

ÉTUDE DE LA VARIABILITÉ DE LA RESSOURCE ÉOLIENNE

Îles-de-la-Madeleine, Québec

Préparé pour
Hydro-Québec Distribution

Par
Hélimax Énergie inc.

Janvier 2009



Identification du Document

Numéro de projet :	583
Date d'émission :	9 janvier 2008
Version du document :	Finale
Statut du document :	Privé et confidentiel
Liste de circulation :	Hydro-Québec Distribution, copie interne d'Hélimax
Historique de révision :	19 septembre 2008 – Version préliminaire 17 octobre 2008 – Version finale (nouvelles simulations et publications de résultats supplémentaires de puissances) 9 janvier 2009 – Révision 1 (modifications apportées à la demande du Client)

Clause d'exonération de responsabilité

Le présent rapport a été rédigé par Hélimax Énergie inc. (« Hélimax ») conformément à sa proposition et aux directives fournies par le « client ». Les renseignements et l'analyse figurant aux présentes sont uniquement destinés au client et aucune autre personne ne pourra s'y fier. Hélimax s'est strictement fondée sur les données actuellement disponibles et a exécuté les services conformément aux normes de diligence actuellement suivies par les cabinets d'experts-conseils qui rendent des services de nature semblable. Malgré ce qui précède, ni Hélimax, ni les personnes agissant pour son compte ne font quelque déclaration ni ne donnent quelque garantie que ce soit, expresse ou tacite, i) ayant trait à la véracité, à l'exactitude ou à l'exhaustivité des renseignements figurant aux présentes élaborés par des tiers ou obtenus de ceux-ci, y compris du client, ou ii) que l'utilisation des renseignements figurant aux présentes par le client ne portera pas atteinte aux droits de propriété privée, notamment aux droits de propriété intellectuelle de quiconque. Le client est seul responsable de l'interprétation et de l'utilisation des renseignements figurant aux présentes et de leur adaptation à sa situation particulière. Par conséquent, Hélimax n'assume aucune responsabilité quelle qu'elle soit ayant trait à tout dommage direct ou indirect ou toute autre obligation découlant de l'utilisation par le client, des renseignements, des résultats, des conclusions ou de l'analyse figurant dans le présent rapport.

Définitions et symboles

CFD	Computational Fluid Dynamics
EC	Environnement Canada
kg	kilogramme
m	mètre
m/s	mètres par seconde
N/A	non applicable
N/D	non disponible
R^2	coefficient de détermination
SIG	système d'information géographique
tr/min	tours par minute
Z_0	longueur de rugosité
HQ21101	mât de mesure Ile-d'Entrée
HQV1101	mât virtuel Ile-du-Hâvre-aux-Maisons

Sommaire Exécutif

Hydro-Québec Distribution (HQD) entend modéliser l'intégration d'une centrale éolienne au réseau isolé diesel actuellement en opération aux Îles-de-la-Madeleine. Dans ce contexte HQD a sollicité la collaboration d'Hélimax afin d'apporter les éléments nécessaires à l'étude sur l'intégration d'un parc éolien aux Îles-de-la-Madeleine.

Pour répondre aux besoins du Client, Hélimax a entrepris la conception d'un mât virtuel, localisé aux Îles-de-la-Madeleine. La vitesse et la direction du vent de ce mât virtuel ont été estimées sur la base de la ressource éolienne mesurée à l'aide d'un mât de mesure situé sur l'Île-d'Entrée et des techniques de simulations numériques. La série temporelle pour l'année de mesure à été ajustée à long terme pour déterminer la série de la vitesse et de la direction du vent pour une année typique. Les séries temporelles pour les années extrême haute et extrême basse ont été calculées en utilisant les années extrêmes de la période climatologique prise en compte pour l'ajustement à long terme.

Le tableau suivant résume les principaux résultats obtenus dans cette étude :

Sommaire des résultats de l'analyse météorologique

	Année de mesure	Année Typique	Année Extrême Haute	Année Extrême Basse
Vitesse du vent au mât de mesure à 50 m (m/s)	9,2	9,1	9,6	8,7
Vitesse du vent au mât virtuel à 50 m (m/s)	9,2	9,1	9,6	8,7
Vitesse du vent au mât virtuel à 65 m (m/s)	9,4	9,3	9,8	8,9

Les résultats complets et des synthèses statistiques ont été transmis au Client sur support électronique.

Table des matières

1	INTRODUCTION	1
2	RECONSTRUCTION DE DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES	2
2.1	CARACTÉRISTIQUES DU SITE	2
2.2	MÉTHODOLOGIE	4
2.2.1	<i>Taux de recouvrement des données pour Ile-d'Entrée</i>	<i>4</i>
2.2.2	<i>Reconstruction initiale de la série de données au mât de mesure</i>	<i>4</i>
2.2.3	<i>Extrapolation des données mesurées au mât virtuel.....</i>	<i>5</i>
2.2.4	<i>Série à 10 secondes</i>	<i>6</i>
2.2.5	<i>Ajustement climatologique, année typique, année extrême haute et année extrême basse</i>	<i>6</i>
3	ANALYSE DES DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES	8
3.1	DONNÉES DE VENT	8
3.1.1	<i>Vitesse du vent</i>	<i>8</i>
3.1.2	<i>Direction du vent</i>	<i>8</i>
3.2	DONNÉES DE TEMPÉRATURE	9
4	REMARQUES FINALES	13
4.1	DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES.....	13
4.2	LIMITES DE LA MÉTHODOLOGIE	13
APPENDIX A	LE MODÈLE METEODYN WT.....	14

Liste des figures

Figure 1-1 : Étapes de l'analyse météorologique	1
Figure 2-1 : Localisation du mât de mesure, du mât virtuel et des éoliennes du parc virtuel	3
Figure 2-2 Moyennes annuelles de la vitesse du vent enregistrée à Ile-de-la-Madeleine (7053KGR).....	7
Figure 3-1 Profil mensuel de la vitesse du vent	10
Figure 3-2 Profil horaire de la vitesse du vent.....	10
Figure 3-3 Rose des vents HQ21101 – 50 m	11
Figure 3-4 Rose des vents HQV1101 – 50 m	11
Figure 3-5 Profil mensuel de la température	12
Figure 3-6 Profil horaire de la température.....	12

