

# Calcul de la crue maximale probable

Autor(en): **Chaix, Olivier**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **85 (1993)**

Heft 5-6

PDF erstellt am: **29.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-939977>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Calcul de la crue maximale probable

Application au cas de la Suisse du calcul des crues extrêmes par des méthodes déterministes du type pluie maximale probable – crue maximale probable (PMP-PMF)

Olivier Chaix

## Résumé

L'étude présentée est la première application en Suisse des méthodes de calcul de crues déterministes du type «pluie maximale probable – crue maximale probable» (PMP – PMF). Deux petits bassins versants ont été retenus pour cette application: l'un au Nord des Alpes, l'autre au Sud. Les valeurs obtenues pour les précipitations et les débits ainsi que leur variabilité spatiale sont très élevées. L'application des méthodes déterministes ont révélé les lacunes qu'il faudra combler, telles l'absence de données météorologiques adéquates ainsi que le manque de connaissance des processus physiques et météorologiques conduisant à des précipitations extrêmes en Suisse, et plus particulièrement dans les Alpes.

## Zusammenfassung: Bestimmung des vermutlich grössten Abflusses

Bei der vorliegenden Untersuchung handelt es sich um die erste Anwendung der deterministischen Hochwasserberechnungsmethoden des Typs «vermutlich grösster Niederschlag – vermutlich grösster Abfluss» (PMP – PMF) in der Schweiz. Zwei Einzugsgebiete wurden behandelt: eines nördlich und das andere südlich der Alpen. Die Resultate sind wie erwartet sehr hohe Niederschlags- und Abflusswerte und eine grosse räumliche Variabilität. Die Anwendung dieser Methoden wird heute durch zwei Faktoren gehemmt: fehlende aufbereitete meteorologische Daten und mangelnde Kenntnisse der physikalischen und meteorologischen Prozesse, die in der Schweiz und insbesondere im Alpenraum zu extremen Niederschlägen führen.

## Summary: Calculation of maximum probable flood

The paper presents the first application of deterministic PMP – PMF-type flood calculation methods in Switzerland. Two small catchment areas were investigated: one north and the other south of the Alps. As expected, the resulting precipitation and flood estimates are very high, and so is their spatial variability. The investigations showed there are mainly two reasons why these methods are not used today in Switzerland: lack of adequate meteorological data, and poor knowledge of the physical and meteorological processes which lead to extreme precipitations in Switzerland, especially in the alpine region.

## 1. Objet de l'étude

La conception de l'évacuateur de crues des barrages repose sur la définition de la crue de projet. Suivant les pays, l'usage est actuellement de retenir pour celle-ci soit la crue maximale probable calculée de manière déterministe (la PMF, de l'anglais Probable Maximum Flood), soit celle calculée de façon probabiliste calculées avec des méthodes classiques (crues de faible fréquence à période de retour donnée, en principe entre 1000 et 10 000 ans).

Le risque de rupture de barrages par submersion invite à poursuivre les recherches sur les méthodes utilisées. Dans ce cadre, l'application des méthodes déterministes,

jusqu'à non utilisées en Suisse, peut apporter un élément d'information supplémentaire.

Le but de l'étude présentée ci-après a donc été d'appliquer des méthodes déterministes existantes à deux bassins versants suisses.

Le projet a fait l'objet d'un rapport détaillé en novembre 1992 (Bérod, D.; Chaix O. et al.). Nous présentons ici la démarche poursuivie, les résultats obtenus, ainsi que des réflexions sur les méthodes déterministes de calcul de crues de type PMP – PMF et leur applicabilité en Suisse.

Un effort particulier a été dévolu à la recherche bibliographique qui a permis de recenser près de 150 publications dans ce domaine ou dans des domaines connexes, afin d'obtenir une vue d'ensemble sur les méthodes de calcul pratiquées aujourd'hui dans le monde, en particulier dans les pays anglo-saxons. Les références bibliographiques de quelques documents de base sur ce sujet sont données en fin d'article.

