Analyse de la sécurité des ouvrages d'accumulation
Evaluation des crues de fréquence très faible

Gérard de Montmollin

Chef du département Eau & Environnement
Stucky, membre du groupe Gruner

SCNAT – Chy, Software pour l‘hydrologie appliquée

1. Crue de dimensionnement pour les ouvrages d’accumulation
2. PMP / PMF – Pratique et facteurs d’incertitudes
3. Autres cas problématiques (tirés de la pratique)

1. Crue de dimensionnement pour les ouvrages d'accumulation
   International (ICOLD 82):

   - Crue de projet (TR entre 100 et >1000 ans)
     → Dimensionnement des organes d'évacuation

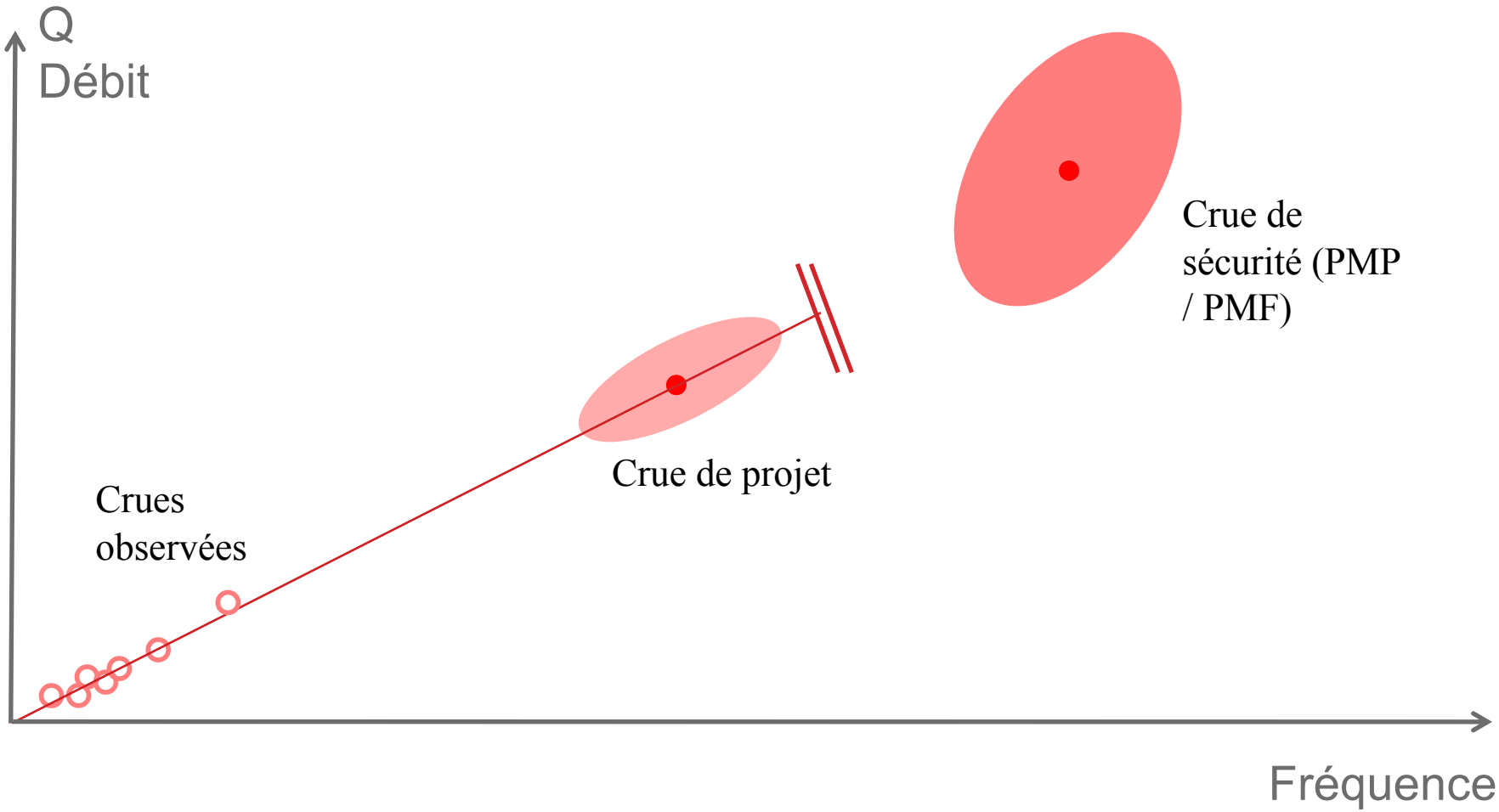
   - Crue de sécurité (PMF) → Sécurité de l'ouvrage

