Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 77 (1985)
Heft: 1-2

Artikel: Débits d'étiage d'hiver : production hydro-électrique et environnement
Autor: Bezinge, Albert
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-940903

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 23.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Vallée du Rhône

Débits d'étiage d'hiver – production hydro-électrique et environnement

Albert Bezinge

Résumé

Dès 1976, 14 barrages, dont Grande Dixence et Mauvoisin, retiennent en été 1150 mio de m³, ce qui représenterait une tranche d'eau de 2m sur le lac Léman. Ce volume, turbiné en hiver, représente 3,7 milliards de kWh, soit 45% de l'énergie accumulable en Suisse.
Ainsi, les barrages, se remplissent en été avec une partie des eaux de fusion des glaciers et se vidangent en hiver pour produire de l'énergie de qualité (énergie de pointe) lorsque les fleuves sont en étiage et ne fournissent que peu d'énergie (énergie au fil de l'eau).

Zusammenfassung: Das Rhonetal – Die Wasserkraftnutzung und ihr Einfluss auf die Winterabflüsse und auf die Umwelt

Die seit 1976 bestehenden 14 Staumauern können 1150 Mio m³ Wasser speichern, was einem Energieinhalt von 3,7 Mrd. kWh oder 45% der schweizerischen Speicherenergie entspricht. Während des Sommers können 10 bis 30% der Rhoneabflussmenge abgezweigt werden, was einem Mehrfachen der Turbinenmenge entspricht.
Da 1390 km² des Einzugsgebietes oberhalb von Fassungen hydroelektrischer Anlagen liegen, spielen die Stauanlagen (bevor die Becken ganz voll sind) eine günstige Rolle bei der Regulierung der Hochwasser, sie vermindern Überschwemmungen.

Généralité

Dans cette étude, je désire analyser les débits d'étiage d'hiver sans se préoccuper des débits d'étiage d'été qui résultent de dérivations d'eau pour des besoins hydro-électriques.
Le régime hydrologique naturel du Rhône et de ses affluents est le reflet du climat des saisons.
En été, de mai à fin septembre, fusion de la neige, puis des glaciers. Les débits maxima sont observés en juillet et août avec les températures de l'air et un ensoleillement maxima (figures 4 et 8).
En hiver, d'octobre à fin avril, il y a rétention des précipitations, en général sous forme neigeuse. Le professeur *Kasser* (97e et 98e rapport «Les variations des glaciers suisses» VAW/EPFZ) indique que pour le bassin du Rhône à la Porte du Scex, cela peut représenter un stock moyen de 2,5 milliards de m³ (max. 4, min. 1 milliard de m³). Les débits minima sur le Rhône à la Porte du Scex (station de mesure, 5220 km²) sont relevés entre janvier et mars et ils peuvent descendre à 40 m³/s (20 m³/s en 1904). Ce débit d'étiage est sensible à de longues périodes de froid et n'a rien à voir avec la couverture neigeuse. Les températures et l'ensoleillement de cette période son minimes (figures 1, 4, 7 et 8).
En janvier, l'altitude moyenne normale de l'isotherme 0° C est située vers 500 m s. m.
Le rayonnement en décembre à 2200 m s. m. est 5 fois plus faible qu'en été: 0,1 cal/min cm² en hiver contre 0,54 en été.
On peut observer qu'il n'y a plus d'écoulement d'eau en montagne au-dessus de 2400 à 2500 m d'altitude et la période d'étiage s'établit en février–mars. La température des roches mesurée à 2600 m d'altitude et de 0° C, ceci représente la température moyenne annuelle de l'air à cette altitude.
Comme relevé en plaine, lors d'automnes et d'hivers doux, avec ou sans neige, on note quelquefois des écoulements

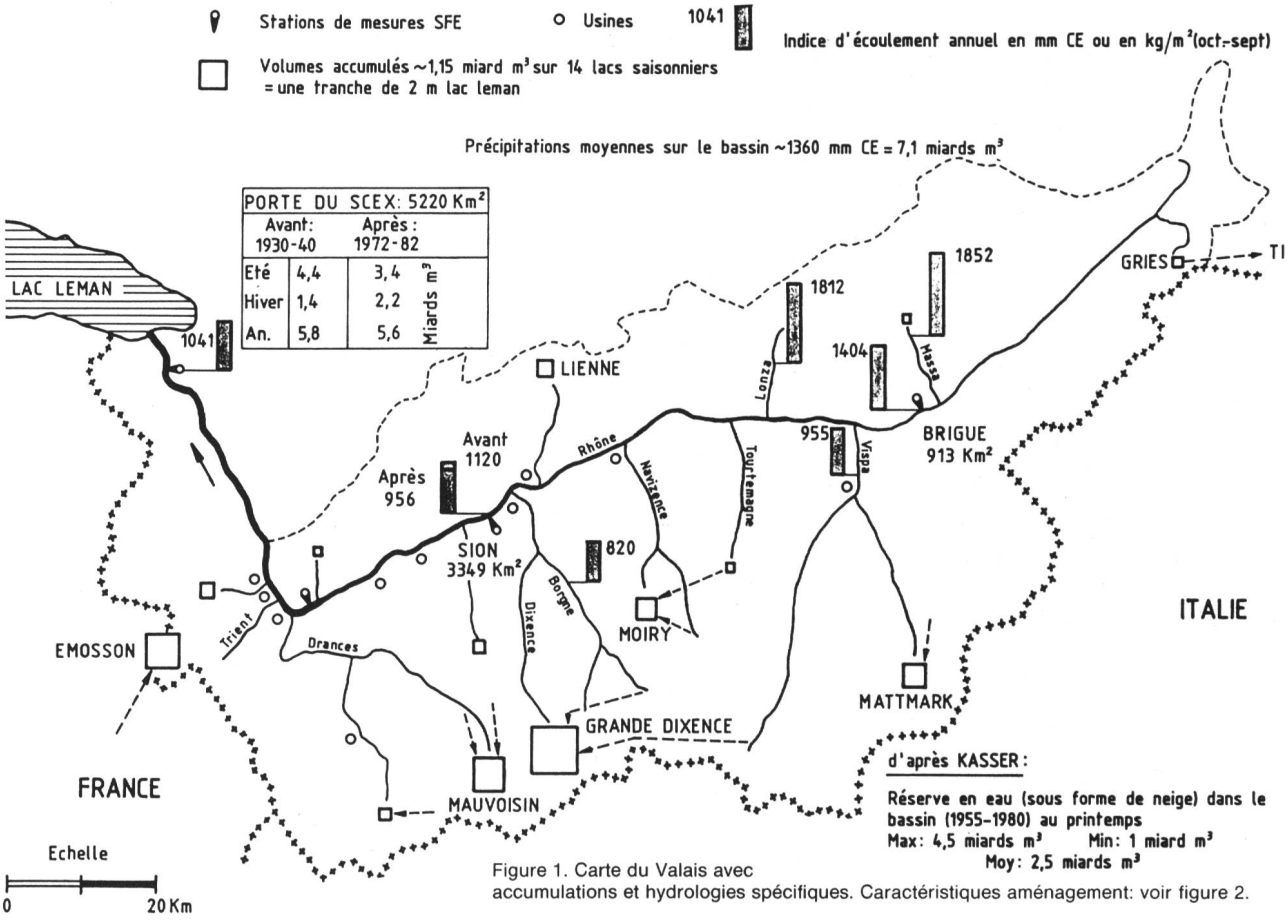


Figure 1. Carte du Valais avec accumulations et hydrologies spécifiques. Caractéristiques aménagement: voir figure 2.