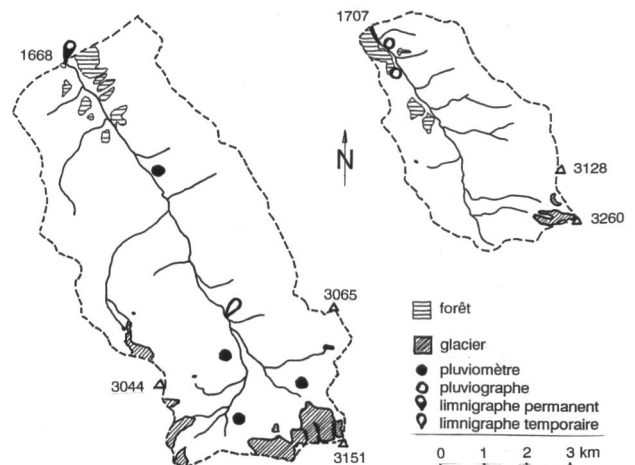
## Définition de la PMF

Dans la définition de la PMP et de la PMF, le terme probable doit être interprété comme vraisemblable; il n'implique aucune notion de probabilité statistique. Les définitions recensées reflètent l'évolution de la notion de PMF et la diversité des méthodes; les principales sont probablement celles de l'Organisation Mondiale de Météorologie (OMM, 1969):

- L'estimation résultant d'une étude pluviographique dirigée vers la limite physique d'averse dans un bassin ou une région s'appelle PMP (Probable Maximum Pre-



Figure 1. Situation des bassins de la Dischma et de Carassina.



Figures 2 et 3. Cartes du bassin de la Dischma à gauche et du bassin de Carassina.

cipitation). La crue résultant de la conversion en écoulement de crue par une des méthodes connues s'appelle la PMF.

et celles qui, par la mention d'une possibilité raisonnable, s'apparentent par exemple à la définition de l'US Bureau of Reclamation (USBR, 1987):

- L'hydrogramme de crue d'une PMF représente les conditions d'écoulement maximales résultant de la plus sévère combinaison de conditions hydrologiques et météorologiques considérées comme raisonnablement possibles pour le bassin versant étudié.

## 2. Les bassins versants

Le but du projet étant d'appliquer les méthodes PMP – PMF sur un nombre restreint de bassins versants, la première étape importante du projet a consisté à trouver des sites représentatifs de situations hydrométéorologiques alpines possédant de bonnes séries pluviographiques et hydrométriques, tant en qualité qu'en quantité.

Une recherche systématique de bassins versants a été entreprise par éliminations successives à partir d'un échantillon de 300 sites, selon des critères géographiques, géomorphologiques et hydro-météorologiques. Deux petits bassins versants ont été sélectionnés, l'un au Sud, l'autre au Nord des Alpes. Leur situation géographique, leur taille et leurs caractéristiques sont comparables à celles d'un grand nombre de bassins d'accumulation en Suisse.

La principale difficulté a été d'obtenir des mesures fiables d'événements hydro-météorologiques extrêmes et sur des périodes suffisamment longues pour être exploitables. Ainsi, malgré les précautions prises, il s'est avéré dans la suite de l'étude que le bassin versant du Sud des Alpes ne disposait pas de données de qualité suffisante pour permettre une étude hydrologique complète. L'analyse statistique prévue pour accompagner le calcul PMP – PMF n'a pu être menée à terme, et l'estimation de la PMF a été particulièrement délicate, donc sujette à caution.

Les figures 1 à 3 présentent la situation et les cartes des deux bassins versants retenus pour l'étude.

Au Nord des Alpes, c'est le bassin de la Dischma, jaugé par l'hydrologie nationale, qui a été choisi. Ses caractéristiques sont présentées dans le tableau 1 et à la figure 2.

Au Sud des Alpes, c'est le bassin de Carassina, fermé par un barrage et décrit dans la partie droite du tableau 1 et à la figure 3, qui a été étudié.

