
ANNEXES

Annexe I.1 : Le protocole de lavage appliqué au matériel de collecte et d'analyse

AU LABORATOIRE

- Détergent + eau du robinet tiède,
- 24 H dans un bac decon (50 % eau permutée + 50 % eau du robinet + Décon à 2 %)
Rincer 3 fois à l'eau permutée
- 24 H dans un bac acide (HCl dilué à 2 % dans l'eau permutée)
Rincer 3 fois à l'eau permutée

EN SALLE BLANCHE

- Rincer 5 fois à l'eau milli-Q
- 1 semaine dans HCL normapur 0.2 N
- Pour le matériel du type polypropylène : -Rincer 3 fois à l'eau milli-Q
 - 1 semaine dans l'eau milli-Q
 - Rincer 3 fois à l'eau milli-Q
 - Séchage sous hotte à flux laminaire
 - Double emballage dans sacs soudés
- Pour le matériel de type Teflon: - Rincer 3 fois à l'eau milli-Q
 - 2 semaines dans l'acide nitrique normapur 1 N
 - Rincer 3 fois à l'eau milli-Q
 - flacon remplis d'acide nitrique normapur 0.1 N
 - Double emballage dans sacs soudés

Annexe I.2 : Les échantillons collectés à Summit dans le cadre du programme

- La période de collecte de l'aérosol atmosphérique (Campagne ATM 95)

	Date(début)	Date (fin)
N°1		3-mai
N°2		5-mai
N°3		7-mai
N°4		9-mai
N°5		11-mai
N°6		13-mai
N°7		15-mai
N°8		19-mai
N°9		21-mai
N°10		24-mai
N°11		26-mai
N°12		28-mai
N°13		30-mai
N°14		2-juin
N°15		4-juin
N°16		6-juin
N°17		8-juin
N°18		10-juin
N°19		12-juin
N°20		14-juin
N°21		16-juin
N°22		18-juin
N°24		21-juin
N°25		23-juin
N°26		25-juin
N°27		28-juin
N°28		30-juin
N°29		5-juil
N°30		7-juil
N°31		11-juil
N°32		13-juil
		16-juil

- La date de collecte des neiges fraîches (Campagne ATM 95)

	Date	Type de prélèvement
N°1	11-mai	Entonnoir
N°2	14-mai	Entonnoir
N°4	15-mai	Entonnoir
N°3	28-juin	Sol
N°5	29-juin	Sol
N°6	03-juil	Sol

- La profondeur de prélèvement (cm) des échantillons de neige archivée (Campagne ATM 91)

n°1	2,5
n°2	10,0
n°3	16,5
n°4	22,0
n°5	28,5
n°6	35,0
n°7	43,5
n°8	49,0
n°9	55,0
n°10	61,0
n°11	65,0
n°12	69,5
n°13	78,0
n°14	83,0
n°15	88,0
n°16	92,5
n°17	98,5
n°18	107,0
n°19	112,5
n°20	117,0
n°21	120,0
n°22	124,5
n°23	130,0
n°24	136,5
n°25	144,0
n°26	150,0
n°27	156,0
n°28	161,0
n°29	167,0
n°30	170,0
n°31	174,0
n°32	181,0
n°33	186,0
n°34	193,5

- La profondeur de prélèvement (cm) des échantillons de neige archivée (Campagne ATM 92)

N°1	199,0
N°2	205,0
N°3	210,0
N°4	216,0
N°5	221,0
N°6	226,0
N°7	230,0
N°8	234,0
N°9	240,0
N°10	244,0
N°11	250,0
N°12	255,0
N°13	260,0
N°14	264,0
N°15	268,0
N°17	276,0
N°18	281,0
N°19	285,0
N°20	290,0
N°21	294,0
N°22	298,0
N°23	301,0
N°24	308,0
N°25	311,0
N°26	315,0
N°27	318,0
N°28	322,0
N°29	327,0
N°30	333,0
N°31	336,0
N°32	340,0
N°33	344,0
N°34	348,0
N°35	353,0
N°36	358,0
N°37	362,0
N°38	366,0
N°39	371,0"
N°40	376,0

Annexe I.3 : Les paramètres d'analyse en Spectrométrie de Fluorescence X

	Na, K α 1,2	Mg K α 1,2	Al K α 1,2	Si K α 1,2	P K α 1,2	S K α 1,2	K K α 1,2	Ca K α 1,2	Ti K α 1,2	Mn K α 1,2	Fe K α 1,2
Tube	Rh	Rh	Rh	Rh	Rh	Rh	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu
Tension (kV)	40	40	45	45	40	45	40	40	45	45	45
Intensité (mA)	70	70	65	65	70	65	70	70	65	65	65
Cristal	OVO55	OVO55	PET	PET	PET	PET	PET	PET	LiF 100	LiF 100	LiF 100
Angle $^{\circ}2\theta$	25,56	21,106	145,32	109,106	89,442	75,668	136,663	113,066	86,164	62,938	57,486
Détecteur	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	F+S	F+S
Collimateur	Coarse	Coarse	Coarse	Coarse	Coarse	Fine	Fine	Fine	Fine	Fine	Fine
Temps de comptage (s)	80	80	120	100	100	80	40	100	100	100	100
Seuil de détection (ng/filtre)	9	14	5	9	10	11	8,2	8,9	10	5	8

ANNEXE I.4 : Les paramètres d'analyse de la SAAF

	Al	Fe	Na
Longueur d'onde (nm)	309,3	248,3	589
Largeur de la fente	0,5	0,2	0,2
Cuvette	Pyrolytique	Pyrolytique	Graphite
	Tantalisée		
Température d'injection (°C)	90	90	75
Température de minéralisation (°C)	1100	1100	1050
Température d'atomisation (°C)	2700	2400	2100

	Al	Fe		Na
Volume total de travail(µl)	20	20	20	10 20
Volume de l'échantillon (µl)	20	20	20	10 6
Gamme de calibration (µg/l)	10	0.5	2	10 10
Limite de détection (µg/l)	0.050	0.081	0.227	0.027 0.027

ANNEXE I.5 : Les paramètres d'analyse de l'ICP-AES

Puissance du plasma	1400 W
Flux du nébuliseur	0.7 l/mn
Flux du plasma	15 l/mn
Débit de la pompe	1.2 ml/mn

	Mg	K	Si	Ca
Longueur d'onde (nm)	279 et 285	766	212 et 288	318
Limite de détection (µg/l)	3	1.4	0.9	1.2

ANNEXE I.6 : Les conditions de micro-analyse chimique au MET

Tension d'accélération	15 kV
Diamètre de la sonde	0.3 µm
Distance au détecteur de rayon X	28 mm
Tilt	35°
Temps de comptage	80-100s

ANNEXE I.7 : La composition chimique des différentes espèces minéralogiques rencontrées sur nos échantillons

P89 : Echantillon printemps 1989

H89/90 : Echantillon hiver 1989/1990

H90/91 : Echantillon hiver 1990/1991

P91 : Echantillon printemps 1991

1. Les muscovites-illites

a. Composition chimique en poids d'oxyde (%) la plus fréquemment rencontrée

Des particules de nos échantillons.