Figure 2. Aménagements hydro-électriques du Valais avec accumulations saisonnières sur le Rhône.

	Surface km²	Volume utile Mio m³	Bassin versant total km²	Bassin versant retenue km²	Débit nominal m³/s	Remarques
1. Lac des Dix	4,03	400	400	43	45+10	Nendaz et Chandoline
2. Emosson	3,27	225	150 (CH)	35	29+14	Bâtiaz et Vernayaz CFF Apports d'eau de France ~ 75 Mio m³/an
3. Lac de Mauvoisin	2,08	180	188	113	29	
4. Mattmarksee	1,76	100	162	52	20	
5. Lac de Salanfe	1,65	27	30	18	9	Lac jamais rempli
6. Lac de Moiry	1,34	77	244	57	12	
7. Lac de Zeuzier	0,85	50	94	38	9	
8. Lac des Toules	0,61	20	78	41	8	
9. Lac du Vieil Emosson	0,55	11	Fait partie d'Emosson			
10. Griessee	0,51	16	10	10	–	24 Mio m³/an dérivés sur le Tessin
11. Lac de Cleuson	0,5	20	16	16	–	Eaux turbinées par Chandoline
12. Illsee	0,21	6,4	6	6	1,1	
13. Lac de Fully	0,20	4,6	8	8	0,5	
14. Lac Tanay	0,17	2,5	7	7	0,9	
Totaux	17,73	1 139,5	1 393	444	187,5	

exceptionnels à haute altitude. Les débits que l'on peut mesurer vers 2000 m d'altitude, à la sortie du bassin versant glaciaire, sont au minimum de 1 l/s km², sans effet de sources et peuvent atteindre 2 à 3 l/s km² dans le cas de bassins avec zones importantes de moraines ou d'éboulis qui, en général, comportent des résurgences.

Le débit minimum d'un bassin glaciaire correspond en gros à la fusion résultant du flux terrestre de chaleur (maximum 1 W/m²) et à l'énergie développée par le glissement du glacier sur le lit rocheux (mouvement faible en hiver).

Depuis la découverte de la dynamo, l'énergie hydro-électrique s'est développée avec la construction d'aménagements pour la production d'énergie au fil de l'eau, Zermatt, Martigny 1893. Puis on a construit des barrages pour accumuler une partie des grands volumes d'eau disponibles en été et pour les turbiner en hiver, lorsque les torrents et les fleuves sont à l'étiage.

Ainsi, en Valais, après un début timide à la fin du siècle passé, les aménagements hydro-électriques ont, dès 1950, pris une telle ampleur et représentent aujourd'hui des investissements qui dépassent 5 milliards de francs (env. 8 milliards en francs 1980).

On compte 20 barrages dont 14 aménagements avec accumulations saisonnières. Ces 14 aménagements comportent les caractéristiques suivantes:

- Volume utile d'accumulation (figure 2), soit un volume équivalant à une variation de niveau du lac Léman de 2 m! 1146 mio m³
- Energie accumulée, soit le 46% de l'énergie accumulée en Suisse. 3690 GWh
- Puissance max. de pointe, soit le 40% des puissances des usines suisses à accumulation. 2200 MW
- Débit maximum de toutes les usines en exploitation (figure 6), dès Stalden + 20 m³/s, jusqu'à Miéville au Rhône + 182 m³/s, soit 4 à 6 fois le débit d'étiage du Rhône à la Porte du Scex.
- La puissance hydro-électrique totale installée en Valais représente 3313 MW, répartie sur 74 installations, aussi bien au fil de l'eau qu'en accumulation.
- En 1981, année un peu supérieure à la moyenne, toutes les usines ont fourni: 10,3 milliards de kWh
  dont en été 5,7 milliards de kWh
  et en hiver 4,6 milliards de kWh
- En hiver 1981: les usines à accumulation ont fourni 3,3 milliards de kWh
  et les usines au fil de l'eau ont fourni 1,3 milliards de kWh dont une partie provient des turbinages d'eau des usines à accumulation.

Remarque: le Professeur *Kasser,* par des études hydrologiques remarquables, a trouvé que par suite de la déglaciation des Alpes valaisannes: réchauffement du climat, les glaciers représentaient 876 km² de surface glaciaire en 1916 et 710 km² de surface glaciaire en 1968. Les volumes estivaux à la Porte du Scex ont diminué théoriquement de 600 mio de m³ entre 1916 et 1968, sous conditions météorologiques égales.

Analyse des débits d'étiage d'hiver et des problèmes d'environnement – Cas particuliers

Val de Zermatt, Vispa et Grande Dixence

Dès que les débits de *la Viège* à Zermatt tombent au-dessous de 5 m³/s, Grande Dixence cesse de dériver les eaux, soit d'octobre à mi-mai.

Les prises d'eau, situées à 2400 m et au-dessus, n'ont plus d'écoulement d'eau, si ce n'est à Findelen (24,5 km²; 19,5 km² de glacier): 10 à 20 l/s et Furgg (12,5 km²): 10 à 20 l/s.

Le bassin du Gorner (80,6 km²; 62,6 km² de glace) donne 80 à 100 l/s à 2000 m s. m.

Les sources localisées dans *la galerie collectrice* de Grande Dixence, entre 2450 et 2500 m, fournissent de l'eau avec un débit d'étiage vers fin mars de 30 à 40 l/ s. Certaines sources refoulées par pompage servent à alimenter en eau potable les hôtels de Riffelberg. La longueur des galeries sur la vallée de Zermatt est de 60 km environ. Toutes ces eaux résiduelles sont recueillies par le bassin de compensation de Z'Mutt (volume utile 600 000 m³) et sont utilisées par le service électrique de la commune de Zermatt pour fournir de l'énergie de pointe dans leur usine de Trift.

A la station de Biel, 1530 m s. m. en aval de Zermatt (surface 230 km²), les débits d'étiage atteignent 0,8 m³/s en février et mars. Ce débit devait transiter jusqu'en 1982 les eaux usées d'une station touristique comportant 18 000 lits. Actuellement, une station d'épuration est en exploitation (collecteur en exploitation partielle).

A Mattsand 1220 m s. m. se trouve le bassin de compensation d'Ackersand II qui capte environ 1,5 m³/s en étiage, pour 416 km². Toutes les eaux sont captées et les matières fécales susmentionnées se déposent dans les limons décantés (30 000 à 40 000 m³/été), d'où des difficultés de nettoyage et d'évacuation (cohésion, odeurs, etc.).

L'usine de Stalden (20 m³/s), par le turbinage des eaux de Mattmark, modifie les débits d'étiage dans la partie inférieure de la Viège, jusqu'au Rhône.