## 3. Application de méthodes PMP – PMF

### 3.1 Détermination de la PMP

Il existe un certain nombre de méthodes pour calculer la pluie maximale probable (PMP). En simplifiant, et sans entrer dans le détail, on peut les regrouper en trois catégories:

- Les méthodes basées sur la maximisation des paramètres des processus météorologiques provoquant des averses, méthodes consistant soit à modéliser des averses, soit à maximiser puis transposer des averses observées (ou, ce qui est équivalent, à utiliser des cartes de PMP généralisées),
- l'analyse statistique, et
- les formules empiriques.

Les méthodes de maximisation-transposition (a) partent de la constatation que lors de fortes précipitations, les facteurs observés influençant la quantité d'eau tombée (humidité, vent, etc.) n'étaient pas forcément des extrêmes. On calcule donc la quantité d'eau potentielle qui aurait pu

Tableau 1. Caractéristiques des bassins versants de la Dischma et de Carassina.

	Dischma	Carassina
<b>Caractéristiques des bassins:</b>		
surface	43 km <sup>2</sup>	16,5 km <sup>2</sup>
altitude moyenne	2372 m	2290 m
couverture du sol	forêt	5 %
	prairie	50 %
	rocher	43 %
	glaciers	< 2 %
temps de concentration <sup>(1)</sup>	12 heures	< 3 heures
particularités	Présence de zones inondables et éboulis	bassin rocheux pentu

données hydrologiques:

débits de pointe annuels	26 ans (1963-1989)	21 ans (1968-1988) <sup>(3)</sup>
mesures pluviométriques: journalières	90 ans (1900-1989)	81 ans (1908-1989)
à petit pas de temps	9 ans (1981-1989) <sup>(2)</sup>	9 ans (1981-1989) <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> estimé à partir de couples pluie-débit observés <sup>(2)</sup> sur support informatique <sup>(3)</sup> reconstitués par simulation

Tableau 2. Résultats des calculs de la PMP et de l'analyse statistique des précipitations observées.

PMP	précipitations, en [mm]					
	durée 24 heures		durée 12 heures		durée 6 heures	
	Dischma	Carassina	Dischma	Carassina	Dischma	Carassina
méthode météorologique	200	370	160	---	---	---
méthode de Hershfield <sup>(1)</sup>	250	430	210	300	140	200
méthode empirique <sup>(1)</sup>	290	360	---	---	252	280
analyses statistiques <sup>(2)</sup>						
temps de retour de 10'000 ans	140	280	120	185	90	110

<sup>(1)</sup> méthodes généralement qualifiées de déterministes malgré leur caractère statistique ou empirique <sup>(2)</sup> valeurs obtenues par des méthodes statistiques classiques (lois de Gibrat, Gumbel, Pearson III)

Tableau 3. PMF et crues déterminées par des méthodes statistiques et empiriques.

PMF		Dischma		Carassina	
		300 - 350 m <sup>3</sup> /s <sup>(2)</sup>	7 - 8 m <sup>3</sup> /s km <sup>2</sup> <sup>(2)</sup>	250 m <sup>3</sup> /s	15 m <sup>3</sup> /s km <sup>2</sup>
ajustement statistique des débits	T=10'000 ans	25 - 35 m <sup>3</sup> /s	---		
méthode du Gradex	T=10'000 ans	140 - 175 m <sup>3</sup> /s			
formules empiriques <sup>(1)</sup>		250 - 350 m <sup>3</sup> /s			

<sup>(1)</sup> bornes supérieures sauf Lauterburg <sup>(2)</sup> PMF calculées sur la base de la PMP météorologique et selon Hershfield

précipiter si ces facteurs avaient été à leur extrême lors de l'averse observée: d'abord en les maximisant, et ensuite en transposant géographiquement l'averse ainsi maximisée sur le bassin versant étudié de sorte à obtenir l'enveloppe optimale des valeurs maximisées et transposées.

