

JEAN MICHEL BONVIN (*), GEORGES DAYER (*) & ALBERT BEZINGE (*)

GLACIOLOGIE ET PRODUCTION HYDROELECTRIQUE EN SUISSE

Abstract: BONVIN J.M., DAYER G. & BEZINGE A., *Glaciology and hydroelectric production in Switzerland*. (IT ISSN 0391-9838, 1992).

Hydraulic power stations cover 60% of the production of electricity in Switzerland. The combination of the glacial runoff of solid or liquid precipitations assure a good diversification of the hydroelectric production's resources. The authors analyse the evolution at a medium term of the different factors determining hydroelectric resources with some particular examples. The conclusion of this study is that the important diminution of the glacier's mass during this century will not be without influence on the electricity supply in the future.

KEY WORDS: Glaciers, Climatic change, Hydroelectric energy, Switzerland.

Résumé: BONVIN J.M., DAYER G. & BEZINGE A., *Glaciologie et production hydroélectrique en Suisse*. (IT ISSN 0391-9838, 1992).

Les centrales hydrauliques couvrent le 60% de la production d'énergie électrique de la Suisse. La combinaison des apports d'eau d'origine glaciaire avec les précipitations liquides ou solides assure une bonne diversification des ressources à la base de la production hydroélectrique. Les auteurs analysent l'évolution à moyen terme des divers facteurs déterminant les ressources hydroélectriques à la lumière de quelques exemples particuliers. Il ressort de cette étude que la diminution importante de la masse glaciaire au cours de ce siècle ne sera pas sans influence sur l'approvisionnement futur en électricité.

MOTS CLES: Glaciers, Changement climatique, Energie hydroélectrique, Suisse.

Riassunto: BONVIN J.M., DAYER G. & BEZINGE A., *Glaciologia e produzione idroelettrica in Svizzera*. (IT ISSN 0391-9838, 1992).

Le centrali idroelettriche coprono il 60% della produzione di energia elettrica della Svizzera. La combinazione di apporti d'acqua diversificati, fornita sia dallo scioglimento dei ghiacciai, sia dalle precipitazioni liquide e solide, assicura una buona diversificazione delle risorse idriche necessarie alla produzione elettrica. Gli autori analizzano l'evoluzione a medio termine dei differenti fattori che determinano la disponibilità delle risorse idriche, presentando alcuni esempi partico-

lari. La conclusione di questo studio è che la notevole diminuzione delle masse glaciali che si è verificata durante questo secolo influenzerà sicuramente la disponibilità di energia elettrica nel prossimo futuro.

TERMINI CHIAVE: Ghiacciai, Variazioni climatiche, Energia idroelettrica, Svizzera.

PRODUCTION HYDROELECTRIQUE

Généralités

La production helvétique annuelle d'électricité s'élève à environ 55 000 GWh. Plus de la moitié de cette production est assurée par l'hydroélectricité soit en moyenne 33 000 GWh par année. La production hydroélectrique est assurée à 55% par les centrales à accumulation et pour le reste par les installations au fil de l'eau. La Suisse possède un réseau hydrographique très diversifié comprenant des torrents glaciaires et des rivières à régime pluvio-nival qui alimentent les réservoirs d'accumulation. Les grands aménagements au fil de l'eau produisent principalement de l'énergie sur les cours d'eau de plaine. Ils sont surtout dépendants des quantités de précipitations liquides mais profitent également des eaux de fonte de la neige et des glaciers. Ils profitent également du transfert des débits de l'été sur l'hiver en aval des usines turbinant les eaux d'accumulation.

Les 7 bassins versants principaux de la Suisse contribuent diversement à la production hydroélectrique, en fonction de leur surface mais également en raison de l'extrême diversité du système alpin du point de vue de l'englacement, des précipitations et des conditions hydrogéologiques.

En effet, les versants ouest et nord des Alpes subissent un climat océanique relativement humide avec des précipitations importantes tout au long de l'année. Le versant sud reçoit quant à lui des précipitations de type méditerranéen, moins fréquentes mais intenses.

L'englacement est également disparate, en fonction de l'orientation des versants, des précipitations hivernales, mais

(*) Grande Dixence SA, rue des Creusets 41 - 1951 SION, Suisse. Comunicazione presentata al VI Convegno Glaciologico Italiano, Gressoney, 26-28 Settembre 1991. (Communication presented at the 6th Italian Glaciological Meeting, Gressoney, 26-28 September, 1991).

