinage de la zone étudiée.

4 IMPACT DU PROJET DUO SUR LES VITESSES DE VENT DU PERIPHERIQUE

L'implantation de la tour DUO1 en limite du boulevard périphérique peut induire un écoulement fortement cisailé conduisant à des conditions hétérogènes sur les voies de circulation. Dans cette partie, les résultats des champs de vent obtenus par simulation numérique sont analysés au niveau des voies de circulation afin de déterminer l'impact de la présence de ce nouveau bâtiment vis-à-vis de la sécurité du trafic routier.

4.1 Description des seuils considérés

Il n'existe pas à notre connaissance de seuil de vitesse du vent considérée formellement comme acceptable selon la législation française. L'article 41-3 de l'instruction interministérielle sur la signalisation routière (DSCR, 2011) prévoit en cas de « *danger dû au vent* » la mise en place de panneaux de signalisation (panneau A24) et de balise avec manche à air (balise J7). Il ne décrit pas comment définir un éventuel danger en termes de nombre d'occurrences de vents forts par an.



Figure 4 : Panneau A24

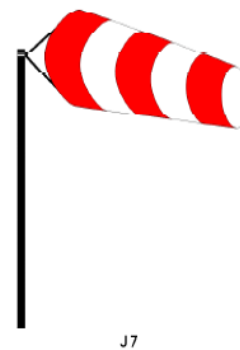


Figure 5 : Balise J7 (DSCR, 2012)

Ces dispositifs sont placés sur les autoroutes et les ponts exposés aux vents forts. Sur les très grands ponts un système de gestion de trafic est souvent mis en place avec plusieurs dispositifs en fonction de la vitesse du vent. Un récapitulatif de ces dispositifs est présenté dans le Tableau 1 pour 5 grands ponts sans écran brise-vents pour protéger les véhicules. Les seuils de vitesse sont parfois définis en termes de vitesse moyenne et parfois en termes de vitesse de pointe avec différents unités de vitesse. Nous avons rapporté tous les seuils à une vitesse de pointe en m/s afin de faciliter la comparaison.

Pont	Brise vents	Limite de vitesse du trafic			Alertes	Fermeture	
		50 km/h	70 km/h	80 km/h		aux véhicules sensibles	à tout trafic
Forth Road Bridge	non	29.1	15.6			22.4	35.8
Great Belt Bridge	non	26.3		19.7	13.2	19.7	32.9
Øresundsbron	non					22.3	35.5
Humber Bridge	non	18			15	21 - 27	36
Izmit	non (Au niveau des pylônes)		15			22	35

Tableau 1 : Seuils de vitesse du vent (vitesse de pointe en m/s) pour la mise en place de dispositifs de sécurité

D'après des conversations avec les gestionnaires de ces ouvrages, ces seuils ne sont pas appliqués strictement mais servent de guide pour la gestion du pont. On peut y identifier 3 seuils récurrents :

- A Partir de 15 m/s (54 km/h) on commence à voir des avertissements de vent fort et des limitations de vitesse de 70 km/h.
- Autour de 20 – 22 m/s (72 – 80 km/h), les ponts sont fermés pour de véhicules sensibles (caravanes, camionnettes ou poids lourds à vide).
- Au-delà de 35 m/s (126 km/h), les ponts sont fermés pour tout trafic.

Nous retenons les deux seuils inférieurs (vitesse de pointe de 54 km/h et de 72 km/h) pour cette étude.

4.2 Résultats en vitesse de pointe

En considérant un seuil de 54 km/h en vitesse de pointe, la répartition spatiale des pourcentages de dépassement de ce seuil sur le périphérique est illustrée par la figure ci-dessous (4% correspond à environ 2 semaines par an). Sur la zone concernée, représentant toute la largeur du périphérique et une longueur équivalente à la dimension transversale du DUO1, le seuil risque donc d'être dépassé environ une semaine par an.

