

APPENDIX A-3



UNIVERSITÉ LAVAL
FACULTÉ DES SCIENCES ET DE GÉNIE
Département de génie civil

PROJET RABASKA

ÉTUDE COMPARATIVE DES VENTS MESURÉS SIMULTANÉMENT
À LAUZON, À QUÉBEC ET À L'ÎLE D'ORLÉANS

Rapport GCN-2004-03
(projet GNL)

préparé pour la firme
Roche et Associés
pour le compte de
Gaz Métro du Québec

par

Yvon Ouellet, ing. D. Sc.

Août 2004

TABLE DES MATIÈRES

	Page
TABLE DES MATIÈRES	i
LISTE DES TABLEAUX	ii
CHAPITRE 1 - INTRODUCTION	1
CHAPITRE 2 - VENTS À LAUZON ET À QUÉBEC	1
CHAPITRE 3 - VENTS À LAUZON ET À L'ÎLE D'ORLÉANS	6
CHAPITRE 4 - VENTS À L'ÎLE D'ORLÉANS ET À QUÉBEC	9
CHAPITRE 5 - CONCLUSION	12
RÉFÉRENCES	41
ANNEXE 1 PROGRAMMES INFORMATIQUES UTILISÉS	

LISTE DES FIGURES	Page
Figure 1 – Courbes de fréquence de dépassement des vitesses du vent aux trois stations	13

LISTE DES TABLEAUX	Page
Tableau 1 - Fréquence et vitesse moyenne des vents à Lauzon et à Québec	14
Tableaux 2 - Distribution des directions à Lauzon et à Québec	15
Tableau 3 - Distribution des vitesses à Lauzon et à Québec	18
Tableau 4a - Statistique du rapport entre les vitesses à Lauzon et à Québec	19
Tableau 4b - Statistique du rapport entre les vitesses à Québec et à Lauzon	20
Tableau 5a - Statistique de l'angle entre les directions à Lauzon et à Québec	21
Tableau 5b - Statistique de l'angle entre les directions à Québec et à Lauzon	22
Tableau 6 - Fréquence et vitesse moyenne des vents à Lauzon et à l'île d'Orléans	23
Tableaux 7 - Distribution des directions à Lauzon et à l'île d'Orléans	24
Tableau 8 - Distribution des vitesses à Lauzon et à l'île d'Orléans	27
Tableau 9a - Statistique du rapport entre les vitesses à Lauzon et à l'île d'Orléans	28
Tableau 9b - Statistique du rapport entre les vitesses à l'île d'Orléans et à Lauzon	29
Tableau 10a - Statistique de l'angle entre les directions à Lauzon et à l'île d'Orléans	30
Tableau 10b - Statistique de l'angle entre les directions à l'île d'Orléans et à Lauzon	31
Tableau 11 - Fréquence et vitesse moyenne des vents à l'île d'Orléans et à Québec	32
Tableaux 12 - Distribution des directions à l'île d'Orléans et à Québec	33
Tableau 13 - Distribution des vitesses à l'île d'Orléans et à Québec	36
Tableau 14a - Statistique du rapport entre les vitesses à l'île d'Orléans et à Québec	37
Tableau 14b - Statistique du rapport entre les vitesses à Québec et à l'île d'Orléans	38
Tableau 15a - Statistique de l'angle entre les directions à l'île d'Orléans et à Québec	39
Tableau 15b - Statistique de l'angle entre les directions à Québec et à l'île d'Orléans	40

ANALYSE COMPARATIVE DES DONNÉES DE VENT ENTRE LAUZON, QUÉBEC ET L'ÎLE D'ORLÉANS

1. - Introduction

L'analyse de l'information disponible sur les vents observés par le Service de l'Environnement atmosphérique d'Environnement Canada simultanément à Lauzon, à Québec et à l'île d'Orléans permet de dresser un portrait comparatif sommaire sur le régime des vents au large de Lauzon. Les analyses et les calculs ont été effectués avec le logiciel MatLab sur un micro-ordinateur (Dupuis et Ouellet, 1992; Turcotte et Ouellet, 1993), sur la base de l'analyse statistique des données directionnelles (Mardia, 1972). Les programmes utilisés pour évaluer la distribution jointe des données du vent observé simultanément à ces trois stations prises deux à deux sont listés en annexe 1. La période commune des données s'échelonne entre le 01-01-1991 et le 31-12-2003.

La figure 1 présente les courbes de fréquence de dépassement des vitesses des vents aux trois stations, peu importe leur direction. Les courbes ont les mêmes tendances, celle de l'île d'Orléans se situant au-dessus, celle de Québec au-dessous et celle de Lauzon intermédiaire entre les deux autres. Ceci confirme les faits que l'île d'Orléans est plus exposée aux vents que ne l'est Lauzon, et encore plus Québec qui est une station terrestre.

2. - Vents à Lauzon et à Québec

Durant la période commune de 13 années entre le 01-01-1991 et le 31-12-2003, il y a 113952 heures. À la station de Lauzon (702MKNL), il y a 14504 valeurs horaires manquantes en vitesse ou en direction, ce qui laisse 99448 données horaires de vent utilisables. Il manque 14459 valeurs de vitesse et 14502 valeurs de direction, parmi lesquelles il y a 2 valeurs pour lesquelles la vitesse est manquante, mais la direction ne l'est pas, et 45 valeurs pour lesquelles la direction est manquante, mais la vitesse ne l'est pas. Il y a 2016 observations de vents calmes. À la station de Québec (7016294), il y a seulement 129 valeurs horaires manquantes, ce qui laisse 113823 données horaires de vent utilisables. Il manque 128 valeurs de vitesse et 129 valeurs de direction, parmi lesquelles il y a 1 valeur pour laquelle la direction est manquante, mais la vitesse ne l'est pas. Il y a 10093 observations de vents calmes.

Le tableau 1 présente les fréquences et les vitesses moyennes des vents observés simultanément à Lauzon et à Québec sur les années entières s'étendant de 1991 à 2003, groupées par 8 et 4 directions respectivement (les enregistrements de vent calme, vitesses inférieures à 1 km/h, ayant été exclus des calculs). Ces résultats ont été obtenus à l'aide du programme *dir_vit_freq* (annexe 1). Les mesures étant faites selon 36 secteurs à ces stations, la transformation en 8 secteurs biaise les données. En effet, les directions principales nord, est, sud et ouest comprennent chacune cinq des trente-six secteurs, alors que les directions secondaires n'en comptent que quatre chacune. Les fréquences d'occurrence attribuées aux directions principales sont donc surévaluées par rapport à celles des directions secondaires. Notons aussi que le regroupement en quatre secteurs a été fait de manière à ce qu'une direction dominante ne soit pas partagée entre deux quadrants.

L'examen de ce tableau permet d'apprécier les différences des vents entre ces deux stations. D'abord, les vitesses des vents du secteur nord-est sont plus fortes à Lauzon qu'à Québec, ce qui n'est pas le cas pour les autres directions. Le rapport des vitesses du vent entre les deux stations est légèrement supérieur à 1 et varie entre 1,41 pour le secteur nord-est et 0,82 pour le secteur sud-est. Le secteur sud-ouest est celui pour lequel la fréquence des vents est la plus élevée tant à Lauzon qu'à Québec, suivi par le secteur nord-est.

Le tableau 2a donne la distribution jointe des directions du vent observées simultanément à Lauzon et à Québec sur les années entières s'étendant de 1991 à 2003. Ces résultats ont été obtenus à l'aide du programme *distr_jtes_dir* (annexe 1). En ne considérant pas les vents calmes, le vent souffle simultanément dans la même direction aux deux stations 52,9 % du temps. Par contre, en considérant en plus de la diagonale principale les deux diagonales voisines, la fréquence d'occurrence des directions comparables entre les deux stations passe à 85,8 %. Ceci dénote que le régime des vents entre les deux stations est comparable, du moins en ce qui concerne les directions du vent.

Les tableaux 2b et 2c donnent la même information, mais en excluant respectivement les données où V1 et V2 sont plus petits que 10 km/h (tableau 2b) et 20 km/h (tableau 2c). On peut observer qu'en ne tenant compte que des vents plus forts cela augmente la fréquence d'occurrence des directions identiques (64,2 % dans le tableau 2b) et (67,9 % dans le tableau 2c), par rapport à 52,9 % si on inclut tous les vents non calmes (tableau 2a). Il en est ainsi pour les directions comparables, c'est-à-dire la diagonale principale les deux diagonales voisines, où les fréquences d'occurrence passent respectivement à 96,2 % (tableau 2b) et 97,8 % (tableau 2c), par rapport à 85,8 % si on inclut tous les vents non calmes (tableau 2a).

Le tableau 3 présente la comparaison entre les vitesses non manquantes du vent enregistrées simultanément à Lauzon et à Québec. Ces résultats ont été obtenus à l'aide du programme *distr_jtes_vit* (annexe 1). Les vitesses des vents observées simultanément à Lauzon et à Québec entre 1991 et 2003 sont dans les mêmes classes 53,4 %, ce qui se compare aux directions.

Cette analyse a été poursuivie afin de tenir compte de l'aspect directionnel des vents. Dans un premier temps, les données ont été regroupées suivant quatre secteurs de 90° chacun. Cette subdivision s'effectue à partir des mesures de direction prises à l'une ou l'autre des deux stations. Les données de l'autre station, enregistrées en même temps que celles à la station de référence, sont placées dans le même secteur que celui de la station de référence, sans tenir compte de sa direction propre. Le choix des angles comprenant chaque quadrant est le suivant :

- 1) $11,25^\circ < \theta_1 \leq 101,25^\circ$ -> quadrant 1
- 2) $101,25^\circ < \theta_2 \leq 191,25^\circ$ -> quadrant 2
- 3) $191,25^\circ < \theta_3 \leq 281,25^\circ$ -> quadrant 3
- 4) $281,25^\circ < \theta_4 \leq 11,25^\circ$ -> quadrant 4

Les résultats de cette analyse sont présentés dans les tableaux 4 pour les données communes entre Lauzon et Québec (tableau 4a) puis entre Québec et Lauzon (tableau 4b), selon le choix de la station de référence, laquelle est identifiée N° 1 dans les tableaux. Ces résultats sont obtenus à l'aide du programme *rap_vit* (annexe 1). Les résultats peuvent être interprétés à partir de l'un ou l'autre des tableaux 4a ou 4b, selon la station de référence considérée.

Pour l'ensemble des données (partie a du tableau 4a), la moyenne des rapports des vitesses $\left(\overline{v_1 / v_2}\right)$ entre Lauzon et Québec est de 1,29, ce rapport variant entre 1,01 dans le quadrant 2 (secteur sud-est) et 1,59 dans le quadrant 1 (secteur nord-est). Cette valeur est plus élevée (de 12 %) que celle du rapport des vitesses moyennes \bar{v}_1 / \bar{v}_2 , qui est de 1,15. Une comparaison entre ces résultats et ceux du tableau 4b montre que la moyenne des rapports des vitesses de 1,05 entre Québec et Lauzon n'est pas l'inverse de celle (1,29) entre Lauzon et Québec, ce qui donnerait une valeur beaucoup plus faible (0,78). De plus, cette moyenne des rapports des vitesses $\left(\overline{v_1 / v_2}\right)$ de 1,05 entre Québec et Lauzon (tableau 4b) est aussi plus élevée (de 21 %) que celle du rapport des vitesses moyennes \bar{v}_1 / \bar{v}_2 entre ces deux mêmes

stations, qui est de 0,87. Par contre, les rapports des vitesses moyennes sont évidemment les inverses l'un de l'autre, soit 1,15 (tableau 4a) versus 0,87 (tableau 4b).

Puisque les mesures de dispersion sont relativement élevées (écart type du même ordre de grandeur que la moyenne des rapports, étant égal à 0,60 dans le tableau 4a et à 0,84 dans le tableau 4b), il faut s'attendre à ce que les données des vents faibles aient modifié les résultats. Les vitesses de vent inférieures à 10 km/h et puis à 20 km/h aux deux stations (tableaux 4a et 4b parties (b) et (c)) ont été successivement éliminées, ce qui a entraîné une diminution importante des écarts types en fonction du seuil de vitesse. De plus, on note un certain rapprochement des moyennes des rapports aux rapports des moyennes respectifs. Lorsque les vents inférieurs à 10 km/h sont exclus aux deux stations (partie b du tableau 4a), la moyenne des rapports des vitesses entre Lauzon et Québec baisse à 1,19 et le rapport des vitesses moyennes baisse à 1,13. Lorsque les vents inférieurs à 20 km/h sont exclus aux deux stations (partie c du tableau 4a), la moyenne des rapports des vitesses entre Lauzon et Québec baisse à 1,13, ce qui se rapproche du rapport des vitesses moyennes, qui est de 1,09. Les résultats des parties (b) et (c) du tableau 4b fournit la même information, mais dans le sens inverse, c'est-à-dire avec des rapports plus petits que l'unité.

Une attention particulière a aussi été apportée à l'étude des données qui représentent les directions. Les méthodes de calcul utilisées sont tirées de l'ouvrage de Mardia (1972). Les données de direction sont d'abord converties en radians. Puis on évalue une direction moyenne comprise entre $-\pi/2$ et $\pi/2$, à partir de l'expression suivante :

$$\bar{\theta}' = \arctan\left(\frac{\bar{S}}{\bar{C}}\right)$$

où

$$\bar{S} = \frac{1}{n} \sum \sin(\theta_i)$$

$$\bar{C} = \frac{1}{n} \sum \cos(\theta_i)$$

Finalement, en tenant compte des signes des paramètres \bar{S} et \bar{C} , on trouve la valeur exacte de la direction moyenne :

$$\bar{\theta} = \begin{cases} \bar{\theta}' & \text{si } \bar{S} > 0 \text{ et } \bar{C} > 0 \\ \bar{\theta}' + \pi & \text{si } \bar{C} < 0 \\ \bar{\theta}' + 2\pi & \text{si } \bar{S} < 0 \text{ et } \bar{C} > 0 \end{cases}$$

Comme mesure de dispersion, on utilise la variance circulaire de l'échantillon (S_0) telle que proposée par Mardia. Cette variance s'exprime de la façon suivante :

$$S_0 = 1 - R$$

où
$$\bar{R} = \sqrt{\bar{C}^2 + \bar{S}^2}$$

Elle prend des valeurs comprises entre 0 et 1. Ainsi, si les données sont près de la moyenne, S_0 s'approchera de zéro. Si par contre les données en sont très éloignées, S_0 s'approchera de l'unité. À partir de la variance circulaire telle que calculée, on peut trouver l'écart type (s_0) de l'échantillon, qui varie entre 0 et l'infini :

$$s_0 = \sqrt{-2 \ln(1 - S_0)} = \sqrt{-2 \ln(\bar{R})}$$

L'application de ces formules statistiques, à l'aide du programme *ecart_dir* (annexe1), sur les échantillons de données a fourni les résultats présentés dans les tableaux 5a et 5b, pour la période commune des vents entre les différentes stations prises deux à deux, en prenant respectivement chaque station comme station de référence.