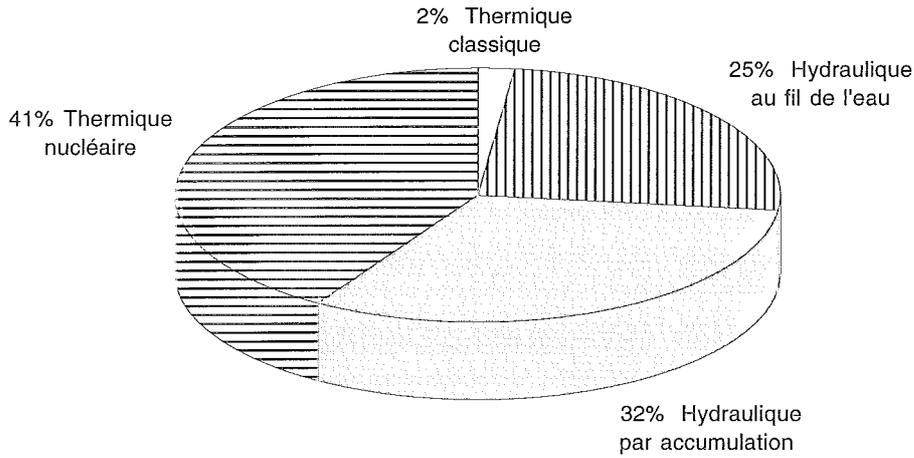


FIG 1 - Production d'énergie électrique en Suisse.

FIG. 1 - Production of electricity in Switzerland.

FIG. 2 - Localisation des glaciers en Suisse (en noir).

FIG. 2 - Location of glaciers in Switzerland (in black).

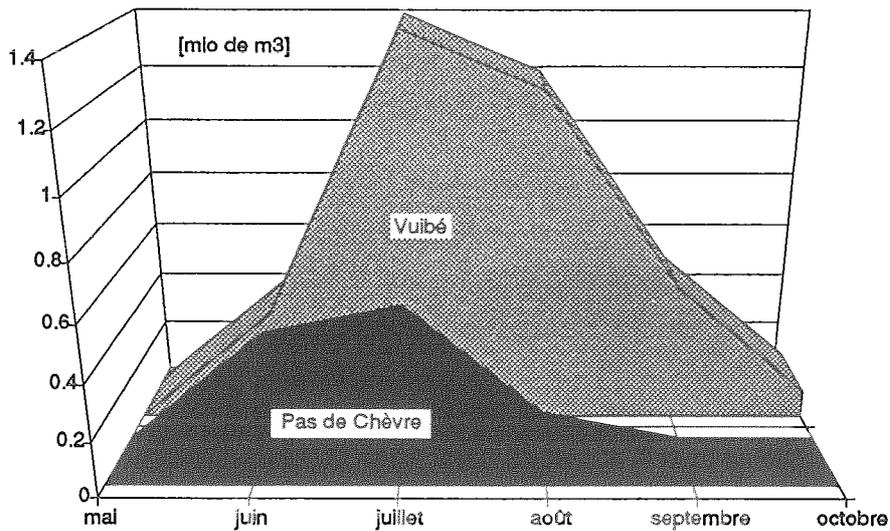
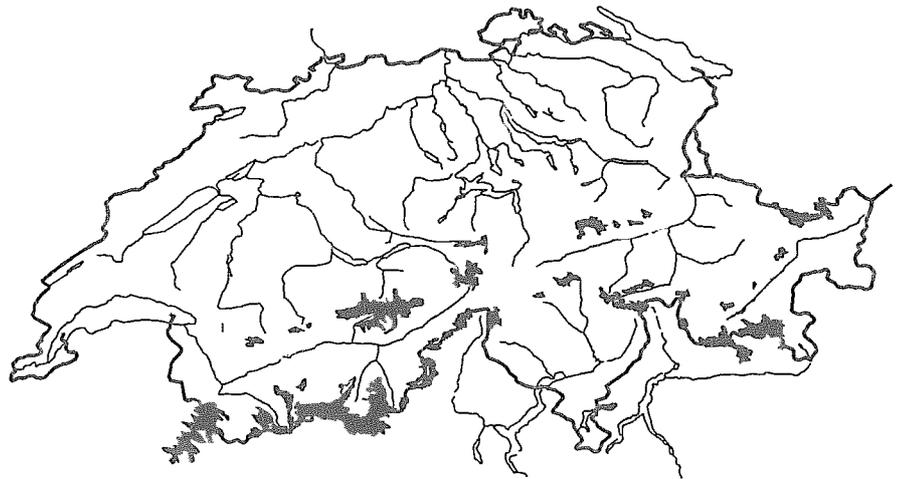


FIG. 3 - Régimes d'écoulement.

FIG. 3 - Flow patterns.

surtout de l'altitude du relief. Le bassin versant du Rhône comprend la plus grande partie des surfaces englacées helvétiques, loin devant le bassin de l'Aare et celui du Rhin. Durant la période de déglaciation que nous connaissons, cet élément explique les débits relativement élevés du bassin du Haut-Rhône malgré les faibles précipitations.

INFLUENCE DES GLACIERS

Méthode

Pour estimer l'apport des eaux de fonte glaciaire dans la production hydroélectrique suisse, chaque aménagement a été traité individuellement. Les paramètres suivants ont servi à estimer la part de fusion glaciaire dans les eaux turbinées:

- Le type de centrale, fil de l'eau, accumulation, pompage ou mixte.
- Le bassin versant fournissant les eaux.
- La position de l'aménagement ou de la prise d'eau dans le bassin versant.
- L'altitude de la prise d'eau.
- La production hivernale et estivale.

