

FONTE PRINTANIERE SUR UN SITE ALPIN INFLUENCE DES POUSSIÈRES MINÉRALES

Véronique Delmas

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement
BP 96. 38402 St Martin d'Hères Cedex. France

RESUME

L'influence sur la qualité de l'eau de fonte du dépôt épisodique de poussières minérales sur le manteau neigeux a été évaluée à partir de l'analyse chimique des flux écoulés à la station du Casset (Alpes du Sud) et de l'analyse minéralogique de poussières désertiques et locales. L'utilisation d'un modèle d'évolution énergétique du manteau neigeux, ainsi que d'un simulateur de fonte en laboratoire nous ont permis dans un second temps de valider les résultats obtenus sur le terrain.

INTRODUCTION

Les études sur la neige des Alpes s'accordent la plupart du temps à en établir le caractère acide, et ce qu'il s'agisse de champs de neige saisonniers (Delmas et al. 1988), de névés (Psenner and Nickus, 1986), ou encore de glaciers de haute altitude (Fuhrer, 1984). Mais on observe épisodiquement sur ces régions des apports éoliens de poussières d'origine saharienne (Ronseaux and Delmas, 1988; Bücher et al. 1983) ou d'origine locale (Ricq de Bouardt and Thomas, 1977; Neftel et al. 1987). Ces poussières possèdent en général une capacité de neutralisation non négligeable, reliée au moins partiellement à la présence de carbonates dans leur composition.

A moyenne altitude, le manteau neigeux disparaît totalement avant l'été : polluants et poussières contenus initialement dans la neige sont alors entraînés vers le sol par l'eau de fonte. Quelle est la qualité de l'eau de fonte qui en résulte? L'acidité des précipitations est-elle neutralisée par les poussières minérales, au sein du manteau neigeux? Deux années de mesures sur un site des Alpes du Sud (hivers 1986-87 et 1987-88), ainsi que des expériences de simulation de fonte au laboratoire nous apportent certains éléments de réponse exposés ici.

DESCRIPTION DU SITE

Le Casset, site d'investigation retenu pour cette étude, est une station intégrée au réseau national de mesure des retombées atmosphériques du Ministère de l'Environnement (Figure 1). La station est localisée à la périphérie du Parc National des Ecrins (50°N, 4°59'E), à une altitude de 1780 m. Eloigné de sources locales de pollution, le site est jugé représentatif d'une pollution à longue distance.

La région est très ouverte aux influences méridionales par la vallée de la Durance : le climat est sec, caractérisé par la plus faible pluviosité (895 mm de précipitations annuelles entre 1929 à 1980) et le plus fort ensoleillement des Alpes françaises (Péguy, 1981). Le stock d'eau présent sur le bassin versant avant la fonte des neiges représente en moyenne près du tiers des précipitations annuelles.

METHODOLOGIE

Echantillonnage et analyses chimiques

Trois lysimètres en polypropylène, d'une surface collectrice de 1 m² chacun, permettent d'échantillonner l'eau de fonte à la base du manteau nival, en évitant son contact avec le sol.

Les échantillons d'eau de fonte (100 ml) sont collectés dans des bouteilles de polyéthylène prénettoyées par un passage au four à micro-ondes, avec de l'eau déionisée. Les flacons sont fermés hermétiquement puis transportés au laboratoire. Les échantillons filtrés sont analysés par chromatographie ionique (Dionex 2010i) pour les ions Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻, SO₄²⁻ et NO₃⁻. L'acidité est déterminée par titration selon le protocole défini par Legrand et al (1982). Une analyse minéralogique par diffraction X a été effectuée sur la fraction particulaire de quelques échantillons.