Pour l'ensemble des données, on constate suivant les résultats présentés dans les tableaux 5a et 5b que les directions du vent entre Lauzon et Québec sur la période commune des vents entre 1991 et 2003 diffèrent très peu, soit en moyenne de 3° (tableaux 5a et 5b). Cette différence varie entre -13° dans le quadrant 4 (secteur nord-ouest) et 39° dans le quadrant 2 (secteur sud-est), en prenant Lauzon comme station de référence (tableau 5a). Par contre, la différence entre les directions du vent aux deux stations varie entre -4° dans le quadrant 1 (secteur nord-est) et 26° dans le quadrant 4 (secteur nord-ouest), en prenant Québec comme station de référence (tableau 5b). L'écart type, qui est en moyenne de 41° , diminue lorsqu'on ne considère que les vents les plus forts (parties b et c des tableaux 5a et 5b). La variabilité entre les quadrants subsiste même si les vents ayant des faibles vitesses inférieures à 10 et à 20 km/h aux deux stations sont exclus.

C'est dans le deuxième quadrant (secteur sud-est) avec une différence des directions moyennes de 74° , suivi du quatrième quadrant (secteur nord-ouest) avec une différence des directions moyennes de -13° , que les résultats diffèrent le plus de ceux des autres quadrants, si Lauzon est considérée comme station de référence (tableau 5a). C'est la même situation si Québec est choisie comme station de référence (tableau 5b), mais les différences des directions sont moins grandes étant de 26° du secteur nord-ouest (quadrant 4) et de 14° du

secteur sud-est (quadrant 2). Les écarts types sont en moyenne les mêmes peu importe le choix de la station de référence (tableaux 5a et 5b),

3. - Vents à Lauzon et à l'île d'Orléans

Durant la période commune de 13 années comprise entre le 01-01-1991 et le 31-12-2003, il y a 113952 heures. À la station de Lauzon (702MKNL), il y a 14504 valeurs horaires manquantes en vitesse ou en direction, ce qui laisse 99448 données horaires de vent utilisables. Il manque 14459 valeurs de vitesse et 14502 valeurs de direction, parmi lesquelles il y a 2 valeurs pour lesquelles la vitesse est manquante, mais la direction ne l'est pas, et 45 valeurs pour lesquelles la direction est manquante, mais la vitesse ne l'est pas. Il y a 2016 observations de vents calmes. À la station de l'île d'Orléans (70132G9), il y a 8407 valeurs horaires manquantes, ce qui laisse 105545 données horaires de vent utilisables. Il manque 7536 valeurs de vitesse et 8393 valeurs de direction. Parmi les valeurs manquantes, il y a 14 valeurs pour lesquelles la vitesse est manquante, mais la direction ne l'est pas. Par contre, il y a 871 valeurs pour lesquelles la direction est manquante, mais la vitesse ne l'est pas. Il y a seulement 850 observations de vents calmes.

Le tableau 6 présente les fréquences et les vitesses moyennes des vents observés simultanément à Lauzon et à l'île d'Orléans sur les années entières s'étendant de 1991 à 2003, groupées par 8 et 4 directions respectivement (les enregistrements de vent calme, vitesses inférieures à 1 km/h, ayant été exclus des calculs). L'examen de ce tableau permet d'apprécier les différences des vents entre ces deux stations. Le rapport entre les vitesses à Lauzon et l'île d'Orléans est en moyenne de 0,82, ce rapport variant entre une demie et une fois et quart selon le secteur. Les vents dominants sont du secteur sud-ouest pour les deux stations, suivi du secteur nord-est.

Le tableau 7a donne la distribution jointe des directions du vent observées simultanément à Lauzon et à l'île d'Orléans sur les années entières s'étendant de 1991 à 2003. Ces résultats ont été obtenus à l'aide du programme *distr_jtes_dir* (annexe 1). En ne considérant pas les vents calmes, le vent souffle simultanément dans la même direction aux deux stations 34,2 % du temps. Par contre, en considérant en plus de la diagonale principale les deux diagonales voisines, la fréquence d'occurrence des directions comparables entre les deux stations passe à 81,7 %. Ceci dénote que le régime des vents entre les deux stations est relativement comparable, du moins en ce qui concerne les directions du vent.

Les tableaux 7b et 7c donnent la même information, mais en excluant respectivement les données où V1 et V2 sont plus petits que 10 km/h (tableau 7b) et 20 km/h (tableau 7c). On peut observer qu'en ne tenant compte que des vents plus forts cela modifie légèrement la fréquence d'occurrence des directions identiques (38,0 % dans le tableau 7b) et (33,0 % dans le tableau 7c), par rapport à 34,2 % si on inclut tous les vents non calmes (tableau 7a). Par contre pour les directions comparables, c'est-à-dire la diagonale principale les deux diagonales voisines, les fréquences d'occurrence augmentent respectivement à 92,6 % (tableau 7b) et à 97,1 % (tableau 7c), par rapport à 81,7 % si on inclut tous les vents non calmes (tableau 7a).

Le tableau 8 présente la comparaison entre les vitesses non manquantes du vent enregistrées simultanément à Lauzon et à Québec. Ces résultats ont été obtenus à l'aide du programme *distr_jtes_vit* (annexe 1). Les vitesses des vents observées simultanément à Lauzon et à Québec entre 1991 et 2003 sont dans les mêmes classes 38,9 %, ce qui se compare aux directions.

Les tableaux 9 présentent les statistiques du rapport entre les vitesses du vent observées simultanément à Lauzon et à l'île d'Orléans (tableau 9a) puis à l'île d'Orléans et à Lauzon (tableau 9b), selon le choix de la station de référence, laquelle est identifiée N° 1 dans les tableaux. Les résultats peuvent être interprétés à partir de l'un ou l'autre des tableaux 9a ou 9b, selon la station de référence considérée.

Pour l'ensemble des données (partie a du tableau 9a), la moyenne des rapports des vitesses ($\overline{v_1 / v_2}$) entre Lauzon et l'île d'Orléans est de 0,99, ce rapport variant entre 0,77 dans le quadrant 2 (secteur sud-est) et 1,24 dans le quadrant 4 (secteur nord-ouest). Cette valeur est plus élevée (de 24 %) que celle du rapport des vitesses moyennes \bar{v}_1 / \bar{v}_2 , qui est de 0,80. Une comparaison entre ces résultats et ceux du tableau 9b montre que la moyenne des rapports des vitesses de 1,55 entre l'île d'Orléans et Lauzon n'est pas l'inverse de celle (0,99) entre Lauzon et l'île d'Orléans, ce qui donnerait une valeur beaucoup plus faible (0,65). De plus, cette moyenne des rapports des vitesses ($\overline{v_1 / v_2}$) de 1,55 entre l'île d'Orléans et Lauzon (tableau 9b) est aussi plus élevée (de 25 %) que celle du rapport des vitesses moyennes \bar{v}_1 / \bar{v}_2 entre ces deux mêmes stations, qui est de 1,24. Par contre, les rapports des vitesses moyennes sont évidemment les inverses l'un de l'autre, soit 0,80 (tableau 9a) versus 1,24 (tableau 9b).

Puisque les mesures de dispersion sont relativement élevées (écart type du même ordre de grandeur que la moyenne des rapports étant égal à 0,84 dans le tableau 9a et à 0,81 dans le tableau 9b), il faut s'attendre à ce que les données des vents faibles aient modifié les résultats.

Les vitesses de vent inférieures 10 km/h et puis à 20 km/h aux deux stations (parties (b) et (c) des tableaux 9a et 9b) ont été successivement éliminées, ce qui a entraîné une diminution importante des écarts types en fonction du seuil de vitesse. De plus, on note un certain rapprochement des moyennes des rapports aux rapports des moyennes respectifs. Lorsque les vents inférieurs à 10 km/h sont exclus aux deux stations (partie b du tableau 9a), la moyenne des rapports des vitesses entre Lauzon et l'île d'Orléans augmente à 0,91 et le rapport des vitesses moyennes à 0,82. Lorsque les vents inférieurs à 20 km/h sont exclus aux deux stations (partie c du tableau 9a), la moyenne des rapports des vitesses entre l'île d'Orléans et Lauzon augmente à 0,86, le rapport des vitesses moyennes restant à 0,82. Les résultats des parties (b) et (c) du tableau 9b fournit la même information, mais dans le sens inverse, c'est-à-dire avec des rapports plus grands que l'unité.

Les tableaux 10a et 10b présentent les statistiques de l'angle entre les directions du vent observées simultanément à Lauzon et à l'île d'Orléans sur la période commune des vents entre 1991 et 2003. Selon l'ensemble des directions, la moyenne des différences entre les directions aux deux stations est de 17° (tableaux 10a et 10b). Cette différence varie entre -51° dans le quadrant 2 (secteur sud-est) et 33° dans le quadrant 1 (secteur nord-est), en prenant Lauzon comme station de référence (tableau 10a). En prenant l'île d'Orléans comme station de référence (tableau 10b), la différence entre les directions du vent aux deux stations varie entre -64° dans le quadrant 2 (secteur sud-est) et 0° dans le quadrant 4 (secteur nord-ouest). L'écart type, qui est en moyenne de 47° , diminue lorsqu'on ne considère que les vents les plus forts (parties b et c des tableaux 10a et 10b). La variabilité entre les quadrants subsiste même si les vents ayant des faibles vitesses inférieures à 10 et à 20 km/h aux deux stations sont exclues.

C'est dans le deuxième quadrant (secteur sud-est) avec une différence des directions moyennes de -129° que les résultats diffèrent le plus de ceux des autres quadrants, si Lauzon est considérée comme station de référence (tableau 10a). C'est la même situation si l'île d'Orléans est choisie comme station de référence (tableau 10b), mais les différences entre les directions moyennes sont un peu moins grandes étant de -78° du secteur sud-est (quadrant 2) et de -27° du secteur nord-est (quadrant 1). Les écarts types sont en moyenne les mêmes peu importe le choix de la station de référence (tableaux 10a et 10b).

4. - Vents à l'île d'Orléans et à Québec

Durant la période commune de 13 années comprises entre le 01-01-1991 et le 31-12-2003, il y a 105192 heures. À la station de l'île d'Orléans (70132G9), il y a 8407 valeurs horaires manquantes, ce qui laisse 105545 données horaires de vent utilisables. Il manque 7536 valeurs de vitesse et 8393 valeurs de direction. Parmi les valeurs manquantes, il y a 14 valeurs pour lesquelles la vitesse est manquante, mais la direction ne l'est pas. Par contre, il y a 871 valeurs pour lesquelles la direction est manquante, mais la vitesse ne l'est pas. Il y a seulement 850 observations de vents calmes. À la station de Québec (7016294), il y a seulement 129 valeurs horaires manquantes, ce qui laisse 113823 données horaires de vent utilisables. Il manque 128 valeurs de vitesse et 129 valeurs de direction, parmi lesquelles il y a 1 valeur pour laquelle la direction est manquante, mais la vitesse ne l'est pas. Il y a 10093 observations de vents calmes.

Le tableau 11 présente les fréquences et les vitesses moyennes des vents observés simultanément à l'île d'Orléans et à Québec sur les années entières s'étendant de 1991 à 2003, groupées par 8 et 4 directions respectivement (les enregistrements de vent calme, vitesses inférieures à 1 km/h, ayant été exclus des calculs). L'examen de ce tableau permet d'apprécier les différences des vents entre ces deux stations. D'abord, les vitesses des vents à l'île d'Orléans sont selon le secteur entre une et deux fois plus fortes qu'à Québec, avec une moyenne de l'ordre de 1,4. Le secteur nord-est est celui pour lequel le rapport entre les vitesses est le plus grand. Bien que les vents dominants viennent du sud-ouest aux deux stations, le secteur nord-est est le deuxième en importance.

Le tableau 12a donne la distribution jointe des directions du vent observées simultanément à l'île d'Orléans et à Québec. En ne considérant pas les vents calmes, le vent ne souffle simultanément dans la même direction aux deux stations 30,4 % du temps. Par contre, en considérant en plus de la diagonale principale les deux diagonales voisines, la fréquence d'occurrence des directions comparables entre les deux stations passe à 76,7 %. Ceci dénote que le régime des vents entre les deux stations est relativement comparable, du moins en ce qui concerne les directions du vent.

Les tableaux 12b et 12c donnent la même information, mais en excluant respectivement les données où V1 et V2 sont plus petits que 10 km/h (tableau 12b) et 20 km/h (tableau 12c). On peut observer qu'en ne tenant compte que des vents plus forts cela modifie

légèrement la fréquence d'occurrence des directions identiques (34,2 % dans le tableau 12b) et (32,7 % dans le tableau 12c), par rapport à 30,4 % si on inclut tous les vents non calmes (tableau 12a). Par contre pour les directions comparables, c'est-à-dire la diagonale principale et les deux diagonales voisines, les fréquences d'occurrence augmentent respectivement à 90,5 % (tableau 12b) et 96,4 % (tableau 12c), par rapport à 76,7 % si on inclut tous les vents non calmes (tableau 12a).

Le tableau 13 présente la comparaison entre les vitesses non manquantes du vent enregistrées simultanément à l'île d'Orléans et à Québec entre 1991 et 2003. On constate que les vitesses des vents, sont dans les mêmes classes environ le tiers du temps, soit 35,8 %. Ces résultats pour les vitesses du vent se comparent à ceux obtenues pour les directions du vent.

Les tableaux 14 présentent les statistiques du rapport entre les vitesses du vent observées simultanément à l'île d'Orléans et à Québec (tableau 14a) puis à Québec et à l'île d'Orléans (tableau 14b), selon le choix de la station de référence, laquelle est identifiée N° 1 dans les tableaux. Les résultats peuvent être interprétés à partir de l'un ou l'autre des tableaux 14a ou 14b, selon la station de référence considérée.