Le principe de lier l'importance des eaux d'origine glaciaire à l'altitude peut être généralisé. Plus la prise d'eau est à basse altitude, plus la part de surface glaciaire sur le bassin versant alimentant la prise est faible. Par contre, les conditions initiales d'englacement sont fort différentes dans chaque bassin versant.

Surfaces glaciaires des bassins versants en km²
(selon Atlas de la Suisse, état des glaciers vers 1930-1940)

Rhin	126	Rhône	846
Aare	274	Tessin	30
Reuss	95	Adda	40
Limmat	32	Inn	105

L'Atlas Hydrologique de la Suisse fournit des pourcentages d'englacement de bassins versants en divers points du territoire.

Résultats

Tous bassins versants confondus, les résultats d'estimation donnent 13% pour la part de production d'énergie électrique fournie par l'eau de fusion glaciaire en Suisse soit plus de 7 000 GWh par année. Cette énergie représente donc environ 22% de la production hydroélectrique totale.

REPARTITION PAR BASSIN VERSANT

Bien entendu, les disparités d'un bassin versant à l'autre sont grandes. C'est surtout le bassin du Rhône qui fournit cette énergie «glaciaire» puisque près de 50% de sa production provient du turbinage des eaux de fusion glaciaire. Dans le bassin de l'Aare, cette proportion tombe au-dessous de 20% alors qu'elle est à peine de 8% dans le bassin du Rhin.

La Suisse bénéficie donc d'une bonne diversification de sa production hydraulique. Les apports de fusion glaciaire sont intéressants car les débits sont importants au pied des glaciers c'est-à-dire à une altitude élevée. La hauteur de chute disponible est ainsi considérable. Même utilisés au fil de l'eau, sans accumulation, ces apports glaciaires sont appréciables car ils sont complémentaires des apports d'origine pluviale. En effet, ils sont importants lorsque la température est élevée, lors de périodes anticycloniques persistantes. Or, ces situations sont souvent marquées par une absence de précipitations et par conséquent par une diminution de la production au fil de l'eau et même parfois par une diminution de la production des centrales nucléaires refroidies à l'eau.

Parfois pourtant ces mécanismes de compensation ne jouent plus lors de conjonction de situations défavorables si par exemple, à un été froid succède un hiver froid et sec. Les bassins d'accumulation ne sont pas remplis, la demande est élevée et la production au fil de l'eau est faible.

Les régimes d'écoulement glaciaire et nival sont également très différents. Le graphique 3 montre les volumes écoulés (moyenne de 24 ans) de deux prises d'eau de Grande Dixence dans la région d'Arolla, à 2 400 m d'altitude: Vui-

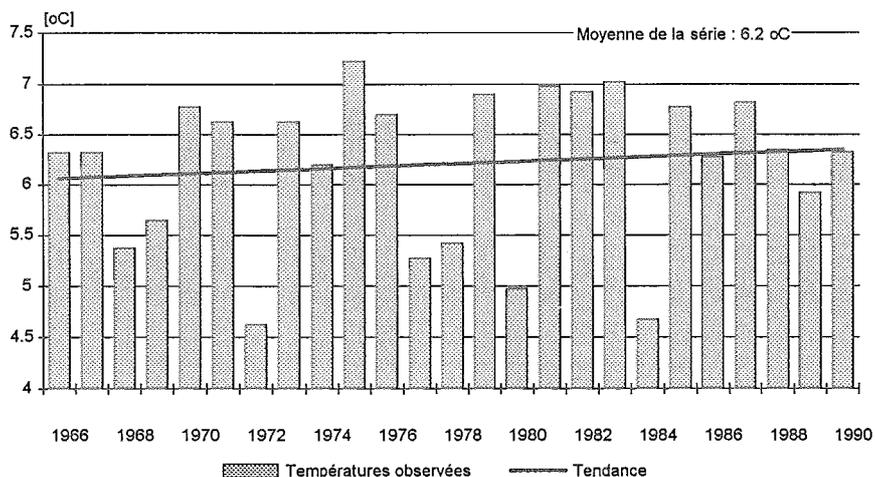


FIG. 4 - Températures au Grand St. Bernard (de Juin à Septembre).

FIG. 4 - Temperatures at Grand St. Bernard (from June to September).

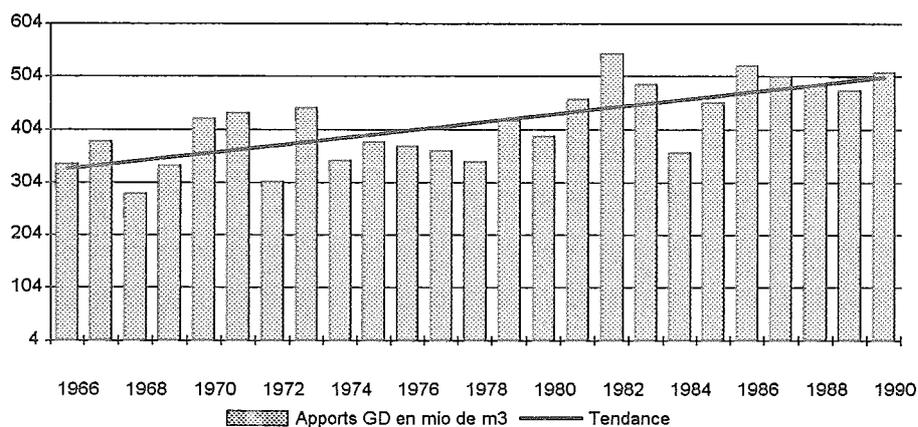


FIG. 5 - Apports Grande Dixence.