Liste des tableaux

Tableau 2-1 : Identification et localisation du mât de mesure et du mât virtuel et caractéristiques du site	2
Tableau 2-2 : Taux de recouvrement des données (%) pour Ile d'Entrée - HQ21101.....	4
Tableau 2-3 : Coefficients de corrélation et équations des régressions linéaires utilisées dans la reconstruction initiale de la vitesse du vent à 50 m.....	5
Tableau 2-4 : Données d'entrée du modèle Meteodyn	5
Tableau 2-5 : Moyennes annuelles des vitesses du vent (m/s)	7
Tableau 4-1: Moyennes annuelles des vitesses de vent.....	13

1 INTRODUCTION

Hydro-Québec Distribution (« HQD » ou « Client ») entend entreprendre une étude de modélisation sur son réseau isolé aux Iles-de-la-Madeleine. Il s'agit de modéliser l'intégration d'une centrale éolienne au réseau local actuellement en opération. Dans ce contexte HQD a sollicité la collaboration d'Hélimax dans le but d'apporter les éléments nécessaires à l'étude d'intégration éolienne du projet à l'étude.

Des modélisations ont été effectuées pour simuler la vitesse et la direction du vent ainsi que la température de l'air d'un mât de mesure virtuel, durant une période d'un an sur le site ciblé par HQD avec un pas temporel allant de 10 secondes à une heure. Le mât virtuel est localisé à l'Île-du-Hâvre-aux-Maisons dans l'archipel des Iles-de-la-Madeleine.

Afin d'entreprendre la simulation d'une série temporelle de la ressource éolienne au mât virtuel de l'Île-du-Hâvre-aux-Maisons, Helimax a utilisé les mesures de vent et de température provenant de la campagne de mesure réalisée par HQD à l'Île-d'Entrée. Le schéma de la Figure 1-1 décrit l'approche méthodologique utilisée pour exécuter les étapes menant à l'estimation du productible escompté du projet.

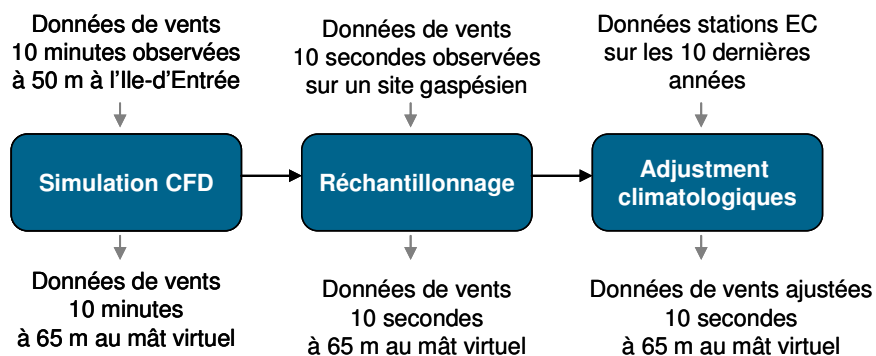


Figure 1-1 : Étapes de l'analyse météorologique

Ce document fournit l'essentiel de la méthodologie et le résumé des résultats obtenus. La section 2 décrit la méthodologie utilisée à la génération des données météorologiques en l'occurrence les vitesses et les directions du vent et la température ambiante au mât virtuel. La section 3 présente l'analyse des données météorologiques synthétiques. La dernière section du document présente les conclusions de l'étude.

Les données de vitesses et directions du vent et de températures de l'air associées à cette analyse ont été fournies au Client sur un support numérique aux échelles temporelles mentionnées ci-dessus.

2 RECONSTRUCTION DE DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES

Cette section fournit une description du site et des spécifications des instruments utilisés pour l'acquisition des données météorologiques.

En avril 2006, une campagne de mesure des vents a été entreprise en vue d'estimer le gisement éolien sur l'Ile-d'Entrée, pour le développement potentiel d'un projet éolien. Pour ce faire, un mât de mesure des vents, identifié « Ile-d'Entrée » ou « HQ21101 » a été installé sur ce site. Le mât de mesure est situé sur l'Ile-d'Entrée, à 16 km au sud-est de Cap-aux-Meules.

Le site virtuel se trouve sur l'Ile-du-Hâvre-aux-Maisons dans l'archipel des Iles-de-la-Madeleine, situé dans le golfe du St-Laurent, dans la province du Québec.

2.1 Caractéristiques du site

La description détaillée du site, la configuration de la tour de mesure et son instrumentation, ainsi que la méthodologie utilisée pour analyser et traiter les données ont été fournies au Client dans un précédent rapport intitulé « Rapport météorologique de 12 mois – Ile-d'Entrée, Québec »

Le Tableau 2-1 présente les numéros d'identification du mât de mesure et du mât virtuel, leurs noms, leurs coordonnées géographiques ainsi que les principales caractéristiques de leur environnement immédiat. La Figure 2-1 présente la localisation du mât de mesure et du mât virtuel dans l'ensemble du site.

Tableau 2-1 : Identification et localisation du mât de mesure et du mât virtuel et caractéristiques du site

Information générale	Mât de mesure	Mât virtuel
Numéro de la station	HQ21101	HQV1101
Nom de la station	Ile-d'Entrée	Ile-du-Hâvre-aux-Maisons
Ville la plus proche	Cap-aux-Meules	Cap-aux-Meules
Coordonnées		
Nord	47° 16' 47,6"	47° 28' 35,0"
Ouest	61° 42' 49,6"	61° 44' 00,0"
Caractéristiques du terrain		
Topographie et obstacles	Collines aux pentes douces, peu élevées et recouvertes d'herbes	Plage au bord de l'eau

