

APPENDIX A-4



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

PROJET RABASKA

ÉTUDE COMPARATIVE DES VENTS MESURÉS SIMULTANÉMENT
À L'ÎLE BICQUETTE, À L'ÎLE ROUGE ET À MONT-JOLI

Rapport GCN-2004-04
(projet GNL)

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

par

Yvon Ouellet, ing. D. Sc.

Septembre 2004

TABLE DES MATIÈRES

	Page
TABLE DES MATIÈRES	i
LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX	ii
CHAPITRE 1 - INTRODUCTION	1
CHAPITRE 2 - VENTS À L'ÎLE BICQUETTE ET À L'ÎLE ROUGE	1
CHAPITRE 3 - VENTS À MONT-JOLI ET À L'ÎLE ROUGE	6
CHAPITRE 4 - VENTS À L'ÎLE BICQUETTE ET À MONT-JOLI	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 l'île Bicquette et à l'île Rouge	14
Tableaux 2 - Distribution des directions à l'île Bicquette et à l'île Rouge	15
Tableau 3 - Distribution des vitesses à l'île Bicquette et à l'île Rouge	18
Tableau 4a - Statistique du rapport entre les vitesses à l'île Bicquette et à l'île Rouge	19
Tableau 4b - Statistique du rapport entre les vitesses à l'île Rouge et à l'île Bicquette	20
Tableau 5a - Statistique de l'angle entre les directions à l'île Bicquette et à l'île Rouge	21
Tableau 5b - Statistique de l'angle entre les directions à l'île Rouge et à l'île Bicquette	22
Tableau 6 - Fréquence et vitesse moyenne des vents à Mont-Joli et à l'île Rouge	23
Tableaux 7 - Distribution des directions à Mont-Joli et à l'île Rouge	24
Tableau 8 - Distribution des vitesses à Mont-Joli et à l'île Rouge	27
Tableau 9a - Statistique du rapport entre les vitesses à Mont-Joli et à l'île Rouge	28
Tableau 9b - Statistique du rapport entre les vitesses à l'île Rouge et à Mont-Joli	29
Tableau 10a - Statistique de l'angle entre les directions à Mont-Joli et à l'île Rouge	30
Tableau 10b - Statistique de l'angle entre les directions à l'île Rouge et à Mont-Joli	31
Tableau 11 - Fréquence et vitesse moyenne des vents à l'île Bicquette et à Mont-Joli	32
Tableaux 12 - Distribution des directions à l'île Bicquette et à Mont-Joli	33
Tableau 13 - Distribution des vitesses à l'île Bicquette et à Mont-Joli	36
Tableau 14a - Statistique du rapport entre les vitesses à l'île Bicquette et à Mont-Joli	37
Tableau 14b - Statistique du rapport entre les vitesses à Mont-Joli et à l'île Bicquette	38
Tableau 15a - Statistique de l'angle entre les directions à l'île Bicquette et à Mont-Joli	39
Tableau 15b - Statistique de l'angle entre les directions à Mont-Joli et à l'île Bicquette	40

ANALYSE COMPARATIVE DES DONNÉES DE VENT ENTRE L'ÎLE BICQUETTE, L'ÎLE ROUGE ET MONT-JOLI

1. - Introduction

L'analyse de l'information disponible sur les vents observés par le Service de l'Environnement atmosphérique d'Environnement Canada simultanément à l'île Bicquette, à l'île Rouge et à Mont-joli permet de dresser un portrait comparatif sommaire sur le régime des vents dans ce secteur de l'estuaire du Saint-Laurent. Comme les deux premières stations sont des stations maritimes, les vitesses du vent à la station terrestre de Mont-Joli ont été ramenées à des vitesses sur l'eau en les majorant de 25 %. 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 01-01-1994 et le 31-12-2003.

La figure 1 présente les courbes de fréquence de dépassement des vitesses des vents aux trois stations. Les courbes sont voisines l'une de l'autre, celle de Mont-Joli se situant légèrement en dessous, même si les vents ont été majorés de 25 %. La courbe de l'île Bicquette est au-dessus de celle de l'île Rouge dans la partie centrale, mais passe en dessous dans la partie supérieure.

2. - Vents à l'île Bicquette et à l'île Rouge

Durant la période commune de 10 années entre le 01-01-1994 et le 31-12-2003, il y a 87648 heures. À la station de l'île Bicquette (705LKPQ), il y a 17901 valeurs horaires manquantes en vitesse ou en direction, ce qui laisse 69747 données horaires de vent utilisables. Il manque 5305 valeurs de vitesse et 5349 valeurs de direction, parmi lesquelles il y a 15 valeurs pour lesquelles la vitesse est manquante, mais la direction ne l'est pas, et 8 valeurs pour lesquelles la direction est manquante, mais la vitesse ne l'est pas. Durant cette période, il y a 622 observations de vents calmes à l'île Bicquette. À la station de l'île Rouge (7043BP9), il y a 2933 valeurs horaires manquantes en vitesse ou en direction, ce qui laisse 84715 données horaires de vent utilisables. Il manque 10503 valeurs de vitesse et 10528

valeurs de direction. Parmi celles-ci, il y a 8 valeurs pour lesquelles la vitesse est manquante, mais la direction ne l'est pas, et 35 valeurs pour lesquelles la direction est manquante, mais la vitesse ne l'est pas. À cette station, il y a seulement 326 observations de vents calmes durant ces dix années.

Le tableau 1 présente les fréquences et les vitesses moyennes des vents observés simultanément à l'île Bicquette et à l'île Rouge sur les années entières s'étendant de 1994 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 sont du même ordre de grandeur aux deux stations. Le rapport des vitesses du vent entre l'île Bicquette et l'île Rouge est de l'ordre de l'unité et varie entre 0,9 et 1,2 selon la direction. Le secteur sud-ouest est celui pour lequel le rapport est le plus grand, la fréquence des vents y étant également plus élevée à l'île Bicquette qu'à l'île Rouge.

Le tableau 2a donne la distribution jointe des directions du vent observées simultanément à l'île Bicquette et à l'île Rouge sur les années entières s'étendant de 1994 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 42,7 % 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 79,5 %. Ceci dénote que le régime des vents entre les deux stations est assez 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 un peu la

fréquence d'occurrence des directions identiques (48,6 % dans le tableau 2b) et (52,7 % dans le tableau 2c), par rapport à 42,7 % 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 86,3 % (tableau 2b) et 89,1 % (tableau 2c), par rapport à 79,5 % 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 l'île Bicquette et à l'île Rouge. Ces résultats ont été obtenus à l'aide du programme *distr_jtes_vit* (annexe 1). Les vitesses des vents observées simultanément à l'île Bicquette et à l'île Rouge entre 1994 et 2003 ne sont dans les mêmes classes qu'un peu plus du tiers du temps, 36,7 % (tableau 3), soit un peu moins que ce que l'on a obtenu précédemment pour les 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 l'île Bicquette et l'île Rouge (tableau 4a) puis entre l'île Rouge et l'île Bicquette (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 ($\overline{v_1 / v_2}$) entre l'île Bicquette et l'île Rouge est de 1,33, ce rapport variant entre 1,07 dans les quadrants 1 (secteur nord-est) et 4 (secteur nord-ouest) et 1,57 dans le quadrant 3 (secteur sud-ouest). Cette valeur est plus élevée (de 22 %) que celle du rapport des vitesses

moyennes \bar{v}_1 / \bar{v}_2 , qui est de 1,09. Une comparaison entre ces résultats et ceux du tableau 4b montre que la moyenne des rapports des vitesses de 1,15 entre l'île Rouge et l'île Bicquette n'est pas l'inverse de celle (1,33) entre l'île Bicquette et l'île Rouge, ce qui donnerait une valeur beaucoup plus faible (0,87). De plus, cette moyenne des rapports des vitesses ($\overline{v_1 / v_2}$) de 1,15 entre l'île Rouge et l'île Bicquette (tableau 4b) 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 0,92. Par contre, les rapports des vitesses moyennes sont évidemment les inverses l'un de l'autre, soit 1,07 (tableau 4a) versus 0,92 (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 0,84 dans le tableau 4a et à 1,01 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 l'île Bicquette et l'île Rouge diminue à 1,20 et le rapport des vitesses moyennes reste à 1,09. 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 l'île Bicquette et l'île Rouge baisse à 1,13, ce qui se rapproche du rapport des vitesses moyennes, qui est de 1,07. Les résultats des parties (b) et (c) du tableau 4b fournit la même information, mais dans le sens inverse. Ces résultats montrent que lorsqu'on ne tient compte que des vents plus forts, les moyennes des rapports entre les vitesses se dirigent vers 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 l'île Bicquette et l'île Rouge sur la période commune des vents entre 1994 et 2003 diffèrent peu, soit en moyenne de 5° (tableaux 5a et 5b). Cette différence varie entre -4° dans le quadrant 3 (secteur sud-ouest) et 22° dans le quadrant 2 (secteur sud-est), en prenant l'île Bicquette comme station de référence (tableau 5a). Par contre, la différence entre les directions du vent aux deux stations varie entre -31° dans le quadrant 2 (secteur sud-est) et 12° dans le quadrant 4 (secteur sud-est), en prenant l'île Rouge comme station de référence (tableau 5b). L'écart type, qui est en moyenne de 48° , 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 exclues. Les écarts types sont peu

variables selon les directions, les plus fortes se retrouvant suivant le secteur sud-est (tableau 5a) ou nord-ouest (tableau 5b).

Par contre, la différence des directions moyennes de 30° est loin de celle la moyenne des différences des directions de 5° . C'est dans le deuxième quadrant (secteur sud-est) avec une différence des directions moyennes de 22° , suivi du premier quadrant (secteur nord-est) avec une différence des directions moyennes de 18° , que les résultats diffèrent le plus de ceux des autres quadrants, si l'île Bicquette est considérée comme station de référence (tableau 5a). C'est la même situation si l'île Rouge est choisie comme station de référence (tableau 5b), mais les différences des directions sont plus grandes étant de -37° du secteur sud-est (quadrant 2) et de 17° du secteur nord-ouest (quadrant 4).