Validation des données

L'utilisation d'un modèle d'évolution énergétique du manteau neigeux (le modèle CROCUS du Centre d'Etudes de la Neige de Grenoble) nous a servi d'outil d'interprétation et de validation des mesures de terrain. Le modèle fonctionne avec les données (température de l'air, nébulosité, humidité...) issues de la station météorologique la plus proche du Casset (5 km de distance). En sortie du modèle on obtient l'expression des différents flux énergétiques, les profils de température, de densité et teneur en eau liquide du manteau, ainsi que la valeur journalière de l'écoulement à la base du manteau, directement comparable au flux réellement mesuré sur le terrain.

RESULTATS ET DISCUSSION

Evolution physique

La figure 2 retrace l'évolution des lames d'eau précipitées, stockées au sol et écoules sur l'hiver 1987-88. Les précipitations neigeuses ont débuté en novembre, mais elles ont été suivies d'un redoux qui a fait totalement fondre le manteau vers la mi-décembre. En début d'année 1988, on a pu observer la neige s'accumuler à nouveau sur le site, la hauteur de neige au sol atteignant la valeur maximale de 114 cm le 18/3/88.

En ce qui concerne la production de l'eau de fonte, nous avons pu distinguer l'écoulement lié au flux géothermique, aux événements de pluie-sur-neige et à la fonte de la neige en surface.

Au cours de la période froide (janvier et février), l'écoulement mesuré à la base du manteau n'est pas nul. Ce résultat est validé par la très bonne corrélation observée entre flux réel et modélisé (Figure 3 : du 4/2 au 18/3). Par ailleurs, l'examen des profils de température (T<0°C) et de teneur en eau liquide du manteau (TEL<3%) calculés parallèlement par le modèle met en évidence l'absence de percolation au sein du manteau et permet ainsi d'attribuer sans équivoque l'écoulement observé sur cette période au flux géothermique. Cet écoulement alimenté

uniquement par les couches inférieures du manteau représente au total sur l'ensemble de la saison 7% du budget en eau.

Lorsque le manteau est à 0°C et saturé en eau, l'influence d'un événement de pluie-sur-neige est très rapide : la pluie participe directement à l'écoulement et s'additionne au flux de base (Barry and Price, 1978). C'est l'occurrence d'un tel événement au Casset -non pris en compte à la station météorologique de référence- qui permet d'expliquer l'écart observé entre écoulement réel et modélisé pour la journée du 22/3 (figure 3). Au total, les épisodes de pluie-sur-neige ont représenté environ 13% de la lame d'eau totale écoulée au cours de l'hiver 1987-88.

Cependant, il est clair que la fonte de la neige en surface reste le mode de production privilégié de l'eau recueillie dans les lysimètres puisqu'elle participe pour 80% au bilan total.

Evolution chimique

L'évolution de la qualité de l'eau de fonte, des précipitations et du manteau neigeux est retracée sur la Figure 4.

L'eau de fonte s'avère en général légèrement acide, même au début du printemps. Si ce faible niveau d'acidité reflète bien dans l'ensemble celui des précipitations, il rend cependant moins bien compte du processus de fractionnement des impuretés couramment reporté dans la littérature (Gjessing et al, 1976).

L'évolution des teneurs en Ca^{2+} est moins régulière. Remarquons par exemple l'influence d'une petite pluie très concentrée survenue le 12/4 qui se traduit par une augmentation ponctuelle très marquée des concentrations en Ca^{2+} . Le manteau étant saturé en eau la pluie participe directement à l'écoulement.

En mettant en parallèle les courbes de l'acidité et du calcium, on s'aperçoit qu'un des événements les plus remarquables de cet hiver est constitué par les concentrations exceptionnellement élevées de Ca^{2+} (52 μ eq/l) et HCO_3^- (40 μ eq/l) mesurées en décembre 1987. Ces fortes valeurs ne s'expliquent pas au regard de la composition chimique des précipitations sur cette période. Elles sont vraisemblablement dues à un apport par dépôt sec de poussières alcalines. Les affleurements de calcaire sont abondants dans la région. On peut noter en particulier, sur le versant opposé à la station, la présence d'éboulis constitués principalement de carbonates (voir l'analyse minéralogique reportée dans le tableau 1). Ces poussières sont facilement mobilisables par le vent en début et en fin d'hiver, lorsque la couverture neigeuse est discontinuée.