A relever que le 5 mai 1973, par suite d'un débordement météorologique méditerranéen, il y a eu de fortes pluies jusqu'à 2000 m d'altitude. *La Viège* a subi une crue de 13 m³/s à Zermatt.
Cela a créé une débâcle de glace et de neige encrassées par les eaux usées et déposées sur les rives. Ce mélange toxique a produit une hécatombe de truites en aval. Après plaintes et expertise (coût de cette dernière plus élevée que les dommages!), les sociétés hydroélectriques ont été «blanchies».
Au glacier de Festi, relevons le cas de la rupture d'une poche glaciaire, en février 1970, où pendant 2 jours un écoulement variable de 1 à 2 m³/s s'est produit à haute altitude 2900 m (eaux intraglaciaires d'origine ancienne).

Val d'Hérens, Borgne, Barrage et Grande Dixence

Grande Dixence peut dériver en tout temps les eaux d'hiver de cette vallée.
Toutes les prises de haute altitude, de faibles surfaces, sont bloquées par le gel et aucun écoulement ne se produit. On a relevé les débits d'étiage suivants aux prises de:

Hauts d'Arolla	2500 m s. m., 13 km², 10 à 20 l/s
Ferpècle	1800 m s. m., 34 km², 50 l/s
Arolla	2000 m s. m., 13 km², 20 l/s

Sur les prises de basse altitude, > 2000 m s. m., les volumes d'hiver représentent 5 à 6% des volumes annuels.
A Evolène, à 1360 m s. m., les débits d'étiage sont de 1 m³/s en février pour 72 km² de surface.
En aval, *la rivière Borgne* subit ou a subi plusieurs pollutions: décharges sauvages de gadoues en plusieurs endroits (souliers de ski, pneus) et apports de matériaux par érosion hydraulique de moraines anciennes qui résultent d'extraction de graviers.
L'usine de Bramois capte les eaux résiduelles à la Luette et au Sauterot et de ce fait, en aval, la vallée encaissée reçoit très peu d'eau, si ce n'est des sources abondantes de Combioulaz (le fond de vallée est une région sèche par excellence!).
A Bramois, une «meunière» de 2 m³/s de capacité n'est souvent pas alimentée en mai de façon suffisante et à ce moment-là Grande Dixence ne dérive que les faibles débits spécifiés plus haut.
Le barrage de Grande Dixence est alimenté par le collecteur: infiltrations 80 à 100 l/s, minima à fin mars, début avril. A signaler des sources de 8 à 10° C sous la Dent-Blanche à 2400 m s. m., soit plus chaudes que la température des roches extérieures à cette altitude. Les apports d'hiver sont en moyenne de 10 mio de m³, provenant à 60% de la Borgne, bassin de 98,6 km², soit le 3% des apports annuels moyens de Grande Dixence.
Relevons qu'en 1960, on avait émis l'hypothèse d'un stockage d'eau de plusieurs mio de m³ dans les zones d'éboulis de la rive gauche du lac. Ceci a été démontré en novembre 1980 par des photos à l'infrarouge (Eurosat) qui indiquent que lors de la baisse du lac de Grande Dixence des écoulements de surface se produisent sur 1 km de rive (retour de l'eau en rétention souterraine!).
Lorsque le lac de Grande Dixence est plein, les fuites du barrage s'élèvent à 20–25 l/s pour 1000 m de contact béton–rocher avec des pressions maxima de 28,5 bars. Ces pertes sont réutilisées par le petit aménagement intercommunal de Léteygeon.

Le Rhône

Le bassin de la Massa, un des gros émissaires du Rhône en été, est un bassin repère du Service hydrologique national de 195 km² avec le glacier d'Aletsch (glacier: 130 km²). Indice d'écoulement: 1894 mm CE, dont 92% l'été et 8% l'hiver, mesuré à 1446 m s. m., soit 370 mio de m³/an.
En amont de Viège, le lit du Rhône comporte un seuil gonflable qui, en hiver, crée un stock d'eau de réfrigération pour les usines chimiques de Viège. Ceci permet à Electra-Massa

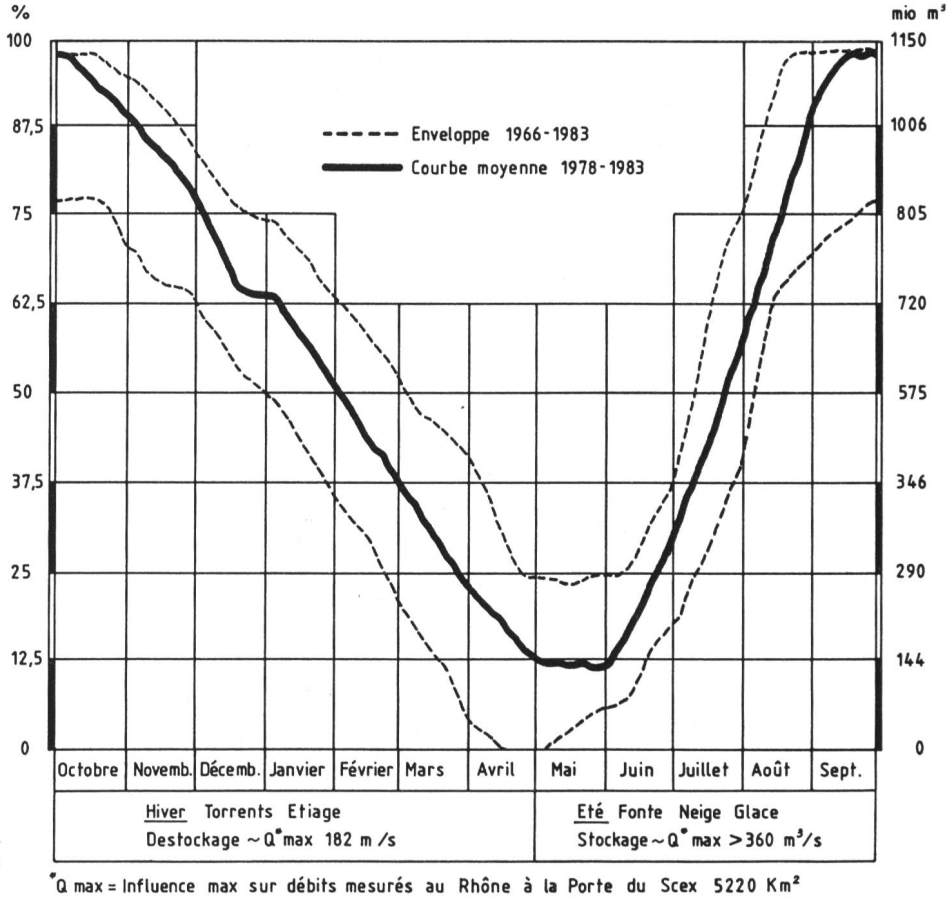


Figure 3. Courbe de vidange et de remplissage des bassins d'accumulation en Valais.

Tableau comparatif de quelques usines hydro-électriques du Rhône

Note: la répartition des productions d'énergie été – hiver reste tributaire du débit nominal des installations et des volumes utiles d'accumulation.