3. - Vents à Mont-Joli et à l'île Rouge

Durant la période commune de 10 années comprises entre le 01-01-1994 et le 31-12-2003, il y a 87648 heures. À la station de Mont-Joli (7055120), il y a seulement 147 valeurs horaires manquantes, ce qui laisse 87501 données horaires de vent utilisables. Il manque 140 valeurs de vitesse et 147 valeurs de direction. Parmi les valeurs manquantes, il y a 7 valeurs pour lesquelles la direction est manquante, mais la vitesse ne l'est pas. Par contre, la direction est manquante pour les 140 valeurs de vitesse manquantes. Durant cette période, il y a 2677 observations de vents calmes à Mont-Joli. À la station de l'île Rouge (7043BP9), il y a 2933 valeurs horaires manquantes en vitesse ou en direction, ce qui laisse 84715 données horaires de vent utilisables. Il manque 10503 valeurs de vitesse et 10528 valeurs de direction. Parmi celles-ci, il y a 8 valeurs pour lesquelles la vitesse est manquante, mais la direction ne l'est pas, et 35 valeurs pour lesquelles la direction est manquante, mais la vitesse ne l'est pas. À cette station, il y a seulement 326 observations de vents calmes durant ces dix années.

Le tableau 6 présente les fréquences et les vitesses moyennes des vents observés simultanément à Mont-Joli et à l'île Rouge sur les années entières s'étendant de 1994 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). À noter que les vitesses du vent à Mont-Joli ont été majorées de 25 % pour les ramener de vitesses sur terre à des vitesses sur l'eau. Le rapport entre les vitesses des vents à Mont-Joli et à l'île Rouge est en moyenne de 0,98, variant entre 0,84 et 1,13 selon le quadrant. Le secteur nord-est est celui pour lequel le rapport entre les vitesses est le plus grand et nord-ouest le plus petit. C'est suivant le secteur sud-ouest

que la fréquence des vents est la plus élevée et nord-ouest que la fréquence des vents est la plus basse à Mont-Joli qu'à l'île Rouge.

Le tableau 7a donne la distribution jointe des directions du vent observées simultanément à Mont-Joli et à l'île Rouge sur les années entières s'étendant de 1994 à 2003. En ne considérant pas les vents calmes, le vent ne souffle simultanément dans la même direction aux deux stations 35,1 % 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 71,4 %. 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 V_1 et V_2 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 augmente la fréquence d'occurrence des directions identiques (41,4 % dans le tableau 7b) et (50,1 % dans le tableau 7c), par rapport à 35,1 % si on inclut tous les vents non calmes (tableau 7a). Il en est ainsi pour les directions comparables, c'est-à-dire la diagonale principale et les deux diagonales voisines, où les fréquences d'occurrence passent respectivement à 80,0 % (tableau 7b) et 87,8 % (tableau 7c), par rapport à 71,4 % 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 Mont-Joli et à l'île Rouge. On constate que les vitesses des vents, observées simultanément à Mont-Joli et à l'île Rouge entre 1994 et 2003, sont dans les mêmes classes environ le tiers du temps, 32,8 % (tableau 8), soit un peu moins que ce que l'on a obtenu précédemment pour les directions.

Les tableaux 9 présentent les statistiques du rapport entre les vitesses du vent observées simultanément à Mont-Joli et à l'île Rouge (tableau 9a) puis à l'île Rouge et à Mont-Joli (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 Mont-Joli et l'île Rouge est de 1,20, ce rapport variant entre 1,05 dans le quadrant 4 (secteur nord-ouest) et 1,52 dans le quadrant 2 (secteur sud-est). Cette valeur est plus élevée (de 30 %) que celle du rapport des vitesses moyennes \bar{v}_1 / \bar{v}_2 , qui est de 0,92. Une

comparaison entre ces résultats et ceux du tableau 9b montre que la moyenne des rapports des vitesses de 1,29 entre l'île Rouge et Mont-Joli n'est pas l'inverse de celle (1,20) entre Mont-Joli et l'île Rouge, ce qui donnerait une valeur beaucoup plus faible (0,78). De plus, cette moyenne des rapports des vitesses ($\overline{v_1 / v_2}$) de 1,29 entre l'île Rouge et Mont-Joli (tableau 9b) est aussi plus élevée (de 18 %) que celle du rapport des vitesses moyennes \bar{v}_1 / \bar{v}_2 entre ces deux mêmes stations, qui est de 1,09. Par contre, les rapports des vitesses moyennes sont évidemment les inverses l'un de l'autre, soit 0,92 (tableau 9a) versus 1,09 (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 0,95 dans le tableau 9a et à 0,71 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 à 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 Mont-Joli et l'île Rouge baisse à 1,02, ce qui se rapproche du rapport des vitesses moyennes, lequel est de 0,92. 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 Rouge et Mont-Joli baisse à 0,99, ce qui se rapproche du rapport des vitesses moyennes de 0,93. Les résultats des parties (b) et (c) du tableau 9b fournissent une information similaire, mais dans le sens inverse. Ces résultats montrent que lorsqu'on ne tient compte que des vents plus forts, les moyennes des rapports entre les vitesses diminuent.

Les tableaux 10a et 10b présentent les statistiques de l'angle entre les directions du vent observées simultanément à Mont-Joli et à l'île Rouge sur la période commune des vents entre 1994 et 2003. Selon l'ensemble des directions, la moyenne des différences entre les directions aux deux stations est 1° (tableaux 10a et 10b). Cette différence varie toutefois entre -12° dans le quadrant 3 (secteur sud-ouest) et 24° dans le quadrant 2 (secteur sud-est), en prenant Mont-Joli comme station de référence (tableau 10a). Par contre, la différence entre les directions du vent aux deux stations varie entre -31° dans le quadrant 1 (secteur nord-est) et 27° dans le quadrant 4 (secteur nord-ouest), en prenant l'île Rouge comme station de référence (tableau 10b). L'écart type, qui est en moyenne de 60°, diminue lorsqu'on ne considère que les vents les plus forts (parties b et c des tableaux 10a et 10b). Les écarts types sont peu variables en fonction des directions, les plus faibles se retrouvant selon le secteur sud-ouest (quadrant

3). La variabilité des directions entre les quadrants subsiste même si les vents ayant des faibles vitesses inférieures à 10 et à 20 km/h sont exclus.

Par contre, la différence des directions moyennes de -58° est loin de celle la moyenne des différences des directions de 1° (tableau 10a). C'est dans le deuxième quadrant (secteur sud-est) avec une différence des directions moyennes de 30° , suivi du premier quadrant (secteur nord-est) avec une différence de 22° , que les différences des directions moyennes sont les plus grandes, si l'île Rouge est considérée comme station de référence (tableau 10a). C'est dans le premier quadrant (secteur nord-est) avec une différence de -31° , suivi du quatrième quadrant (secteur nord-ouest) avec une différence des directions moyennes de 27° , que les différences des directions moyennes sont les plus grandes, si Mont-Joli est choisie comme station de référence (tableau 10b).

4. - Vents à l'île Bicquette et à Mont-Joli

Durant la période commune de 10 années comprise entre le 01-01-1994 et le 31-12-2003, il y a 87648 heures. À la station de l'île Bicquette (705LKPQ), il y a 17901 valeurs horaires manquantes en vitesse ou en direction, ce qui laisse 69747 données horaires de vent utilisables. Il manque 5305 valeurs de vitesse et 5349 valeurs de direction, parmi lesquelles il y a 15 valeurs pour lesquelles la vitesse est manquante, mais la direction ne l'est pas, et 8 valeurs pour lesquelles la direction est manquante, mais la vitesse ne l'est pas. Durant cette période, il y a 622 observations de vents calmes à l'île Bicquette. À la station de Mont-Joli (7055120), il y a seulement 147 valeurs horaires manquantes, ce qui laisse 87501 données horaires de vent utilisables. Il manque 140 valeurs de vitesse et 147 valeurs de direction. Parmi les valeurs manquantes, il y a 7 valeurs pour lesquelles la direction est manquante, mais la vitesse ne l'est pas. Par contre, la direction est manquante pour les 140 valeurs de vitesse manquantes. Durant cette période, il y a 2677 observations de vents calmes à Mont-Joli.

Le tableau 11 présente les fréquences et les vitesses moyennes des vents observés simultanément à l'île Bicquette et à Mont-Joli sur les années entières s'étendant de 1994 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). À noter que les vitesses du vent à Mont-Joli ont été majorées de 25 % pour les ramener de vitesses sur terre à des vitesses sur l'eau. Le rapport entre les vitesses des vents à l'île Bicquette et Mont-Joli à est en moyenne de 1,03, variant entre 0,86 et 1,28 selon le quadrant. Le secteur sud-ouest est celui pour lequel le rapport entre les vitesses est le plus grand et nord-est le plus petit. C'est suivant le secteur sud-

ouest que la fréquence des vents est la plus élevée et sud-est que la fréquence des vents est la plus basse à l'île Bicquette qu'à Mont-Joli.

Le tableau 12a donne la distribution jointe des directions du vent observées simultanément à l'île Bicquette et à Mont-Joli, cette dernière étant la station de référence. En ne considérant pas les vents calmes, le vent ne souffle simultanément dans la même direction aux deux stations 45,1 % 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 82,6 %. Ceci dénote que le régime des vents entre les deux stations est assez 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 V_1 et V_2 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 augmente la fréquence d'occurrence des directions identiques (52,9 % dans le tableau 12b) et (60,7 % dans le tableau 12c), par rapport à 45,1 % si on inclut tous les vents non calmes (tableau 12a). 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 91,2 % (tableau 12b) et 96,1 % (tableau 12c), par rapport à 82,6 % pour 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 Bicquette et à Mont-Joli. On constate que les vitesses des vents, observées simultanément à l'île Bicquette et à Mont-Joli entre 1994 et 2003, sont dans les mêmes classes plus du tiers du temps, 35,0 % (tableau 13), soit moins que ce que l'on a obtenu précédemment pour les directions.