	Poussières locales (éboulis)	Poussières désertiques 04/04/87	Résidus minéraux 23/04/87
Illite / Micas		24	5
Kaolinite		29	8
Feldspath K		0	17
Plagioclases		0	18
Quartz	5	29	48
Calcite	95	18	0

Tableau 1 : analyses minéralogiques par diffraction X (%)

Même si cela n'a pas été observé au cours de l'hiver 1987-88, les apports de poussières peuvent être aussi d'origine plus lointaine. Prenons l'exemple de la chute de neige sablée saharienne qui s'est déposée sur le manteau neigeux en avril 1987. L'analyse minéralogique des poussières désertiques retenues sur un filtre millipore (porosité : 0,4µm) a révélé la présence de calcite dans une proportion non négligeable (tableau 1). Cette calcite n'a pas été retrouvée dans les résidus minéraux récupérés dans le fond des lysimètres à la fin de la fonte (tableau 1), ce qui permet de supposer que sa dissolution a été complète.

Un simulateur de fonte installé au laboratoire (figure 5) et fonctionnant sous des conditions de manipulation contrôlées nous a permis de vérifier que cet apport en carbonates était théoriquement suffisant pour neutraliser l'acidité du manteau (Delmas, 1989). L'acidité de l'eau de fonte mesurée après le dépôt des poussières désertiques en avril 1987 ne s'explique alors qu'en faisant l'hypothèse d'un apport supplémentaire d'acidité, vraisemblablement par dépôt sec.

CONCLUSION

Sur deux années de mesure à la station du Casset, complétées par des expériences de fonte simulée au laboratoire, nous avons vérifié que les carbonates d'origine locale ou désertique qui se déposent par voie humide ou sèche sur les champs de neige des Alpes possèdent une forte capacité de neutralisation vis à vis de l'acidité du manteau. Malgré cela l'eau de fonte au Casset reste la plupart du temps légèrement acide, avec épisodiquement des épisodes de fonte alcaline.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BARRY and PRICE, 1987. Shortterm Changes in the fluxes of water and dissolved solutes during snowmelt, In: Seasonal snowcovers : physics, chemistry, hydrology, Reidel Publ. Comp., NATO ASI series C, Vol211, pp 501-530.

BUCHER A., DUBIEF J. and LUCAS C., 1983. Retombées estivales de poussières sahariennes sur l'Europe, Revue de géologie dynamique et de géographie physique, Vol24, Fasc2, pp153-165

DELMAS U., RONSEALUX F. and DELMAS R.J., 1988. Chemical composition of the seasonal snowcover at a southern french Alps site : some preliminary results, Proc. of the NATO APW "Acid deposition at elevation sites", Edinburgh sept. 1986, M.H. Unsworth and D Fowler Eds., Kluwer Academic Publishers.

DELMAS U., 1989. Chimie de la neige et de la fonte printanière au Casset (Alpes du sud); Influence des poussières minérales. thèse de doctorat présenté au Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement de Grenoble.

FUHRER J., 1984. Study of the chemical characteristics of wet and dry deposition in Switzerland. In: Physicochemical behaviour of the atmospheric pollutants. Proceeding of the third european symposium, Varese, pp423-432

GJESSING Y.T., 1977. The filtering effect of snow. IAHS Publ. N°118. Isotopes et Impuretés dans les neiges et glaces, Proc. du symposium de Grenoble, sept 1975, pp.199-203

LEGRAND M.R., ARISTARAIN A.J. and DELMAS R.J., 1982. Acid titration of polar snow, Analytical Chemistry 54, pp1336-1339.