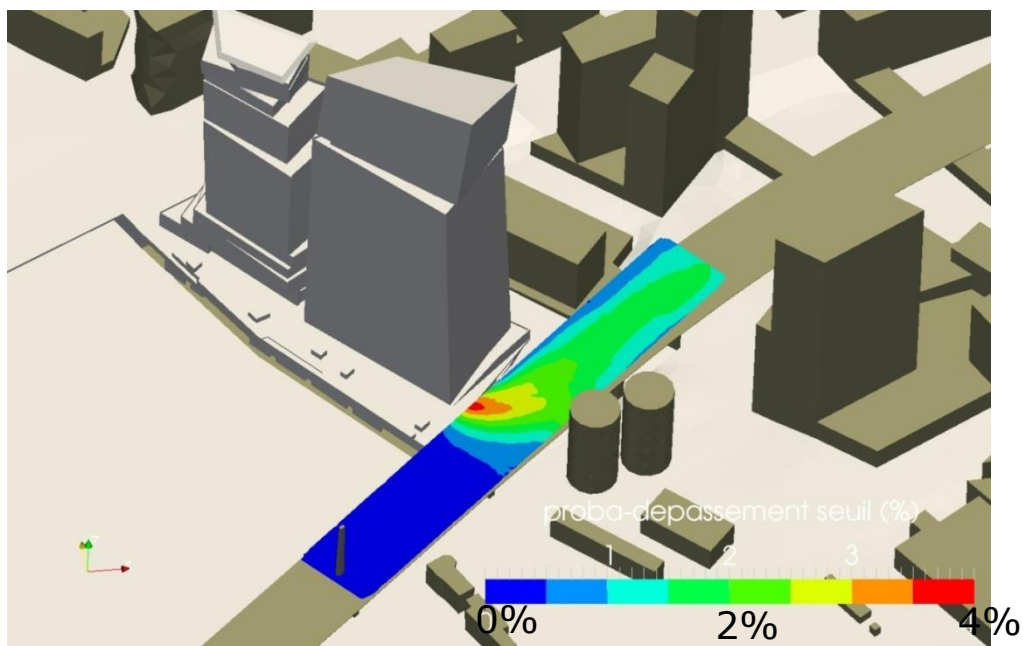


Figure 6 : Représentation de la répartition des probabilités de dépassement du seuil à 54 km/h en vitesse de pointe

En considérant un seuil de 72 km/h en vitesse de pointe, la répartition spatiale des pourcentages de dépassement de ce seuil sur le périphérique est illustrée par la figure ci-après (1% correspond à environ 3,5 jours). Ce seuil est donc dépassé environ moins de 2 jours par an sur cette même zone. Très localement ce seuil peut être dépassé un peu plus de 3 jours.

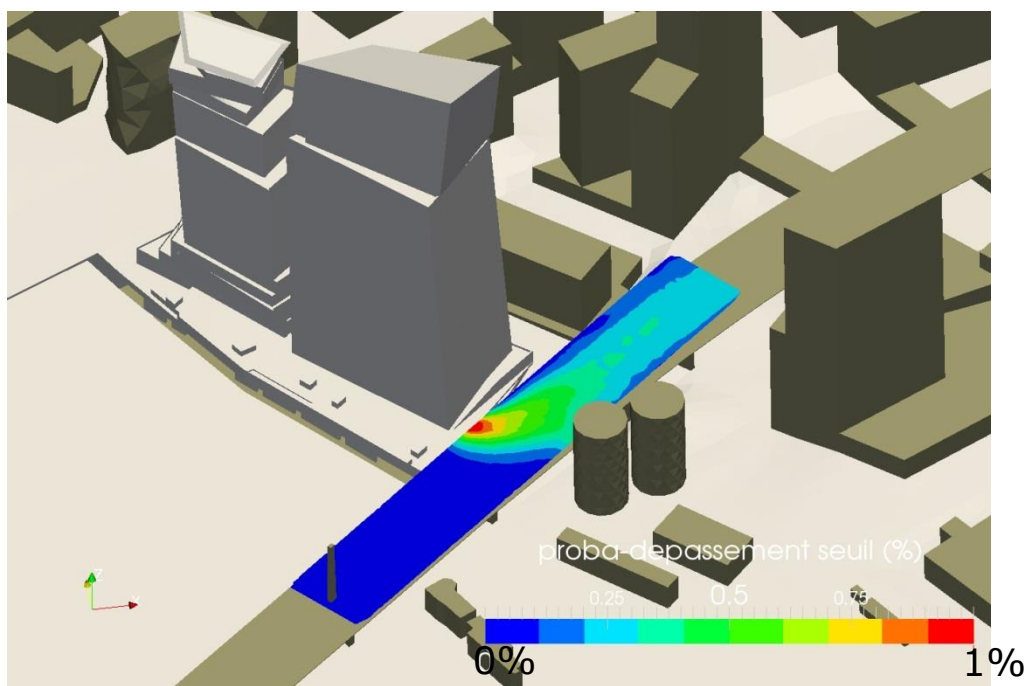


Figure 7 : Représentation de la répartition des probabilités de dépassement du seuil à 72 km/h en vitesse de pointe

Si l'on compare la fréquence de dépassement des deux seuils, 54 et 72 km/h, au sud-ouest des tours sur la partie du boulevard périphérique au-dessus des voies ferrées (zone dégagée représentative des conditions du site), à celles au sud des tours, on voit que les tours génèrent une augmentation du dépassement des seuils choisis. Les occurrences de vents forts sur le périphérique sont exclusivement produites par des vents d'ouest (secteurs 200 à 260°).

4.3 Analyse et visualisation des vitesses latérales

Pour mieux comprendre les phénomènes susceptibles de gêner le trafic sur cette portion du périphérique, les images ci-dessous représentent pour les directions de vent les plus pénalisantes, la seule composante latérale de la vitesse de vent adimensionnée par la vitesse en entrée du calcul à 10 m. Ainsi, un ratio de 1,2 (constaté localement sur le bord du périphérique pour des incidences de vent 260°) indique des majorations de 20% de cette vitesse latérale par rapport à la vitesse de référence. Sur les figures 8 à 1, 4 incidences de vent sont représentées : 0°, 260°, 280° et 300°. Les flèches nous indiquent les directions prises par les écoulements au contournement de DUO1.

