

ANNEXE 7

Étude de dispersion atmosphérique des biogaz

Contexte

L'exploitation d'un lieu d'enfouissement technique entraîne inévitablement la production et l'émission à l'atmosphère de biogaz. Ils sont générés par la digestion anaérobie des matières résiduelles putrescibles enfouies. La production de biogaz peut être estimée à partir de modèles numériques. Le Modèle LandGEM a été utilisé en entrant les quantités et les caractéristiques prévues des matières résiduelles qui y seront enfouies pour les 25 années d'exploitation. Le modèle a estimé que le volume maximum de biogaz sera généré à l'année de fermeture du site prévue en 2031. Ce volume a été estimé à 7,31 Mm³ pour cette 25^e et dernière année d'exploitation. En moyenne, le volume estimé de biogaz émis pour les années 2018 à 2042 sera de 5,87 Mm³/an. Ces années représentent les 25 années de production maximale de biogaz (voir tableaux 4.19 et 4.20 du document principal).

Cette étude de dispersion atmosphérique consiste à estimer les concentrations de biogaz et de ses constituants dans l'air ambiant du site projeté afin d'en évaluer les impacts environnementaux. Plus particulièrement, les résultats de cette étude serviront à évaluer les nuisances potentielles associées aux odeurs et les effets chroniques sur la santé humaine.

L'estimation des concentrations de contaminants atmosphériques dans le milieu ambiant peut également être réalisée à l'aide de modèles numériques reconnus.

Données de base

Le lieu d'enfouissement technique sera en exploitation de 2007 à 2031 inclusivement. La zone d'enfouissement couvrira, à sa fermeture, une superficie de 14,6 hectares (146 450 m²). À son point le plus haut, le site sera en surélévation d'environ 12 m par rapport au profil du terrain naturel. Le centre de la zone d'enfouissement sera localisé aux coordonnées géodésiques (327 199, 5 205 483) de la zone 7 du système MTM Nad-83. L'angle longitudinal du site est de 45° sous la direction est, parallèle aux lignes de rangs.

Les biogaz seront évacués à l'atmosphère via des événements répartis sur l'ensemble du site. Au total, 60 événements d'une hauteur de 2,4 m seront aménagés. Chaque événement drainera une superficie moyenne d'environ 3 000 à 3500 m².

ANNEXE 7

Étude de dispersion atmosphérique des biogaz

La région de Saint-Cyrille, située sur la plateau appalachien, ne dispose pas de données météorologiques horaires représentatives. En effet, la station météorologique horaire la plus près se situe à La Pocatière et les vents y sont fortement influencés par le corridor de la vallée du fleuve Saint-Laurent. L'utilisation de ces données pourrait fausser grandement les conclusions de l'étude de dispersion puisque le site prévu du LET se situe en retrait de ce corridor. Des données quotidiennes représentatives sont cependant disponibles en provenance de la station de mesure située à Sainte-Perpétue. On observe d'ailleurs de grandes différences dans la direction et la vitesse des vents entre la station de Sainte Perpétue, située elle aussi sur le plateau appalachien et la station de Montmagny, située près du fleuve (voir roses des vents à l'annexe 7-1 du présent document).

Hypothèses de travail

La production maximum de biogaz sera de 7,31 Mm³/an et la quantité moyenne produite au cours des 25 années de plus grande production sera de 5,87 Mm³/an. Les biogaz seront émis de façon uniforme sur une surface de équivalente à 12,5 hectares (477 m x 262 m). La hauteur d'émission des biogaz est considérée à 2,4 m au-dessus du sol, soit la hauteur de sortie des événements. L'élévation du site par rapport au sol n'est pas prise en compte, pas plus que la topographie environnante.

Le biogaz est constitué à 50% de dioxyde de carbone et à 50% de méthane sur une base volumique. Les sulfures réduits totaux se retrouvent dans le biogaz sous les formes et concentrations présentées au tableau 1.

Tableau 1
Concentrations typiques de sulfures réduits totaux (SRT) dans le biogaz

Composés	Conc. volumique (ppmv)	Masse molaire (g/mol)	Conc. Massique (µg/m ³)
Sulfure d'hydrogène (H ₂ S)	35,5	34,08	49 400
Sulfure de diméthyle	7,82	62,13	19 800
Méthyle mercaptan	2,49	48,11	4 900
Total - composés de SRT			74 100

Note: Le volume molaire utilisé est de 24,5 l/mol, soit aux conditions standards de température (25 °C) et de pression (1 atm).