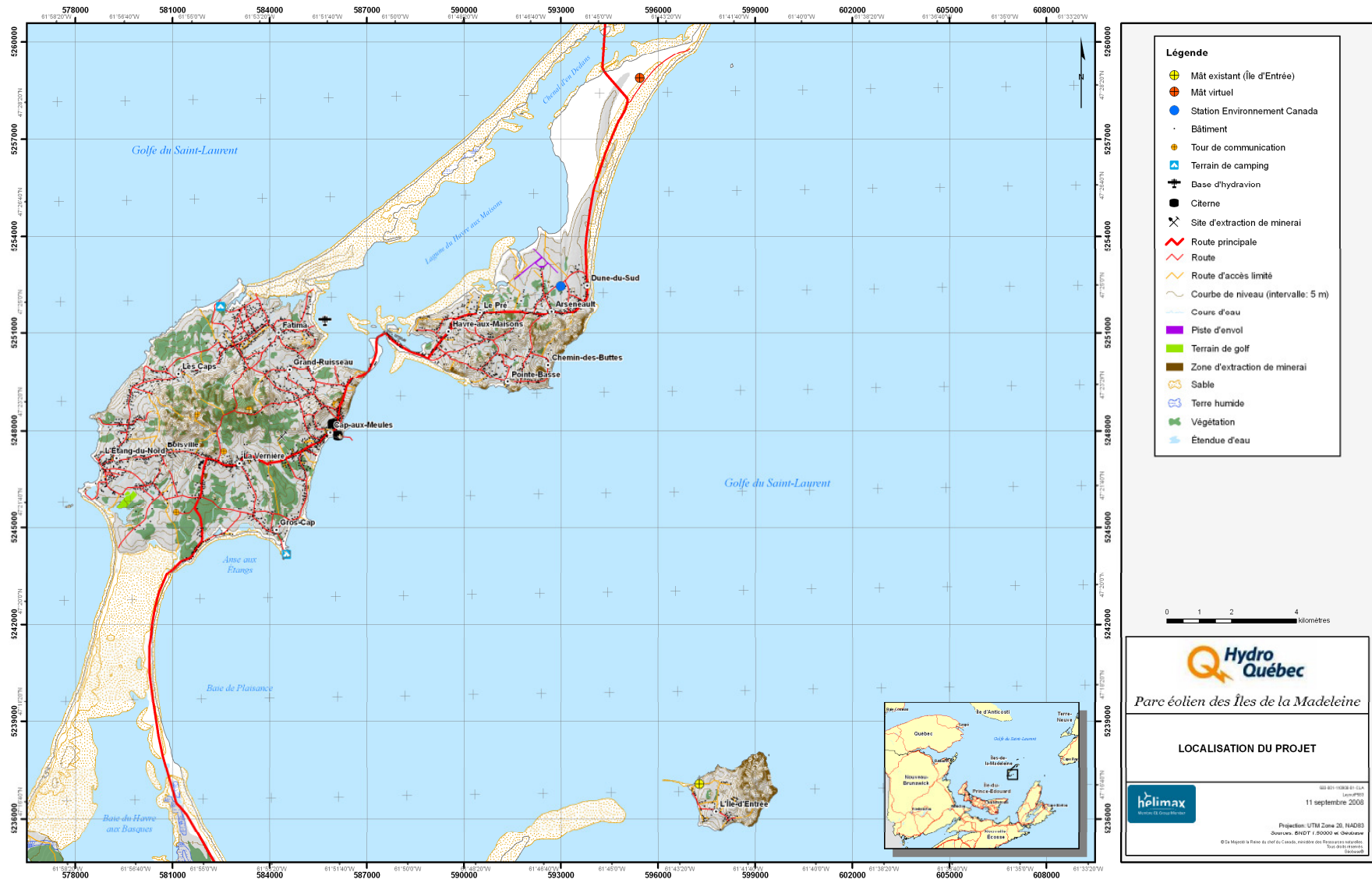


Figure 2-1 : Localisation du mât de mesure, du mât virtuel et des éoliennes du parc virtuel

2.2 Méthodologie

Afin d'entreprendre la simulation d'une série temporelle de la ressource éolienne au mât virtuel de l'Ile-du-Hâvre-aux-Maisons, Helimax a utilisé les mesures de vent et de température provenant de la campagne de mesure réalisée par HQD à l'Ile-d'Entrée. La disponibilité de ces données de ressource éolienne mesurées sur site était en effet cruciale pour mener à bien la présente étude.

2.2.1 Taux de recouvrement des données pour Ile-d'Entrée

Le taux de recouvrement des données est défini comme le ratio du nombre d'observations valides mesurées par un mât de mesure pendant une période donnée par rapport au nombre total d'observations potentielles qui pourraient être mesurées pendant cette même période. Le recouvrement de données enregistrées au mât de l'Ile-d'Entrée est présenté en détail dans le rapport « Rapport météorologique de 12 mois – Ile-d'Entrée, Québec ». Le taux de recouvrement mensuel de la série utilisée pour la reconstruction est résumé dans le Tableau 2-2. De manière générale, les taux de recouvrement sont élevés, sauf pour les mois de février et mars 2007 où le gel a affecté certains instruments.

Tableau 2-2 : Taux de recouvrement des données (%) pour Ile d'Entrée - HQ21101

Année - Mois	Vitesse à 50 m	Vitesse à 40 m	Vitesse à 30 m	Direction à 50 m	Direction à 40 m	Température à 3 m
2006-05	100	100	100	100	100	100
2006 - 06	100	100	100	100	100	100
2006 - 07	100	100	100	100	100	100
2006 - 08	100	100	100	100	100	100
2006 - 09	100	100	100	100	100	100
2006 - 10	100	100	100	100	100	100
2006 - 11	100	100	100	100	100	100
2006 - 12	100	100	100	100	99	100
2007 - 01	100	100	100	99	99	100
2007 - 02	98	98	100	98	98	100
2007 - 03	99	99	99	97	97	100
2007 - 04	100	100	100	100	100	100

2.2.2 Reconstruction initiale de la série de données au mât de mesure

Les données recueillies sont à l'échelle de 10 minutes et comprennent la vitesse du vent, le maximum et le minimum de la vitesse du vent, la direction du vent et la température de l'air ambiant, ainsi que les écart-type. Afin d'obtenir une année complète d'enregistrements à chaque 10 minutes, soit 52560 valeurs, les mesures éliminées à cause du gel ont été reconstruites. La vitesse du vent à 50 m a été reconstruite à partir de la vitesse du vent mesurée à 30 m, quand celle-ci était disponible. La corrélation de données à 10 minutes et l'équation de la régression linéaire sont présentées dans le Tableau 2-3. Si les mesures de la vitesse du vent n'étaient disponibles sur aucun niveau au mât de mesure, les données enregistrées à la station d'Environnement Canada Ile-de-la-Madeleine (7053KGR) ont été utilisées.