Les résultats des simulations montrent l'existence d'un vent latéral fort par vent de sud-ouest à nord-ouest (secteurs 260°, 280° et 300°). L'effet de contournement de la tour DUO1 induit une accélération du flux et un gradient longitudinal sur le périphérique. Les conditions de vent vont être non homogènes pour les véhicules ce qui peut perturber la conduite surtout pour les véhicules hauts et légers : caravanes, camionnettes ou poids lourds à vide.

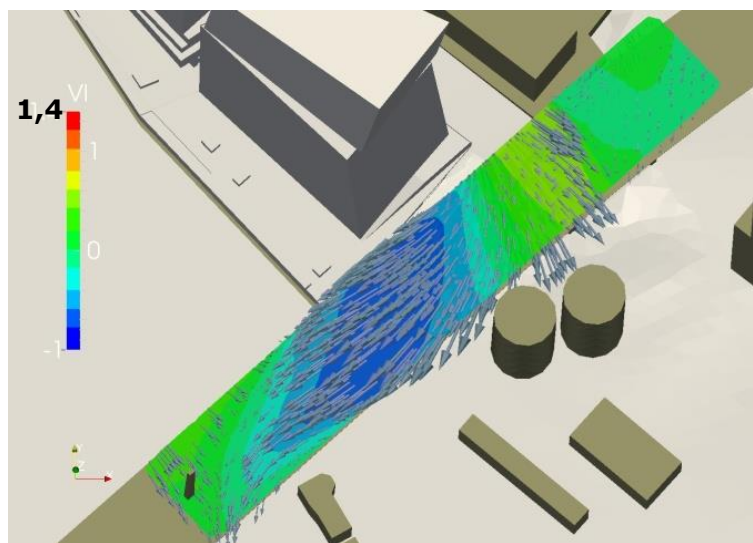


Figure 8 : Représentation du vent latéral pour l'incidence de vent 0°

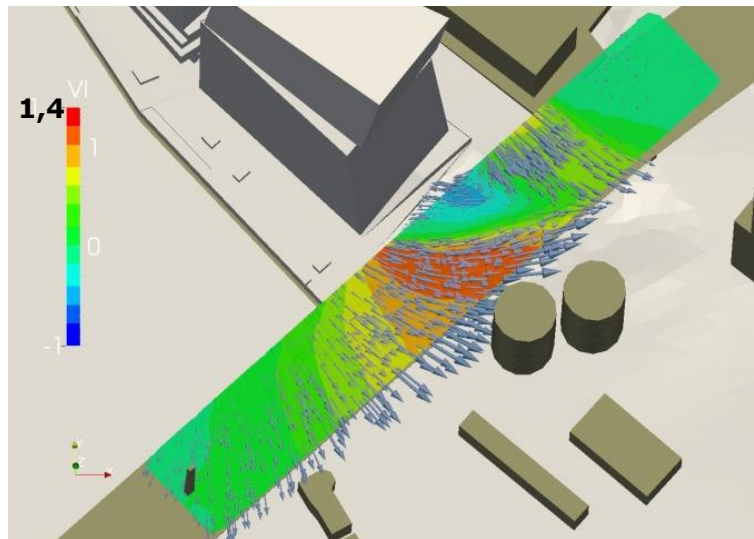


Figure 9 : Représentation du vent latéral pour l'incidence de vent 260°

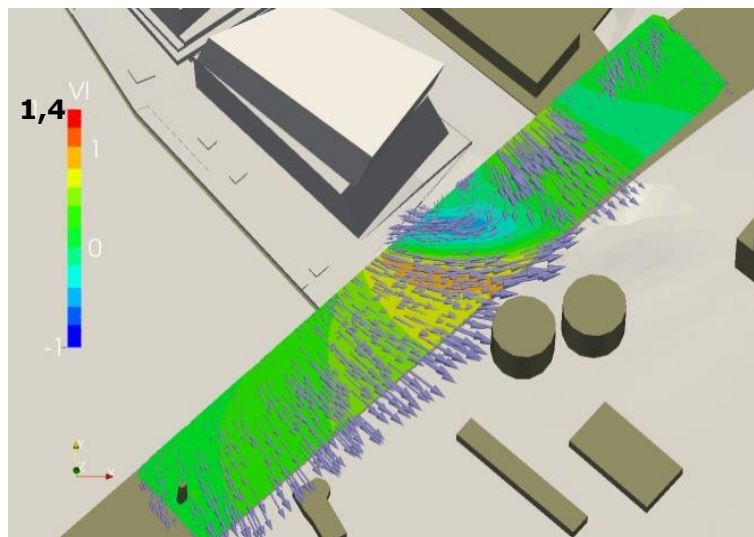


Figure 10 : Représentation du vent latéral pour l'incidence de vent 280°

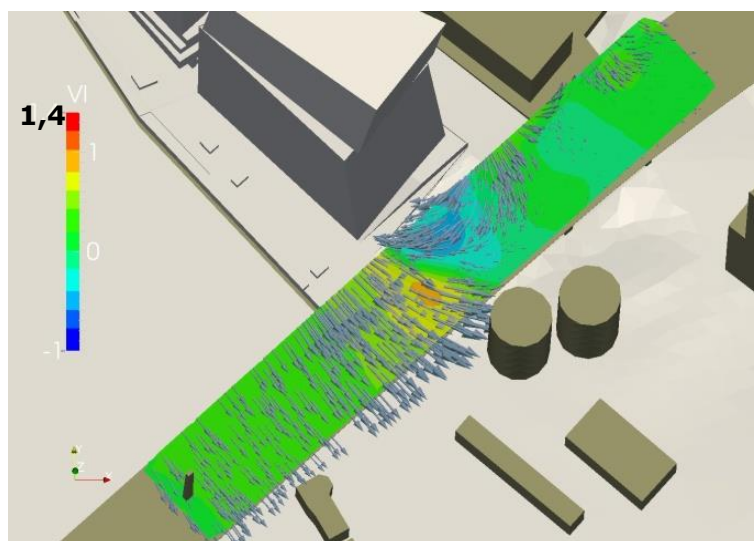


Figure 11 : Représentation du vent latéral pour l'incidence de vent 300°

