

Bilan d'énergie ponctuel et saisonnalité hydrologique du glacier Zongo (Bolivie)

par Patrick Wagnon,

LGGE

Pierre Ribstein,

ORSTOM

I ■ INTRODUCTION

L'étude des bilans d'énergie sur les glaciers est fondamentale si l'on veut comprendre leur métabolisme, et donc leur réponse aux variations des paramètres météorologiques. Ainsi, ce type d'étude est un passage obligé lorsque l'on cherche à étudier les glaciers comme marqueurs climatiques. Quelques bilans d'énergie précis sont disponibles sur les glaciers de moyenne ou haute latitude [1,2,3 etc.], mais, du fait de la difficulté des mesures sur le terrain, jamais une étude de ce type n'a été menée sur un glacier tropical. Seules

quelques mesures de bilan radiatif ont été réalisées sous les Tropiques : glacier Lewis, Mont Kenya [4,5] et calotte glaciaire de Quelccaya, Pérou [6]. Depuis 1996, l'ORSTOM dispose sur le glacier Zongo (Bolivie, 16 °S) de stations météorologiques suffisamment performantes pour permettre d'estimer les différents flux de chaleur à l'interface entre le glacier et l'atmosphère. Nous allons présenter ici quelques résultats préliminaires de ces bilans d'énergie calculés à partir d'une station située proche de la ligne d'équilibre, à 5 150 m. A partir de ces résultats, il sera alors possible de dégager quelques traits caractéristiques de ce type de glaciers tropicaux.

The proglacial stream escaping from Zongo Glacier (Bolivia, 16 °S) shows high discharges during the wet season (October – March) and low discharges during the dry season (May – August), although neither net radiation, nor air temperature are variable enough to explain this large seasonality. Then, a detailed energy balance study has been carried out on this tropical glacier (2.1 km²) since March 1996, at the altitude of the mean equilibrium line (5 150 m a.s.l.). Each component of the energy balance (net radiation, sensible and latent heat fluxes, heat transfer into the ice and heat supplied by precipitation) are derived separately to know which energy flux(es) is(are) responsible for the high seasonality of the proglacial stream discharge. Net radiation and turbulent fluxes dominate the surface energy balance : net radiation is obviously the main source of energy at the glacier surface but quantitatively, this energy input does not change a lot from season to season. Sensible heat flux remains small throughout the year, and does not show any seasonality either. On the contrary, latent heat flux is very variable with seasons. During the dry season, at the glacier surface, the energy input as net radiation is almost entirely consumed by the high sublimation (penitents grow at the surface), and therefore, melting is reduced and discharge is low. During the wet season, the high humidity of the surface layer stops the sublimation, and the energy input is used for melting, leading to high discharge.