NEFTEL A., SIGG A. and ZURCHER F., 1987. Acid deposition in a snow field at 2500 m.a.s.l. in Switzerland, In : Physicochemical behaviour of atmospheric pollutants, Air Pollution Research Report 2, D. Reidel Publ. Comp., pp500-510

PEGUY C.P., 1981. Le Monétier, mise au point climatique. Recherches en Briançonnais, actions concertées DGRST, publié par le CEMAGREF, Groupement de Grenoble.

PSENNER R. and NICKUS U., 1986. Snow chemistry of a glacier in the central Eastern Alps (Hintereisferner, Tyrol, Austria). Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie, 22, n°1, p1-18

RICQ-DE BOUARD M. and THOMAS A., 1977. Evolution chimique de la neige au sol. IHAS Publ. n°118, Isotopes et Impuretés dans les neiges et glaces, Proc. du symposium de Grenoble, sept 1975, pp.248-254

RONSEAUX F. and DELMAS R.J., 1988. Chemical composition of bulk atmospheric deposition to snow at Col de la Brenva, Proc. of the NATO ARW "Acid deposition at elevation sites", Edinburgh sept. 1986 M.H.Unsworth and D Fowler Eds., Kluwer Academic Publishers, pp491-510.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé grâce à l'assistance du Parc National des Ecrins et au concours financier du Ministère de l'Environnement et du Ministère des Affaires étrangères, collaboration France-Québec.