5 PROPOSITIONS DE DISPOSITIFS POUR LIMITER L'IMPACT DE DUO

En concertation avec les partenaires du projet, des propositions visant à limiter l'impact de DUO1 sur le périphérique proche ont été discutées et testées expérimentalement ou numériquement.

5.1 Ecrans poreux comme dispositifs d'amélioration de la sécurité sur le périphérique

Afin d'étudier l'effet d'écrans brise-vent sur les niveaux de vitesse sur le périphérique à proximité de DUO1, des essais avaient été menés en soufflerie (cf. rapport EN-CAPE 14.102 C-V0) pour les incidences de vent de 200° à 280°. Ces mesures ont été effectuées par des sondes de pression 4 trous miniature « Cobra », à haute fréquence de mesure qui permet de déterminer à la fois la direction et la vitesse du vent ainsi que la turbulence.

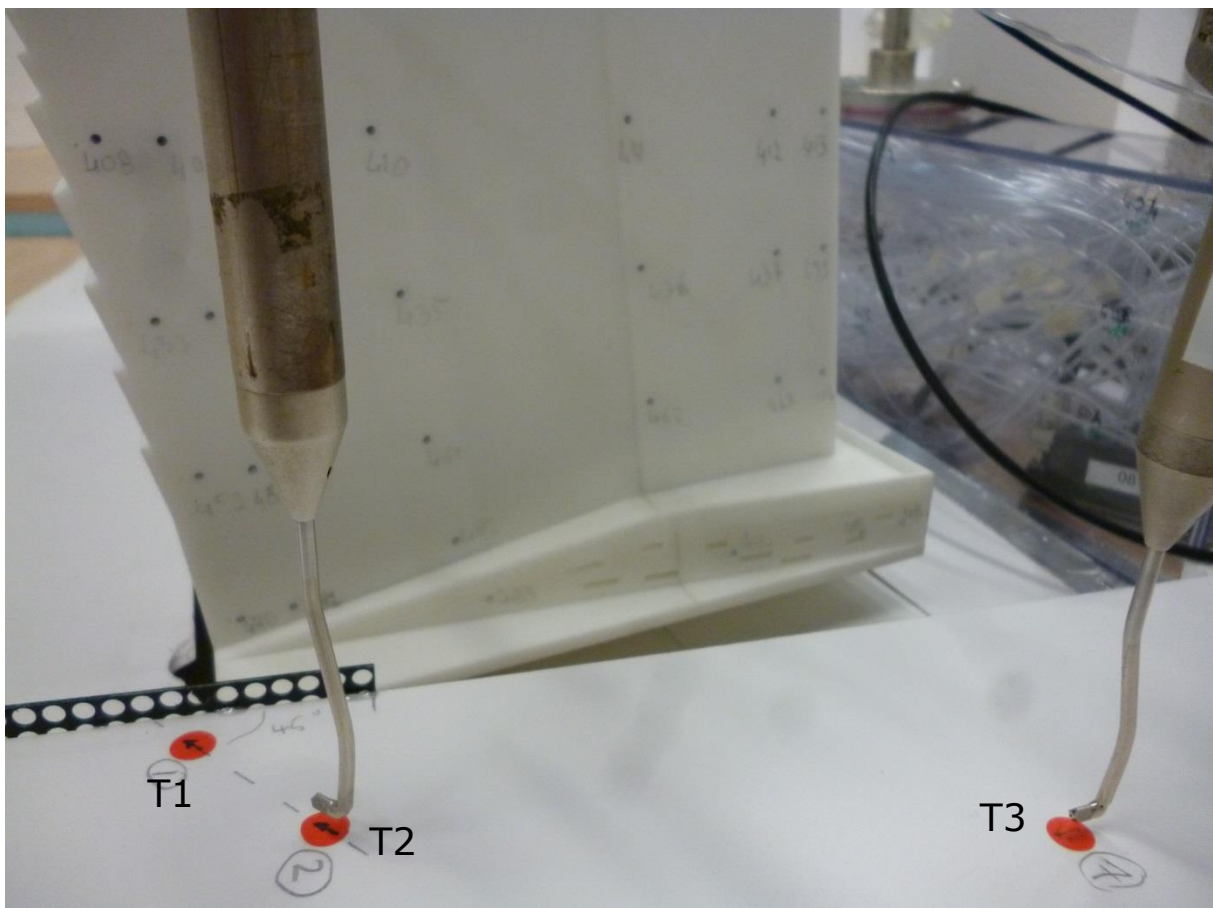


Figure 12 : Points de mesure en soufflerie avec Sondes Cobra et brise vent poreux (hauteur 1,5 m sur cette photo).

