

LES BARRAGES ARTIFICIELS EN VALLEE D'AOSTE – SURVEILLANCE ET RISQUE

Université Européenne d'Eté «Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique»

RELATEUR: MORENA COLLI



COMPAGNIE VALDÔTAINE DES EAUX
CHATILLON (AOSTE)

«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque



CVA

Le Groupe CVA produit environ trois milliards de kWh par an d'énergie provenant de sources renouvelables: 2,9 milliards provenant de l'hydroélectrique



Centrale Valpelline



Barrage de Place Moulin – Hauteur max barrage m 155 – Capacité totale del la retenue m³ 105.000.000



Prise de la centrale de Lillaz

La puissance installée varie de 1 MW de l'usine Lillaz, la plus petite, à 130 MW de notre usine plus puissante à Valpelline qui utilise l'eau accumulée dans le réservoir de Place Moulin

«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

Barrages artificiels en Vallée d'Aoste surveillance et risque



CVA

84 millions kWh provenant des parcs éoliens (deux parcs éoliens: St Denis en Val d'Aoste et Piansano - Lazio)



«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» *Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14*

**Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque**



CVA

15 millions kWh provenant de la production photovoltaïque (trois installations : Valenza et Alessandria Sud en Piemonte et La Tour en Val d'Aoste)



«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

**Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque**



CVA

Impianti CVA

Les centrales hydroélectriques CVA sont constitués de:



18 centrales à fil de l'eau

9 centrales éclusées

5 centrales à réservoir



Barrage de Place Moulin



Bassin de Brusson

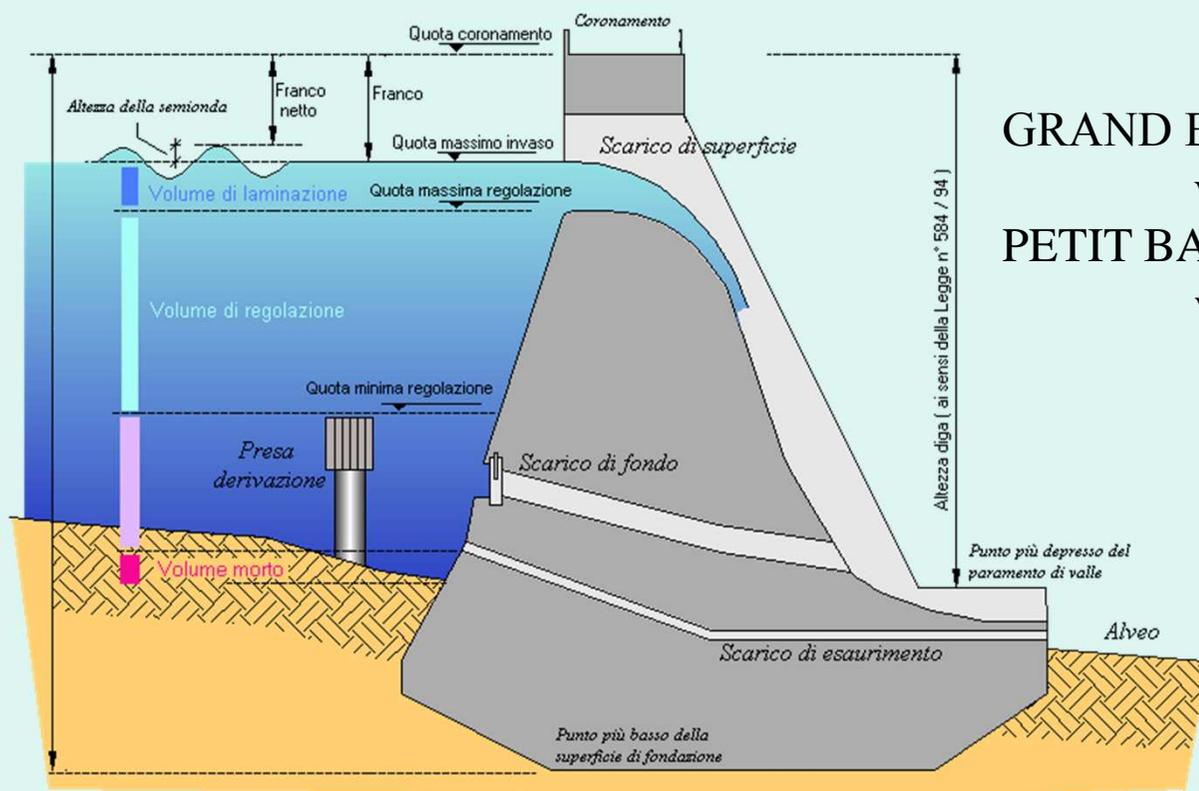
«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» *Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14*

Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque



CVA

L. 494/94 les barrages sont divisés en grands barrages et petits barrages en fonction de l'hauteur du barrage et de la capacité du réservoir.



GRAND BARRAGE hauteur ≥ 15 m **ou**
volume d'eau $\geq 1.000.000$ mc
PETIT BARRAGE hauteur < 15 m **et**
volume d'eau $< 1.000.000$ mc

«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque



CVA



En Italie il y a environ 9000 barrages
(relèvement par satellite effectué par le
Ministère LL.PP. en 1992)

584 barrages relevant de la compétence du
ministère de l'Infrastructure – GRANDS
BARRAGES

le reste des barrages (PETITS
BARRAGES) relevant de la compétence
des autorités locales (Région)

«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque



CVA

En Vallée d'Aoste est la Loi Régionale n° 13 du 23 mars 2010 qui règle la construction, l'exploitation et la surveillance des barrages de retenue et des bassins d'accumulation y afférents, quel qu'en soit l'usage