Lieu	Energie annuelle moyenne GWh	Production été mai–sept. %	Production hiver oct.–avril %	Débit nominal m³/s
Usines au fil de l'eau				
Massa Bitsch	620	97	3	35
Massa CFF	21	55	45	13
Ernen	164	65	35	13
Morel	250	68	32	22
Ackersand I	130	68	32	5
Ackersand II	70	74	26	12
Chippis	205	67	33	64
Bramois	140	70	30	10
Lizerne	125	80	20	6
Vernayaz (Pissevache)	6,2	80	20	0,5
Lavey				
Avant 1960	300	65	35 (105)	>200
Après 1975	380	55	45 (171)	245
Usines à accumulation				
Mattmark	560	43	57	20
Gougra	420	45	55	12
Grande Dixence	1600	20	80	45
Mauvoisin	860	40	60	29
Emosson	800	35	65	29

Productions électriques hivernales supplémentaires estimées sur les usines extérieures au Valais

Verbois	+ 45 GWh
Chancy	+ 15 GWh
Usines du Rhône, EdF	+300 GWh

de produire de l'énergie électrique de pointe par éclusée.
A Viège, arrivée par la Vispa des eaux turbinées par Stalden, + 20 m³/s.
A la Souste, dérivation de toutes les eaux pour l'usine hydro-électrique de Chippis, soit env. 20 m³/s.

De ce fait, le cours sauvage du Rhône dans le Bois de Finges est à sec, avec quelques pollutions localisées (eaux usées).
Sur le torrent de l'Illgraben, au printemps, lors de la fonte des neiges, des débâcles importantes de matériaux (trias) peuvent se produire et barrer le Rhône en aval de la prise de la Souste, d'où, sur demande de l'Etat du Valais, des lâchées d'eau sporadiques sont nécessaires pour évacuer ces matériaux.
A Chippis, le Rhône reçoit à nouveau son débit dérivé à la Souste et en surplus les eaux turbinées de la Gougra +12 m³/s.
A Sion, 3349 km², débit d'étiage minimal de 17 à 18 m³/s. En 1980, les débits d'étiage de 30 m³/s sont mesurés les dimanches de janvier, février et mars. En semaines, les débits moyens journaliers sont doublés par suite des turbinages en amont: Mattmark, Gougra, Lienne +9 m³/s, Chandoline +10 m³/s.

Volume moyen du débit du Rhône à Sion, en mio de m³:

barrages:	*avant*	*après*
été	2980	2235
hiver	744	975
an	3724	3210

La différence d'environ 510 mio de m³ provient des dérivations estivales de Grande Dixence, mais aussi du phénomène de déglaciation.
L'analyse des débits classés montre qu'en hiver les débits de 50 m³/s à Sion et 110 m³/s au Scex sont dépassés actuellement pendant 180 jours sur 210, alors qu'auparavant on ne relevait ces débits respectivement que sur 55 et 25 jours.
En amont de Riddes, usine de Nendaz, restitution des eaux turbinées par Grande Dixence + 45 m³/s en heures pleines (HP), en général la semaine de 6h à 22h. En moyenne,

Figure 4. Station de mesure Porte du Scex. Débits moyens journaliers et classés, en été, avant et après la construction des barrages.

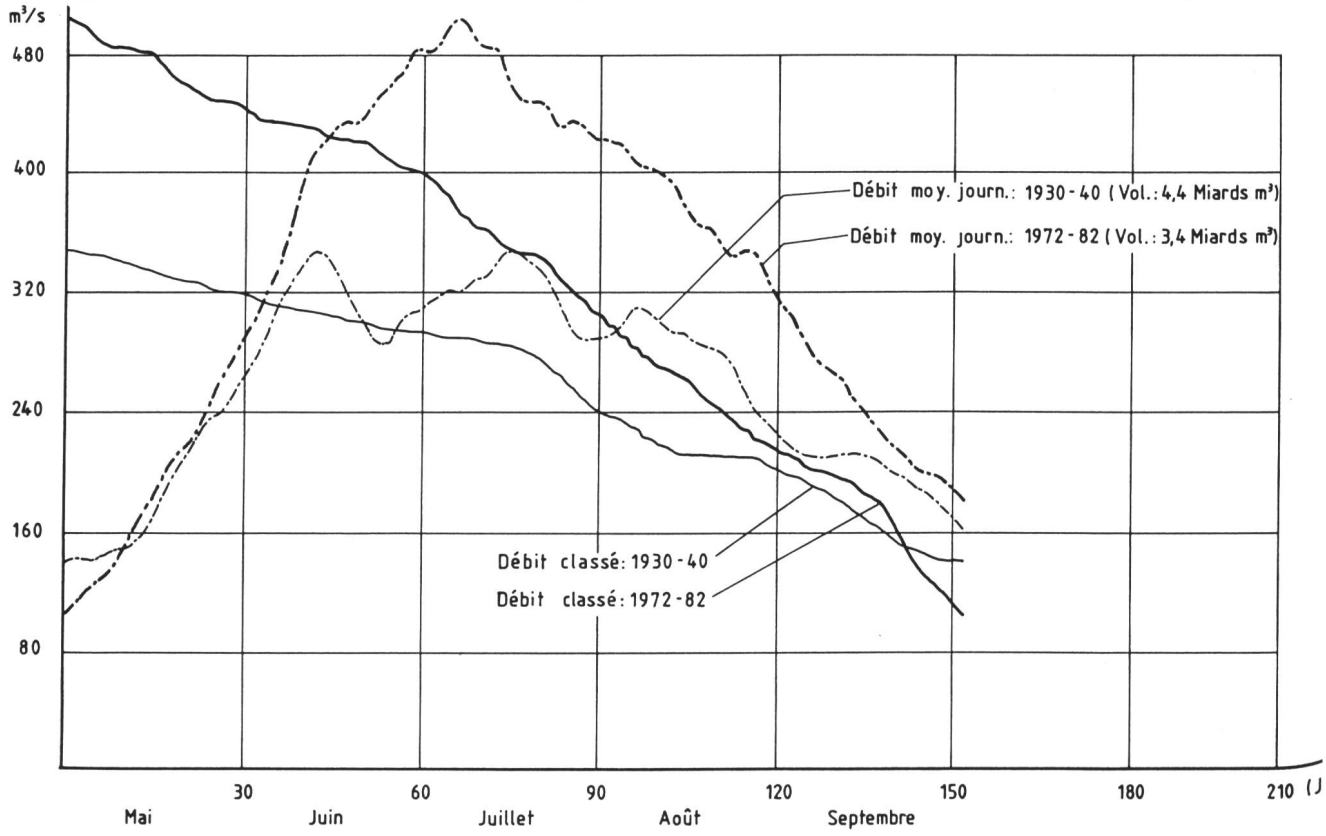
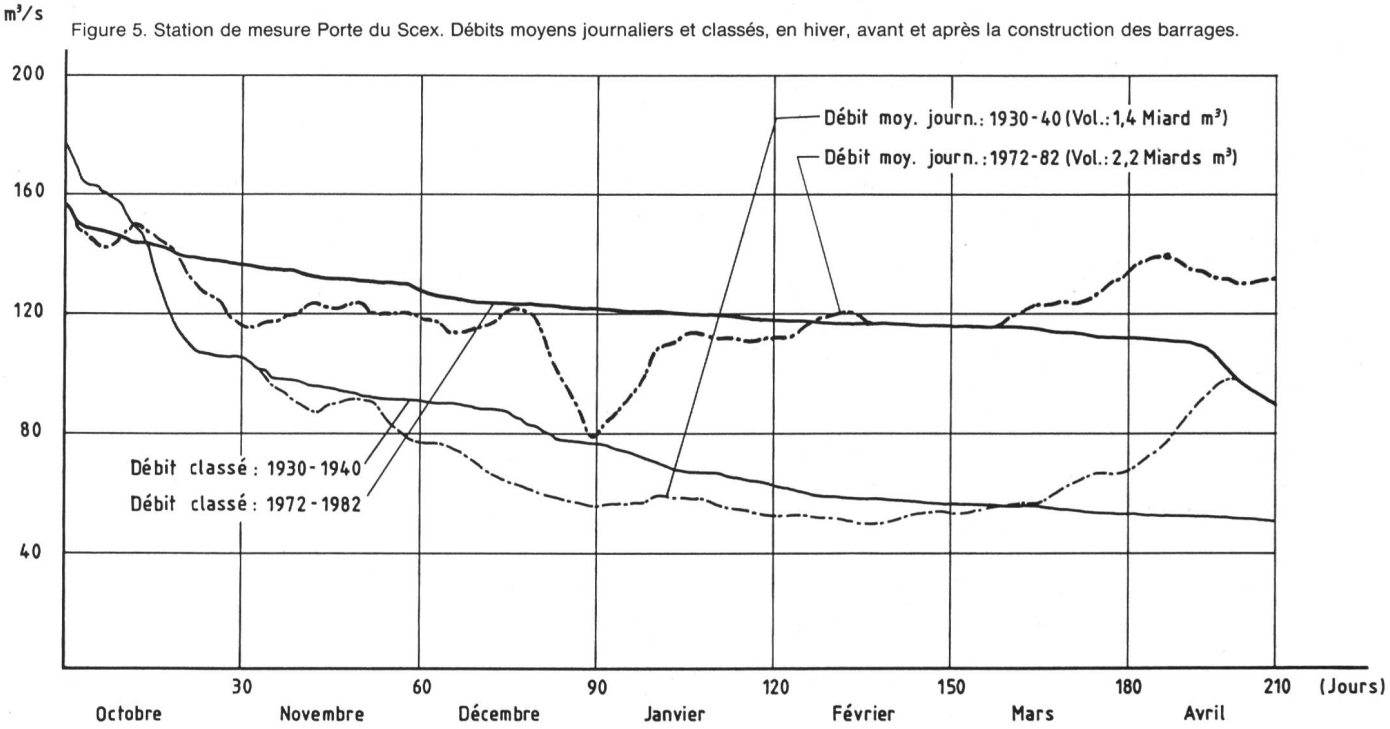