Les tableaux 14 présentent les statistiques du rapport entre les vitesses du vent observées simultanément à l'île Bicquette et à Mont-Joli (tableau 14a) puis à Mont-Joli et à l'île Bicquette (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 ($\overline{v_1 / v_2}$) entre l'île Bicquette et Mont-Joli est de 1,35, ce rapport variant entre 0,90 dans le quadrant 2 (secteur sud-est) et 1,58 dans le quadrant 3 (secteur sud-ouest). Cette valeur est plus élevée (de 14 %) que celle du rapport des vitesses moyennes \bar{v}_1 / \bar{v}_2 , qui est de 1,18.

Une comparaison entre ces résultats et ceux du tableau 14b montre que la moyenne des rapports des vitesses de 1,11 entre Mont-Joli et l'île Bicquette n'est pas l'inverse de celle (1,35) entre l'île Bicquette et Mont-Joli, ce qui donnerait une valeur beaucoup plus faible (0,90). De plus, cette moyenne des rapports des vitesses ($\overline{v_1 / v_2}$) de 1,11 entre Mont-Joli et l'île Bicquette (tableau 14b) est aussi plus élevée (près de 31 %) que celle du rapport des vitesses moyennes \bar{v}_1 / \bar{v}_2 entre ces deux mêmes stations, qui est de 0,85. Par contre, les rapports des vitesses moyennes sont évidemment les inverses l'un de l'autre, soit 1,18 (tableau 14a) versus 0,85 (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 0,64 dans le tableau 14a et à 1,06 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 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 Bicquette et Mont-Joli baisse à 1,30 et le rapport des vitesses moyennes augmente à 1,19. 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 Mont-Joli et l'île Bicquette baisse à 1,20 et le rapport des vitesses moyennes à 1,14. Les résultats des parties (b) et (c) du tableau 14b fournit la même information, mais dans le sens inverse. Ces résultats montrent que lorsqu'on ne tient compte que des vents plus forts, les moyennes des rapports entre les vitesses diminuent.

Les tableaux 15a et 15b présentent les statistiques de l'angle entre les directions du vent observées simultanément à l'île Bicquette et à Mont-Joli sur la période commune des vents entre 1994 et 2003. Selon l'ensemble des directions, la moyenne des différences entre les directions aux deux stations n'est que de 3° (tableaux 15a et 15b). Cette différence varie toutefois entre -9° dans le quadrant 1 (secteur nord-est) et 20° dans le quadrant 4 (secteur nord-ouest), en prenant l'île Bicquette comme station de référence (tableau 15a). Par contre, la différence entre les directions du vent aux deux stations varie entre -10° dans le quadrant 2 (secteur sud-est) et 4° dans le quadrant 1 (secteur nord-est), en prenant Mont-Joli comme station de référence (tableau 15b). 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 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 aux deux stations sont exclues. Les écarts types sont en moyenne les mêmes si la station de référence est l'île Bicquette (tableau 15a), ce qui n'est pas le cas si Mont-Joli est la station de référence (tableau 15b), où les écarts types sont plus grands selon le secteur sud-est (quadrant 2).

Par contre, la différence des directions moyennes de 22° est loin de celle la moyenne des différences des directions de 1° (tableau 15a). C'est dans le quatrième quadrant (secteur nord-ouest) avec une différence des directions moyennes de 28° que les résultats diffèrent le plus de ceux des autres quadrants, si l'île Bicquette est considérée comme station de référence (tableau 15a). Par contre, c'est dans le deuxième quadrant (secteur sud-est) avec une différence des directions moyennes de -15° que les résultats diffèrent le plus de ceux des autres quadrants, si Mont-Joli est considérée comme station de référence (tableau 15b).

5. - Conclusion

L'analyse statistique des vents observés simultanément à l'île Bicquette, à l'île Rouge et à Mont-Joli, avec des vitesses majorées de 25 %, 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 10 années entre 1994 et 2003 d'enregistrements des vents en ces stations prises deux à deux.

Cette analyse statistique a ainsi permis que des régimes des vents en ces trois stations sont assez similaires. La station de Mont-Joli est celle pour laquelle les vents sont un peu plus faibles en intensité. Les vents à l'île Bicquette apparaissent un peu plus forts que ceux à l'île Rouge, mais cela ne semble pas le cas pour les vents forts. 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, les différences entre les trois stations météorologiques apparaissent plus importantes. Les directions dominantes sont le nord-ouest et le sud-ouest à l'île Rouge et le sud-ouest et le nord-ouest à l'île Bicquette. Par contre, à Mont-Joli la direction dominante est le sud-ouest, la fréquence des vents du nord-ouest étant légèrement plus faibles que celles du nord-est et du sud-est. Une prévision des vagues dans le secteur de Rivière-du-Loup avec les vents de Mont-Joli devrait tenir compte de ces différences.

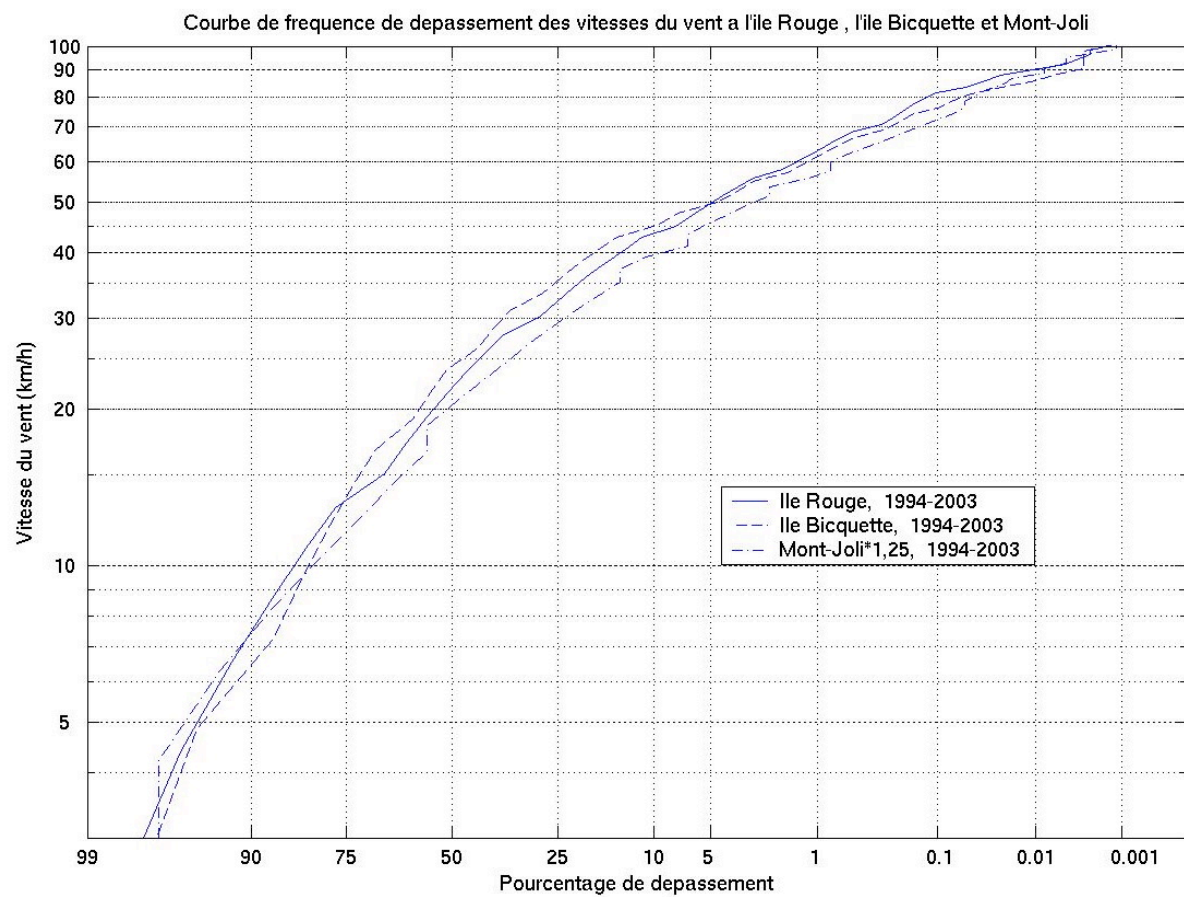


Fig. 1 – Courbes de fréquence de dépassement des vitesses du vent aux trois stations

**Tableau 1 - Fréquence et vitesse moyenne du vent pour 8 et 4 directions
aux stations de l'île Bicquette et de l'île Rouge
Période du 01-01-1994 au 31-12-2003**

a) 8 directions

1994-2003		Station : Île Bicquette		Station : Île Rouge	
Direction	Milieu de la classe	Vitesse moyenne (km/h)	Fréquence (%)	Vitesse moyenne (km/h)	Fréquence (%)
N	0	20.1	9.2	18.1	8.9
NE	45	21.6	14.1	21.3	16.8
E	90	15.1	8.5	12.5	5.3
SE	135	11.8	2.5	11.8	2.6
S	180	19.2	7.0	23.7	14.6
SW	225	31.5	33.5	24.6	15.6
W	270	28.5	14.6	25.7	14.0
NW	315	28.5	9.7	31.1	21.8

b) 4 quadrants

1994-2003		Station : Île Bicquette		Station : Île Rouge	
Quadrant		Vitesse moyenne (km/h)	Fréquence (%)	Vitesse moyenne (km/h)	Fréquence (%)
NNE,NE,ENE,E		19.1	23.9	19.6	24.3
ESE,SE,SSE,S		15.8	8.3	18.2	11.4
SSW,SW,WSW,W		30.3	47.9	24.7	30.7
WNW,NW,NNW,N		25.8	19.1	28.4	33.2