Centrale et bassin de Covalou



Bassin de La Salle

«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

**Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque**



CVA

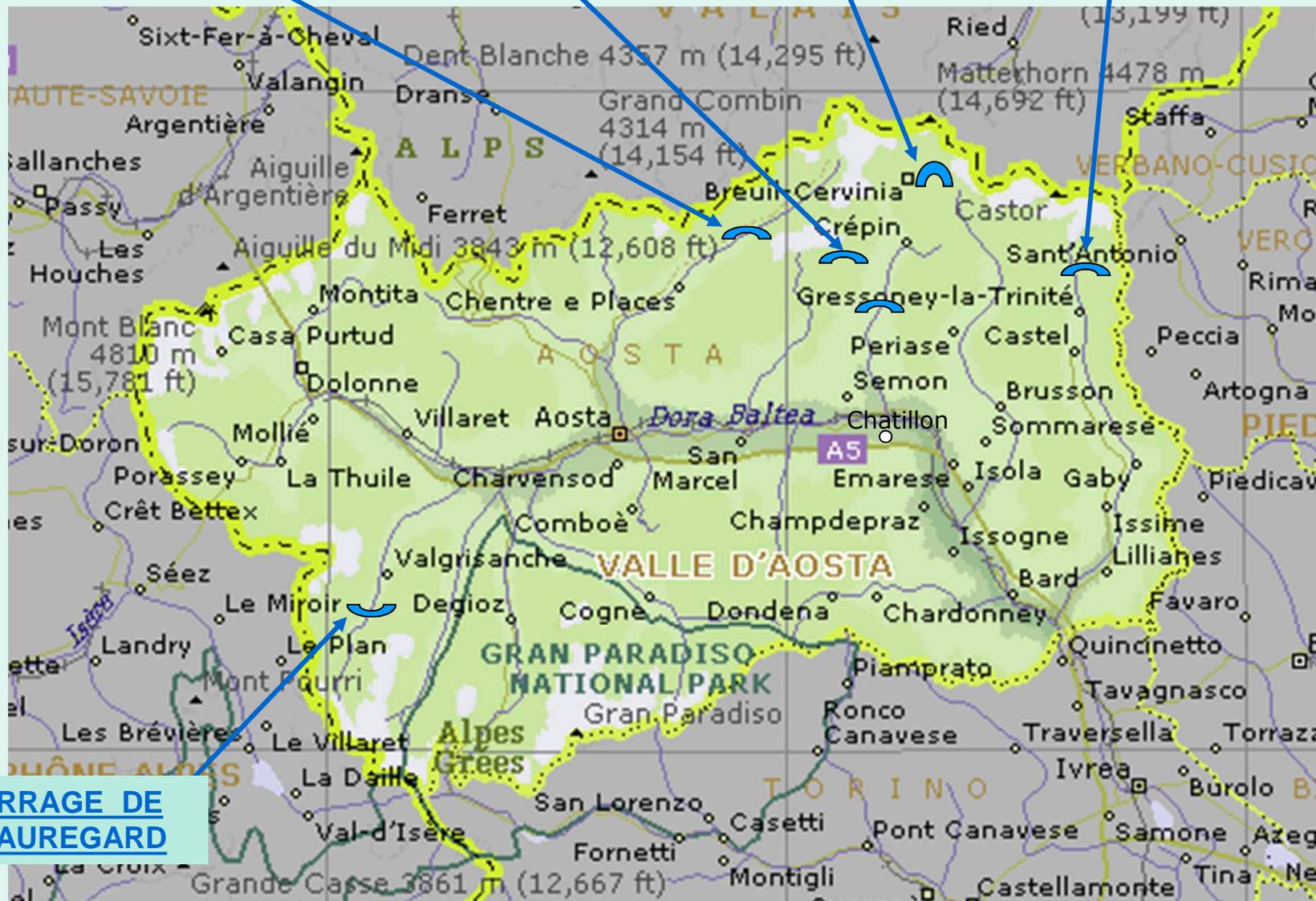
LES PRINCIPAUX BARRAGES DE LA VALLÉE D'AOSTE

PLACE MOULIN

CIGNANA

GOILLET

GABIET



BARRAGE DE
BEAUREGARD

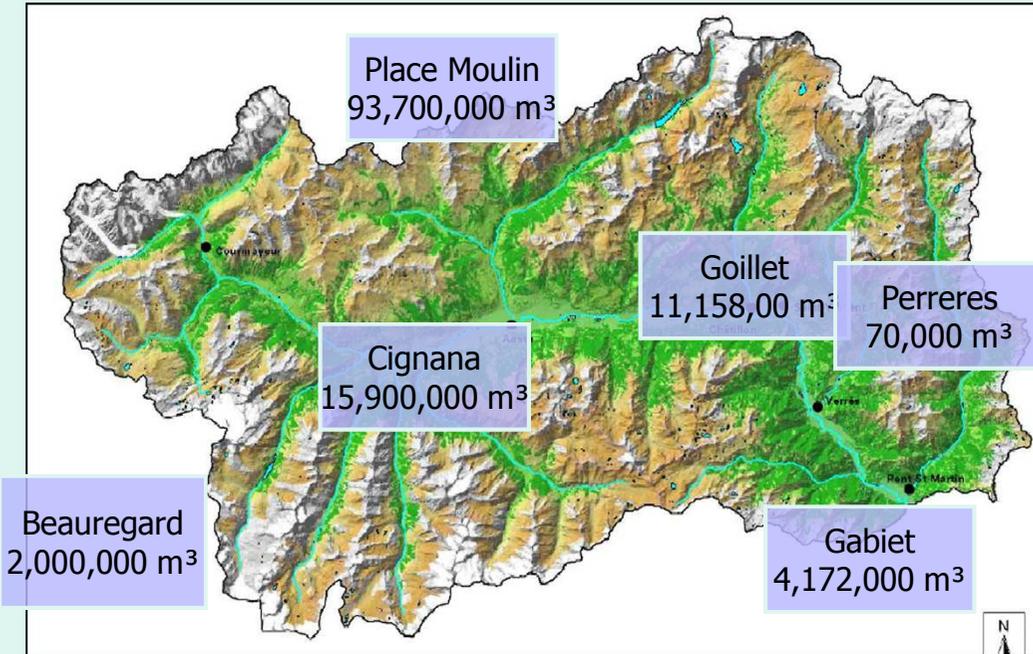
«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque

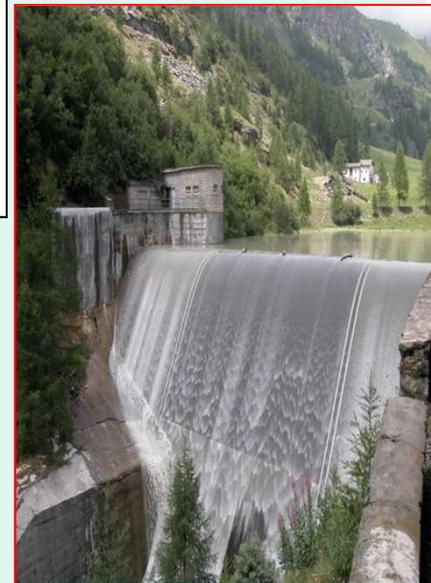
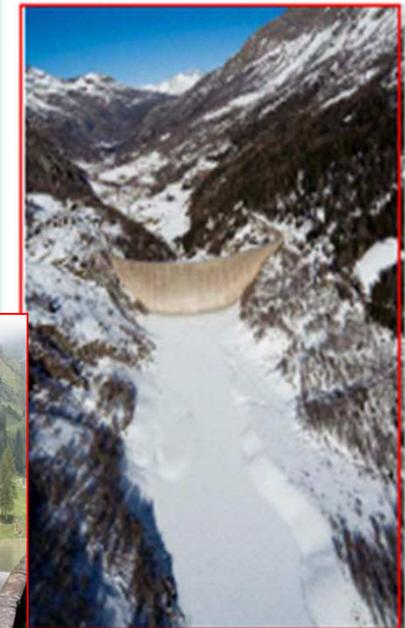


CVA

GRANDS BARRAGES



Barrage de Beauregard –
Volum utile de la retenue
2.000.000 m³



Barrage de Perreres –
Volum utile de la retenue
730.000 m³



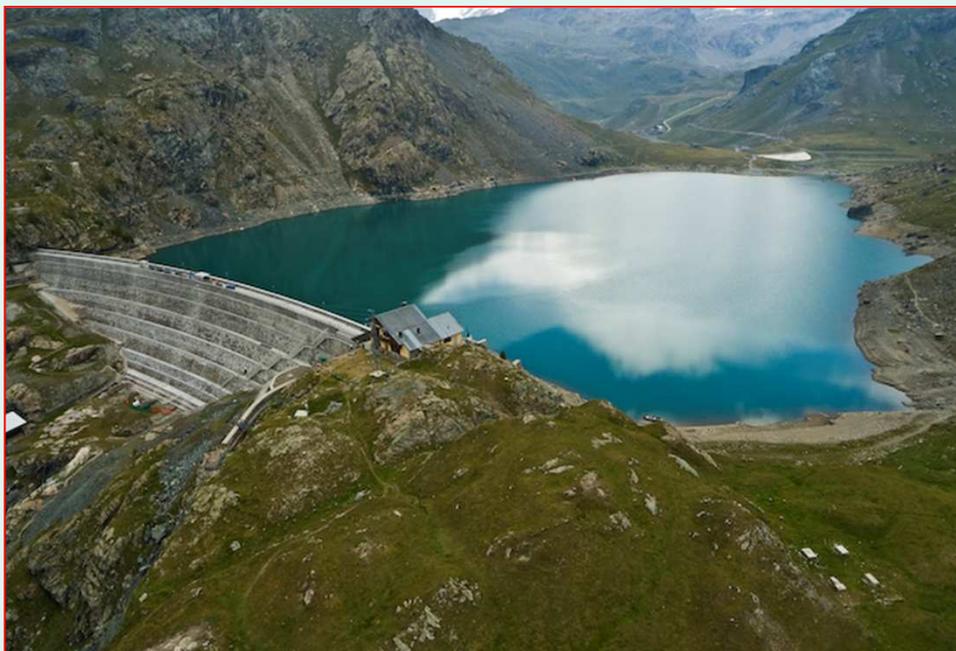
Barrage de Place Moulin
Volum utile de la retenue 93.700.000 m³