Pour l'ensemble des données (partie a du tableau 14a), la moyenne des rapports des vitesses $\left(\overline{v_1 / v_2}\right)$ entre l'île d'Orléans et Québec est de 1,69, ce rapport variant entre 1,15 dans le quadrant 4 (secteur nord-ouest) et 2,19 dans le quadrant 1 (secteur nord-est). Cette valeur est plus élevée (de 20 %) que celle du rapport des vitesses moyennes \bar{v}_1 / \bar{v}_2 , qui est de 1,41. Une comparaison entre ces résultats et ceux du tableau 14b montre que la moyenne des rapports des vitesses de 0,92 entre Québec et l'île d'Orléans n'est pas l'inverse de celle (1,69) entre l'île d'Orléans et Québec, ce qui donnerait une valeur beaucoup plus faible (1,09). De plus, cette moyenne des rapports des vitesses $\left(\overline{v_1 / v_2}\right)$ de 0,92 entre Québec et l'île d'Orléans (tableau 14b) est aussi plus élevée (près de 30 %) que celle du rapport des vitesses moyennes \bar{v}_1 / \bar{v}_2 entre ces deux mêmes stations, qui est de 0,71. Par contre, les rapports des vitesses moyennes sont évidemment les inverses l'un de l'autre, soit 1,41 (tableau 14a) versus 0,71 (tableau 14b).

Puisque les mesures de dispersion sont relativement élevées (écart type du même ordre de grandeur que la moyenne des rapports étant égal à 0,74 dans le tableau 14a et à 0,92 dans le tableau 14b), il faut s'attendre à ce que les données des vents faibles aient modifié les résultats. Les vitesses de vent inférieures à 10 km/h et puis à 20 km/h aux deux stations (parties (b) et (c) des tableaux 14a et 14b) ont été successivement éliminées, ce qui a entraîné une

diminution importante des écarts types en fonction du seuil de vitesse. De plus, on note un certain rapprochement des moyennes des rapports aux rapports des moyennes respectifs. Lorsque les vents inférieurs à 10 km/h sont exclus aux deux stations (partie b du tableau 14a), la moyenne des rapports des vitesses entre l'île d'Orléans et Québec baisse à 1,45, ce qui se rapproche du rapport des vitesses moyennes, lequel est de 1,36. Lorsque les vents inférieurs à 20 km/h sont exclus aux deux stations (partie c du tableau 14a), la moyenne des rapports des vitesses entre Québec et l'île d'Orléans baisse à 1,34 et le rapport des vitesses moyennes à 1,30. Les résultats des parties (b) et (c) du tableau 14b fournit une information similaire, mais dans le sens inverse, c'est-à-dire avec des rapports plus petits que l'unité.

Les tableaux 15a et 15b présentent les statistiques de l'angle entre les directions du vent observées simultanément à l'île d'Orléans et à Québec sur la période commune des vents entre 1991 et 2003. Selon l'ensemble des directions, la moyenne des différences entre les directions aux deux stations est 22° (tableaux 15a et 15b). Cette différence entre les directions du vent aux deux stations varie entre -67° dans le quadrant 2 (secteur nord-est) et -16° dans le quadrant 4 (secteur nord-ouest), en prenant l'île d'Orléans comme station de référence (tableau 15a). Par contre, la différence varie entre 14° dans le quadrant 3 (secteur sud-ouest) et 34° dans le quadrant 1 (secteur nord-est), en prenant Québec comme station de référence (tableau 15b). L'écart type, qui est en moyenne de 68° , diminue lorsqu'on ne considère que les vents les plus forts (parties b et c des tableaux 15a et 15b). La variabilité entre les quadrants subsiste même si les vents ayant des faibles vitesses inférieures à 10 et à 20 km/h sont exclus.

C'est dans le deuxième quadrant (secteur sud-est) avec une différence des directions moyennes de -81° que les résultats diffèrent le plus des trois autres quadrants, si l'île d'Orléans est considérée comme station de référence (tableau 15a). C'est la même situation si Québec est choisie comme station de référence (tableau 15b), mais les différences entre les directions moyennes sont un peu moins grandes variant entre 53° du secteur sud-est (quadrant 2) et 13° du secteur sud-ouest (quadrant 3). Les écarts types sont en moyenne les mêmes peu importe le choix de la station de référence (tableaux 15a et 15b), mais ceux du quadrant 2 sont les plus grands.

5. - Conclusion

L'analyse statistique des vents observés simultanément à Lauzon, à Québec et à l'île d'Orléans a permis de dresser un portrait comparatif sommaire sur le régime des vents à ces trois stations météorologiques. Cette analyse a été effectuée sur la période de 13 années entre 1991 et 2003 d'enregistrements des vents en ces stations prises deux à deux.

Cette analyse statistique a ainsi permis d'apprécier les différences des régimes des vents entre ces trois stations. La station de Québec est celle pour laquelle les vents sont les plus faibles en intensité. Les vents à Lauzon sont entre une fois et une fois et quart plus élevés selon les directions, alors que ceux à l'île d'Orléans sont aussi selon les directions entre une fois et deux fois plus élevés qu'à Québec. Comme attendu, ce sont les vents à la station de l'île d'Orléans qui sont les plus forts, particulièrement lorsque les vents sont du secteur nord-est. Les vents à Lauzon nous apparaissent les plus représentatifs pour la prévision des vagues à Ville-Guay. Un aspect plus poussé de cette analyse pourrait tenir compte du décalage de temps des vents entre les stations selon les directions.

Pour ce qui est des directions, il y a également des différences importantes entre les trois stations météorologiques. Les directions dominantes sont le sud-ouest aux trois stations, suivies par le nord-est. Par contre, c'est suivant le secteur nord-est que les vents sont les plus forts, à l'exception de Québec où c'est suivant le secteur sud-ouest.

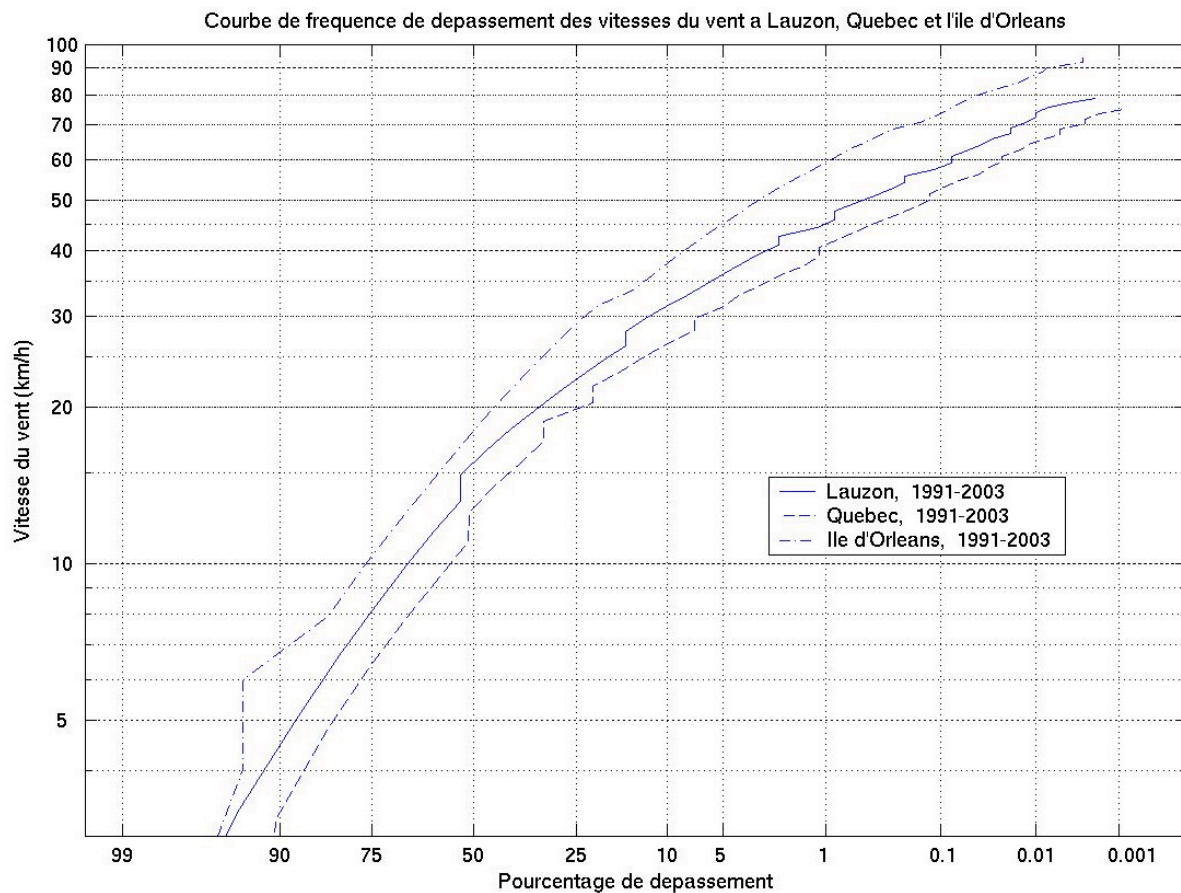


Fig. 1 – Courbes de fréquence de dépassement des vitesses du vent aux trois stations

**Tableau 1 - Fréquence et vitesse moyenne du vent pour 8 et 4 directions
à la station de Lauzon et à l'aéroport de Québec
Période de janvier à décembre de 1991 à 2003**

a) 8 directions

janvier-décembre 1991-2003		Station : Lauzon		Station : Québec	
Direction	Milieu de la classe	Vitesse moyenne (km/h)	Fréquence (%)	Vitesse moyenne (km/h)	Fréquence (%)
N	0	9.7	4.0	9.6	9.8
NE	45	18.0	8.9	10.9	8.9
E	90	21.9	23.8	17.3	19.7
SE	135	5.5	1.5	8.3	1.4
S	180	7.0	3.4	8.5	2.2
SW	225	14.4	20.1	16.4	16.3
W	270	16.7	32.4	17.5	25.4
NW	315	15.1	4.0	15.0	7.4

b) 4 quadrants

janvier-décembre 1991-2003		Station : Lauzon		Station : Québec	
Quadrant		Vitesse moyenne (km/h)	Fréquence (%)	Vitesse moyenne (km/h)	Fréquence (%)
NNE,NE,ENE,E		20.9	32.4	14.8	30.3
ESE,SE,SSE,S		7.0	5.0	8.5	3.5
SSW,SW,WSW,W		15.6	51.7	17.0	40.2
WNW,NW,NNW,N		13.9	8.9	13.0	17.2

Lauzon : 702MKNL
(n = 113952 valeurs)
(dont 14504 valeurs manquantes)
(et 2016 vents calmes)

Québec : 7016294
(n = 113952 valeurs)
(dont 129 valeurs manquantes)
(et 10093 vents calmes)

**Tableau 2a - Distribution des directions observées simultanément à Lauzon et à l'aéroport de Québec
en excluant les données de vents calmes (période de janvier à décembre de 1991 à 2003)**

Station No 2 : Québec									
Station No 1 :	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
Lauzon									
N	2.2	0.7	0.3	0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	3.9
NE	1.8	3.0	4.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	9.4
E	1.3	4.5	16.9	0.8	0.5	0.5	0.4	0.3	25.3
SE	0.3	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	1.3
S	0.4	0.2	0.1	0.1	0.5	0.9	0.4	0.1	2.9
SW	0.7	0.3	0.2	0.1	0.7	9.7	7.6	0.6	20.0
W	2.2	0.5	0.2	0.1	0.4	6.1	18.8	4.9	33.3
NW	1.4	0.2	0.1	0.0	0.1	0.2	0.4	1.6	4.0
Total	10.4	9.7	22.0	1.6	2.5	17.6	28.1	8.2	100.0

Nombre total d'observations à chaque station = 113952

Nombre de données manquantes à l'une ou l'autre station = 14613

Nombre d'observations de vent calme à l'une ou l'autre station = 10066

Nombre d'observations utilisables n = 89273

Nombre d'observations de vents exclues = 0

Nombre d'observations utilisées = 89273

Fréquence d'occurrence des directions identiques = 52,9 %

*Tableau 2b - Distribution des directions observées simultanément à Lauzon et à l'aéroport de Québec
en excluant les données où V1 < 10 km/h et V2 < 10 km/h (période de janvier à décembre de 1991 à 2003)*

Station No 2 : Québec									
Station No 1 :	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
Lauzon									
N	1.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.6
NE	0.5	2.4	5.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	8.3
E	0.4	3.6	22.6	0.3	0.1	0.2	0.1	0.1	27.6
SE	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.5	0.1	0.0	0.8
SW	0.1	0.0	0.1	0.0	0.3	11.5	8.9	0.3	21.1
W	0.4	0.0	0.0	0.0	0.1	6.6	24.4	5.5	37.1
NW	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	2.0	3.4
Total	3.6	6.2	28.0	0.5	0.7	18.8	33.9	8.3	100.0

Nombre total d'observations à chaque station = 113952

Nombre de données manquantes à l'une ou l'autre station = 14613

Nombre d'observations de vent calme à l'une ou l'autre station = 10066

Nombre d'observations utilisables n = 89273

Nombre d'observations où V1 < 10 km/h et V2 < 10 km/h = 36718

Nombre d'observations utilisées = 52555

Fréquence d'occurrence des directions identiques = 64,2 %

**Tableau 2c - Distribution des directions observées simultanément à Lauzon et à l'aéroport de Québec
en excluant les données où V1 < 20 km/h et V2 < 20 km/h (période de janvier à décembre de 1991 à 2003)**

Station No 1 :	Station No 2 : Québec		Québec							Total
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW		
Lauzon										
N	1.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.6	
NE	0.5	2.4	5.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	8.3	
E	0.4	3.6	22.6	0.3	0.1	0.2	0.1	0.1	27.6	
SE	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	
S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.5	0.1	0.0	0.8	
SW	0.1	0.0	0.1	0.0	0.3	11.5	8.9	0.3	21.1	
W	0.4	0.0	0.0	0.0	0.1	6.6	24.4	5.5	37.1	
NW	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	2.0	3.4	
Total	3.6	6.2	28.0	0.5	0.7	18.8	33.9	8.3	100.0	

Nombre total d'observations à chaque station = 113952

Nombre de données manquantes à l'une ou l'autre station = 14613

Nombre d'observations de vent calme à l'une ou l'autre station = 10066

Nombre d'observations utilisables n = 89273

Nombre d'observations où V1 < 20 km/h et V2 < 20 km/h = 69201

Nombre d'observations utilisées = 20072

Fréquence d'occurrence des directions identiques = 67,9 %

Tableau 3 - Distribution des vitesses du vent observées simultanément à Lauzon et à l'aéroport de Québec de janvier à décembre de 1991 à 2003

		Station No 2 : Québec						
vitesse (km/h)		0-9	10-19	20-29	30-39	40-50	>50	total
Station No 1 : Lauzon	0-9	26255	5646	615	46	4	0	32566
	10-19	11683	15601	4921	374	8	0	32587
	20-29	2114	8811	8364	2071	113	6	21479
	30-39	378	2396	4010	2531	408	48	9771
	40-49	41	342	805	858	247	51	2344
	>50	2	30	120	217	149	74	592
Total		40473	32826	18835	6097	929	179	99339