Source : U.S. EPA, AP-42, 1998

ANNEXE 7

Étude de dispersion atmosphérique des biogaz

Le critère à respecter afin de ne pas générer de problème d'odeurs a été fixé par le MENV à $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de sulfures réduits totaux. Ce critère inclut un facteur de sécurité déterminé par le MENV et s'applique aux limites de propriété de l'exploitant du LET. Par ailleurs, le *Règlement sur la qualité de l'atmosphère* (Q-2, r.20) fixe à $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ le contenu maximum en sulfure d'hydrogène (H_2S) de l'air ambiant, également aux limites de propriété.

Compte tenu de la faible représentativité des données météorologiques horaires disponibles, une modélisation de dispersion atmosphérique basée sur ces données horaires serait inadéquate. Afin de bien évaluer la zone d'impact potentielle associée à la dispersion des biogaz, une modélisation basée sur des conditions météorologiques critiques de dispersion est de mise. Pour ce faire, un modèle de dispersion de premier niveau est suffisant (Screen3). Il permet d'identifier les pires conditions de dispersion atmosphérique du biogaz et de calculer les concentrations maximums résultantes au droit d'un récepteur potentiel. Les résultats de cet exercice devront cependant être considérés comme des résultantes potentielles et non comme des résultantes attendues.

La quantité maximale de biogaz émise à l'atmosphère sera de $7,31 \text{ Mm}^3/\text{an}$. Ces biogaz seront émis par les événements couvrant une superficie équivalente à 12,5 hectares. On peut donc considérer que les taux d'émission moyen de l'année de plus grande production sera de $0,232 \text{ m}^3/\text{s}$ de biogaz ou $1,85 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$. Quant à la moyenne des 25 années de plus grande production, ces taux sont respectivement de $0,186 \text{ m}^3/\text{s}$ de biogaz ou $1,49 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$. Le taux d'émission de la moyenne des 25 années de plus grande production correspond à 80 % de l'année de production maximale.

Connaissant la concentration des composés présents dans le biogaz, le taux d'émission de chacun des composés peut être calculé avec facilité. En modélisant la dispersion d'un seul composant du biogaz, on peut calculer par proportion la concentration des autres composés. De même, la concentration moyenne sur 25 ans peut être obtenue par proportion de la concentration maximale (80 %).

La zone d'étude se limite à un rayon de 2 km autour du centre de la zone d'enfouissement prévue. Le récepteur potentiel peut être situé n'importe où en dehors des limites de propriété de l'exploitant du site.

ANNEXE 7

Étude de dispersion atmosphérique des biogaz

Méthodologie

La modélisation de la dispersion atmosphérique des contaminants émis par le LET prévu a été réalisée à l'aide du modèle de dispersion Screen 3. La première simulation a été réalisée en utilisant les paramètres de modélisation présentés au tableau 2 et en demandant au modèle d'utiliser les conditions atmosphériques les moins favorables à la dispersion des contaminants. Le modèle a établi que les pires conditions de dispersion se retrouvaient lorsque l'air ambiant est très stable (Classe 6) et que les vents sont très faibles (1 m/s). Lorsque la vitesse du vent augmente, le taux de dilution des contaminants augmente et les concentrations résultantes diminuent pour un récepteur donné.

Également, compte tenu de la forme rectangulaire de la zone d'enfouissement, la concentration potentielle en SRT par un point d'observation donné va varier en fonction de l'angle de ce point par rapport à l'axe longitudinal et de la zone d'enfouissement. Ainsi, en périphérie immédiate de la zone d'enfouissement, les concentrations maximales seraient enregistrées dans l'axe diagonal du site. Plus l'observateur s'éloigne du site, plus l'angle par lequel la concentration en SRT est la plus élevée par cette distance se rapporte de 0° par rapport à l'axe longitudinal de la zone d'enfouissement. Considérant ces résultats, la modélisation a consisté à répéter les simulations pour tous les angles d'un quadrant, soit de 0 à 90° par intervalle de 10° pour chacun des quadrants constituant le périmètre total du site. Pour les angles compris entre 0 et la diagonale du site, cet intervalle a été réduit à 5° pour plus de précision.