FIG. 5 - Inflow Grande Dixence.

bé, 2 km² de bassin versant à 73% glaciaire et Pas de Chèvres, 2 km² de bassin versant sans aucun glacier.

VARIATION A LONG TERME

L'influence à moyen et long termes des variations climatiques sur les glaciers et par voie de conséquence sur la production d'énergie électrique d'origine glaciaire est difficile à évaluer. Les tentatives d'estimation de cette influence réalisées dans le présent papier n'ont que la prétention de poser un certain nombre de problèmes sans les résoudre.

La déglaciation: une réalité

Vers 1850, les glaciers étaient au maximum de leur extension de ces derniers siècles et leurs fronts atteignaient des altitudes très basses: le Gorner à 1 850 m, le Rhône à 1 600 m. Les volumes glaciaires étaient également à leur paroxysme, preuve en sont les importantes moraines dont la hauteur peut atteindre 200 m.

De cette époque à nos jours, la surface glaciaire a diminué d'environ 20%. En Valais, par exemple, elle a passé de 934 km² en 1877 à 710 km² en 1968.

Pour toute la Suisse, la diminution est d'environ 500 km², ce qui en estimant une épaisseur moyenne de 50 m représente environ 25 milliards de m³, en rajoutant à cette valeur le volume disparu sur les surfaces actuelles d'ablation soit en moyenne 50 m d'épaisseur également, on obtient un volume disparu de plus de 45 milliards de m³ de 1860 à nos jours, soit environ le 40% des glaces stockées au XIX siècle.

Tendances et questions

Les apports de Grande Dixence (35 glaciers des Alpes Pennines, bassin du Rhône) de mai à septembre montrent une nette tendance à la hausse depuis le début de l'exploitation en 1966 (fig. 5). On peut estimer qu'environ 75% de ces apports sont le résultat de la fusion glaciaire. Le moteur de la fusion glaciaire étant la température estivale, on pourrait s'attendre à trouver la même tendance à

la hausse de ce paramètre météorologique. Pourtant, l'analyse de séries de températures estivales ne montre durant la même période qu'une faible tendance à l'augmentation puisqu'elle est inférieure à 0,5 °C en 30 ans au Gd St Bernard, à 2 400 m d'altitude.

Il faut rechercher l'explication de cet accroissement de la fusion glaciaire considérable ailleurs. Puisque la température estivale est, d'un point de vue météorologique, le facteur principal actif de la fusion et qu'il ne peut expliquer l'augmentation des débits glaciaires, il faut orienter les recherches du côté du «récepteur passif» qui est le glacier lui-même. En effet, la température agit sur une surface glaciaire plus ou moins importante, dépendante des variations d'altitude de la ligne d'équilibre en amont et de l'altitude du front glaciaire en aval.

La ligne d'équilibre est la limite entre la zone d'accumulation et la zone d'ablation. Elle est dépendante de la neige accumulée durant l'hiver sur le glacier mais surtout de la température estivale qui va permettre de fondre cette neige et ainsi de découvrir la glace, permettant la fusion de cette dernière.

Le front glaciaire subit également des variations plus ou moins importantes, mais bien moins liées aux paramètres météorologiques que la ligne d'équilibre. En effet, il est évident que la fonte de la langue glaciaire et donc l'ablation du glacier est directement liée aux températures. Par contre, les mouvements de la masse de glace, sont des phénomènes moins bien connus mais qui déterminent la surface soumise à l'ablation. Ces mouvements sont très différents d'un appareil glaciaire à l'autre, suivant la configuration topographique, l'orientation, le volume du glacier, l'altitude de la zone d'alimentation.

On peut néanmoins classer les appareils glaciaires suivant leur importance puisque les temps de réaction sont très rapides pour les petits glaciers à forte pente et inversement, les glaciers importants amortissent les «accidents» météorologiques et permettent de dégager des tendances à plus long terme.

Un essai de corrélation croisée entre la variation des fronts des glaciers voisins du Gorner (60 km² de glace) et

de Zmutt (20 km² de glace) semble indiquer un décalage de 7 ans entre les mouvements des langues glaciaires. Cependant, nous ne possédons pas de séries assez longues et homogènes pour poursuivre et vérifier ces essais statistiques.

On peut, au vu des mouvements des fronts glaciaires, émettre l'hypothèse que les importants débits de ces dernières années sont d'une part dus aux été chauds et secs (élévation de la ligne d'équilibre et donc augmentation de la surface d'ablation) mais également aux mouvements de fronts de nombreux petits et moyens glaciers vers l'aval du début des années 70 au milieu des années 80. Ces mouvements ont provoqués une augmentation sensible des surfaces soumises à l'ablation et par conséquent une augmentation des débits.

ment de réponse à cette question un petit modèle a été construit, intégrant la température estivale, les précipitations hivernales et les surfaces soumises à l'ablation. Le cas du glacier d'Aletsch a été considéré car il offre les plus longues séries de mesures disponibles.