Nombre total d'heures sur la période = 113952

Nombre de données manquantes à l'une ou l'autre station = 14613

Nombre d'observations de vent disponibles = 99339

Fréquence d'occurrence des vitesses dans la même classe = 53,4 %

Lauzon : 702MKNL
(14504 données manquantes)
(2016 vents calmes)

Québec : 7016294
(129 données manquantes)
(10093 vents calmes)

Tableau 4a - Statistiques du rapport entre les vitesses observées à Lauzon et à Québec de janvier à décembre de 1991 à 2003 (n = 99339)

**Station No 1: Lauzon
(702MKNL)**

**Station No 2: Québec
(7016294)**

a) En excluant les enregistrements où V1 < 1 km/h et V2 < 1 km/h : 10066

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	30696	3934	46599	8044	89273
\bar{v}_1 (km/h)	21.5	7.5	16.4	14.7	17.6
$s(v_1)/\bar{v}_1$	0.55	0.72	0.51	0.70	0.59
\bar{v}_2 (km/h)	15.1	8.5	16.4	13.5	15.3
$s(v_2)/\bar{v}_2$	0.58	0.62	0.55	0.59	0.58
$\frac{(v_1/v_2)}{(\bar{v}_1/\bar{v}_2)}$	1.59	1.01	1.14	1.18	1.29
$s(v_1/v_2)/(\bar{v}_1/\bar{v}_2)$	0.58	0.70	0.51	0.66	0.60
\bar{v}_1/\bar{v}_2	1.42	0.88	1.00	1.09	1.15

b) En excluant les enregistrements où V1 < 10 km/h et V2 < 10 km/h : 46784

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	18759	496	29681	3619	52555
\bar{v}_1 (km/h)	27.5	17.1	20.7	23.3	23.3
$s(v_1)/\bar{v}_1$	0.37	0.33	0.34	0.34	0.38
\bar{v}_2 (km/h)	20.0	17.2	21.1	19.9	20.6
$s(v_2)/\bar{v}_2$	0.38	0.34	0.36	0.33	0.37
$\frac{(v_1/v_2)}{(\bar{v}_1/\bar{v}_2)}$	1.45	1.06	1.03	1.23	1.19
$s(v_1/v_2)/(\bar{v}_1/\bar{v}_2)$	0.34	0.35	0.30	0.35	0.37
\bar{v}_1/\bar{v}_2	1.38	0.99	0.98	1.17	1.13

c) En excluant les enregistrements où V1 < 20 km/h et V2 < 20 km/h : 79267

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	7614	68	10971	1419	20072
\bar{v}_1 (km/h)	34.6	25.2	27.0	29.0	30.0
$s(v_1)/\bar{v}_1$	0.26	0.18	0.23	0.23	0.27
\bar{v}_2 (km/h)	27.0	24.7	28.1	25.8	27.5
$s(v_2)/\bar{v}_2$	0.24	0.19	0.24	0.20	0.24
$\frac{(v_1/v_2)}{(\bar{v}_1/\bar{v}_2)}$	1.30	1.05	0.99	1.15	1.12
$s(v_1/v_2)/(\bar{v}_1/\bar{v}_2)$	0.24	0.21	0.22	0.24	0.27
\bar{v}_1/\bar{v}_2	1.28	1.02	0.96	1.12	1.09

Tableau 4b - Statistiques du rapport entre les vitesses observées à Québec et à Lauzon de janvier à décembre de 1991 à 2003 (n = 113952)

**Station No 1: Québec
(7016294)**

**Station No 2: Lauzon
(702MKNL)**

a) En excluant les enregistrements où V1 < 1 km/h et V2 < 1 km/h : 10066

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	29792	3500	39340	16641	89273
$\bar{v}_1(\text{km/h})$	15.0	8.6	17.1	13.2	15.3
$s(v_1)/\bar{v}_1$	0.59	0.63	0.53	0.60	0.58
$\bar{v}_2(\text{km/h})$	21.0	11.4	16.9	14.7	17.6
$s(v_2)/\bar{v}_2$	0.59	0.69	0.48	0.63	0.59
$\frac{(\bar{v}_1/\bar{v}_2)}$	0.89	1.03	1.12	1.16	1.05
$s(v_1/v_2)/(\bar{v}_1/\bar{v}_2)$	0.75	0.80	0.65	0.85	0.74
\bar{v}_1/\bar{v}_2	0.71	0.75	1.02	0.90	0.87

b) En excluant les enregistrements où V1 < 10 km/h et V2 < 10 km/h : 46784

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	17914	682	26443	7516	52555
$\bar{v}_1(\text{km/h})$	20.1	16.6	21.3	19.7	20.6
$s(v_1)/\bar{v}_1$	0.38	0.35	0.36	0.33	0.37
$\bar{v}_2(\text{km/h})$	27.9	20.4	20.6	22.2	23.3
$s(v_2)/\bar{v}_2$	0.36	0.39	0.34	0.34	0.38
$\frac{(\bar{v}_1/\bar{v}_2)}$	0.76	0.90	1.07	0.94	0.94
$s(v_1/v_2)/(\bar{v}_1/\bar{v}_2)$	0.32	0.43	0.29	0.35	0.34
\bar{v}_1/\bar{v}_2	0.72	0.82	1.04	0.89	0.89

c) En excluant les enregistrements où V1 < 20 km/h et V2 < 20 km/h : 79267

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	7507	105	9771	2689	20072
$\bar{v}_1(\text{km/h})$	27.0	25.6	28.3	25.9	27.5
$s(v_1)/\bar{v}_1$	0.24	0.17	0.24	0.20	0.24
$\bar{v}_2(\text{km/h})$	34.6	29.9	26.9	28.5	30.0
$s(v_2)/\bar{v}_2$	0.26	0.23	0.23	0.23	0.27
$\frac{(\bar{v}_1/\bar{v}_2)}$	0.81	0.91	1.07	0.94	0.96
$s(v_1/v_2)/(\bar{v}_1/\bar{v}_2)$	0.24	0.32	0.21	0.23	0.25
\bar{v}_1/\bar{v}_2	0.78	0.86	1.06	0.91	0.92

**Tableau 5a - Statistiques de l'angle entre les directions observées à Lauzon
et à Québec de janvier à décembre de 1991 à 2003 (n = 99339)**

**Station No 1: Lauzon
(702MKNL)**

**Station No 2: Québec
(7016294)**

a) En excluant les enregistrements où V1 < 1 km/h et V2 < 1 km/h : 10066

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	30696	3934	46599	8044	89273
$\bar{\theta}_1$	73	144	250	321	257
$\bar{\theta}_2$	67	70	259	334	297
$\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2$	6	74	-9	-13	-40
$(\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2)$	6	39	-9	-13	-3
$s_o(\theta_1 - \theta_2)$	37	90	37	43	41
$S_o(\theta_1 - \theta_2)$	0.193	0.709	0.186	0.242	0.226

b) En excluant les enregistrements où V1 < 10 km/h et V2 < 10 km/h : 46784

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	18759	496	29681	3619	52555
$\bar{\theta}_1$	76	139	251	313	256
$\bar{\theta}_2$	73	131	256	324	275
$\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2$	3	8	-5	-11	-19
$(\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2)$	3	6	-5	-12	-3
$s_o(\theta_1 - \theta_2)$	25	44	21	23	23
$S_o(\theta_1 - \theta_2)$	0.089	0.260	0.065	0.079	0.079

c) En excluant les enregistrements où V1 < 20 km/h et V2 < 20 km/h : 79267

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	7614	68	10971	1419	20072
$\bar{\theta}_1$	75	125	253	309	264
$\bar{\theta}_2$	74	103	258	321	284
$\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2$	0	21	-6	-13	-19
$(\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2)$	0	15	-6	-13	-4
$s_o(\theta_1 - \theta_2)$	18	30	17	21	18
$S_o(\theta_1 - \theta_2)$	0.048	0.130	0.042	0.065	0.048

Tableau 5b - Statistiques de l'angle entre les directions observées à Québec et à Lauzon de janvier à décembre de 1991 à 2003 (n = 99339)

**Station No 1: Québec
(7016294)**

**Station No 2: Lauzon
(702MKNL)**

a) En excluant les enregistrements où V1 < 1 km/h et V2 < 1 km/h : 10066

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	29792	3500	39340	16641	89273
$\bar{\theta}_1$	66	148	248	329	297
$\bar{\theta}_2$	74	122	247	292	257
$\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2$	-8	26	1	36	40
$(\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2)$	-4	14	2	26	3
$s_o(\theta_1 - \theta_2)$	38	71	30	56	41
$S_o(\theta_1 - \theta_2)$	0.200	0.532	0.128	0.379	0.226

b) En excluant les enregistrements où V1 < 10 km/h et V2 < 10 km/h : 46784

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	17914	682	26443	7516	52555
$\bar{\theta}_1$	73	137	250	317	275
$\bar{\theta}_2$	76	110	249	292	256
$\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2$	-3	27	1	25	19
$(\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2)$	-3	19	1	22	3
$s_o(\theta_1 - \theta_2)$	19	39	20	32	23
$S_o(\theta_1 - \theta_2)$	0.052	0.204	0.058	0.146	0.079

c) En excluant les enregistrements où V1 < 20 km/h et V2 < 20 km/h : 79267

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	7507	105	9771	2689	20072
$\bar{\theta}_1$	74	121	253	313	284
$\bar{\theta}_2$	75	94	251	290	264
$\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2$	0	27	2	23	19
$(\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2)$	0	26	2	22	4
$s_o(\theta_1 - \theta_2)$	15	25	16	22	18
$S_o(\theta_1 - \theta_2)$	0.035	0.091	0.036	0.072	0.048

**Tableau 6 - Fréquence et vitesse moyenne du vent pour 8 et 4 directions
aux stations de Lauzon et de l'île d'Orléans
Période de janvier à décembre de 1991 à 2003**

a) 8 directions

janvier-décembre 1991-2003		Station : Lauzon		Station : île d'Orléans	
Direction	Milieu de la classe	Vitesse moyenne (km/h)	Fréquence (%)	Vitesse moyenne (km/h)	Fréquence (%)
N	0	9.7	4.0	12.6	6.6
NE	45	18.0	8.9	30.8	26.8
E	90	21.9	23.8	13.5	2.6
SE	135	5.5	1.5	7.9	0.8
S	180	7.0	3.4	16.4	4.6
SW	225	14.4	20.1	21.3	34.9
W	270	16.7	32.4	13.5	16.7
NW	315	15.1	4.0	10.7	6.2

b) 4 quadrants

janvier-décembre 1991-2003		Station : Lauzon		Station : île d'Orléans	
Quadrant		Vitesse moyenne (km/h)	Fréquence (%)	Vitesse moyenne (km/h)	Fréquence (%)
NNE,NE,ENE,E		20.9	32.4	28.9	30.2
ESE,SE,SSE,S		7.0	5.0	13.5	4.2
SSW,SW,WSW,W		15.6	51.7	19.0	51.6
WNW,NW,NNW,N		13.9	8.9	11.3	13.2

Lauzon : 702MKNL
(n = 113952 valeurs)
(dont 14504 valeurs manquantes)
(et 2016 vents calmes)

Île d'Orléans : 70132G9
(n = 113952 valeurs)
(dont 8407 valeurs manquantes)
(et 850 vents calmes)

**Tableau 7a - Distribution des directions observées simultanément à Lauzon et à l'île d'Orléans
en excluant les données de vents calmes (période de janvier à décembre de 1991 à 2003)**

Station No 2 : Île d'Orléans									
Station No 1 :	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
Lauzon									
N	1.1	0.6	0.2	0.1	0.2	0.3	0.6	0.9	4.0
NE	1.3	5.7	0.3	0.1	0.1	0.3	0.5	0.8	9.1
E	1.6	18.9	1.2	0.2	0.4	0.7	0.7	0.5	24.3
SE	0.2	0.3	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.1	1.4
S	0.1	0.2	0.1	0.0	0.3	1.6	0.8	0.2	3.4
SW	0.3	0.6	0.2	0.1	1.6	14.4	2.9	0.3	20.5
W	1.1	0.8	0.3	0.2	1.6	16.7	10.3	2.3	33.3
NW	1.0	0.3	0.1	0.1	0.2	0.5	0.8	1.1	4.0
Total	6.7	27.6	2.6	0.8	4.6	34.8	16.8	6.1	100.0

Nombre total d'observations à chaque station = 113952

Nombre de données manquantes à l'une ou l'autre station = 21576

Nombre d'observations de vent calme à l'une ou l'autre station = 2514

Nombre d'observations utilisables n = 89862

Nombre d'observations de vents exclues = 0

Nombre d'observations utilisées = 89862

Fréquence d'occurrence des directions identiques = 34,2 %

**Tableau 7b - Distribution des directions observées simultanément à Lauzon et à l'île d'Orléans
en excluant les données où $V1 < 10$ km/h et $V2 < 10$ km/h (période de janvier à décembre de 1991 à 2003)**

Station No 2 : Île d'Orléans									
Station No 1 :	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
Lauzon									
N	0.9	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.7
NE	0.7	8.0	0.3	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	9.4
E	1.0	27.5	1.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	29.9
SE	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
S	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.6	0.1	0.0	0.9
SW	0.1	0.5	0.1	0.0	1.6	16.3	1.7	0.1	20.4
W	0.8	0.5	0.1	0.1	1.1	19.7	10.6	1.8	34.6
NW	1.1	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1	0.4	1.0	2.9
Total	4.6	37.3	1.7	0.2	3.0	36.7	13.0	3.4	100.0

Nombre total d'observations à chaque station = 113952

Nombre de données manquantes à l'une ou l'autre station = 21576

Nombre d'observations de vent calme à l'une ou l'autre station = 2514

Nombre d'observations utilisables n = 89862

Nombre d'observations où $V1 < 10$ km/h et $V2 < 10$ km/h = 34904

Nombre d'observations utilisées = 54958

Fréquence d'occurrence des directions identiques = 38,0 %

**Tableau 7c - Distribution des directions observées simultanément à Lauzon et à l'île d'Orléans
en excluant les données où V1 < 20 km/h et V2 < 20 km/h (période de janvier à décembre de 1991 à 2003)**

Station No 2 : Île d'Orléans									
Station No 1 :	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
Lauzon									
N	0.4	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
NE	0.3	10.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	11.1
E	0.5	43.8	1.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	45.7
SE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1
SW	0.0	0.2	0.1	0.0	0.7	13.4	0.8	0.0	15.2
W	0.2	0.1	0.0	0.0	0.4	17.3	7.2	0.6	25.8
NW	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	1.3
Total	1.9	55.1	1.2	0.0	1.1	30.9	8.6	1.1	100.0