Les concentrations à la hauteur du récepteur ont été demandées pour des distances de 100 m à 2 000 m à intervalle de 100 m ainsi que la distance et la valeur de la concentration maximale pour chacune des directions de vent. Tous les résultats ont été compilés à l'aide du chiffrier Microsoft Excel.

La représentation graphique des résultats a été réalisée à l'aide du logiciel MapInfo. Les résultats de modélisation ont été transposés en coordonnées géodésiques et insérées dans le logiciel graphique pour interpolation et illustration.

ANNEXE 7
Étude de dispersion atmosphérique des biogaz

Paramètres de modélisation

Le tableau 2 présente les paramètres de modélisation utilisés pour le calcul des concentrations de contaminants dans l'air ambiant. La modélisation de référence a été effectuée pour le paramètre des sulfures réduits totaux (SRT).

La quantité de sulfures réduits totaux émis est basée sur l'année de production maximale de biogaz à la concentration de 74,1 mg/m³, ce qui représente 541,5 kg/an. Le taux d'émission de SRT, en considérant une surface d'émission de 12,5 hectares, est de $1,374 \times 10^{-7}$ g/s.m².

La hauteur du récepteur a été fixée à 1,5 m au-dessus du sol, soit la hauteur du nez d'une personne de taille moyenne.

Tableau 2
Paramètres de modélisation des émissions de SRT

Paramètre	Valeur utilisée
Taux d'émission des SRT	$1,374 \times 10^{-7}$ g/s.m ²
Hauteur de la source d'émission p/r au sol	2,4 m
Longueur de la source d'émission	477 m
Largeur de la source d'émission	262 m
Topographie	Plane
Environnement	Rural
Angle du vent p/r à l'axe longitudinal du site	Variable (0 à 90 degrés)
Vitesse du vent	1,0 m/s (3,6 km/h)
Classe de stabilité de l'air	6 (très stable)
Hauteur du récepteur p/r au sol	1,5 m
Distance du récepteur p/r au centre d'émission	100 à 2000 m

ANNEXE 7

Étude de dispersion atmosphérique des biogaz

Résultats de modélisation

Risques d'odeurs

Les concentrations de SRT les plus élevées sont obtenues sous le vent à la limite de la zone d'enfouissement. Les concentrations maximales se retrouvent au quatre (4) coins de la zone d'enfouissement lorsque le vent est très faible (3,6 km/h) et dans les directions des diagonales de l'aire d'enfouissement (28° de part et d'autre de l'axe longitudinal), soit lorsque ces vents souffleront des directions 107°, 163°, 287° ou 343° de la rose des vents. Cette concentration peut atteindre 10,5 µg/m³ à ces endroits. Les concentrations diminuent ensuite en fonction de la distance du récepteur. Les résultats de la simulation du pire scénario sont présentés en annexe 7-2 du présent document.

Les résultats de simulations pour les différents angles du vent ont été transposés sous forme graphique (environ 1200 données). La figure 1 (annexe 7-3) illustre les concentrations maximales horaires possibles autour du LET, dans les pires conditions de dispersion atmosphériques, soit par vent très faible dans la direction du récepteur virtuel. Il faut bien saisir que pour un récepteur donné, la concentration présentée pourrait ne jamais s'observer puisqu'il est nécessaire qu'un ensemble de conditions atmosphériques soient présentes pour engendrer cette concentration au point de réception.

À l'aide de la figure 1, on peut observer que les plus fortes concentrations de SRT se retrouveront dans l'axe longitudinal du site lorsqu'un vent très faible soufflera des quadrants sud-est ou nord ouest. On peut également observer que les vents en provenance du sud-ouest ou du nord-est génèreront des concentrations moindres au droit du récepteur. De plus, malgré ces hypothèses de calcul pessimistes, aucun dépassement du critère de qualité de 6 µg/m³ de sulfures réduits totaux n'est attendu hors des limites de propriété. *A fortiori*, le critère de 14 µg/m³ de H₂S du *Règlement sur la qualité de l'atmosphère* sera également toujours respecté.

Enfin, les seuls récepteurs réels des contaminants atmosphériques sont les utilisateurs des chalets situés au sud-sud-ouest du LET prévu. Les concentrations maximales attendues à ces endroits sont de l'ordre de 2 µg/m³, soit trois fois moins que le critère de qualité applicable.