L'analyse statistique (b) fait intervenir la moyenne et l'écart-type d'une série d'observations: la PMP est obtenue en additionnant la moyenne et l'écart-type multiplié par un coefficient régional  $K_m$ . Il serait abusif de considérer cette méthode comme déterministe.

Les formules empiriques (c), quant à elles, sont généralement basées sur la notion de courbe enveloppe d'averses observées, et ne sont donc pas véritablement déterministes non plus. Elles peuvent donner un premier ordre de grandeur de la PMP. Il s'agit cependant d'estimations très sommaires comparables aux formules empiriques utilisées dans l'estimation des débits.

Les deux méthodes de détermination de la PMP les plus courantes ont été utilisées dans l'étude: une méthode météorologique et la méthode d'analyse statistique dite de Hershfield.

### Application d'une méthode météorologique

La première méthode d'estimation de la PMP utilisée dans l'étude se base sur des considérations météorologiques à l'échelle synoptique. Elle se rapproche de la technique météorologique classique de maximisation-transposition, calibrée à l'aide d'événements observés. Ces événements sont sélectionnés pour leur représentativité des phénomènes météorologiques susceptibles de produire des pluies extrêmes.

Une telle méthode requiert la compétence d'un météorologue familier des phénomènes atmosphériques prédo-

minant dans la région d'étude. Des travaux sur les conditions spécifiques conduisant à des pluies extrêmes (entrepris dès 1980) ont permis à l'institut de géographie de l'EPFZ d'acquérir de l'expérience dans ce domaine, raison pour laquelle cette partie de l'étude lui a été confiée.

On peut schématiser comme suit la procédure utilisée:

- 1) identification des mécanismes météorologiques conduisant à des événements extrêmes dans la région des bassins considérés,
- 2) identification des événements extrêmes observés qui seront maximisés et transposés (événements de juillet 1977, août 1978 et même janvier 1914 pour la Dischma, août 1978 et septembre 1983 pour Carassina),
- 3) maximisation des paramètres météorologiques observés lors de ces événements (vent, gradient de température, humidité, etc.) jusqu'à obtenir un «maximum probable»,
- 4) transposition de cet événement maximisé sur le bassin considéré.

Notons que toute analyse météorologique dépend de l'échelle à laquelle elle est effectuée. Plus l'échelle est petite, plus l'événement considéré sera de courte durée. L'échelle synoptique adoptée pour l'étude concerne des phénomènes cycloniques de l'ordre de 100 km, et confine les résultats à des durées de l'ordre de 24 heures ou plus. Les données et connaissances météorologiques actuelles en Suisse ne permettent pas encore de calculer une PMP résultant de phénomènes météorologiques de moyenne (1 à 10 km) à petite échelle (< 1 km). Les durées de PMP de moins de 24 h ont donc été extrapolées à partir de la PMP de 24 heures sur la base de courbes intensités-surface-durée provenant de l'observation de fortes précipitations au Nord des Alpes (Grebner et Richter, 1990).

#### Application de la méthode de Hershfield

La deuxième méthode utilisée repose essentiellement sur les caractéristiques statistiques des séries de données pluviométriques (Hershfield, 1965). Contrairement à la méthode météorologique exposée ci-dessus, elle peut être appliquée sans trop de difficultés par un hydrologue.

Cette méthode permet de déterminer la PMP sur des durées inférieures au jour, mais ne devrait s'appliquer que sur des séries de précipitations d'au moins 20 à 25 ans. L'application de la méthode en Suisse souffre du fait que les données pluviométriques à petit pas de temps (24 h) n'y sont que difficilement accessibles avant 1981.

Le coefficient multiplicateur de l'écart-type  $K_m$  se situerait autour de 14 à 15 pour les deux bassins étudiés.

#### Résultats

Le tableau 2 présente, pour des durées de 6, 12 et 24 heures, les résultats de la PMP calculée selon les deux méthodes décrites ci-dessus et une formule empirique, ainsi que les précipitations de différents temps de retour résultant de l'analyse statistique des précipitations observées.