Nombre total d'observations à chaque station = 113952

Nombre de données manquantes à l'une ou l'autre station = 21576

Nombre d'observations de vent calme à l'une ou l'autre station = 2514

Nombre d'observations utilisables n = 89862

Nombre d'observations où V1 < 20 km/h et V2 < 20 km/h = 64929

Nombre d'observations utilisées = 24933

Fréquence d'occurrence des directions identiques = 33,0 %

**Tableau 8 - Distribution des vitesses du vent observées simultanément
à Lauzon et à l'île d'Orléans de janvier à décembre de 1991 à 2003**

		Station No 2 : Île d'Orléans						
vitesse (km/h)		0-9	10-19	20-29	30-39	40-50	>50	total
Station No 1 : Lauzon	0-9	14262	11744	3345	670	76	22	30119
	10-19	5907	11297	8607	3955	437	67	30270
	20-29	1231	4734	6260	6069	1477	276	20047
	30-39	149	853	1471	3074	2502	1095	9144
	40-49	12	69	125	264	587	1169	2226
	>50	0	6	10	22	57	475	570
Total		21561	28703	19818	14054	5136	3104	92376

Nombre total d'heures sur la période = 113952

Nombre de données manquantes à l'une ou l'autre station = 21576

Nombre d'observations de vent disponibles = 92376

Fréquence d'occurrence des vitesses dans la même classe = 38,9 %

Lauzon : 702MKNL
(14504 données manquantes)
(2016 vents calmes)

Île d'Orléans : 70132G9
(8407 données manquantes)
(850 vents calmes)

**Tableau 9a - Statistiques du rapport entre les vitesses observées à Lauzon
et à l'île d'Orléans de janvier à décembre de 1991 à 2003 (n = 92376)**

**Station No 1: Lauzon
(702MKNL)**

**Station No 2: Île d'Orléans
(70132G9)**

a) En excluant les enregistrements où V1 < 1 km/h et V2 < 1 km/h : 2514

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	29676	4517	47532	8137	89862
$\bar{v}_1(\text{km/h})$	21.1	7.1	15.6	14.0	16.9
$s(v_1)/\bar{v}_1$	0.57	0.73	0.54	0.73	0.62
$\bar{v}_2(\text{km/h})$	26.9	12.6	19.4	13.4	21.0
$s(v_2)/\bar{v}_2$	0.60	0.69	0.51	0.55	0.62
$\frac{(v_1/v_2)}{(\bar{v}_1/\bar{v}_2)}$	0.98	0.77	0.97	1.24	0.99
$s(v_1/v_2)/(\bar{v}_1/\bar{v}_2)$	0.80	0.97	0.81	0.93	0.84
\bar{v}_1/\bar{v}_2	0.79	0.56	0.81	1.05	0.80

b) En excluant les enregistrements où V1 < 10 km/h et V2 < 10 km/h : 37418

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	21397	699	29514	3348	54958
$\bar{v}_1(\text{km/h})$	26.1	16.3	20.0	22.6	22.5
$s(v_1)/\bar{v}_1$	0.39	0.33	0.35	0.36	0.40
$\bar{v}_2(\text{km/h})$	33.6	23.6	23.8	17.9	27.3
$s(v_2)/\bar{v}_2$	0.40	0.39	0.37	0.35	0.44
$\frac{(v_1/v_2)}{(\bar{v}_1/\bar{v}_2)}$	0.83	0.76	0.92	1.36	0.91
$s(v_1/v_2)/(\bar{v}_1/\bar{v}_2)$	0.33	0.39	0.42	0.40	0.42
\bar{v}_1/\bar{v}_2	0.78	0.69	0.84	1.26	0.82

c) En excluant les enregistrements où V1 < 20 km/h et V2 < 20 km/h : 67443

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	14055	128	10047	703	24933
$\bar{v}_1(\text{km/h})$	31.2	24.8	26.7	29.2	29.3
$s(v_1)/\bar{v}_1$	0.28	0.18	0.23	0.25	0.27
$\bar{v}_2(\text{km/h})$	39.7	33.4	30.4	25.4	35.5
$s(v_2)/\bar{v}_2$	0.29	0.26	0.25	0.23	0.31
$\frac{(v_1/v_2)}{(\bar{v}_1/\bar{v}_2)}$	0.81	0.78	0.92	1.19	0.86
$s(v_1/v_2)/(\bar{v}_1/\bar{v}_2)$	0.22	0.25	0.29	0.28	0.27
\bar{v}_1/\bar{v}_2	0.79	0.74	0.88	1.15	0.82

Tableau 9b - Statistiques du rapport entre les vitesses observées à l'île d'Orléans et à Lauzon de janvier à décembre de 1991 à 2003 (n = 92376)

Station No 1: Île d'Orléans
(70132G9)

Station No 2: Lauzon
(702MKNL)

a) En excluant les enregistrements où V1 < 1 km/h et V2 < 1 km/h : 2514

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	27978	3717	46356	11811	89862
\bar{v}_1 (km/h)	29.1	13.4	19.1	11.4	21.0
$s(v_1)/\bar{v}_1$	0.52	0.70	0.52	0.54	0.62
\bar{v}_2 (km/h)	22.1	10.8	15.1	13.5	16.9
$s(v_2)/\bar{v}_2$	0.53	0.63	0.59	0.64	0.62
$\frac{(v_1/v_2)}{(\bar{v}_1/\bar{v}_2)}$	1.55	1.58	1.64	1.18	1.55
$s(v_1/v_2)/(\bar{v}_1/\bar{v}_2)$	0.82	0.83	0.78	0.92	0.81
\bar{v}_1/\bar{v}_2	1.31	1.24	1.27	0.85	1.24

b) En excluant les enregistrements où V1 < 10 km/h et V2 < 10 km/h : 37418

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	21872	1163	27489	4434	54958
\bar{v}_1 (km/h)	33.5	22.6	24.2	16.6	27.3
$s(v_1)/\bar{v}_1$	0.40	0.37	0.36	0.33	0.44
\bar{v}_2 (km/h)	25.9	17.0	20.3	20.9	22.5
$s(v_2)/\bar{v}_2$	0.39	0.33	0.36	0.36	0.40
$\frac{(v_1/v_2)}{(\bar{v}_1/\bar{v}_2)}$	1.35	1.42	1.28	0.87	1.28
$s(v_1/v_2)/(\bar{v}_1/\bar{v}_2)$	0.33	0.40	0.40	0.39	0.38
\bar{v}_1/\bar{v}_2	1.29	1.33	1.19	0.79	1.21

c) En excluant les enregistrements où V1 < 20 km/h et V2 < 20 km/h : 67443

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	14143	185	9887	718	24933
\bar{v}_1 (km/h)	39.6	31.1	30.5	24.9	35.5
$s(v_1)/\bar{v}_1$	0.29	0.24	0.25	0.23	0.31
\bar{v}_2 (km/h)	31.1	24.1	26.8	29.0	29.3
$s(v_2)/\bar{v}_2$	0.28	0.22	0.24	0.24	0.27
$\frac{(v_1/v_2)}{(\bar{v}_1/\bar{v}_2)}$	1.30	1.32	1.17	0.90	1.24
$s(v_1/v_2)/(\bar{v}_1/\bar{v}_2)$	0.23	0.26	0.27	0.30	0.26
\bar{v}_1/\bar{v}_2	1.27	1.29	1.14	0.86	1.21

**Tableau 10a - Statistiques de l'angle entre les directions observées à Lauzon
et à l'île d'Orléans de janvier à décembre de 1991 à 2003 (n = 92376)**

**Station No 1: Lauzon
(702MKNL)**

**Station No 2: Île d'Orléans
(70132G9)**

a) En excluant les enregistrements où V1 < 1 km/h et V2 < 1 km/h : 2514

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	29676	4517	47532	8137	89862
$\bar{\theta}_1$	73	146	249	321	254
$\bar{\theta}_2$	42	275	239	312	271
$\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2$	31	-129	10	9	-17
$(\overline{\theta_1 - \theta_2})$	33	-51	9	7	17
$s_o(\theta_1 - \theta_2)$	41	113	39	66	47
$S_o(\theta_1 - \theta_2)$	0.228	0.859	0.203	0.490	0.289

b) En excluant les enregistrements où V1 < 10 km/h et V2 < 10 km/h : 37418

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	21397	699	29514	3348	54958
$\bar{\theta}_1$	75	136	251	315	255
$\bar{\theta}_2$	47	66	237	329	286
$\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2$	28	70	14	-14	-31
$(\overline{\theta_1 - \theta_2})$	29	34	13	-13	18
$s_o(\theta_1 - \theta_2)$	22	60	30	46	31
$S_o(\theta_1 - \theta_2)$	0.072	0.422	0.126	0.273	0.132

c) En excluant les enregistrements où V1 < 20 km/h et V2 < 20 km/h : 67443

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	14055	128	10047	703	24933
$\bar{\theta}_1$	77	119	251	317	85
$\bar{\theta}_2$	48	58	235	335	29
$\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2$	29	61	16	-18	56
$(\overline{\theta_1 - \theta_2})$	29	51	15	-16	22
$s_o(\theta_1 - \theta_2)$	18	32	20	39	22
$S_o(\theta_1 - \theta_2)$	0.047	0.147	0.061	0.204	0.069

Tableau 10b - Statistiques de l'angle entre les directions observées à l'île d'Orléans et à Lauzon de janvier à décembre de 1991 à 2003 (n = 92376)

**Station No 1: Île d'Orléans
(70132G9)**

**Station No 2: Lauzon
(702MKNL)**

a) En excluant les enregistrements où V1 < 1 km/h et V2 < 1 km/h : 2514

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	27978	3717	46356	11811	89862
$\bar{\theta}_1$	49	170	238	329	271
$\bar{\theta}_2$	76	248	249	325	254
$\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2$	-27	-78	-11	5	17
$(\overline{\theta_1 - \theta_2})$	-27	-64	-12	0	-17
$s_o(\theta_1 - \theta_2)$	42	79	39	71	47
$S_o(\theta_1 - \theta_2)$	0.238	0.616	0.203	0.541	0.289

b) En excluant les enregistrements où V1 < 10 km/h et V2 < 10 km/h : 37418

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	21872	1163	27489	4434	54958
$\bar{\theta}_1$	49	178	236	332	286
$\bar{\theta}_2$	76	240	251	311	255
$\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2$	-27	-63	-15	21	31
$(\overline{\theta_1 - \theta_2})$	-27	-58	-15	14	-18
$s_o(\theta_1 - \theta_2)$	31	44	21	47	31
$S_o(\theta_1 - \theta_2)$	0.133	0.253	0.067	0.286	0.132

c) En excluant les enregistrements où V1 < 20 km/h et V2 < 20 km/h : 67443

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	14143	185	9887	718	24933
$\bar{\theta}_1$	49	178	236	334	29
$\bar{\theta}_2$	77	235	251	315	85
$\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2$	-28	-57	-16	19	-56
$(\overline{\theta_1 - \theta_2})$	-28	-54	-16	13	-22
$s_o(\theta_1 - \theta_2)$	19	43	19	41	22
$S_o(\theta_1 - \theta_2)$	0.053	0.243	0.053	0.222	0.069

**Tableau 11 - Fréquence et vitesse moyenne du vent pour 8 et 4 directions
à la station de l'île d'Orléans et à l'aéroport de Québec
Période de janvier à décembre de 1991 à 2003**

a) 8 directions

janvier-décembre 1991-2003		Station : Île d'Orléans		Station : Québec	
Direction	Milieu de la classe	Vitesse moyenne (km/h)	Fréquence (%)	Vitesse moyenne (km/h)	Fréquence (%)
N	0	12.6	6.6	9.6	9.8
NE	45	30.8	26.8	10.9	8.9
E	90	13.5	2.6	17.3	19.7
SE	135	7.9	0.8	8.3	1.4
S	180	16.4	4.6	8.5	2.2
SW	225	21.3	34.9	16.4	16.3
W	270	13.5	16.7	17.5	25.4
NW	315	10.7	6.2	15.0	7.4

b) 4 quadrants

janvier-décembre 1991-2003		Station : Île d'Orléans		Station : Québec	
Quadrant		Vitesse moyenne (km/h)	Fréquence (%)	Vitesse moyenne (km/h)	Fréquence (%)
NNE,NE,ENE,E		28.9	30.2	14.8	30.3
ESE,SE,SSE,S		13.5	4.2	8.5	3.5
SSW,SW,WSW,W		19.0	51.6	17.0	40.2
WNW,NW,NNW,N		11.3	13.2	13.0	17.2

Île d'Orléans : 70132G9
(n = 113952 valeurs)
(dont 8407 valeurs manquantes)
(et 850 vents calmes)

Québec : 7016294
(n = 113952 valeurs)
(dont 129 valeurs manquantes)
(et 10093 vents calmes)

*Tableau 12a - Distribution des directions observées simultanément à l'île d'Orléans et à Québec
en excluant les données de vents calmes (période de janvier à décembre de 1991 à 2003)*

Station No 2 : Québec									
Station No 1 :	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
Île d'Orléans									
N	2.3	1.1	1.1	0.1	0.1	0.2	0.6	1.3	6.8
NE	1.7	5.0	18.1	0.7	0.5	1.0	0.9	0.7	28.5
E	0.5	0.4	0.8	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	2.6
SE	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.8
S	0.3	0.2	0.2	0.2	0.4	1.7	1.2	0.4	4.6
SW	1.7	0.9	0.5	0.3	1.0	12.3	16.3	1.2	34.1
W	2.1	1.1	0.5	0.1	0.2	2.1	7.7	2.4	16.3
NW	2.0	0.8	0.4	0.1	0.1	0.2	1.0	1.8	6.3
Total	10.7	9.7	21.7	1.5	2.4	17.9	28.0	8.1	100.0

Nombre total d'observations à chaque station = 113952

Nombre de données manquantes à l'une ou l'autre station = 8497

Nombre d'observations de vent calme à l'une ou l'autre station = 10028

Nombre d'observations utilisables n = 95427

Nombre d'observations de vents exclues = 0

Nombre d'observations utilisées = 95427

Fréquence d'occurrence des directions identiques = 30,4 %

**Tableau 12b - Distribution des directions observées simultanément à l'île d'Orléans et à Québec
en excluant les données où V1 < 10 km/h et V2 < 10 km/h (période de janvier à décembre de 1991 à 2003)**