Les trois points étudiés sont numérotés T1, T2 et T3 et sont situés respectivement :

- T1 près du bord du périphérique dans la zone d'accélération maximale en pied de tour, aligné avec la façade sud de la Tour Duo 1. Endroit avec une forte composante de vent latéral.
- T2 au centre du périphérique (voie rapide) près du pied de tour.
- T3 au centre du périphérique (voie rapide) plus en aval, à 36 m derrière la façade sud de la tour Duo 1 vers le nord-est, endroit de vent fort dans l'axe du périphérique (moins perturbant pour le trafic que des vents latéraux).

Direction du vent

L'incidence du vent au point T1 varie entre 22° (proche de l'axe du périphérique) et 60° (vent latéral). Au point T2, il varie entre 15° et 45° en fonction de l'incidence du vent. Au point T3 en aval l'incidence du vent est proche de l'axe du périphérique. Ces incidences s'accordent globalement avec les directions trouvées par calcul numérique.

Protection par écrans poreux brise-vent

Dans le tableau ci-dessous, sont résumées les fréquences de dépassement (en jour par an), aux différents points (T1, T2 et T3) pour 3 hauteurs d'écrans poreux à 50% (1.5 m, 3 m et 6 m) :

Point Seuils	T1		T2		T3	
	54 km/h	72 km/h	54 km/h	72 km/h	54 km/h	72 km/h
Sans écran	8.4	1.7	8.7	1.7	7	1.3
Ecran 1.5m	6.3	1	7.2	1.3	7	1.3
Ecran 3m	2.4	0.2	6.6	1.2	6.5	1.2
Ecran 6m	1.3	0.1	4.8	0.8	5.9	1

Tableau 1 : fréquences de dépassement (en jour par an) pour 3 hauteurs d'écrans poreux à 50% sans végétation

Un écran poreux de 1.5 m a très peu d'effet sur la vitesse du vent sur le périphérique. Une hauteur de 3 m donne une protection plus importante près du

bord du périphérique et un effet notable au point T2 (représentatif des voies rapides dans les deux sens de la circulation). Une hauteur de 6 m de brise-vent permet de réduire la vitesse du vent au point T2 de 5 à 10%, ce qui est suffisant pour diviser par deux la fréquence de vents forts à cet endroit.

Un écran poreux à 50% de grandes dimensions et de hauteur comprise entre 3 et 6 m est donc à préconiser pour réduire sensiblement les seuils de dépassements qui sont alors respectivement d'environ 1 jour par an au bord du périphérique et de 5 jours par an au niveau des voies rapides pour le seuil de 54 km/h. **Avec un écran de 6m, pour le seuil de 72 km/h, il ne reste plus que 0.1 jour en T1 et moins de 1 jour en T2 et T3 ce qui est déjà très intéressant en termes de sécurisation sur le périphérique.**

5.2 Analyse du projet paysager comme dispositifs d'amélioration de la sécurité sur le périphérique

Le projet paysager est dense et composé de grands arbres de 10 à 15 m au-dessus du belvédère, il peut donc apporter quelques pistes d'améliorations.