D'un point de vue climatologique, il est pour l'instant impossible de dégager une tendance. En effet, les séries de température actuellement disponibles ne dépassent guère 100 ans et bien souvent, leur homogénéité laisse à désirer (évolution de appareils, déplacement des lieux de mesure, modification de l'environnement proche par des construction, etc...). Il n'est donc pas possible pour l'instant d'estimer si l'augmentation de température est passagère ou si elle reflète vraiment une tendance. En ce qui concerne

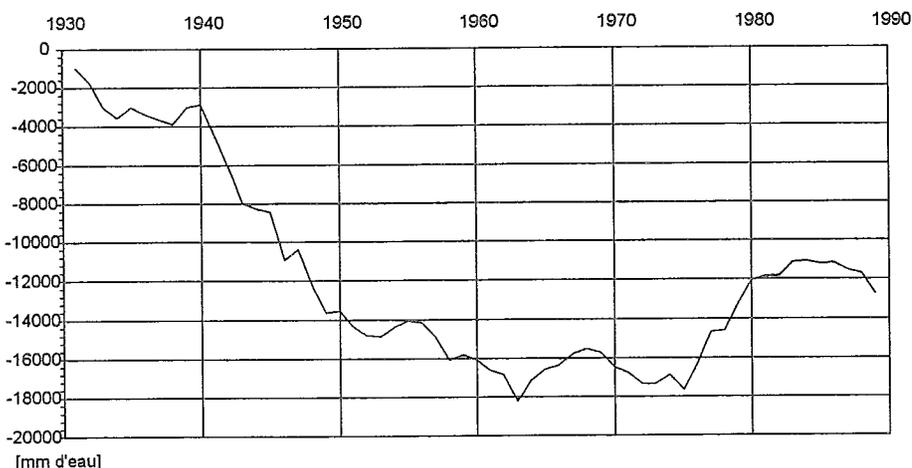


FIG. 6 - Bilans de masse cumulés des Glaciers d'Aletsch.

FIG. 6 - Mass balance of the Aletsch Glaciers.

SCENARIOS D'EVOLUTION POSSIBLE

Hypothèses

Comment vont évoluer les débits de fusion glaciaire qui constituent la matière première de cette part de la production hydroélectrique? Afin de tenter d'apporter un élé-

les précipitations, le problème est encore plus aigu puisque de nos jours, en particulier lors de chutes de neige, la mesure est peu fiable. De plus, ce phénomène est peu homogène dans l'espace et l'amplitude de la variation des sommes annuelles ou saisonnières de précipitations est telle qu'il est absolument impossible d'en prévoir l'évolution.

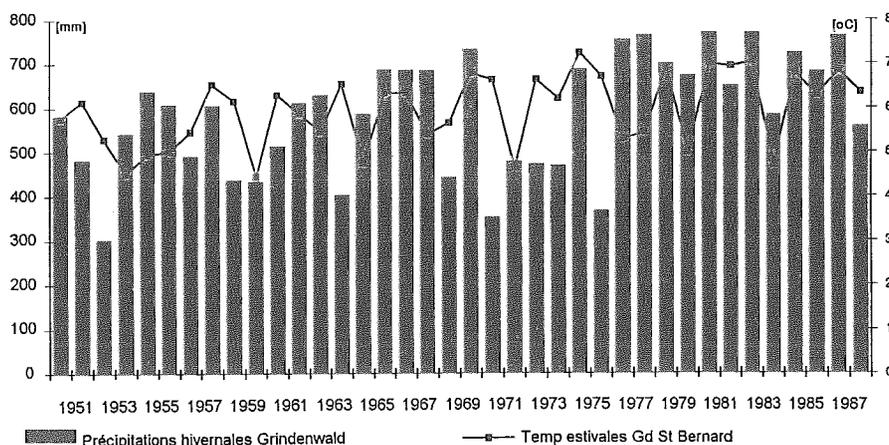


FIG. 7 - Paramètres météorologiques des Glaciers d'Aletsch.

FIG 7 - Meteorological parameters of the Aletsch Glaciers.

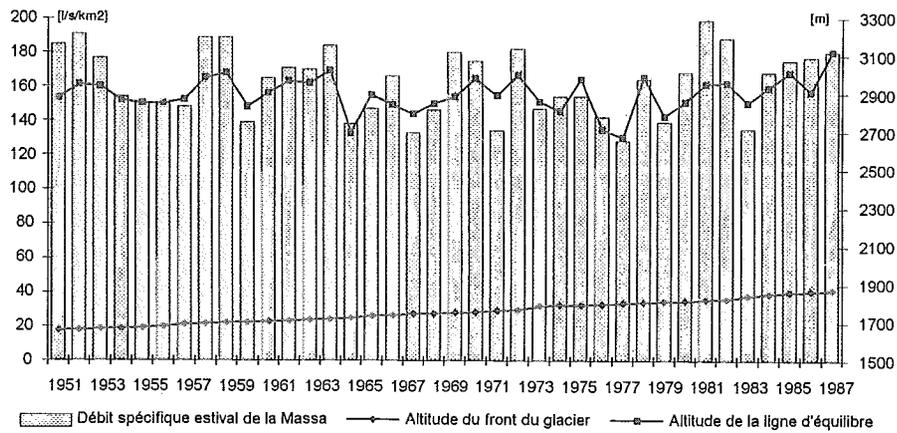


FIG. 8 - Glacier d'Aletsch.
FIG. 8 - Aletsch Glacier.