		Station No 2 : Québec								
Station No 1 :		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
Île d'Orléans										
N		1.9	0.3	0.8	0.0	0.0	0.1	0.3	1.2	4.6
NE		1.0	5.1	25.8	0.3	0.1	0.7	0.6	0.6	34.3
E		0.3	0.2	0.6	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	1.5
SE		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
S		0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	1.8	1.1	0.3	3.5
SW		0.2	0.0	0.1	0.0	0.4	16.0	21.9	0.7	39.2
W		0.2	0.1	0.2	0.0	0.0	1.8	8.7	2.3	13.3
NW		0.7	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.7	1.7	3.4
Total		4.3	5.8	27.6	0.5	0.8	20.6	33.4	6.9	100.0

Nombre total d'observations à chaque station = 113952

Nombre de données manquantes à l'une ou l'autre station = 8497

Nombre d'observations de vent calme à l'une ou l'autre station = 10028

Nombre d'observations utilisables n = 95427

Nombre d'observations où V1 < 10 km/h et V2 < 10 km/h = 40015

Nombre d'observations utilisées = 55412

Fréquence d'occurrence des directions identiques = 34,2 %

**Tableau 12c - Distribution des directions observées simultanément à l'île d'Orléans et à Québec
en excluant les données où V1 < 20 km/h et V2 < 20 km/h (période de janvier à décembre de 1991 à 2003)**

Station No 2 : Québec									
Station No 1 :	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
Île d'Orléans									
N	1.0	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	2.0
NE	0.5	4.6	32.1	0.2	0.0	0.2	0.2	0.2	38.0
E	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
SE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.3	0.8	0.1	2.4
SW	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	18.1	26.8	0.4	45.4
W	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	1.1	7.8	1.2	10.4
NW	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3	0.7	1.2
Total	1.8	4.8	33.2	0.2	0.3	20.8	35.9	3.1	100.0

Nombre total d'observations à chaque station = 113952

Nombre de données manquantes à l'une ou l'autre station = 8497

Nombre d'observations de vent calme à l'une ou l'autre station = 10028

Nombre d'observations utilisables n = 95427

Nombre d'observations où V1 < 20 km/h et V2 < 20 km/h = 73809

Nombre d'observations utilisées = 21618

Fréquence d'occurrence des directions identiques = 32,7 %

**Tableau 13 - Distribution des vitesses du vent observées simultanément
à l'île d'Orléans et à Québec de janvier à décembre de 1991 à 2003**

		Station No 2 : Québec						
vitesse (km/h)		0-9	10-19	20-29	30-39	40-50	>50	total
Station No 1 :	0-9	17792	5570	1159	112	12	1	24646
Île d'Orléans	10-19	16538	11685	4040	527	33	1	32824
	20-29	6037	9458	5717	1324	78	7	22621
	30-39	2256	5868	5458	2140	267	27	16016
	40-49	398	1594	2257	1279	252	45	5825
	>50	168	588	1189	1114	347	117	3523
Total		43189	34763	19820	6496	989	198	105455

Nombre total d'heures sur la période = 113952

Nombre de données manquantes à l'une ou l'autre station = 8497

Nombre d'observations de vent disponibles = 105455

Fréquence d'occurrence des vitesses dans la même classe = 35,8 %

Île d'Orléans : 70132G9
(8407 données manquantes)
(850 vents calmes)

Québec : 7016294
(129 données manquantes)
(10093 vents calmes)

Tableau 14a - Statistiques du rapport entre les vitesses observées à l'île d'Orléans et à Québec de janvier à décembre de 1991 à 2003 (n = 105455)

**Station No 1: Île d'Orléans
(70132G9)**

**Station No 2: Québec
(7016294)**

a) En excluant les enregistrements où V1 < 1 km/h et V2 < 1 km/h : 10028

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	30526	3888	48080	12933	95427
$\bar{v}_1(\text{km/h})$	29.4	14.1	19.9	11.5	21.5
$s(v_1)/\bar{v}_1$	0.52	0.69	0.51	0.54	0.61
$\bar{v}_2(\text{km/h})$	15.9	12.5	15.9	12.2	15.2
$s(v_2)/\bar{v}_2$	0.55	0.58	0.59	0.59	0.58
$\frac{(v_1/v_2)}{(\bar{v}_1/\bar{v}_2)}$	2.19	1.37	1.55	1.15	1.69
$s(v_1/v_2)/(\bar{v}_1/\bar{v}_2)$	0.69	0.78	0.68	0.67	0.74
\bar{v}_1/\bar{v}_2	1.85	1.13	1.25	0.94	1.41

b) En excluant les enregistrements où V1 < 10 km/h et V2 < 10 km/h : 50043

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	20206	1417	29285	4504	55412
$\bar{v}_1(\text{km/h})$	35.0	22.5	24.7	16.9	27.8
$s(v_1)/\bar{v}_1$	0.39	0.38	0.36	0.32	0.44
$\bar{v}_2(\text{km/h})$	20.0	18.3	21.2	18.9	20.5
$s(v_2)/\bar{v}_2$	0.38	0.33	0.37	0.35	0.37
$\frac{(v_1/v_2)}{(\bar{v}_1/\bar{v}_2)}$	1.85	1.31	1.25	0.96	1.45
$s(v_1/v_2)/(\bar{v}_1/\bar{v}_2)$	0.39	0.42	0.38	0.37	0.45
\bar{v}_1/\bar{v}_2	1.75	1.23	1.17	0.89	1.36

c) En excluant les enregistrements où V1 < 20 km/h et V2 < 20 km/h : 83837

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	8390	336	12196	696	21618
$\bar{v}_1(\text{km/h})$	43.6	30.3	30.6	24.9	35.5
$s(v_1)/\bar{v}_1$	0.27	0.23	0.25	0.23	0.32
$\bar{v}_2(\text{km/h})$	26.8	25.0	27.6	26.8	27.2
$s(v_2)/\bar{v}_2$	0.24	0.21	0.24	0.20	0.24
$\frac{(v_1/v_2)}{(\bar{v}_1/\bar{v}_2)}$	1.66	1.24	1.15	0.95	1.34
$s(v_1/v_2)/(\bar{v}_1/\bar{v}_2)$	0.25	0.25	0.26	0.26	0.32
\bar{v}_1/\bar{v}_2	1.62	1.21	1.11	0.93	1.30

Tableau 14b - Statistiques du rapport entre les vitesses observées à Québec et à l'île d'Orléans de janvier à décembre de 1991 à 2003 (n = 105455)

**Station No 1: Québec
(7016294)**

**Station No 2: Île d'Orléans
(70132G9)**

a) En excluant les enregistrements où V1 < 1 km/h et V2 < 1 km/h : 10028

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	31726	3643	42182	17876	95427
$\bar{v}_1(\text{km/h})$	14.9	8.5	17.1	13.0	15.2
$s(v_1)/\bar{v}_1$	0.60	0.63	0.53	0.61	0.58
$\bar{v}_2(\text{km/h})$	26.7	16.3	21.3	14.0	21.5
$s(v_2)/\bar{v}_2$	0.62	0.68	0.47	0.56	0.61
$\frac{(v_1/v_2)}{(\bar{v}_1/\bar{v}_2)}$	0.76	0.78	0.95	1.17	0.92
$s(v_1/v_2)/(\bar{v}_1/\bar{v}_2)$	0.95	1.03	0.87	0.88	0.92
\bar{v}_1/\bar{v}_2	0.56	0.52	0.80	0.93	0.71

b) En excluant les enregistrements où V1 < 10 km/h et V2 < 10 km/h : 50043

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	18545	760	28824	7283	55412
$\bar{v}_1(\text{km/h})$	20.2	16.1	21.0	19.5	20.5
$s(v_1)/\bar{v}_1$	0.38	0.34	0.37	0.34	0.37
$\bar{v}_2(\text{km/h})$	35.9	25.8	24.9	18.4	27.8
$s(v_2)/\bar{v}_2$	0.38	0.43	0.35	0.36	0.44
$\frac{(v_1/v_2)}{(\bar{v}_1/\bar{v}_2)}$	0.61	0.72	0.90	1.14	0.83
$s(v_1/v_2)/(\bar{v}_1/\bar{v}_2)$	0.38	0.46	0.39	0.39	0.45
\bar{v}_1/\bar{v}_2	0.56	0.63	0.84	1.06	0.74

c) En excluant les enregistrements où V1 < 20 km/h et V2 < 20 km/h : 83837

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	8171	129	11921	1397	21618
$\bar{v}_1(\text{km/h})$	27.0	25.1	27.5	26.9	27.2
$s(v_1)/\bar{v}_1$	0.24	0.19	0.25	0.21	0.24
$\bar{v}_2(\text{km/h})$	44.1	34.0	30.8	25.3	35.5
$s(v_2)/\bar{v}_2$	0.26	0.30	0.24	0.23	0.32
$\frac{(v_1/v_2)}{(\bar{v}_1/\bar{v}_2)}$	0.64	0.80	0.92	1.10	0.83
$s(v_1/v_2)/(\bar{v}_1/\bar{v}_2)$	0.25	0.32	0.26	0.25	0.32
\bar{v}_1/\bar{v}_2	0.61	0.74	0.89	1.06	0.77

Tableau 15a - Statistiques de l'angle entre les directions observées à l'île d'Orléans et à Québec de janvier à décembre de 1991 à 2003 (n = 105455)

**Station No 1: Île d'Orléans
(70132G9)**

**Station No 2: Québec
(7016294)**

a) En excluant les enregistrements où V1 < 1 km/h et V2 < 1 km/h : 10028

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	30526	3888	48080	12933	95427
$\bar{\theta}_1$	49	171	238	330	275
$\bar{\theta}_2$	69	252	259	346	297
$\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2$	-20	-81	-21	-16	-22
$(\overline{\theta_1 - \theta_2})$	-21	-67	-23	-16	-22
$s_o(\theta_1 - \theta_2)$	49	84	46	56	50
$S_o(\theta_1 - \theta_2)$	0.309	0.655	0.274	0.381	0.320

b) En excluant les enregistrements où V1 < 10 km/h et V2 < 10 km/h : 50043

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	20206	1417	29285	4504	55412
$\bar{\theta}_1$	49	178	236	332	268
$\bar{\theta}_2$	72	246	253	328	270
$\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2$	-24	-68	-17	4	-1
$(\overline{\theta_1 - \theta_2})$	-24	-62	-18	1	-19
$s_o(\theta_1 - \theta_2)$	36	51	24	39	32
$S_o(\theta_1 - \theta_2)$	0.181	0.329	0.082	0.206	0.145

c) En excluant les enregistrements où V1 < 20 km/h et V2 < 20 km/h : 83837

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	8390	336	12196	696	21618
$\bar{\theta}_1$	48	180	234	333	253
$\bar{\theta}_2$	74	238	252	330	256
$\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2$	-25	-58	-18	4	-4
$(\overline{\theta_1 - \theta_2})$	-25	-55	-18	2	-21
$s_o(\theta_1 - \theta_2)$	21	41	19	33	22
$S_o(\theta_1 - \theta_2)$	0.063	0.228	0.052	0.149	0.068

**Tableau 15b - Statistiques de l'angle entre les directions observées à Québec
et à l'île d'Orléans de janvier à décembre de 1991 à 2003 (n = 105455)**

**Station No 1: Québec
(7016294)**

**Station No 2: Île d'Orléans
(7013269)**

a) En excluant les enregistrements où V1 < 1 km/h et V2 < 1 km/h : 10028

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	31726	3643	42182	17876	95427
$\bar{\theta}_1$	66	148	248	329	297
$\bar{\theta}_2$	38	95	235	300	275
$\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2$	27	53	13	29	22
$(\overline{\theta_1 - \theta_2})$	34	25	14	25	22
$s_o(\theta_1 - \theta_2)$	47	103	39	68	50
$S_o(\theta_1 - \theta_2)$	0.282	0.803	0.209	0.505	0.320

b) En excluant les enregistrements où V1 < 10 km/h et V2 < 10 km/h : 50043

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	18545	760	28824	7283	55412
$\bar{\theta}_1$	73	140	249	320	270
$\bar{\theta}_2$	47	63	234	311	268
$\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2$	26	77	15	9	1
$(\overline{\theta_1 - \theta_2})$	27	52	16	8	19
$s_o(\theta_1 - \theta_2)$	20	60	30	54	32
$S_o(\theta_1 - \theta_2)$	0.059	0.425	0.125	0.359	0.145

c) En excluant les enregistrements où V1 < 20 km/h et V2 < 20 km/h : 83837

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	8171	129	11921	1397	21618
$\bar{\theta}_1$	74	129	250	316	256
$\bar{\theta}_2$	48	69	232	299	253
$\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2$	26	60	17	16	4
$(\overline{\theta_1 - \theta_2})$	26	50	17	13	21
$s_o(\theta_1 - \theta_2)$	15	42	20	44	22
$S_o(\theta_1 - \theta_2)$	0.035	0.239	0.060	0.260	0.068

RÉFÉRENCES

- Ancil, F. et Y. Ouellet, 1991 "*Analyse statistique des vents provenant de neuf stations météorologiques situées autour de l'estuaire du golfe du Saint-Laurent*". Rapport GCS-88-02, Université Laval, 158 p.
- Dupuis, L. et Y. Ouellet, 1992 "*Étude des vents mesurés simultanément à Champlain et à Québec*". Rapport GCN-92-03, Département de génie civil, Université Laval, 31 p.
- Mardia, K. V., 1972. "*Statistics of directional data*", Academic Press, New York, 357 p.
- The MathWorks, 1989. "*MatLab User's Guide2*", South Natick, Massachusetts, 341 p.
- Turcotte, R. et Y. Ouellet, 1993. "*Étude des vents mesurés simultanément aux stations des Iles-de-la-Madeleine*". Rapport GCN-93-05, Département de génie civil, Université Laval, 82 p. plus annexes.
- Vasanji, Z., Gartshore, I.S. "*An analysis of six simultaneous wind records taken near Vancouver*", *Atmosphere-Ocean*, vol. 16, no 2, 1978, p. 145-156.