ANNEXE 7

Étude de dispersion atmosphérique des biogaz

Risques sur la santé humaine

Les risques pour la santé humaine peuvent être évalués en estimant les risques d'exposition plus ou moins prolongée à certains composés organiques volatils (COV). Les facteurs de dilution déterminés par simulation par les composés de sulfures réduits totaux (SRT) sont applicables aux COV. De la même façon, les facteurs calculés considèrent les conditions climatiques les plus pessimistes possibles.

Les plus récents documents de l'EPA¹ ont été utilisés pour fixer les concentration en COV du biogaz. Pour la modélisation, les facteurs de dilution calculés pour la concentration en composés de SRT ont été appliqués aux autres composés volatils que contient le biogaz en considérant, soit le taux de génération de biogaz de l'année de production maximale, soit le taux de génération moyen des vingt-cinq (25) années de plus grande production. Sur cette base, rappelons que la concentration maximale horaire potentielle des composés de SRT aux limites de propriété serait de 6,0 µg/m³ pour l'année de production maximale et de 4,8 µg/m³ pour les 25 années de plus grande production. Ces valeurs correspondent à des taux de dilution respectifs de 12 350 et 15 437.

Les données annuelles calculées sur cette base représentent toutefois des valeurs très pessimistes puisqu'elles correspondraient au résultat d'un vent très faible qui soufflerait en permanence à partir du sud-est durant toute l'année, ce qui est statistiquement impossible. Toutefois, ne pouvant estimer la valeur recherchée avec précision, l'exposition prolongée aux contaminants contenus dans les biogaz sera tout de même évaluée à partir de cette méthode.

Les valeurs potentielles calculées aux limites de propriété sont comparées aux critères de qualité de l'air du MENV² pour chacun des composés organiques volatils. Les résultats sont présentés au tableau 3.

Ces résultats montrent que les concentrations probables de ces composés dans l'air ambiant aux limites de propriété sont nettement inférieures aux critères du MENV, à l'exception de l'acrylonitrile. Pour ce paramètre, la concentration calculée est pour le moment jugée acceptable par le MENV³, qui est à réviser actuellement la procédure et les critères d'analyse pour les aspects de qualité de l'air.

¹ Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP-42, Fifth Edition, Volume I: *Stationary Point and Area Sources*, novembre 1998.

² Critères de qualité de l'air. Fiches synthèses. Ministère de l'Environnement. Direction du suivi de l'environnement. Service des avis et des expertises. Mai 2002.

³ Communication personnelle.

ANNEXE 7

Étude de dispersion atmosphérique des biogaz

Tableau 3 Concentrations probables maximales et moyennes des COV dans l'air ambiant à la limite de propriété