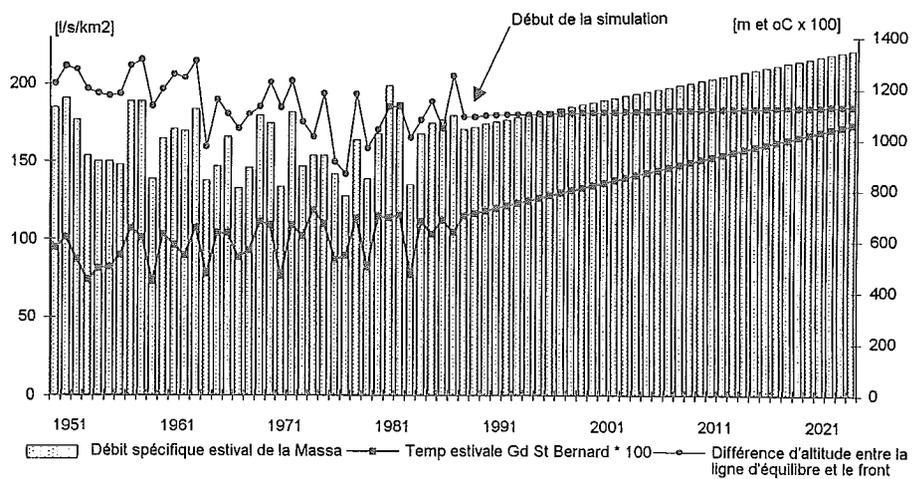


FIG. 9 - Simulation: augmentation de la température estivale de 0,1 °C/an.
FIG. 9 - Simulation: increase in summer temperature of 0.1 °C/year.

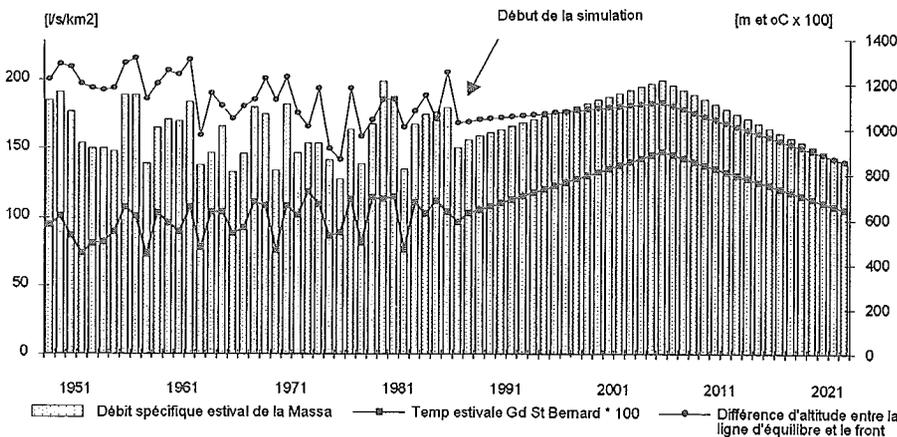


FIG. 10 - Simulation: augmentation de la température estivale de 2,5 °C en 20 ans et diminution équivalente.
FIG. 10 - Simulation: increase in summer temperature of 2.5 °C over 20 years and equivalent decrease.

Toutefois, l'augmentation prévisible de l'effet de serre provoqué par une consommation accrue de combustibles fossiles pourrait entraîner une augmentation de la température au niveau de la planète. C'est donc cette hypothèse qui est retenue. Dans un premier exemple, une aug-

mentation progressive de la température de 0,1 °C par année soit de 3 degrés durant les 30 prochaines années est simulée. Par la suite, le cas le plus défavorable, soit une augmentation de température durant 20 ans environ puis une baisse équivalente sera envisagé.

Elaboration d'un modèle

Après plusieurs tentatives, un modèle en deux phases a été choisi faisant intervenir les séries de mesures suivantes:

- Les températures estivales du Grand St Bernard, de juin à septembre.
- Les précipitations hivernales à Grindenwald. C'est la mesure la plus proche disponible car il faut souligner la forte variabilité spatiale de ce paramètre.
- La mesure de variation du front du glacier transformée en variation d'altitude.
- L'altitude de la ligne d'équilibre qui est estimée chaque année par le VAW (Versuch Anstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie) de l'école polytechnique de Zürich et qui est une moyenne des observations du front des névés sur les glaciers d'Aletsch.
- Le débit spécifique du bassin versant d'Aletsch mesuré à Massaboden puis à Blatten.