Figure 5. Station de mesure Porte du Scex. Débits moyens journaliers et classés, en hiver, avant et après la construction des barrages.



Grande Dixence a turbiné env. 310 mio de m³ par hiver. Ce volume a tendance à augmenter.

En aval de Riddes, restitution des eaux turbinées par Mauvoisin: + 29 m³/s, avec le même régime que Grande Dixence.

En aval des 2 usines, restitutions d'eaux dans des canaux de drainage du Rhône qui étaient pollués par des rejets d'égoûts. Actuellement, on voit à nouveau des pêcheurs le long des rives.

A Martigny, arrivée des eaux des Dranse avec Pallazuit + 9 m³/s et Emosson + 29 m³/s.

A Miéville, rejet des eaux de Barberine (Vernayaz) et de Salanfe, avec + 9 m³/s. La cascade de la Pissevache est à son débit d'étiage de 50 l/s, avec une carapace de glace. En 1843 *Toepfer* était déjà navré de l'installation d'un moulin au pied de la cascade. En 1913 et 1946, interventions rigoureuses pour protéger la cascade et lutter contre la construction d'une usine hydro-électrique. Une idée émise à l'époque parmi tant d'autres: un pompage aurait pu alimenter la cascade lors du passage des trains!

Usine de Lavey et prise d'eau avec dérivation de 245 m³/s (figure 7). Avant 1960, Lavey produisait env. 300 GWh, dont 65 % en été et 35 % en hiver. Après agrandissement des machines de Lavey et après que toutes les usines à accumulation soient en exploitation, Lavey produit en moyenne 380 GWh, dont 55 % en été et 45 % en hiver, soit un gain global d'environ 80 GWh, dont 65 GWh en hiver.

En 1949, les débits d'étiage étaient de 50 m³/s en décembre, tandis qu'en 1982, les débits d'étiage sont de 60 à 70 m³/s les dimanches (légers turbinages). En semaines, les pointes maxima des débits atteignent 180 m³/s par suite de l'addition des turbinages d'eaux accumulées, débits max. vers 20 à 21 h. Il semble que les lâchées d'eau de Stalden atteignent Lavey 13 à 14 h après leur turbinage, pour une distance d'environ 100 km. M. *Papilloud,* directeur d'exploitation de Lavey, constate qu'il y a moins de cadavres d'animaux depuis l'application de la nouvelle loi sur l'environnement. Par contre, il a noté l'augmentation des déchets d'emballages: vieux bidons, matériaux en plastique, sagex. Lors des fortes variations de débits, crues ou autres, les torrents latéraux du Rhône charrient beaucoup de bois. Ainsi, l'usine de Lavey a été amenée à construire (1976) un bassin de prestockage des matériaux enlevés par les dégrilleurs. Ces matériaux, une fois essorés, sont brûlés à proximité. Le lit du Rhône, à travers le Bois Noir, est maintenu en eaux par le débit des drains des ouvrages de la prise de Lavey et par les pertes des vannes, au total 3 à 4 m³/s.

Station de mesure à la Porte du Scex, 5220 km², altitude 420 m, débit annuel moyen 1972/1982 178 m³/s
débit annuel moyen 1930/1940 184 m³/s

	barrages	avant	après	
(Figure 4)	été	4,4	3,4	△ − 1 milliard de m³
(Figure 5)	hiver	1,4	2,2	△ + 0,8 milliard de m³
	an	5,8	5,6	

La différence entre les débits annuels provient essentiellement de la déglaciation qui s'est produite entre les 2 périodes.

Ainsi, après la construction des barrages, on constate que le volume d'hiver se rapproche de celui d'été, soit 42 % en hiver et 58 % en été, contre respectivement 24 et 76 % avant la construction des barrages.

Comparaison des débits mensuels à la Porte du Scex

– Moyennes mesurées avant la construction des barrages (hiver normal, avant 1955):

J	F	M	A	O	N	D	
57	56	66	105	117	88	63	m³/s

ou 1,45 milliard de m³

– Valeurs mesurées après la construction des barrages, lors des mois d'hiver 1980 par exemple:

J	F	M	A	O	N	D	
135	152	138	139	158	134	106	m³/s

ou 2,5 milliards de m³

– Différences mensuelles résultant de la vidange des accumulations:

+ 78 + 96 + 72 + 34 + 41 + 46 + 43 m³/s

ou 1,05 milliard de m³

Cela équivaut à un déstockage de 90 % des bassins d'accumulation.