Île Bicquette : 705LKPQ
(n = 69747 dont 622 vents calmes)

Île Rouge : 7043BP9
(n = 84715 dont 326 vents calmes)

Tableau 2a - Distribution des directions observées simultanément à l'île Bicquette et à l'île Rouge en excluant les données où $V1 < 1$ km/h et $V2 < 1$ km/h (période du 01-01-1994 au 31-12-2003)

Station No 2 : Île Rouge									
Station No 1 :	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
Île Bicquette									
N	2.8	1.8	0.6	0.1	0.2	0.2	0.3	3.2	9.2
NE	2.8	9.1	1.1	0.1	0.3	0.2	0.1	0.6	14.2
E	1.4	4.0	1.7	0.3	0.3	0.2	0.2	0.4	8.5
SE	0.2	0.6	0.5	0.5	0.3	0.1	0.1	0.2	2.5
S	0.3	0.7	0.6	0.7	2.7	1.2	0.4	0.5	7.1
SW	0.4	0.2	0.3	0.4	10.3	12.9	5.4	3.8	33.7
W	0.3	0.2	0.2	0.1	1.2	1.7	6.2	5.0	14.8
NW	0.5	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	1.7	6.8	9.9
Total	8.7	16.8	5.2	2.4	15.5	16.6	14.2	20.5	100.0

Nombre total d'observations à chaque station = 87648

Nombre de données manquantes à l'une ou l'autre station = 19206

Nombre d'observations de vent calme à l'une ou l'autre station = 858

Nombre d'observations utilisables n = 67584

Nombre d'observations de vents exclues = 0

Nombre d'observations utilisées = 67584

Fréquence d'occurrence des directions identiques = 42,7 %

Tableau 2b - Distribution des directions observées simultanément à l'île Bicquette et à l'île Rouge en excluant les données où V1 < 10 km/h et V2 < 10 km/h (période du 01-01-1994 au 31-12-1999)

		Station No 2 : Île Rouge								
Station No 1 :		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
Île Bicquette										
N		2.7	1.2	0.2	0.0	0.1	0.1	0.1	3.7	8.0
NE		2.6	10.3	0.6	0.0	0.1	0.1	0.0	0.3	14.0
E		1.0	4.0	1.4	0.1	0.2	0.1	0.0	0.1	6.9
SE		0.1	0.4	0.2	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	1.3
S		0.1	0.4	0.2	0.5	2.7	1.1	0.1	0.2	5.3
SW		0.1	0.0	0.0	0.1	12.2	15.3	5.7	4.1	37.5
W		0.1	0.0	0.0	0.0	1.0	1.6	7.5	5.7	15.9
NW		0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	2.0	8.6	11.2
Total		6.9	16.2	2.7	1.2	16.4	18.2	15.6	22.7	100.0

Nombre total d'observations à chaque station = 87648

Nombre de données manquantes à l'une ou l'autre station = 19206

Nombre d'observations de vent calme à l'une ou l'autre station = 858

Nombre d'observations utilisables n = 67584

Nombre d'observations où V1 < 10 km/h et V2 < 10 km/h = 17483

Nombre d'observations utilisées = 50101

Fréquence d'occurrence des directions identiques = 48,6 %

Tableau 2c - Distribution des directions observées simultanément à l'île Bicquette et à l'île Rouge en excluant les données où V1 < 20 km/h et V2 < 20 km/h (période du 01-01-1994 au 31-12-1999)

		Station No 2 : Île Rouge								
Station No 1 :		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
Île Bicquette										
N		2.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	4.3	7.4
NE		2.5	9.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	12.7
E		0.4	2.4	0.4	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	3.3
SE		0.0	0.1	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3
S		0.0	0.0	0.0	0.2	2.3	0.9	0.0	0.1	3.6
SW		0.0	0.0	0.0	0.0	13.9	16.1	5.6	4.1	39.7
W		0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	1.4	9.5	6.5	18.2
NW		0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	11.6	14.5
Total		5.9	12.6	0.6	0.4	17.3	18.6	17.8	26.8	100.0

Nombre total d'observations à chaque station = 87648

Nombre de données manquantes à l'une ou l'autre station = 19206

Nombre d'observations de vent calme à l'une ou l'autre station = 858

Nombre d'observations utilisables n = 67584

Nombre d'observations où V1 < 20 km/h et V2 < 20 km/h = 36954

Nombre d'observations utilisées = 30630

Fréquence d'occurrence des directions identiques = 52,7%

**Tableau 3 - Distribution des vitesses du vent observées simultanément
à l'île Bicquette et à l'île Rouge du 01-01-1994 au 31-12-2003**

		Station No 2 : Île Rouge						
vitesse (km/h)		0-9	10-19	20-29	30-39	40-50	>50	total
Station No 1 :	0-9	6038	4002	1187	454	104	60	11845
Île Bicquette	10-19	3982	6533	3604	1247	186	57	15609
	20-29	1474	4034	4791	2744	621	226	13890
	30-39	812	2862	4384	4714	1467	675	14914
	40-49	203	847	1825	2795	1646	806	8122
	>50	25	101	362	1023	1170	1381	4062
	total	12534	18379	16153	12977	5194	3205	68442

Nombre total d'heures sur la période = 87648

Nombre de données manquantes à l'une ou l'autre station = 19206

Nombre d'observations de vent disponibles = 68442

Fréquence d'occurrence des vitesses dans la même classe = 36,7 %

Île Bicquette : 705LKPQ
(17901 données manquantes)
(622 vents calmes)

Île Rouge : 7043BP9
(2933 données manquantes)
(326 vents calmes)

Tableau 4a - Statistiques du rapport entre les vitesses observées à l'île Bicquette et à l'île Rouge du 01-05-1994 au 31-12-2003 (n = 68442)

**Station No 1: Île Bicquette
(705LKPQ)**

**Station No 2: Île Rouge
(7043BP9)**

a) En excluant les enregistrements où V1 < 1 km/h et V2 < 1 km/h : 858

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	16178	5631	32677	13098	67584
$\bar{v}_1(\text{km/h})$	19.1	15.8	30.3	25.9	25.6
$s(v_1)/\bar{v}_1$	0.63	0.72	0.47	0.54	0.57
$\bar{v}_2(\text{km/h})$	20.2	15.8	24.3	28.4	23.4
$s(v_2)/\bar{v}_2$	0.56	0.62	0.55	0.57	0.58
$\frac{(\bar{v}_1/\bar{v}_2)}{s(v_1/v_2)}$	1.07	1.33	1.57	1.07	1.33
$s(v_1/v_2)/(\bar{v}_1/\bar{v}_2)$	0.69	1.14	0.81	0.71	0.84
\bar{v}_1/\bar{v}_2	0.95	1.00	1.25	0.91	1.09

b) En excluant les enregistrements où V1 < 10 km/h et V2 < 10 km/h : 18341

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	10998	2637	26313	10153	50101
$\bar{v}_1(\text{km/h})$	24.0	22.5	34.0	30.8	30.6
$s(v_1)/\bar{v}_1$	0.48	0.49	0.36	0.38	0.42
$\bar{v}_2(\text{km/h})$	24.8	21.5	27.9	33.4	28.0
$s(v_2)/\bar{v}_2$	0.40	0.42	0.42	0.42	0.44
$\frac{(\bar{v}_1/\bar{v}_2)}{s(v_1/v_2)}$	0.99	1.14	1.36	1.01	1.20
$s(v_1/v_2)/(\bar{v}_1/\bar{v}_2)$	0.30	0.50	0.44	0.39	0.45
\bar{v}_1/\bar{v}_2	0.97	1.04	1.22	0.92	1.09

c) En excluant les enregistrements où V1 < 20 km/h et V2 < 20 km/h : 37812

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	5193	762	17257	7418	30630
$\bar{v}_1(\text{km/h})$	32.5	33.3	38.6	35.2	36.6
$s(v_1)/\bar{v}_1$	0.34	0.33	0.28	0.28	0.30
$\bar{v}_2(\text{km/h})$	32.0	30.0	33.3	38.3	34.2
$s(v_2)/\bar{v}_2$	0.28	0.29	0.31	0.33	0.32
$\frac{(\bar{v}_1/\bar{v}_2)}{s(v_1/v_2)}$	1.02	1.17	1.22	0.98	1.13
$s(v_1/v_2)/(\bar{v}_1/\bar{v}_2)$	0.21	0.37	0.31	0.31	0.32
\bar{v}_1/\bar{v}_2	1.01	1.11	1.16	0.92	1.07

Tableau 4b - Statistiques du rapport entre les vitesses observées à l'île Rouge et à l'île Bicquette du 01-05-1994 au 31-12-2003 (n = 68442)

