

Record Number:

Author, Monographic: Delmas, V.//Jones, H. G.

Author Role:

Title, Monographic: Évaluation d'une méthodologie pour la détermination du taux de sédimentation de dépôt sec des polluants acides sur le couvert de neige à la station Capmon, forêt Montmorency, Québec

Translated Title:

Reprint Status:

Edition:

Author, Subsidiary:

Author Role:

Place of Publication: Québec

Publisher Name: INRS-Eau

Date of Publication: 1985

Original Publication Date: Mars 1985

Volume Identification:

Extent of Work: 98

Packaging Method: pages incluant 4 annexes

Series Editor:

Series Editor Role:

Series Title: INRS-Eau, Rapport de recherche

Series Volume ID: 183

Location/URL:

ISBN: 2-89146-181-9

Notes: Rapport annuel 1984-1985

Abstract: Rapport rédigé pour Environnement Canada
15.00\$

Call Number: R000183

Keywords: rapport/ ok/ dl

ÉVALUATION D'UNE MÉTHODOLOGIE
POUR LA DÉTERMINATION DU TAUX
DE SÉDIMENTATION DE DÉPÔT SEC
DES POLLUANTS ACIDES SUR LE COUVERT
DE NEIGE À LA STATION CAPMON,
FORÊT MONTMORENCY, QUÉBEC

par

V. Delmas

et

H.G. Jones

INRS-Eau
C.P. 7500
Sainte-Foy (Québec)
G1V 4C7

Rapport scientifique no. 183

Mars 1985

TABLE DES MATIÈRES

	<u>Page</u>
1. INTRODUCTION.....	1
2. METHODOLOGIE DE L'ETUDE.....	5
2.1 Description du site.....	5
2.2 Techniques de prélèvement.....	5
2.3 Analyses de laboratoire.....	7
2.3.1 Préparation des échantillons pour analyse.....	7
2.3.2 pH.....	9
2.3.3 Conductivité.....	9
2.3.4 Anions (Cl ⁻ , PO ₄ ⁼ , SO ₄ ⁼ , NO ₃ ⁻).....	9
2.3.5 Métaux.....	10
2.3.6 Azote ammoniacal.....	10
2.3.7 Précision des mesures au laboratoire: ions majeurs....	10
2.4 Validation des mesures.....	12
2.5 Inventaire des données disponibles.....	12
2.6 Traitement des données.....	16
2.6.1 Analyse statistique.....	16
2.6.1.1 Test de normalité des distributions journalières des concentrations.....	16
2.6.1.2 Analyse de variance.....	16
2.6.2 Calcul des dépôts secs par la méthode des analyses successives.....	19
2.6.3 Utilisation des résultats du modèle de Sheih pour la détermination des flux de dépôt sec.....	22
3. RESULTATS ET DISCUSSION.....	25
3.1 Première période.....	25
3.1.1 Calcul du flux de sédimentation entre le 19 et le 21 décembre	25
3.1.2 Flux de sédimentation obtenus par le modèle de Sheih..	28
3.1.3 Comparaison des résultats des deux méthodes.....	31
3.1.4 Bilan du dépôt sec et du dépôt humide le 22 décembre .	34
3.2 Deuxième période.....	37
3.2.1 Bilan du 20 au 21 janvier.....	41
3.2.3 Echantillonnage du 22 janvier et influence du vent....	44
3.2.4 Echantillonnage du 23 janvier.....	45
3.3 Analyse de la 4 ^{ième} période.....	45
3.3.1 Influence du vent sur la qualité de la chute de neige.	45
3.4 Analyse de la 5 ^{ième} période.....	51
4. SYNTHESE ET RECOMMANDATION.....	55
5. RÉFÉRENCES.....	57
ANNEXES.....	

LISTE DES TABLEAUX

	<u>Page</u>
1. Méthodologie d'analyses physico-chimiques de la neige, lac Laflamme.....	11
2. Campagne d'échantillonnage, en vue de constituer la banque de données pour l'hiver 1983-1984, forêt Montmorency.....	13
3. Conditions expérimentales de la 1ère période (19-22 décembre 1983), forêt Montmorency.....	26
4. Différences moyennes statistiquement significatives (exprimées en $\mu\text{eq l}^{-1}$) pour la période 1.....	27
5. Comparaison des flux de dépôts secs mesurés et donnés par le modèle de Sheih (exprimées en $\mu\text{eq m}^{-2} \text{j}^{-1}$) pour la période 1.....	29
6. Vitesse de sédimentation (cm s^{-1}) donnée par le modèle de Sheih entre le 19 et le 21 décembre 1983.....	30
7. Concentrations mesurées nécessaires au bilan et comparaison avec les valeurs calculées pour le 22 décembre ($\mu\text{eq l}^{-1}$).....	36
8. Conditions expérimentales de la 2ième période (18-23 janvier), forêt Montmorency.....	38
9. Comparaison de la qualité de la neige recueillie simultanément dans le collecteur standard à la station CAPMoN et au sol sur le plastique les 19 et 20 janvier 1984, forêt Montmorency.....	40
10. Tableau comparatif entre les différences des concentrations calculées pour la période du 20-21 janvier (ΔC) et les écarts types du 20 janvier 1985 (exprimées en $\mu\text{eq l}^{-1}$) pour la période 2.....	43
11. Conditions expérimentales de la 4ème période (29 février - 5 mars 1984), forêt Montmorency.....	46
12. Nombre d'échantillons (n) nécessaires pour la mise en évidence de taux de dépôt sec (D) identiques à ceux mesurés lors de la première période rapportés au volumes échantillonnés le 29 février et, à titre comparatif, l'écart type des distributions pour cette dernière date, pour la période 4.....	49
13. Conditions expérimentales de la 5ème période (14-16 mars), forêt Montmorency.....	52
14. Concentrations moyennes journalières observées avant la 5ième période	53

LISTE DES FIGURES

	<u>Page</u>
1. Localisation du bassin du lac Laflamme.....	2
2. Stations de prélèvement de neige, lac Laflamme.....	6
3. Synthèse des données météorologiques relevées à la station de la forêt Montmorency (vent et tempé- rature) et à la station CAPMoN (précipitations) de décembre 1983 à mars 1984 et direction du vent lorsque la vitesse dépasse 6 Km h ⁻¹	15

RÉSUMÉ

Pendant l'hiver 1983-1984 des séries de mesures sur l'évolution des concentrations des polluants atmosphériques (NO_3^- , SO_4^{2-} , H^+ , NH_4^+) dans le couvert de neige à la station CAPMoN au lac Laflamme ont permis le calcul du taux de sédimentation des dépôts secs pendant une période présentant des conditions météorologiques stables. Par une analyse statistique des données on a déterminé un flux net de NO_3^- de $40 \mu\text{eq m}^{-2}\text{j}^{-1}$ et de $7 \text{m}^{-2}\text{j}^{-1}$ pour SO_4^{2-} .

La comparaison entre ces valeurs et celles calculées à partir du modèle de Sheih laisse présager que le phénomène de sédimentation de NO_x et de SO_2 et l'oxydation ultérieure de ces substances en NO_3^- et SO_4^{2-} respectivement jouent un rôle appréciable dans la dynamique de ces espèces ioniques dans le couvert de neige. Dans les cas de périodes à turbulence atmosphérique élevée, l'hétérogénéité de la distribution des polluants dans le couvert résultant de la redistribution de neige ainsi que le nombre restreint des échantillons recueillis rendent la détermination du flux impossible.

Ceci réduit considérablement les possibilités d'utilisation de cette méthode de mesure des dépôts secs.

Référence à citer:

Delmas, V. et H.G. Jones. Évaluation d'une méthodologie pour la détermination du taux de sédimentation de dépôt sec des polluants acides sur le couvert de neige à la station CAPMoN, Forêt Montmorency, Québec. INRS-Eau, rapport scientifique no 183, 59p., 4 annexes. (Pour Environnement Canada).

1. INTRODUCTION

Le phénomène contemporain des pluies acides a pris une telle ampleur dans la région du nord-ouest de l'Amérique (Likens et Butler, 1981) que les répercussions de ces retombées sur les bassins versants à faible capacité de tampon se font déjà sentir à plusieurs niveaux des écosystèmes (Wright, 1983). Dans le bassin versant du lac Laflamme, assis sur le bouclier canadien du Québec (figure 1), les concentrations élevées des polluants acides dans la neige (Jones, 1984) et, par la suite, dans les eaux de fonte (Jones et al., 1984), contribuent à l'abaissement de la valeur du pH des eaux courantes au printemps (Charette et al., 1984) à un niveau jugé néfaste pour la faune et la flore aquatique en général.

Il s'avère donc qu'une partie importante de la problématique canadienne des études environnementales sur les pluies acides vise l'acquisition des connaissances sur le couvert de neige comme réservoir des particules acides atmosphériques (aérosols; H^+ , NH_4^+ , SO_4^{2-} , NO_3^-) apportées soit par sédimentation de dépôts secs (captage superficiel des particules acides $\approx 1 \mu m$ et/ou du gaz, SO_2 , en continu), soit par les dépôts humides (les événements discrets de précipitation) pour les périodes avant et pendant la fonte.

Les variations physico-chimiques d'un couvert de neige peuvent se montrer appréciables dans des périodes de temps très courtes, ce qui rend difficile la distinction entre les deux types d'apports et leur contribution relative à l'acidité de la neige au sol. Il s'avère, toutefois, que pendant

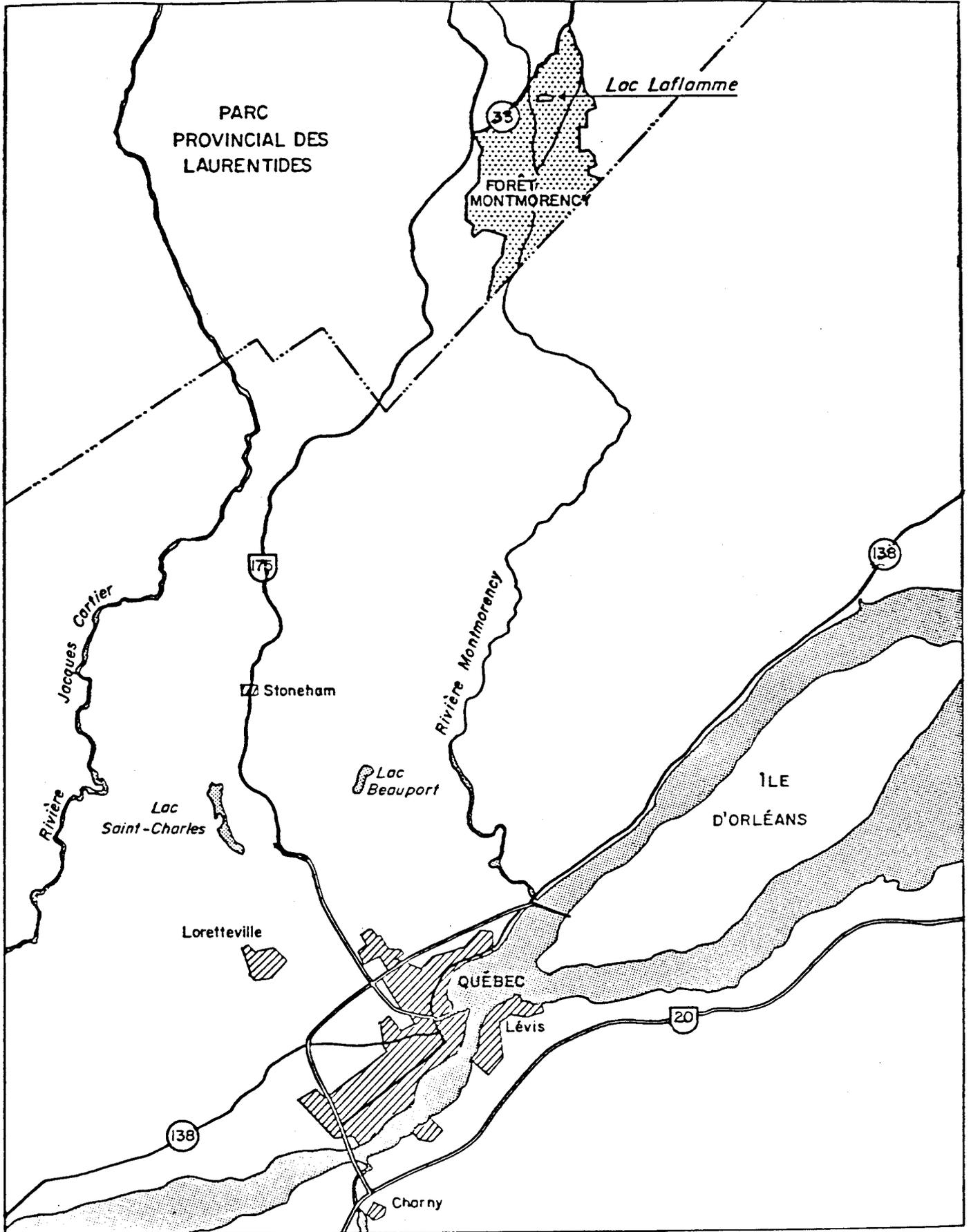


Figure 1. Localisation du lac Laflamme.

les périodes froides, le taux de transport des polluants acides à travers la neige est relativement bas et la dynamique physico-chimique du couvert se trouve considérablement ralentie. Ainsi, l'évolution de la charge totale en H^+ , NH_4^+ , SO_4^{2-} et NO_3^- ($m\ l^{-2}\ t^{-1}$) de la neige au sol doit être concomitante avec les apports atmosphériques, c'est-à-dire l'intégrale des taux des apports humides et des apports secs pendant les périodes sous étude.

Les apports humides (neige) étant plus faciles à échantillonner par événement particulier, ils sont généralement déterminés par des mesures d'analyse directe. Par contre, le phénomène de sédimentation des dépôts secs est plus complexe et sa quantification sur la couverture neigeuse est très difficile.

Théoriquement, on considère que le flux de dépôt sec est proportionnel à la concentration de la substance dans l'air, la constante de proportionnalité étant la vitesse de sédimentation. Cette vitesse dépend de plusieurs facteurs comme la turbulence atmosphérique, les caractéristiques de la surface et la substance considérée. C'est pourquoi, sur une surface de neige sèche, dans un état stable, on pourrait s'attendre à obtenir à peu près la même valeur de vitesse de sédimentation quelle que soit la méthode de mesure. Pourtant, les vitesses estimées rapportées dans la littérature diffèrent parfois de deux ordres de grandeur pour une même espèce chimique.