Fonds Documentaire ORSTOM

Cote : B * 13737 Ex : 1

Fonds Documentaire ORSTOM



010013737

83

LA HOUILLE BLANCHE/N° 7-1997

II ■ LE SITE DE MESURE ET LES DONNÉES CLIMATIQUES

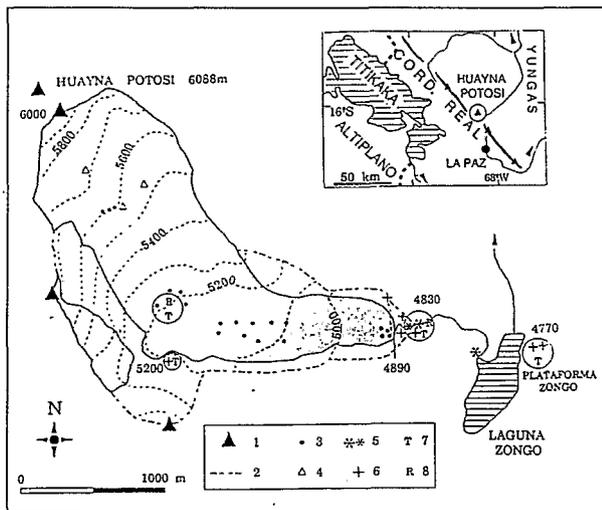
● 2.1 Mesures de terrain

Le glacier Zongo est un glacier de taille moyenne pour cette région (2,1 km²) et s'écoule depuis le sommet du Huayna Potosi (6 000 m a.s.l.) jusqu'à 4 900 m a.s.l. (fig. 1). Il est orienté Sud dans sa partie supérieure puis Est pour sa zone d'ablation [7,8]. Pour établir un bilan d'énergie ponctuel sur un glacier, il est nécessaire de disposer d'une station météorologique performante, et de contrôler les mesures par un certain nombre d'observations directes sur le terrain. Depuis mars 1996, une centrale d'acquisition de données Campbell munie de psychromètres ventilés enregistre les moyennes demi-heurales de la température de l'air (à deux niveaux), de la pression de vapeur (à deux niveaux), de la vitesse du vent (à deux niveaux), des radiations courtes longueurs d'onde incidentes et réfléchies, du bilan radiatif total (toutes longueurs d'onde confondues), des températures dans la neige et la glace (entre 20 et 270 cm). Cette centrale est aussi

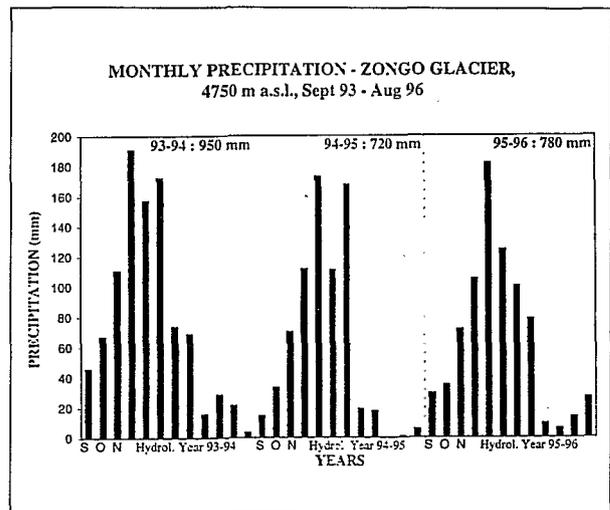
équipée d'une sonde à ultrasons qui donne l'ablation journalière du site. Le *tableau 1* donne les caractéristiques des capteurs utilisés. De plus, nous avons effectué plusieurs missions prolongées sur le terrain au cours desquelles nous avons mesuré la sublimation journalière, la fusion journalière, la nébulosité, la température de surface, etc.

● 2.2. Caractéristiques climatiques de la région

A cette latitude de 16 °S, il convient d'abandonner les termes d'été et d'hiver et de parler simplement de saison sèche (mai-août) et de saison des pluies (octobre-mars) [9]. Cette distinction est importante car elle sous-entend que le cycle annuel est seulement rythmé par les précipitations (75 % des précipitations tombent en saison humide), et non plus par la température ou la radiation solaire (fig. 2). En effet, le bilan des radiations courtes longueurs d'onde ne présente aucun rythme saisonnier et l'amplitude annuelle de la température de l'air n'excède pas 8 °C, lorsque l'on considère les moyennes journalières (fig. 3 et 4). En effet, les corrélations simples entre radiation nette et débit, ou



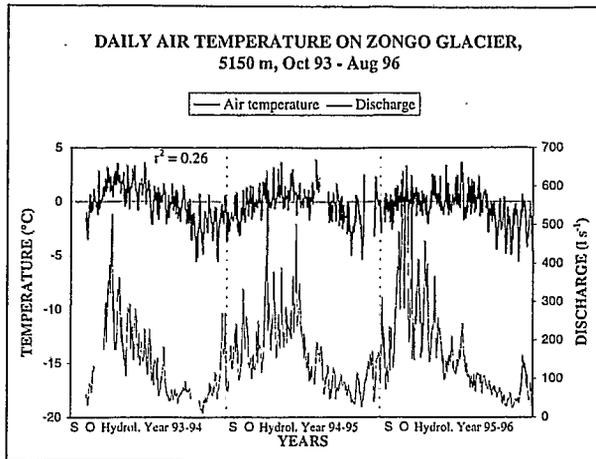
1. Carte simplifiée du glacier Zongo, avec son équipement d'origine datant de 1993.