ANNEXE 1

**Programmes informatiques
utilisés avec le logiciel MatLab
pour le traitement statistique des données de vents**

```

function dir_vit_freq(fich) ;
% fonction dir_vit_freq('fich') ;
% Etablit, pour chaque direction (16, 8 et 4 secteurs), la vitesse moyenne
% du vent ainsi que la fréquence d'occurrence.
% Entrée: une matrice de 4 colonnes:
%     Col. 1: vitesse à la station A (km/h)
%     Col. 2: direction à la station A (dizaine °)
%     Col. 3: vitesse à la station B (km/h)
%     Col. 4: direction à la station B (dizaine °)
%     le nom du fichier où seront enregistrés les résultats
% Sortie: des matrices 16x2, 8x2 et 4x2
%     Col. 1: vitesse moyenne à la station A (km/h)
%     Col. 2: fréquence d'occurrence à la station A (%)
%     Col. 3: vitesse moyenne à la station B (km/h)
%     Col. 4: fréquence d'occurrence à la station B (%)
%     Ces résultats sont enregistrés dans le fichier 'fichier'
%     qui peut être par exemple de la forme 'result_vit_vit_freq'.

% Création du fichier des résultats
fichier = ['res_dir_vit_freq_',fich] ;

% Chargement du fichier de données
eval(['load ' fich])
fich = eval(fich) ;

% Création des fichiers de données pour chaque station
ficha = fich(:,[1 2]) ;
fichb = fich(:,[3 4]) ;
[m,n] = size( fich ) ;

% Élimination des données manquantes
indma = find( isnan(ficha(:,1)) | isnan(ficha(:,2)) ) ;
ficha(indma,:) = [] ;
[pa,qa] = size( ficha ) ;

indmb = find( isnan(fichb(:,1)) | isnan(fichb(:,2)) ) ;
fichb(indmb,:) = [] ;
[pb,qb] = size( fichb ) ;

% Élimination des vents calmes
indca = find( ficha(:,1) < 1 | ficha(:,2) == 0 ) ;
ficha( indca,:) = [] ;

indcb = find( fichb(:,1) < 1 | fichb(:,2) == 0 ) ;
fichb( indcb,:) = [] ;

% Répartition selon 36 secteurs

dventa = ficha(:,2) ;

dventb = fichb(:,2) ;

tab36 = zeros( 4,36 ) ;

for i = 1:36
    inda = find( dventa==i ) ;
    indb = find( dventb==i ) ;

```

```

    if ~isempty(inda)
        tab36( 1,i ) = mean( ficha( inda,1 ) ) ;
        tab36( 2,i ) = length( inda ) /pa*100 ;
    end
    if ~isempty(indb)
        tab36( 3,i ) = mean( fichb( indb,1 ) ) ;
        tab36( 4,i ) = length( indb ) /pb*100 ;
    end
end

% Répartition selon 16 secteurs
dventa = 1 + fix( ficha(:,2) /2.25+0.5) ;
inda = find( dventa == 17 ) ;
dventa( inda ) = ones( size(inda) ) ;

dventb = 1 + fix( fichb(:,2) /2.25+0.5) ;
indb = find( dventb == 17 ) ;
dventb( indb ) = ones( size(indb) ) ;

tab16 = zeros( 4,16 ) ;

for i = 1:16
    inda = [] ;
    inda = find( dventa==i ) ;
    indb = [] ;
    indb = find( dventb==i ) ;
    if ~isempty(inda)
        tab16( 1,i ) = mean( ficha( inda,1 ) ) ;
        tab16( 2,i ) = length( inda ) /pa*100 ;
    end
    if ~isempty(indb)
        tab16( 3,i ) = mean( fichb( indb,1 ) ) ;
        tab16( 4,i ) = length( indb ) /pb*100 ;
    end
end

% Répartition selon 8 secteurs
dventa = [] ;
inda = [] ;
dventa = 1 + fix( ficha(:,2) /4.5+0.5) ;
inda = find( dventa == 9 ) ;
dventa( inda ) = ones( size(inda) ) ;

dventb = [] ;
indb = [] ;
dventb = 1 + fix( fichb(:,2) /4.5+0.5) ;
indb = find( dventb == 9 ) ;
dventb( indb ) = ones( size(indb) ) ;

tab8 = zeros( 4,8 ) ;

for i = 1:8
    inda = [] ;
    inda = find( dventa==i ) ;
    tab8( 1,i ) = mean( ficha( inda,1 ) ) ;
    tab8( 2,i ) = length( inda ) /pa*100 ;
end

```



```

for i = 1:8
    indb = [] ;
    indb = find( dventb==i ) ;
    tab8( 3,i ) = mean( fichb( indb,1 ) ) ;
    tab8( 4,i ) = length( indb ) /pb*100 ;
end

% Répartition selon 4 quadrants
dventa = [] ;
inda = [] ;
dventa = fix( ficha(:,2) /9+0.8 ) ;
inda = find( dventa == 0 ) ;
dventa( inda ) = 4*ones( size(inda) ) ;

dventb = [] ;
indb = [] ;
dventb = fix( fichb(:,2) /9+0.8 ) ;
indb = find( dventb == 0 ) ;
dventb( indb ) = 4*ones( size(indb) ) ;

tab4 = zeros( 4,4 ) ;

for i = 1:4
    inda = [] ;
    inda = find( dventa==i ) ;
    tab4( 1,i ) = mean( ficha( inda,1 ) ) ;
    tab4( 2,i ) = length( inda ) /pa*100 ;
end

for i = 1:4
    indb = [] ;
    indb = find( dventb==i ) ;
    tab4( 3,i ) = mean( fichb( indb,1 ) ) ;
    tab4( 4,i ) = length( indb ) /pb*100 ;
end

% Ouverture du fichier et ecriture des resultats
fid=fopen(fichier,'w');
fprintf( fid, 'Nombre total d'observations = %6.0f \n', m ) ;
fprintf( fid, 'Nombre de données manquantes à la station A = %4.0f \n',
length(indma) ) ;
fprintf( fid, 'Nombre de données manquantes à la station B = %4.0f \n',
length(indmb) ) ;
fprintf( fid, 'Nombre d'observations de vents calmes à la station A =
%4.0f \n', length(indca) ) ;
fprintf( fid, 'Nombre d'observations de vents calmes à la station B =
%4.0f \n', length(indcb) ) ;
fprintf( fid, 'Nombre d'observations à la station A na = %6.0f \n', pa ) ;
fprintf( fid, 'Nombre d'observations à la station B nb = %6.0f \n\n', pb )
;
fprintf( fid, 'RÉPARTITION SELON 36 SECTEURS \n\n' ) ;
fprintf( fid, '%10.1f\t %10.1f\t %10.1f\t %10.1f \n', tab36 ) ;
fprintf( fid, '\n\nRÉPARTITION SELON 16 SECTEURS \n\n' ) ;
fprintf( fid, '%10.1f\t %10.1f\t %10.1f\t %10.1f \n', tab16 ) ;
fprintf( fid, '\n\nRÉPARTITION SELON 8 SECTEURS \n\n' ) ;
fprintf( fid, '%10.1f\t %10.1f\t %10.1f\t %10.1f \n', tab8 ) ;

```

```
fprintf( fid, '\n\nRÉPARTITION SELON 4 QUADRANTS \n\n' ) ;  
fprintf( fid, '%10.1f\t %10.1f\t %10.1f\t %10.1f \n', tab4 ) ;  
  
fclose(fid);
```

```

function distr_jtes_dir(fich) ;
% fonction distr_jtes_direct('fich') ;
% Répartit les données de vent de deux stations selon 8 directions,
% en excluant les données manquantes (NaN)
% et en excluant les vents calmes (v < 1 km/h).
% Entrée: une matrice (fich contenu dans fich) de 4 colonnes :
%     Col. 1: vitesse à la station A (km/h)
%     Col. 2: direction à la station A en dizaine de degrés
%     Col. 3: vitesse à la station B (km/h)
%     Col. 4: direction à la station B en dizaine de degrés
% Sortie: une matrice (9 x 9). Les éléments d'indices (i,j) de la
%     sous-matrice (8 x 8) contiennent le nombre d'observations
%     en pourcentage où le vent soufflait dans la direction i
%     à la station A et dans la direction j à la station B.
%     La 9e ligne et la 9e colonne contiennent les sommes
%     des lignes et des colonnes (valeurs en pourcentage).
%     Les résultats sont enregistrés dans le fichier 'fichier',
%     qui est sous la forme 'res_distr_jtes_dir_station'.
%     Ne pas oublier de changer les noms des deux endroits.

% Création du fichier des résultats
fichier = ['res_distr_jtes_dir_',fich] ;

% Chargement du fichier de données
eval(['load ' fich])
fich = eval(fich) ;

tabsite='STATION1';
% tabsite='ILE ROUGE';
% tabsite='RIVDULOUP';
% tabsite='MONT-JOLI';
tabdir=' N NE  E SE  S SW  W NW TOT ' ;

% Ouverture du fichier et ecriture des resultats
fid=fopen(fichier,'w');

fprintf(fid,'_____
__\n');
fprintf(fid,'TABLEAU DES DISTRIBUTIONS DES DIRECTIONS OBSERVÉES
SIMULTANÉMENT\n\n');

[m,n] = size( fich ) ;
fprintf(fid, 'Nombre total d'observations = %7.0f \n', m ) ;

% Détermination du nombre de données manquantes à l'une ou l'autre des
stations
indm = find( isnan(fich(:,1)) | isnan(fich(:,2)) | isnan(fich(:,3)) |
isnan(fich(:,4)) ) ;
fprintf( fid, 'Nombre de données manquantes à l''une ou l''autre station =
%6.0f \n', length(indm) ) ;
fich(indm,:) = [] ;

fich1 = fich ;

% Détermination du nombre de vents calmes à l'une ou l'autre des stations
indc = find( fich1(:,1) < 1 | fich1(:,3) < 1);

```

```

fprintf( fid, 'Nombre d''observations de vents calmes à l''une ou l''autre
station = %4.0f \n', length(indc) ) ;
fich1(indc,:) = [] ;
fprintf( fid, 'Nombre d''observations de vent utilisables = %6.0f \n',
length(fich1) ) ;
[m,n] = size( fich1 ) ;

% Élimination des vents calmes ou des vents inférieurs
% à 20 km/h et à 40 km/h à l'une ou à l'autre des stations

for k=1:3,

fich2 = fich1 ;

    if k==1,
        ind = find( fich2(:,1) < 1 | fich2(:,3) < 1 ) ;
    end
    if k==2,
        ind = find( fich2(:,1) < 10 | fich2(:,3) < 10 ) ;
    end
    if k==3,
        ind = find( fich2(:,1) < 20 | fich2(:,3) < 20 ) ;
    end
    fich2( ind,: ) = [] ;
    [p,q] = size( fich2 ) ;
    o=m-p;

    tab = zeros(9,9) ;
    dirA = 1 + fix( fich2( :,2 ) /4.5+0.5 ) ;
    dirB = 1 + fix( fich2( :,4 ) /4.5+0.5 ) ;
    indA = find( dirA == 9 ) ;
    indB = find( dirB == 9 ) ;
    dirA( indA ) = ones(size(indA)) ;
    dirB( indB ) = ones(size(indB)) ;
    fich2( :,[2 4] ) = [dirA dirB];

    for i = 1:p
        tab( fich2(i,2),fich2(i,4) ) = tab( fich2(i,2),fich2(i,4) ) + 1 ;
    end

    tab( 9,1:8 ) = sum( tab( 1:8,1:8 ) ) ;
    tab( 1:9,9 ) = sum( tab(1:9,1:8)' )' ;
    tab = tab*100/p ;
    dir_ident = sum( diag( tab( 1:8,1:8 ) ) ) ;
    dir_ident_2 = sum( diag( tab( 1:8,1:8 ) ) ) + sum( diag( tab( 1:8,1:8 ),1 )
) + sum( diag( tab( 1:8,1:8 ),-1 ) );

    if k==1,
        fprintf(fid,'\nEn n''excluant pas de valeurs \n\n') ;
    end
    if k==2,
        fprintf(fid,'\nEn excluant les valeurs de V1<10 km/h et de V2<10 km/h
\n\n') ;
    end
    if k==3,
        fprintf(fid,'\nEn excluant les valeurs de V1<20 km/h et de V2<20 km/h
\n\n') ;
    end

```

```

end
fprintf(fid, 'Nombre d''observations exclues = %6.0f \n', o ) ;
fprintf(fid, 'Nombre d''observations utilisées = %5.0f \n\n', p ) ;
fprintf(fid, 'Répartition des données selon leur direction \n\n' ) ;
fprintf( fid, '
                S T A T I O N 2 \n\n' ) ;
% fprintf( fid, '
                I L E - R O U G E \n\n' ) ;
% fprintf( fid, '
                M O N T - J O L I \n\n' ) ;
% fprintf( fid, '
                R I V I E R E - D U - L O U P \n\n' ) ;
fprintf( fid, '
                N      NE      E      SE      S      SW      W      NW
TOT\n\n' ) ;

[r,s] = size(tabsite);
for i = 1:9
    if ( i < s+1 )
        fprintf( fid,tabsite(i));
    else
        fprintf( fid,' ');
    end
    fprintf( fid,' ');
    for k = 1:3
        r = ((i-1)*3) + k;
        fprintf( fid,tabdir(r));
    end
    for j = 1:9
        fprintf(fid,'%6.1f',tab(i,j) ) ;
    end
    fprintf(fid,'\n') ;
end

fprintf(fid, '\nPourcentage d''occurrence des directions identiques =
%5.1f ', dir_ident ) ;
fprintf(fid, '\nPourcentage d''occurrence des directions comparables =
%5.1f\n\n', dir_ident_2 ) ;

tabulation=setstr(9);
for i = 1:9
    for j = 1:9
        fprintf(fid,'%6.1f',tab(i,j) ) ;
        fprintf( fid,tabulation);
    end
    fprintf(fid,'\n') ;
end
fprintf(fid,'\n\n\n') ;

end

fprintf(fid, '_____ \n
');
fclose(fid);

```

```

function distr_jtes_vit(fich) ;
% fonction distr_jointes_vit('fich') ;
% Répartit les données de vent de deux stations selon 6 classes de
vitesses,
% en excluant les données manquantes et les vents calmes (v < 1 km/h).
% Entrée: une matrice de 4 colonnes:
%     Col. 1: vitesse à la station A (km/h)
%     Col. 2: direction à la station A (dizaine °)
%     Col. 3: vitesse à la station B (km/h)
%     Col. 4: direction à la station B (dizaine °)
%     le nom du fichier où seront enregistrés les résultats
% Sortie: une matrice (7x7). Les éléments d'indices (i,j) de la
%     sous-matrice (6x6) contiennent le nombre d'observations
%     où le vent soufflait avec une vitesse i à la station A
%     et à une vitesse j à la station B. La 7e ligne et la
%     7e colonne contiennent les sommes des lignes et des colonnes.
%     Les résultats sont enregistrés dans le fichier 'fichier',
%     qui est sous la forme 'res_distr_jtes_vit_station'.

% Création du fichier des résultats

fichier = ['res_distr_jtes_vit_',fich] ;

% Chargement du fichier de données

eval(['load ' fich])
fich = eval(fich) ;

% Ouverture du fichier et ecriture des resultats

fid=fopen(fichier,'w');

fprintf(
fid, '_____ \n');
fprintf( fid, 'TABLEAU DES DISTRIBUTIONS DES VITESSES OBSERVÉES
SIMULTANÉMENT\n\n');

[m,n] = size( fich ) ;
fprintf(fid, 'Nombre total d''observations = %7.0f \n', m ) ;

% Détermination du nombre de données manquantes à l'une ou l'autre des
stations
indm = find( isnan(fich(:,1)) | isnan(fich(:,2)) | isnan(fich(:,3)) |
isnan(fich(:,4)) ) ;
fprintf( fid, 'Nombre de données manquantes à l''une ou l''autre station =
%6.0f \n', length(indm) ) ;
fich(indm,:) = [] ;
fprintf( fid, 'Nombre d''observations de vent disponibles = %7.0f \n',
length(fich) ) ;

% Détermination du nombre de vents calmes à l'une ou l'autre des stations
% indc = find( fich(:,1) < 1 | fich(:,2) < 1 | fich(:,3) < 1 | fich(:,4) <
1);
% fprintf( fid, 'Nombre d''observations de vents calmes à l''une ou
l''autre station = %4.0f \n', length(indc) ) ;
% fich(indc,:) = [] ;