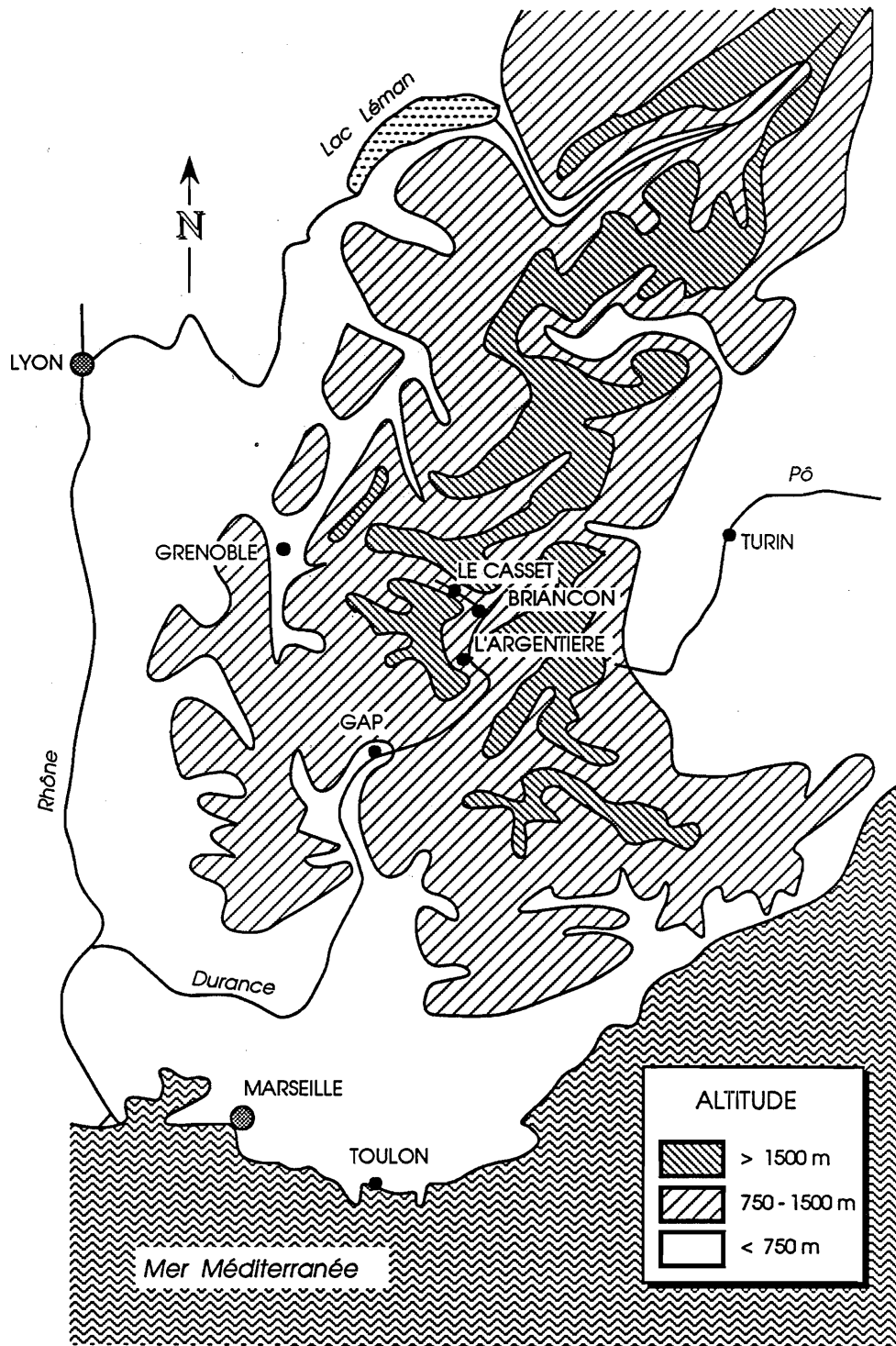


Figure 1 : Situation géographique de la station du Casset

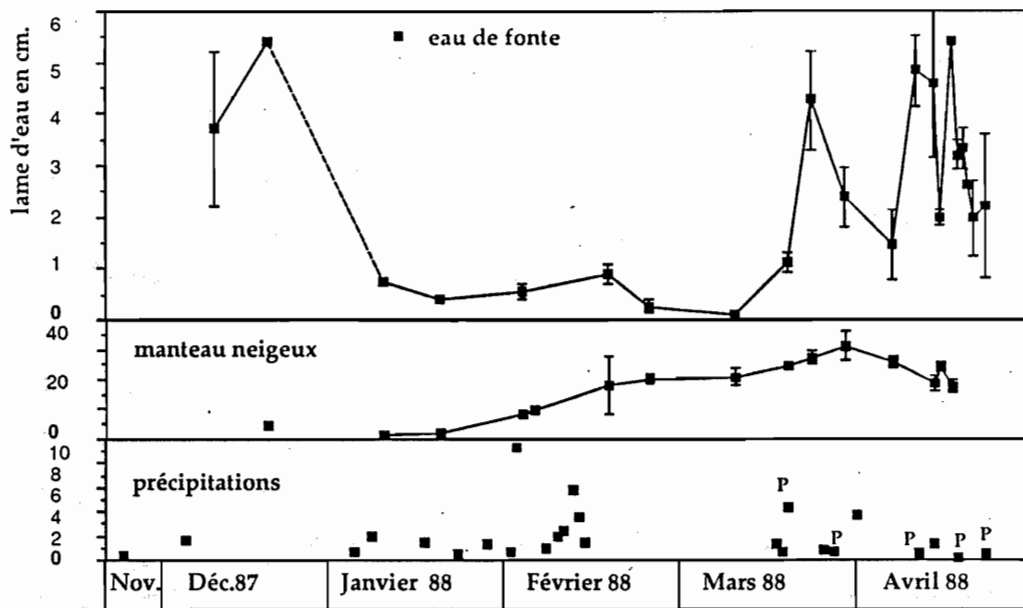


Figure 2 : Le Casset , hiver 87-88
 lame d'eau écoulée dans les lysimètres (moyenne et écart type)
 Equivalence en eau du manteau neigeux (moyenne et écart type)
 Equivalence en eau des précipitations (P = pluie)