«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque

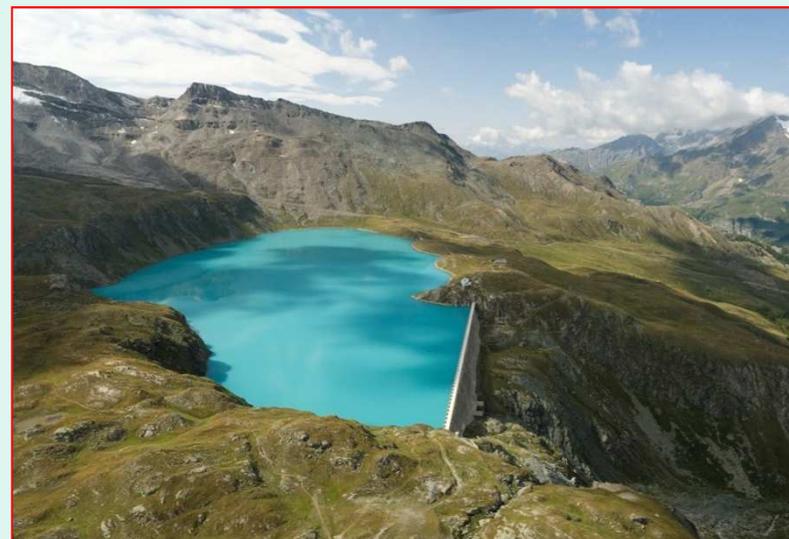


CVA

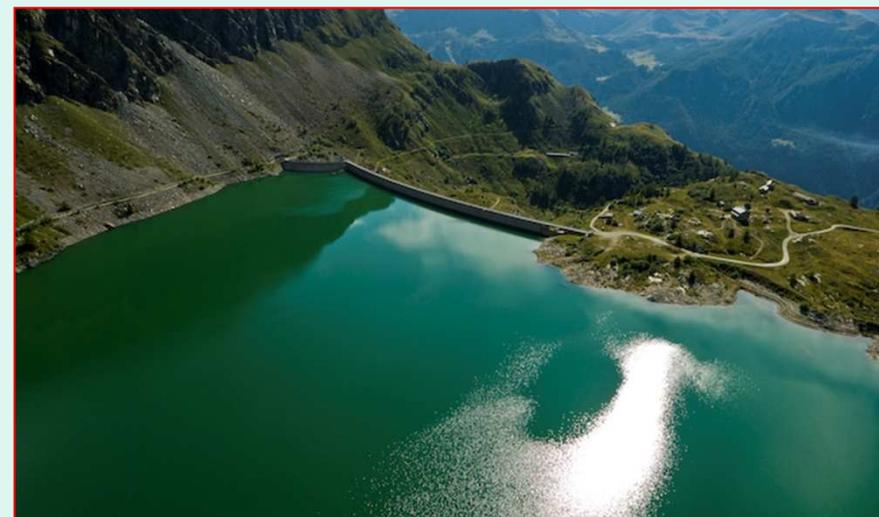


Gabiet – Gressoney La Trinité – 4.172.000 m³

GRANDS BARRAGES



Diga Goillet – Cervinia – 11.158.000 m³



Diga di Cignana – Valtournenche – 4.172.000 m³

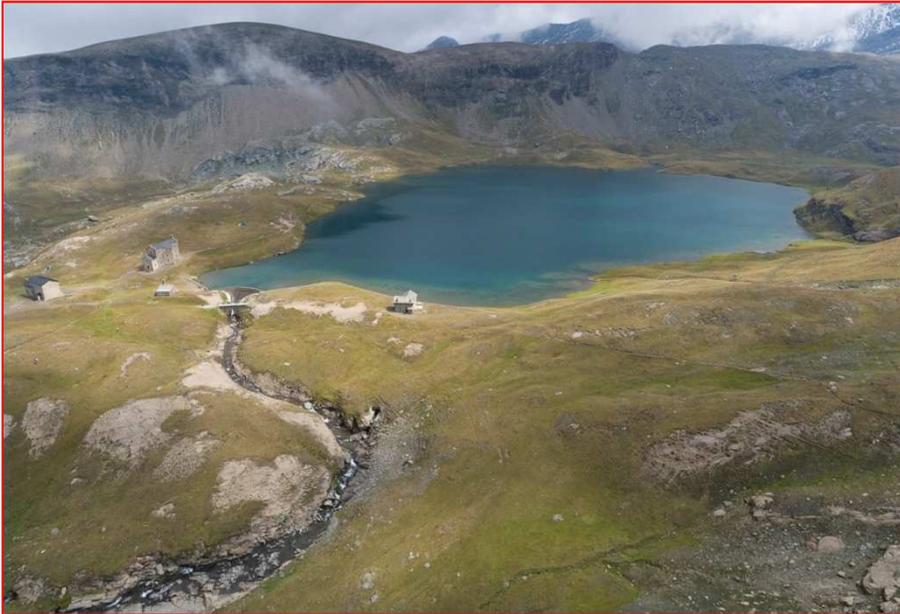
«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque

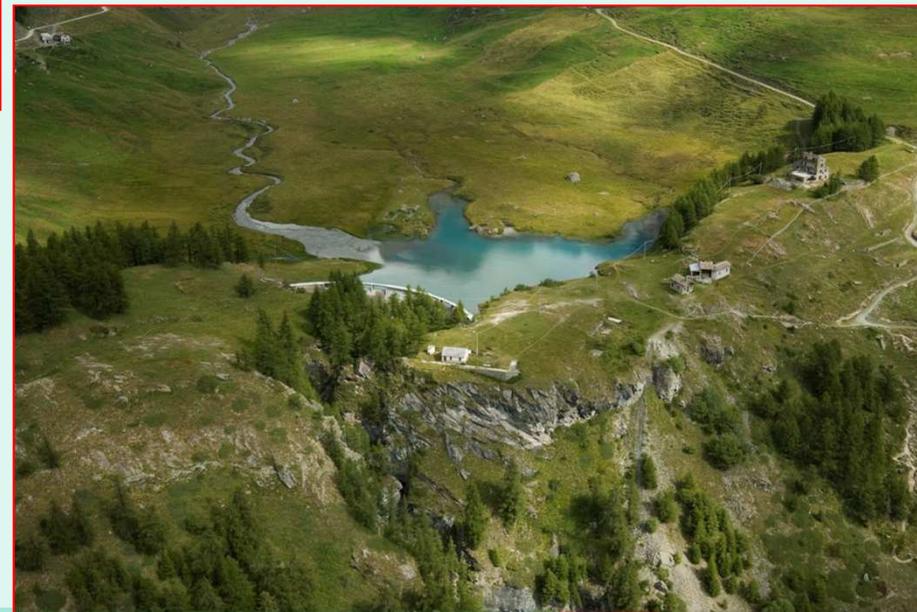


CVA

CVA possède 51 PETITS BARRAGES divisés entre barrages de retenue et bassins d'accumulation



lago Miserin – Champorcher



Diga di By- Ollomont

«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque



CVA

SURVEILLANCE DES BARRAGES

- Le propriétaire du barrage **réalise** des actions permanentes ou périodique de surveillance et des vérifications afin d'assurer la sécurité du barrage
- L'Etat (ou la Région selon la classe du barrage) **vérifie** si le propriétaire a respecté les obligations



Pour tous les barrages les obligations permanentes sont :

- la tenue d'un **registre** où sont notés les contrôles effectués et les évènements particuliers intervenant dans la vie de l'ouvrage
- un **dossier** avec les règles d'exploitation de l'ouvrage, les plans, les consignes de surveillance ordinaires et les épisodes exceptionnels
- l'installation d'un **dispositif d'auscultation**

LE DISPOSITIF D'AUSCULTATION DES BARRAGES

OBJECTIF: vérifier le comportement du barrage et de ses fondations en regard des charges qui les sollicitent

nous pouvons distinguer trois phases différentes :

1. acquisition de mesures sur le terrain
2. validation des mesures (plausibilité des valeurs obtenues)
3. interprétation des données d'auscultation



F.C.E.M.	n. arch. S.N.D.	Rev.	data	pagina
DIGA DI PLACE MOULIN (AO)	156	1	13/10/98	2 di 20

PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI
DIPARTIMENTO PER I SERVIZI TECNICI NAZIONALI
SERVIZIO NAZIONALE DIGHE
UFFICIO PERIFERICO DI TORINO

FOGLIO DI CONDIZIONI PER L'ESERCIZIO E LA MANUTENZIONE DELLA DIGA DI PLACE MOULIN

alla cui osservanza è vincolato il Gestore.

Concessionario e Gestore: ENEL SpA - PDI - ALPI NORD-OVEST

Utilizzazione del serbatoio:
Regolazione annuale per produzione di energia elettrica nella centrale di Valpelline.