Trois constatations s'imposent:

- Comme on pouvait s'y attendre, la PMP est beaucoup plus élevée qu'une précipitation de temps de retour 10 000 ans,
- Les PMP calculées pour Carassina et pour la Dischma présentent un écart important, qui confirme que, tout comme les pluies de fréquence élevées, la PMP a une grande variabilité spatiale. Cela incite à la prudence lors de la transposition d'événements.
- La PMP obtenue par la méthode de Hershfield, bien que supérieure à celle résultant de la méthode météoro-

logique (ce qui est en général le cas), reste du même ordre de grandeur malgré la différence des méthodes et l'origine diverse des données.

### 3.2 Détermination de la PMF

#### Application d'une méthode

Une fois le volume de la PMP estimé sur différentes durées, l'estimation de la PMF a suivi trois étapes principales:

- structuration temporelle de la PMP
- recherche d'une valeur de la fonction de production
- recherche d'une fonction de transfert et calcul de la PMF.

Ces trois étapes visent chacune à obtenir, dans des limites probables et raisonnables, une PMF maximale à partir de la PMP.

Au vu de la petite taille des bassins versants étudiés, la variabilité spatiale des précipitations peut être négligée.

La structuration temporelle de la PMP s'est basée, en fonction du caractère de l'averse considérée, d'une part sur les événements observés (Dischma), d'autre part sur des hyétogrammes synthétiques (Carassina).

Pour la fonction de production, les méthodes PMP – PMF font souvent l'hypothèse simplificatrice d'un coefficient de ruissellement égal à 1. Dans l'étude, il a été jugé raisonnable de rechercher une valeur de coefficient de ruissellement (ou «curve number», CN) maximale en fonction des caractéristiques physiques du bassin versant.

La fonction de transfert la plus utilisée pour la détermination de la PMF, l'hydrogramme unitaire, a été appliquée. Le calage des fonctions de transfert s'est effectué sous une forme simplifiée en raison du nombre restreint d'événements extrêmes à disposition, ne permettant pas, notamment, de test de calage. Cette situation est courante en Suisse.

#### Résultats

Le tableau 3 présente les résultats de la PMF pour les bassins de la Dischma et de Carassina, ainsi que les crues calculées par des méthodes traditionnelles (analyse statistique, Gradex, formules empiriques) sur ces mêmes bassins, données à titre de comparaison.

Notons qu'en appliquant la formule simple  $C \times I \times A$  (avec  $C$  = coefficient de ruissellement = 1;  $I$  = intensité;  $A$  = surface), on obtiendrait un débit de pointe de l'ordre de 200 m<sup>3</sup>/s pour la Dischma.

Comme attendu, on constate que la PMF est très nettement supérieure aux valeurs de crues obtenues par les autres méthodes, même pour des extrapolations à temps de retour très élevés.

On notera par ailleurs que les ajustements statistiques et la méthode du Gradex donnent pour la Dischma des valeurs très différentes. La méthode du Gradex est vraisemblablement plus fiable, notamment parce-qu'elle a été établie sur 90 ans de mesures de pluies journalières.

La grande dispersion des valeurs n'est pas surprenante, elle invite l'ingénieur à procéder avec circonspection lors du choix de la crue de projet.

### 4. Réflexions sur l'application des méthodes

#### 4.1 Le problème des données de base

En matière de calculs de crues, il est évident que l'importance des données de base est fondamentale. Pour l'application des méthodes de type PMP – PMF il s'agit non



seulement de disposer de données météorologiques, mais aussi de séries de pluies et de débits, comme pour les méthodes statistiques classiques.