La station Ile-de-la-Madeleine (7053KGR) est située dans un milieu similaire à celui du mât de mesure et est jugée représentative pour les conditions météorologiques sur l'Ile-d'Entrée. La vitesse du vent observée à la station d'EC a été utilisée pour reconstruire, à chaque heure, la vitesse à 50 m selon l'équation présentée dans le Tableau 2-3. Les vitesses à 10 minutes ont été reconstruites de manière à ne pas changer la courbe de tendance établie en fonction des vitesses horaires. Les directions du vent ont été reconstruites en tenant compte de la variation horaire à la station d'EC et la variation au mât de mesure, avant et après la période reconstruite.

Aucune reconstruction initiale n'a été nécessaire pour la température ambiante car son taux de recouvrement était de 100%.

Tableau 2-3 : Coefficients de corrélation et équations des régressions linéaires utilisées dans la reconstruction initiale de la vitesse du vent à 50 m

Source de données	Coefficient de corrélation (%)	Équation de régression linéaire	Intervalle de mesure de données
Vitesse du vent à 30 m Ile-d'Entrée	98	$1,040 \times V + 0,264$	10 minutes
Vitesse du vent à 10 m Ile-de-la-Madeleine	81	$1,158 \times V + 1,901$	1 heure

2.2.3 Extrapolation des données mesurées au mât virtuel

2.2.3.1 Vitesse et direction du vent

Pour cette analyse, la série temporelle au pas de temps de 10 minutes de la vitesse et de la direction du vent à l'emplacement du mât virtuel a été produite en utilisant le model CFD du logiciel commercial Meteodyn. Une description générale de ce modèle est fournie à l'Appendix A

Pour extrapoler la série temporelle à l'emplacement du mât virtuel, le modèle requiert les données suivantes :

- le champ de données altimétriques numériques du site;
- les valeurs de rugosité de surface pour le site;
- les données du vent mesurées par la tour de mesure.

Les données d'entrée utilisées pour exécuter Meteodyn sont présentées au Tableau 2-4. Les données météorologiques utilisées dans le modèle sont les vitesses et les directions du vent, au mât de mesure de l'Ile-d'Entrée, à 50 m au-dessus du sol, décrites dans la section 2.2.2.

Tableau 2-4 : Données d'entrée du modèle Meteodyn

Données d'entrée	Source de données
Élévation	Carte 1 : 50 000, Géobase
Rugosité de surface	Carte 1 : 50 000, Base nationale de données topographiques
Données météorologiques	Mât de mesure Ile-d'Entrée à 50 m

Meteodyn a produit la série temporelle à l'emplacement du mât virtuel en incluant l'effet topographique et l'effet de la rugosité du site. Les dimensions du domaine de simulation ont été choisies de manière à se conformer aux conditions de base requises par le modèle.

Deux séries temporelle des vitesses et des directions du vent à l'emplacement du mât virtuel ont été produite pour deux hauteurs différentes, soit 50 m et 65 m. Les données simulées au niveau de 50 m ont été utilisées aux fins de comparaison.

2.2.3.2 Température de l'air

L'extrapolation horizontale de la série temporelle de température de l'air à l'emplacement du mât virtuel a été produite à partir des températures de l'air mesurées au mât de Ile-d'Entrée. Afin de mieux reproduire les conditions météorologiques à l'emplacement du mât virtuel, la température enregistrée à l'Ile-d'Entrée a été ajustée sur la base de la régression linéaire obtenue avec les mesures de température à la station Ile-de-la-Madeleine (7053KGR). Le coefficient de corrélation des mesures horaire est de 99% et l'équation de la régression linéaire appliquée est :

$$T(HQV1101) = 1,0184 * T(HQ21101) - 1,9891$$

L'extrapolation verticale de la température à une hauteur de 65 m a été calculée en appliquant un gradient vertical de 0.0065 °C/m.

2.2.4 Série à 10 secondes

Helimax a utilisé une méthodologie spécifique pour ré-échantillonner les données de vitesse, de direction et de température obtenues pour une hauteur de 65 m et au pas de temps de 10 minutes décrites ci-dessus à un pas temporel de 10 secondes.

Pour la vitesse du vent, des mesures de vitesses du vent échantillonnées à 10 secondes étaient disponibles sur un autre site considéré comme ayant des caractéristiques de turbulence analogues au site en étude. Les fluctuations de ces données ont été extraites, normalisées et ajoutées aux données 10 minutes en s'assurant que les moyennes et les écart-types 10 minutes des données ainsi ré-échantillonnées respectaient leurs valeurs avant ré-échantillonnage. Des opérations de filtrage intermédiaires ont été nécessaires afin d'éliminer les variations trop grandes et physiquement inacceptables des fluctuations de vitesse.

Pour la direction du vent, des fluctuations aléatoires respectant les écart-types à 10 minutes ont été insérées entre les valeurs à 10 minutes. Là encore, des opérations de filtrage intermédiaires ont permis d'éliminer les variations trop importantes et physiquement inacceptables.

Les vitesses et les directions ré-échantillonnées à 10 secondes ont été analysées sur le plan spectral et comparées à des données réellement mesurées avec un pas temporel de 10 seconde sur d'autres sites. Cette analyse a permis de s'assurer de la qualité des données ainsi reconstituées du point de vue fréquentiel.

Quant à la température, étant données les plus faibles fréquences de variation attendues et étant donnée sa plus faible influence sur la production du parc (via la densité de l'air), elle a simplement été considérée comme constante sur les intervalles de 10 minutes. Le ré-échantillonnage a consisté à produire un signal en échelons. Cette approximation a été jugée adéquate aux fins de la présente étude.

2.2.5 Ajustement climatologique, année typique, année extrême haute et année extrême basse

Les vitesses du vent peuvent varier significativement d'une année à l'autre en raison de l'importante variabilité atmosphérique. Pour une année et un site donnés, il arrive régulièrement que la vitesse du vent varie de plus de 10 %, et plus rarement de plus de 20 %, par rapport à la moyenne climatologique. Les données observées lors d'une campagne de mesure doivent être remises dans le contexte climatologique de la région afin de représenter au mieux le potentiel éolien d'un site sur la durée d'un projet. Ce processus est défini comme l'ajustement climatologique des vitesses du vent et repose sur des données à long terme de stations météorologiques locales.