2. Précipitations mensuelles recueillies à la Plateforme, dans l'axe de la vallée du glacier, à 4 750 m a.s.l.

Tableau 1. — Caractéristiques des différents capteurs de la station Campbell 5 150 m a.s.l.

	Type de capteur	Hauteur (cm)	Précision	Remarques
Température de l'air	Thermocouples Cu-Cst	30 et 180	± 0,5 °C	Ventilation permanente (4 m s ⁻¹)
Pression de vapeur	Thermocouples humides Cu-Cst	30 et 180	± 0,5 mbar	Ventilation permanente (4 m s ⁻¹)
Vitesse du vent	Met One Campbell et Campbell 05103	200 et 30	± 1,5 %	Pour u > 0,45 m s ⁻¹
Direction du vent	Campbell 05103	200	± 3°	
Radiation incident solaire	Campbell SP1100 et Li-Cor	100	± 3 %	0,25 < λ < 1,1 μm
Radiation solaire réfléchie	Campbell SP1100 et Li-Cor	100	± 3 %	0,25 < λ < 1,1 μm
Radiation nette	bilanmètre Campbell	100	de ± 3 % à ± 10 % selon l'horizontalité	0,25 < λ < 60 μm
Température du manteau neigeux	Thermocouples Cu-Cst	20, 30, 50, 70, 100, 150, et 270	± 0,5°C	protégés par un écran de la radiation



3. Températures journalières enregistrées par la station automatique à 5 150 m a.s.l. comparées au débit journalier du torrent émissaire du glacier.

température de l'air et débit sont très mauvaises en valeurs journalières ($r^2 = 0,21$ et $0,26$ respectivement pour 950 jours de mesures) (fig. 3 et 4). Dans ces conditions, comment expliquer que le débit du torrent émissaire de ce glacier soit environ 5 fois inférieur pendant la saison sèche que lors de la saison humide ? C'est ce que le bilan d'énergie ponctuel va pouvoir nous enseigner.

III ■ BILAN D'ÉNERGIE

Le bilan d'énergie de surface d'un glacier en cours de fusion est donné par l'équation suivante :

$$R_n + H + LE + Q_G + Q_p = Q_M \quad (1)$$

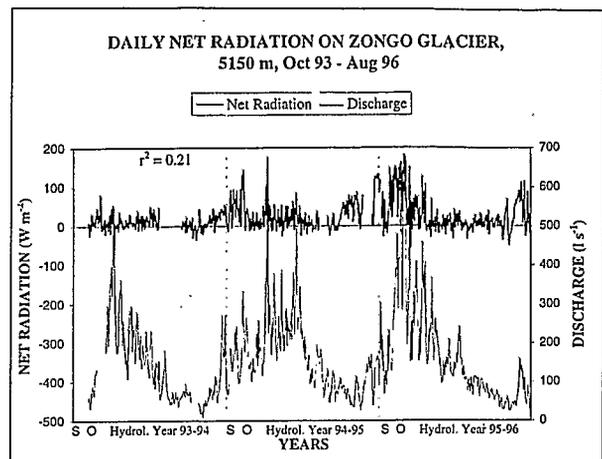
avec R_n , radiation nette toutes longueurs d'onde confondues, H , flux de chaleur sensible, LE , flux de chaleur latente, Q_G , flux apporté par les couches inférieures, Q_p , flux apporté par les précipitations et Q_M , énergie disponible pour la fusion. Par convention, les flux sont considérés positifs lorsqu'ils sont dirigés vers la surface. Comme les précipitations sont toujours sous forme de neige et de faible intensité dans la zone de la ligne d'équilibre, le terme Q_p reste négligeable face aux autres termes de cette équation.

● 3.1 Radiation nette

Elle est mesurée directement sur le terrain par un bilanmètre Q-6 Campbell ($0,25 < \lambda < 60 \mu\text{m}$). La précision de la mesure dépend fortement de l'horizontalité du capteur. Lorsque celui-ci est parfaitement horizontal (lors des missions prolongées de terrain où l'horizontalité est vérifiée en permanence), la précision est de $\pm 3 \%$. Le reste du temps, il est raisonnable d'adopter une précision de $\pm 10 \%$. En plus de la mesure de radiation nette, les radiations solaires incidentes et réfléchies sont données par des pyranomètres Campbell SP1100 et Li-Cor ($0,25 < \lambda < 1,1 \mu\text{m}$; précision $\pm 3 \%$).