**Station No 1: Île Rouge
(7043BP9)**

**Station No 2: Île Bicquette
(705LKPQ)**

a) En excluant les enregistrements où V1 < 1 km/h et V2 < 1 km/h : 858

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	16303	7932	21873	21476	67584
$\bar{v}_1(\text{km/h})$	19.2	18.3	24.4	27.5	23.4
$s(v_1)/\bar{v}_1$	0.57	0.57	0.54	0.56	0.58
$\bar{v}_2(\text{km/h})$	18.5	22.1	31.9	25.8	25.6
$s(v_2)/\bar{v}_2$	0.64	0.61	0.45	0.53	0.57
$\frac{(v_1/v_2)}{(\bar{v}_1/\bar{v}_2)}$	1.27	1.14	0.93	1.30	1.15
$s(v_1/v_2)/(\bar{v}_1/\bar{v}_2)$	0.74	1.08	1.24	0.97	1.01
\bar{v}_1/\bar{v}_2	1.04	0.83	0.76	1.07	0.92

b) En excluant les enregistrements où V1 < 10 km/h et V2 < 10 km/h : 18341

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	10638	4906	17828	16729	50101
$\bar{v}_1(\text{km/h})$	24.0	23.6	27.6	32.2	28.0
$s(v_1)/\bar{v}_1$	0.41	0.37	0.43	0.42	0.44
$\bar{v}_2(\text{km/h})$	23.5	28.5	35.6	30.2	30.6
$s(v_2)/\bar{v}_2$	0.48	0.41	0.35	0.39	0.42
$\frac{(v_1/v_2)}{(\bar{v}_1/\bar{v}_2)}$	1.09	0.93	0.82	1.15	1.00
$s(v_1/v_2)/(\bar{v}_1/\bar{v}_2)$	0.31	0.47	0.45	0.44	0.45
\bar{v}_1/\bar{v}_2	1.02	0.83	0.78	1.06	0.92

c) En excluant les enregistrements où V1 < 20 km/h et V2 < 20 km/h : 37812

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	4714	2510	11622	11784	30630
$\bar{v}_1(\text{km/h})$	31.9	29.3	33.4	36.9	34.2
$s(v_1)/\bar{v}_1$	0.28	0.24	0.31	0.33	0.32
$\bar{v}_2(\text{km/h})$	32.4	35.4	40.4	34.8	36.6
$s(v_2)/\bar{v}_2$	0.34	0.27	0.27	0.29	0.30
$\frac{(v_1/v_2)}{(\bar{v}_1/\bar{v}_2)}$	1.02	0.87	0.86	1.11	0.98
$s(v_1/v_2)/(\bar{v}_1/\bar{v}_2)$	0.21	0.31	0.31	0.34	0.33
\bar{v}_1/\bar{v}_2	0.99	0.83	0.83	1.06	0.93

Tableau 5a - Statistiques de l'angle entre les directions observées à l'île Bicquette et à l'île Rouge du 01-01-1994 au 31-12-2003 (n = 68442)

**Station No 1: Île Bicquette
(705LKPQ)**

**Station No 2: Île Rouge
(7043BP9)**

a) En excluant les enregistrements où V1 < 1 km/h et V2 < 1 km/h : 858

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	16178	5631	32677	13098	67584
$\overline{\theta_1}$	56	158	234	327	256
$\overline{\theta_2}$	37	137	238	319	286
$\overline{\theta_1 - \theta_2}$	19	22	-4	8	-30
$\overline{(\theta_1 - \theta_2)}$	18	22	-4	5	5
$s_o(\theta_1 - \theta_2)$	43	78	46	40	48
$S_o(\theta_1 - \theta_2)$	0.242	0.606	0.279	0.212	0.294

b) En excluant les enregistrements où V1 < 20 km/h et V2 < 1 km/h : 18341

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	10998	2637	26313	10153	50101
$\overline{\theta_1}$	55	162	235	324	258
$\overline{\theta_2}$	37	154	238	315	279
$\overline{\theta_1 - \theta_2}$	18	7	-3	9	-21
$\overline{(\theta_1 - \theta_2)}$	18	11	-3	8	5
$s_o(\theta_1 - \theta_2)$	31	60	39	26	37
$S_o(\theta_1 - \theta_2)$	0.135	0.418	0.208	0.096	0.190

c) En excluant les enregistrements où V1 < 40 km/h et V2 < 1 km/h : 37812

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	5193	762	17257	7418	30630
$\overline{\theta_1}$	53	171	235	321	263
$\overline{\theta_2}$	34	181	238	311	275
$\overline{\theta_1 - \theta_2}$	19	-9	-3	10	-12
$\overline{(\theta_1 - \theta_2)}$	19	-5	-3	9	4
$s_o(\theta_1 - \theta_2)$	22	36	37	19	32
$S_o(\theta_1 - \theta_2)$	0.070	0.178	0.186	0.053	0.144

Tableau 5b - Statistiques de l'angle entre les directions observées à l'île Rouge et à l'île Bicquette du 01-01-1994 au 31-12-2003 (n = 68442)

	Station No 1: Île Rouge (7043BP9)	Île Rouge (7043BP9)	Station No 2: Île Bicquette (705LKPQ)		
a) En excluant les enregistrements où V1 < 1 km/h et V2 < 1 km/h : 858					
	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	16303	7932	21873	21476	67584
$\bar{\theta}_1$	47	170	229	316	286
$\bar{\theta}_2$	58	207	232	299	256
$\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2$	-11	-37	-4	17	30
$\overline{(\theta_1 - \theta_2)}$	-14	-31	-4	12	-5
$s_o(\theta_1 - \theta_2)$	48	50	34	54	48
$S_o(\theta_1 - \theta_2)$	0.296	0.314	0.165	0.359	0.294
b) En excluant les enregistrements où V1 < 10 km/h et V2 < 10 km/h : 18341					
	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	10638	4906	17828	16729	50101
$\bar{\theta}_1$	43	177	227	312	279
$\bar{\theta}_2$	58	210	233	298	258
$\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2$	-15	-32	-5	15	21
$\overline{(\theta_1 - \theta_2)}$	-15	-30	-5	12	-5
$s_o(\theta_1 - \theta_2)$	32	33	27	44	37
$S_o(\theta_1 - \theta_2)$	0.147	0.154	0.107	0.251	0.190
c) En excluant les enregistrements où V1 < 20 km/h et V2 < 20 km/h : 37812					
	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	4714	2510	11622	11784	30630
$\bar{\theta}_1$	38	183	226	310	275
$\bar{\theta}_2$	54	216	233	298	263
$\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2$	-17	-33	-7	12	12
$\overline{(\theta_1 - \theta_2)}$	-17	-32	-7	11	-4
$s_o(\theta_1 - \theta_2)$	19	24	24	37	32
$S_o(\theta_1 - \theta_2)$	0.053	0.086	0.083	0.192	0.144

**Tableau 6 - Fréquence et vitesse moyenne du vent pour 8 et 4 directions
aux stations de Mont-Joli et de l'île Rouge
Période du 01-01-1988 au 31-12-2003**

a) 8 directions

1988-2003		Station : Mont-Joli		Station : Île Rouge	
Direction	Milieu de la classe	Vitesse moyenne (km/h)	Fréquence (%)	Vitesse moyenne (km/h)	Fréquence (%)
N	0	15.8	5.7	18.4	8.6
NE	45	20.5	11.5	21.6	16.7
E	90	11.5	6.2	12.8	5.0
SE	135	14.8	8.3	12.1	2.6
S	180	15.4	14.0	23.6	14.8
SW	225	17.2	21.0	24.9	16.2
W	270	21.1	21.4	25.9	13.8
NW	315	19.9	7.7	31.1	21.6

b) 4 quadrants

1988-2003		Station : Mont-Joli		Station : Île Rouge	
Quadrant		Vitesse moyenne (km/h)	Fréquence (%)	Vitesse moyenne (km/h)	Fréquence (%)
NNE,NE,ENE,E		17.5	18.0	19.9	23.6
ESE,SE,SSE,S		14.6	18.6	19.3	12.8
SSW,SW,WSW,W		18.7	44.0	24.9	30.8
WNW,NW,NNW,N		19.1	15.2	28.4	32.1

Mont-Joli : 7055120
(n = 140040 dont 5822 vents calmes)

Île Rouge : 7043BP9
(n = 129714 dont 837 vents calmes)

**Tableau 7a - Distribution des directions observées simultanément à Mont-Joli et à l'île Rouge
en excluant les données où $V1 < 1$ km/h et $V2 < 1$ km/h (période du 01-01-1994 au 31-12-2003)**

		Station No 2 : Île Rouge								
Station No 1 :		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
Mont-Joli										
N		1.7	1.3	0.5	0.1	0.4	0.2	0.2	2.1	6.5
NE		2.6	7.4	0.8	0.1	0.2	0.1	0.1	0.6	11.9
E		1.1	3.3	1.0	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3	6.5
SE		1.0	2.6	1.3	0.9	1.2	0.6	0.3	0.7	8.7
S		0.8	1.2	0.7	0.7	4.6	3.8	1.0	1.7	14.5
SW		0.3	0.2	0.2	0.2	4.5	6.9	4.5	3.8	20.6
W		0.5	0.3	0.4	0.2	3.1	3.6	7.1	7.6	22.8
NW		0.7	0.4	0.3	0.1	0.4	0.3	0.9	5.3	8.4
Total		8.7	16.8	5.2	2.5	14.6	15.8	14.3	22.1	100.0

Nombre total d'observations à chaque station = 87648

Nombre de données manquantes à l'une ou l'autre station = 3055

Nombre d'observations de vent calme à l'une ou l'autre station = 2875

Nombre d'observations utilisables n = 81718

Nombre d'observations exclues = 0

Nombre d'observations utilisées = 81718

Fréquence d'occurrence des directions identiques = 35,1 %

**Tableau 7b - Distribution des directions observées simultanément à Mont-Joli et à l'île Rouge
en excluant les données où $V1 < 10$ km/h et $V2 < 10$ km/h (période du 01-01-1994 au 31-12-2003)**

		Station No 2 : Île Rouge								
Station No 1 :		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
Mont-Joli										
N		1.7	1.0	0.2	0.0	0.1	0.1	0.1	2.5	5.7
NE		2.9	9.1	0.7	0.0	0.1	0.1	0.0	0.5	13.4
E		0.8	3.1	0.8	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	5.1
SE		0.5	2.4	0.9	0.8	1.1	0.5	0.1	0.3	6.7
S		0.2	0.6	0.2	0.4	4.9	3.9	0.5	0.9	11.8
SW		0.1	0.0	0.0	0.0	5.2	8.2	5.2	4.1	22.9
W		0.2	0.1	0.1	0.1	3.0	3.6	9.1	9.5	25.6
NW		0.6	0.1	0.1	0.0	0.2	0.1	1.0	6.8	9.0
Total		6.9	16.4	3.1	1.5	14.7	16.6	16.0	24.8	100.0