L'ajustement climatologique des vitesses du vent se fait en faisant appel à une régression multilinéaires entre les moyennes journalières des vitesses observées au mât de mesure et les vitesses observées aux stations météorologiques à proximité du mât. Dans le cas présent, la station météorologique utilisée est Ile-de-la-Madeleine (7053KGR) et la période prise en compte pour l'ajustement climatologique est 1996-2005. Les coefficients de régression linéaire sont ensuite utilisés afin de procéder à l'ajustement climatologique des

vitesse observées sur le site. Le rapport entre la vitesse ajustée climatologique et la moyenne annuelle de la vitesse du vent mesurée sur le site a été utilisée afin d'obtenir l'année typique de la série de données. Comme indiqué sur la Figure 2-2, l'année extrême haute de la période étudiée est 2002 tandis que l'année extrême basse est 2000. Les coefficients d'ajustements pour les extrêmes haute et basse ont été déterminés de la même manière que le coefficient d'ajustement climatologique en utilisant les années extrêmes à la place de la période de 10 ans. Les moyennes annuelles de la vitesse du vent pour les différentes années sont présentées dans le Tableau 2-5.

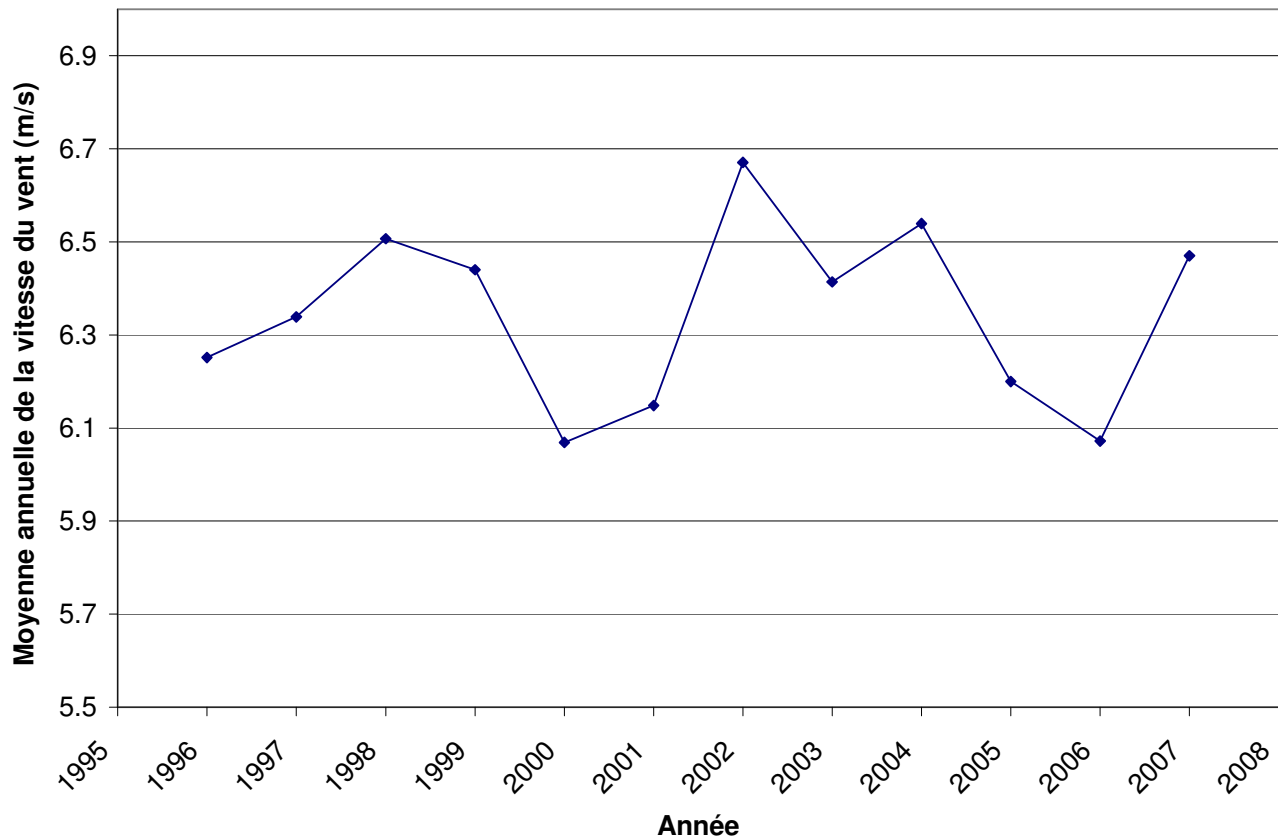


Figure 2-2 Moyennes annuelles de la vitesse du vent enregistrée à Ile-de-la-Madeleine (7053KGR)

Tableau 2-5 : Moyennes annuelles des vitesses du vent (m/s)

	Année de mesure	Année Typique	Année Extrême Haute	Année Extrême Basse
Vitesse au mât de mesure à 50 m	9,2	9,1	9,6	8,7
Vitesse au mât virtuel à 50 m	9,2	9,1	9,6	8,7
Vitesse au mât virtuel à 65 m	9,4	9,3	9,8	8,9

3 ANALYSE DES DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES

Les données analysées sont la vitesse et la direction du vent ainsi que la température ambiante observées au mât de l'Île-d'Entrée (HQ21101) et celles extrapolées au mât virtuel de l'Île-du-Hâvre-aux-Maisons (HQV1101).

Les variations des observations et celles des données reconstruites peuvent affecter considérablement la puissance générée par le parc éolien. Les observations météorologiques suivent souvent des cycles saisonniers et journaliers.

Les cycles journaliers sont principalement causés par la variation du rayonnement incident le jour et du rayonnement restitué la nuit. Le cycle journalier apparaît clairement sur les données observées durant une campagne de mesure des vents et il est important, par conséquent, de le quantifier.

Les sections suivantes présentent l'évolution mensuelle et les variations journalières des vitesses du vent et des températures de l'air, ainsi que les distributions directionnelles des vitesses du vent pour les deux mâts.

3.1 Données de vent

3.1.1 Vitesse du vent

En Amérique du Nord, les vitesses du vent sont généralement plus élevées pendant l'hiver, car les patrons synoptiques augmentent la présence des hauts gradients de pression durant cette saison. La Figure 3-1 présente la variation mensuelle de la vitesse moyenne du vent observée à 50 m, ainsi que de la vitesse simulée à 50 et 65 m.

En général, le réchauffement atmosphérique pendant la journée fait augmenter le gradient de température à l'intérieur de la couche limite, induisant ainsi l'atteinte d'un maximum en après-midi. Cette augmentation du gradient thermique accroît le mélange vertical de l'air, ce qui explique l'augmentation typique des vitesses du vent dans l'après-midi. Cependant, des phénomènes locaux ou à grande échelle peuvent influencer le cycle journalier de la vitesse du vent.