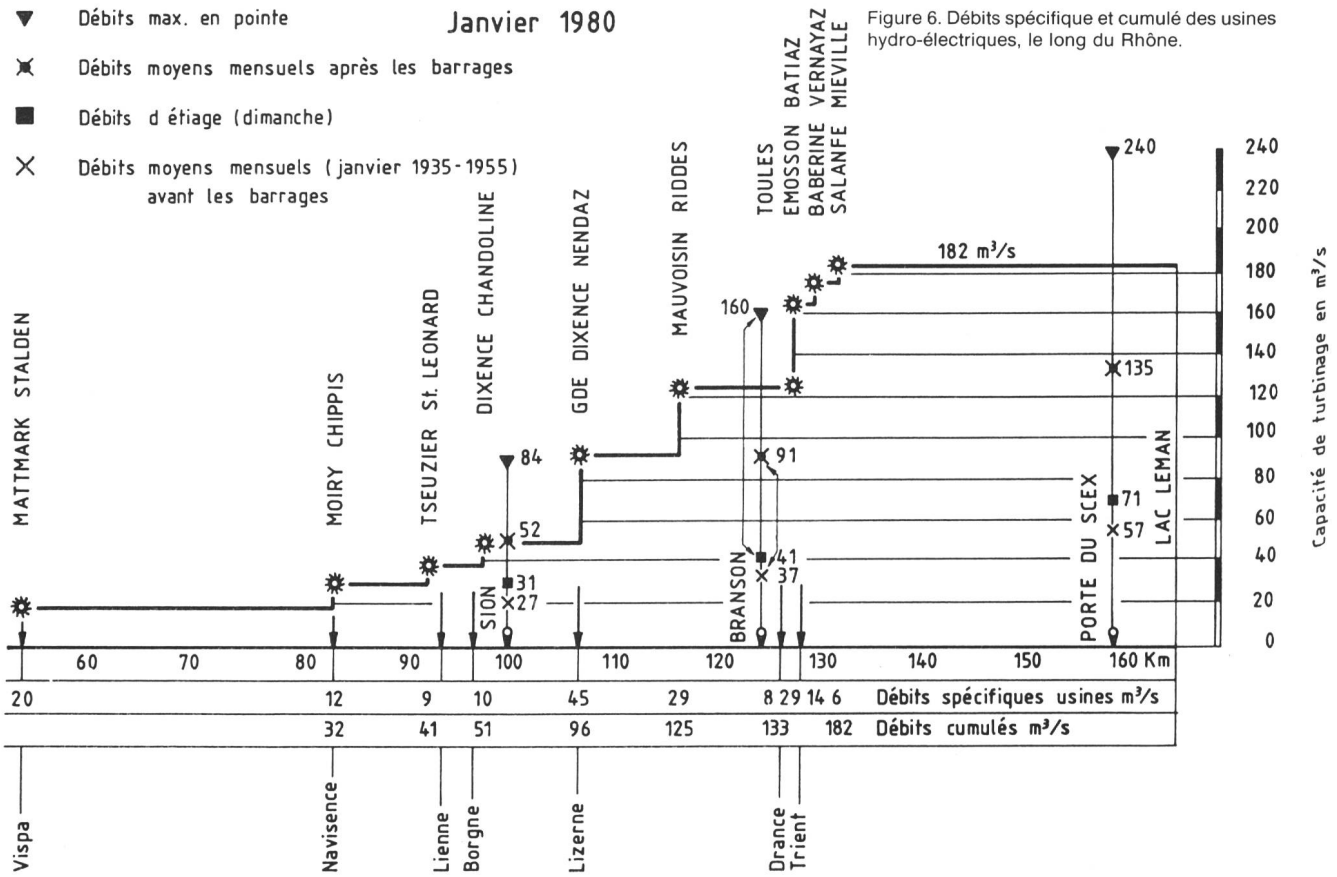


Figure 6. Débits spécifique et cumulé des usines hydro-électriques, le long du Rhône.

Ce sont les mois de janvier, février et mars qui comportent les turbinages les plus importants, soit à une période où le Rhône a ses débits naturels les plus faibles.

Remarques

En ce qui concerne la production d'énergie électrique, les étiages des rivières ont obligé les sociétés hydro-électriques à construire des aménagements de haute technicité qui, par leur accumulation, ont permis des productions d'énergie d'hiver de qualité, alors que les rivières sont à leur débit minimum et ne fournissent que peu d'énergie (énergie au fil de l'au de moindre qualité!).

Ceci a conduit à la réalisation d'aménagements à hautes chutes comme:

Fully, 1914, chute de 1400m, record mondial à l'époque aménagement encore en exploitation.

Chandoline, 1932, chute de 1740m, record mondial jusque vers 1960, et à la construction des grands barrages comme:

Grande Dixence, barrage poids.

Mauvoisin, barrage voûte.

Parmi quelques points économiques importants, on peut relever:

– l'augmentation importante des productions d'électricité en hiver pour les usines situées en aval: Lavey, Verbois, Chancy et ce lorsque les débits naturels sont faibles et lorsque la valeur de l'énergie est élevée;

– la fourniture d'une énergie de qualité dont le prix n'est pas tributaire de conditions extérieures (changes, inflations, achats de combustible, etc). A long terme, toutes les usines à accumulation représentent des investissements avantageux;

– la construction d'ouvrages à accumulation et de captages en montagne, dans des régions à faible revenu, a apporté du travail, de l'argent, des routes et des lignes électriques, ce qui a permis aux populations locales de se reconvertir: tourisme, artisanat, petites entreprises, ou d'améliorer leurs conditions de travail, agricole par exemple. Il est devenu possible de se déplacer facilement.

Des répercussions économiques indirectes ont découlé de ces constructions, l'industrie suisse et les bureaux d'ingénieurs-conseils ont pu faire profiter le monde entier de leur savoir-faire jusqu'à une époque récente.

Les problèmes d'impact et d'environnement de Grande Dixence par exemple ont été étudiés à fond à l'aide d'une matrice conçue par l'Université de Berne, sur demande de la Commission nationale de l'Unesco. Les résultats ont été présentés lors des journées Pro Aqua des 18 et 19 juin 1980 à Bâle et discutés avec plusieurs experts étrangers.

Il ressort de cette importante étude que:

– les voies d'accès jouent un rôle primordial dans presque tous les domaines et permettent le développement, la communication et la reconversion d'économies dans des vallées reculées,

– les intérêts privés des populations indigènes sont très sensibles à ces travaux,

– l'aspect du paysage a été transformé à cause des nouvelles structures qui en découlent: voies de communications et développement de constructions diverses,

– les modifications sur les régimes d'écoulement des torrents, avec les critiques que l'on peut formuler, ne viennent qu'en 7e ou 8e position, selon les critères d'analyse.

Il faut relever l'augmentation des rejets sauvages de gadoues qui évolue avec les modes de vie. De plus en plus, on voit: carcasses de motos, sièges de voitures, pneus divers: de la vespa au camion, déchets de plastique, vieux souliers, skis, etc., etc., rejetés dans les rivières et surtout lorsque les débits sont faibles. Lors de crues, les risques de barrages temporaires deviennent très élevés et les dangers encourus sont considérables, car ces déchets, combinés avec d'autres, peuvent conduire à des embâcles redoutables.