Première phase:

Dans une première phase, la variable expliquée est l'altitude de la ligne d'équilibre définie en fonction de la température estivale et des précipitations hivernales. La perception physique du phénomène est claire puisque des températures élevées augmentent l'altitude de la ligne d'équilibre alors qu'au contraire, des précipitations hivernales (neige) élevées devraient retarder l'effet des températures en libérant le glacier de sa neige plus tard dans la saison.

ANALYSES DE REGRESSION MULTIPLE

$$\text{Alt équilibre} = a * T[6-9] + b * P[12-5] + c$$

NOMBRE D'OBSERVATIONS: 38

VARIABLE ENDOGENE: Altitude de la ligne d'équilibre

1^{ère} variable: T[6-9], Températures de juin à septembre au Gd St Bernard

2^{ème} variable: P[12-5], Précipitations de décembre à mai à Grindenwald.

RESULTATS DE LA REGRESSION

COEFF. CORR. MULTIPLE 0.6807 (R2 SANS BIAIS = 0.4327)

ECART-MOYEN (MESURE/CALCUL) 71.5515

	COEF. REGR.	STUDENT	%SIGNIF.
1 ^{ère} variable:	a = 69.1777	4.7302	99.99%
2 ^{ème} variable:	b = -0.3476	3.7596	99.93%
Constante	c = 2689.0784	29.0121	100.00%

On remarque que le coefficient de corrélation multiple n'est pas très élevé (0.68) mais les variables et la constante sont significatives. Les deux variables explicatives son indépendantes.

Deuxième phase

La deuxième phase permettra d'évaluer les débits (variable expliquée) toujours par la température estivale d'une part mais en introduisant la notion de surface d'ablation et en utilisant comme deuxième variable explicative

la différence d'altitude entre le front glaciaire et la ligne d'équilibre. L'altitude de la ligne d'équilibre varie d'année en année quel que soit le glacier. Par contre, le grand glacier d'Aletsch intègre les variations climatiques de courte durée et on peut supposer que la langue va continuer de reculer régulièrement durant les prochaines années. Lors de la modélisation les valeurs déduites de la droite de régression calculée sur la série de variation du front seront introduites dans la simulation.

ANALYSE DE REGRESSION MULTIPLE

$$\text{Débit spéc} = a * T[6-9] + b * (\text{alt équi} - \text{Alt front}) + c$$

NOMBRE D'OBSERVATIONS: 38

VARIABLE ENDOGENE: Débit spécifique Massaboden

1^{ère} variable: Températures de juin à septembre au Gd St Bernard

2^{ème} variable: Altitude ligne d'équilibre - altitude front glaciaire.

RESULTATS DE LA REGRESSION

COEFF. CORR. MULTIPLE 0.8483

ECART-MOYEN (MESURE/CALCUL) 10.7207

	COEF. REGR.	STUDENT	%SIGNIF.
1 ^{ère} variable:	a = 12.7753	5.8505	100.00%
2 ^{ème} variable:	b = 0.1009	6.1315	100.00%
Constante	c = -14.7504	0.7784	55.26%

Le coefficient de corrélation est cette fois plus important (0.84). Les variables sont significatives à 100%. La constante par contre n'est pas significative mais son influence est relativement faible (moins de 10% de la valeur de débit).

Il est clair que cette façon d'aborder le problème est triviale et que ces modèles ne prétendent pas intégrer la complexité des mécanismes glaciaires. Ils ne sont qu'un support de raisonnement permettant une approche intuitive des conditions d'exploitation d'aménagements hydroélectriques dans le moyen terme.

Simulations

Deux scénarios d'évolution ont été choisis arbitrairement.

Dans le premier cas, la température augmente régulièrement de 0,1 °C par année, soit de trois degrés en trente ans. Les précipitations sont constantes et le front glaciaire continue de régresser au rythme actuel.

Dans le deuxième cas, les températures augmentent durant les 20 prochaines années puis reprennent par la suite des valeurs proches de la moyenne des trente dernières années, soit une stabilité à long terme.

Premier scénario

L'augmentation progressive de la température estivale avec des précipitations constantes (moyenne) provoque une élévation de l'altitude de la ligne d'équilibre. Pour-

tant, cette augmentation d'altitude est compensée par le recul du front et la surface d'ablation n'augmente pratiquement pas. L'augmentation des débits est ainsi logiquement parallèle à l'augmentation de la température estivale et serait d'environ 25% en 30 ans.

Les conséquences seraient donc favorables d'un point de vue énergétique pour les bassins alimentés par de grands appareils glaciaires c'est-à-dire pour le Rhône et l'Aare.

Pour les autres bassins dont les glaciers disparaîtraient puisqu'ils seraient complètement en zone d'ablation les débits tendraient à la baisse. Ces bassins ne bénéficieraient plus comme auparavant des mécanismes de compensation par exemple lors de la sécheresse estivale prolongée.

Deuxième scénario

Les précipitations sont toujours considérées constantes (moyenne). La température augmente d'environ 2,5 °C en 20 ans puis diminue de façon équivalente (mais tout en demeurant encore au-dessus de la moyenne actuelle). Puisque l'augmentation est plus rapide que dans le cas précédent, l'altitude de la ligne d'équilibre augmente plus rapidement que celle du front et les deux variables du modèle poussent les débits à la hausse: 25% en 20 ans.