En effet, les méthodes PMP – PMF ne permettent pas de faire l'économie de séries de mesures pluviométriques et hydrométriques de qualité, sur des périodes suffisamment longues: elles sont nécessaires tant pour le calcul de la PMP selon *Hershfield* (pluviométrie) par exemple, que pour assurer un calage satisfaisant de la fonction de transfert nécessaire au calcul de la PMF (pluviométrie et hydrométrie).

Sachant que la plupart des bassins fermés par des barrages ne disposent pas de données exploitables pour une étude statistique ou déterministe, on devrait suggérer aux exploitants de recueillir davantage de données.

Les méthodes météorologiques exigent, pour être mises en œuvre, un grand nombre de données supplémentaires qui font actuellement défaut en Suisse. Un travail considérable d'analyse météorologique reste à faire pour obtenir des données de bases exploitables pour le calcul de la PMP. Pour progresser, il conviendrait qu'aux côtés des hydrologues, les météorologues, dont les connaissances sont indispensables pour traiter ce problème, s'y intéressent. Actuellement, en effet, la météorologie semble principalement axée sur l'élaboration de prévisions en temps réel. Or seul le dépouillement d'un très grand nombre d'événements météorologiques extrêmes permettra de bien appréhender le problème de la PMP dans les conditions topographiques et météorologiques complexes de l'arc alpin. Aux USA, par exemple, plus de 1000 événements depuis 1910 ont été analysés avec précision, pour des conditions météorologiques et orographiques globalement plus simples qu'en Europe.

Enfin, une bonne connaissance des données géomorphologiques du bassin est nécessaire pour la transformation PMP – PMF.

#### 4.2 Méthodes déterministes, statistiques et empiriques

L'étude bibliographique et l'application des méthodes ont montré que certaines méthodes dites déterministes ne l'étaient en fait pas. Ainsi, la méthode de *Hershfield*, par exemple, est-elle essentiellement statistique; certains modèles de PMP sont stochastiques, donc purement probabilistes; la méthode de maximisation-transposition, enfin, se base sur des événements observés. Ce que ces méthodes ont en commun, c'est qu'elles visent toutes à fournir une valeur maximale raisonnablement possible.

Les analyses statistiques couramment utilisées pour les extrapolations de mesures hydrométriques ou pluviométriques ne peuvent, elles, satisfaire ce besoin de maximisation: le problème réside dans le fait que l'extrapolation se fait à partir de séries ne contenant pas forcément d'information sur le comportement des valeurs extrêmes. Les crues obtenues pour la Dischma (voir tableau 3) l'illustrent bien.

Quant aux méthodes empiriques, qu'elles soient «déterministes» ou «conventionnelles», il convient de rappeler qu'elles ne sont valables que dans les conditions pour lesquelles elles ont été établies: sans précautions particulières, leur application en dehors de ce domaine peut être périlleuse, et leurs résultats fantaisistes.

#### 4.3 Utilisation d'une PMF

La PMF est une valeur extrême: encore s'agit-il, avant de l'utiliser, de vérifier qu'elle soit compatible avec les conditions hydrauliques d'écoulement dans la rivière en identi-

fiant notamment les risques de débordements, création de retenues temporaires, laves torrentielles, etc., pouvant influencer notablement le débit de pointe de la PMF.

Une tendance qui se dessine actuellement dans plusieurs pays est de considérer:

- d'une part une crue de contrôle de la sécurité, souvent la PMF, à laquelle le barrage devra résister, mais sans marge de sécurité,
- et d'autre part une crue de dimensionnement conventionnelle, de temps de retour de 1000, 5000 ou 10000 ans, avec une certaine marge de sécurité constituée par la revanche.

Des réflexions dans ce sens sont développées par le Comité international des grands barrages (CIGB, 1990).

Bien entendu, la détermination de ces crues dépend des types de barrage et d'évacuateur. Pour ce qui est de la Suisse, il ne nous semble pas possible actuellement d'appliquer la PMF comme crue de contrôle de la sécurité des ouvrages.