Corno d'acqua: Torrente Buthier (affluente del fiume Dora Baltea)
Bacino principale: fiume Po

Amministrazione competente per il Servizio di piano: Magistrato per il Po Regione Piemonte e Valle d'Aosta

Località: Place Moulin
Comune: Bionaz
Provincia: Aosta

Coordinate (rispetto al meridiano di Roma Monte Mario) della linea mediana del coronamento:

punto centrale	latitudine	45° 53' 48"	longitudine	-4° 57' 51"
spalla destra	latitudine	45° 53' 55"	longitudine	-4° 58' 03"
spalla sinistra	latitudine	45° 53' 39"	longitudine	-4° 57' 57"

Grado di sismicità del sito: non sismico

ENEL Produzione SpA
Direzione Produzione Alpi Nord Ovest
CHATILLON
Giulio Guarneri

Giulio Guarneri



F.C.E.M.	n. arch. S.N.D.	Rev.	data	pagina
DIGA DI PLACE MOULIN (AO)	156	1	13/10/98	3 di 20

ART. 1 - POSIZIONE AMMINISTRATIVA

- decreto di concessione derivazione d'acqua disciplinare di concessione n° 357 del 06.12.55 e n. 143 del 11.05.59 dato non disponibile
- progetto esecutivo in data 1.08.1959 con voto della IV Sezione del CSLLPP. n° 49 del 20.05.60
- varianti al progetto esecutivo e approvazioni 15.06.1961 voto IV Sez. del CSLLPP. n. 597 del 27.02.63
- 31.05.1963 voto IV Sez. del CSLLPP n. 88/2095 del 17-04-1964
- data di consegna dei lavori 1 Giugno 1961
- data ultimazione dei lavori 1 Luglio 1965
- data inizio invasi sperimentali 1 Settembre 1963
- data inizio esercizio normale 15 Ottobre 1969
- data certificato di collaudo ai sensi del DPR.1.11.1959n°1363 15 Ottobre 1969
- Limitazioni di invaso (motivi ed estremi del provvedimento di limitazione):

per contenere le perdite e le sottopressioni in fondazione, con procedura attivata dal 1986 il serbatoio viene gestito con quota di massima regolazione corrispondente a 1961.00 m s.l.m. Per eventi eccezionali, non deve essere superata la quota 1964.50 m s.l.m. corrispondente alla quota di soglia delle paratoie a ventola, le quali vengono mantenute costantemente abbattute.

ENEL Produzione SpA
Direzione Produzione Alpi Nord Ovest
CHATILLON
Giulio Guarneri

ART. 2 - DATI PRINCIPALI DELLA DIGA DESUNTI DAL PROGETTO APPROVATO

- altezza della diga (ai sensi del D.M. 24.03.'82) 155,00 m
- altezza della diga (ai sensi della L. 584/94) 143,50 m
- altezza di massima ritenuta 142,50 m
- quota coronamento 1970,00 m s.m.
- franco (ai sensi del D.M. n° 44 del 24.03.'82) 1,00 m
- sviluppo del coronamento 678,00 m
- volume della diga 1.510.000 m³
- grado di sismicità assunto nel progetto non sismico
- classificazione ai sensi del D.M. 24.03.82 A-b-2

Giulio Guarneri

F.C.E.M.	n. arch. S.N.D.	Rev.	data	pagina
DIGA DI PLACE MOULIN (AO)	156	1	13/10/98	14 di 20

- Modalità di attivazione del sistema di segnalazione acustica:
 - il tempo di emissione del segnale acustico deve essere di 3 minuti primi;
 - l'inizio dell'apertura parziale del primo scarico azionato deve avvenire al termine del segnale acustico;
 - nel caso di manovre d'apertura successive, i dispositivi di segnalazione acustica devono essere azionati solo se dette manovre intervengono dopo 30 minuti primi dal termine della precedente manovra. Eventuali manovre di chiusura parziale o totale sono inutili ai fini del conteggio di detto intervallo di tempo.

- Dispositivi antintrusione:
 - recinzione con cancelli metallici con chiusura a chiave in sponda destra, porte metalliche con chiusura a chiave per l'ingresso ai cunicoli e alle camere di manovra. Entro un anno dalla sottoscrizione del presente Foglio Condizioni, gli accessi dovranno essere dotati di allarmi in grado di allertare il personale di guardia nelle ore non lavorative.

ART. 6.2 - CONTROLLO: OSSERVAZIONI E MISURE

Il Gestore esegue controlli e rilievi periodici con frequenza non inferiore alla frequenza prevista nel presente foglio. In occasione di eventi meteorologici ed idrologici (pieno) di particolare importanza i suddetti controlli dovranno essere opportunamente intensificati.

ART. 6.2.1 - Numeri, tipo e localizzazione delle apparecchiature di controllo
Sono di seguito indicati il numero, il tipo e la localizzazione delle apparecchiature di controllo, nonché le specie e la frequenza dei rilievi per:

a) gli spostamenti della struttura:

- **rimisuramenti**
 - n. 20 stazioni pendolo, con frequenza settimanale delle letture, delle quali:
 - 8 in centro diga (conco 1-2); le stazioni B q.1806 pendolo diritto; D q.1846 pendolo diritto.; q. 1846 pendolo rovescio sono collegate al sistema di acquisizione automatico ESSDI;
 - 6 in parte destra (conco 26-28); le stazioni B q.1906 pendolo diritto; D q.1865 pendolo diritto.; q. 1865 pendolo rovescio sono collegate al sistema di acquisizione automatico ESSDI;
 - 6 in parte sinistra (conco 25-27); le stazioni B q.1906 pendolo diritto; D q.1862 pendolo diritto.; q. 1862 pendolo rovescio sono collegate al sistema di acquisizione automatico ESSDI;

Per pubblicazione dei punti di misura e la loro codifica, si rimanda all'Allegato C pag. 9, 10, 11, 12.

- triangolazioni con frequenza quindicinale, salvo innevamento, su n. 3 punti ubicati nel coronamento controllati da 2 caposaldi ubicati in sponda destra.

Per pubblicazione dei punti di misura e la loro codifica, si rimanda all'Allegato C pag. 13.

ENEL Produzione SpA
Direzione Produzione Alpi Nord Ovest
CHATILLON
Giulio Guarneri



LE SYSTEMÈ DE MESURES

F.C.E.M.	n. arch. S.N.D.	Rev.	data	pagina
DIGA DI PLACE MOULIN (AO)	156	1	13/10/98	11 di 20

alimetrici

- i rilievi saranno eseguiti mediante livellazione di precisione con frequenza delle letture mensile, salvo innevamento:
 - piazzale caposaldi A-P, frequenza mensile;
 - coronamento caposaldi A-P, frequenza mensile;
 (per l'ubicazione dei punti di misura e la loro codifica si rimanda all'Allegato C pag. 15)

rotazioni e dilatazioni

- catena livellometrica a vasi comunicanti con n. 2 punti di misura installati nel cunicolo radiale a quota 1845 e collegati al sistema di acquisizione automatica ESSDI con frequenza mensile delle letture (Allegato C pag. 17);
- n.3 catene clinometriche dalle quali si ricava la rotazione media su lunga base, con frequenza quindicinale delle misure (Allegato C pag. 21, 22);
- n. 6 estensimetri bidirezionali ubicati in corrispondenza dei giunti traversati cunicolo a quota 1941 e collegati al sistema di acquisizione automatica ESSDI con frequenza mensile delle letture (Allegato C pag. 18);
- n. 10 estensimetri monodirezionali ubicati in corrispondenza del giunto perimetrale di cui 5 nel cunicolo a quota 1890 e 5 nel cunicolo perimetrale a quota 1845 e collegati al sistema di acquisizione automatica ESSDI con frequenza mensile delle letture (Allegato C pag. 18).