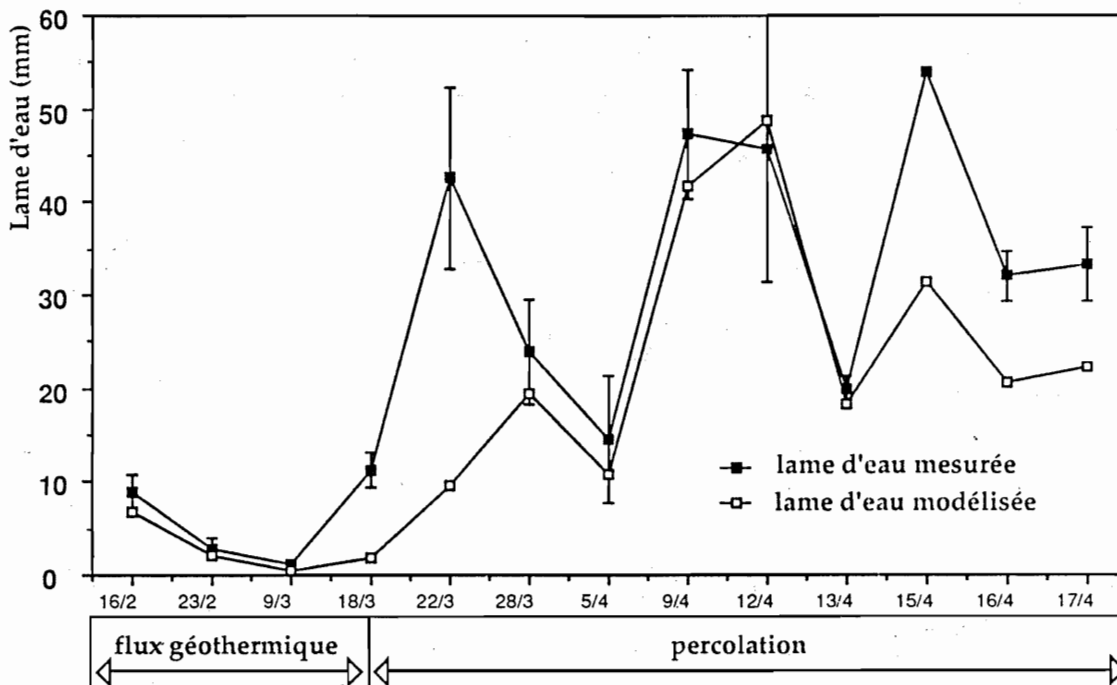


Figure 3 : Comparaison entre lame d'eau écoulée (moyenne et écart type)
 et modélisée, Le Casset, février à avril 1988