En ce qui concerne les rôles principaux de l'eau, les aménagements hydro-électriques jouent un rôle favorable sur la

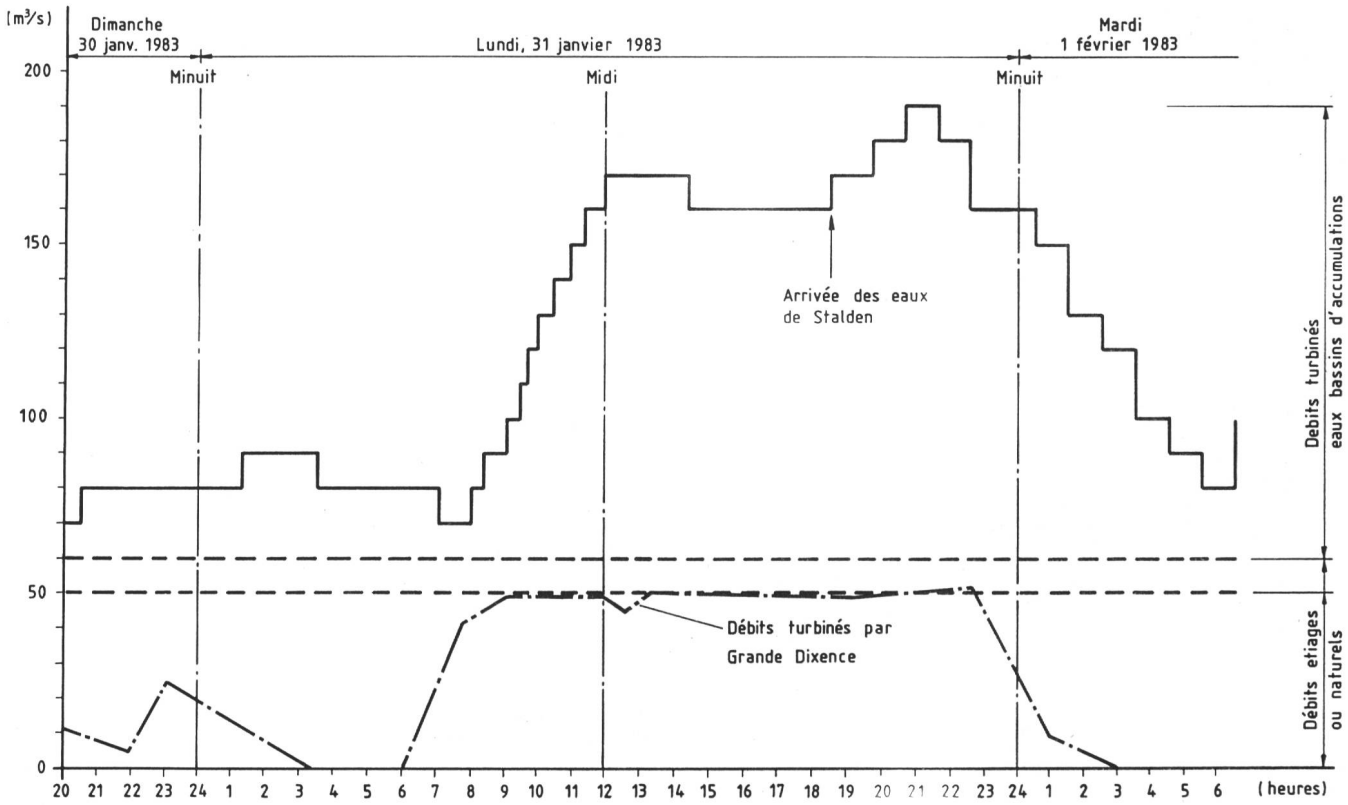


Figure 7. Débits du Rhône à Dorénaz et débits turbinés par Grande Dixence.

régénération des eaux du Rhône en hiver, du fait qu'ils rejettent en pointe un débit qui est six fois le débit d'étiage. La nappe phréatique de la plaine du Rhône peut être réalimentée dans les zones où le lit du Rhône n'est pas étanche. Il est certain que cette nappe phréatique a tendance à baisser avec les années, mais les dérivations d'eau des sociétés hydro-électriques mises souvent en cause ne sont pas les seules concernées.

Ainsi:

– l'endiguement ou le bétonnage des torrents latéraux, sur les cônes alluvionnaires de la vallée du Rhône, empêche toute percolation d'alimentation,

– l'utilisation des bisses n'est que partielle, 7000 à 8000 km de rigoles sont utilisées actuellement contre 25000 km en 1945. Un bisse peut perdre 50% de son débit initial par des infiltrations localisées et qui alimentent les nappes phréatiques,

– le nombre et la capacité des stations de pompage de la nappe se sont trop développés pour les différents besoins d'arrosage, de refroidissement, etc.,

– le phénomène, de sublimation atteint un maximum sur l'adret de la vallée du Rhône, lors de printemps très ensoleillés, et de ce fait la neige disparaît sans alimenter torrents, ruisseaux et nappes.

Sur la vingtaine de vallées latérales du Rhône où des dérivations d'eau sont totales pour produire de l'énergie électrique, on relève plusieurs caractéristiques générales:

– les altitudes de captages s'échelonnent de 1400 à 1800 m s. m.,

– les usines sont situées au niveau de la plaine du Rhône,

– les zones «sèches» entre prises d'eau et le Rhône sont en général des gorges profondes, englacées et enneigées en hiver,

– ces zones «sèches» reçoivent bien souvent des rejets d'eaux usées de stations touristiques ou de villages importants.

Le rapport final du groupe de travail des services de la Confédération, eaux de restitution, août 1982, permet de faire ressortir une considération parmi beaucoup d'autres:

– rapport, page 191, recommandations OFF, protections de la nature et du paysage et les débits de dotations des ouvrages hydro-électriques. «On évitera des fluctuations journalières importantes du niveau de l'eau dans les zones situées à l'aval des installations (zone d'écoulement du barrage et zone de restitution), notamment pour des raisons de protections de la nature et du paysage.»

Remarque: Dans le contexte écologique actuel, c'est une chance que les usines à accumulation relâchent de façon modulée des débits d'eau porpre qui sont un multiple du débit d'étiage du Rhône; tout ceci permet de diluer fortement et les rejets d'eaux usées ou «traitées» d'égoûts qui proviennent de 350000 personnes au maximum et les rejets de phosphates, engrais de ferme, purin, etc.

Ceci rejoint d'ailleurs la loi du 8 octobre 1971 (LPEP) qui prévoit de remédier aux sources de pollution.

De plus, les turbinages modulés permettent d'augmenter les vitesses d'écoulement des eaux du Rhône, puisque les eaux de Stalden s'écoulent à une vitesse moyenne de 2 m/s, ce qui est favorable pour les poissons.

Ces considérations sont applicables à l'Aar et au Rhin.

La loi d'aménagement du territoire (LAT) prévoit des règles de préservation du paysage et de la nature, non seulement pour les aménagements hydro-électriques mais aussi pour toutes les infrastructures et les activités humaines. En 1980 à Bâle, lors du colloque de l'Unesco, j'avais proposé des études globales d'impacts, car il apparaît de plus en plus que ceux qui résultent du tourisme: résidences secondaires, installations de transports ou industrielles, ont pris une importance telle que par comparaison les impacts négatifs des barrages deviennent dérisoires. La nécessité de ces études globales est démontrée par les grands débats d'aujourd'hui: pollutions diverses, pluies acides et forêts, anhydride carbonique et climat, énergie atomique, etc.

En restant très optimiste sur un bilan positif des accumulations hydro-électriques, il est fort possible que pour le futur et au vu de l'augmentation des nombreuses sources de pol-

lution, les eaux turbinées en provenance des accumulations deviendront encore de plus en plus précieuses et elles finiront par être utilisées comme eaux potables dans les grands centres urbains parce qu'il s'agira toujours d'eaux propres et saines.