Composés organiques volatils (COV)	Conc. volumique	Masse molaire	Conc. massique ⁽¹⁾	Conc. probable air ambiant ⁽²⁾	Conc. probable air ambiant ⁽³⁾	Critères MENV	Conc. probable air ambiant	Critères MENV	Conc. probable air ambiant	Critères MENV	Conc. probable air ambiant	Conc. probable air ambiant	Critères MENV
	AP-42 (ppmv)	(g/mol)	AP-42 (µg/m ³)	production max 1 heure (µg/m ³)	production moy 1 heure (µg/m ³)	1 h (µg/m ³)	production max 15 min ⁽⁴⁾ (µg/m ³)	15 min (µg/m ³)	production max 8 hrs ⁽⁴⁾ (µg/m ³)	8 hrs (µg/m ³)	production max an ⁽⁵⁾ (µg/m ³)	production moy an ⁽⁵⁾ (µg/m ³)	an (µg/m ³)
Acétone	7,01	58,08	16,62	1,3456	1,0765						0,0538	0,0431	100
Acrylonitrile	6,33	53,06	13,71	1,1100	0,8880						0,0444	0,0355	0,01
Bromodichlorométhane	3,13	163,83	20,93	1,6948	1,3558						0,0678	0,0542	1
2-Butanone	7,09	72,11	20,87	1,6897	1,3518	1 300	2,2296	5 800			0,0676	0,0541	500
Carbone, bisulfure de	0,58	76,14	1,80	0,1460	0,1168		0,1926	50			0,0058	0,0047	700
Carbone, monoxyde de	141	28,01	161,20	13,0527	10,4421	34 000			8,6117	12 700	0,5221	0,4177	
Chlorobenzène	0,25	112,56	1,15	0,0930	0,0744						0,0037	0,0030	2,1
Chloroéthane	1,25	64,52	3,29	0,2665	0,2132		0,3517	11 000			0,0107	0,0085	500
Chloroforme	0,03	119,38	0,15	0,0118	0,0095						0,0005	0,0004	0,04
1,2-Dibromoéthane	0,001	187,88	0,01	0,0006	0,0005						0,00002	0,00002	0,005
p-Dichlorobenzène	0,21	147	1,26	0,1020	0,0816		0,1346	730			0,0041	0,0033	95
1,1-Dichloroéthane	2,35	98,96	9,49	0,7686	0,6149						0,0307	0,0246	120
1,2-Dichloroéthane	0,41	98,96	1,66	0,1341	0,1073						0,0054	0,0043	0,04
Dichlorométhane	14,3	84,94	49,58	4,0144	3,2115						0,1606	0,1285	2
1,2-Dichloropropane	0,18	112,99	0,83	0,0672	0,0538						0,0027	0,0022	4
Éthylbenzène	4,61	106,16	19,98	1,6174	1,2939		2,1342	10 000			0,0647	0,0518	200
n-Hexane	6,57	86,18	23,11	1,8713	1,4970						0,0749	0,0599	10
Hydrogène, sulfure d'	35,5	34,08	49,38	3,9985	3,1988						0,1599	0,1280	2
Mercure, vapeur de	2,92E-04	200,61	0,002	0,0002	0,0002						0,00001	0,00001	0,15
Méthylisobutylcétone	1,87	100,16	7,64	0,6190	0,4952						0,0248	0,0198	1500
1,1,2,2-Tétrachloroéthane	1,11	167,85	7,60	0,6158	0,4926						0,0246	0,0197	0,05
Tétrachloroéthylène	3,73	165,83	25,25	2,0443	1,6354						0,0818	0,0654	2
1,1,1-Trichloroéthane	0,48	133,41	2,61	0,2116	0,1693						0,0085	0,0068	1100
Trichloroéthène	2,82	131,4	15,12	1,2247	0,9797						0,0490	0,0392	0,07
Vinyle, chlorure de	7,34	62,5	18,72	1,5162	1,2129						0,0606	0,0485	0,1
Vinylidène, chlorure de	0,2	96,94	0,79	0,0641	0,0513						0,0026	0,0021	0,02
o-m-p-Xylène	12,1	106,16	52,43	4,2454	3,3963		5,6018	1 500			0,1698	0,1359	1 000

(1) Évaluée aux conditions standards de température et de pression.

(2) Établi en fonction du facteur de dilution de 12 350. Donc pour une concentration équivalente à 6,0 µg/m³ en composés de SRT aux limites de propriété.

(3) Établi en fonction du facteur de dilution de 15 437. Donc pour une concentration équivalente à 4,8 µg/m³ en composés de SRT aux limites de propriété.

(4) Concentrations calculées à partir des concentrations horaires à l'aide de la formule suivante: $C_1/C_2 = (T_2/T_1)^{0,2}$ où

C_1 = concentration sur l'intervalle de temps 1

C_2 = concentration sur l'intervalle de temps 2

T_1 = intervalle de temps 1

T_2 = intervalle de temps 2

(5) Concentrations correspondant aux concentrations horaires divisées par un facteur de 25 (recommandation du MENV).

ANNEXE 7

Étude de dispersion atmosphérique des biogaz

Conclusion

Le critère de qualité de $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de sulfures réduits totaux a été établi par le ministère de l'Environnement du Québec afin d'assurer un respect de la qualité de l'air, en terme d'odeurs, aux environs d'un lieu d'enfouissement. Le respect de ce critère, même dans les conditions de dispersion atmosphérique les plus défavorables, appuie les conclusions à l'effet que les nuisances d'odeurs au-delà des limites de propriété du LET de Saint-Cyrille seront absentes. Dans un tel contexte, il n'est pas pertinent de quantifier la fréquence des nuisances d'odeurs puisqu'elles sont considérées inexistantes en vertu des résultats de l'étude de modélisation de la dispersion des gaz malodorants (SRT). De même, le critère de $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de H_2S du *Règlement sur la qualité de l'atmosphère* sera toujours respecté.

L'évaluation des concentrations des autres contaminants atmosphériques associés au biogaz a été obtenue par proportionnalité. Les résultats de l'évaluation indiquent que les critères de qualité applicables seront respectés aux limites de propriété, et ce malgré des hypothèse de calcul pessimistes à outrance.