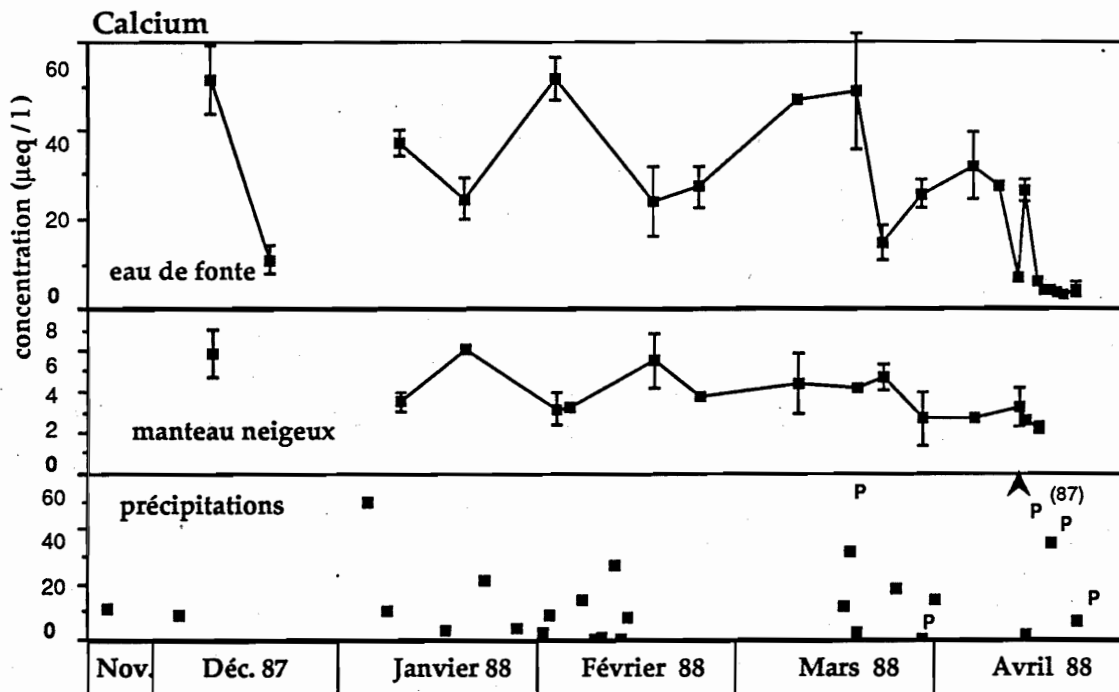
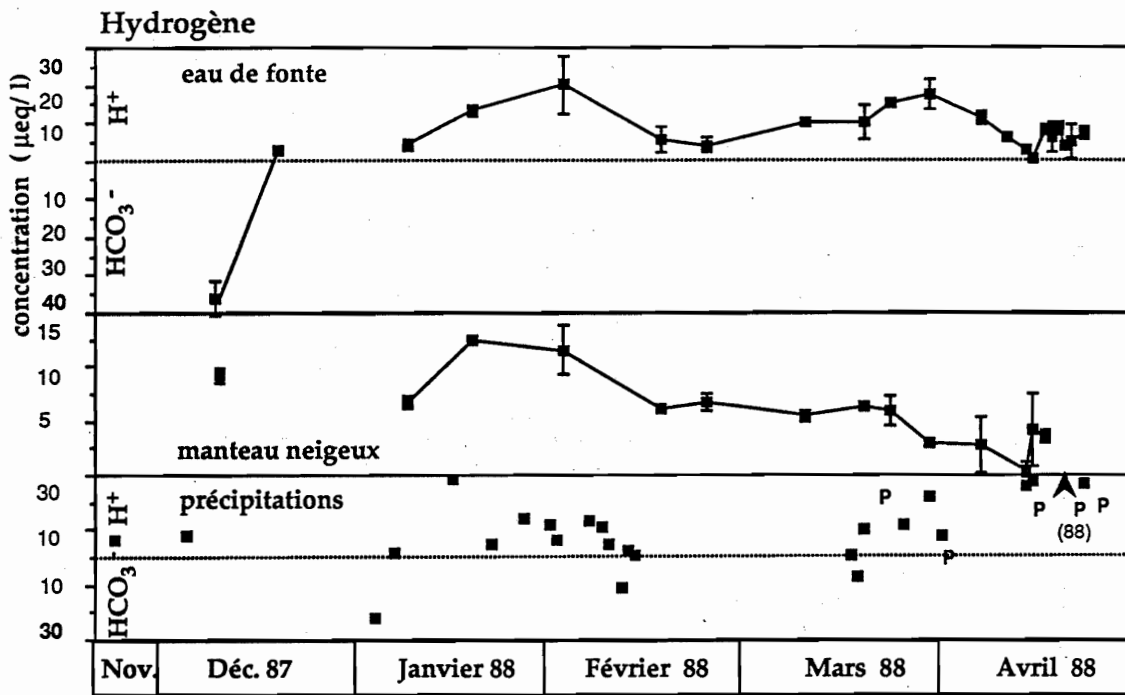


Figure 4: Hiver 1987-88. Le Casset. Concentrations mesurées dans l'eau de fonte, le manteau neigeux (moyennes et écart types) et les précipitations (P=pluie).