P.S.

L'Office fédéral de la protection de l'environnement a publié, en novembre 1983, le cahier no 19 sur l'état des cours d'eau suisses, qui fait le bilan des analyses cantonales sur la qualité des eaux.

Pour le Rhône, on relève les valeurs moyennes mesurées entre 1978 et 1981 à Naters, à Granges, à Sion et à Martigny.

– La concentration des phosphates qui est un indicateur de la pollution, liée aux activités humaines, varie respectivement de 0,067, 0,096, 0,057 et 0,063 mg/l, soit de faibles pollutions.

– L'ammonium provient des eaux usées communales et agricoles et peut devenir toxique par transformation en ammoniaque. Les valeurs respectives sont de 0,189, 0,445, 0,438 et 0,290 mg/l, soit des eaux nettement à fortement polluées.

– Le carbone organique dissous permet de définir la totalité des composés organiques dissous. C'est un paramètre important de la pollution des eaux. Sur les différentes stations, les concentrations varient de 0,96 à 1,13 mg/l, soit des eaux non polluées.

Le cahier 19 précité ne relève pas le rôle positif et bénéfique que les barrages jouent sur la dissolution des différents produits de pollution, ce qui est démontré par les plus faibles concentrations mesurées à Martigny, en aval des principaux turbinages. En hiver, ce rôle positif doit encore être plus grand, lorsque les rejets et les concentrations des polluants sont maxima. Une analyse fine pourrait montrer que les eaux du Rhône ont une pollution maximale les dimanches d'hiver, période où les turbinages sont minima et les débits naturels sont à l'étiage.

Bibliographie

Bezinge A. Société Hydrotechnique de France
1971 Déglaciation dans les vals de Zermatt et d'Hérens de 1930 à 1970

Bezinge A. Commission nationale suisse pour l'Unesco
1973 Effets des bassins artificiels sur l'équilibre naturel

Bezinge A. Birkhäuser Verlag SHSN
1978 Torrents glaciaires, hydrologie et charriages d'alluvions

Bezinge A. Association suisse pour l'aménagement des eaux
1979 La collecte de données hydrologiques de base en Suisse

Bezinge A., Burgener J., Pro Aqua Pro Vita, Colloque Unesco, Bâle
1980 Les répercussions des réservoirs alpins sur l'environnement dans le volume 8C: Die Auswirkungen alpiner Speicherseen auf die Umwelt. Pro Aqua-Pro Vita 1980

Bezinge A. EPFL Institut de Génie rural. Journée d'étude, hydrologie de surface
1983 Rhône, influence des débits d'étiage sur la production hydro-électrique et l'environnement

Burgener J. Grande Dixence SA
1973 Note concernant l'influence des lacs d'accumulation du Valais sur la production d'énergie des usines au fil de l'eau construites le long du Rhône

Gay F. «Wasser- und Energiewirtschaft – Cours d'eau et énergie» no 8/1964
1964 Bisses valaisans et aménagements hydro-électriques

Kasser P. Symposium on the Hydrology of Glaciers, Cambridge
1969 Influence of Changes in the Glacierized Area on Summer-Runoff in the Porte du Scex. Drainage Basin of the Rhone

Kasser P. Annuaire glaciologique de la SHSN VAW/EPFZ
1983 Les variations des glaciers suisses 1975/76 et 1976/77, 97e et 98e rapports

Lütschg O. Association suisse pour l'aménagement des eaux
1926 Über Niederschlag und Abfluss im Hochgebirge. Sonderdarstellung des Mattmarkgebietes

Marietan I. Revue pour l'étude des calamités, no 20
1943 Le Rhône en Valais. Lutte entre l'homme et le fleuve

Marietan I. Editions du Griffon, Neuchâtel
1953 Le Rhône. La lutte contre l'eau en Valais

Service fédéral de l'économie des eaux. «Wasser- und Energiewirtschaft – Cours d'eau et énergie». Cahier spécial de la revue mensuelle suisse
1955 Valais

Adresse de l'auteur: *Albert Bezinge,* ing. SIA, Chef d'exploitation, Grande Dixence SA, CH-1950 Sion.

Conférence lors des journées d'études en hydrologie de surface du 29 juin 1983 à l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Institut de génie rural.

Un réacteur suisse de chauffage pour sauver nos forêts

L'Institut fédéral de recherches en matière de réacteurs (IFR) de Würenlingen a développé un nouveau système respectueux de l'environnement pour approvisionner des communes de taille moyenne en chaleur domestique et en eau chaude: il s'agit d'un petit réacteur nucléaire rapidement réalisable dont le fonctionnement ne donne lieu à pratiquement aucune émission, et qui permet de fournir à des prix compétitifs de l'eau chaude à des communes d'environ 4000 habitants. Utilisé à la place des chauffages au fuel ou au charbon, ce «système d'approvisionnement en chaleur nucléaire à faible distance» pourrait fournir une contribution décisive au maintien de la pureté de l'air.

Le «réacteur suisse de chauffage de faible puissance» (SHR), qui est présenté dans le Bulletin de l'Association suisse pour l'énergie atomique, ASPEA (SVA-Bulletin *27* [1985] Nr. 1, p. 15–20) a été développé à l'IFR par une équipe de chercheurs dirigée par le Professeur *Seifritz.* Le SHR est conçu pour des puissances thermiques variant entre 10 et 15 MW. Il livre de l'eau surchauffée à environ 110–130 °C. Etant donné qu'en Suisse environ 90% des émissions toxiques de dioxyde de soufre, qui s'élèvent au total à 90000 t/an, proviennent des chauffages, le remplacement résolu des chauffages au fuel et au charbon par des réacteurs de chauffage permettrait d'alléger considérablement la charge qui pèse sur l'environnement. Pour le consommateur, les coûts de la chaleur fournie par le SHR seraient comparables à ceux de la chaleur des systèmes conventionnels de chauffage. Un approvisionnement en chaleur par de petits réacteurs de chauffage pourrait être mis sur pied, pour l'essentiel des équipements, par des entreprises indigènes.

Le SHR est aménagé dans une caverne souterraine en béton profonde de 9 m. Cette caverne sert à la fois de confinement et protège en même temps le réacteur contre des effets extérieurs. Le bâtiment d'exploitation qui se trouve au-dessus a les mêmes dimensions qu'une petite maison d'habitation. Le SHR est non seulement petit, respectueux de l'environnement et relativement bon marché, mais son exploitation est également sûre et simple. C'est ainsi qu'un seul chargement d'à peine une tonne et demie d'éléments combustibles d'uranium suffit pour produire de la chaleur pendant une vingtaine d'années.

Le dépérissement croissant des forêts, qui est provoqué essentiellement par les substances toxiques provenant de la combustion de fuel et de charbon, souligne l'urgente nécessité de mesures décisives dans le domaine de la protection de l'air. Selon le Professeur *Seifritz,* la combinaison des mesures les plus efficaces qu'il est possible de prendre pour lutter contre la pollution atmosphérique consiste d'une part à utiliser des catalyseurs pour les véhicules à moteur, et d'autre part à remplacer les systèmes de chauffage au fuel et au charbon par des réacteurs de chauffage. La pollution atmosphérique se trouvera ainsi considérablement réduite en quelques années à son origine même. ASPEA