En ce qui concerne la méthode d'estimation des flux de dépôt sec par des analyses successives de la neige de surface, nous constatons, dans les

travaux antérieurs (Dovland et Eliassen, 1977), que les auteurs n'ont pas pris en compte l'hétérogénéité des dépôts atmosphériques (secs et humides) sur le sol (Jones et al., 1984). Un échantillonnage plus intensif et un traitement statistique des données sont indispensables pour mieux définir la composition initiale de la neige de surface et par la suite évaluer les changements significatifs de cette composition dans le temps. Les objectifs de l'étude présentée ci-après sont l'estimation des taux de dépôt sec sur un couvert de neige stable, par un suivi de la qualité de la neige de surface et l'évaluation de la méthodologie proposée par comparaison avec les résultats issus de la modélisation mathématique de Sheih (Sheih et al., 1979).

2. MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE

2.1 DESCRIPTION DU SITE

Le bassin du lac Laflamme (altitude 777 m - 884 m; 46°11'N - 74°57'O) est localisé dans la forêt Montmorency (parc des Laurentides, Québec) à 80 km au nord de la ville de Québec (figure 1). La région se caractérise par une zone forestière de sapinières à bouleau blanc sur une roche mère de gneiss charnokitique précambrien de la province de Grenville. La température moyenne annuelle est de 0.2°C (température minimale moyenne, janvier: -15°C; température maximale moyenne, juillet: 15°C). Les vents dominants soufflent dans la direction ouest-est et les précipitations annuelles moyennes enregistrées depuis 1966 sont environ de 1 400 mm dont 34% en neige (Bernier, 1975; Plamondon, 1981).

Les stations de prélèvement ont été établies dans un terrain déboisé dans la partie ouest du bassin versant à côté de la station CAPMoN de collecte des précipitations. La superficie du champ est d'environ 200 x 200 m (figure 2). Il est légèrement en pente, exposé sud-ouest, entouré de conifères et sa couverture végétale est arbustive.

2.2 TECHNIQUES DE PRÉLÈVEMENT

Les figures 1 et 2 montrent le lieu et les stations de prélèvement à la Forêt Montmorency, parc des Laurentides, Québec.

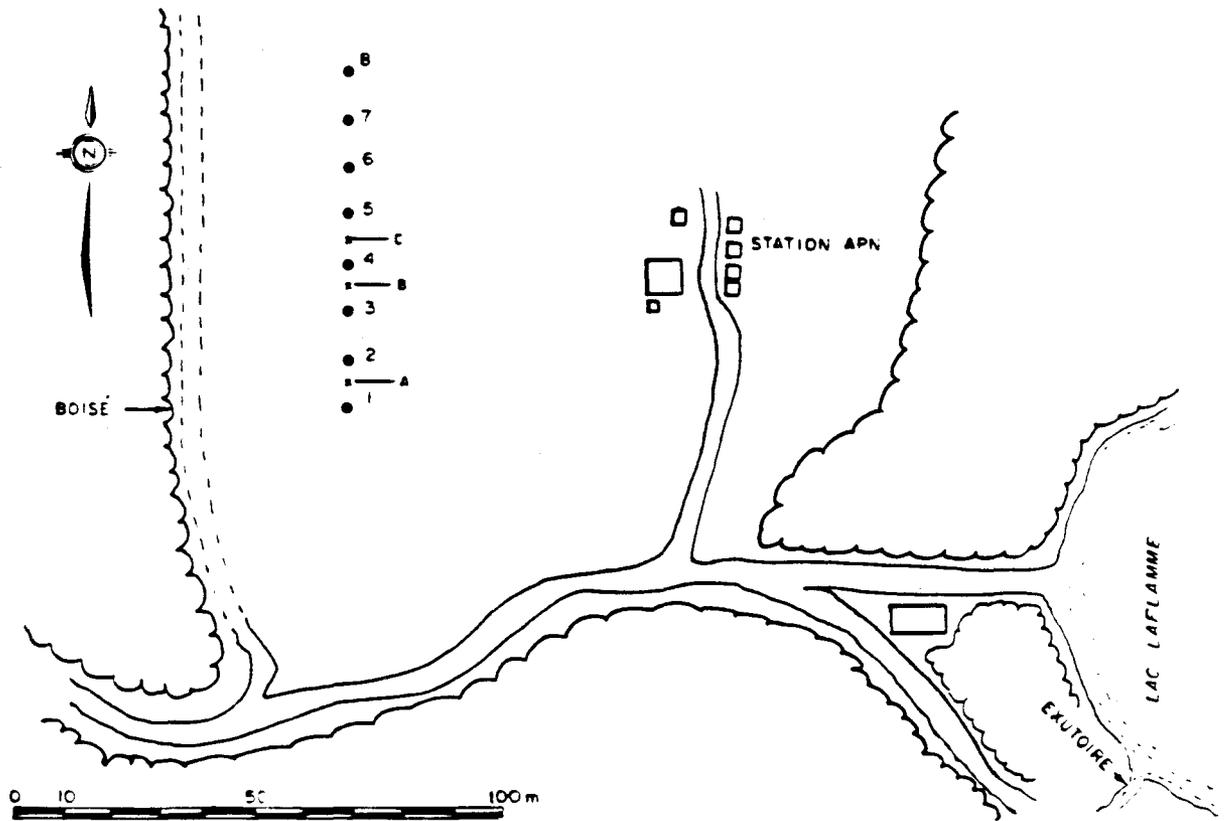


Figure 2. Stations de prélèvement de neige, lac Laflamme.

Les nouvelles chutes de neige déposées soit sur le champ de neige vierge, soit sur les feuilles de plastique (polyéthylène 0.01 mm, 1 m²), la neige de surface anciennement déposée sur le champ et les tranches verticales des couches intégrées de neige ont été prélevées par la méthode de coupe sélective au moyen d'un carottier de plexiglass d'une forme carrée (26 cm x 26 cm) et/ou des palettes de plexiglass (26 cm x 26 cm) tel que décrit par Jones et al. (1984).

Cette méthode est supérieure à celle habituellement employée, c'est-à-dire le carottage par tuyau de plexiglass lorsque la mésostructure du champ de neige contient des lentilles de glace. Au milieu de l'hiver 1984, les événements de verglas ont donné lieu à une telle mésostructure de la neige au lac Laflamme. Les échantillons de neige ont été conservés dans les sacs de plastique à -10°C jusqu'au moment de la fonte et de la filtration pour fins d'analyse.

2.3 ANALYSES DE LABORATOIRE

2.3.1 Préparation des échantillons pour analyse

Les échantillons récoltés sur le terrain sont apportés au laboratoire de l'INRS-Eau à Québec après leur collecte et conservés quelques jours à -10°C. On laisse fondre à la température ambiante (23°C) les échantillons dans des béciers en plastique. Aussitôt la fonte terminée, on mesure le volume de liquide obtenu avec un cylindre gradué en plastique.

Toute la vaisselle en contact avec les échantillons est trempée dans l'acide nitrique 15% (v/v) pendant 24 heures, rincée plusieurs fois à l'eau déminéralisée, retrempée pendant 24 heures dans l'eau déminéralisée et rincée à l'eau ultrapure. Les contenants servant à entreposer les sous-échantillons pour le dosage des anions sont rincés à l'eau ultrapure seulement.

Tous les échantillons sont filtrés sur un système en polycarbonate (Sartorius no SM16-510) avec un filtre en polycarbonate (Nucléopore) de 47 mm de diamètre et de 0.4 μm de porosité. Le filtre est posé avec des pinces en plastique et rincé avec 50 ml d'eau ultrapure dont la conductivité est inférieure à 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (système Millipore Milli-Q3R0/Milli-Q2). Après avoir enlevé l'eau de rinçage, on filtre l'échantillon. On dose les anions, le pH et la conductivité le jour même de la fonte des échantillons. Un sous-échantillon, servant aux dosages des métaux, est conservé à 4°C dans un contenant en polyéthylène, après avoir ajouté de l'acide nitrique (Aristar) pour obtenir une concentration finale de 0.5%. Un deuxième sous-échantillon est conservé avec H_2SO_4 (Aristar) à une concentration de 0.2% v/v et à 4°C pour le dosage ultérieur de l'azote ammoniacal. Toutes les analyses sont faites d'après les méthodes reconnues (EPA, 1979) et à l'intérieur des délais de conservation recommandés.

2.3.2 pH

La mesure du pH est faite à l'aide d'un pHmètre (Radiometer PHM26) et d'une électrode combinée. L'appareil est calibré à l'aide d'un tampon pH = 7.0 et pH = 4.0 (Fisher Scientifique Ltée).

2.3.3 Conductivité

On mesure la conductivité des échantillons à 25°C à l'aide d'un conductivimètre Radiometer.

2.3.4 Anions (Cl^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , NO_3^-)

Ces quatre anions sont dosés simultanément par le chromatographe ionique Dionex 12S. L'échantillon est injecté à l'entrée de la colonne de séparation par un échantillonneur automatique. L'échantillon passe à travers la colonne, entraîné par l'éluant ($\text{NaHCO}_3 \cdot 0.024\text{M}$, $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 0.030\text{M}$). La séparation des différents constituants anioniques s'effectue en moins de 10 minutes. Un supprimeur permet d'abaisser la conductivité de base. Un conductivimètre placé après le supprimeur permet de mesurer en continu la conductivité; on obtient une lecture de conductivité directement proportionnelle à la concentration de chaque anion. On se réfère à une courbe de calibration obtenue à l'aide d'étalons connus.

2.3.5 Métaux

Le dosage des métaux (calcium, magnésium, sodium, potassium) se fait par spectrophotométrie à absorption atomique avec flamme (Varian, modèle 575). On se réfère à une courbe de calibration.

2.3.6 Azote ammoniacal

L'analyseur automatique Technicon permet de mesurer par une méthode colorimétrique l'azote ammoniacal. Une courbe d'étalonnage préparée à partir de la même matrice sert de référence. Le tableau 1 résume ces méthodes d'analyse, les unités de mesure et le seuil de détection pour chaque paramètre.

2.3.7 Précision des mesures au laboratoire: ions majeurs

La précision des analyses par chromatographie ionique (NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-) et par colorimétrie (NH_4^+) est de l'ordre de $0.2 \mu\text{eq l}^{-1}$. La mesure de la concentration en H^+ est beaucoup plus imprécise. Elle est obtenue indirectement par la détermination du pH connu à 0.01 unité près. On a $\text{pH} = -\log|\text{H}^+|$; à des pH de l'ordre de 4.0, on calcule une précision sur la mesure de H^+ d'environ $2-3 \mu\text{eq l}^{-1}$. Nous avons vérifié que les différences de concentration statistiquement significatives mises en évidence dans notre étude (cf. tableau 4) sont aussi significatives au regard de la précision des mesures au laboratoire.

TABLEAU 1. Méthodologie d'analyse physico-chimiques de la neige, 1ac Laflamme.

PARAMÈTRE	MÉTHODE	SEUIL DE DÉTECTION
chlorures	chromatographie ionique	0.1 mg Cl/L
sulfates	chromatographie ionique	0.1 mg SO ₄ /L
nitrites	chromatographie ionique	0.1 mg NO ₃ /L
calcium	absorption atomique	.01 mg Ca/L
magnésium	absorption atomique	.01 mg Na/L
potassium	absorption atomique	.01 mg K/L
azote ammoniacal	colorimétrie	.01 mg N/L

2.4 VALIDATION DES MESURES

Par un test positif sur les données pairées, on établit que la différence moyenne (Σ cations - Σ anions) n'est pas significativement différente de 0 au seuil $\alpha = 5\%$ sur l'ensemble des 120 échantillons de surface. Nous concluons donc à l'équilibre de la balance ionique pour la neige de surface. Par contre, le même test effectué sur les carottes intégrées met en évidence un déficit cationique significatif ($4.8 \mu\text{eq l}^{-1}$) sur 90 échantillons.

2.5 INVENTAIRE DES DONNÉES DISPONIBLES

Sur cinq séries d'échantillonnage effectués durant l'hiver 1983-84, on dénombre 210 échantillons qui se répartissent en 90 carottes intégrées sur la hauteur du banc de neige et 120 échantillons de surface. Dans notre analyse, nous n'utilisons que les échantillons de surface. Les tableaux de ces données sont fournis en annexe. Les carottes intégrées n'ont pu donner lieu à aucun calcul de flux de dépôt sec, le contenu en polluants y étant trop important vis-à-vis de l'évolution temporelle des concentrations relative aux dépôts atmosphériques.

Nous avons dressé l'inventaire des mesures expérimentales et indiqué pour chaque période d'échantillonnage la pertinence des données conformément à l'objectif d'estimation des dépôts secs (cf. tableau 2). La première période s'est déroulée dans les conditions météorologiques les plus propices à l'utilisation de la méthodologie. Au cours des autres périodes, on note

TABLEAU 2. Campagne d'échantillonnage en vue de constituer la banque de données pour l'hiver 1983-1984, Forêt Montmorency

PÉRIODE	conditions météorologiques après la chute de neige initiale	utilisation des données	NOMBRE D'ÉCHANTILLONS	
			SURFACE	INTÉGRÉE
19 au 22 déc.	ensoleillé venteux le 21 chute de neige le 22	- calcul de dépôt sec, comparaison avec le modèle de Sheih - bilan des dépôts secs et humides pour le 22	8 (x4)	8 (x2)
19 au 23 jan.	petites chutes de neige intermittentes venteux le 22	- importance relative des deux types de dépôt d'après les données atmosphériques et de précipitations - influence de la redistribution par le vent sur la composition de la neige de surface	2 (x1) 6 (x4)	6 (x6)
27-28 janvier	chute de neige le 28	- données inutilisables, expérience abandonnée	6 (x1)	6 (x2)
29 fév. au 5 mars	très venteux avec petites chutes de neige	- influence du vent sur la qualité de la composition d'une chute de neige	6 (x3) 4 (x3)	2 (x1) 5 (x1) 4 (x4)
14 au 16 mars	neige le 15 fonte le 16	- influence de la fonte sur la composition de la neige	8 (x3)	0

L'intervention de phénomènes parasites dans l'observation du phénomène de sédimentation (épisodes de neige, fonte). Enfin, nous rejetons définitivement la troisième période qui ne compte qu'une seule journée d'échantillonnage de la neige de surface.

Nous disposons des relevés de la station météorologique de la Forêt Montmorency située à 1 km en ligne directe du site. D'une fréquence bi-journalière, ils comprennent les données suivantes:

- températures minimale et maximale;
- vitesse du vent (mesure intégrée sur 1'heure);
- nébulosité (mesure instantanée);
- quantités, heures de début et de fin des précipitations.

Nous avons reporté sur la figure 3 une synthèse de ces données.

Nous utilisons aussi les données qualitatives (précipitations et compositions atmosphériques journalières) recueillies à la station CAPMoN. Ces échantillons de neige fondue sont stockés à 4°C avant l'analyse pendant une durée maximale de 15 jours. Enfin, le SEA nous a fourni les valeurs des vitesses de sédimentation issues du modèle de Sheih pour les six classes de stabilité et les huit classes d'utilisation du sol.