● 3.2. Flux turbulents

Ces flux sont calculés à l'aide de la méthode des profils de Monin-Obukhov qui utilise les gradients verticaux de vitesse



4. Radiation nette journalière enregistrée par la station automatique à 5 150 m a.s.l. comparée au débit journalier du torrent émissaire du glacier.

moyenne de vent u , de température moyenne T et d'humidité spécifique moyenne q [10].

– Flux de chaleur sensible :

$$H = \rho C_p u^* \theta^* \quad (2)$$

– Flux de chaleur latente :

$$LE = \rho L_s u^* q^* \quad (3)$$

avec

$$\begin{aligned} u^* &= k(u_2 - u_1) [\ln(z_2/z_1) - \Psi_m(z_2/L) + \Psi_m(z_1/L)]^{-1} \\ \theta^* &= k(\theta_2 - \theta_1) [\ln(z_2/z_1) - \Psi_h(z_2/L) + \Psi_h(z_1/L)]^{-1} \\ q^* &= k(q_2 - q_1) [\ln(z_2/z_1) - \Psi_v(z_2/L) + \Psi_v(z_1/L)]^{-1} \end{aligned} \quad (4)$$

Le critère de stabilité utilisé est la longueur d'Obukhov L :

$$L = \frac{(u^*)^3 \rho}{kg \left[\frac{H}{TC_p} \right] + 0.61E} \quad (5)$$

u , θ et q sont la vitesse du vent, la température potentielle et l'humidité spécifique de l'air, les indices 1 et 2 font référence à deux niveaux de mesures z_1 et z_2 (30 et 180 cm selon la hauteur de neige). k est la constante de Von Karman ($k = 0,4$), g est l'accélération de la gravité, C_p est la chaleur spécifique de l'air et L_s , la chaleur latente de sublimation de la glace ($L_s = 2,834 \cdot 10^6 \text{ J kg}^{-1}$).

Les fonctions Ψ , Ψ_m pour masse, Ψ_h pour chaleur et Ψ_v pour pression de vapeur dépendent de la stabilité de la couche de surface :

– Conditions instables ($-z/L < 0$) :

$$\Psi_m = 2 \ln \left[\frac{1+x}{2} \right] + \ln \left[\frac{1+x^2}{2} \right] - 2 \arctan(x) + \frac{\pi}{2}$$

$$\Psi_h = \Psi_v = 2 \ln \left[\frac{1+x^2}{2} \right] \quad (6)$$

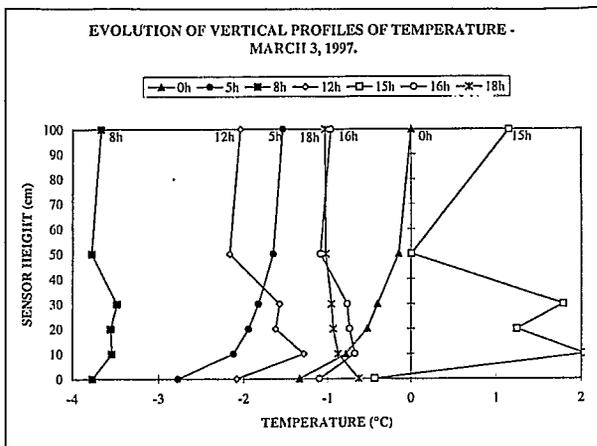
avec $x = (1 - 16 z/L)^{1/4}$

– Conditions stables ($0 < z/L < 1$) :

$$\Psi_m = \Psi_h = \Psi_v = -5 z/L \quad (7)$$

– Conditions très stables ($z/L > 1$) :