	<i>P89</i>	<i>H89/90</i>	<i>H90/91</i>	<i>P91</i>
SiO ₂	52	52	53	54
Al ₂ O ₃	32	29	30	31
FeO+Fe ₂ O ₃	4	6	3	3
MgO	4	5	6	5
Na ₂ O	2	3	3	3
K ₂ O	6	5	3	4

Des muscovites-illites prélevées sur différents sites (D'après Deer et al., 1996)

SiO ₂	46.81	47.30	46.34	46.32	46.54
TiO ₂	0.01	-	0.19	0.03	0.17
Al ₂ O ₃	36.69	36.31	31.36	28.79	36.37
Fe ₂ O ₃	-	2.17	0.46 ^a	5.74	0.72
FeO	0.25	-	1.57	1.50	0.36
MnO	-	-	0.09	-	-
MgO	0.62	-	2.74	tr.	0.50
CaO	0.29	-	0.36	1.09	0.22
Na ₂ O	0.68	5.27	1.06	-	0.46 ^b
K ₂ O	10.24	2.70	9.12	9.31	8.06

b. Pourcentages relatifs parmi les muscovites illites identifiées sur nos échantillons de particules dont la composition pourrait également être attribuée à une autre espèce minéralogique

	<i>P89</i>	<i>H89/90</i>	<i>H90/91</i>	<i>P91</i>
%	11	14	10	5

2. Les biotites

a. Composition chimique en poids d'oxyde (%) la plus fréquemment rencontrée

Des particules de nos échantillons.

	P89	H89/90	H90/91	P91
SiO ₂	44	49	39	38
Al ₂ O ₃	30	20	22	21
FeO+Fe ₂ O ₃	6	8	17	14
MgO	18	19	11	19
Na ₂ O	3	3	3	4
K ₂ O	2	3	6	2

Des biotites prélevées sur différents sites (D'après Deer et al., 1996)

SiO ₂	38.22	39.14	34.33	37.35	34.08
TiO ₂	2.96	4.27	3.83	5.28	3.99
Al ₂ O ₃	14.71	13.10	14.80	15.82	15.29
Fe ₂ O ₃	3.83	12.94	2.48	4.42	2.90
FeO	13.44	5.05	19.07	15.43	18.30
MnO	0.52	0.14	0.35	0.02	0.39
MgO	13.45	12.75	11.62	10.25	10.42
CaO	1.46	1.64	1.56	1.30	1.11
Na ₂ O	0.50	0.70	0.65	0.52	0.41
K ₂ O	7.90	6.55	8.16	8.16	7.99

b. Pourcentages relatifs parmi les biotites identifiées sur nos échantillons de particules dont la composition pourrait également être attribuée à une autre espèce minéralogique

	P89	H89/90	H90/91	P91
%	27	0	25	20

3. Les chlorites

a. Composition chimique en poids d'oxyde (%) la plus fréquemment rencontrée

Des particules de nos échantillons.

	P89	H89/90	H90/91	P91
SiO ₂	31	34	33	44
Al ₂ O ₃	25	21	19	17
FeO+Fe ₂ O ₃	23	18	17	15
MgO	17	18	27	20
Na ₂ O	3	8	3	4
K ₂ O	-	-	-	-

Des chlorites prélevées sur différents sites (D'après Deer et al., 1996)

SiO ₂	27.56	25.35	25.09	22.18	20.32
TiO ₂	-	tr.	0.05	0.04	-
Al ₂ O ₃	24.47	22.06	18.94	20.04	17.64
Fe ₂ O ₃	3.85	18.97	9.60	7.35	8.70
FeO	10.51	8.36	25.66	35.23	37.06
MnO	1.80	0.08	0.02	0.02	-
MgO	20.86	15.06	9.80	3.79	4.15
CaO	-	tr.	0.30	0.40	-
Na ₂ O	-	-	0.11	0.07	-
K ₂ O	-	-	0.08	0.02	-

b. Pourcentages relatifs parmi les chlorites identifiées sur nos échantillons de particules dont la composition pourrait également être attribuée à une autre espèce minéralogique

	P89	H89/90	H90/91	P91
%	18	17	25	16

4. Les kaolinites

a. Composition chimique en poids d'oxyde (%) la plus fréquemment rencontrée

Des particules de nos échantillons.

	P89	H89/90	H90/91	P91
SiO ₂	49	48	47	48
Al ₂ O ₃	44	48	45	44
FeO+Fe ₂ O ₃	2	-	2	2
MgO	3	2	2	3
Na ₂ O	2	2	3	4
K ₂ O	-	-	-	-

Des kaolinites prélevées sur différents sites (D'après Deer et al., 1996)

SiO ₂	45.80	46.07	45.72	45.48	46.14
TiO ₂	-	0.50	0.42	0.86	-
Al ₂ O ₃	39.55	38.07	39.82	38.84	39.61
Fe ₂ O ₃	0.57	0.33	0.10	0.19	-
FeO	0.18	-	-	-	-
MnO	-	-	-	-	-
MgO	0.14	0.01	-	0.17	-
CaO	0.41	0.38	-	0.24	-
Na ₂ O	-	0.27	0.16	0.24	-
K ₂ O	0.03	0.43	0.36	0.42	-

b. Pourcentages relatifs parmi les kaolinites identifiées sur nos échantillons de particules dont la composition pourrait également être attribuée à une autre espèce minéralogique

	P89	H89/90	H90/91	P91
%	25	0	14	13

5. Les smectites (monmorillonite, bedeillite, saponite...)

a. Composition chimique en poids d'oxyde (%) la plus fréquemment rencontrée

Des particules de nos échantillons.

	P89	H89/90	H90/91	P91
SiO ₂	53	51	52	55
Al ₂ O ₃	21	33	38	31
FeO+Fe ₂ O ₃	14	8	3	6
MgO	7	4	3	5
Na ₂ O	3	4	3	2
K ₂ O	1	-	-	-

Des smectites prélevées sur différents sites (D'après Deer et al., 1996)

SiO ₂	53.98	51.14	51.52	49.90	51.90
TiO ₂	0.08	-	0.48	-	0.23
Al ₂ O ₃	15.97	19.76	17.15	20.23	18.61
Fe ₂ O ₃	0.95	0.83	5.65	1.23	2.81
FeO	0.19	-	0.32	0.21	0.95
MnO	0.06	-	-	-	0.03
MgO	4.47	3.22	2.80	2.20	3.29
CaO	2.30	1.62	1.72	2.41	3.52
Na ₂ O	0.13	0.11	0.15	0.25	0.64
K ₂ O	0.12	0.04	0.85	0.06	1.59

b. Pourcentages relatifs parmi les smectites identifiées sur nos échantillons de particules dont la composition pourrait également être attribuée à une autre espèce minéralogique

	P89	H89/90	H90/91	P91
%	27	0	40	20

6. Les vermiculites

a. Composition chimique en poids d'oxyde (%) la plus fréquemment rencontrée

Des particules de nos échantillons.