```

```

[p,q] = size( fich ) ;
fprintf( fid, 'Nombre d''observations de vent utilisables = %6.0f \n\n', p
) ;

tab = zeros( 7,7 ) ;
for i = 1:2:3
    fich( :,i ) = fix( fich(:,i) /10 ) + 1 ;
    ind6 = find( fich( :,i ) > 6 ) ;
    vit = fich( :,i ) ;
    [r,s]= size( ind6 ) ;
    if ( r==1 & s==1 ),
        vit( ind6 ) = 6 ;
    else
        vit( ind6 ) = 6 * ones(size(ind6)) ;
    end
    fich( :,i ) = vit ;
end

for i = 1:p
    tab( fich(i,1),fich(i,3) ) = tab( fich(i,1),fich(i,3) ) + 1 ;
end

tab( 7,1:6 ) = sum( tab( 1:6,1:6 ) ) ;
tab( 1:7,7 ) = sum( tab(1:7,1:6)' ) ;
vit_ident = sum( diag( tab( 1:6,1:6 ) ) )/p*100 ;
vit_ident_2 = (sum( diag( tab( 1:6,1:6 ) ) ) + sum( diag( tab( 1:6,1:6 ),1
) ) + sum( diag( tab( 1:6,1:6 ),-1 ) ) )/p*100;

fprintf( fid, 'Répartition des données selon leur vitesse \n\n' ) ;

% tabulation=setstr(9);
for i = 1:7
    for j = 1:7
        fprintf( fid,'%5.0f\t',tab(i,j) ) ;
    %     fprintf( fid,tabulation);
    end
    fprintf( fid,'\n' ) ;
end

fprintf( fid, '\nPourcentage d''occurrence des vitesses dans la même classe
= %5.2f \n', vit_ident ) ;
fprintf( fid, '\nPourcentage d''occurrence des vitesses comparables = %5.2f
\n\n', vit_ident_2 ) ;
fprintf(
fid,'_____ \n');
fclose (fid) ;

```

```

function rap_vit(fich) ;
% fonction rap_vit('fich') ;
% Ce programme calcule les statistiques par quadrant du
% rapport entre les vitesses de vents observées à deux stations
% Les résultats sont enregistrés dans le fichier 'fichier',
% 'res_rap_vit_' auquel s'adjoint le nom du fichier 'fich'.
% La station de référence est celle qui se situe
% dans les colonnes 3 et 4 de la matrice 'fich'
%
% Entrée: une matrice [ nbj x 4 ]
%         col. 1: vitesse à la station 1
%         col. 2: direction à la station 1
%         col. 3: vitesse à la station 2
%         col. 4: direction à la station 2
%         le nom du fichier où seront enregistrés les résultats
% Sortie: une matrice [ 8 x 5 ]
%         col 1 à 4: statistique des quadrants 1 à 5
%         lig. 1: nb d'observations
%         lig. 2: vitesse moyenne station 1
%         lig. 3: écart-type sur vitesse moyenne station 1
%         lig. 4: vitesse moyenne station 2
%         lig. 5: écart-type sur vitesse moyenne station 2
%         lig. 6: moyenne du rapport des vitesses station 1
%                 sur les vitesses station 2
%         lig. 7: écart-type du rapport des vitesses station 1
%                 sur les vitesses station 2 normalisé par la
%                 moyenne du même rapport
%         lig. 8: moyenne de la vitesse à la station 1 sur
%                 la moyenne de la vitesse à la station 2
%         Les résultats sont enregistrés dans le fichier 'fichier',
%         qui est sous la forme 'res_rap_vit_station'.

% Création du fichier des résultats

fichier = ['res_rap_vit_',fich] ;

% Chargement du fichier de données

eval(['load ' fich])
fich = eval(fich) ;

% Ouverture du fichier et ecriture des resultats

fid=fopen(fichier,'w');
fprintf( fid, '_____ \n');
fprintf( fid, 'TABLEAU DES STATISTIQUES DES RAPPORTS DE VITESSE\n\n');
[m,n] = size( fich ) ;
fprintf( fid, 'Nombre total d''observations = %4.0f \n\n', m ) ;
% tabulation=setstr(9);

% détermination du nombre de données manquantes à l'une ou l'autre des
stations
indm = find( isnan(fich(:,1)) | isnan(fich(:,2)) | isnan(fich(:,3)) |
isnan(fich(:,4)) ) ;
fprintf( fid, 'Nombre de données manquantes à l''une ou l''autre station =
%4.0f \n', length(indm) ) ;
fich(indm,:) = [] ;

```



```

fprintf( fid, 'Nombre d'observations de vent disponibles = %4.0f \n',
length(fich) ) ;

for k=1:3,
long = 0 ;
fich2 = fich ;

% élimination des données de vent faible

if k==1,
ind = find( fich2(:,1) < 1 | fich2(:,3) < 1 ) ;
end
if k==2,
ind = find( fich2(:,1) < 10 | fich2(:,3) < 10 ) ;
end
if k==3,
ind = find( fich2(:,1) < 20 | fich2(:,3) < 20 ) ;
end

fich2(ind,:)=[];
long = long+length(ind);

for i=1:4,

% délimitation des quadrants

if i==1,
ind= find(fich2(:,2)>= 2 & fich2(:,2)<= 10);
end
if i==2,
ind= find(fich2(:,2)>= 11 & fich2(:,2)<= 19);
end
if i==3,
ind= find(fich2(:,2)>= 20 & fich2(:,2)<=28 );
end
if i==4,
ind= find((fich2(:,2)>=29 & fich2(:,2)<= 36)|(fich2(:,2)==1));
end

% nombre d'observations
resultat(1,i)=length(ind);

% vitesses moyennes
resultat(2,i)= mean(fich2(ind,1));
resultat(4,i)= mean(fich2(ind,3));

% écart-types
resultat(3,i)= (std(fich2(ind,1)))/resultat(2,i);
resultat(5,i)= (std(fich2(ind,3)))/resultat(4,i);

% moyennes et écart-types des rapports
resultat(6,i)= mean(fich2(ind,1)./fich2(ind,3));
resultat(7,i)= (std(fich2(ind,1)./fich2(ind,3)))/resultat(6,i);
resultat(8,i)=resultat(2,i)/resultat(4,i);

clear ind

```

```

end

% totaux
resultat(1,5)= sum(resultat(1,1:4));
resultat(2,5)= mean(fich2(:,1));
resultat(4,5)= mean(fich2(:,3));
resultat(3,5)=(std(fich2(:,1)))/resultat(2,5);
resultat(5,5)=(std(fich2(:,3)))/resultat(4,5);
resultat(6,5)= mean(fich2(:,1)./fich2(:,3));
resultat(7,5)= (std(fich2(:,1)./fich2(:,3)))/resultat(6,5);
resultat(8,5)=resultat(2,5)/resultat(4,5);

% écriture du fichier

if k==1,
    fprintf( fid,'\nEn excluant les valeurs de V1 < 1 km/h et V2 < 1 km/h
\n\n') ;
end
if k==2,
    fprintf( fid,'\nEn excluant les valeurs de V1 < 10 km/h et V2 < 10 km/h
\n\n') ;
end
if k==3,
    fprintf( fid,'\nEn excluant les valeurs de V1 < 20 km/h et V2 < 20 km/h
\n\n') ;
end
fprintf( fid, 'Nombre d''observations exclues = %4.0f \n', long ) ;
fprintf( fid,'\n') ;
for i = 1:8
    for j = 1:5
        fprintf( fid,'%8.2f\t',resultat(i,j)) ;
    end
    fprintf( fid,'\n') ;
end
fprintf( fid,'\n') ;
end
fclose(fid);

% fin

```

```

function ecart_dir(fich) ;
% fonction écart_dir('fich2') ;
% Etablit l'écart entre les directions de vent observées
% simultanément à deux stations.
% Les résultats sont enregistrés dans le fichier 'fichier',
% qui peut être par exemple de la forme 'Résultat_dir'.
% La station de référence est celle qui se situe
% dans les colonnes 3 et 4 de la matrice 'fich2'
%
% Entrée: matrice de quatre colonnes:
%     Col. 1: vitesse à la station 1 (km/h)
%     Col. 2: direction à la station 1 (dizaine °)
%     Col. 3: vitesse à la station 2 (km/h)
%     Col. 4: direction à la station 2 (dizaine °)
%     le nom du fichier où seront enregistrés les résultats
% Sortie: graphique de l'écart (dir1 - dir2) en fonction de dir2,
% ainsi que six valeurs contenues dans la variable "fichier":
%     1) n
%     2) moy(dir1)
%     3) moy(dir2)
%     4) moy(dir1 - dir2)
%     5) écart-type(dir1 - dir2)
%     6) variance circulaire S(dir1 - dir2)
%     Les résultats sont enregistrés dans le fichier 'fichier',
%     qui est sous la forme 'res_ecart_dir_station'.

% Création du fichier des résultats

fichier = ['res_ecart_dir_',fich] ;

% Chargement du fichier de données

eval(['load ' fich])
fich = eval(fich) ;

% Ouverture du fichier et ecriture des resultats

fid=fopen(fichier,'w');

fprintf( fid,'_____ \n') ;
fprintf( fid,'TABLEAU DES STATISTIQUES ENTRE LES ANGLES\n\n') ;

[o,q] = size( fich ) ;
fprintf( fid, 'Nombre total d''observations = %4.0f \n', o ) ;

% Détermination du nombre de données manquantes à l'une ou l'autre des
stations
indm = find( isnan(fich(:,1)) | isnan(fich(:,2)) | isnan(fich(:,3)) |
isnan(fich(:,4)) ) ;
fprintf( fid, 'Nombre de données manquantes à l''une ou l''autre station =
%4.0f \n', length(indm) ) ;
fich(indm,:) = [] ;
fprintf( fid, 'Nombre d''observations de vent disponibles = %4.0f \n',
length(fich) ) ;

fich2 = fich ;
[o,q] = size(fich) ;

```

```

% Détermination du nombre de vents calmes à l'une ou l'autre des stations
indc = find( fich2(:,1) < 1 | fich2(:,2) < 1 | fich2(:,3) < 1 | fich2(:,4)
< 1 ) ;
fprintf( fid, 'Nombre d'observations de vents calmes à l'une ou l'autre
station = %4.0f \n', length(indc) ) ;
fich(indc,:) = [] ;
fprintf( fid, 'Nombre d'observations de vent utilisables = %4.0f \n',
length(fich2) ) ;

for k=1:3,
fich2 =fich ;

% Élimination des vents calmes ou des vents inférieurs
% à 10 km/h ou à 20 km/h à l'une ou l'autre des stations

if k==1,
    ind = find( fich2(:,1) < 1 | fich2(:,3) < 1 ) ;
end
if k==2,
    ind = find( fich2(:,1) < 10 | fich2(:,3) < 10 ) ;
end
if k==3,
    ind = find( fich2(:,1) < 20 | fich2(:,3) < 20 ) ;
end

fich2( ind,: ) = [] ;
[p,q] = size( fich2 ) ;

for j=1:5,

% délimitation des quadrants
if j==1,
    ind= find(fich2(:,2)>= 2 & fich2(:,2)<= 10);
end
if j==2,
    ind= find(fich2(:,2)>= 11 & fich2(:,2)<= 19);
end
if j==3,
    ind= find(fich2(:,2)>= 20 & fich2(:,2)<=28 );
end
if j==4,
    ind= find((fich2(:,2)>=29 & fich2(:,2)<= 36)|(fich2(:,2)==1));
end
if j==5,
    ind= find((fich2(:,2)>=1 & fich2(:,2)<= 36));
end

% Conversion des degrés en radians
th1 = 10*fich2(ind,2 )*pi/180 ;
th2 = 10*fich2(ind,4 )*pi/180 ;

% th3 = écart entre dir1 et dir2
th3 = th1 - th2 ;
ind = find( th3 < -pi ) ;
th3( ind ) = th3( ind ) + 2*pi ;
ind = find( th3 > pi ) ;
th3( ind ) = th3( ind ) - 2*pi ;

```

```

% Matrice de données pour l'analyse directionnelle
m = [ th1 th2 th3 ] ;

% Calcul des moyennes
c = mean( cos(m) ) ;
s = mean( sin(m) ) ;
moy(j,:) = atan( s./c ) ;

for i = 1:3,
    if c(i) < 0
        moy(j,i) = moy(j,i) + pi;
    elseif s(i) < 0
        moy(j,i) = moy(j,i) + 2*pi;
    end
end

if moy(j,3) > pi
    moy(j,3) = moy(j,3) - 2*pi ;
end

moy(j,:) = moy(j, :)*180/pi ;

% Calcul de l'écart-type de th3
r = sqrt( c(3)^2 + s(3)^2 ) ;
ecart(j) = sqrt( -2*log( r ) ) *180/pi ;
var(j) = 1 - r ;
long(j)=length(th3);

end

% Résultats
resultat = [ long ; moy(:,1)'; moy(:,2)'; moy(:,1)'-moy(:,2)'; moy(:,3)';
ecart; var ] ;
if k==1,
    fprintf( fid,'\nEn excluant les valeurs de V1<1 et V2<1\n\n') ;
end
if k==2,
    fprintf( fid,'\nEn excluant les valeurs de V1<10 et V2<10\n\n') ;
end
if k==3,
    fprintf( fid,'\nEn excluant les valeurs de V1<20 et V2<20\n\n') ;
end
l=o-p;
fprintf( fid, 'Nombre d'observations exclues = %4.0f \n',l ) ;
fprintf( fid, 'Nombre d'observations utilisées = %4.0f \n',p ) ;
for i = 1:7
    for j = 1:5
        fprintf( fid,'%12.5f\t',resultat(i,j)) ;
    end
    fprintf( fid,'\n') ;
end
end
fclose(fid);

```