Par contre, dès que les températures regagnent leur niveau actuel, l'altitude de la ligne d'équilibre diminue. Le grand glacier intègre la variation et continue de reculer et la surface d'ablation se réduit considérablement provoquant une chute des débits au-dessous des valeurs actuelles avec pourtant une température équivalente. Ce phénomène est compréhensible. Nous pouvons comparer le mouvement de la ligne d'équilibre et du front glaciaire à celui d'un accordéon.

Nous sommes actuellement en phase d'extension de l'accordéon c'est-à-dire que les surfaces d'ablation augmentent puisque le front glaciaire semble s'élever moins vite que la ligne d'équilibre. Sur les glaciers moins importants qu'Aletsch le front à même avancé durant une dizaine d'années. Cependant, le contrecoup se fera sentir lors de la phase de compression, c'est-à-dire lorsque le mouvement inverse s'amorcera, provoqué par une baisse même légère de la température et alors que les surfaces d'ablation seront en phase de décroissance. On aurait ainsi après 30 à 35 ans des débits inférieurs aux moyennes de ces 30 dernières années.

On peut conclure qu'il existe une recherche permanente d'un équilibre dans les mouvements de glaciers mais que les variations des paramètres météorologiques modifient sans cesse les conditions de cet équilibre.

Si les conditions de températures et de précipitations demeurent stables sur le long terme, la déglaciation en cours devrait cesser. Les débits seraient à la baisse, en particulier dans le bassin du Rhône dont la proportion d'apports glaciaires est importante. En effet, ils ne bénéficieraient plus du déstockage des réserves accumulées au siècle passé. La production d'énergie, surtout celle des centrales à accumulation serait à la baisse.

CONCLUSION

Les mécanismes qui régissent le grand glacier d'Aletsch ne peuvent être transposés qu'à des appareils glaciaires similaires, vastes avec une zone d'accumulation importante et située à haute altitude tels que Gorner, Rhône, Zmutt, Otema, Corbassière... La déglaciation observée depuis le siècle passé n'affectera pas les débits des grands glaciers de façon significative dans le court et le moyen termes si la diminution des surfaces glaciaires est compensée par une hausse de la température estivale. Par contre, une diminution des débits serait à craindre en cas d'une baisse des températures estivales qui permettrait aux glaciers de reconstituer leurs réserves. Une augmentation de température de l'ordre du degré ne ferait qu'élever la ligne d'équilibre d'une centaine de mètres (gradient thermique moyen 0.8 °C/100 m), ce qui ne pourrait avoir d'influence importante que dans le long terme c'est-à-dire dans plusieurs centaines d'années. Il est clair que les précipitations hivernales sont toujours considérées plus ou moins constantes. Une diminution importante de ces précipitations contribuerait à accélérer le phénomène de déglaciation.

Par contre, les petits appareils glaciaires seraient affectés d'une autre façon suivant l'altitude de la surface englacée et la topographie sous-glaciaire. En effet, les glaciers dont les points culminants se situent à peine quelques centaines de mètres plus haut que les fronts n'auront plus de zone d'accumulation et seront ainsi condamnés à disparaître en cas d'augmentation persistante de température. La ligne d'équilibre observée ces dernières années dans la région d'Aletsch dépasse largement les 3 000 m d'altitude. Le maximum sera probablement dépassé encore cet été.

Certains glaciers des Alpes Bernoises ne possèdent donc plus de zone d'accumulation. C'est le cas des glaciers des Diablerets, du Wildhorn et de la Plaine Morte qui coiffent les sommets des nappes sédimentaires helvétiques. Le phénomène est aisément vérifiable puisque cette année, pour la première fois, le sommet du Wildhorn est pratiquement inaccessible, toutes les crevasse étant béantes jusqu'au sommet. Par contre, la vitesse de disparition de la glace ne sera probablement pas la même sur le dôme exposé du Wildhorn, que dans la dépression de la Plaine Morte dont l'altitude est pourtant inférieure. On peut supposer qu'à moyen terme (quelque dizaine d'années?) les conséquences non seulement sur l'approvisionnement des retenues destinées à la production hydroélectrique mais également sur l'approvisionnement en eau d'irrigation voire en eau potable pourraient être considérables.

D'un point de vue énergétique, il est clair que les aménagements fortement dépendants de ces appareils glaciaires seraient directement touchés par ces phénomènes.

La diminution de la surface des glaciers provoquée par la déglaciation vécue depuis 1870 ne pourra conduire à long terme, si le phénomène persiste, qu'à une diminution des apports de fusion glaciaire. Les bassins d'accumulation saisonniers verront leurs ressources diminuer, ce qui influencera à la baisse leur production propre ainsi que les débits restitués dans les fleuves en hiver, d'où une production plus faible des aménagements au fil de l'eau en aval. L'effet de compensation sur la production hydraulique par la fusion glaciaire lors d'étés secs diminuera également.