	P89	H89/90	H90/91	P91
SiO ₂	-	65	43	56
Al ₂ O ₃	-	8	16	13
FeO+Fe ₂ O ₃	-	2	8	3
MgO	-	21	25	22
Na ₂ O	-	4	6	3
K ₂ O	-	-	-	-

Des vermiculites prélevées sur différents sites (D'après Deer et al., 1996)

SiO ₂	34.76	36.54	36.13	32.97	34.60
TiO ₂	-	-	0.24	-	nd
Al ₂ O ₃	14.86	16.96	13.00	17.98	13.63
Fe ₂ O ₃	2.74	2.78	4.24	4.75	4.15
FeO	0.41	0.05	0.68	0.57	1.80
MnO	-	-	tr.	tr.	-
MgO	18.18	19.78	24.84	22.36	22.88
CaO	0.40	0.06	0.18	-	0.04
Na ₂ O	-	-	-	-	0.39
K ₂ O	-	-	-	-	0.05

b. Pourcentages relatifs parmi les vermiculites identifiées sur nos échantillons de particules dont la composition pourrait également être attribuée à une autre espèce minéralogique

	P89	H89/90	H90/91	P91
%	0	0	0	-

7. Les talcs

a. *Composition chimique en poids d'oxyde (%) la plus fréquemment rencontrée*

Des particules de nos échantillons.

	P89	H89/90	H90/91	P91
SiO ₂	60	56	-	-
Al ₂ O ₃	4	-	-	-
FeO+Fe ₂ O ₃	2	2	-	-
MgO	28	36	-	-
Na ₂ O	4	5	-	-
K ₂ O	-	-	-	-

Des talcs prélevés sur différents sites (D'après Deer et al., 1996)

SiO ₂	63.30	61.97	46.26	51.29
TiO ₂	-	-	-	-
Al ₂ O ₃	-	-	1.26	0.64
Fe ₂ O ₃	-	-	-	2.00
FeO	2.60	0.67	18.18	33.66
MnO	-	-	-	-
MgO	29.40	33.03	21.63	6.36
CaO	-	-	-	-
Na ₂ O	-	-	-	0.08
K ₂ O	-	-	-	0.03

b. *Pourcentages relatifs parmi les talcs identifiés sur nos échantillons de particules dont la composition pourrait également être attribuée à une autre espèce minéralogique*

	P89	H89/90	H90/91	P91
%	-	-	0	0

ANNEXE I.8 : Le dénombrement des particules dans un champs d'observation par l'analyseur d'image semi automatique

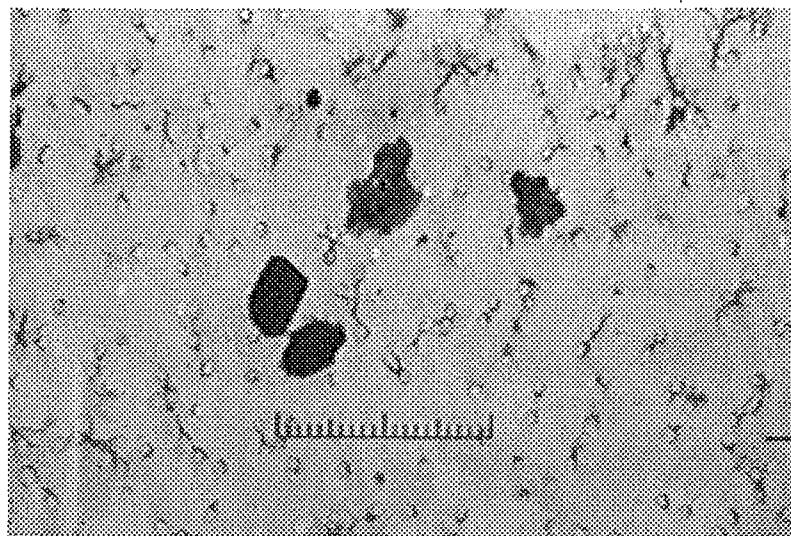
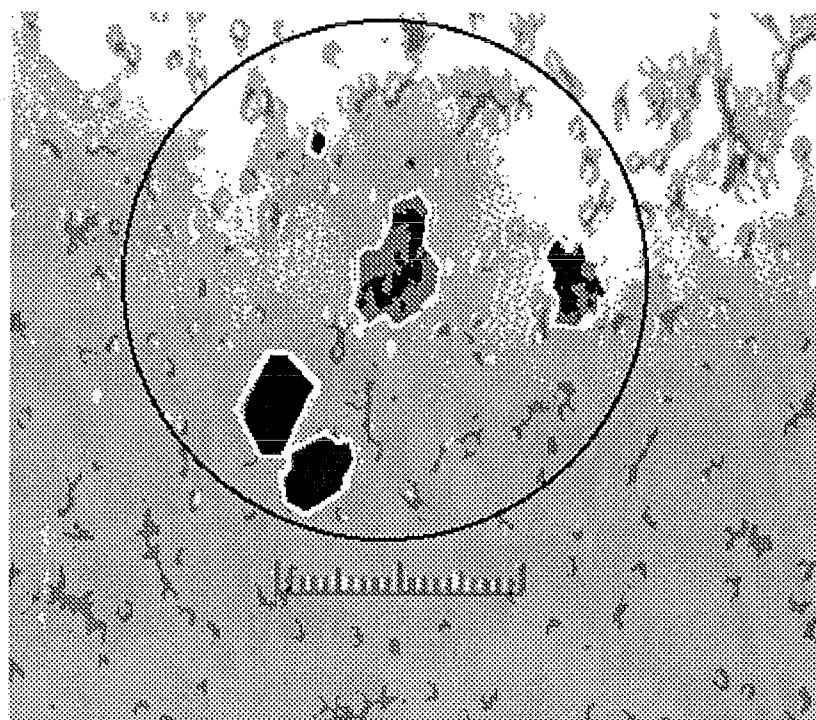