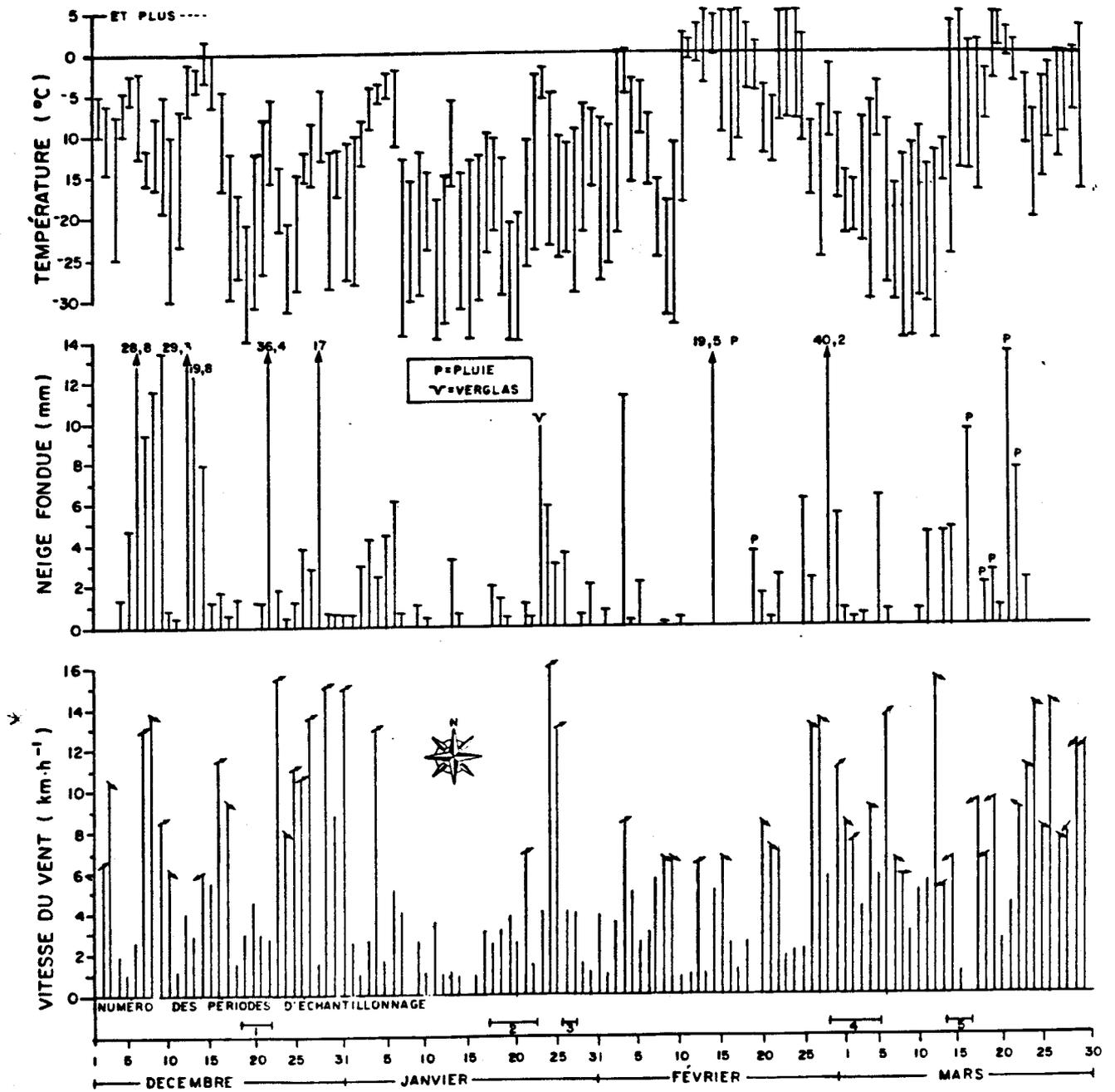


Figure 3. Synthèse des données météorologiques relevées à la station de la forêt Montmorency (vent et température) et à la station CAPMON (précipitations) de décembre 1983 à mars 1984 et direction du vent lorsque la vitesse dépasse 6 km h⁻¹.

2.6 TRAITEMENT DES DONNÉES

2.6.1 Analyse statistique

2.6.1.1 Test de normalité des distributions journalières des concentrations

Toutes les expériences se rapportant à l'étude de la composition chimique de la neige soulignent l'hétérogénéité des échantillons issus d'un même épisode de précipitation et par suite ceux recueillis au sein de la couverture neigeuse. Dès lors, il est important d'avoir une approche statistique si l'on veut décrire la composition chimique de la neige au sol, et à fortiori si l'on veut étudier une évolution dans le temps.

C'est pourquoi la première étape de l'exploitation des données vise à déterminer la forme des distributions journalières des concentrations en ions majeurs. Nous avons testé la normalité de ces distributions à l'aide du test W (Shapiro et Wilk, 1965).

2.6.1.2 Analyse de variance

Nous cherchons à analyser la variabilité dans le temps de la composition chimique de la couverture de neige par comparaison des moyennes journa-

lières en appliquant les méthodes d'analyse de variance. Pour ce faire, il convient d'en vérifier les hypothèses de base:

a) Vérification des hypothèses d'applicabilité

- normalité des populations dont les séries sont tirées (cf. plus haut);
- variances des populations sont égales (test de Bartlett);
- modèle additif. C'est-à-dire que l'on suppose que l'on peut écrire les données sous la forme:

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + e_{ij} \quad (\text{élément } j \text{ de la série } i)$$

où μ : représente un effet global et est la moyenne pondérée des μ_i

α_i : représente un effet spécifique relatif à la série i ($\mu + \alpha_i = \mu_i$)

e_{ij} : est une variable aléatoire normalement distribuée

Intuitivement, le modèle est bien additif puisque les charges polluantes des différents dépôts s'accumulent dans le banc de neige.

En ce qui concerne l'indépendance des e_{ij} , le champ de neige présente des caractéristiques (topographie, ensoleillement) assez homogènes. Le choix des huit stations a été aléatoire. Par contre, il est possible que l'on ait introduit un biais systématique en prélevant les échantillons toujours aux mêmes stations, c'est-à-dire dans certaines zones bien définies. La question qui se pose alors est de savoir si deux mesures

prises dans un rayon de quelques dizaines de centimètres à 1-2 mètres sont indépendantes et distribuées aléatoirement autour de la moyenne journalière calculée sur le champ de neige. Nous ne disposons pas d'assez de données pour faire l'étude comparée des variabilités spatiales à l'échelle du champ de neige et à celle des stations. Nous nous sommes contentés de calculer les coefficients de corrélation entre les séries journalières consécutives prises 2 à 2 en regroupant par paire les échantillons recueillis à une même station. En obtenant des coefficients de corrélation non significativement différents de 0 (absence de corrélation), nous considérons que les e_{ij} sont indépendants (ou faiblement liés). Toutefois, pour la période 4, le résultat du fort degré d'hétérogénéité du couvert de neige causé par le vent est que les e_{ij} ne sont pas distribués d'une façon aléatoire (vrai, sauf pour période 4).

b) Analyse de variance

Si les conditions préalables sont vérifiées, l'on teste l'hypothèse H_0 d'égalité des moyennes journalières à l'aide du test F. Lorsqu'on la rejette, on peut raffiner l'analyse en comparant systématiquement toutes les paires possibles de moyennes journalières. Avec le système SPSS (Statistical Package for Social Sciences, Univ. de Chicago), on dispose de plusieurs procédures qui répartissent les séries en des groupes homogènes dans

lesquels les différences dans les moyennes prises 2 à 2 ne sont pas significatives. Ces procédures se réfèrent à différents tests statistiques plus ou moins puissants. Comme nos séries journalières ont des tailles inégales, nous avons choisi le test de DUNCAN au seuil $\alpha = 5\%$ de signification.

2.6.2 Calcul des dépôts secs par la méthode des analyses successives

Par la méthode d'analyses successives, on veut déterminer l'apport journalier de particules atmosphériques sur une surface de référence S. Soit \bar{H} la hauteur moyenne de neige échantillonnée comprise entre la surface et la barrière physique (feuille plastique ou verglas), on obtient:

$$\bar{V} = S\bar{H} = \text{volume (moyenne des huit échantillons)}$$

Dans des conditions idéales, il n'y a pas de transport de matière autre que sous forme de dépôt sec, le volume échantillonné est constant d'un jour à l'autre et l'excès de particules se répartit de façon homogène dans la tranche de neige. On a alors:

$$DS_i = (\bar{C}_i - \bar{C}_{i-1})\bar{V} \quad (1)$$

où:

\bar{C} : concentration moyenne en polluant de la neige au jour i
 DS_i : quantité de dépôt sec de ce polluant entre les jours i et i-1

En pratique, on constate que la hauteur de neige moyenne, et donc les volumes \bar{V} échantillonnés, n'est pas constante entre deux jours successifs. Certains des facteurs responsables de ces variations sont le tassement de la neige, sa redistribution spatiale par le vent, peut-être la sublimation d'une partie des cristaux de glace, etc.

Nous disposons pour chaque échantillon d'une évaluation de la densité de neige:

$$d = \frac{V_{\text{eau}} (= \text{neige fondue})}{V_{\text{neige}}}$$

Si, sous une même surface d'échantillonnage, les \bar{V}_{eau} sont constants d'un jour sur l'autre, c'est que la différence des hauteurs (ou volumes) de neige s'explique en totalité par le phénomène de compaction. Dans le cas contraire, on suppose qu'il y a eu transport de matière (neige + particules acides), vraisemblablement dû au vent. Pour en tenir compte dans le bilan en matières polluantes, il faut émettre des hypothèses, en particulier sur la concentration en particules acides du volume de neige déplacée.

Hypothèse 1: distribution initiale homogène des polluants dans la strate de neige et répartition uniforme des apports par dépôts secs dans toute son épaisseur.

Hypothèse 2: a. la neige a été déplacée avant tout phénomène de dépôt sec et le bilan se fait exclusivement sur le volume final échantillonné (équation 2).

$$DS_i = (C_i - C_{i-1})V_i \quad (2)$$

Hypothèse 2: b. le volume de neige a été déplacé après enrichissement en polluants par dépôts secs. Le bilan s'effectue alors sur le volume initial (équation 3).

$$V_{i-1} (C_i - C_{i-1}) = DS_i \quad (3)$$

Ces deux hypothèses alternatives représentent des cas extrêmes. Une situation intermédiaire doit mieux représenter la réalité car l'intervention des facteurs naturels (vent, dépôts secs, etc.) est progressive. En effectuant les deux bilans, nous obtiendrons une fourchette de valeurs comme estimation du flux de dépôt sec. (cf. 3.1.1)

2.6.3 Utilisation des résultats du modèle de Sheih pour la détermination des flux de dépôt sec

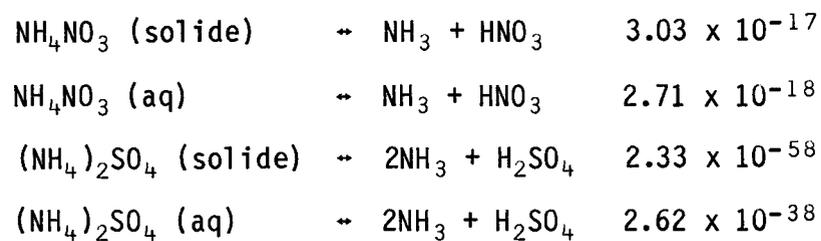
Nous disposons des vitesses de sédimentation théoriques, déterminées par le modèle de Sheih, pour SO_2 , $\text{SO}_4^{=}$, NO_3^- et HNO_3 pendant la saison hivernale (cf. annexe 4). Pour chaque produit chimique, huit tables sont données. Les sept premières sont pour un type donné d'utilisation des terres. La dernière donne la valeur moyenne de ces vitesses pondérées par les pourcentages d'utilisation de la terre dans un rayon de 100 km autour de la station. Comme le champ d'étude est relativement petit, il est probable que les forêts attenantes tendent à modifier les profils de concentration au-dessus de l'étendue de neige. Les arbres constituent en effet de véritables pièges pour les particules et les gaz atmosphériques. Comme le modèle de Sheih est très global, il est utilisé à des échelles de temps et d'espace plus grandes que celles de l'expérimentation. Il est difficile de dire si les vitesses de sédimentation déterminées pour la classe mixte d'utilisation du territoire sont plus proches des valeurs réelles que celles données pour la classe "champ d'herbe". Compte tenu aussi de la variété des taux de sédimentation sur la neige proposés dans la littérature, nous avons opté pour le choix des deux vitesses déterminées, obtenant ainsi une gamme de flux de dépôts secs en comparaison avec nos résultats observés.

En l'absence de données précises sur la stabilité de l'atmosphère, on recommande d'opter pour la classe D (atmosphère neutre). Enfin, nous calculons une vitesse de vent moyenne sur les deux mesures hebdomadaires de la station de Montmorency.

D'après la formule $T = V_d * C_{at}$, on multiplie la vitesse de déposition atmosphérique précédemment définie par la concentration atmosphérique de chaque espèce chimique pour calculer le flux de sédimentation. On dispose des concentrations atmosphériques moyennes journalières de Cl^- , NO_3^- , $SO_4^{=}$, Na^+ , K^+ , NH_4^+ et SO_2 mesurées à la station de la Forêt Montmorency.

Il faut d'abord déterminer quelles sont les formes d'association des ions dans l'atmosphère et par la suite les vitesses de déposition à appliquer aux ions majeurs. Le modèle de Sheih nous donne les valeurs de V_d pour NO_3^- , HNO_3 , $SO_4^{=}$ et SO_2 .

Dans l'atmosphère, pour le système HNO_3 , NH_3 , NH_4NO_3 , H_2SO_4 , NH_4^+ , $SO_4^{=}$, on a les constantes d'équilibre suivantes (Stelson et al., 1983).



L'ion NH_4^+ est associé en priorité avec $\text{SO}_4^{=}$ sous forme solide ou liquide et on lui applique la vitesse de sédimentation de $\text{SO}_4^{=}$. En présence d'un excès de NH_3 par rapport à la quantité disponible de $\text{SO}_4^{=}$, on a formation de NH_4NO_3 solide ou liquide. On utilise alors pour ce produit la vitesse de sédimentation relative à NO_3^- . Si, au contraire, on a $|\text{SO}_4^{=}| > |\text{NH}_4^+| + |\text{métaux}|$, l'ion NH_4^+ est en totalité associé avec $\text{SO}_4^{=}$ et l'ion NO_3^- existe surtout comme HNO_3 auquel correspond une V_d spécifique.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 PREMIÈRE PÉRIODE

Pendant cette période, on observe à la station CAPMoN des concentrations atmosphériques relativement faibles (cf. annexe 1). Les températures relevées sont très basses, en particulier au début de la période. Le tableau 3 présente les conditions expérimentales de la 1ère période

La chute de neige du 22 décembre limite à deux jours la durée de l'expérimentation de la méthodologie; pour la journée du 22 décembre, nous avons précisé l'importance relative des dépôts secs et humides sur la composition de la neige au sol.