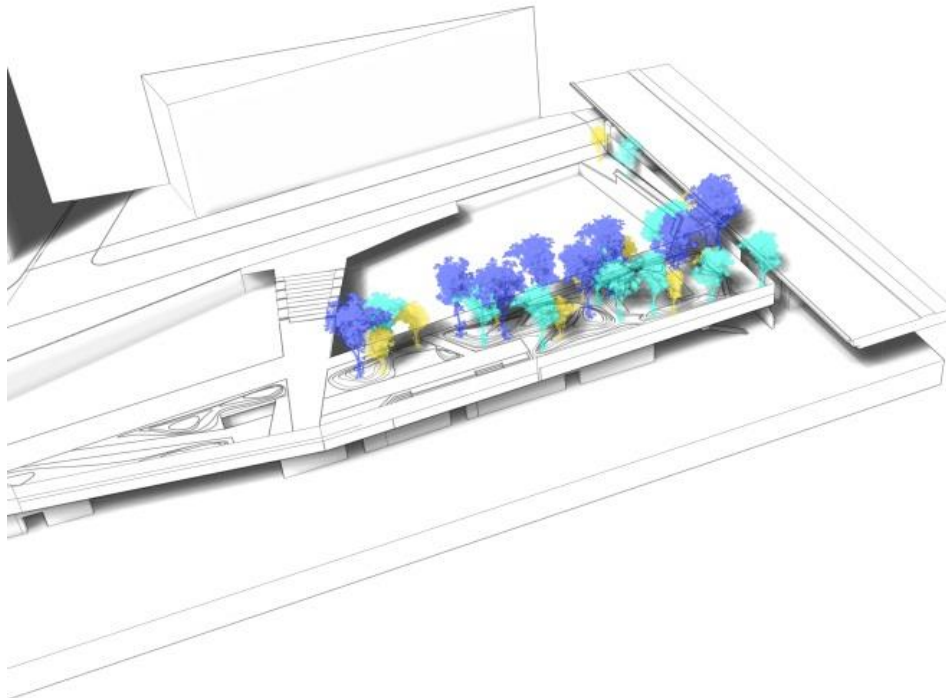


Figure 13 : Projet paysager sur le belvédère au pied de DUO1

Pour que la réduction des dépassements de seuil, soit envisageable tout au long de l'année la végétation doit absolument être persistante. En conditions

extrêmes de vitesse de pointe constatées par le calcul CFD à mi-hauteur d'arbre, (autour des 100 km/h), les arbres vont être fortement sollicités (les haubanages sont déjà anticipés).

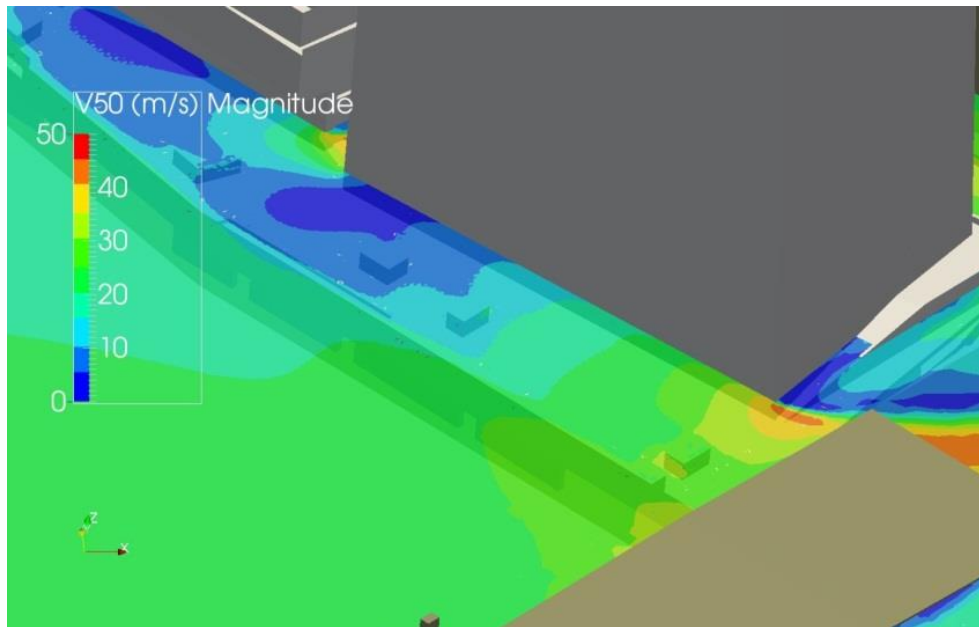


Figure 14 : Modules des vitesses de pointe vus par les arbres

Une simulation numérique est testée pour l'incidence de vent la plus défavorable de 260°. Elle intègre la végétation transmise par AJN comme un volume de grandes dimensions dans lequel la porosité d'environ 50% génère des pertes de charges qui atténuent l'impact sur les niveaux de vitesses sur le périphérique. Les résultats sont présentés ci-après (figures 15 à 17).

5.3 Ecrans poreux en complément de la végétation comme dispositifs d'amélioration

Dans les simulations CFD, nous n'avons pas pris en compte les aspérités des façades créées par les brise-soleil. Ceux-ci ont une influence minime sur les écoulements, mais renforce la structure horizontale des flux et limite les flux descendants, ce qui va dans le bon sens.

En complément de la végétation, pour freiner les écoulements à l'approche du périphérique, comme préconisé précédemment, il est envisageable de placer un écran poreux (environ 50 %) sur la parcelle (longueur d'au moins 35 m, hauteur indicative 6 m au-dessus du niveau du périphérique).

Une simulation numérique pour l'incidence de vent la plus défavorable de 260° est à nouveau testée. Elle intègre la végétation et un écran poreux le long du

périphérique (au plus près) et montre l'impact sur l'atténuation des niveaux de vitesses et la sécurité au vent du périphérique (figures 15 à 17).