La Figure 3-2 présente les profils horaires de la vitesse du vent mesurée à 50 m, ainsi que de la vitesse extrapolée au mât virtuel à 50 et 65 m pour l'année de mesure. On remarque que la vitesse du vent est assez constante durant toute la journée avec une légère hausse la nuit, où elle atteint un maximum. La constance du vent au cours de la journée est probablement due à l'influence des phénomènes de grande échelle survenant sur le golfe du St-Laurent.

3.1.2 Direction du vent

Les vitesses du vent sur un site particulier sont fortement influencées par les patrons synoptiques et les effets locaux causés par la topographie et la rugosité de la surface du sol. De ce fait, les vitesses du vent peuvent varier en fonction de la direction du vent. La rose des vents est un moyen couramment utilisé dans l'industrie pour décrire la distribution directionnelle de la vitesse du vent sur site. Une rose des vents montre essentiellement la distribution et l'occurrence des vitesses du vent par secteur de direction. Les secteurs directionnels prédominants et ceux ayant une forte vitesse du vent peuvent alors être facilement identifiés.

Figure 3-3 et Figure 3-4 présentent les distributions directionnelles des vents observés et simulés pour l'année de mesure. Les deux roses des vents sont similaires et montrent une distribution des vitesses sur tous les secteurs allant du nord-nord-ouest au sud, avec une fréquence plus significative des vents du sud.

3.2 Données de température

La température atmosphérique affecte la densité de l'air qui, à son tour, a une influence sur le potentiel du gisement éolien. La Figure 3-5 présente la variation mensuelle de la température mesurée et de la température extrapolée à au mât virtuel au cours de la période d'observation. Les températures moyennes correspondent à une variation saisonnière typique.

Le cycle journalier de la température atmosphérique est le résultat direct du rayonnement solaire incident. Le rayonnement incident augmente la température atmosphérique à la surface du sol, laquelle atteint son maximum dans l'après-midi, tandis que le rayonnement réfléchi tend à diminuer celle-ci pour atteindre un minimum avant le lever du soleil. La Figure 3-6 présente les profils de la température atmosphérique moyenne horaire mesurée à 10 m, ainsi que de la température extrapolée à l'emplacement du mât virtuel à 10 et 65 m.