Image à faible grossissement d'un champs pris au hasard



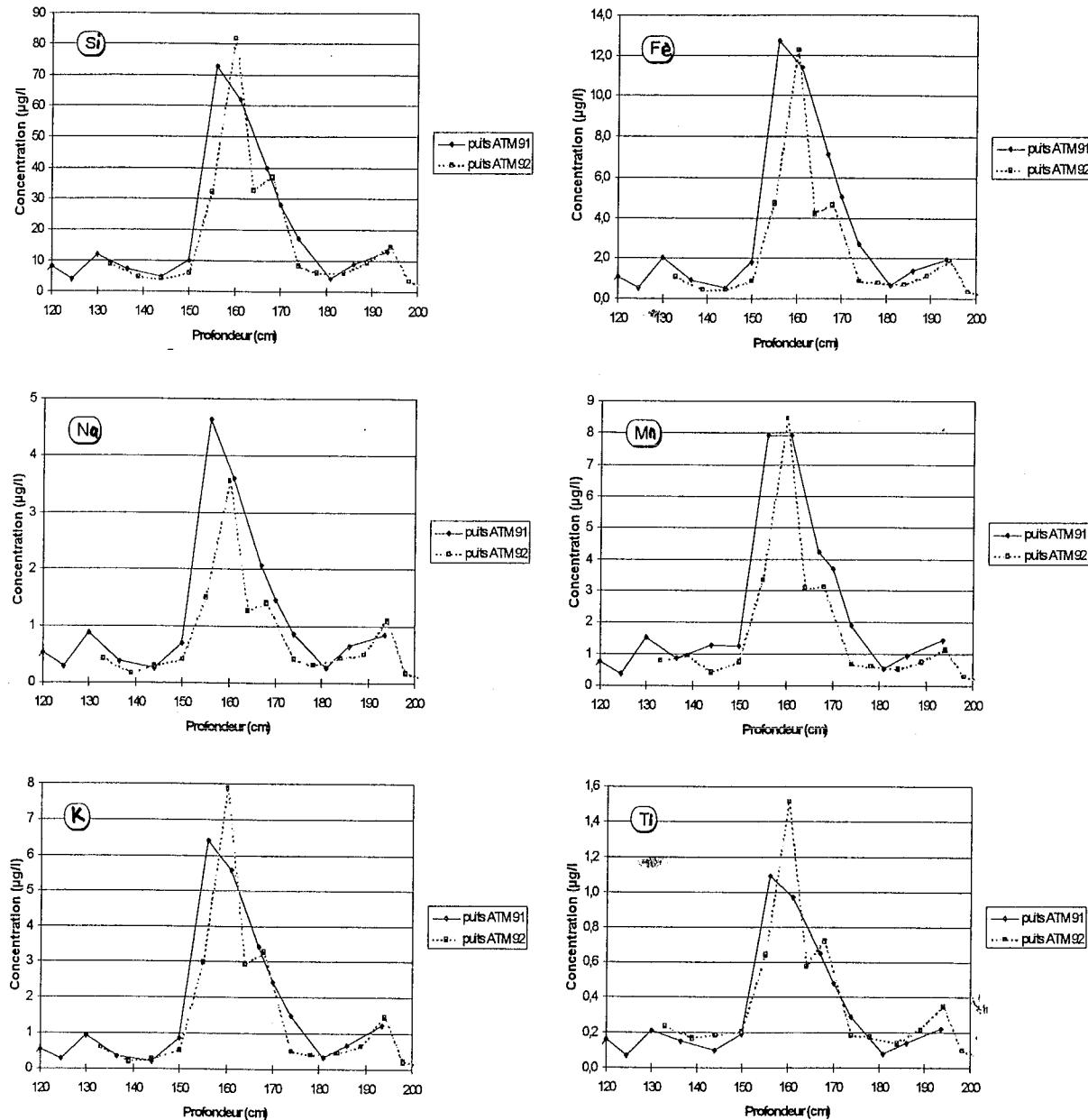
Traitement de l'image

1. Calibration du réticule en unité réelle
2. Détermination de la surface du champs de forme circulaire par un tracé
3. Traçage du contour de chaque particule dont le point le plus bas est dans la surface du champs.
4. Compilation de la valeur du diamètre effectif en unité réelle pour chaque particule dénombrée

ANNEXE I.9 : Les grossissements utilisés en microscopie pour l'analyse granulométrique et minéralogique pour les différents échantillons

	Analyse Minéralogique	Analyse Granulométrique
Echantillons les moins chargés	$\times 7\,200$	$\times 7\,200$ $\times 2\,900$
Echantillons les plus chargés	$\times 10\,000$	$\times 10\,000$ $\times 2\,900$

ANNEXE II.1 : Le raccordement de ATM 91 et ATM 92 pour l'année commune à partir de la concentration élémentaire en Si, Fe, Mg, K, Na, Ti pour le matériel insoluble des neiges



ANNEXE II.2 : Les concentrations élémentaires (en µg/l) de la fraction insoluble les échantillons de neige du puits de ATM 9192

Prof (cm)	Na	dNa	Mg	d Mg	Al	dAl	Si	dSi	S	dS	K	dK	Ca	dCa	Ti	dTi	Fe	dFe
2,5	0,652	0,092	1,309	0,084	2,626	0,152	7,601	0,444	0,164	0,016	0,540	0,042	0,122	0,019	0,130	0,016	1,160	0,111
10,0	0,460	0,082	0,831	0,058	1,735	0,104	5,139	0,313	0,276	0,020	0,340	0,031	<0,02	0,110	0,015	0,700	0,084	
16,5	1,345	0,131	3,380	0,197	10,573	0,579	27,661	1,511	0,319	0,020	2,110	0,127	0,224	0,023	0,500	0,038	4,450	0,303
22,0	1,939	0,164	3,880	0,225	14,561	0,793	40,897	2,215	0,255	0,030	2,870	0,168	0,319	0,026	0,670	0,048	6,650	0,432
28,5	2,309	0,184	5,281	0,301	17,439	0,948	48,107	2,599	0,223	0,016	3,860	0,221	0,320	0,027	0,750	0,052	7,330	0,471
35,0	0,871	0,104	1,562	0,098	5,555	0,310	15,174	0,847	0,158	0,012	1,300	0,083	0,068	0,012	0,240	0,022	2,190	0,171
43,5	0,326	0,074	0,390	0,034	1,069	0,069	3,599	0,231	0,125	0,011	0,200	0,023	0,135	0,016	0,080	0,013	0,470	0,071
49,0	0,304	0,073	0,411	0,035	1,201	0,076	3,592	0,230	0,099	0,009	0,240	0,026	0,014	0,008	0,050	0,011	0,510	0,073
55,0	0,363	0,076	0,657	0,049	1,963	0,117	5,747	0,345	0,266	0,016	0,360	0,032	0,045	0,013	0,130	0,016	0,820	0,091
61,0	0,322	0,074	0,433	0,037	1,296	0,081	4,489	0,278	0,083	0,009	0,250	0,026	<0,01	0,060	0,012	0,530	0,074	
65,0	0,290	0,072	0,755	0,054	1,863	0,111	5,542	0,334	0,110	0,010	0,370	0,033	0,053	0,011	0,100	0,014	0,840	0,092
69,5	0,219	0,068	0,393	0,035	1,191	0,075	3,461	0,223	0,147	0,011	0,210	0,024	0,053	0,010	0,080	0,013	0,470	0,071
78,0	0,278	0,072	0,547	0,043	1,903	0,113	5,380	0,326	0,068	0,008	0,350	0,032	0,061	0,012	0,090	0,014	0,780	0,089
83,0	0,400	0,078	1,671	0,104	2,924	0,168	7,909	0,460	0,136	0,012	0,430	0,036	0,134	0,018	0,160	0,018	1,110	0,108
88,0	0,300	0,073	0,637	0,048	2,146	0,126	5,943	0,355	0,108	0,010	0,360	0,032	0,097	0,017	0,150	0,017	0,940	0,098
92,5	1,539	0,141	2,811	0,166	8,549	0,470	24,291	1,332	0,105	0,010	1,890	0,115	0,454	0,034	0,420	0,033	3,890	0,271
98,5	0,923	0,107	1,828	0,113	6,421	0,356	18,165	1,006	0,106	0,010	1,250	0,080	0,203	0,020	0,300	0,026	2,670	0,199
107,0	3,104	0,228	6,055	0,343	20,598	1,117	57,559	3,101	0,202	0,013	4,230	0,241	0,606	0,039	0,880	0,060	9,280	0,585
112,5	2,439	0,191	4,096	0,236	14,163	0,772	41,261	2,234	0,175	0,013	3,100	0,180	0,565	0,039	0,640	0,046	6,810	0,441
117,0	0,197	0,067	0,213	0,025	0,703	0,049	2,563	0,176	0,107	0,010	0,150	0,021	0,066	0,012	0,050	0,011	0,400	0,067
120,0	0,514	0,085	0,754	0,054	2,372	0,139	8,061	0,468	0,166	0,013	0,550	0,042	0,081	0,013	0,160	0,018	1,070	0,106
124,5	0,271	0,071	0,368	0,033	1,244	0,078	3,885	0,246	0,057	0,008	0,270	0,027	0,046	0,010	0,070	0,012	0,520	0,074
130,0	0,870	0,104	1,514	0,096	3,902	0,221	11,961	0,676	0,091	0,009	0,920	0,062	0,271	0,023	0,210	0,021	2,020	0,161
133,0	0,407	0,079	0,763	0,055	2,833	0,163	8,863	0,511	0,045	0,012	0,582	0,044	0,255	0,021	0,233	0,022	1,076	0,106
136,5	0,367	0,077	0,856	0,183	2,377	0,139	7,132	0,419	0,121	0,011	0,350	0,032	0,061	0,012	0,150	0,017	0,900	0,096
139,0	0,148	0,065	0,932	0,064	1,281	0,080	4,767	0,293	0,171	0,027	0,224	0,025	0,027	0,018	0,170	0,018	0,432	0,069
155,0	1,503	0,139	3,322	0,194	12,114	0,662	32,323	1,759	0,071	0,016	2,983	0,174	0,238	0,022	0,645	0,046	4,740	0,320
160,0	3,569	0,254	8,438	0,473	31,653	1,711	81,662	4,384	0,255	0,030	7,867	0,438	0,859	0,043	1,511	0,097	12,235	0,758
161,0	3,604	0,256	7,923	0,445	21,288	1,154	61,808	3,327	0,268	0,016	5,580	0,314	0,667	0,045	0,970	0,065	11,400	0,709
164,0	1,271	0,127	3,090	0,182	11,935	0,652	32,778	1,783	0,122	0,026	2,911	0,170	0,210	0,029	0,575	0,042	4,254	0,292
167,0	2,064	0,170	4,250	0,245	14,661	0,798	39,896	2,162	0,145	0,012	3,420	0,198	0,360	0,028	0,650	0,046	7,130	0,460