   Suisse (Directives OFEN)

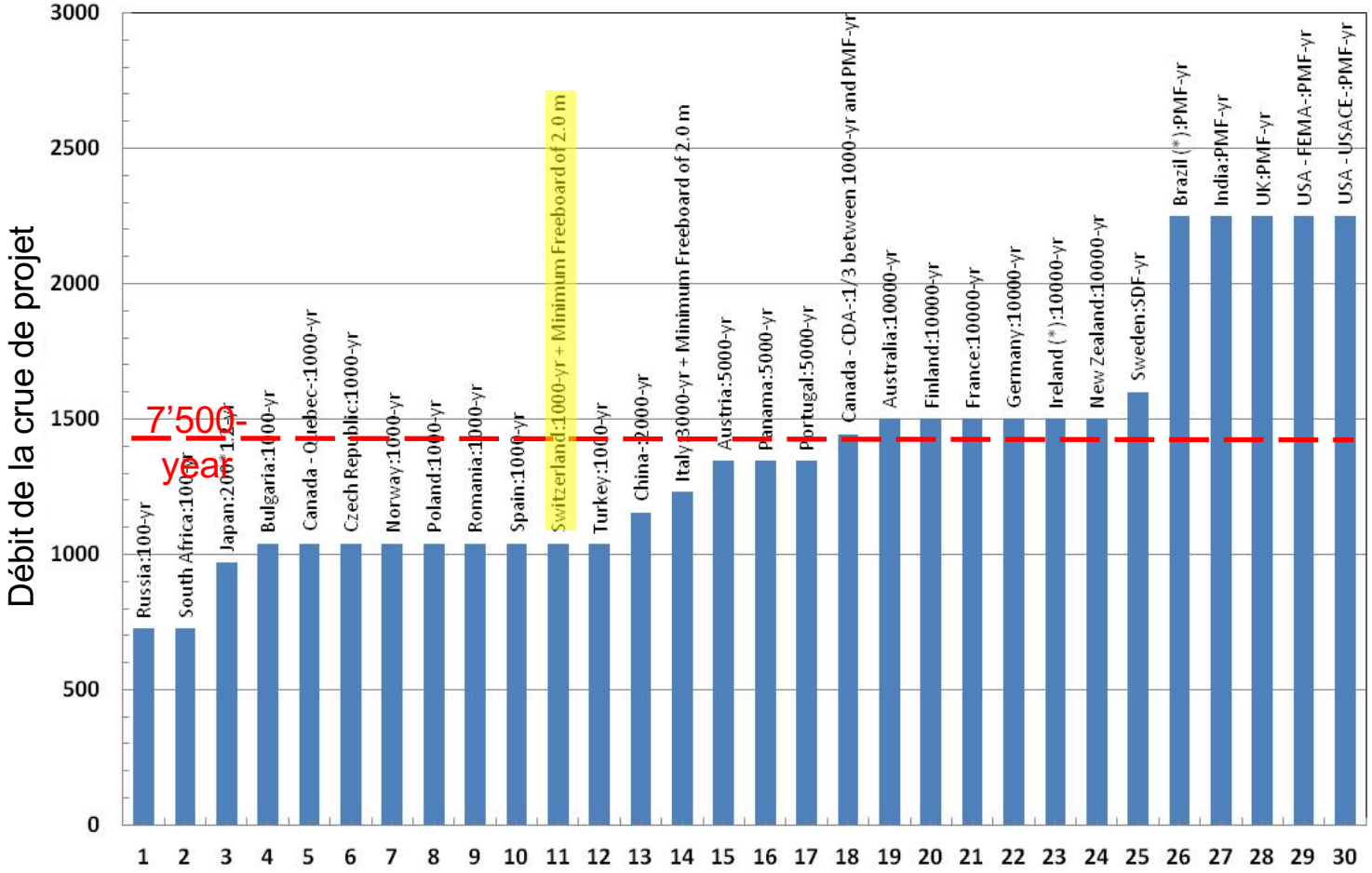
   - Crue de projet (TR = 1000 ans)
     → Dimensionnement des organes d'évacuation avec la règle N-1
     → Respect de la cote de sécurité (garantie d'une revanche)