De plus, les seuls récepteurs répertoriés sont situés à plus de 800 m au sud-sud-ouest du LET prévu. Ces récepteurs bénéficient d'un facteur de dilution supplémentaire de 3 par rapport au point de concentration le plus élevé aux limites de propriété. Ainsi un facteur de sécurité supplémentaire de 3 s'applique à ces récepteurs pour des concentrations maximum.

En outre, selon les données météorologiques de la station de Sainte-Perpétue, la fréquence des vents provenant du quadrant nord-est, direction du vent pouvant souffler les biogaz vers ces récepteurs, est de l'ordre de 5 à 10 % (voir annexe 7-1), sans égard à la vitesse du vent. Ainsi l'évaluation de l'exposition prolongée aux contaminants atmosphériques associés aux biogaz cache un facteur de sécurité de 45 en ce qui concerne les utilisateurs des chalets au sud-sud-ouest du LET prévu, sans même considérer une occupation saisonnière ou sporadique des lieux.

ANNEXE 7-1
Données de stations météorologiques

ANNEXE 7-1
Étude de dispersion atmosphérique des biogaz

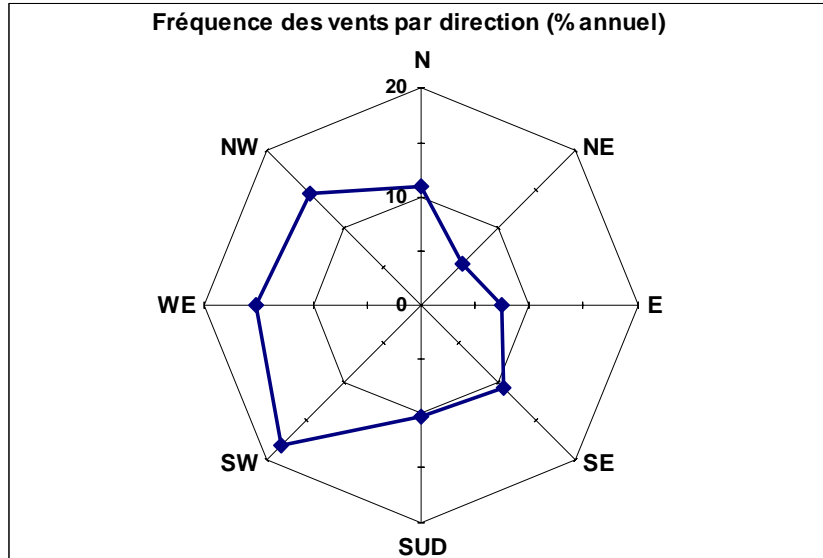


Figure 7-1
Fréquence des vents par direction, base annuelle, pour la station météorologique de Sainte-Perpétue

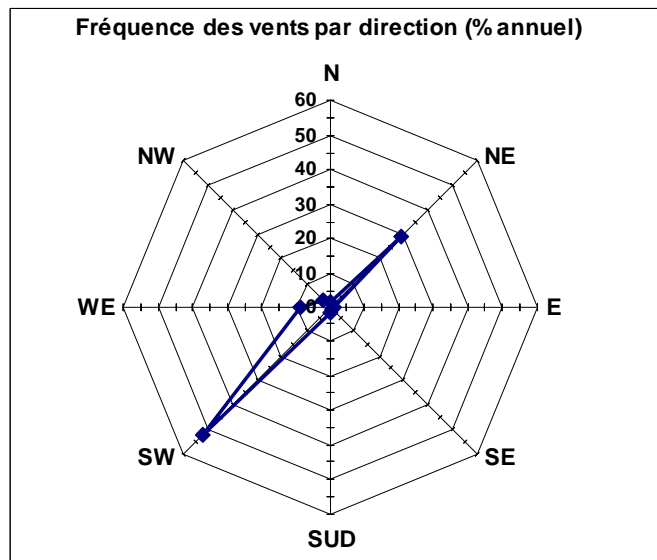


Figure 7-2
Fréquence des vents par direction, base annuelle, pour la station météorologique de Montmagny

ANNEXE 7-2
Résultats des simulations avec le logiciel Screen 3

ANNEXE 7-3

***Carte des résultats des simulations pour le panache
d'émission des composés de soufre réduit totaux***