Nombre total d'observations à chaque station = 87648

Nombre de données manquantes à l'une ou l'autre station = 3055

Nombre d'observations de vent calme à l'une ou l'autre station = 2875

Nombre d'observations utilisables n = 81718

Nombre d'observations où $V1 < 10$ km/h et $V2 < 10$ km/h = 22665

Nombre d'observations utilisées = 59053

Fréquence d'occurrence des directions identiques = 41,4 %

**Tableau 7c - Distribution des directions observées simultanément à Mont-Joli et à l'île Rouge
en excluant les données où V1 < 20 km/h et V2 < 20 km/h (période du 01-01-1994 au 31-12-2003)**

		Station No 2 : Île Rouge								
Station No 1 :		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
Mont-Joli										
N		2.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	5.8
NE		3.5	11.0	0.3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.4	15.3
E		0.3	1.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4
SE		0.1	1.1	0.2	0.4	0.7	0.2	0.0	0.1	2.8
S		0.0	0.2	0.0	0.2	4.9	3.9	0.2	0.2	9.6
SW		0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	8.2	5.1	3.1	20.9
W		0.1	0.0	0.0	0.0	2.0	2.9	13.4	12.8	31.3
NW		0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	9.9	12.0
Total		6.5	14.4	0.9	0.6	12.2	15.3	20.3	29.8	100.0

Nombre total d'observations à chaque station = 87648

Nombre de données manquantes à l'une ou l'autre station = 3055

Nombre d'observations de vent calme à l'une ou l'autre station = 2875

Nombre d'observations utilisables n = 81718

Nombre d'observations où V1 < 20 km/h et V2 < 20 km/h = 49946

Nombre d'observations utilisées = 31772

Fréquence d'occurrence des directions identiques = 50,1 %

Tableau 8 - Distribution des vitesses du vent observées simultanément à Mont-Joli et à l'île Rouge du 01-01-1994 au 31-12-2003

		Station No 2 : Île Rouge						
vitesse (km/h)		0-9	10-19	20-29	30-39	40-50	>50	total
Station No 1 : Mont-Joli	0-9	6381	6056	2930	1255	311	116	17049
	10-19	5839	8966	6673	3473	866	298	26115
	20-29	1840	4807	5808	4868	1613	714	19650
	30-39	557	1650	3124	4133	1931	1238	12633
	40-49	198	448	1063	2181	1598	1200	6688
	>50	57	100	208	530	695	868	2458
total		14872	22027	19806	16440	7014	4434	84593

Nombre total d'heures sur la période = 87648

Nombre de données manquantes à l'une ou l'autre station = 3055

Nombre d'observations de vent disponibles = 84593

Fréquence d'occurrence des vitesses dans la même classe = 32,8 %

Mont-Joli : 7055120

(147 données manquantes)

(2677 vents calmes)

Île Rouge : 7043BP9

(2933 données manquantes)

(326 vents calmes)

Tableau 9a - Statistiques du rapport entre les vitesses observées à Mont-Joli et à l'île Rouge du 01-05-1994 au 31-12-2003 (n = 84593)

**Station No 1: Mont-Joli
(7055120)**

**Station No 2: Île Rouge
(7043BP9)**

a) En excluant les enregistrements où V1 < 1 km/h et V2 < 1 km/h : 2875

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	15290	16126	36641	13661	81718
$\bar{v}_1(\text{km/h})$	22.1	18.1	23.6	23.9	22.3
$s(v_1)/\bar{v}_1$	0.60	0.64	0.50	0.56	0.56
$\bar{v}_2(\text{km/h})$	23.3	17.2	26.3	28.1	24.2
$s(v_2)/\bar{v}_2$	0.51	0.63	0.53	0.58	0.57
$\frac{(v_1/v_2)}{(\bar{v}_1/\bar{v}_2)}$	1.11	1.52	1.15	1.05	1.20
$s(v_1/v_2)/(\bar{v}_1/\bar{v}_2)$	0.84	1.14	0.84	0.74	0.95
\bar{v}_1/\bar{v}_2	0.95	1.05	0.90	0.85	0.92

b) En excluant les enregistrements où V1 < 10 km/h et V2 < 10 km/h : 25540

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	11119	8455	29452	10027	59053
$\bar{v}_1(\text{km/h})$	26.5	23.2	26.4	29.0	26.4
$s(v_1)/\bar{v}_1$	0.48	0.49	0.42	0.40	0.44
$\bar{v}_2(\text{km/h})$	27.1	22.4	29.6	33.9	28.8
$s(v_2)/\bar{v}_2$	0.39	0.46	0.43	0.42	0.44
$\frac{(v_1/v_2)}{(\bar{v}_1/\bar{v}_2)}$	1.03	1.18	0.99	0.94	1.02
$s(v_1/v_2)/(\bar{v}_1/\bar{v}_2)$	0.40	0.58	0.48	0.42	0.48
\bar{v}_1/\bar{v}_2	0.98	1.04	0.89	0.86	0.92

c) En excluant les enregistrements où V1 < 20 km/h et V2 < 20 km/h : 52821

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	5801	2450	16662	6859	31772
$\bar{v}_1(\text{km/h})$	34.9	32.6	32.6	34.2	33.3
$s(v_1)/\bar{v}_1$	0.32	0.34	0.30	0.28	0.30
$\bar{v}_2(\text{km/h})$	33.4	31.2	35.7	39.1	35.7
$s(v_2)/\bar{v}_2$	0.28	0.33	0.32	0.32	0.32
$\frac{(v_1/v_2)}{(\bar{v}_1/\bar{v}_2)}$	1.07	1.13	0.97	0.93	0.99
$s(v_1/v_2)/(\bar{v}_1/\bar{v}_2)$	0.27	0.41	0.35	0.32	0.34
\bar{v}_1/\bar{v}_2	1.04	1.04	0.91	0.88	0.93

Tableau 9b - Statistiques du rapport entre les vitesses observées à l'île Rouge et à Mont-Joli du 01-05-1994 au 31-12-2003 (n = 84593)

**Station No 1: Île Rouge
(7043BP9)**

**Station No 2: Mont-Joli
(7055120)**

a) En excluant les enregistrements où V1 < 1 km/h et V2 < 1 km/h : 2875

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	19668	9320	25454	27276	81718
$\bar{v}_1(\text{km/h})$	19.9	18.3	24.9	28.7	24.2
$s(v_1)/\bar{v}_1$	0.56	0.57	0.54	0.54	0.57
$\bar{v}_2(\text{km/h})$	20.2	18.6	23.1	24.3	22.3
$s(v_2)/\bar{v}_2$	0.61	0.57	0.52	0.54	0.56
$\frac{(v_1/v_2)}{(\bar{v}_1/\bar{v}_2)}$	1.20	1.23	1.27	1.39	1.29
$s(v_1/v_2)/(\bar{v}_1/\bar{v}_2)$	0.63	0.79	0.72	0.71	0.71
\bar{v}_1/\bar{v}_2	0.99	0.98	1.08	1.18	1.09

b) En excluant les enregistrements où V1 < 10 km/h et V2 < 10 km/h : 25540

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	12717	5567	19650	21119	59053
$\bar{v}_1(\text{km/h})$	24.7	23.2	28.5	33.2	28.8
$s(v_1)/\bar{v}_1$	0.42	0.38	0.42	0.42	0.44
$\bar{v}_2(\text{km/h})$	25.2	22.7	26.3	28.2	26.4
$s(v_2)/\bar{v}_2$	0.47	0.45	0.42	0.42	0.44
$\frac{(v_1/v_2)}{(\bar{v}_1/\bar{v}_2)}$	1.08	1.17	1.20	1.30	1.21
$s(v_1/v_2)/(\bar{v}_1/\bar{v}_2)$	0.42	0.50	0.49	0.47	0.48
\bar{v}_1/\bar{v}_2	0.98	1.02	1.08	1.17	1.09

c) En excluant les enregistrements où V1 < 20 km/h et V2 < 20 km/h : 52821

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	5525	1934	10620	13693	31772
$\bar{v}_1(\text{km/h})$	32.7	29.7	34.9	38.3	35.7
$s(v_1)/\bar{v}_1$	0.28	0.25	0.30	0.33	0.32
$\bar{v}_2(\text{km/h})$	34.1	30.0	32.6	34.1	33.3
$s(v_2)/\bar{v}_2$	0.32	0.33	0.31	0.29	0.30
$\frac{(v_1/v_2)}{(\bar{v}_1/\bar{v}_2)}$	1.00	1.06	1.13	1.17	1.12
$s(v_1/v_2)/(\bar{v}_1/\bar{v}_2)$	0.26	0.33	0.35	0.34	0.34
\bar{v}_1/\bar{v}_2	0.96	0.99	1.07	1.12	1.07

Tableau 10a - Statistiques de l'angle entre les directions observées à Mont-Joli et à l'île Rouge du 01-01-1994 au 31-12-2003 (n = 84593)

**Station No 1: Mont-Joli
(7055120)**

**Station No 2: Île Rouge
(7043BP9)**

a) En excluant les enregistrements où V1 < 1 km/h et V2 < 1 km/h : 2875

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	15290	16126	36641	13661	81718
$\bar{\theta}_1$	57	155	239	321	234
$\bar{\theta}_2$	35	125	251	318	291
$\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2$	22	30	-12	4	-58
$(\overline{\theta_1 - \theta_2})$	21	24	-12	0	1
$s_o(\theta_1 - \theta_2)$	42	100	52	51	60
$S_o(\theta_1 - \theta_2)$	0.236	0.781	0.333	0.322	0.422

b) En excluant les enregistrements où V1 < 20 km/h et V2 < 1 km/h : 25540

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	11119	8455	29452	10027	59053
$\bar{\theta}_1$	55	155	239	318	245
$\bar{\theta}_2$	35	148	252	315	286
$\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2$	20	6	-12	3	-41
$(\overline{\theta_1 - \theta_2})$	20	13	-12	2	-1
$s_o(\theta_1 - \theta_2)$	32	79	44	32	47
$S_o(\theta_1 - \theta_2)$	0.146	0.614	0.251	0.147	0.286

c) En excluant les enregistrements où V1 < 40 km/h et V2 < 1 km/h : 52821

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	5801	2450	16662	6859	31772
$\bar{\theta}_1$	52	162	243	316	265
$\bar{\theta}_2$	32	183	257	313	290
$\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2$	20	-22	-14	3	-25
$(\overline{\theta_1 - \theta_2})$	20	-7	-14	3	-3
$s_o(\theta_1 - \theta_2)$	22	58	35	20	35
$S_o(\theta_1 - \theta_2)$	0.072	0.399	0.170	0.061	0.169