Par contre, il paraît souhaitable de compléter la panoplie des méthodes de calcul de crues à disposition en y ajoutant la PMF en tant que valeur de référence constituant la borne supérieure permettant de cerner le domaine à l'intérieur duquel une décision concernant le débit de dimensionnement doit être prise.

### 5. Conclusions

L'étude présentée constitue une première tentative d'application de méthodes PMP – PMF en Suisse. Elle montre, au-delà de cas isolés, qu'il semble actuellement très difficile d'appliquer ces méthodes. Il y a principalement deux raisons à cela:

- 1) le manque de données météorologiques adéquates,
- 2) le manque de connaissance des processus physiques et météorologiques conduisant à des précipitations extrêmes en Suisse, et plus particulièrement dans les Alpes, et

Toutefois, les travaux de recherche dans ce domaine en Suisse ne faisant que commencer, il n'est pas exclu de pouvoir utiliser ces méthodes plus largement dans quelques années, à condition toutefois que les météorologues y participent activement: comme le montre une récente étude autrichienne (*Haiden, T. et al, 1991*) leur contribution au calage des modèles mathématiques est en effet indispensable.

#### Bibliographie

*Bérod, D; Chaix, O. et al; 1992* : Calcul des crues extrêmes par des méthodes déterministes du type pluie maximale probable (PMP) / crue maximale probable (PMF) – Application au cas de la Suisse. Institut d'aménagement des terres et des eaux, EPFL, Lausanne, novembre 1992.

CIGB; 1990: La crue de projet. Recommandations. Commission Internationale des Grands Barrages, Comité de la crue de projet.

*Grebner, D; Richter, K.G; 1990*: Gebietsniederschlag; Flächen-Mengen-Dauer-Beziehungen für Starkniederschläge. Projet de recherche A3 pour l'analyse des causes des crues de 1987, Institut de Géographie de l'EPFZ.

*Haiden, T. et al; 1991*: Forschungen zu meteorologisch relevanten Parametern im Hinblick auf den vermutlich grössten Abfluss (PMF). Wasserwirtschaft Wasservorsorge, Forschungsarbeiten, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien 1991.

*Hershfield, M; 1965*: Method for Estimating Probable Maximum Rainfall. "Journal of American Waterworks Association", vol. 57, no. 8, pp. 965-972.

OMM; 1986: Manual for Estimation of Probable Maximum Precipitation, no. 332, 2nd edition. Secrétariat de l'organisation mondiale de météorologie, Genève.

OMM; 1969: Estimation of Maximum Floods, no. 233. Secrétariat de l'organisation mondiale de météorologie, Genève.

USBR; 1987: Design of small dams. US Bureau of Reclamation, Washington DC.

US National Weather Service: Hydrometeorological Reports, notammant les nos. 41, 45 (1965), 51 (1978), 52 (1982). US Weather Bureau / National Weather Service, Silver Spring.

#### Note

Cet article développe l'exposé donné par M. Chaix le 3 septembre 1992 à Vulpera dans le cadre des journées d'étude du groupe de travail pour l'observation des barrages du comité national suisse des grands barrages.

#### Remerciements

Qu'il nous soit permis de remercier ici les professeurs Raymond Lafitte et André Musy, de l'EPFL, initiateurs du projet, ainsi que – la commission pour l'encouragement de la recherche scientifique (CERS),

- le bureau Bonnard & Gardel, ingénieurs-conseils SA à Lausanne (BG), et
- le bureau SA Ufficio d'ingegneria Maggia, ingénieurs-conseils à Locarno (IM),

qui ont assuré le financement de l'étude. Celle-ci a été réalisée de 1990 à 1992 par l'unité Hydrologie et Aménagement de l'Institut d'aménagement des terres et des eaux de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, en collaboration avec les bureaux mentionnés plus haut. Le projet a bénéficié en outre de l'appui de l'Institut de géographie de l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich pour la détermination de la PMP.

La présente publication a été rendue possible grâce au soutien du Fonds de recherche du 15e congrès du CIGB, que nous remercions très sincèrement pour son aide.