3.1.1 Calcul du flux de sédimentation entre le 19 et le 21 décembre

Les résultats de l'analyse de variance nous ont permis de constater, d'une part, la normalité des distributions journalières des quatre ions majeurs et, d'autre part, l'homogénéité des variances du 19 au 21 décembre (au seuil 5% pour SO_4^- et NH_4^+ et 1% pour NO_3^- et H^+). Le tableau 4 reproduit les différences significatives mises en évidence entre les concentrations moyennes des 19, 20 et 21 décembre.

TABLEAU 3. Conditions expérimentales de la 1ère période (19-22 décembre 1983), forêt Montmorency

DATES	ÉCHANTILLONNAGE	CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES ET REMARQUES
14-15 déc.	-	pluie verglaçante → base d'échantillonnage (= verglas)
16-19 déc.	-	petits événements de neige qui s'accumulent au sol
19 déc.	N = 8	température maximale = -17°C; masse d'air en provenance du nord avec passage au-dessus des Grands-Lacs; distribution homogène des hauteurs de neige.
20 déc.	N = 8	un peu de vent; masses d'air en provenance de l'ouest; température maximale = -21°C
21 déc.	N = 7* + 1**	vent d'ouest pendant la nuit → redistribution de la neige au sol; température maximale = -12°C
22 déc.	N = 7 + 1***	nouvelle chute de neige environ 2,0 cm

* à la station 7, la plaque de verglas a été mise à nu par le vent, pas d'échantillonnage

** échantillon de neige redistribuée recueilli dans les empreintes d'une coupe des 19 et 20 décembre

*** échantillon de nouvelle neige à la station 7 au-dessus de la plaque de verglas

TABLEAU 4. Différences moyennes statistiquement significatives (exprimées en $\mu\text{éq l}^{-1}$) pour la période 1.

Δt	ΔNO_3^-	ΔH^+	$\Delta\text{SO}_4^{=}$	ΔNH_4^+	ΔMg^{2+}	ΔCl^-
19 - 20 déc.		9.4		-1.2		
20 - 21 déc.	14.0	12.8	4.7	2.1	0.1	0.56
19 - 21 déc.	17.0	22.1	3.1		0.05	1.12

Considérant la surface d'échantillonnage ($S = 0.2704 \text{ m}^2$) et sous l'une ou l'autre des hypothèses alternatives (équations 2 et 3), nous avons calculé deux flux de dépôts secs. Les deux hypothèses conduisent à des résultats très proches (pour $\text{SO}_4^=$, par exemple, la différence entre les deux flux est de $2 \mu\text{éq m}^{-2}\text{j}^{-1}$). Le tableau 5 nous présente une valeur moyenne de ces deux flux.

3.1.2 Flux de sédimentation obtenus par le modèle de Sheih

Pour une vitesse moyenne du vent de 4.5 km h^{-1} , le modèle de Sheih nous donne (du 19 au 21 déc.), pour la saison hivernale, les vitesses de sédimentation indiquées au tableau 6.

Sauf pour SO_2 , on voit que les vitesses de sédimentation sont très différentes si l'on considère l'une ou l'autre des classes d'utilisation du territoire.

Le bilan ionique atmosphérique révèle un excès de $\text{SO}_4^=$ par rapport à la somme $[\text{NH}_4^+ + \text{métaux}]$. Nous considérons donc que le nitrate présent dans l'air était sous la forme HNO_3 et nous lui appliquons la vitesse de sédimentation correspondante. Rappelons que l'ion NH_4^+ est déposé à la même vitesse que $\text{SO}_4^=$ auquel il est associé.

TABLEAU 5. Comparaison des flux de dépôts secs mesurés et donnés par le modèle de Sheih (exprimées en $\mu\text{eq m}^{-2} \text{j}^{-1}$) pour la période 1.

	NO_3^-	NO_3^- (Sheih)		$\text{SO}_4^{=}$	$\text{SO}_4^{=}$ (Sheih)		SO_2 (Sheih)		NH_4^+	NH_4^+ (Sheih)	
	mesuré	classe mixte	champ	mesuré	classe mixte	champ	classe mixte	champ	mesuré	classe mixte	champ
19 - 20 déc.		1.4	0.18		2.9	0.43	7.9	7.9	-6.1	0.5	0.07
20 - 21 déc.	63.8	0.9	0.12	21.6	1.1	0.16	BDL	BDL	9.7	1.0	0.15
19 - 21 déc.	39.5	1.1	0.14	7.2	2.0	0.30	4.0	4.0		0.7	0.10

TABLEAU 6. Vitesse de sédimentation (cm s^{-1}) donnée par le modèle de Sheih entre le 19 et le 21 décembre 1983.

UTILISATION DU TERRITOIRE	NO_3^-	HNO_3	$\text{SO}_4^{=}$	SO_2
mixte	0.47	1.0	0.27	0.07
champ	0.06	0.13	0.04	0.07

Dans le tableau 5, nous avons reporté les flux calculés. Soulignons l'importance du SO_2 dans le modèle de Sheih puisqu'il représente 66% ou 93% du soufre atmosphérique total déposé pour l'une ou l'autre des vitesses de sédimentation considérées.

3.1.3 Comparaison des résultats des deux méthodes

Dans le cas de NO_3^- , le flux mesuré est d'un ou de deux ordres de grandeur supérieur au flux issu de la modélisation suivant la classe d'utilisation du territoire choisie.

Nous voulons rapprocher ce résultat de ceux obtenus par Johannes et Alwicker (1982) qui ont comparé des flux hebdomadaires, mensuels ou saisonniers de NO_3^- et SO_4^{2-} mesurés à l'aide de collecteurs de dépôts secs avec des flux calculés en utilisant les concentrations atmosphériques et des vitesses de sédimentation généralement acceptées (soit respectivement $V_d = 0.1 \text{ cm s}^{-1}$ pour SO_4^{2-} et $V_d = 1 \text{ cm s}^{-1}$ pour NO_3^-). Dans tous les cas, les valeurs mesurées excèdent les valeurs calculées. Le rapport flux mesuré/flux calculé varie entre 1.6 et 37.2, les plus grosses valeurs étant observées en hiver. Les auteurs proposent plusieurs explications dont certaines semblent pouvoir être aussi valables dans le cas des dépôts secs sur la neige:

- apports de matériaux atmosphériques lors d'un épisode de poudrerie, de gelée blanche, de brouillard ou de brume;

- dépôt gazeux de NO_x ; Johannes et Alwicker (1982) pensent qu'une quantité importante du flux observé de NO_3^- est d'origine gazeuse.

Malheureusement, les données atmosphériques du SEA n'incluent pas les concentrations de NO_2 et NO_x . À titre indicatif, remarquons que Huébert et al. (1982) observent des concentrations atmosphériques de NO_x d'un ordre de grandeur supérieur à la somme $|\text{HNO}_3| + |\text{NO}_3^-|$ en hiver dans les montagnes du Colorado. Ceci souligne l'importance que peut avoir la sédimentation de NO_x gazeux sur la valeur des flux apparents de NO_3^- , s'il y a oxydation de NO_x déposé en NO_3^- dans la matrice de neige. Dans l'atmosphère, Agnew et al. (1982) considèrent un taux d'oxydation de NO_2 en NO_3 de $4\% \text{ hr}^{-1}$, quelle que soit l'humidité ambiante. Contrairement à NO_3 et HNO_3 , il existe peu d'estimation des vitesses de sédimentation sur la neige pour NO_x . Tout de même, Agnew et al. (1982) proposent une valeur de 0.2 cm s^{-1} pour NO_2 , ce qui rendrait significatif le taux de dépôt gazeux puisque les concentrations atmosphériques de NO_x semblent élevées.

Pour $\text{SO}_4^{=}$, le bilan entre le 19 et le 21 décembre donne un flux mesuré supérieur à celui du modèle de Sheih, si l'on ne tient pas compte du dépôt gazeux de SO_2 . Or, nous avons vu que le flux de sédimentation de SO_2 calculé par la modélisation est très important. Si SO_2 est oxydé en $\text{SO}_4^{=}$ dans la neige, à une vitesse suffisamment rapide, le flux apparent mesuré de $\text{SO}_4^{=}$

équivalent à la somme du flux de SO_4^{\equiv} particulaire et du flux de SO_2 gazeux. La somme de ces deux flux calculés par Sheih est très proche du flux mesuré de SO_4^{\equiv} par analyses successives.

Dans l'atmosphère sèche et humide, Agnew et al. (1982) proposent des gammes de taux d'oxydation de SO_2 ou SO_4^{\equiv} de 0.2 à 0.5% h^{-1} et 2 à 10% h^{-1} respectivement. Mais l'on ne connaît pas la vitesse d'oxydation sur la surface de la neige. Il est probable qu'elle dépend de l'humidité et de la température, peut-être aussi de l'ensoleillement (possibilité d'oxydation par l'ozone; Barrie, communication personnelle). Remarquons que la concentration atmosphérique de SO_2 est de $4.2 \mu\text{g m}^{-3}$ entre le 19 et le 20 décembre et est en-dessous de la limite de détection entre le 20 et le 21. Pourtant, la différence entre les concentrations moyennes de SO_4^{\equiv} des deux premiers jours n'est pas significative alors qu'elle l'est entre le 20 et le 21. Dans l'hypothèse d'une oxydation de SO_2 en SO_4^{\equiv} au taux de quelques % h^{-1} , on comprend que la mise en évidence d'une augmentation significative de la concentration de SO_4^{\equiv} dans la neige peut s'effectuer sur deux jours. Particulièrement si le SO_2 gazeux constitue la source majeure de soufre atmosphérique déposé par temps sec. Notons enfin que la température très basse du 19 et du 20 décembre a pu provoquer un ralentissement des taux d'oxydation.

Dans le cas de NH_4^+ , l'on constate que l'apport théorique de NH_4^+ ($\approx 10^{-5} \mu\text{éq m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, soit $\approx 0.2 \mu\text{éq l}^{-1} \text{ j}^{-1}$) n'est pas significatif au regard de la plage de variation des observations (écart type de l'ordre du $\mu\text{éq l}^{-1}$). Une telle différence n'est pas mesurable par la méthode d'ana-

lyses successives avec une taille d'échantillons de l'ordre de 8. Pourtant, entre le 19 et le 20 décembre, on mesure une perte apparente significative de l'ion NH_4^+ et entre le 20 et le 21 décembre, un flux positif du même ordre de grandeur. Présentement, nous ne sommes pas en mesure de proposer une explication de ce phénomène. Il existe peu de littérature qui traite de la dynamique de NH_4^+ dans la neige.

3.1.4 Bilan du dépôt sec et du dépôt humide le 22 décembre

Le 22 décembre, à 7h du matin, la première période d'expérimentation a été interrompue par une chute de neige sur une hauteur moyenne d'environ 1.8 cm. Avant la précipitation, il y a pu avoir sédimentation de dépôts secs. À la station 7, le 21 décembre, le vent avait balayé toute la neige et mis à nu la plaque de verglas. La composition chimique de l'échantillon recueilli le 22 décembre reflète donc celle de la neige fraîchement déposée. Nous avons calculé la concentration résultant de l'accumulation de 1.81 cm de nouvelle neige sur l'ancienne surface par un bilan volumique et comparé le résultat avec la composition chimique de la neige recueillie le 22 décembre.

Le bilan s'écrit:

$$C_{\text{cal}} * \bar{V}_f = \bar{C}_i \bar{V}_i + cv \frac{\bar{H}}{h} \quad (4)$$

où:

- c, v, h = concentration, volume et hauteur respectivement de l'échantillon de nouvelle neige,

- \bar{H} = hauteur moyenne de nouvelle neige,
- V_f = volume de neige le 22 décembre,
- $\bar{C}_i \bar{V}_i$ = distribution dans la neige du 21 décembre.

Le tableau 7 reproduit les résultats du bilan.

Bien que nous n'ayons pas tenu compte de l'apport des dépôts secs dans notre bilan, les valeurs estimées sont supérieures à celles observées sauf dans le cas de $\text{SO}_4^=$ pour lequel la différence (valeur mesurée - valeur calculée = $0.8 \mu\text{eq l}^{-1}$) n'est pas significative au regard de l'écart type des distributions du 21 et du 22 décembre ($2-3 \mu\text{eq l}^{-1}$).

L'observation du phénomène de sédimentation des dépôts secs a donc été masquée par les 2 cm de nouvelle neige. La méthodologie par analyses successives est inadaptée dans de telles conditions.

En conclusion, ces résultats démontrent des changements significatifs dans la qualité de la neige de surface. Toutefois, nous manquons de données pour l'interprétation du flux mesuré de NO_3^- : y aurait-il dépôt gazeux de NO_x et son oxydation en NO_3^- dans la neige? Pour interpréter le flux apparent de $\text{SO}_4^=$, nous avons fait l'hypothèse de l'apport de SO_2 gazeux comme source importante de soufre atmosphérique. Enfin, il faut remarquer que l'échantillonnage du 20 décembre n'a apporté aucune information supplémentaire pour le calcul des flux. Il aurait été préférable d'effectuer deux échantillon-

TABLEAU 7. Concentrations mesurées nécessaires au bilan et comparaison avec les valeurs calculées pour le 22 décembre ($\mu\text{eq l}^{-1}$).

	NO_3^-	$\text{SO}_4^{=}$	H^+	NH_4^+
échantillon nouvelle neige	14.5	2.1	20.0	0.67
21 décembre	71.7	22.8	86.8	8.7
22 décembre (mesuré)	50.0	17.8	61.5	5.75
22 décembre (bilan)	55.5	17.0	67.9	6.43

nages le 19 et le 21 décembre, de façon plus précise, avec un nombre d'échantillons plus élevé et ne pas intervenir le 20.

3.2 Deuxième période

Pendant toute la deuxième période, les concentrations des ions majeurs dans l'air et dans les précipitations sont très élevées. La température maximale rencontrée est de -10.5°C . On remarque qu'il y a chaque jour un épisode de dépôt humide (minime le 21 et le 22 janvier). Le tableau 8 présente les conditions expérimentales de la 2ⁱème période.

La moitié des échantillons de surface (stations 1, 4 et 6) ont été prélevés sur des toiles de plastique posées le 18 janvier. Aux trois autres stations non équipées de plastique, on a évalué la hauteur de neige équivalente et procédé à l'échantillonnage de la même quantité de neige.