Prof (cm)	Na	dNa	Mg	dMg	Al	dAl	Si	dSi	S	dS	K	dK	Ca	dCa	Ti	dTi	Fe	dFe
168,0	1,400	0,134	3,105	0,182	13,406	0,731	37,209	2,019	0,104	0,018	3,290	0,191	0,428	0,028	0,719	0,050	4,677	0,317
170,0	1,449	0,136	3,696	0,215	9,829	0,539	28,076	1,533	0,198	0,014	2,410	0,143	0,348	0,028	0,480	0,036	5,040	0,338
178,0	0,308	0,073	0,619	0,047	1,882	0,112	6,141	0,366	0,094	0,017	0,400	0,034	0,116	0,016	0,178	0,019	0,751	0,087
181,0	0,266	0,071	0,512	0,041	1,359	0,084	4,242	0,265	0,059	0,007	0,320	0,030	0,032	0,009	0,080	0,013	0,640	0,081
186,0	0,644	0,092	0,935	0,064	2,789	0,161	8,738	0,504	0,130	0,010	0,650	0,048	0,247	0,021	0,140	0,017	1,380	0,124
189,0	0,490	0,083	0,731	0,053	3,004	0,172	9,442	0,542	0,065	0,013	0,640	0,047	0,086	0,014	0,213	0,021	1,118	0,109
193,5	0,842	0,103	1,429	0,091	4,178	0,236	13,019	0,732	0,130	0,011	1,220	0,079	0,162	0,017	0,220	0,021	1,930	0,156
194,0	1,098	0,117	1,124	0,074	5,168	0,289	14,519	0,812	0,057	0,014	1,461	0,092	0,196	0,020	0,348	0,029	1,872	0,153
202,0	0,090	0,061	0,204	0,024	0,521	0,039	2,035	0,148	0,037	0,013	0,141	0,020	0,019	0,070	0,012	0,206	0,055	
210,0	0,350	0,076	0,890	0,062	4,488	0,252	12,202	0,688	0,037	0,013	0,759	0,054	0,084	0,016	0,352	0,029	1,656	0,122
215,0	0,480	0,083	1,199	0,078	4,221	0,238	11,770	0,665	0,016	0,016	0,919	0,062	0,022	0,022	0,289	0,025	1,457	0,111
219,0	1,807	0,156	4,220	0,243	17,296	0,940	47,394	2,561	0,111	0,017	3,801	0,218	0,318	0,023	0,914	0,062	6,331	0,385
224,0	1,799	0,156	4,011	0,232	16,366	0,890	45,449	2,457	0,176	0,023	3,567	0,206	0,390	0,026	0,880	0,060	5,762	0,353
228,0	1,719	0,151	4,195	0,242	17,922	0,974	48,796	2,635	0,127	0,019	3,843	0,220	0,318	0,023	0,917	0,062	6,268	0,381
232,0	2,205	0,178	5,810	0,330	24,140	1,308	63,115	3,397	0,179	0,023	5,892	0,331	0,546	0,031	1,182	0,078	8,347	0,498
235,0	1,536	0,141	4,010	0,232	15,158	0,825	38,380	2,081	0,082	0,015	4,136	0,236	0,820	0,039	0,768	0,053	5,387	0,332
242,0	0,743	0,097	1,746	0,108	7,141	0,395	21,257	1,170	0,112	0,018	1,806	0,110	0,293	0,022	0,451	0,035	2,504	0,170
245,0	0,943	0,108	1,789	0,111	8,024	0,442	22,643	1,244	0,097	0,016	1,801	0,110	0,343	0,024	0,469	0,036	2,718	0,182
249,0	1,475	0,138	2,115	0,128	10,243	0,561	29,212	1,593	0,062	0,013	2,481	0,147	0,578	0,032	0,544	0,040	3,494	0,225
252,0	0,301	0,073	0,655	0,049	2,435	0,142	6,807	0,401	0,035	0,011	0,549	0,042	0,018	0,172	0,018	0,830	0,076	
256,0	0,399	0,078	1,043	0,070	4,753	0,266	12,231	0,690	0,048	0,013	0,927	0,063	0,018	0,273	0,024	1,683	0,124	
261,0	0,406	0,079	1,022	0,069	3,293	0,188	9,260	0,532	0,111	0,017	0,796	0,056	0,075	0,014	0,240	0,022	1,175	0,095
267,0	0,285	0,072	0,760	0,054	2,503	0,146	7,115	0,418	0,059	0,013	0,572	0,044	0,018	0,177	0,019	1,017	0,086	
270,0	0,204	0,068	0,499	0,040	2,800	0,094	6,807	0,401	0,027	0,012	0,349	0,032	0,084	0,016	0,151	0,017	0,489	0,056
274,0	0,436	0,080	0,851	0,059	2,951	0,170	8,147	0,473	0,078	0,015	0,704	0,051	0,116	0,015	0,198	0,020	1,049	0,088
278,0	0,309	0,073	0,731	0,053	2,761	0,159	8,797	0,507	0,038	0,012	0,572	0,044	0,104	0,015	0,182	0,019	0,967	0,083
282,0	0,845	0,103	1,756	0,109	6,541	0,362	18,393	1,018	0,085	0,015	1,461	0,092	0,255	0,020	0,395	0,031	2,307	0,159
287,0	1,745	0,153	4,319	0,248	15,980	0,869	41,645	2,255	0,117	0,018	3,721	0,214	0,371	0,024	0,848	0,058	5,820	0,356
292,0	1,938	0,163	5,095	0,291	16,012	0,871	42,376	2,294	0,081	0,015	3,821	0,219	0,459	0,027	0,764	0,053	5,573	0,342
296,0	2,671	0,204	7,317	0,412	24,277	1,315	60,872	3,278	0,082	0,015	5,917	0,333	0,746	0,036	1,102	0,073	8,426	0,503
300,0	1,023	0,113	2,385	0,143	6,435	0,357	18,107	1,003	0,208	0,025	1,540	0,096	0,407	0,026	0,380	0,031	2,137	0,149
305,0	0,905	0,106	1,949	0,119	6,084	0,338	17,324	0,961	0,099	0,016	1,279	0,082	0,613	0,033	0,387	0,031	2,291	0,158
310,0	0,249	0,070	1,710	0,106	2,872	0,165	8,695	0,502	0,126	0,019	0,492	0,039	0,053	0,014	0,253	0,023	1,017	0,086

ANNEXE II.3 : Les concentrations élémentaires (en µg/l) de la fraction soluble des échantillons de neige du puits ATM 92.

