

# L'ATMOSPHÈRE TERRESTRE SES ENNEMIS ET LEUR CONTRÔLE

par

**Claude Toutant**

*professeur*



Ouvrage réalisé sous la responsabilité  
du Cégep de Saint-Laurent

TÉKNIX

Éditions Odile Germain

G 12767

# Table des sujets

<b>Chapitre 1 – Introduction à la pollution atmosphérique</b>	<b>1</b>
1.1. La pollution atmosphérique à travers les âges	1
1.2. La pollution naturelle	3
1.3. La pollution artificielle	3
1.4. Conséquences pour la biosphère	5
<b>Chapitre 2 – Composition de l’atmosphère</b>	<b>9</b>
2.1. Les éléments de l’homosphère	9
2.2. Les couches de l’homosphère	10
2.3. Le climat dans l’atmosphère	12
<b>Chapitre 3 – Les principaux polluants atmosphériques</b>	<b>13</b>
3.1. Vocabulaire	13
3.2. Unités de mesure	14
3.3. Les principaux polluants atmosphériques	15
3.3.1. Les particules aéroportées	15
A. Généralités	15
B. Classification générale des particules	15
C. Caractéristiques physico-chimiques et comptage des particules aéroportées	16
3.3.2. Les composés du carbone	17
A. L’oxyde de carbone	17
B. Le gaz carbonique	18
C. Les hydrocarbures	19
3.3.3. Les composés du soufre	21
A. L’anhydride sulfureux	21
B. L’hydrogène sulfuré et les mercaptans	22
3.3.4. Les composés de l’azote	22
3.3.5. Le smog oxydant	24
3.3.6. Le smog acide	26
3.3.7. Les pluies acides	28
3.4. Polluants particuliers	31
3.4.1. Le plomb	31
3.4.2. Le mercure	33
3.4.3. Les fluorures	34
3.4.4. L’acide chlorhydrique	35
3.4.5. La combustion des PCB	35
3.5. Autres formes de pollution de l’air	36
3.5.1. Les odeurs	36
3.5.2. Les matières radioactives	36

<b>Chapitre 4 – Origines des polluants atmosphériques</b>	<b>37</b>
4.1. La pollution causée par l'homme	37
4.1.1. Nature et quantité des rejets dans la troposphère	37
4.1.2. Émissions artificielles au Canada	38
4.1.3. Émissions artificielles au Québec	40
4.1.4. Méthodes d'évaluation	44
4.2. Les procédés industriels	45
4.2.1. Apports et rejets	45
4.2.2. Étude de cas spécifiques	46
A. Les centrales thermiques	46
B. Les incinérateurs	46
C. Les alumineries	47
D. L'industrie des pâtes et papiers	48
E. Les cimenteries	48
F. Les raffineries de pétrole	49
G. L'industrie chimique	50
H. L'industrie métallurgique	50
I. Les produits finis polluants	51
4.3. Les véhicules à moteur	51
4.4. La combustion	53
4.4.1. La chimie-physique de la combustion	53
4.4.2. Les combustibles	56
4.4.3. Les appareils de combustion	57
<b>Chapitre 5 – Effets de la pollution atmosphérique</b>	<b>59</b>
5.1. Effets sur l'homme	59
5.1.1. Le système respiratoire en danger	59
A. Le système respiratoire	60
B. Méthodes de recherche	61
C. Enquête épidémiologique	61
5.1.2. Mortalité et morbidité dues à l'air vicié	62
5.1.3. Effets spécifiques de contaminants choisis	63
5.2. Effets sur les animaux	64
5.3. Effets sur la végétation	65
5.4. Effets sur les matériaux	67
5.5. Effets sur l'atmosphère	67
5.6. Les microbes dans l'air	68
5.7. Conséquences économiques de la pollution de l'air	69
<b>Chapitre 6 – Dynamique de l'atmosphère et pollution atmosphérique</b>	<b>71</b>
6.1. Principaux paramètres météorologiques	71
6.1.1. Mesures de surface	71
A. La température	71
B. La pression atmosphérique	72
C. Le vent	73
D. L'humidité atmosphérique	75
E. Les précipitations	75
F. Les masses d'air, les fronts et les cyclones norvégiens	77
6.1.2. Mesures en altitude	79
6.2. Élimination naturelle des polluants atmosphériques	82
6.2.1. Dispersion et élimination des polluants aériens	82
6.2.2. Étendue des phénomènes de pollution et de dépollution	82