Avant toute analyse se rapportant aux moyennes journalières des six stations, il faut vérifier que les échantillons recueillis suivant l'une ou l'autre des méthodes proviennent bien de la même population et que l'on n'a pas créé d'hétérogénéité en procédant de deux manières différentes. Nous avons appliqué le test-t pour comparer les deux moyennes correspondant respectivement aux stations avec ou sans plastique, ceci pour chaque élément et chaque jour. Les moyennes sont significativement égales au seuil $\alpha = 5\%$. C'est donc que l'on a pu identifier la même couche de neige même sans plastique et que les échanges verticaux entre la neige de surface et les couches situées au-dessous peuvent être considérées négligeables pendant la période

TABLEAU 8. Conditions expérimentales de la 2ième période (18-23 janvier 1984), forêt Montmorency

DATE	ÉCHANTILLONS	CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES ET REMARQUES
18 janvier		pose de 3 toiles pour isoler la chute de neige prévue (3 stations ne sont pas équipées de toile)
19 janvier	n = 2	nouvelle neige sur 3 cm
20 janvier	n = 6 + 1*	nouvelle neige
21 janvier	n = 6 + 1**	nouvelle neige (trace)
22 janvier	n = 6	venteux + trace de neige
23 janvier	n = 6	nouvelle neige

* échantillon sur une hauteur de 2 cm seulement (nouvelle neige)

** échantillon sur une hauteur de 0,5 cm seulement (nouvelle neige)

étudiée et sous les conditions météorologiques correspondantes (vent faible à fort, températures assez basses).

Du 18 au 23 janvier, il y a eu intervention des deux types de sédimentation (sèche et humide). Nous dressons un bilan pour évaluer l'ordre de grandeur de chacun des phénomènes. Pour cela, nous disposons à la fois des analyses de précipitation de la station CAPMoN et des échantillons récoltés au sol. Dans le tableau 9, nous constatons que les deux sources d'information ne correspondent pas en ce qui concerne les concentrations ioniques alors qu'il s'agit de la même neige.

En effet, seuls les pH correspondent, et c'est la seule mesure prise directement sur le terrain par le SEA. De plus, le calcul de la balance ionique pour les analyses du SEA met en évidence un déficit anionique de $77 \mu\text{éq l}^{-1}$ et $75 \mu\text{éq l}^{-1}$ respectivement pour les deux journées, alors que les échantillons de neige recueillis sur le plastique sont bien équilibrés.

Il semble y avoir un problème dans la méthodologie d'analyse du SEA, peut-être en ce qui concerne les conditions de stockage (à $+4.0^\circ\text{C}$ pendant 15 jours au maximum).

À partir du 20 janvier, les quantités recueillies journallement à la station CAPMoN sont insuffisantes pour l'analyse chimique alors que l'on a pu identifier le 21 janvier une couche superficielle de neige fraîchement précipitée de 0.5 cm de hauteur. Pour les bilans en composés polluants,

TABLEAU 9. Comparaison de la qualité de la neige recueillie simultanément dans le collecteur standard à la station CAPMoN et au sol sur le plastique les 19 et 20 janvier 1984, forêt Montmorency.

DATE		Hauteur	pH	SO_4^{2-} (mg l^{-1})	NO_3^- (mg l^{-1})	NH_4^+ (mg l^{-1})
18-01 → 19-01	collecteur standard plastique	0.18* 3.0	4.0 3.97	0.8 0.43	1.63 6.21	0.055 0.07
19-01 → 20-01	collecteur standard plastique	0.12* 2.0	3.9 4.08	1.4 0.53	1.75 5.39	0.11 0.028

* équivalence en eau

nous travaillons donc uniquement à partir des échantillons de neige au sol, en laissant de côté les données CAPMON.

3.2.1 Bilan du 20 au 21 janvier

Les distributions observées le 21 janvier ne sont pas normales, ce qui restreint la validité des résultats de l'analyse de variance. L'ion $\text{SO}_4^{=}$ est le seul élément pour lequel on note une différence significative entre les deux moyennes journalières. L'analyse de l'échantillon de la neige tombée entre les deux journées révèle des concentrations de NO_3^- , H^+ et NH_4^+ plus basses que celles de la couche de neige initialement déposée. Ceci a provoqué un effet de dilution de ces éléments dans la quantité de neige totale qui peut masquer une éventuelle augmentation des concentrations résultant de la sédimentation de dépôts secs. Par contre, l'accroissement significatif des concentrations de l'ion $\text{SO}_4^{=}$ s'explique au moins en partie par la grande quantité de cet ion dans la précipitation. Pour faire la part entre dépôts secs et dépôts humides, nous allons effectuer un bilan à partir des observations.

L'hypothèse de base de ce bilan est que, s'il y a eu dépôt sec, les polluants gazeux ou particuliers déposés ont été répartis par circulation d'air dans la hauteur totale de neige échantillonnée. Dans un premier temps, nous soustrayons aux charges moyennes observées le 21 janvier la quantité de polluants et de neige apportée par la nouvelle précipitation. Nous comparons ensuite les concentrations calculées à celles observées le

20 janvier à l'aide du test de la moyenne de Student. S'il existe une différence significative, nous considérons qu'elle est issue des dépôts secs et nous calculons le taux de sédimentation.

Calculons pour chaque élément:

$$C_{\text{cal}} (21) = \frac{\bar{C}_F \bar{V}_F - cv}{\bar{V}_I} \quad (5)$$

où c, v : concentration et volume de l'échantillon de nouvelle neige

\bar{C}_F, \bar{V}_F : concentration et volume moyens du 21 janvier

\bar{V}_I : concentration et volume moyens du 20 janvier

Dans le tableau 10, nous reproduisons les différences $\Delta C = C_{\text{obs}} (20 \text{ Janv.}) - C_{\text{cal}} (21 \text{ Janv.})$ obtenues et à titre comparatif les écarts types des distributions du 20 janvier. En appliquant le test de Student, nous avons constaté qu'il n'y a donc pas de différence significative entre les concentrations calculées et observées le 20 janvier. On peut alors faire plusieurs hypothèses:

- pas ou peu de dépôt sec entre le 20 et le 21 janvier, l'atmosphère étant plus propre à cause du pouvoir de lessivage de la neige;

TABLEAU 10. Tableau comparatif entre les différences des concentrations calculées pour la période du 20-21 janvier (ΔC) et les écarts types du 20 janvier 1985 (exprimées en $\mu\text{eq l}^{-1}$) pour la période 2

	NO_3^-	$\text{SO}_4^{=}$	H^+	NH_4^+
ΔC	3.6	0.41	2.2	0.3
Δobs	10.5	0.54	9.3	0.6

- il y a eu sédimentation de dépôts secs mais l'hypothèse de base n'est pas respectée. C'est-à-dire qu'une partie importante des dépôts secs est restée préférentiellement à la surface dans les 5 mm de nouvelle neige. Le bilan serait alors faussé puisque l'échantillon de surface comprendrait à la fois l'acidité des dépôts secs et humides.

3.2.3 Échantillonnage du 22 janvier et influence du vent

Dans la journée du 22 janvier 1984, on a observé une redistribution importante de la neige due au très fort vent. La comparaison des moyennes journalières du 21 et du 22 janvier montre une baisse statistiquement significative des concentrations de NO_3^- ($25 \mu\text{éq l}^{-1}$) et de $\text{SO}_4^{=}$ ($2 \mu\text{éq l}^{-1}$) dans les échantillons de surface en dépit des concentrations atmosphériques élevées de $\text{SO}_4^{=}$ et de SO_2 le 22 janvier (4.26 et 75.4 mg m^{-3} respectivement) qui auraient pu engendrer des forts taux de dépôts secs (de l'ordre de $10 \mu\text{éq l}^{-1}$ de $\text{SO}_4^{=}$ d'après Sheih).

Plusieurs phénomènes expliquent vraisemblablement cette décroissance: remise en suspension d'aérosols contenus dans la neige de surface, balayage d'une partie de la neige superficielle vers des endroits plus abrités du vent (forêt, etc.) et exposition d'anciennes couches plus profondes, moins concentrées en polluants qui sont à leur tour partiellement redistribuées. Ceci met en évidence l'influence du vent sur la composition chimique de la neige redistribuée qui peut donc masquer tout apport par sédimentation de dépôts secs.

3.2.4 Échantillonnage du 23 janvier

Nous n'analysons pas les données de cette journée en raison d'une combinaison du vent et des dépôts humides qui rend trop complexe la mesure des dépôts secs.

En conclusion, l'application de la méthodologie à la 2^{ième} période ne met pas en évidence un apport significatif de polluants atmosphériques par sédimentation de dépôts secs. Entre le 20 et le 21 janvier, il est tombé 5 mm de neige qui limitent peut-être la part des dépôts secs dans l'enrichissement de la neige. Le 22 janvier, l'intervention d'un fort vent masque l'observation d'un taux de dépôts secs qui aurait dû être très élevé au regard des concentrations des polluants présents dans l'air.

3.3 Analyse de la 4^{ième} période

Le tableau 11 présente les conditions expérimentales de la 4^{ème} période. On retrouve des concentrations ioniques très basses dans les données de précipitation et dans la composition de l'air. La température maximale observée est de $-1,5^{\circ}\text{C}$.

3.3.1 Influence du vent sur la qualité de la chute de neige

Nous avons montré à l'occasion de la période 2, qu'un fort vent intervenant après le dépôt de la neige au sol déplace ou remet en suspension

TABLEAU 11. Conditions expérimentales de la 4ème période (29 février - 5 mars 1984), forêt Montmorency

dates	échantillons	conditions météorologiques et remarques
28 fév.		pose de 6 toiles pour isoler la chute de neige prévue
29 fév.	N=6	Dépot de la neige en présence d'un fort vent. Distribution hétérogène
1 mars	N=6	Nouvelle neige
2 mars	N=6	Très venteux + petite chute de neige
3 mars	N=4	Vent moyen + petite chute de neige
4 mars	N=4	Vent + petite chute de neige
5 mars	N=4	Vent fort

une certaine quantité de matière, si bien que l'observation de dépôt sec par la méthodologie est masquée.

La 4ⁱème période a été elle aussi très venteuse. Le 29 février, en particulier, un vent important ($v = 12 \text{ km h}^{-1}$) a soufflé pendant la chute de neige. Quelle est alors l'influence de ce vent sur la méthode de mesure par analyses successives? La distribution des échantillons du 29 février est très hétérogène; les hauteurs de neige sont échelonnées de 6 à 18 cm et les coefficients de variation sont élevés: respectivement 68, 60, 65 et 126% pour les ions NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$, H^+ et NH_4^+ alors que dans des conditions de dépôt sans vent, ils sont de l'ordre de 10%. Cette hétérogénéité se répercute sur les autres journées de la période bien qu'elle soit atténuée par le dépôt de la neige du 1^{er} mars, sans doute plus homogène.

Ceci conduit à une précision médiocre des valeurs moyennes de concentration spécialement lorsque la taille des échantillons journaliers se réduit à 4, à partir du 3 mars. Comme, de plus, on déplore de petites chutes de neige chaque jour de la période, la détermination des taux de sédimentation est délicate. De fait, l'analyse de variance ne met en évidence aucune différence significative entre les 6 moyennes journalières en ce qui concerne les ions majeurs.

Toutefois, nous voulons préciser dans quelle mesure l'hétérogénéité de la neige au sol est incompatible avec cette méthodologie de mesure du phéno-

mène de sédimentation. En l'absence de dépôt humide et de vent occurant après le 29 février, quelle aurait dû être la taille des échantillons nécessaire à la détermination statistique des flux de dépôts secs tels que ceux observés lors de la 1ère période? Nous utilisons le test de comparaison de 2 moyennes. En supposant la variance des populations journalières constante dans le temps et indépendante de la taille des échantillons, nous arrivons à la formule suivante:

$$N = 2 \frac{t^2 s^2}{d^2}$$

où: t^+ = valeurs du t de student à $v = 2(N-1)$ degrés de liberté

s^2 = variance des échantillons

d = augmentation moyenne des concentrations liée aux dépôts secs.

On rapporte les flux de dépôts secs observés pendant la première période (exprimés en $\mu\text{éq m}^{-2} \text{j}^{-1}$) à la surface échantillonnée le 29 février ($V = 0.0676 \text{ m}^2$, soit une surface 4 fois moindre que pour la 1ère période) et au volume d'eau moyen des échantillons ($V = .941$). On obtient alors les différences $d = \bar{x}_1 - \bar{x}_2$ à mettre en évidence pour l'observation d'un phénomène de sédimentation de dépôts secs analogue à celui observé pendant la 1ère période. Nous avons calculé N pour les 2 cas d'observation sur 1 et 2 jours. Les résultats sont présentés dans le tableau 12.

TABLEAU 12. Nombre d'échantillons (n) nécessaires pour la mise en évidence de taux de dépôt sec (d) identiques à ceux mesurés lors de la première période rapportés au volumes échantillonnés le 29 février et, à titre comparatif, l'écart type des distributions pour cette dernière date, pour la période 4.

	NO_3^-	H^+	$\text{SO}_4^{=}$	NH_4^+
D sec ($\mu\text{eq l}^{-1} \text{ j}^{-1}$)	2.8	3.7	0.5	0.05
Δ 29 fév. ($\mu\text{eq l}^{-1}$)	4.3	9.3	6.6	0.8
n sur 1 jour	18.0	4.8	1 339.0	1 967.0
n sur 2 jours	6.0	12.0	335.0	492.0

Les valeurs moyennes de NO_3^- le 29 février sont très faibles si bien que même avec des coefficients de variation élevés, les écarts types observés sont moyens, comparables à ceux de la 1ère période. De plus, le flux observé pendant la 1ère période est suffisamment important pour être mis facilement en évidence. Ceci explique les tailles d'échantillon raisonnables calculées. Par contre, pour NH_4^+ et $\text{SO}_4^{=}$, les différences de concentration entre les moyennes journalières sont minimales par rapport aux écarts types observés. Il aurait été impossible de mettre en évidence un changement significatif dans les concentrations de l'ordre de grandeur des dépôts secs.

On ne peut tirer de cet exemple aucune règle systématique quant au nombre d'échantillons à prendre. Il est relié directement aux variances des distributions journalières qui dépendent elles-mêmes fortement des conditions atmosphériques et de l'espèce ionique considérée. Il est aussi inversement proportionnel à d^2 . Cette valeur d représente l'augmentation des concentrations dans un certain volume de neige de référence. Pour un même flux de dépôts secs, plus l'épaisseur de la neige de référence est grande, moins net est l'accroissement de concentration. On aurait donc intérêt à isoler des petites strates de neige, par exemple, la fin d'une précipitation, pour appliquer la méthode par analyses successives. Enfin, la valeur de d dépend aussi de l'origine des masses d'air. On a choisi ici de reprendre le flux mesuré lors de la 1ère période (vent d'ouest). Pour des masses d'air plus polluées (vent sud-ouest), les valeurs de d seraient plus élevées et donc plus faciles à mettre en évidence.