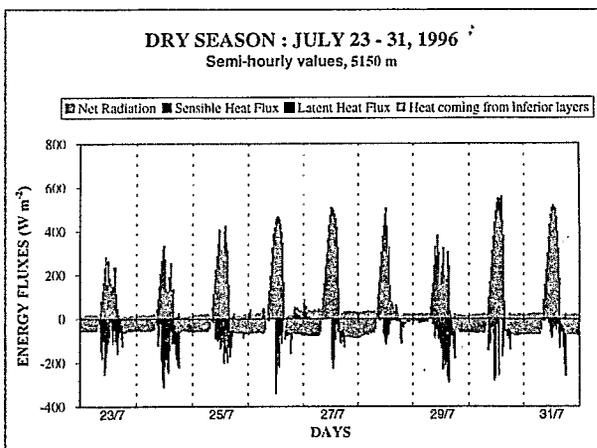
$$\Psi_m = \Psi_h = \Psi_v = -5 [\ln(z/L) + 1] \quad (8)$$



5. Profils verticaux de température de l'air à différentes heures du jour du 3 mars 1997. On voit nettement se développer une couche chaude pendant la journée, aux alentours de 20 cm au dessus de la surface.

Les calculs sont effectués par itération entre les deux niveaux de mesure z_1 et z_2 .

La théorie de Monin-Obukhov est basée sur l'hypothèse que les flux d'énergie sont conservatifs dans les premiers mètres au dessus de la surface. Cependant, de la Casinière [11], Halberstam et Schieldge [12] ont observé des anomalies de profils de température au dessus d'une surface de neige fondante, probablement dues à un surchauffement de l'air au voisinage de la surface par la radiation, conduisant à des flux variables selon z . Sur le glacier Zongo, la situation semble similaire : la nuit, la couche de surface est stable et les profils observés sont classiques et logarithmiques. En revanche, dans la journée, une couche chaude se forme aux alentours de 20 à 30 cm au dessus de la surface et les flux ne sont plus conservatifs (Figure 5). Ainsi, la nuit, nous avons appliqué la méthode des profils entre z_1 et z_2 alors que la journée, nous avons dû appliquer cette méthode entre la surface et z_1 . Pour cela, nous avons assumé que la journée, la surface était en conditions de fusion avec une température de surface de 0 °C et une pression de vapeur égale à la pression de vapeur saturante à cette température soit 6,1 mbars. La longueur de rugosité a été choisie de façon à caler le mieux possible nos résultats de flux de chaleur latente avec les mesures directes de sublimation effectuées sur le terrain (juillet 96 : $z_0 = 3 \cdot 10^{-2}$ m — présence de pénitents — ; octobre 96 : $z_0 = 4 \cdot 10^{-3}$ m).



6. Valeurs demi-heures des différents termes du bilan d'énergie (R_n , H , LE , Q_G) pendant une période de 9 jours en saison sèche (23-31 juillet 96).

3.3 Flux apporté par les couches inférieures

Ce flux de chaleur est estimé à l'aide des profils verticaux de température dans le manteau neigeux et est donné par l'équation :

$$Q_G = -K \frac{\partial T}{\partial z} \quad (9)$$

où K est la conductivité thermique de la neige/glace ($K = 2 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$).

IV ■ RÉSULTATS ET DISCUSSION

Notre dispositif nous permet d'estimer demi-heure par demi-heure les flux d'énergie à la surface du glacier depuis mars 1996. Nous présentons ici seulement deux périodes de 9 jours soigneusement sélectionnées et représentatives de la saison sèche (23-31 juillet 96) et de la saison humide (14-22 octobre 96) (fig. 6 et 7). Le tableau 2 montre que ces périodes sont tout à fait représentatives des saisons sèches et humides. Comme pour tous les glaciers du monde, la radiation nette joue un rôle prépondérant dans ce bilan d'énergie (cf. tabl. 3). La différence fondamentale avec les glaciers tempérés ou polaires apparaît lorsque l'on regarde les flux

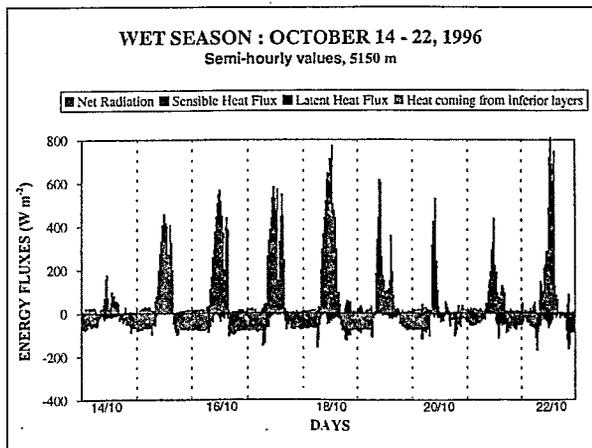
Tableau 2. — Moyennes des données météorologiques et hydrologiques sur les périodes sélectionnées en comparaison avec les moyennes de ces mêmes données sur les saisons sèches et humides.