   - Crue de sécurité (TR >> 1000 ans) → Sécurité de l'ouvrage
     (yc. règle N-1 pour les digues)

1. Principe « international » (ICOLD) crue de projet – crue de sécurité



1. Comparaison des pratiques sur un exemple concret (30 pays)



Mise à disposition par Dr. Bernard Joos

1. Crue de dimensionnement pour les ouvrages d'accumulation

Crue de projet, approche utilisée (Suisse et Etranger):

- Méthodes historiques (laisse de crue, témoignage, …)
- Méthodes empiriques (courbe-enveloppe, …)
- Méthodes probabilistes basés sur des mesures de débit
- Méthodes probabilistes basés sur des données pluviométriques
- (Méthodes stochastiques)

1. Crue de dimensionnement pour les ouvrages d'accumulation

Crue de sécurité, approche utilisée:

A l'étranger:

- Méthodes empiriques (courbe-enveloppe, multiple de la crue de projet…)
- Méthodes probabilistes basés sur des mesures de débit
- Méthodes probabilistes basés sur des données pluviométriques
- **Méthode déterministe (PMP / PMF)**

En Suisse:

- Méthode empirique (multiple de la crue de projet → facteur 1.5)

OU

- Méthode déterministe (PMP / PMF)

2. PMP / PMF – Facteurs d'incertitudes

Processus (très schématique):

Pluie maximale probable (PMP)

↓

Modèle pluie - débit

Débit de base

↘ ↙

Hydrogramme de crue (PMF)

↓

Routage / laminage

↓

Impact sur l'ouvrage

2. PMP / PMF – Facteurs d'incertitudes

Où se trouvent les facteurs d'incertitudes?

Pluie maximale (PMP)

↓

Modèle pluie - débit

↓

Hydrogramme de crue ← Débit de base

↓

Routage / laminage - - → Très peu d'incertitude
(courbe H-V, capacité ouvrages, …)

↓

Outils utilisés: HEC-RAS, Dunamic2D, Telemac, Routing System, Excel,…

Impact sur l'ouvrage

2. PMP / PMF – Facteurs d'incertitudes

Où se trouvent les facteurs d'incertitudes?

Pluie maximale (PMP)

↓

Modèle pluie - débit

↓

Hydrogramme de crue ← Débit de base

↓

Routage / laminage

↓

Impact sur l'ouvrage

Débit de base → Incertitude élevée mais impact très faible *(pour une PMF)*

Routage / laminage → Très peu d'incertitude *(courbe H-V, capacité ouvrages, …)*

2. PMP / PMF – Facteurs d'incertitudes

Où se trouvent les facteurs d'incertitudes?

Pluie maximale (PMP)

↓

Modèle pluie - débit

↓

Hydrogramme de crue

↓

Routage / laminage

↓

Impact sur l'ouvrage

Incertitude limitée

par: - Le grand choix d'approche (et de méthode)
- Le calage possible sur des événements mesurés
- La recherche d'un « extrême »

Outils utilisés: ***HEC-HMS, Routing System, Méthode rationnelle, …***

Débit de base

Incertitude élevée mais impact très faible
(pour une PMF)

Très peu d'incertitude
(courbe H-V, capacité ouvrages, …)

2. PMP / PMF – Facteurs d'incertitudes

Où se trouvent les facteurs d'incertitudes?