3.4 Analyse de la 5ième période

Le tableau 13 présente les conditions expérimentales de la 4ème période. La température maximale pour le 15 et le 16 mars a dépassé 0°C et la neige a commencé à fondre. De plus, on n'avait pas posé de plastique avant la chute de neige du 14 mars et il était difficile de distinguer les différentes strates déposées dans l'épaisseur de la neige. C'est pourquoi nous ne calculons pas de flux de sédimentation pour cette période. En échantillonnant 4 cm de neige le 15 et le 16 mars, on a obtenu respectivement des volumes moyens de 0,38 et 0,69 l de neige fondue. Le 16 mars, la neige mouillée s'est compactée et nous avons récolté des échantillons composés de neige déposée les 2 jours précédents et de neige précipitée avant le 14 mars beaucoup plus riche en polluants (d'après les données qualitatives de précipitations de la station CAPMoN (cf. annexe 2). On observe bien que les échantillons mélangés du 16 mars sont plus concentrés que ceux du 14 et du 15 mars dans le tableau 14.

L'enrichissement des échantillons du 16 mars peut s'expliquer aussi en partie par des flux de sédimentation plus importants sur la neige mouillée. Husar et al. (1978) considèrent que la neige mouillée a le même comportement que l'eau vis-à-vis des polluants atmosphériques. Ainsi, pour SO₂, par exemple, Husar et al. (1978) conseillent de prendre une vitesse de

TABLEAU 13. Conditions expérimentales de la 5ème période (14-16 mars), forêt Montmorency

date	échantillons	conditions météorologiques et remarques
14 mars	N=8	pas de plastique posé au préalable 2 cm de neige
15 mars	N=8	nouvelle neige - venteux - début de fonte
16 mars	N=8	ensoleillé, épisode de fonte

TABLEAU 14. Concentrations moyennes journalières observées avant la 5ième période

	= SO ₄	+ H
14 mars	4.79	12.58
15 mars	4.02	8.77
16 mars	9.23	27.67

sédimentation de 0.7 cm s^{-1} lorsque la neige est humide au lieu de 0.1 cm s^{-1} pour la neige sèche. Cependant, il est impossible de faire la part de ce qui provient des dépôts secs et des strates inférieures dans l'enrichissement observé de la neige de surface pendant cette dernière période.

En conclusion, le fait de ne pas avoir posé de plastique avant la chute de neige du 14 mars aurait empêché le suivi des changements chimiques qui accompagnent l'épisode de fonte. Il y a mélange de la neige de surface avec les strates inférieures. Le calcul des taux de sédimentation est donc impossible.

4. SYNTHÈSE ET RECOMMANDATIONS

Lors de la 1ère période d'échantillonnage, qui s'est déroulée dans les conditions expérimentales les plus propices à l'application de la méthodologie statistique, nous avons pu observer sur 3 jours un enrichissement significatif de la neige de surface (No_3^- , So_4^{2-} , H^+). Pour No_3^- , le flux mesuré est d'un ordre de grandeur supérieur à celui donné par le modèle mathématique de Sheih. Nous pensons que No_x gazeux pourrait participer d'une façon non négligeable à l'augmentation des concentrations en No_3^- dans la neige déposée. Pour So_4^{2-} , les deux flux mesurés et calculés ont des valeurs très proches si l'on considère l'oxydation de So_2 gazeux en So_4^{2-} après son absorption à la surface des cristaux.

Les conditions idéales pour l'application de la méthodologie proposée peuvent être résumées ainsi:

- précipitation de référence pauvre en polluants et peu abondante (masse d'air en provenance de nord);
- concentrations atmosphériques élevées après la précipitation (masse d'air en provenance du sud-ouest ou de l'ouest);
- pas d'intervention de phénomènes météorologiques perturbateurs (vent, précipitation, givre...);
- échantillonnage moins intensif dans le temps.

On préférera prendre deux fois plus d'échantillons les jours de collecte de façon à préciser la valeur moyenne de concentration et échantillonner tous les 2 jours seulement. Étant donné la complexité de la situation météoro-

logique, de l'imprécision des prévisions des systèmes stables, cette méthode ne se prête pas du tout à un futur réseau de mesure. Dans le proche avenir, nous prévoyons que cette méthode pourrait être utilisée pour des sujets spécifiques de recherche ou l'interaction entre le couvert de neige et l'atmosphère.

5. RÉFÉRENCES

- AGNEW, T.A., WILSON, F., BARRIE, L.A., REID, J.D. et FAULKNEV, D. (1982).
Estimation of long term acidic deposition over snow and snowmelt shock
potential. Symposium Canadian d'Hydrologie 82, Frédéricion, Nouveau-
Brunswick, pp. 598-614.
- BERNIER, P., PADILLA, F., DESSUREAULT, M., GELINAS, P.J., AZZARIA, L.M. et
GOULET, S. (1983). Etude hydrogéologique et hydrogéochimique du bas-
sin versant du lac Laflamme en 1982. Direction des eaux intérieures,
région de Québec, Environnement Canada, 237 p.
- CHARETTE, J.Y., JONES, H.G., SOCHANSKA, W. et GAUTHIER, J.M. (1984).
Changes in lake water quality during spring runoff in a northern
boreal forest subjected to acidic precipitation. Symposium Canadien
d'hydrologie, Université Laval, Québec, 10-12 juin.
- DOVLAND, H. et ELIASSEN, A. (1977). Estimates of dry deposition on snow.
IR 34/77 (17 pages), SNSF-prosjektet; POB 61, 1432 As-NLH.
- EPA (1979). Methods for chemical analysis of Water x Wastes. United States
Environmental Protection Agency, Research and Development report
EPA-600/4-79-020.
- HUÉBERT, B.J., NORTON, R.B., BOLLINGER, M.J., PARRISH, D.D., HAHU, C. BUSH,
Y.A., MURPHY, P.C., FECHNSFELD, F.C et ALBRITTON D.L. (1982). Gas

phase and precipitation on acidities in the Colorado mountains. International symposium on hydrometeorology, pp. 17-67. American Water Resources Association.

HUSAR, R.B., LODGE, J.P. and MOORE, D.J. Eds. (1978). Sulfur in the atmosphere. Proc. Int. Symp. Dubrovnik, Sept. 1977. Atmospheric Environment, 12, 7-23.

JOHANNES, A.H. et ALWICKEV, E.R. (1982). Relationship between dry deposition as measured via collection with a dry bucket vs ambient air concentration. Precipitation Scavenging, Dry deposition and Resuspension Proceedings of the 4th International Conference, Santa Monica, Ca., p. 903.

JONES, H.G. (1984). The influence of boreal forest on the chemical composition of snowcover. Eastern Snow Conference, Washington, D.C., 7-9 juin.

JONES, H.G., SOCHANSKA, W., GAUTHIER, J.M. et CHARETTE, J.Y. (1984). The physical and chemical evolution of snowpack structure, meltwater flow patterns and surface runoff during the spring melt period in a northern boreal forest. Symposium Canadien d'Hydrologie, Université Laval, Québec, 10-12 juin.

LIKENS, G.E. et BUTLER, T.J. (1981). Recent acidification of precipitation in North America. Atmospheric Environment, 15: 1103-1110.

- PLAMONDON, A. (1981). Étude hydrologique du bassin du lac Laflamme, forêt Montmorency, Québec, en relation avec le programme d'étude d'impact des pluies acides sur l'environnement forestier. Direction générale des eaux intérieures, Région du Québec. Faculté de foresterie et de géodésie de l'Université Laval et Centre de recherches sur l'eau.
- SHAPIRO, S.S. et WILK, M.B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52, (3 and 4): 591-611.
- SHEIH, C.M., WESELY, M.L., et HICKS, B.B. (1979). Estimated dry deposition velocities of sulfur over the Eastern United States and surrounding regions. *Atmospheric Environment*, 13: 1361-1368.
- STELSON, A.W. BASSETT, W.E. et SEINFELD, J.H. (1983). Thermodynamic equilibrium properties of aqueous solutions of nitrate, sulfate and ammonium in chemistry of particles. *Fogs and Rain; Ed. J. L. Durham, Acid precipitation Series. Vol.2 JI Teasley Series, Editor Butterworth Publishers, Stoneham, Ma 02180. ISBN 0-250-40567-9.*
- WRIGHT, D. (1983). Predicting acidification of North American lakes. *Acid Rain Research Report 4/1983, Niva Project no 0-81036, SNSF project, Oslo, Norway.*



Annexe 1:

Concentrations atmosphériques recueillies à la station CAPMon, forêt Montmorency, pour les périodes d'échantillonnage, telles que fournies par le Service d'Environnement Atmosphérique, région de Québec, Montréal.

^
FORÉT MONTMORENCY

SAMPLE DATE	HOURS SAMPLED	MEAN FLOW RATE (l/MIN)	AIR SAMPLES m ³	AIR CONCENTRATIONS, µg/m ³							
				Cl ⁻	NO ₃	SO ₄ ²⁻	NA ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	SO ₂	
<i>Dec. 19/83</i> Dec. 20 1983	24.0	<i>17.3</i> 17.7	<i>24.9</i> 25.5	<i>0.05</i> 0.04	<i>0.10</i> 0.10	<i>0.55</i> 0.59	<i>0.07</i> 0.06	<i>BDL*</i> BDL*	<i>0.05</i> 0.04	<i>1.4</i> 4.2	
Dec. 21 1983	24.0	18.4	26.4	0.02	0.06	0.24	0.01	BDL	0.07	BDL	
Dec. 22 1983	24.0	17.4	25.1	0.01	0.06	0.91	0.02	BDL	0.18	1.1	
<i>Jan 18/84</i> Jan. 19 1984	<i>21.0</i> 24.0	<i>18.6</i> 17.9	<i>23.4</i> 25.8	<i>BDL</i> 0.02	<i>0.10</i> 0.21	<i>10.8</i> 3.97	<i>0.05</i> 0.11	<i>BDL</i> BDL	<i>2.20</i> 0.82	<i>22.1</i> 3.1	
Jan. 20 1984	24.0	18.6	26.8	0.04	0.17	1.18	0.09	0.04	0.33	2.9	
Jan. 21 1984	24.0	18.2	26.2	0.03	0.22	0.98	0.15	BDL	0.16	1.2	
Jan. 22 1984	24.0	17.6	25.3	BDL	0.37	4.26	0.18	BDL	0.98	15.4	
Jan. 23 1984	24.0	17.1	24.6	BDL	0.19	7.70	0.14	BDL	1.26	22.1	
<i>Jan 27/84</i> Jan. 28 1984	<i>24.0</i> 24.0	<i>17.9</i> 18.2	<i>25.8</i> 26.2	<i>BDL</i> BDL	<i>0.04</i> 0.04	<i>2.13</i> 0.09	<i>BDL</i> BDL	<i>BDL</i> BDL	<i>0.37</i> 0.04	<i>3.4</i> 0.2	
<i>Feb 29/84</i> Mar. 1 1984	<i>24.0</i> 24.0	<i>17.3</i> 17.7	<i>24.9</i> 25.5	<i>0.03</i> 0.17	<i>0.07</i> 0.21	<i>0.43</i> 0.52	<i>0.01</i> 0.21	<i>0.05</i> 0.04	<i>0.09</i> 0.06	<i>0.5</i> 0.2	
Mar. 2 1984	24.0	18.2	26.2	0.41	0.22	0.56	0.36	0.05	0.05	BDL	
Mar. 3 1984	24.0	17.7	25.5	0.56	0.28	0.51	0.45	0.05	0.05	BDL	
Mar. 4 1984	24.0	17.3	24.9	0.09	0.17	0.56	0.12	0.04	0.05	BDL	
Mar. 5 1984	24.0	16.9	24.3	0.03	0.11	1.26	0.04	0.05	0.22	1.9	
<i>mar 14/84</i> Mar. 15 1984	<i>24.0</i> 24.0	<i>18.8</i> 18.0	<i>27.1</i> 25.9	<i>0.02</i> BDL	<i>0.11</i> 0.28	<i>0.11</i> 1.17	<i>0.03</i> 0.23	<i>0.01</i> 0.05	<i>0.09</i> 0.19	<i>0.7</i> 1.0	
Mar. 16 1984	24.0	18.4	26.5	BDL	0.09	0.86	0.05	0.05	0.16	0.9	

BDL = below detection limit

Annexe 2:

Données qualitatives des précipitations recueillies à la station CAPMoN, forêt Montmorency, hiver 83-84, telles que fournies par le Service Environnement Atmosphérique, Région de Québec, Montréal.

CAPRON QUALITY CONTROL PROGRAM
PRECIPITATION CONCENTRATIONS IN MG/L

1212 MONDAY, SEPTEMBER 10, 1984

DAY	HR	TR	LAENU	STNO	COLL	STAG	PK	SID	PH	SLA	N	NCJ	CR	MM4	MG	KL	K			
DAY	HR	TR	LAENU	STNO	COLL	STAG	PK	SID	PH	SLA	N	NCJ	CR	MM4	MG	KL	K			
				STATION	MONTH	COUNT	YEAR													
				TYPE	USCU															
2	01	09	J2	12	16831	0.08	0.17	142.0	1	2	3.7	4.0	1.410	-0.05	0.477	-0.01	0.00	0.19	0.03	
19	02	12	03	08	EK	0.29	.	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
24	03	08	04	08	EK	0.61	.	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
27	04	08	05	08	EK	0.22	.	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
34	05	08	06	08	EK	0.44	.	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
39	06	08	07	08	EK	0.60	.	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
44	07	08	08	08	EK	0.05	.	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
49	09	08	10	08	EK	0.10	.	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
54	10	08	11	08	EK	0.04	.	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
59	13	08	14	12	EK	0.33	.	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
64	14	12	15	09	N	0.06	0.17	136.0	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
70	16	11	17	09	N	-0.02	.	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
75	18	09	19	09	16828	0.18	0.26	212.0	1	2	4.0	0.8	1.030	-0.05	0.025	-0.04	0.62	0.26	0.02	
92	19	09	20	09	16833	0.12	0.10	197.0	1	2	3.7	1.4	1.750	0.44	0.11	0.76	0.26	0.05	0.24	
109	23	09	21	09	N	0.04	0.13	105.0	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
115	21	07	22	09	N	-0.02	.	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
120	22	09	23	09	N	0.10	0.13	107.0	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
126	23	09	24	09	N	0.04	0.13	128.0	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
132	24	09	25	09	EP	16834	0.95	.	3	2	4.4	1.0	0.290	-0.05	0.073	-0.04	0.12	0.22	-0.02	
143	29	09	26	13	16835	0.96	0.32	269.0	1	2	3.9	0.4	0.730	0.03	0.420	0.04	0.00	0.20	0.23	
165	25	13	27	09	16836	0.31	0.40	323.0	1	2	4.8	0.3	0.180	-0.00	0.124	-0.01	-0.02	0.04	-0.02	
182	27	09	28	09	16837	0.30	0.34	279.0	1	2	4.0	1.0	1.750	-0.05	0.136	-0.04	0.17	0.23	0.10	
199	29	09	30	09	16838	0.04	0.13	106.0	1	2	4.0	1.6	0.140	.	0.790	.	.	.	0.47	.
211	30	09	31	09	16839	0.19	0.27	210.0	1	2	3.7	1.4	1.030	-0.05	0.110	-0.01	0.04	0.14	-0.04	