Mean values	July 23-31, 1996	DRY SEASON May-August	October 14-22, 1996	WET SEASON Oct-March
Temperature (°C)	-4,3	-3,1*	-0,1	-0,3*
Net rad. ($W m^{-2}$)	49	20**	54	24**
Prec. ($mm d^{-1}$)	0	0,5***	1,9	3,7***
Discharge($mm d^{-1}$)	1,3	2,0***	6,7	6,1***

* : mean values calculated from records of the last hydrological year, 96-97.

** : mean values calculated from records of 3 hydrological years, 93-94, 94-95 and 95-96.

*** : mean values calculated from records of 5 hydrological years, 91-92, 92-93, 93-94, 94-95, and 95-96.



7. Valeurs demi-heures des différents termes du bilan d'énergie (R_n , H , LE , Q_G) pendant une période de 9 jours en saison humide (14-22 octobre 96).

Tableau 3. — Valeurs moyennes de chaque terme du bilan d'énergie sur les deux périodes choisies.

Mean values	JULY 23-31, 1996	OCTOBER 14-22, 1996
$R_n (W m^{-2})$	49,0	53,6
$H (W m^{-2})$	3,6	3,7
$LE (W m^{-2})$	- 34,6	- 10,8
$QG (W m^{-2})$	11,6	4,2
Specific discharge ($mm d^{-1}$)	1,3	6,7
Sublimation ($mm d^{-1}$)	1,05	0,33

turbulents. En effet, alors que dans les Alpes, le flux de chaleur sensible explique entre 20 et 50 % de la fusion en période d'ablation, ici, il explique à peine quelques pourcents (tabl. 3). De plus, le flux de chaleur latente, habituellement faible sous les autres latitudes, varie fortement d'une saison à l'autre et atteint même l'amplitude de la radiation nette, mais de signe opposé en saison sèche. Voilà ici l'explication de la saisonnalité des débits observés au niveau du torrent émissaire de ce glacier : lors de la saison sèche, l'énergie apportée par la radiation nette est en grande partie consommée sous forme de sublimation (d'où le développement de champs de pénitents sur ce type de glacier), le reste, faible, sert à fondre la glace alors que pendant la saison humide, l'humidité de la couche de surface est plus forte, ce qui limite fortement la sublimation. Ainsi, l'énergie apportée par la radiation nette (sensiblement égale à celle de la saison sèche) est cette fois disponible pour la fusion ce qui explique les forts débits observés.

V ■ CONCLUSION

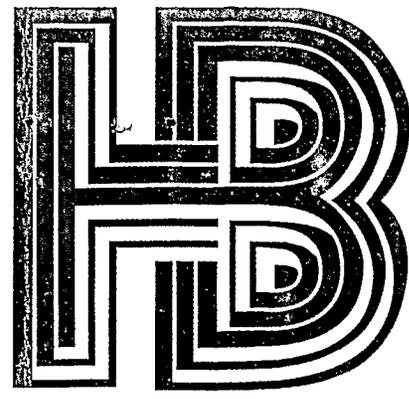
Les glaciers boliviens sont soumis à des conditions climatiques fort différentes des glaciers tempérés ou polaires. Aussi leur bilan d'énergie est-il tout à fait original : la radiation nette reste la source d'énergie principale à la surface du glacier mais celle-ci ne présente aucune saisonnalité. En revanche, le flux de chaleur latente est lui très variable d'une saison à l'autre : en saison sèche, il est fort, la majeure partie de l'énergie disponible en surface sert à sublimer la neige, une faible partie est utilisée pour la fondre ; en saison humide, le flux de chaleur latente est faible et la plus grande partie de l'énergie disponible en surface sert cette fois à fondre la neige. Ainsi, dans cette zone externe des Tropiques comme la qualifie Kaser [9], l'humidité est le paramètre météorologique clé pour expliquer les régimes hydrologiques du torrent émissaire du glacier, car il est responsable du partage de l'énergie entre la fusion ou la sublimation.