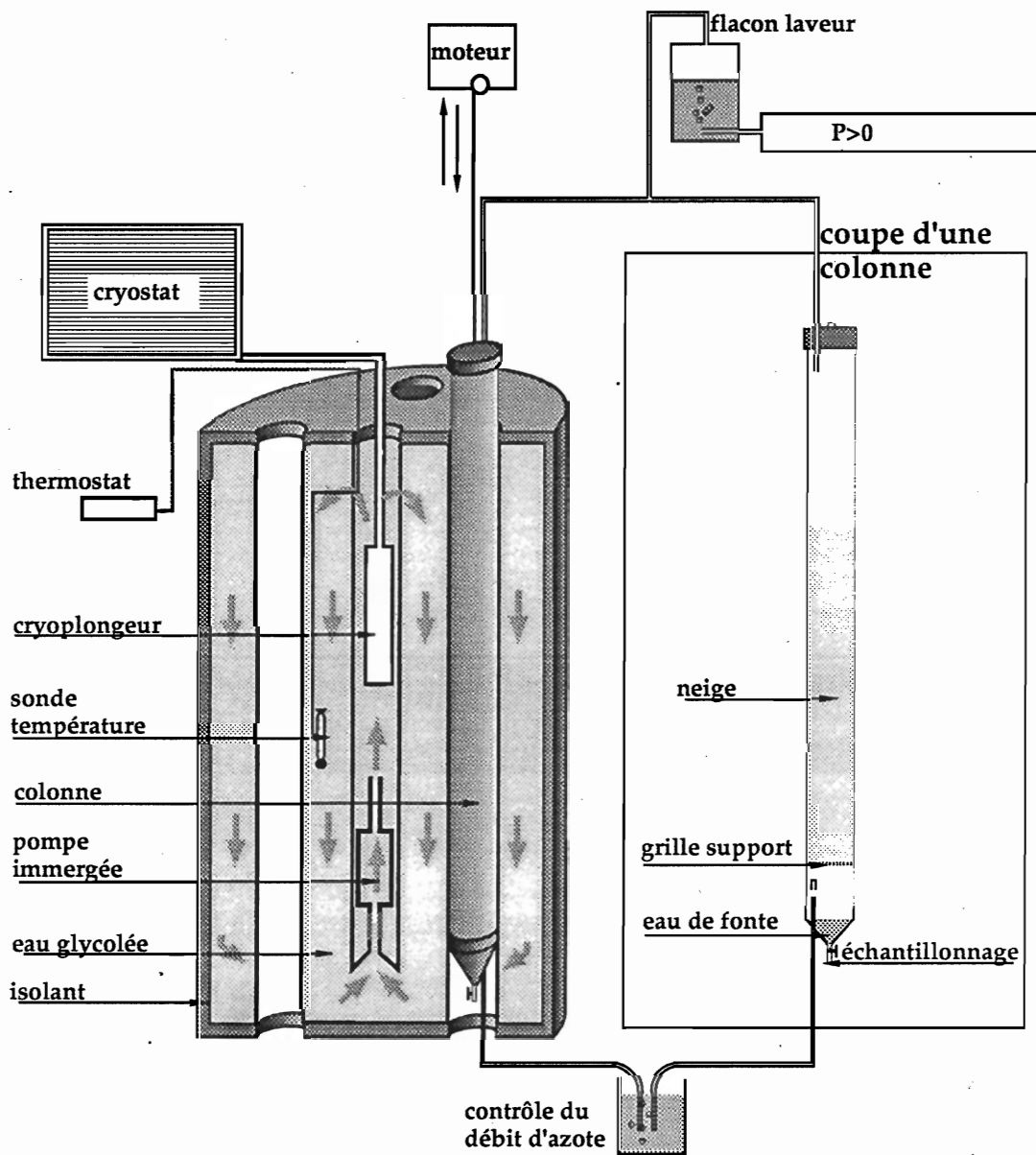


Figure 5 : Schéma de fonctionnement du simulateur de fonte .