N = insufficient sample for analysis
C = precipitate collected with severe but not precip collector

CAPRON QUALITY CONTROL PROGRAM
 PRECIPITATION CONCENTRATIONS IN MG/L

12112 MONDAY, SEPTEMBER 10, 1984 2

----- STATION#NUNIMURENLY MONTH#J2(FEB) YEAR#84 -----																				
CARD	FROM	HR	TO	HR	CMNT	LABNO	STNU	COLL+DAG	COLL+DAG	PREC	STU	PH	SO4--	N-NO3-	CA++	N-NH4+	MG++	NA+	CL-	K+
	DAY	DAY					(CM)	(CM)	(CM)											
228	01	09	02	09	N		0.07	0.15	123.0	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
234	03	09	04	10		17289	1.12	0.93	761.0	1	2	4.1	2.0	0.710	(.00)	0.221	-0.001	0.06	0.14	-0.02
251	04	10	05	09			-0.02	.	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
256	05	09	06	09		17290	0.20	0.17	139.0	1	2	4.6	0.5	0.350	0.10	0.025	0.02	0.03	0.27	-0.02
272	06	09	07	09	Q		-0.02	.	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
277	07	09	08	09	Q		-0.02	.	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
282	08	09	09	09	Q		0.02	.	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
287	10	11	11	09		17291	0.05	0.13	105.0	1	2	3.5	12.4	4.130	.	-0.005	.	.	1.36	.
299	11	09	12	09	Q		-0.02	.	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
304	12	09	13	09	Q		-0.02	.	.	0	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
309	14	09	15	09		17292	1.95	2.00	1628.0	0	2	4.6	1.0	0.180	-0.05	0.035	0.02	0.12	0.25	-0.02
328	19	09	20	09		17919	0.34	0.33	271.0	3	2	3.9	3.7	0.930	0.07	0.254	0.01	0.07	0.12	0.04
345	20	09	21	09		17920	0.14	0.22	183.0	1	2	4.1	3.0	0.630	0.07	0.237	-0.01	0.05	0.48	-0.02
364	21	09	22	09	Q		0.04	.	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
369	22	09	23	09		17921	0.24	0.25	232.0	1	2	4.4	1.0	0.510	0.13	0.073	0.02	0.08	0.23	-0.02
388	23	09	24	09		17922	0.60	0.62	504.0	1	2	4.5	1.5	0.600	0.48	0.118	0.04	0.08	0.29	0.03
407	26	09	27	09		17923	0.22	0.15	119.0	1	2	4.6	0.3	0.050	-0.05	.	-0.01	.	0.35	.
422	27	09	28	09	Q		-0.02	.	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
427	28	09	29	09		17924	4.02	1.28	1044.0	1	2	3.0	0.5	0.040	-0.05	0.012	0.01	0.06	0.08	-0.02
446	29	09	31	09		17925	0.32	0.40	325.0	1	2	4.2	0.5	0.030	-0.05	0.002	-0.01	0.05	0.07	0.02

Annexe 3:

Données de la campagne d'échantillonnage moyennes et écart types pour chaque ion, pour les 5 périodes d'étude de 1983-84.

FILE NONAME (CREATION DATE = 85/03/27.)

----- DESCRIPTION OF SUBPOPULATIONS -----

CRITERION VARIABLE NA SODIUM UEO PAR L
BROKEN DOWN BY JOUR

VARIABLE	CODE	VALUE LABEL	SUM	MEAN	STD DEV	VARIANCE	N
FOR ENTIRE POPULATION			322,5300	2,7804	1,7101	2,9246 (	116)
JOUR	19,		8,2600	4,1300	1,5415	2,3762 (	2)
JOUR	20,		33,4800	5,5800	2,8498	8,1212 (	6)
JOUR	21,		29,1300	4,8550	1,8115	3,2814 (	6)
JOUR	22,		22,1700	3,6950	1,9583	3,8348 (	6)
JOUR	23,		19,1300	3,1883	1,6887	2,8516 (	6)
JOUR	28,		9,1100	1,5183	,5348	,2860 (	6)
JOUR	60,		16,0900	2,6817	1,7478	3,0549 (	6)
JOUR	61,		19,1300	3,1883	1,3928	1,9398 (	6)
JOUR	62,		17,3800	2,8967	1,3114	1,7197 (	6)
JOUR	63,		11,3100	2,8275	2,4989	6,2444 (	4)
JOUR	64,		10,4200	2,6050	1,6659	2,7753 (	4)
JOUR	65,		10,8600	2,7150	2,3912	5,7179 (	4)
JOUR	74,		10,8700	1,3588	,6342	,4022 (	8)
JOUR	75,		13,9000	1,7375	1,3167	1,7338 (	8)
JOUR	76,		21,3100	2,6638	,7517	,5650 (	8)
JOUR	353,		18,6900	2,3363	,5672	,3217 (	8)
JOUR	354,		17,8200	2,2275	,5902	,3483 (	8)
JOUR	355,		18,2600	2,6086	,9719	,9447 (	7)
JOUR	356,		15,2100	2,1729	1,2829	1,6458 (	7)
TOTAL CASES =			116				

FILE NONAME (CREATION DATE = 85/03/27.)

----- DESCRIPTION OF SUBPOPULATIONS -----

CRITERION VARIABLE K POTASSIUM UFQ PAR L
BROKEN DOWN BY JOUR

VARIABLE	CODE	VALUE LABEL	SUM	MEAN	STD DEV	VARIANCE	N
FOR ENTIRE POPULATION			81,3700	.7015	.5751	.3307 (	116)
JOUR	19,		.7700	.3850	.5445	.2965 (	21)
JOUR	20,		7.9300	1.3217	1.5639	2.4457 (	6)
JOUR	21,		4.6000	.7667	.8411	.7074 (	6)
JOUR	22,		2.3100	.3850	.5310	.2819 (	6)
JOUR	23,		1.2900	.2150	.3002	.0901 (	6)
JOUR	28,		.2600	.0433	.1061	.0113 (	6)
JOUR	60,		7.4000	1.2333	.2509	.0629 (	6)
JOUR	61,		3.8400	.6400	.3526	.1243 (	6)
JOUR	62,		4.6100	.7683	.1613	.0260 (	6)
JOUR	63,		1.7900	.4475	.1250	.0156 (	4)
JOUR	64,		2.3000	.5750	.1300	.0169 (	4)
JOUR	65,		1.2900	.3225	.1250	.0156 (	4)
JOUR	74,		3.8400	.4800	.1627	.0265 (	8)
JOUR	75,		7.1600	.8950	.5626	.3166 (	8)
JOUR	76,		6.3900	.7987	.4798	.2302 (	8)
JOUR	353,		6.9000	.8625	.3315	.1099 (	8)
JOUR	354,		5.8900	.7363	.2546	.0648 (	8)
JOUR	355,		6.4000	.9143	.2900	.0841 (	7)
JOUR	356,		6.4000	.9143	.5308	.2817 (	7)

TOTAL CASES = 116

FILE NONAME (CREATION DATE = 85/03/27.)

----- DESCRIPTION OF SUBPOPULATIONS -----

CRITERION VARIABLE MG MAGNESIUM UFG PAR L
BROKEN DOWN BY JOUR

VARIABLE	CODE	VALUE LABEL	SUM	MEAN	STD DEV	VARIANCE	N
FOR ENTIRE POPULATION			45.9000	.3957	.3568	.1273	(116)
JOUR	19,		.1700	.0850	.1202	.0144	(2)
JOUR	20,		1.5000	.2500	.1978	.0391	(6)
JOUR	21,		1.8500	.3083	.2020	.0408	(6)
JOUR	22,		.8300	.1383	.1356	.0184	(6)
JOUR	23,		1.3300	.2217	.1561	.0244	(6)
JOUR	28,		1.2500	.2083	.0868	.0075	(6)
JOUR	60,		4.0800	.6800	.5899	.3480	(6)
JOUR	61,		4.6600	.7767	.3189	.1017	(6)
JOUR	62,		5.0800	.8467	.2768	.0766	(6)
JOUR	63,		3.1700	.7925	.6196	.3839	(4)
JOUR	64,		3.5000	.8750	.3896	.1518	(4)
JOUR	65,		3.5900	.8975	.6119	.3744	(4)
JOUR	74,		1.5000	.1875	.2367	.0560	(8)
JOUR	75,		.2500	.0313	.0627	.0039	(8)
JOUR	76,		2.9100	.3637	.1880	.0353	(8)
JOUR	353,		2.7400	.3425	.0552	.0031	(8)
JOUR	354,		2.3200	.2900	.0428	.0018	(8)
JOUR	355,		2.7500	.3929	.0652	.0043	(7)
JOUR	356,		2.4200	.3457	.0896	.0080	(7)
TOTAL CASES =		116					

FILE NONAME (CREATION DATE = 85/03/27.)

----- DESCRIPTION OF SUBPOPULATIONS -----

CRITERION VARIABLE NH4 AMONIAQUE UFQ PAR L
BROKEN DOWN BY JOUR

VARIABLE	CODE	VALUE LABEL	SUM	MEAN	STD DEV	VARIANCE	N
FOR ENTIRE POPULATION			327.0300	2.8192	3.3443	11.1846	(116)
JOUR	19,		4.0000	2.0000	1.4142	2.0000	(2)
JOUR	20,		11.1700	1.8617	.5797	.3361	(6)
JOUR	21,		8.8400	1.4733	.2983	.0890	(6)
JOUR	22,		7.2300	1.2050	.2009	.0404	(6)
JOUR	23,		7.9300	1.3217	.4338	.1882	(6)
JOUR	28,		54.1600	9.0267	1.1028	1.2163	(6)
JOUR	60,		3.8300	.6383	.8070	.6512	(6)
JOUR	61,		2.2800	.3800	.5890	.3469	(6)
JOUR	62,		1.6100	.2683	.4244	.1801	(6)
JOUR	63,		.6700	.1675	.3350	.1122	(4)
JOUR	64,		1.2800	.3200	.3752	.1408	(4)
JOUR	65,		.6700	.1675	.3350	.1122	(4)
JOUR	74,		2.1700	.2713	.7672	.5886	(8)
JOUR	75,		0	0	0	0	(8)
JOUR	76,		5.1700	.6462	.6024	.3629	(8)
JOUR	353,		62.1800	7.7725	.7904	.6391	(8)
JOUR	354,		52.6700	6.5838	.7001	.4902	(8)
JOUR	355,		60.8900	8.6986	1.5322	2.3476	(7)
JOUR	356,		40.2800	5.7543	1.3851	1.9186	(7)

TOTAL CASES = 116

FILE NONAME (CREATION DATE = 85/03/27.)

----- DESCRIPTION OF SUBPOPULATIONS -----

CRITERION VARIABLE CA CALCIUM UFG PAR L
BROKEN DOWN BY JOUR

VARIABLE	CODE	VALUE LABEL	SUM	MEAN	STD DEV	VARIANCE	N
FOR ENTIRE POPULATION			172,0000	1,4828	1,2211	1,4910 (	116)
JOUR	19,		1,5000	,7500	,3536	,1250 (	2)
JOUR	20,		4,5000	,7500	,5244	,2750 (	6)
JOUR	21,		5,0000	,8333	,4082	,1667 (	6)
JOUR	22,		4,0000	,6667	,5164	,2667 (	6)
JOUR	23,		5,5000	,9167	,5845	,3417 (	6)
JOUR	28,		2,0000	,3333	,5164	,2667 (	6)
JOUR	60,		22,0000	3,6667	1,2111	1,4667 (	6)
JOUR	61,		19,5000	3,2500	,7583	,5750 (	6)
JOUR	62,		18,5000	3,0833	,6646	,4417 (	6)
JOUR	63,		12,5000	3,1250	1,1087	1,2292 (	4)
JOUR	64,		10,5000	2,6250	,7500	,5625 (	4)
JOUR	65,		10,5000	2,6250	1,3769	1,8958 (	4)
JOUR	74,		5,0000	,6250	,7906	,6250 (	8)
JOUR	75,		2,0000	,2500	,2673	,0714 (	8)
JOUR	76,		12,0000	1,5000	,8018	,6429 (	8)
JOUR	353,		10,0000	1,2500	,2673	,0714 (	8)
JOUR	354,		8,0000	1,0000	,6547	,4286 (	8)
JOUR	355,		9,5000	1,3571	,3780	,1429 (	7)
JOUR	356,		9,5000	1,3571	,6268	,3929 (	7)

TOTAL CASES = 116

FILE NONAME (CREATION DATE = 85/03/27.)

----- DESCRIPTION OF SUBPOPULATIONS -----

CRITERION VARIABLE H HYDROGENE UEG PAR L
BROKEN DOWN BY JOUR

VARIABLE	CODE	VALUE LABEL	SUM	MEAN	STD DEV	VARIANCE	N
FOR ENTIRE POPULATION			6549.3300	56.4597	40.0729	1605.8381 (	116)
JOUR	19,		253.4500	126.7250	20.5415	421.9513 (	2)
JOUR	20,		664.9200	110.8200	9.2901	86.3053 (	6)
JOUR	21,		640.7600	106.7933	18.6080	346.2593 (	6)
JOUR	22,		679.3200	113.2200	11.8524	140.4800 (	6)
JOUR	23,		733.3900	122.2317	12.7738	163.1703 (	6)
JOUR	28,		386.2900	64.3817	3.1394	9.8560 (	6)
JOUR	60,		86.0000	14.3333	9.3220	86.8099 (	6)
JOUR	61,		156.1800	26.0300	10.1804	103.6400 (	6)
JOUR	62,		152.3500	25.3917	12.8439	164.9663 (	6)
JOUR	63,		86.2800	21.5700	9.7006	94.1009 (	4)
JOUR	64,		93.4100	23.3525	7.1378	50.9481 (	4)
JOUR	65,		77.0200	19.2550	7.9769	63.6306 (	4)
JOUR	74,		100.6400	12.5800	9.7667	95.3875 (	8)
JOUR	75,		70.1600	8.7700	4.6456	21.5814 (	8)
JOUR	76,		221.3200	27.6650	10.1486	102.9947 (	8)
JOUR	353,		517.3500	64.6688	3.9148	15.3255 (	8)
JOUR	354,		592.2300	74.0287	4.2175	17.7877 (	8)
JOUR	355,		607.6400	86.8057	10.4305	108.7949 (	7)
JOUR	356,		430.6200	61.5171	8.7740	95.5312 (	7)

TOTAL CASES = 116

FILE NONAME (CREATION DATE = 85/03/27.)