REMERCIEMENTS

Je remercie vivement Bernard Pouyaud et Bernard Francou, chercheurs à l'ORSTOM et instigateurs de ce programme, pour le soutien scientifique qu'ils ont apporté à ce travail. Je suis aussi très reconnaissant au Laboratoire de Glaciologie et notamment à Louis Reynaud et Dominique Raynaud, pour l'intérêt qu'ils portent à ce sujet de recherche original.

RÉFÉRENCES

- [1] MALE D.H. and GRANGER R.J. (1981). — Snow surface energy exchange. *Water Resour. Res.*, 17(3), 609-627.
- [2] PLÜSS C. and MAZZONI R. (1994). — The role of turbulent heat fluxes in the energy balance of high alpine snow cover. *Nordic Hydrol.*, 25, 25-38.
- [3] HOCK R. and HOLMGREN B. (1996). — Some aspects of energy balance and ablation of Storglaciären, Northern Sweden. *Geog. Annal.*, 78A, 121-131.
- [4] HASTENRATH S. and PATNAIK J.K. (1980). — Radiation measurements at Lewis Glacier, Mount Kenya, Kenya. *J. of Glaciol.*, 25(93), 439-444.
- [5] HASTENRATH S. and KRUSS P.D. (1988). — The role of radiation geometry in the climate response of Mount Kenya's glaciers, Part 2 : sloping versus horizontal surfaces. *J. of Climat.* 8, 629-639.
- [6] HASTENRATH S. (1978). — Heat-budget measurements on the Quelccaya ice Cap, Peruvian Andes. *J. of Glaciol.* 20(82), 85-97.
- [7] FRANCOU B., RIBSTEIN P., SARAVIA R., and TIRIAU E. (1995). — Monthly balance and water discharge of an inter-tropical glacier : Zongo Glacier, Cordillera Real, Bolivia, 16°S. *J. Glaciol.*, 41(137), 61-67
- [8] RIBSTEIN P., TIRIAU E., FRANCOU B. and SARAVIA R. (1995). — Tropical climate and glacier hydrology : a case study in Bolivia. *J. Hydrol.*, 165, 221-234.
- [9] KASER G., HASTENRATH S. and AMES A. (1996). — Mass balance profiles on tropical glaciers. *Z.f. Gletscherkunde und Glazialgeologie*, 32, 75-81.
- [10] BRUTSAERT W. (1984). — Evaporation into the atmosphere. *Kluwer Academic Publishers*. 299 pp.
- [11] de la CASINIERE A.C. (1974). — Heat exchange over a melting snow surface. *J. Glaciol.*, 13(67), 55-72.
- [12] HALBERSTAM I. and SCHIEDGE J.P. (1981). — Anomalous behavior of the atmospheric surface layer over a melting snow-pack. *J. of Applied Meteo.*, 20, 255-265.



LA HOUILLE BLANCHE

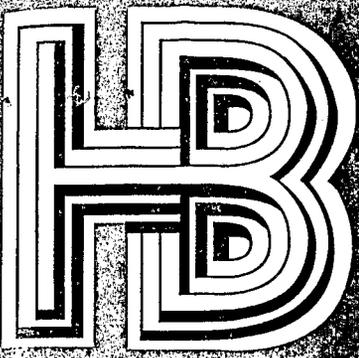
REVUE INTERNATIONALE DE L'EAU

ISSN 0018-6368



7 - 1997

**Eaux dans la ville
Glaciologie et nivologie**



LA HOUILLE BLANCHE

N° 7 - 1997

REVUE INTERNATIONALE DE L'EAU

2ème année

Revue internationale de l'eau

Fondateur : † Pierre Danel -
Secrétaire général honoraire : † Roger-H. Honoré
Publiée sous l'égide de la
Société Hydrotechnique de France
Président du comité de rédaction :
André Daubert
Rédacteur en chef :
Hélène Girardet : 01-44-49-60-27
Directeur de publication :
Francis Sorin
Rédacteur-graphiste :
Jean-Luc Kravetz : 01-44-49-60-05