Adresse de l'auteur: Olivier Chaix, ingénieur EPFL/SIA, BG Bonnard & Gardel ingénieurs-conseils (Berne) SA, Kônizstrasse 25, CH-3000 Berne 21.

## Dighe su francobolli

swv. «Dams on Stamps», così si chiama concisamente l'opuscolo di 72 pagine del formato A4, che sull'esempio di 860 soggetti provenienti da 146 paesi fornisce un'impressionante visione dei soggetti di dighe sui francobolli. La pubblicazione creata da filatelici francesi è redatta in due lingue (francese/inglese) ed è stata pubblicata di recente dalla commissione internazionale sulle dighe (ICOLD).

Anche se al mondo esistono oltre 36000 dighe di sbarramento dei tipi più diversi, né i filatelici né gli ingegneri avrebbero mai pensato che nel corso degli anni sarebbero servite con tanta frequenza da soggetti a francobolli, cartoline e timbri postali ecc. Uno dei motivi potrebbe essere che grandi e imponenti dighe e sbarramenti, con i loro laghi artificiali e il loro paesaggio, sono risultati molto idonei per la raffigurazione stilizzata sul piccolo formato di un francobollo, l'altro l'orgoglio (nazionale) per queste imponenti opere.



Figura 1. In una serie di 10 francobolli egiziani dell'8 gennaio 1914, il francobollo dal valore più alto di 200 millime fu dedicato alla diga di Assuam. Mostra la diga sul Nilo costruita dal 1899 al 1902, che trattiene l'acqua per l'irrigazione della fertile valle del Nilo. Le sue facce a vista sono composte di pietre da taglio di granito. La diga è stata rialzata per ben due volte, tra il 1908–1911 di 5 m e tra il 1929 e il 1933 di altri 9 m. Oggi la diga ha un'altezza di 53 m.

Figura 2. Puntualmente per il congresso internazionale delle dighe, nel 1985 è apparso il francobollo da 80 centesimi con la diga a gravità Grande Dixence nel Vallese. Con i suoi 285 m, rappresenta la diga più alta del mondo. La costruzione è stata portata a termine nel 1961.



Figura 3. Una tiratura di oltre 1½ miliardi di esemplari è stata raggiunta dal francobollo del 1949. Creato da Karl Bickel, mostra l'accesso all'ospizio del Grimsel sopra il muro di Seeuferegg, l'ospizio e la diga ad arco di Spitalam con il lago del Grimsel.

Figura 4. La centrale e lo sbarramento di Verbois sbarrano la Rhone sotto Ginevra allo scopo di utilizzarne l'energia idraulica. Attualmente sono in atto lavori di trasformazione e di rinnovo della centrale idroelettrica. Il francobollo da 30 centesimi dell'anno 1949 è stato creato da Karl Bickel.

«Dams on Stamps» è inoltre molto di più di un catalogo di francobolli che tratta un soggetto speciale. Accanto alla vera e propria parte di catalogo (a colori), la pubblicazione contiene numerose indicazioni storiche e statistiche interessanti sia per il filatelico che per l'ingegnere interessato alla storia. Tra l'altro il fatto che al mondo, per es., circa metà degli sbarramenti si trovano in Cina – più precisamente circa 19000. La già Unione Sovietica invece ne costruì «soli» 133 ma dedicò a questo tema ampiamente il maggior numero di francobolli (55). La Svizzera invece in questo campo è rappresentata da sole 3 soggetti. Ciononostante, il francobollo da 80 creato appositamente in occasione del congresso internazionale delle dighe del 1985, tenutosi a Losanna, raffigurante la diga a gravità Grande Dixence (la più alta del genere al mondo) è stato prescelto per ornare la copertina della pubblicazione.

Il catalogo è acquistabile a fr. 40.–. SNGT, Schweizerisches Nationalkomitee für Grosse Talsperren, segretariato c/o NOK, Casella postale, CH-5401 Baden.