Tableau 10b - Statistiques de l'angle entre les directions observées à l'île Rouge et à Mont-Joli du 01-01-1994 au 31-12-2003 (n = 84593)

**Station No 1: Île Rouge
(7043BP9)**

**Station No 2: Mont-Joli
(7055120)**

a) En excluant les enregistrements où V1 < 1 km/h et V2 < 1 km/h : 2875

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	19668	9320	25454	27276	81718
$\bar{\theta}_1$	47	169	230	316	291
$\bar{\theta}_2$	75	197	227	277	234
$\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2$	-28	-28	2	38	58
$(\overline{\theta_1 - \theta_2})$	-31	-26	3	27	-1
$s_o(\theta_1 - \theta_2)$	60	58	44	62	60
$S_o(\theta_1 - \theta_2)$	0.419	0.403	0.257	0.443	0.422

b) En excluant les enregistrements où V1 < 10 km/h et V2 < 10 km/h : 25540

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	12717	5567	19650	21119	59053
$\bar{\theta}_1$	44	174	229	312	286
$\bar{\theta}_2$	70	196	229	284	245
$\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2$	-26	-22	0	28	41
$(\overline{\theta_1 - \theta_2})$	-27	-22	2	22	1
$s_o(\theta_1 - \theta_2)$	45	45	36	48	47
$S_o(\theta_1 - \theta_2)$	0.263	0.266	0.175	0.292	0.286

c) En excluant les enregistrements où V1 < 20 km/h et V2 < 20 km/h : 52821

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	5525	1934	10620	13693	31772
$\bar{\theta}_1$	39	180	232	310	290
$\bar{\theta}_2$	59	198	231	291	265
$\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2$	-20	-18	1	19	25
$(\overline{\theta_1 - \theta_2})$	-20	-18	2	17	3
$s_o(\theta_1 - \theta_2)$	28	35	29	35	35
$S_o(\theta_1 - \theta_2)$	0.112	0.173	0.118	0.170	0.169

**Tableau 11 - Fréquence et vitesse moyenne du vent pour 8 et 4 directions
aux stations de l'île Bicquette et de Mont-Joli
Période du 01-01-1994 au 31-12-2003**

a) 8 directions

1994-2003		Station : Île Bicquette		Station : Mont-Joli	
Direction	Milieu de la classe	Vitesse moyenne (km/h)	Fréquence (%)	Vitesse moyenne (km/h)	Fréquence (%)
N	0	20.1	9.2	20.0	6.3
NE	45	21.6	14.1	26.1	11.6
E	90	15.1	8.5	14.2	6.3
SE	135	11.8	2.5	18.7	8.5
S	180	19.2	7.0	18.8	14.1
SW	225	31.5	33.5	21.5	19.9
W	270	28.5	14.6	26.5	22.1
NW	315	28.5	9.7	25.2	8.1

b) 4 quadrants

1994-2003		Station : Île Bicquette		Station : Mont-Joli	
Quadrant		Vitesse moyenne (km/h)	Fréquence (%)	Vitesse moyenne (km/h)	Fréquence (%)
NNE,NE,ENE,E		19.1	23.9	22.1	18.2
ESE,SE,SSE,S		15.8	8.3	18.1	19.2
SSW,SW,WSW,W		30.3	47.9	23.6	43.5
WNW,NW,NNW,N		25.8	19.1	23.8	16.1

Île Bicquette : 705LKPQ
(n = 69747 dont 622 vents calmes)

Mont-Joli : 7055120
(n = 87501 dont 2677 vents calmes)

Tableau 12a - Distribution des directions observées simultanément à l'île Bicquette et à Mont-Joli en excluant les données où $V1 < 1$ km/h et $V2 < 1$ km/h (période du 01-01-1994 au 31-12-2003)

		Station No 2 : Mont-Joli								
Station No 1 :		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
Île Bicquette										
N		3.0	1.4	0.6	0.7	0.9	0.3	0.6	1.6	9.0
NE		1.4	7.5	2.5	1.4	0.7	0.2	0.3	0.4	14.1
E		0.7	2.3	2.4	1.8	0.5	0.1	0.2	0.2	8.3
SE		0.1	0.1	0.3	1.3	0.5	0.1	0.1	0.0	2.5
S		0.2	0.1	0.2	1.8	3.3	0.6	0.7	0.2	7.0
SW		0.4	0.2	0.2	0.9	6.5	15.6	9.8	0.7	34.2
W		0.2	0.1	0.1	0.4	1.4	3.9	8.1	0.8	14.9
NW		0.4	0.1	0.1	0.3	0.5	0.7	3.9	3.9	9.9
Total		6.3	11.7	6.3	8.6	14.4	21.4	23.5	7.8	100.0

Nombre total d'observations à chaque station = 87648

Nombre de données manquantes à l'une ou l'autre station = 17998

Nombre d'observations de vent calme à l'une ou l'autre station = 2785

Nombre d'observations utilisables n = 66865

Nombre d'observations exclues = 0

Nombre d'observations utilisées = 66865

Fréquence d'occurrence des directions identiques = 45,1 %

Tableau 12b - Distribution des directions observées simultanément à l'île Bicquette et à Mont-Joli en excluant les données où V1 < 10 km/h et V2 < 10 km/h (période du 01-01-1994 au 31-12-2003)

		Station No 2 : Mont-Joli								
Station No 1 :		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
Île Bicquette										
N		3.3	1.2	0.2	0.3	0.2	0.1	0.3	1.7	7.4
NE		0.9	8.8	2.1	0.9	0.2	0.0	0.0	0.1	13.2
E		0.3	2.3	2.1	1.3	0.2	0.0	0.0	0.0	6.3
SE		0.0	0.0	0.1	1.0	0.3	0.0	0.0	0.0	1.5
S		0.0	0.0	0.1	1.7	3.4	0.4	0.4	0.1	6.0
SW		0.1	0.1	0.1	0.6	6.7	19.3	11.2	0.3	38.3
W		0.1	0.0	0.0	0.1	1.0	4.5	10.0	0.7	16.4
NW		0.4	0.0	0.0	0.1	0.2	0.6	4.8	5.0	11.0
Total		5.1	12.6	4.7	6.0	12.1	24.9	26.7	7.8	100.0

Nombre total d'observations à chaque station = 87648

Nombre de données manquantes à l'une ou l'autre station = 17998

Nombre d'observations de vent calme à l'une ou l'autre station = 2785

Nombre d'observations utilisables n = 66865

Nombre d'observations où V1 < 10 km/h et V2 < 10 km/h = 17575

Nombre d'observations utilisées = 49290

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

Tableau 12c - Distribution des directions observées simultanément à l'île Bicquette et à Mont-Joli en excluant les données où V1 < 20 km/h et V2 < 20 km/h (période du 01-01-1994 au 31-12-2003)

		Station No 2 : Mont-Joli								
Station No 1 :		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
Île Bicquette										
N		3.3	1.2	0.2	0.3	0.2	0.1	0.3	1.7	7.4
NE		0.9	8.8	2.1	0.9	0.2	0.0	0.0	0.1	13.2
E		0.3	2.3	2.1	1.3	0.2	0.0	0.0	0.0	6.3
SE		0.0	0.0	0.1	1.0	0.3	0.0	0.0	0.0	1.5
S		0.0	0.0	0.1	1.7	3.4	0.4	0.4	0.1	6.0
SW		0.1	0.1	0.1	0.6	6.7	19.3	11.2	0.3	38.3
W		0.1	0.0	0.0	0.1	1.0	4.5	10.0	0.7	16.4
NW		0.4	0.0	0.0	0.1	0.2	0.6	4.8	5.0	11.0
Total		5.1	12.6	4.7	6.0	12.1	24.9	26.7	7.8	100.0

Nombre total d'observations à chaque station = 87648

Nombre de données manquantes à l'une ou l'autre station = 17998

Nombre d'observations de vent calme à l'une ou l'autre station = 2785

Nombre d'observations utilisables n = 66865

Nombre d'observations où V1 < 20 km/h et V2 < 20 km/h = 17575

Nombre d'observations utilisées = 49290

Fréquence d'occurrence des directions identiques = 60,7 %

**Tableau 13 - Distribution des vitesses du vent observées simultanément
à l'île Bicquette et à Mont-Joli du 01-01-1994 au 31-12-2003**

		Station No 2 : Mont-Joli						
vitesse (km/h)		0-9	10-19	20-29	30-39	40-50	>50	total
Station No 1 :	0-9	6023	4244	1207	401	116	48	12039
Île Bicquette	10-19	5137	7095	2768	750	141	34	15925
	20-29	2012	5582	4333	1784	390	56	14157
	30-39	828	3610	5002	4021	1482	220	15163
	40-49	298	1075	2268	2330	1811	465	8247
	>50	46	228	654	944	1172	1075	4119
total		14344	21834	16232	10230	5112	1898	69650

Nombre total d'heures sur la période = 87648

Nombre de données manquantes à l'une ou l'autre station = 17998

Nombre d'observations de vent disponibles = 69650

Fréquence d'occurrence des vitesses dans la même classe = 35,0 %

Île Bicquette : 7056616
(17901 données manquantes)
(622 vents calmes)

Mont-Joli : 7055120
(147 données manquantes)
(2677 vents calmes)