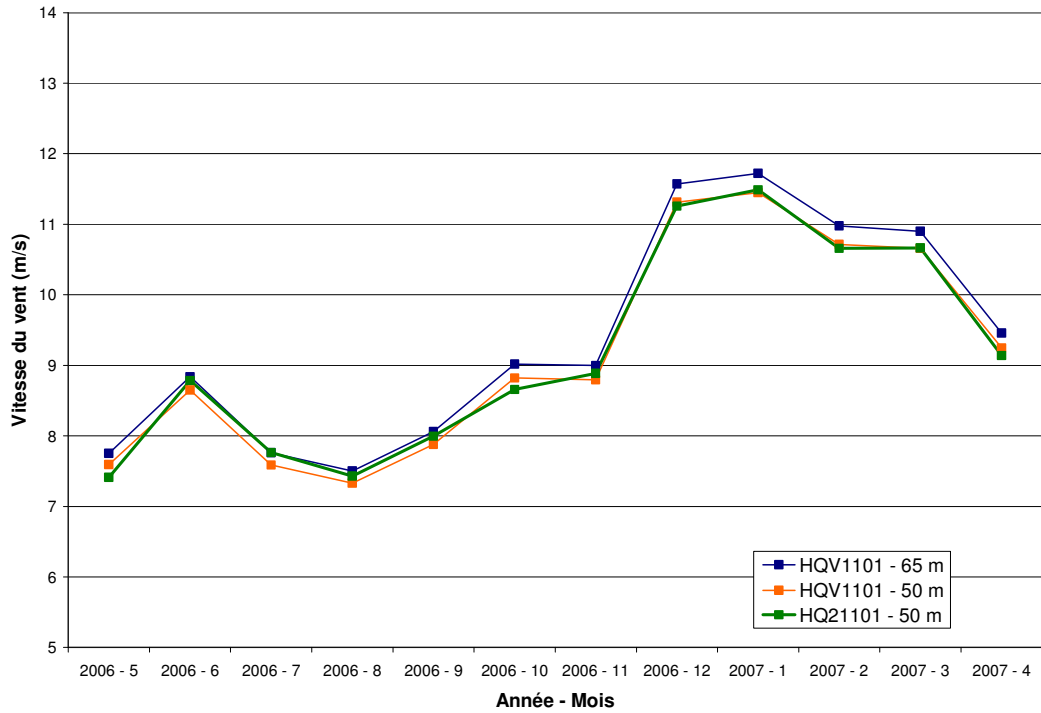


Figure 3-1 Profil mensuel de la vitesse du vent

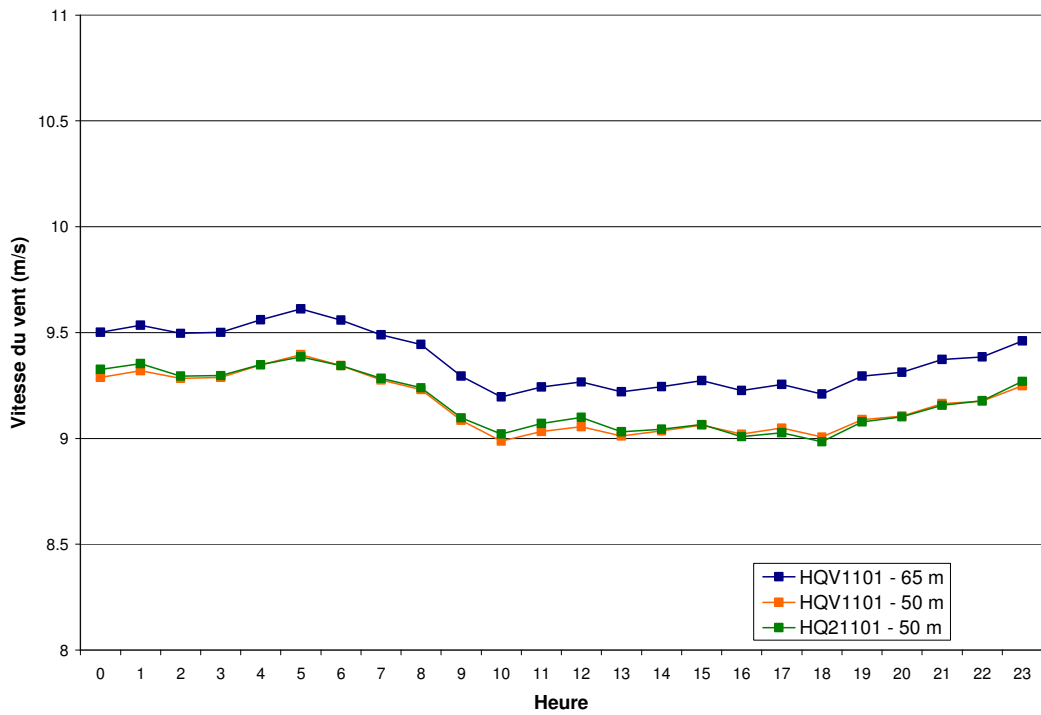


Figure 3-2 Profil horaire de la vitesse du vent

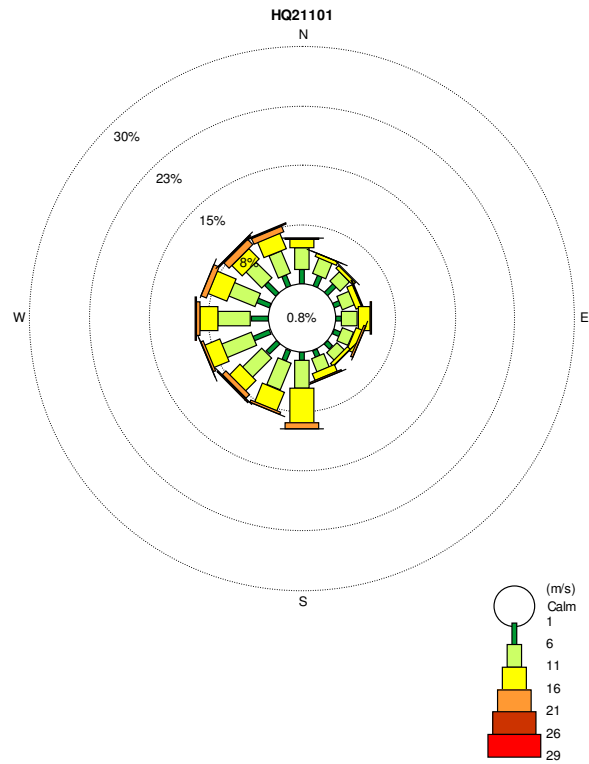


Figure 3-3 Rose des vents HQ21101 – 50 m

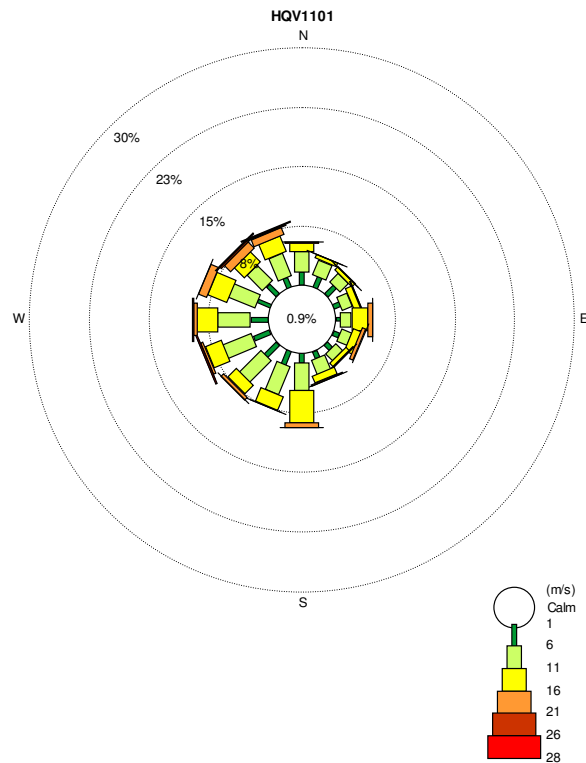


Figure 3-4 Rose des vents HQV1101 – 50 m

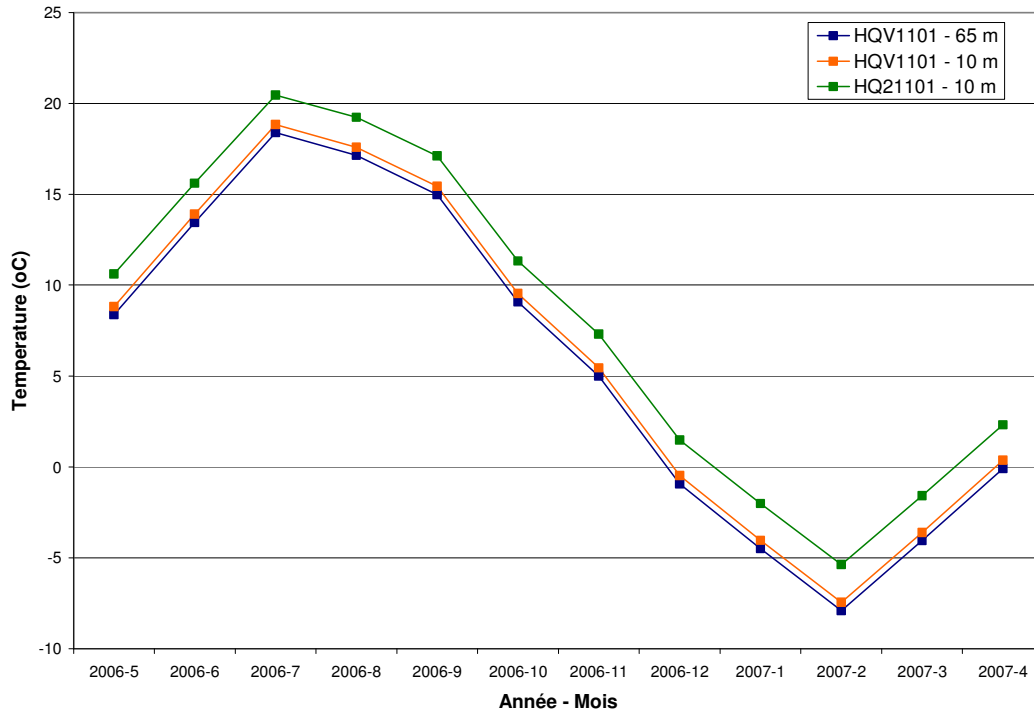


Figure 3-5 Profil mensuel de la température

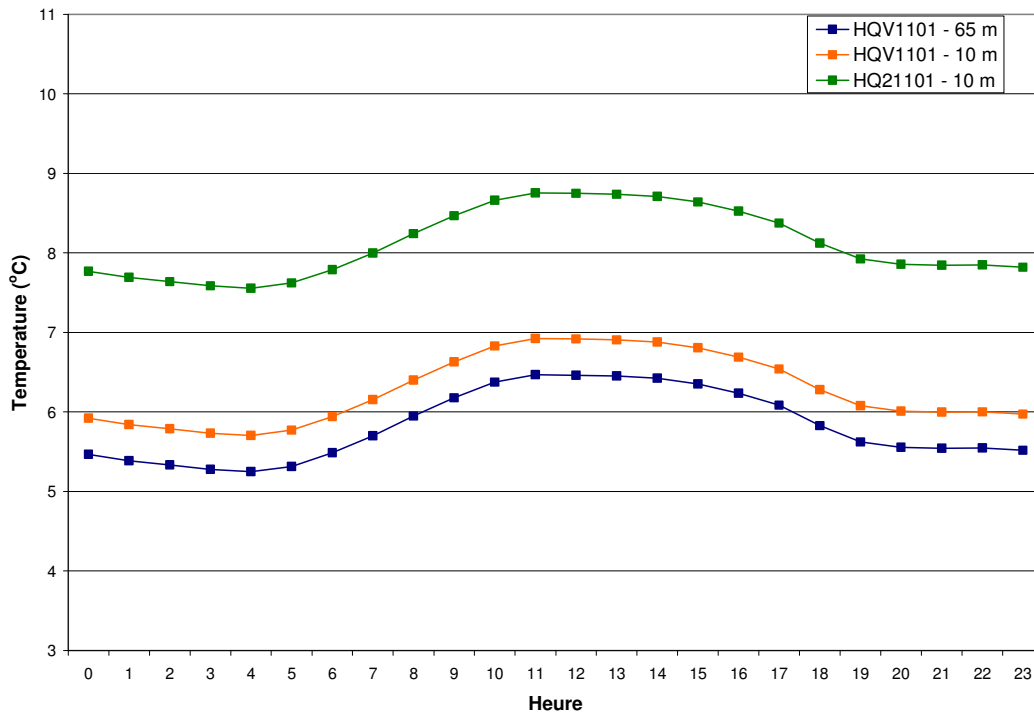


Figure 3-6 Profil horaire de la température

4 REMARQUES FINALES

4.1 Données Météorologiques

En se basant sur son expertise professionnelle et en utilisant les méthodes d'usage dans l'industrie, Hélimax a effectué une étude approfondie du gisement éolien sur le domaine du projet virtuel de l'Île-du-Hâvre-aux-Maisons. En utilisant les observations météorologiques à l'Île-d'Entrée (mât de mesure) de mai 2006 à avril 2007, des séries temporelles au pas de 10 secondes ont été obtenues grâce à des simulations numériques (CFD) et des méthodologies de ré-échantillonnage appropriées. Ces données ont été ajustées pour refléter l'année de mesure, une année typique, une année extrême haute et une année extrême basse relativement aux observations des 10 dernières années des stations d'Environnement Canada dans la région. Ces résultats sont résumés dans le Tableau 4-1.

Tableau 4-1: Moyennes annuelles des vitesses de vent

	Année de mesure	Année Typique	Année Extrême Haute	Année Extrême Basse
Vitesse du mât de mesure à 50 m (m/s)	9,2	9,1	9,6	8,7
Vitesse du mât virtuel à 50 m (m/s)	9,2	9,1	9,6	8,7
Vitesse du mât virtuel à 65 m (m/s)	9,4	9,3	9,8	8,9

4.2 Limites de la méthodologie

Lors de l'utilisation et de l'interprétation des résultats de cette étude, un certain nombre d'hypothèses et de remarques devrait être rappelé.

En effet, les mesures météorologiques sont sujettes à des incertitudes liées

- au ré-échantillonnage des données à l'échelle de 10 secondes,
- à la période de mesure,