Pluie maximale (PMP) - - - → Incertitude très importante

↓

Modèle pluie - débit - - - → Incertitude limitée

↓

Hydrogramme de crue ← Débit de base - - - → Incertitude élevée mais impact très faible *(pour une PMF)*

↓

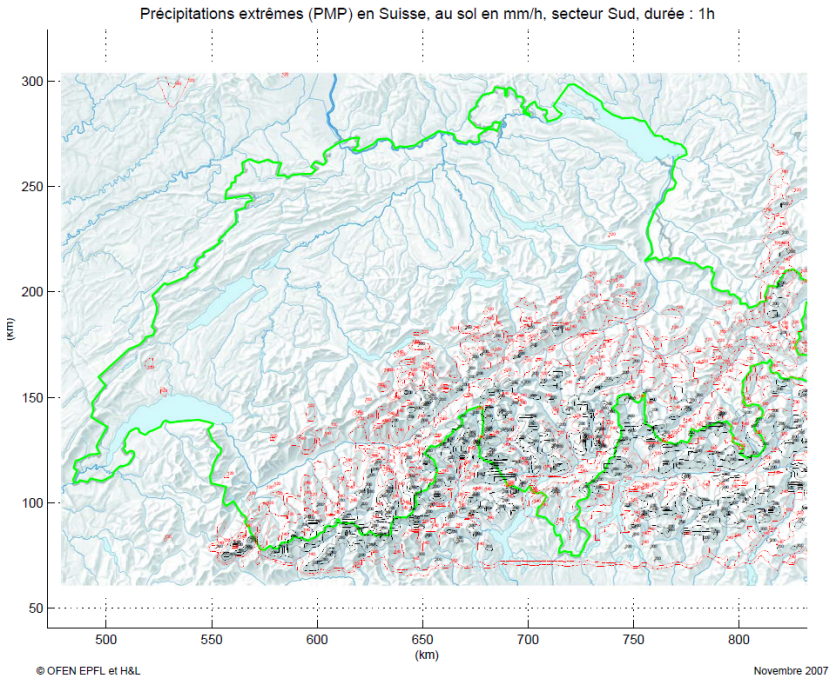
Routage / laminage - - → Très peu d'incertitude *(courbe H-V, capacité ouvrages, …)*

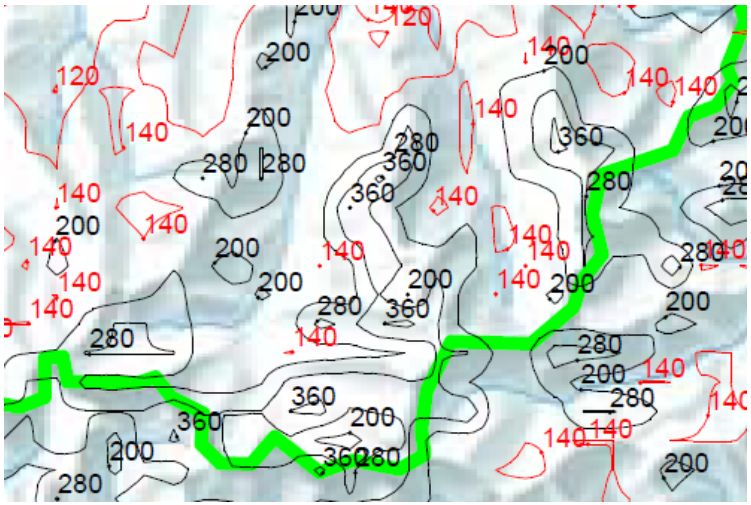
↓

Impact sur l'ouvrage

2. PMP / PMF – Facteurs d'incertitudes

Evaluation de la pluie maximale dans le cadre d'une évaluation PMP / PMF (en Suisse)?





Durée 1 h, secteur sud

Base existante: PMP définie par OFEN, EPFL et Hertig et Labor, janv. 2008 (différents secteurs / durée entre 1h et 24h)

2. PMP / PMF – Facteurs d'incertitudes

Evaluation de la pluie maximale dans le cadre d'une évaluation PMP / PMF (en Suisse)?

→ Permet d'établir des structures de pluies (pluviogrammes) <u>ponctuelles</u>.

Incertitude majeure: ↓

passage d'une pluie « ponctuelle » à une pluie « géographiquement distribuée » sur le bassin versant

Quel abattement faut-il admettre?