le deformazioni della formazione d'impenta

- con frequenza delle letture come di seguito specificato:
 - n. 2 extensimetri a lunga base verticali a due aste installati lungo il cunicolo perimetrale (Allegato C pag. 19) con frequenza delle letture quindicinale;
 - n. 3 extensimetri a lunga base ad aste verticali installati lungo il cunicolo perimetrale con aste lunghe 10, 30 e 50 m ciascuno dotato di sensori collegati al sistema di acquisizione automatica ESSDI (Allegato C pag. 29) con frequenza delle letture quindicinale;
 - n. 2 extensimetri a lunghissima base, con tre aste ciascuno disposto a tripode, installati alle reni lungo il cunicolo perimetrale (Allegato C pag. 30) con frequenza delle letture mensile;
 - n. 3 extensimetri (telecoricimetri) orizzontali (Allegato C pag. 31) con frequenza delle letture mensile;

gli spostamenti delle sponde

- n. 6 mire con prima ubicata in sponda sinistra controllate nel periodo estivo mediante misura distanziometrica con frequenza mensile delle letture (Allegato C pag. 14).
- livellazione di precisione (Allegato C pag. 16);
- sponda destra caposaldi 7-26, frequenza semestrale

ENEL Produzione SpA
Direzione Produzione Alpi Nord Ovest
CHATILLON
Giulio Guarneri



Foglio di Condizioni per l'Esercizio e la Manutenzione: document qui règle les mesures à mettre en place

«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

Barrages artificiels en Vallée d'Aoste surveillance et risque



CVA

Le dispositif d'auscultation doit mesurer tous les manifestations, les facteurs et les variables afin de permettre de distinguer clairement le comportement mécanique et hydraulique de la structure et de sa fondation

CAUSES:

- **poussée hydrostatique**
- **temperature**
- **conditions météorologique (pluviométrie, neige...)**
- **Stabilité des versants**
- **Risques d'avalanche et chutes de glaces**

CONSEQUENCES:

- **déformations**
- **mouvements**
- **infiltrations**
- **sous-pressions**
- **Pressions interstitielles**



Instruments de mesure: sollicitations extérieures



ACQUISITEUR PLUVIOMETRIE ET NEIGE



ACQUISITEUR METEO

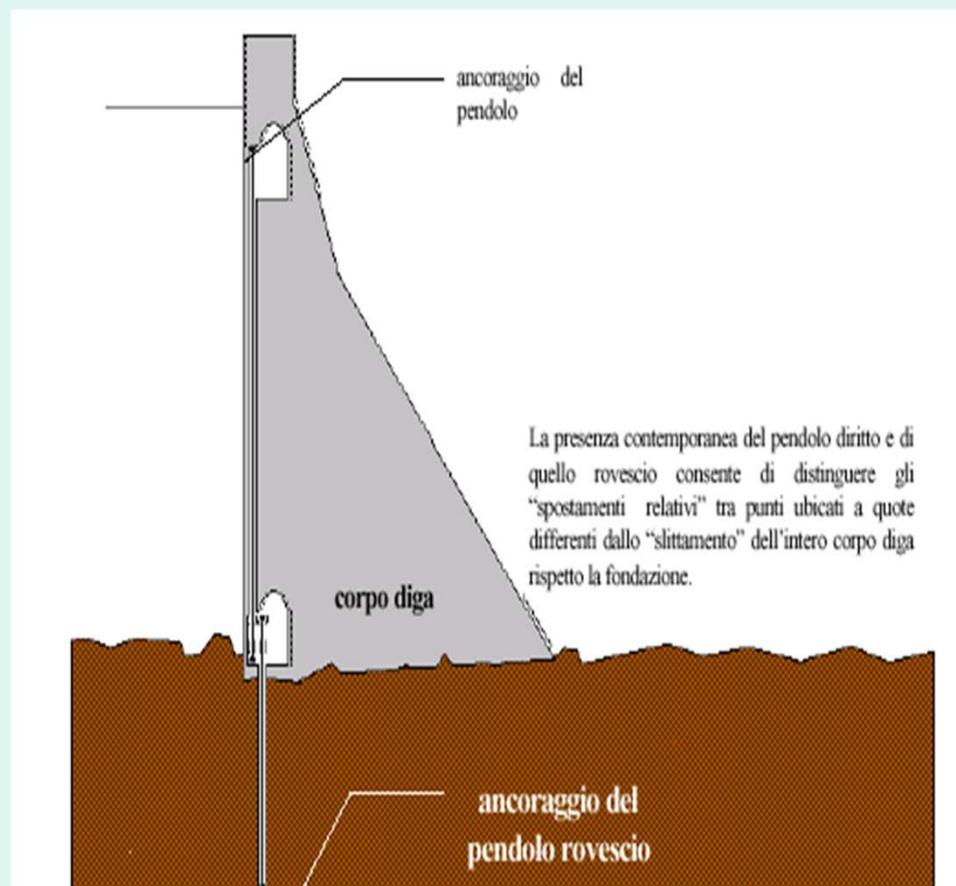
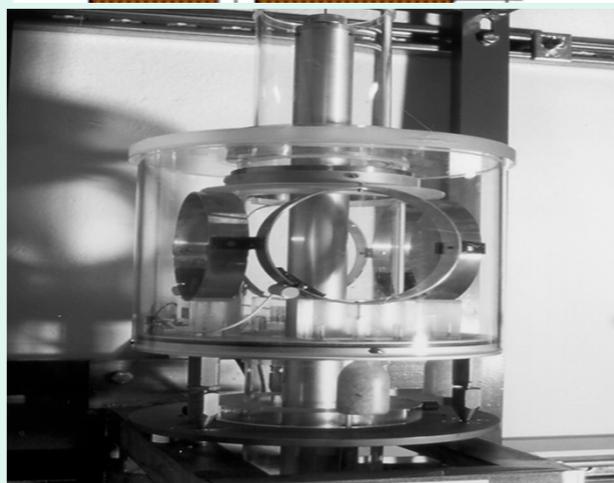
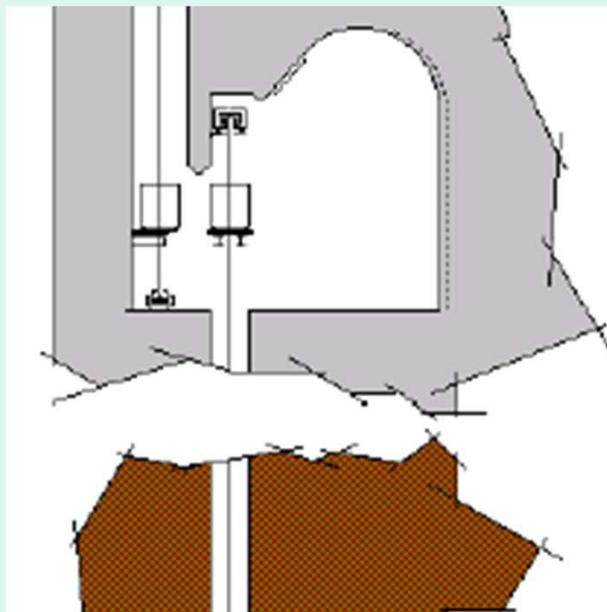
«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque



CVA

Instruments de mesure: déplacements horizontaux



**PENDULE DIRECT ET/OU INVERSE
(déformation horizontale/tangentielle/
radiales**

«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque



CVA

Instruments de mesure: déplacements horizontaux

SCHEMI TIPICI DI UTILIZZAZIONE DEL SISTEMA DI COLLIMAZIONE NEL CONTROLLO DIGHE

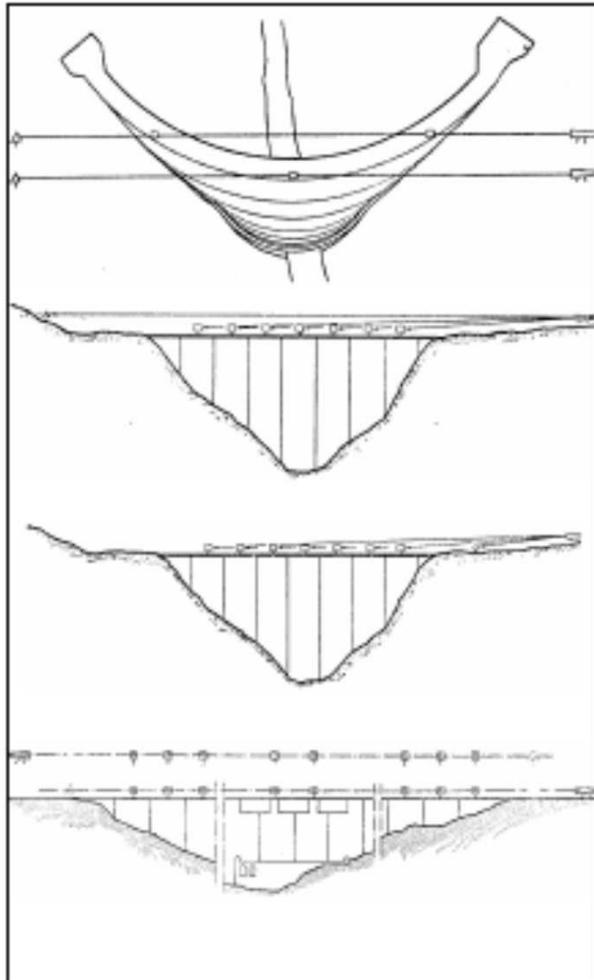


Fig. 4 Diga ad arco controllo del punto chiave e di due punti alle reni.

Fig. 5 Diga a gravità; Mira di riferimento sulla sponda opposta alle stazioni del collimatore.

Fig. 6. Schema di principio delle misure Mira di riferimento e stazione collimatore sulla stessa sponda.

Fig. 7 La stessa stazione utilizzata sia come base collimatore che come riferimento. Questo schema consente l'esecuzione di misure inverse di controllo

METHODE GEODESIQUES (mesures d'angles et distances sur cibles extérieures ou visées par alignement)