- au taux de recouvrement des données disponibles,
- aux instruments de mesure,
- aux ajustement climatologiques,
- au transfert des mesures du mât de mesure au mât virtuel par simulation CFD,
- à la variabilité interannuelle de la ressource éolienne et
- aux éventuels changements climatiques.

A la lumière des remarques présentées ci-dessus, le Client est appelé à considérer les résultats issus de cette étude avec précaution. En particulier, les événements très rares, surtout à l'échelle de 10 secondes, devraient être considérés en gardant à l'esprit les facteurs d'incertitudes rappelés ci-dessus. Les simulations n'ont pas fait l'objet d'études de sensibilité. Cependant, en comparant les occurrences des événements très rares pour les 4 cas considérés (années de mesure et typique, et années extrêmes haute et basse), on peut appréhender dans une certaine mesure leur signification statistique.

APPENDIX A LE MODÈLE METEODYN WT

CFD représente l'acronyme anglais pour « Computational Fluid Dynamics », qui peut se traduire par « mécanique des fluides numérique ».

La modélisation numérique en mécanique des fluides consiste à étudier les mouvements d'un fluide par la résolution numérique des équations régissant les écoulements et le transfert de chaleur. La modélisation numérique a de larges applications dans des secteurs tels que l'aérodynamique, l'aéronautique, la dynamique atmosphérique et, plus récemment, l'évaluation de la ressource éolienne.

Dans cette étude, pour les fins de l'extrapolation de la vitesse et de la direction du vent entre l'Île-d'Entrée à l'Île-du-Hâvre-aux-Maisons, la modélisation a été réalisée avec le logiciel Meteodyn WT. Ce dernier intègre, entre autres, la résolution complète des équations tridimensionnelles de Navier-Stokes en moyenne de Reynolds (RANS) avec un modèle de fermeture de type k-L, la génération automatique du maillage avec un raffinement aux points clés du domaine, ainsi que la génération automatique des conditions aux frontières¹.

¹ <http://www.meteodyn.com/>