Selon les approches utilisées la pluie moyenne (sur le BV) passera du simple au double

2. PMP / PMF – Facteurs d'incertitudes

Evaluation de la pluie maximale dans le cadre d'une évaluation PMP / PMF (en Suisse)?

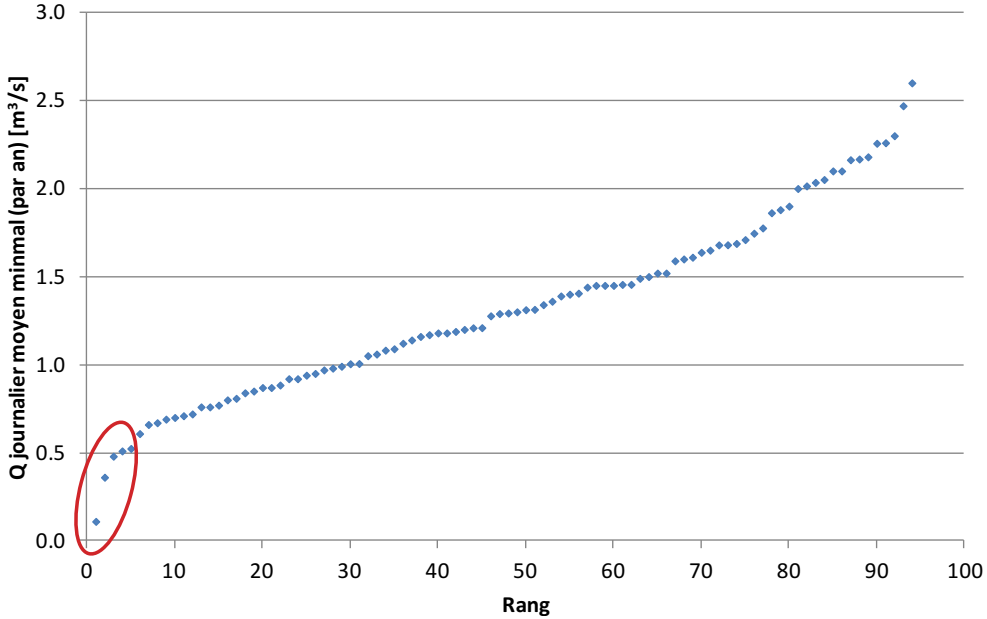
RESULTAT DE CAS CONCRETS:

Selon la localisation, la PMF produite sur la base des cartes PMP (CH) peut présenter un facteur 2 à 5 par rapport à l'approche empirique (1.5 x Crue de projet).

3. Autres cas problématiques (tirés de la pratique)

Etiages sévères

Exemple: Broye (période 1920 – 2013, 392 km²)



Questions: Probabilité d'avoir un débit nul? (effet de seuil?)
Impact de l'activité humaine (STEP versus prélèvement)?

3. Autres cas problématiques (tirés de la pratique)

Impact du réchauffement climatique sur les crues

Réponse actuelle:

→ Le réchauffement climatique aura un impact sur la fréquence des crues

(voir par exemple Meteosuisse 13.06.16).

Question:

→ Quelle augmentation de la crue centennale?

CCHYDRO HQ20, Venoge entre 0% et +80%
HQ20, Areuse entre +5% et +40%

3. Synthèse (besoins de la pratique)

Eléments connus à satisfaction (en CH)*

Paramètre hydrologique	Utilisation
Crue TR <= 1'000 ans	Carte des dangers naturels
	Crue de projet des ouvrages d'accumulation
Courbe des débits classés	Potentiel hydro-électrique (mini-hydro)
	Débit de restitution
	Pompage à fin agricole (irrigation)
(Modèle de prévision)	Divers

*Appréciation parfaitement subjective

3. Synthèse (besoins de la pratique)

*Eléments présentant un haut niveau d'incertitude**

Paramètre hydrologique	Utilisation
PMP	Crue de sécurité des ouvrages d'accumulation
Etiage sévère	Mesure environnemental de soutien à l'étiage (?)
Impact du réchauffement climatique sur les crues	Dimensionnement moyen / long terme des ouvrages de protection contre les crues
	Communication

*Appréciation parfaitement subjective