Prof (cm)	Al	dAl	C _a	dCa	Fe	dFe	Na	dNa	Mg	dMg	K	dK
1	133,00	0,17	0,03	1,18	0,20	0,78	0,08	0,71	0,08	0,45	0,50	3,32
2	139,00	0,15	0,03	0,29	0,05	0,36	0,04	0,51	0,06	0,31	0,35	3,24
3	144,00	0,17	0,03	0,61	0,10	0,41	0,04	0,67	0,07	0,36	0,40	3,27
4	150,00	0,16	0,03	1,89	0,32	1,79	0,18	0,81	0,08	0,53	0,59	2,31
5	155,00	0,56	0,11	12,00	2,04	1,30	0,13	2,25	0,14	2,28	2,53	2,96
6	160,00	0,89	0,18	39,00	6,63	1,47	0,15	6,57	0,25	7,22	8,01	3,97
7	164,00	0,60	0,12	11,50	1,96	1,13	0,11	13,31	0,13	4,29	4,76	2,98
8	168,00	0,44	0,09	7,60	1,29	1,75	0,17	16,45	0,13	4,39	4,87	3,13
9	174,00	0,18	0,04	1,50	0,26	1,23	0,12	9,92	0,08	1,92	2,13	1,94
10	178,00	0,13	0,03	1,17	0,20	0,84	0,08	7,10	0,07	1,57	1,74	1,85
11	184,00	0,13	0,03	1,31	0,22	0,24	0,02	4,14	0,08	1,15	1,28	1,99
12	189,00	0,20	0,04	1,25	0,21	0,82	0,08	1,56	0,08	0,61	0,68	1,67
13	194,00	0,24	0,05	1,58	0,27	1,47	0,15	0,81	0,12	0,59	0,66	2,15
14	198,00	0,17	0,03	0,24	0,04	0,67	0,07	0,50	0,07	0,32	0,35	2,27
15	202,00	0,07	0,01	0,24	0,04	0,41	0,04	0,17	0,06	0,24	0,27	2,04
17	210,00	0,30	0,06	1,80	0,31	1,21	0,12	1,39	0,08	0,72	0,80	1,85
18	215,00	0,22	0,04	3,18	0,54	1,25	0,12	1,52	0,08	0,93	1,04	1,76
20	224,00	0,45	0,09	12,30	2,09	1,69	0,17	4,25	0,16	2,15	2,39	2,72
21	228,00	0,60	0,12	12,30	2,09	1,14	0,11	7,11	0,15	2,44	2,71	2,60
22	232,00	0,59	0,12	20,80	3,54	0,87	0,09	6,14	0,18	4,19	4,65	2,97
23	235,00	0,19	0,04	12,50	2,13	0,67	0,07	4,02	0,14	2,10	2,33	2,47
24	242,00	0,20	0,04	4,82	0,82	0,72	0,07	2,66	0,10	1,15	1,28	1,65
25	245,00	0,42	0,08	6,96	1,18	1,55	0,15	6,96	0,11	2,51	2,79	2,93
26	249,00	0,50	0,10	7,48	1,27	1,79	0,18	14,40	0,14	2,86	3,17	3,13
27	252,00	0,19	0,04	1,73	0,29	1,61	0,16	3,51	0,07	0,79	0,87	2,01
28	256,00	0,14	0,03	1,99	0,34	1,38	0,14	1,94	0,08	0,83	0,92	1,63
29	261,00	0,11	0,02	1,62	0,28	1,09	0,11	1,60	0,08	0,71	0,79	1,59
30	267,00	0,10	0,02	1,30	0,22	0,76	0,08	0,83	0,07	0,53	0,59	1,87
31	270,00	0,05	0,01	0,70	0,12	1,83	0,18	0,85	0,07	0,46	0,52	1,49
32	274,00	0,15	0,03	1,29	0,22	1,28	0,13	0,58	0,08	0,57	0,63	1,68
33	278,00	0,25	0,05	2,30	0,39	1,55	0,16	1,30	0,07	0,81	0,90	2,32
34	282,00	0,34	0,07	4,54	0,77	1,04	0,10	1,02	0,10	1,23	1,37	1,85
35	287,00	0,46	0,09	13,50	2,30	1,67	0,17	3,32	0,15	2,76	3,06	2,88
36	292,00	0,35	0,07	14,80	2,52	0,88	0,09	4,06	0,16	2,58	2,86	2,85
37	296,00	0,55	0,11	18,20	3,09	1,92	0,19	4,88	0,20	3,70	4,11	3,04
38	300,00	0,36	0,07	2,84	0,48	1,54	0,15	7,02	0,11	1,97	2,19	2,25
39	305,00	0,36	0,07	4,15	0,71	1,69	0,17	6,95	0,11	2,02	2,24	1,97
40	310,00	0,30	0,06	1,99	0,34	1,04	0,10	2,96	0,07	0,87	0,96	1,68

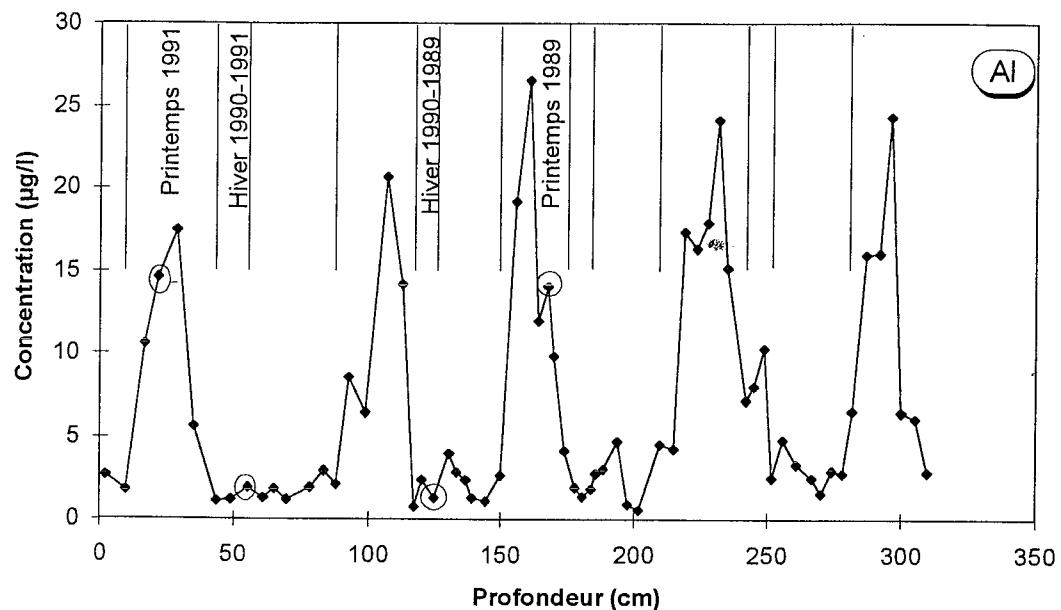
ANNEXE II.4 : Les concentrations élémentaires (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) obtenues pour les échantillons d'aérosols (mai à juillet 1995)