----- DESCRIPTION OF SUBPOPULATIONS -----

CRITERION VARIABLE S04 SULFATE HFQ PAR L
BROKEN DOWN BY JOUR

VARIABLE	CODE	VALUE LABEL	SUM	MEAN	STD DEV	VARIANCE	N
FOR ENTIRE POPULATION			1375.7200	11.8597	5.9909	35.8914 (	116)
JOUR	19,		20.3300	10.1650	1.7607	3.1001 (	2)
JOUR	20,		56.8500	9.4750	.5368	.2881 (	6)
JOUR	21,		64.9400	10.8233	1.2413	1.5407 (	6)
JOUR	22,		53.7400	8.9567	1.0513	1.1053 (	6)
JOUR	23,		58.9200	9.8200	.9235	.8528 (	6)
JOUR	28,		102.9100	17.1517	1.6822	2.8299 (	6)
JOUR	60,		65.7600	10.9600	6.5936	43.4761 (	6)
JOUR	61,		57.4700	9.5783	3.3704	11.3596 (	6)
JOUR	62,		58.3000	9.7167	3.2683	10.6815 (	6)
JOUR	63,		37.3400	9.3350	3.7172	13.8174 (	4)
JOUR	64,		32.9800	8.2450	1.5166	2.3001 (	4)
JOUR	65,		34.6400	8.6600	2.8818	8.3048 (	4)
JOUR	74,		38.3600	4.7950	2.7665	7.6536 (	8)
JOUR	75,		32.1600	4.0200	.9157	.8385 (	8)
JOUR	76,		73.8600	9.2325	4.1557	17.2699 (	8)
JOUR	353,		157.6900	19.7112	2.7174	7.3840 (	8)
JOUR	354,		145.2200	18.1525	1.8397	3.3845 (	8)
JOUR	355,		159.7600	22.8229	2.3946	5.7339 (	7)
JOUR	356,		124.4900	17.7843	3.7627	14.1579 (	7)

TOTAL CASES * 116

FILE NONAME (CREATION DATE = 85/03/27.)

DESCRIPTION OF SUBPOPULATIONS

CRITERION VARIABLE NO3 NITRATE UFG PAR L
 BROKEN DOWN BY JOUR

VARIABLE	CODE	VALUE LABEL	SUM	MEAN	STD DEV	VARIANCE	N
FOR ENTIRE POPULATION			5445.6100	46.9449	37.1464	1379.8563	(116)
JOUR	19,		261.9300	130.9650	43.5648	1897.8960	(2)
JOUR	20,		646.9500	107.8250	10.5053	110.3620	(6)
JOUR	21,		633.0500	105.5083	18.1244	328.4938	(6)
JOUR	22,		482.5600	80.4267	8.8439	78.2149	(6)
JOUR	23,		579.0300	96.5050	8.2594	68.2171	(6)
JOUR	28,		380.3200	63.3867	4.6882	21.9790	(6)
JOUR	60,		38.0700	6.3450	4.3144	18.6145	(6)
JOUR	61,		120.1500	20.0250	8.5503	73.1072	(6)
JOUR	62,		108.2200	18.0367	11.2414	126.3691	(6)
JOUR	63,		57.8900	14.4725	8.5805	73.6243	(4)
JOUR	64,		69.6800	17.4200	7.7510	60.0785	(4)
JOUR	65,		51.3000	12.8250	7.6671	58.7846	(4)
JOUR	74,		60.0000	7.5000	8.7238	76.1045	(8)
JOUR	75,		28.4000	3.5500	3.7941	14.3953	(8)
JOUR	76,		178.0600	22.2575	8.7186	76.0145	(8)
JOUR	353,		437.1000	54.6375	3.0410	9.2475	(8)
JOUR	354,		461.2900	57.6613	4.7793	22.8414	(8)
JOUR	355,		501.6200	71.6600	8.8275	77.9243	(7)
JOUR	356,		349.9900	49.9986	8.8339	78.0369	(7)

TOTAL CASES = 116

Annexe 4:

Vitesses de sédimentation données par le modèle de Sheih telles que fournies par le Service d'Environnement Atmosphérique. Région de Québec, Montréal.

MONTMORENCY

LONG : -71.150 LAT : 47.317

S02

SEASON : WINTER

%	LAND USE CLASSES						
	WATER	C. FOR	D. FOR	SWAMP	CULT	GRASS	URBAN
	9.90	38.15	38.15	0.70	0.00	13.00	0.10

DRY DEPOSITION VELOCITY (CM/S)

WIND KNOTS	STABILITY CLASSES					
	A	B	C	D	E	F
1.	0.07	0.07	0.06	0.06		0.05
2.	0.07	0.07	0.07	0.07		0.06
3.	0.08	0.08	0.08	0.07		0.06
4.	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07
5.	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07
6.		0.08	0.08	0.08	0.08	0.07
7.		0.08	0.08	0.08	0.08	
8.		0.08	0.08	0.08	0.08	
9.		0.09	0.08	0.08	0.08	
10.			0.08	0.08	0.08	
11.			0.09	0.08		
12.			0.09	0.09		
13.			0.09	0.09		
14.			0.09	0.09		
15.			0.09	0.09		
16.			0.09	0.09		
17.			0.09	0.09		
18.			0.09	0.09		
19.			0.09	0.09		
20.			0.09	0.09		
21.			0.09	0.09		
22.			0.09	0.09		
23.			0.09	0.09		
24.			0.09	0.09		
25.			0.09	0.09		

MONTMORENCY

LONG : -71.150 LAT : 47.317

S02

SEASON : WINTER

LAND-USE CATEGORY : GRASSLAND

DRY DEPOSITION VELOCITY (CM/S)

WIND KNOTS	STABILITY CLASSES					
	A	B	C	D	E	F
1.	0.05	0.05	0.04	0.04		0.03
2.	0.07	0.07	0.07	0.06		0.05
3.	0.09	0.08	0.08	0.08		0.06
4.	0.10	0.09	0.09	0.09	0.08	0.07
5.	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08
6.		0.11	0.10	0.10	0.09	0.08
7.		0.11	0.11	0.11	0.10	
8.		0.11	0.11	0.11	0.10	
9.		0.12	0.11	0.11	0.11	
10.			0.12	0.11	0.11	
11.			0.12	0.12		
12.			0.12	0.12		
13.			0.12	0.12		
14.			0.12	0.12		
15.			0.12	0.12		
16.			0.13	0.12		
17.			0.13	0.12		
18.			0.13	0.13		
19.			0.13	0.13		
20.			0.13	0.13		
21.			0.13	0.13		
22.			0.13	0.13		
23.			0.13	0.13		
24.			0.13	0.13		
25.			0.13	0.13		

MONTMORENCY

LONG : -71.150 LAT : 47.317

S04

SEASON : WINTER

%	LAND USE CLASSES						
	WATER	C. FOR	D. FOR	SWAMP	CULT	GRASS	URBAN
	9.90	38.15	38.15	0.70	0.00	13.00	0.10

DRY DEPOSITION VELOCITY (CM/S)

WIND KNOTS	STABILITY CLASSES					
	A	B	C	D	E	F
1.	0.31	0.29	0.26	0.22		0.10
2.	0.32	0.31	0.29	0.26		0.15
3.	0.32	0.32	0.31	0.28		0.18
4.	0.33	0.32	0.31	0.29	0.26	0.20
5.	0.33	0.32	0.32	0.30	0.27	0.22
6.		0.33	0.32	0.30	0.27	0.23
7.		0.33	0.32	0.30	0.28	
8.		0.33	0.32	0.31	0.28	
9.		0.33	0.32	0.31	0.29	
10.			0.32	0.31	0.29	
11.			0.33	0.31		
12.			0.33	0.31		
13.			0.33	0.31		
14.			0.33	0.31		
15.			0.33	0.31		
16.			0.33	0.32		
17.			0.33	0.32		
18.			0.33	0.32		
19.			0.33	0.32		
20.			0.33	0.32		
21.			0.33	0.32		
22.			0.33	0.32		
23.			0.33	0.32		
24.			0.33	0.32		
25.			0.33	0.32		

MONTMORENCY

LONG : -71.150 LAT : 47.317

S04

SEASON : WINTER

LAND-USE CATEGORY : GRASSLAND

DRY DEPOSITION VELOCITY (CM/S)

WIND KNOTS	STABILITY CLASSES					
	A	B	C	D	E	F
1.	0.05	0.05	0.04	0.03		0.02
2.	0.07	0.06	0.06	0.04		0.03
3.	0.07	0.07	0.07	0.04		0.03
4.	0.08	0.08	0.08	0.05	0.03	0.03
5.	0.08	0.08	0.08	0.05	0.04	0.03
6.		0.08	0.08	0.05	0.04	0.03
7.		0.09	0.08	0.05	0.04	
8.		0.09	0.09	0.05	0.04	
9.		0.09	0.09	0.05	0.04	
10.			0.09	0.05	0.04	
11.			0.09	0.05		
12.			0.09	0.05		
13.			0.09	0.05		
14.			0.09	0.05		
15.			0.09	0.05		
16.			0.09	0.05		
17.			0.09	0.05		
18.			0.09	0.05		
19.			0.09	0.05		
20.			0.09	0.05		
21.			0.09	0.06		
22.			0.09	0.06		
23.			0.09	0.06		
24.			0.10	0.06		
25.			0.10	0.06		

MONTMORENCY

LONG : -71.150 LAT : 47.317

NO3

SEASON : WINTER

		LAND USE CLASSES						
		WATER	C. FOR	D. FOR	SWAMP	CULT	GRASS	URBAN
%		9.90	38.15	38.15	0.70	0.00	13.00	0.10

DRY DEPOSITION VELOCITY (CM/S)

WIND KNOTS	STABILITY CLASSES					
	A	B	C	D	E	F
1.	0.59	0.54	0.44	0.35		0.13
2.	0.62	0.59	0.53	0.45		0.21
3.	0.63	0.61	0.56	0.50		0.26
4.	0.64	0.62	0.59	0.53	0.43	0.30
5.	0.64	0.63	0.60	0.55	0.46	0.33
6.		0.64	0.61	0.56	0.48	0.36
7.		0.64	0.62	0.57	0.50	
8.		0.64	0.62	0.58	0.51	
9.		0.65	0.63	0.59	0.52	
10.			0.63	0.59	0.53	
11.			0.64	0.60		
12.			0.64	0.60		
13.			0.64	0.61		
14.			0.64	0.61		
15.			0.64	0.61		
16.			0.64	0.61		
17.			0.65	0.62		
18.			0.65	0.62		
19.			0.65	0.62		
20.			0.65	0.62		
21.			0.65	0.62		
22.			0.65	0.62		
23.			0.65	0.62		
24.			0.65	0.62		
25.			0.65	0.63		

MONTMORENCY

LONG : -71.150 LAT : 47.317

N03

SEASON : WINTER

LAND-USE CATEGORY : GRASSLAND

DRY DEPOSITION VELOCITY (CM/S)

WIND KNOTS	STABILITY CLASSES					
	A	B	C	D	E	F
1.	0.06	0.06	0.06	0.04		0.03
2.	0.10	0.09	0.09	0.06		0.04
3.	0.12	0.11	0.11	0.07		0.05
4.	0.13	0.13	0.12	0.08	0.06	0.05
5.	0.14	0.14	0.13	0.09	0.06	0.06
6.		0.15	0.14	0.09	0.06	0.06
7.		0.15	0.15	0.09	0.07	
8.		0.16	0.15	0.09	0.07	
9.		0.16	0.16	0.10	0.07	
10.			0.16	0.10	0.07	
11.			0.16	0.10		
12.			0.17	0.10		
13.			0.17	0.10		
14.			0.17	0.10		
15.			0.17	0.10		
16.			0.17	0.10		
17.			0.17	0.10		
18.			0.18	0.10		
19.			0.18	0.11		
20.			0.18	0.11		
21.			0.18	0.11		
22.			0.18	0.11		
23.			0.18	0.11		
24.			0.18	0.11		
25.			0.18	0.11		

MONTMORENCY

LONG : -71.150 LAT : 47.317

HNO3

SEASON : WINTER

%	LAND USE CLASSES						
	WATER	C. FOR	D. FOR	SWAMP	CULT	GRASS	URBAN
	9.90	38.15	38.15	0.70	0.00	13.00	0.10

DRY DEPOSITION VELOCITY (CM/S)

WIND KNOTS	STABILITY CLASSES					
	A	B	C	D	E	F
1.	1.16	0.93	0.66	0.47		0.14
2.	1.80	1.51	1.13	0.85		0.26
3.	2.20	1.90	1.49	1.15		0.38
4.	2.48	2.19	1.77	1.40	0.90	0.49
5.	2.69	2.41	1.99	1.62	1.06	0.60
6.		2.59	2.18	1.80	1.22	0.70
7.		2.73	2.34	1.96	1.35	
8.		2.85	2.47	2.10	1.48	
9.		2.95	2.59	2.22	1.59	
10.			2.69	2.33	1.70	
11.			2.78	2.43		
12.			2.86	2.52		
13.			2.94	2.60		
14.			3.00	2.67		
15.			3.06	2.74		
16.			3.12	2.80		
17.			3.17	2.86		
18.			3.22	2.92		
19.			3.26	2.97		
20.			3.30	3.02		
21.			3.34	3.06		
22.			3.38	3.10		
23.			3.41	3.14		
24.			3.44	3.18		
25.			3.47	3.22		

MONTMORENCY

LONG : -71.150 LAT : 47.317

HNO3

SEASON : WINTER

LAND-USE CATEGORY : GRASSLAND

DRY DEPOSITION VELOCITY (CM/S)

WIND KNOTS	STABILITY CLASSES					
	A	B	C	D	E	F
1.	0.07	0.07	0.06	0.06		0.03
2.	0.14	0.14	0.12	0.11		0.07
3.	0.21	0.20	0.18	0.16		0.10
4.	0.28	0.27	0.24	0.22	0.18	0.14
5.	0.35	0.33	0.30	0.27	0.22	0.17
6.		0.39	0.35	0.32	0.26	0.20
7.		0.45	0.41	0.37	0.31	
8.		0.50	0.46	0.42	0.35	
9.		0.56	0.51	0.46	0.39	
10.			0.56	0.51	0.43	
11.			0.61	0.55		
12.			0.66	0.60		
13.			0.71	0.64		
14.			0.75	0.69		
15.			0.80	0.73		
16.			0.84	0.77		
17.			0.89	0.81		
18.			0.93	0.85		
19.			0.97	0.89		
20.			1.01	0.92		
21.			1.05	0.96		
22.			1.09	1.00		
23.			1.13	1.04		
24.			1.17	1.07		
25.			1.20	1.11		