5.4 Résultats des dispositifs d'amélioration sur les vitesses et la sécurité du périphérique

Les simulations CFD présentées sont les résultats de calculs parfaitement convergés qui mettent en parallèle trois configurations :

- le cas sans végétation ni écran poreux (situation de référence à gauche)
- le cas avec la végétation (au centre)
- le cas avec la végétation et l'écran poreux de 6m (à droite)

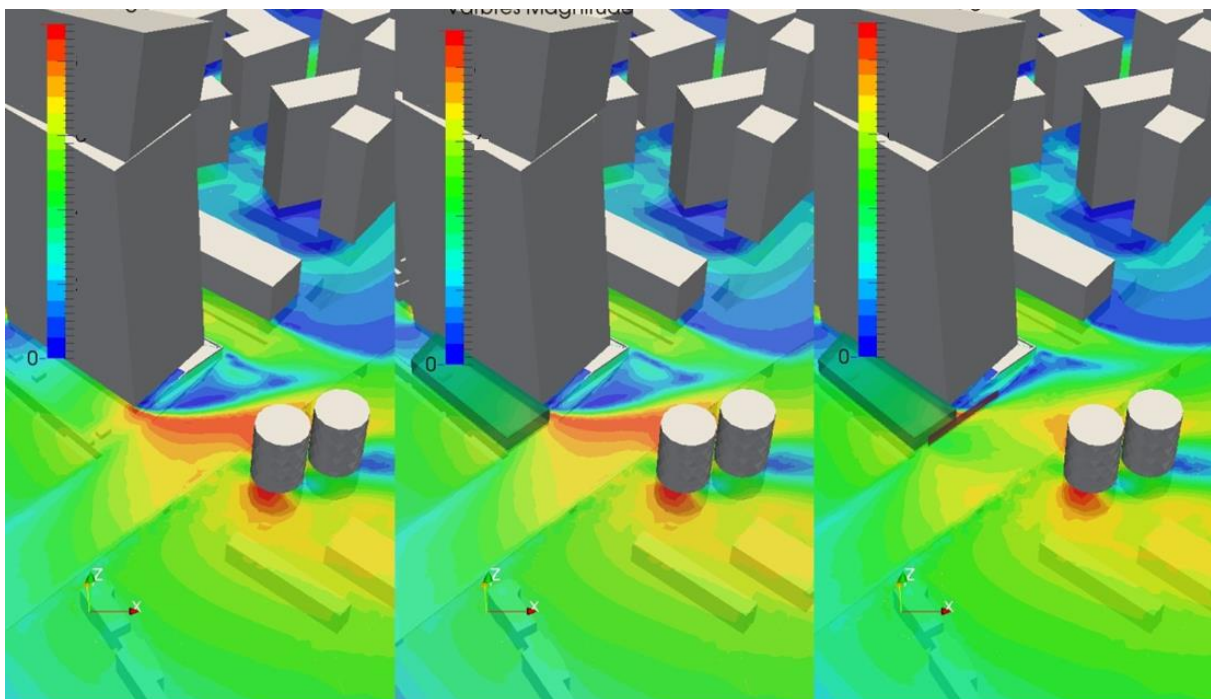


Figure 15 : Comparaison des vitesses moyennes pour les 3 configurations à l'incidence de vent de 260°

L'impact de la végétation et de l'écran poreux sur les vitesses moyennes est sensible. Les niveaux de vitesse dans la zone du périphérique concernée sont atténués de 20 % environ en présence de grands arbres et de plus de 40% environ en combinant grands arbres et grands écrans poreux.

Si l'on analyse les résultats en termes de probabilités de dépassement des seuils, pour la seule incidence de vent de 260°, on obtient:

- Pour la situation pour de référence : 2.5 jours / an (seuil 54 km/h) et 0.5 jours / an (seuil 72 km/h)

- Pour la situation avec les grands arbres : 2 jours / an (seuil 54 km/h) et un peu moins de 0.5 jours / an (seuil 72 km/h)
- Pour la situation avec les grands arbres et l'écran poreux de 6 m : un peu moins de 0.5 jours / an (seuil 54 km/h) et moins de 2 heures / an (seuil 72 km/h), ce qui est négligeable.