Date	Na	dNa	Mg	dMg	Al	d Al	Si	dSi	S	dS	K	dK	Ca	dCa	Ti	dTi	Fe
3-mai	0,014	0,002	0,007	0,001	0,017	0,001	0,040	0,001	0,055	0,002	0,006	0,001	<0,001	0,002	0,002	0,000	<0,002
5-mai	0,013	0,001	0,015	0,001	0,039	0,001	0,097	0,002	0,112	0,003	0,013	0,001	0,024	0,002	0,002	0,000	0,015
7-mai	0,016	0,001	0,018	0,001	0,053	0,001	0,135	0,002	0,204	0,006	0,018	0,002	0,026	0,002	0,002	0,000	0,023
9-mai	0,018	0,001	0,021	0,001	0,058	0,001	0,141	0,002	0,165	0,005	0,019	0,002	0,032	0,002	0,004	0,001	0,023
11-mai	0,012	0,001	0,016	0,001	0,044	0,001	0,107	0,002	0,130	0,004	0,014	0,002	0,022	0,001	0,002	0,001	0,014
13-mai	0,010	0,001	0,012	0,001	0,037	0,001	0,094	0,002	0,122	0,004	0,012	0,001	0,012	0,001	0,002	0,000	0,014
15-mai	0,014	0,001	0,015	0,001	0,042	0,001	0,103	0,002	0,123	0,003	0,014	0,001	0,017	0,001	0,002	0,000	0,016
19-mai	0,021	0,001	0,022	0,001	0,073	0,001	0,191	0,003	0,147	0,004	0,022	0,002	0,028	0,002	0,004	0,000	0,030
21-mai	0,028	0,001	0,032	0,001	0,110	0,002	0,295	0,004	0,262	0,007	0,033	0,002	0,051	0,002	0,006	0,000	0,047
24-mai	0,029	0,002	0,035	0,001	0,118	0,002	0,302	0,004	0,202	0,006	0,035	0,002	0,046	0,002	0,006	0,001	0,047
26-mai	0,020	0,001	0,020	0,001	0,063	0,001	0,163	0,002	0,207	0,006	0,021	0,001	0,028	0,002	0,003	0,000	0,026
28-mai	0,012	0,001	0,013	0,001	0,044	0,001	0,115	0,002	0,195	0,005	0,017	0,001	0,019	0,001	0,002	0,000	0,018
30-mai	0,005	0,001	0,003	0,000	0,007	0,000	0,019	0,000	0,087	0,002	0,003	0,001	0,001	0,000	<0,000	0,000	0,002
2-juin	0,006	0,001	0,004	0,000	0,009	0,000	0,023	0,001	0,100	0,003	0,004	0,001	0,003	0,001	<0,000	0,000	0,002
4-juin	0,005	0,001	0,004	0,000	0,009	0,000	0,021	0,001	0,056	0,002	0,003	0,001	0,001	0,000	<0,000	0,000	0,002
6-juin	0,005	0,001	0,005	0,000	0,010	0,000	0,025	0,001	0,072	0,002	0,005	0,001	0,002	0,001	<0,001	0,001	0,001
8-juin	0,010	0,001	0,011	0,001	0,026	0,001	0,063	0,001	0,086	0,003	0,009	0,001	0,010	0,001	0,003	0,000	0,008
10-juin	0,007	0,001	0,007	0,001	0,013	0,000	0,031	0,001	0,069	0,002	0,008	0,001	0,011	0,001	<0,001	0,000	0,003
12-juin	0,004	0,001	0,002	0,000	0,004	0,000	0,010	0,000	0,019	0,001	0,002	0,000	0,003	0,000	<0,000	0,000	0,002
14-juin	0,008	0,001	0,008	0,000	0,021	0,000	0,051	0,001	0,087	0,003	0,012	0,001	0,011	0,001	0,000	0,000	0,008
16-juin	0,009	0,001	0,009	0,000	0,022	0,001	0,051	0,001	0,088	0,003	0,011	0,001	0,007	0,001	0,001	0,000	0,007
18-juin	0,005	0,001	0,007	0,001	0,015	0,000	0,036	0,001	0,064	0,002	0,007	0,001	0,005	0,001	<0,001	0,001	0,004
21-juin	0,009	0,001	0,010	0,001	0,027	0,001	0,062	0,001	0,135	0,004	0,011	0,001	0,008	0,001	0,001	0,001	0,009
23-juin	0,022	0,001	0,005	0,000	0,009	0,000	0,025	0,001	0,082	0,002	0,004	0,001	0,002	0,001	<0,001	0,000	0,003
25-juin	0,004	0,001	0,003	0,000	0,006	0,000	0,014	0,000	0,064	0,002	0,003	0,001	<0,001	<0,001	<0,000	<0,000	<0,000
28-juin	0,007	0,001	0,007	0,000	0,014	0,000	0,033	0,001	0,113	0,003	0,027	0,002	0,011	0,001	0,000	0,000	0,004
30-juin	0,005	0,001	0,003	0,000	0,005	0,000	0,013	0,000	0,088	0,003	0,022	0,001	0,003	0,001	<0,000	0,001	0,001
5-juil	0,018	0,001	0,004	0,000	0,005	0,000	0,012	0,001	0,092	0,003	0,014	0,001	0,003	0,001	<0,001	<0,001	<0,000
7-juil	0,004	0,001	0,003	0,000	0,007	0,000	0,018	0,001	0,078	0,002	0,004	0,001	<0,001	<0,001	<0,000	<0,000	<0,000
11-juil	0,005	0,001	0,004	0,000	0,005	0,000	0,013	0,001	0,078	0,002	0,010	0,001	0,005	0,001	<0,001	<0,001	<0,000
13-juil	0,005	0,000	0,003	0,000	0,006	0,000	0,015	0,000	0,089	0,002	0,015	0,001	0,001	0,000	<0,000	<0,000	0,002

ANNEXE II.5 : Les concentrations élémentaires (en $\mu\text{g/l}$) obtenues pour la fraction insoluble des échantillons de neiges fraîches (mai à juillet 1995)

Date	Na	dNa	Mg	dMg	Al	d Al	Si	dSi	S	dS	K	dK	Ca	dCa	Ti	dTi	Fe
11-mai	0,933	0,133	1,235	0,090	6,810	0,240	16,774	0,511	0,483	14,027	1,610	0,132	0,107	0,049	0,681	0,064	2,935
14-mai	3,221	0,265	8,304	0,491	34,250	0,729	91,610	1,694	0,749	21,715	7,785	0,372	0,479	0,075	2,151	0,133	14,268
15-mai	1,702	0,177	2,763	0,176	14,664	0,380	33,623	0,777	0,157	0,046	3,370	0,228	0,287	0,067	1,030	0,083	6,470
28-juin	1,814	0,184	3,172	0,200	16,679	0,416	41,093	0,895	0,396	11,513	4,326	0,185	0,737	0,048	0,789	0,050	6,913
29-juin	0,892	0,130	0,824	0,066	5,262	0,213	13,555	0,460	0,369	0,034	1,224	0,096	0,319	0,041	0,263	0,033	2,311
03-juil	0,412	0,102	0,196	0,031	2,513	0,164	6,668	0,352	<0,014	0,598	0,046	0,122	0,018	0,131	0,016	1,101	

ANNEXE III.1 : La sélection des échantillons analysés par la microscopie d'après les variations saisonnières de la concentration en aluminium insoluble (Printemps 1991, Hiver 1990-91, Hiver 1989-90, Printemps 1989).