6.3.	La stabilité de l'air .....	82
6.3.1.	Processus liés à la stabilité de l'air .....	82
6.3.2.	La stabilité de l'air et son effet sur la pollution atmosphérique .....	84
6.3.3.	Les inversions de température .....	85
6.3.4.	Le vent, la turbulence et la stabilité de l'air .....	87
6.3.5.	Les conditions cycloniques, anticycloniques et la stabilité de l'air .....	87
6.4.	Les types de vent et la pollution atmosphérique .....	87
6.5.	La dispersion des polluants dans l'atmosphère .....	89
6.5.1.	Facteurs favorisant la dispersion atmosphérique .....	89
6.5.2.	Modélisation de la dispersion atmosphérique .....	90
6.6.	Le transport à longue distance des polluants atmosphériques .....	91
 <b>Chapitre 7 – Lois et règlements</b>		<b>93</b>
7.1.	Législation canadienne .....	94
7.2.	Législation québécoise .....	96
7.3.	Règlements montréalais .....	97
 <b>Chapitre 8 – Contrôle de la pollution atmosphérique</b>		<b>101</b>
8.1.	Traitement des émissions de particules .....	102
8.1.1.	Les collecteurs mécaniques .....	103
8.1.2.	Les dépoussiéreurs hydrauliques .....	104
8.1.3.	Les précipitateurs électrostatiques .....	105
8.1.4.	Les dépoussiéreurs à sec .....	107
8.2.	Traitement des gaz polluants .....	108
8.2.1.	Absorption des gaz polluants .....	108
8.2.2.	Adsorption des gaz polluants .....	109
8.2.3.	Combustion des gaz polluants .....	111
8.3.	Traitement des émissions des véhicules à moteur .....	113
8.4.	Autres méthodes .....	114
 <b>Chapitre 9 – Échantillonnage et mesure dans l'air ambiant</b>		<b>117</b>
9.1.	Les réseaux de surveillance de la qualité de l'air au Canada .....	117
9.1.1.	Le réseau canadien .....	117
9.1.2.	Le réseau québécois .....	121
9.1.3.	Le réseau de la CUM .....	121
9.2.	Échantillonnage et mesure des poussières .....	122
9.2.1.	Méthode de la jarre à poussières .....	122
9.2.2.	Échantillonnage à grand débit .....	123
9.2.3.	Mesure de l'indice de souillure .....	125
9.2.4.	Autres méthodes .....	126
	A. Granulométrie des poussières .....	126
	B. Les poussières inspirables .....	128
9.3.	Échantillonnage et mesure des polluants gazeux .....	128
9.3.1.	L'anhydride sulfureux .....	128
	A. Méthode à la pararosaniline .....	128
	B. Autres méthodes .....	130
9.3.2.	L'hydrogène sulfuré .....	132
	A. Méthode par chromatographie en phase gazeuse .....	132
	B. Méthode à l'acétate de plomb .....	132
	C. Méthode par fluorescence dans l'UV .....	133
9.3.3.	L'oxyde de carbone .....	133
9.3.4.	Les oxydes d'azote .....	134
	A. Méthode par chimiluminescence .....	134
	B. Méthode de Saltzman .....	136