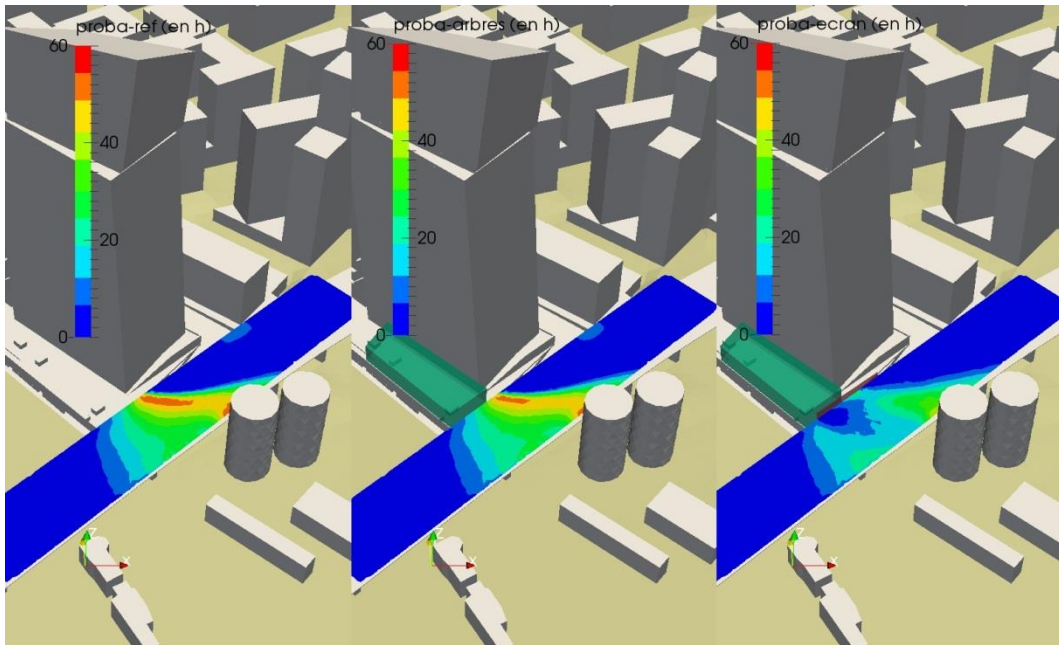


Figure 16 : Représentation de la répartition des probabilités de dépassement du seuil à 54 km/h en vitesse de pointe pour l'incidence de vent de 260°

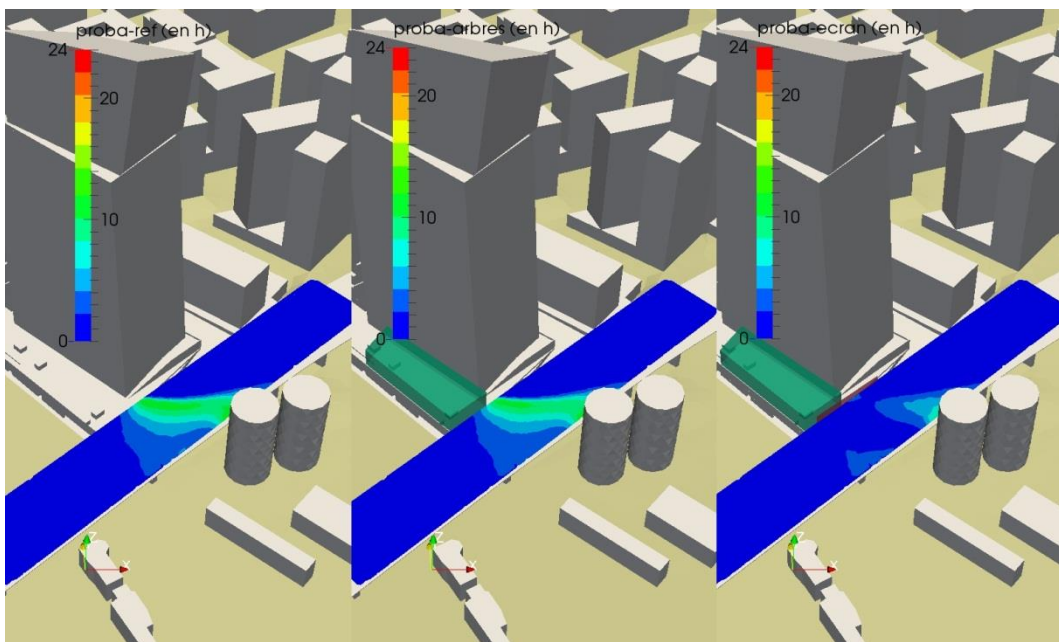


Figure 17 : Représentation de la répartition des probabilités de dépassement du seuil à 72 km/h en vitesse de pointe pour l'incidence de vent de 260°

De ces simulations, nous pouvons donc tirer la conclusion suivante : la protection et la sécurisation du périphérique est améliorée par la présence des grands arbres et encore plus si des écrans poreux sont ajoutées.

6 CONCLUSION

Les tours DUO, principalement DUO1, ont une influence sur les conditions de vent sur le boulevard périphérique. Sans dispositif de protection, des vitesses latérales fortes sont localisées dans le prolongement de la façade sud et peuvent perturber le trafic.

Dans cette note, l'accent est mis sur l'amélioration des conditions de sécurité en prenant en considération une végétation persistante (grands arbres de 10 à 15 m) et importante sur le belvédère au pied de DUO1. L'effet d'écrans brise vent poreux est également analysé. L'action combinée des grands arbres et des écrans brise-vent améliore très sensiblement les conditions de sécurité sur le périphérique.

Les mesures effectuées avec un écran poreux à 50% de grandes dimensions montrent une atténuation importante du nombre de jour par an où le seuil de 72 km/h est dépassé puisque ce critère apparaît alors moins d'1 jour par an sur le périphérique.

Les grands arbres persistants placés sur le belvédère apportent également des améliorations en termes de sécurité puisque les vitesses de pointe des vents sont réduites.

Ces deux dispositifs cumulés (grands arbres + écrans poreux) permettent de réduire sensiblement les vitesses de pointe et le seuil de dépassement de 72 km/h peut être considéré comme négligeable puisque ce critère apparaît alors moins de quelques heures par an sur le périphérique

En préventif, afin d'éviter l'effet de surprise lié à un vent latéral, des dispositifs d'avertissement aux conducteurs (panneaux de signalisation ou manches à air) pourraient être mises en place avec l'accord de la direction de l'urbanisme en amont des zones concernées sur le périphérique.

Toutes ces mesures apportent une sécurisation du périphérique à proximité de DUO1.