ANNEXE III.2 : L'abondance relative des différentes particules et plus particulièrement des différents phyllosilicates sur les 4 échantillons de neiges (le nombre total de particules dénombrée pour chaque échantillon est indiqué entre parenthèse). Les pourcentages sont exprimés par rapport au nombre total de particules.

		Hiver 1989 (n : 156)	Hiver 1990 (n : 148)	Printemps 1989 (n : 216)	Printemps 1991 (n : 206)
Phylosilicates (%)	Muscovite-illite	48	48	53	51
	Biotite	2	3	5	5
	Smectite	8	8	4	15
	Vermiculite	1	1	<1	-
	Chlorite	5	6	5	6
	Talc	-	2	-	2
	Kaolinite	1	6	4	7
Feldspaths (%)		4	4	11	1
Autres (%)		26	17	14	8
Non identifiées (%)		5	5	4	5

ANNEXE III.3 : La concentration (en µg/l) en sodium marin, crustale soluble et crustal insoluble déduites des calculs.

Prof (cm)		Na marin	Na crustale soluble	Na crustale totale
1	133	0,41	0,30	0,71
2	139	0,32	0,19	0,34
3	144	0,66	0,00	0,29
4	150	0,71	0,10	0,50
5	155	0,76	1,49	2,99
6	160	2,46	4,11	7,68
7	164	11,63	1,69	2,96
8	168	14,58	1,87	3,27
9	174	9,76	0,16	0,57
10	178	6,94	0,17	0,48
11	184	4,11	0,03	0,47
12	189	1,30	0,27	0,75
13	194	0,63	0,18	1,28
14	198	0,40	0,10	0,26
15	202	0,12	0,05	0,14
17	210	0,62	0,78	1,13
18	215	0,95	0,57	1,05
20	224	2,08	2,17	3,97
21	228	4,46	2,65	4,37
22	232	2,51	3,63	5,84
23	235	1,93	2,09	3,62
24	242	1,67	0,99	1,73
25	245	5,91	1,05	1,99
26	249	13,34	1,06	2,53
27	252	3,19	0,32	0,62
28	256	1,18	0,75	1,15
29	261	1,20	0,40	0,80
30	267	0,50	0,33	0,61
31	270	0,68	0,17	0,38
32	274	0,28	0,29	0,73
33	278	0,90	0,40	0,71
34	282	0,24	0,78	1,62
35	287	1,19	2,13	3,88
36	292	2,14	1,92	3,86
37	296	1,69	3,19	5,86
38	300	6,44	0,58	1,60
39	305	6,34	0,62	1,52
40	310	2,46	0,50	0,75

ANNEXE IV.1 : La solubilité (%) en aluminium et en fer pour les échantillons du puits ATM 92

Prof (cm)	Al	Fe
1	6%	42%
2	11%	46%
3	13%	48%
4	8%	67%
5	4%	22%
6	3%	11%
7	5%	21%
8	3%	27%
9	8%	59%
10	7%	53%
11	6%	26%
12	6%	42%
13	4%	44%
14	15%	65%
15	12%	66%
17	6%	42%
18	5%	46%
20	3%	23%
21	3%	15%
22	2%	9%
23	1%	11%
24	3%	22%
25	5%	36%
26	5%	34%
27	7%	66%
28	3%	45%
29	3%	48%
30	4%	43%
31	3%	79%
32	5%	55%
33	8%	62%
34	5%	31%
35	3%	22%
36	2%	14%
37	2%	19%
38	5%	42%
39	6%	43%
40	10%	51%

ANNEXE IV.2 : La valeur du pH pour les échantillons du puits ATM 92

Prof (cm)	pH
133	5,5
139	5,38
155	5,4
160	5,42
164	5,34
168	5,24
189	5,58
194	5,6
202	5,56
210	5,36
215	5,38**
219	5,41
224	5,58
228	5,42
232	5,45
235	5,59
242	5,6
245	5,2
249	5,11
252	5,51
256	5,6
261	5,67
267	5,47
270	5,36
274	5,42
278	5,52**
282	5,62
287	5,6
292	5,68
296	5,43
300	5,35
305	5,34
310	5,53

ANNEXE IV.3 : La concentration en H⁺ mesurée et calculée (en µmol/l)
pour les 9 échantillons de neige du puits ATM 92

Prof (cm)	H ⁺ Mesuré	H ⁺ Calculé
189	2,63	1,52
194	2,51	1,66
219	3,89	3,27
224	2,63	2,91
228	3,80	6,19
242	2,51	5,86
256	2,51	2,51
270	4,37	4,46
274	3,80	4,00

Abstract

Our contribution to the polar program « Transfer of Aerosol and Gases to Greenland Snow and Ice » was to focus on the saisonnality of the mineral aerosol recorded in the recent snow. After improvement for the sampling, the extraction and the analysis protocol, the influence of source, transport and scavenging were studied.

A systematic spring peak of aluminium was observed along a snowpit covering 4 years of accumulation (1987-1991). The same pattern was also observed for other elements (Si, Fe, Mg, K, Na, Ti) in the insoluble fraction. For all the season, the identification of the particles using Transmission Electron Microscopy showed the predominance of the terrigenous matter. On the contrary, the contribution of volcanic glasses, anthropic particles and diatoms from soils remained always low.

The hypothesis of an asian source, suggested by some authors, using another methods is consistent to the mineralogical composition of the particular matter recovered in the snow from the pit. Moreover, the values for the ratio Mg/Al et Ti/Fe make it possible to determinate the origin in the Asian continent. Whatever the season, the source seems to be located in the central region of China.

The influence of the mineral aerosol scavenging, was first studied using size modification. This factor appears to be not predominant because our measurements show a constant median diameter for the different seasons. Thus, a change of the particle coating due to the alteration of the particle during the transport was considered. This step needed the estimation of the pH cloud droplet. Due to logistic reasons, three different approaches were used : measurements of the pH in the melt snow, measurement in the fog and estimation from the aerosol concentrations collected during the summer field campaign. The range of the pH values was too large to identified the nature of the hydroxy salt. However, the lack of pH variations of the melt snow observed all over the year seems to exclude saisonnal variations in the chemical composition of the particle coating.

Consequently, this last results and the strong seasonnality of the dust emissions in China, suggest the predominance of the source factor in the seasonnality of the mineral aerosol recorded in the recent snow at Summit.

Key Word: dust, snow, Greenland Ice sheet, Asia, scavenging, size distribution, altération.