Tableau 14a - Statistiques du rapport entre les vitesses observées à l'île Bicquette et à Mont-Joli du 01-05-1994 au 31-12-2003 (n = 69650)

**Station No 1: l'île Bicquette
(7056616)**

**Station No 2: Mont-Joli
(7055120)**

a) En excluant les enregistrements où V1 < 1 km/h et V2 < 1 km/h : 2785

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	15819	5500	32664	12882	66865
$\bar{v}_1(\text{km/h})$	19.5	16.2	30.5	26.2	25.9
$s(v_1)/\bar{v}_1$	0.62	0.71	0.46	0.53	0.56
$\bar{v}_2(\text{km/h})$	19.8	20.6	22.3	24.6	22.0
$s(v_2)/\bar{v}_2$	0.63	0.63	0.52	0.53	0.56
$\frac{(v_1/v_2)}{(\bar{v}_1/\bar{v}_2)}$	1.15	0.90	1.58	1.20	1.35
$s(v_1/v_2)/(\bar{v}_1/\bar{v}_2)$	0.59	0.66	0.60	0.61	0.64
\bar{v}_1/\bar{v}_2	0.99	0.79	1.37	1.07	1.18

b) En excluant les enregistrements où V1 < 10 km/h et V2 < 10 km/h : 20360

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	10023	3049	26529	9689	49290
$\bar{v}_1(\text{km/h})$	24.8	22.9	34.0	31.3	30.9
$s(v_1)/\bar{v}_1$	0.47	0.47	0.36	0.37	0.41
$\bar{v}_2(\text{km/h})$	25.0	26.9	25.1	28.9	26.0
$s(v_2)/\bar{v}_2$	0.48	0.48	0.42	0.39	0.44
$\frac{(v_1/v_2)}{(\bar{v}_1/\bar{v}_2)}$	1.07	0.94	1.48	1.15	1.30
$s(v_1/v_2)/(\bar{v}_1/\bar{v}_2)$	0.38	0.44	0.41	0.35	0.43
\bar{v}_1/\bar{v}_2	0.99	0.85	1.35	1.08	1.19

c) En excluant les enregistrements où V1 < 20 km/h et V2 < 20 km/h : 41643

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	4338	1222	15721	6726	28007
$\bar{v}_1(\text{km/h})$	34.1	32.4	39.3	36.1	37.4
$s(v_1)/\bar{v}_1$	0.33	0.31	0.27	0.27	0.29
$\bar{v}_2(\text{km/h})$	34.5	36.7	31.3	34.1	32.7
$s(v_2)/\bar{v}_2$	0.32	0.34	0.30	0.28	0.30
$\frac{(v_1/v_2)}{(\bar{v}_1/\bar{v}_2)}$	1.02	0.93	1.31	1.09	1.20
$s(v_1/v_2)/(\bar{v}_1/\bar{v}_2)$	0.25	0.31	0.30	0.23	0.30
\bar{v}_1/\bar{v}_2	0.99	0.88	1.26	1.06	1.14

Tableau 14b - Statistiques du rapport entre les vitesses observées à Mont-Joli et à l'île Bicquette du 01-05-1994 au 31-12-2003 (n = 69650)

**Station No 1: Mont-Joli
(7055120)**

**Station No 2: l'île Bicquette
(7056616)**

a) En excluant les enregistrements où V1 < 1 km/h et V2 < 1 km/h : 2785

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	12246	13042	31100	10477	66865
$\bar{v}_1(\text{km/h})$	21.6	18.4	23.3	23.0	22.0
$s(v_1)/\bar{v}_1$	0.61	0.64	0.49	0.57	0.56
$\bar{v}_2(\text{km/h})$	22.2	17.3	31.3	24.9	25.9
$s(v_2)/\bar{v}_2$	0.58	0.67	0.44	0.57	0.56
$\frac{(v_1/v_2)}{(\bar{v}_1/\bar{v}_2)}$	1.18	1.54	0.89	1.13	1.11
$s(v_1/v_2)/(\bar{v}_1/\bar{v}_2)$	0.95	1.05	1.05	0.92	1.06
\bar{v}_1/\bar{v}_2	0.97	1.06	0.74	0.92	0.85

b) En excluant les enregistrements où V1 < 10 km/h et V2 < 10 km/h : 20360

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	8694	6869	26358	7369	49290
$\bar{v}_1(\text{km/h})$	26.1	23.9	25.7	28.6	26.0
$s(v_1)/\bar{v}_1$	0.48	0.50	0.41	0.40	0.44
$\bar{v}_2(\text{km/h})$	26.6	23.3	34.4	30.8	30.9
$s(v_2)/\bar{v}_2$	0.46	0.48	0.35	0.38	0.41
$\frac{(v_1/v_2)}{(\bar{v}_1/\bar{v}_2)}$	1.04	1.15	0.79	0.97	0.91
$s(v_1/v_2)/(\bar{v}_1/\bar{v}_2)$	0.39	0.52	0.40	0.31	0.44
\bar{v}_1/\bar{v}_2	0.98	1.03	0.75	0.93	0.84

c) En excluant les enregistrements où V1 < 20 km/h et V2 < 20 km/h : 41643

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	4286	2241	16410	5070	28007
$\bar{v}_1(\text{km/h})$	35.0	34.7	31.5	33.9	32.7
$s(v_1)/\bar{v}_1$	0.32	0.34	0.29	0.27	0.30
$\bar{v}_2(\text{km/h})$	34.8	33.6	39.2	35.7	37.4
$s(v_2)/\bar{v}_2$	0.33	0.32	0.27	0.27	0.29
$\frac{(v_1/v_2)}{(\bar{v}_1/\bar{v}_2)}$	1.04	1.10	0.84	0.97	0.91
$s(v_1/v_2)/(\bar{v}_1/\bar{v}_2)$	0.26	0.37	0.29	0.22	0.30
\bar{v}_1/\bar{v}_2	1.01	1.03	0.80	0.95	0.87

Tableau 15a - Statistiques de l'angle entre les directions observées à l'île Bicquette et à Mont-Joli du 01-01-1994 au 31-12-2003 (n = 69650)

**Station No 1: Île Bicquette
(705LKPQ)**

**Station No 2: Mont-Joli
(7055120)**

a) En excluant les enregistrements où V1 < 1 km/h et V2 < 1 km/h : 2785

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	15819	5500	32664	12882	66865
$\bar{\theta}_1$	56	158	234	327	255
$\bar{\theta}_2$	65	156	232	299	233
$\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2$	-10	2	2	28	22
$(\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2)$	-9	2	3	20	3
$s_o(\theta_1 - \theta_2)$	53	45	39	55	47
$S_o(\theta_1 - \theta_2)$	0.345	0.265	0.205	0.367	0.282

b) En excluant les enregistrements où V1 < 10 km/h et V2 < 10 km/h : 20360

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	10023	3049	26529	9689	49290
$\bar{\theta}_1$	55	162	235	323	255
$\bar{\theta}_2$	62	155	233	303	242
$\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2$	-7	7	2	20	13
$(\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2)$	-6	6	2	16	4
$s_o(\theta_1 - \theta_2)$	37	28	30	35	33
$S_o(\theta_1 - \theta_2)$	0.186	0.111	0.132	0.170	0.156

c) En excluant les enregistrements où V1 < 20 km/h et V2 < 20 km/h : 41643

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	4338	1222	15721	6726	28007
$\bar{\theta}_1$	52	169	236	320	261
$\bar{\theta}_2$	54	159	237	306	256
$\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2$	-2	10	-1	14	4
$(\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2)$	-2	10	0	14	3
$s_o(\theta_1 - \theta_2)$	21	17	23	21	23
$S_o(\theta_1 - \theta_2)$	0.066	0.045	0.080	0.063	0.078

Tableau 15b - Statistiques de l'angle entre les directions observées à Mont-Joli et à l'île Bicquette du 01-01-1994 au 31-12-2003 (n = 69650)

**Station No 1: Île Bicquette
(705LK PQ)**

**Station No 2: Mont-Joli
(7055120)**

a) En excluant les enregistrements où V1 < 1 km/h et V2 < 1 km/h : 2785

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	12246	13042	31100	10477	66865
$\bar{\theta}_1$	57	155	239	322	233
$\bar{\theta}_2$	52	170	242	327	255
$\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2$	5	-15	-2	-6	-22
$(\overline{\theta_1 - \theta_2})$	4	-10	-3	-8	-3
$s_o(\theta_1 - \theta_2)$	37	77	36	49	47
$S_o(\theta_1 - \theta_2)$	0.185	0.596	0.177	0.306	0.282

b) En excluant les enregistrements où V1 < 10 km/h et V2 < 10 km/h : 20360

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	8694	6869	26358	7369	49290
$\bar{\theta}_1$	55	156	239	318	242
$\bar{\theta}_2$	52	173	241	326	255
$\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2$	3	-17	-2	-8	-13
$(\overline{\theta_1 - \theta_2})$	3	-12	-3	-8	-4
$s_o(\theta_1 - \theta_2)$	26	58	28	30	33
$S_o(\theta_1 - \theta_2)$	0.097	0.402	0.115	0.127	0.156

c) En excluant les enregistrements où V1 < 20 km/h et V2 < 20 km/h : 41643

	Quadrant 1	Quadrant 2	Quadrant 3	Quadrant 4	Toutes les observations
n	4286	2241	16410	5070	28007
$\bar{\theta}_1$	51	163	242	316	256
$\bar{\theta}_2$	49	184	243	324	261
$\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2$	2	-21	-1	-8	-4
$(\overline{\theta_1 - \theta_2})$	3	-17	-2	-8	-3
$s_o(\theta_1 - \theta_2)$	17	34	23	18	23
$S_o(\theta_1 - \theta_2)$	0.044	0.165	0.078	0.048	0.078

RÉFÉRENCES

- Ancil, F. et Y. Ouellet, 1994 "*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
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
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 = %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 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
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 écriture 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);

```