ÉDITION ET PUBLICITÉ

Revue Générale de l'Electricité S.A.
8, rue de la Procession
75724 Paris Cedex 15
Secrétaire général :
Micheline Bertaux
Abonnements :
Sabine Saget : 01-44-49-60-24
Vente au numéro :
Nadine Bobbio : 01-44-49-60-22
Publicité :
Eric Fichot : 01-44-49-60-34
Comptabilité : 01-44-49-60-23
Télex : SEE 200 565 F
Télécopie : 01-44-49-60-35

Prix de l'abonnement en 1997

8 numéros par an)
France 750 F (TTC)
Etranger 940 F
CEE TVA exonérée : 920,65 F
Prix du numéro en 1997
simple : France 100 F (TTC).
Etranger 125 F
CEE TVA exonérée : 122,45 F
double : France 200 F (TTC).
Etranger 250 F
CEE TVA exonérée : 244,90 F

Réalisation de la revue

Jouve 53100 Mayenne
Bureaux de Paris :
18, rue Saint-Denis, 75001 Paris
Tél. : 01-44-76-54-40
Numéro d'enregistrement à la
Commission Paritaire : 50551

Houille blanche n° 344

ISSN 0018-6368

- 2 ■ RÉSUMÉS
- 5 ■ SOMMAIRES ÉTRANGERS
- 6 ■ ACTUALITÉS
- 10 ■ EN DIRECT AVEC LA SHF

DOSSIER 1

Eaux dans la ville

- 11 Présentation
- 12 Aménagement urbain et hydrologie
par B. Chocat
- 20 La gestion urbaine du risque d'inondation : problématique et enjeux
par M. Desbordes
- 25 La gestion des risques, questions et réponses
par J.-Cl. Deutsch
- 29 Rôle de l'humidité des sols sur les crues en milieu urbain
par Fl. Gomis et J.-M. Gresillon
- 33 Le rôle de la conception et de la gestion de la voirie dans la réduction des rejets urbains de temps de pluie
par J.-D. Balades, P. Berga
- 38 Optimisation de la décantation des rejets urbains de temps de pluie dans les bassins de retenue contre les inondations
par Ch. Jacopin, J.-L. Bertrand-Krajewski, M. Desbordes, P. Bourgogne
- 43 Caractérisation et traitabilité des sous-produits solides de l'assainissement pluvial
par C. Delattre, J.-L. Bertrand-Krajewski
- 48 Impacts biologiques des pollutions sur un réseau périurbain : le Peugue (Gironde)
par F. Gayet, M. Coste, J.-F. Dubernet, A. Dutartre
- 52 Le bassin versant expérimental urbain du Marais à Paris : origine et caractéristiques de la pollution des eaux pluviales urbaines en réseau d'assainissement unitaire
par M.-C. Gromaire-Mertz, G. Chebbo, M. Saad, J.-M. Mouchel
- 59 Discussions et Table Ronde

DOSSIER 2

Glaciologie et nivologie

- 62 Détermination des paramètres météo nécessaires à la prévision du risque d'avalanche à échéance d'un jour
par Y. Durand et L. Mérindol
- 69 Couplage d'un modèle de neige avec un modèle de climat
par E. Brun, E. Martin et V. Spiridonov
- 76 Détermination objective des caractéristiques des grains de neige à partir d'images
par B. Lesaffre, E. Pougatch et E. Martin
- 83 Bilan d'énergie ponctuel et saisonnalité hydrologique du glacier Zongo (Bolivie)
par P. Wagnon et P. Ribstein
- 88 ■ AGENDA
- 90 ■ LIVRES, DOCUMENTS
- 92 ■ TECHNIQUE, INDUSTRIE

Légende de couverture : Inondations à Nîmes en 1988 (la photothèque EDF - photo Bertrand Clech).

La Houille Blanche n'est pas solidaire des opinions émises par les auteurs d'articles, ni la SHF, des opinions émises dans la partie « actualités ».

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans la présente publication, faite sans l'autorisation de l'éditeur est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées. Toutefois, des photocopies peuvent être réalisées avec l'autorisation de l'éditeur. Celle-ci pourra être obtenue auprès du Centre Français du Copyright, 3, rue Hautefeuille - 75006 PARIS.