9.3.5.	L'ozone .....	137
	A. Méthode par chimiluminescence .....	137
	B. Méthode dans l'ultraviolet .....	139
9.4.	Échantillonnage et mesure de polluants particuliers .....	139
9.4.1.	Le plomb particulaire .....	139
9.4.2.	Les fluorures .....	139
9.4.3.	Les principaux hydrocarbures .....	140
	A. Les composés organiques volatils .....	140
	B. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques .....	140
9.5.	Mesure de l'opacité d'un panache de fumée .....	140
9.5.1.	Théorie .....	140
9.5.2.	Évaluation .....	141
	A. Échelle de Ringelmann .....	141
	B. Estimation à l'œil nu .....	142
 <b>Chapitre 10 – Le train d'échantillonnage – Mesures et appareils</b>		<b>143</b>
10.1.	Formules mathématiques de base .....	143
10.1.1.	La concentration du polluant, $\rho_s = m/V$ .....	144
10.1.2.	Le débit dans la cheminée, $q_s = u_s \cdot A_s$ .....	145
10.2.	L'échantillonnage – Généralités .....	148
10.3.	Appareils de mesure .....	150
10.3.1.	Les températures .....	150
10.3.2.	Les pressions .....	151
	A. Les manomètres .....	152
	B. Les tubes de Pitot .....	154
	C. La pression au débitmètre .....	156
10.3.3.	Le volume de gaz échantillonné .....	157
	A. Le rotamètre .....	157
	B. Le compteur de gaz .....	158
10.3.4.	Masse molaire sèche du gaz porteur .....	161
10.3.5.	La vapeur d'eau .....	162
10.4.	Appareils de prélèvement .....	163
10.4.1.	Les pompes .....	163
10.4.2.	La sonde .....	163
10.4.3.	Les barboteurs .....	164
10.4.4.	Prélèvement d'un polluant gazeux .....	164
10.4.5.	Autres précisions .....	164
	A. Conditionnement de l'échantillon .....	164
	B. L'isocinétisme .....	165
10.5.	Équipement typique .....	165
 <b>Chapitre 11 – L'échantillonnage préliminaire</b>		<b>167</b>
11.1.	Planification d'un échantillonnage à la source .....	167
11.1.1.	Visites et préparatifs .....	167
11.1.2.	Détermination du niveau et du nombre de points de mesure .....	168
	A. Emplacement des hublots .....	168
	B. Nombre de points de mesure .....	169
	C. Rapport diamètre/point de turbulence .....	169
	D. Emplacement des points de mesure .....	170
	E. Cas particuliers .....	170
11.2.	Données fournies par le test préliminaire .....	172
11.2.1.	Masse molaire du mélange dans la cheminée .....	172
11.2.2.	Conditions isocinétiques et diamètre de buse .....	172

**Chapitre 12 – L'échantillonnage à la source des polluants majeurs**

**175**

12.1. Échantillonnage et dosage des polluants gazeux .....	175
12.1.1. L'anhydride sulfureux, SO <sub>2</sub> .....	175
12.1.2. Les oxydes d'azote, NO <sub>x</sub> .....	177
12.1.3. Le monoxyde de carbone, CO .....	178
12.1.4. L'acide chlorhydrique, HCl .....	180
12.1.5. Les composés organiques .....	181
A. Méthode globale de la CUM .....	181
B. Mesure des composés semi-volatils (Environnement Canada) .....	182
C. Mesure des composés volatils .....	183
12.2. Particules solides – Dernières remarques .....	184
12.2.1. Méthodes normalisées des autorités canadiennes .....	184
A. Données, formulaires et rapport .....	185
B. Problèmes particuliers .....	186
12.2.2. Emploi d'une autre méthode .....	187
12.3. Sécurité au travail et techniques récentes .....	187
12.3.1. Santé et sécurité au travail .....	187
12.3.2. Surveillance en continu des émissions en provenance de sources fixes .....	188
12.3.3. Avenues nouvelles dans la mesure des polluants atmosphériques .....	189

**Travaux de laboratoire**

**191**

A. Particules aéroportées .....	192
1. Particules sédimentables .....	192
2. Indice de souillure .....	194
3. Échantillonneur à grand débit .....	195
B. Météorologie .....	198
4. Mesure de paramètres (Station météo compacte) .....	198
5. Mesure de paramètres (Station météo régulière) .....	199
C. Polluants gazeux dans l'air ambiant .....	200
6. Hydrogène sulfuré, H <sub>2</sub> S .....	202
7. Anhydride sulfureux, SO <sub>2</sub> .....	209
8. Composés soufrés .....	212
9. Monoxyde et dioxyde d'azote .....	214
D. Rotamètre .....	214
10. Calibration d'un rotamètre .....	216
E. Masse molaire de gaz de combustion .....	219
11. Analyseur Orsat .....	221
12. Moniteur portable et tubes colorimétriques .....	228
F. Échantillonnage à la source .....	230
13. Le test préliminaire .....	230
14. Échantillonnage isocinétique .....	237
15. Mesure des oxydes d'azote .....	239
Travaux de recherche .....	239
Bibliographie .....	245
Index .....	250
Abréviations .....	250