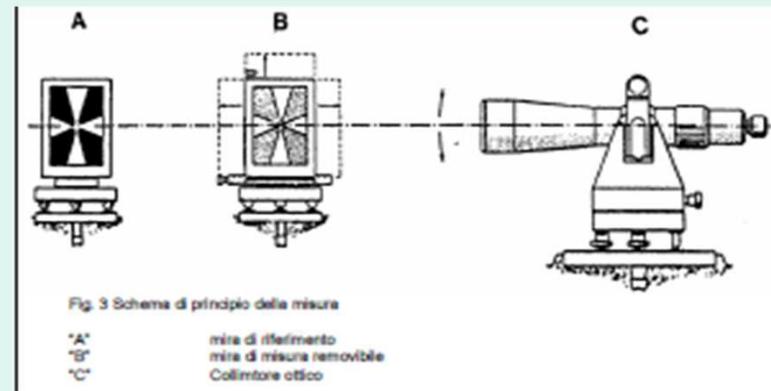


Fig. 3 Schema di principio della misura

"A" mira di riferimento
"B" mira di misura removibile
"C" Collimatore ottico



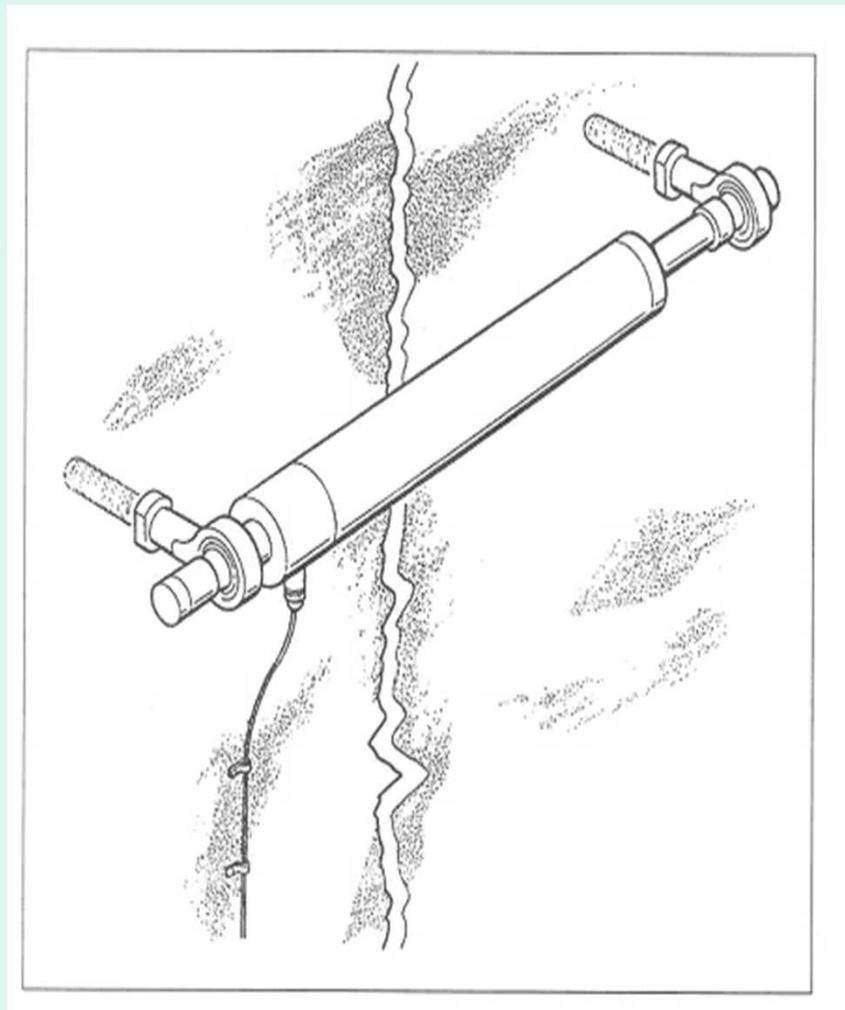
«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque

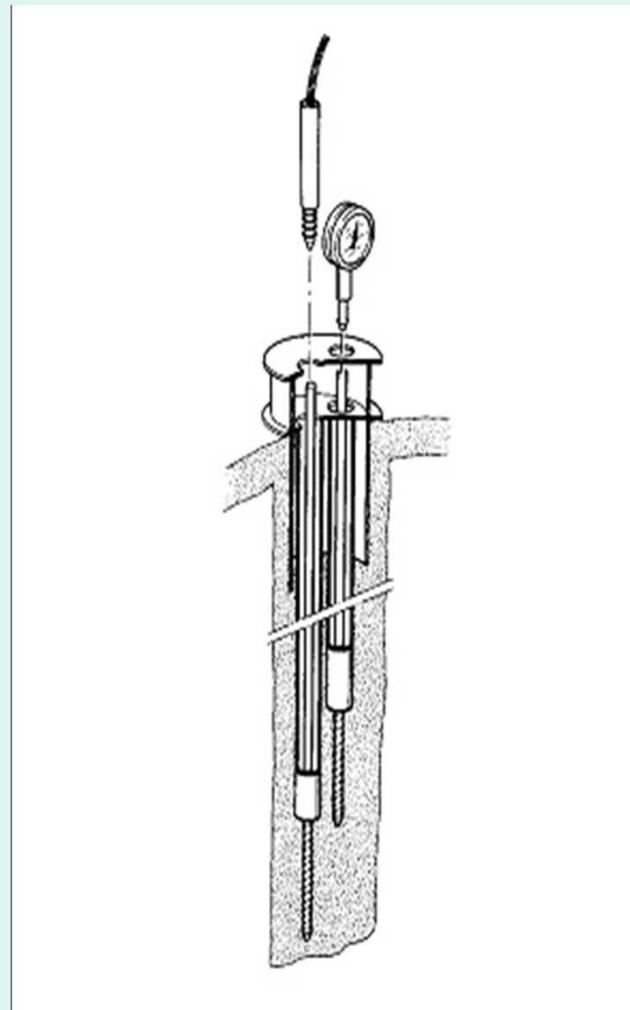


CVA

Instruments de mesure: déformations locales



jointmètre



Extensomètre en fondation

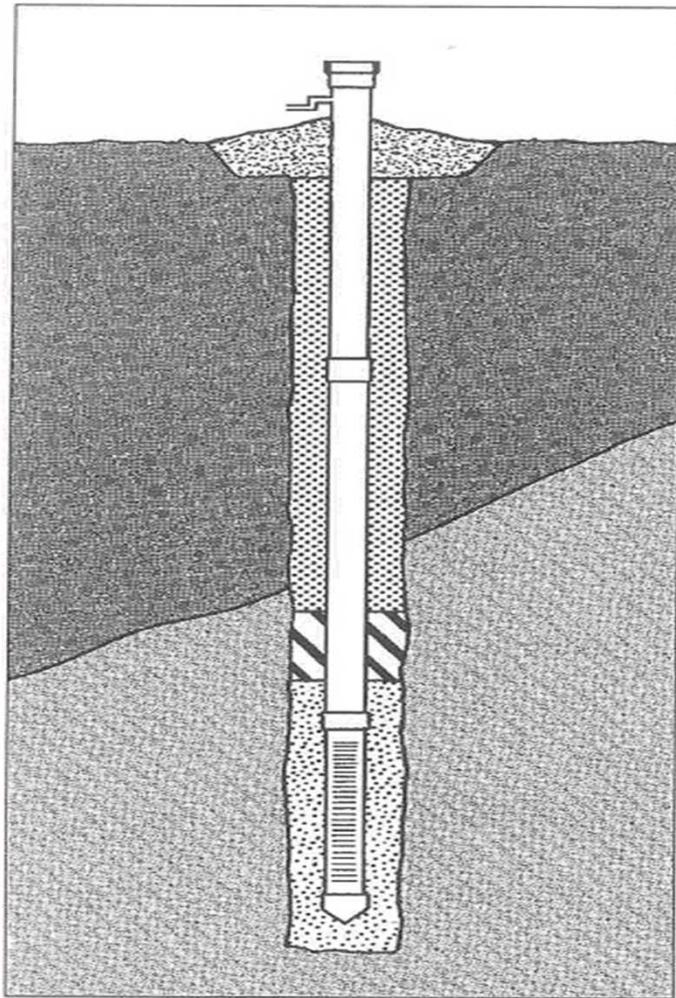
«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque



CVA

Instruments de mesure



Mesures des pressions: Piézomètre



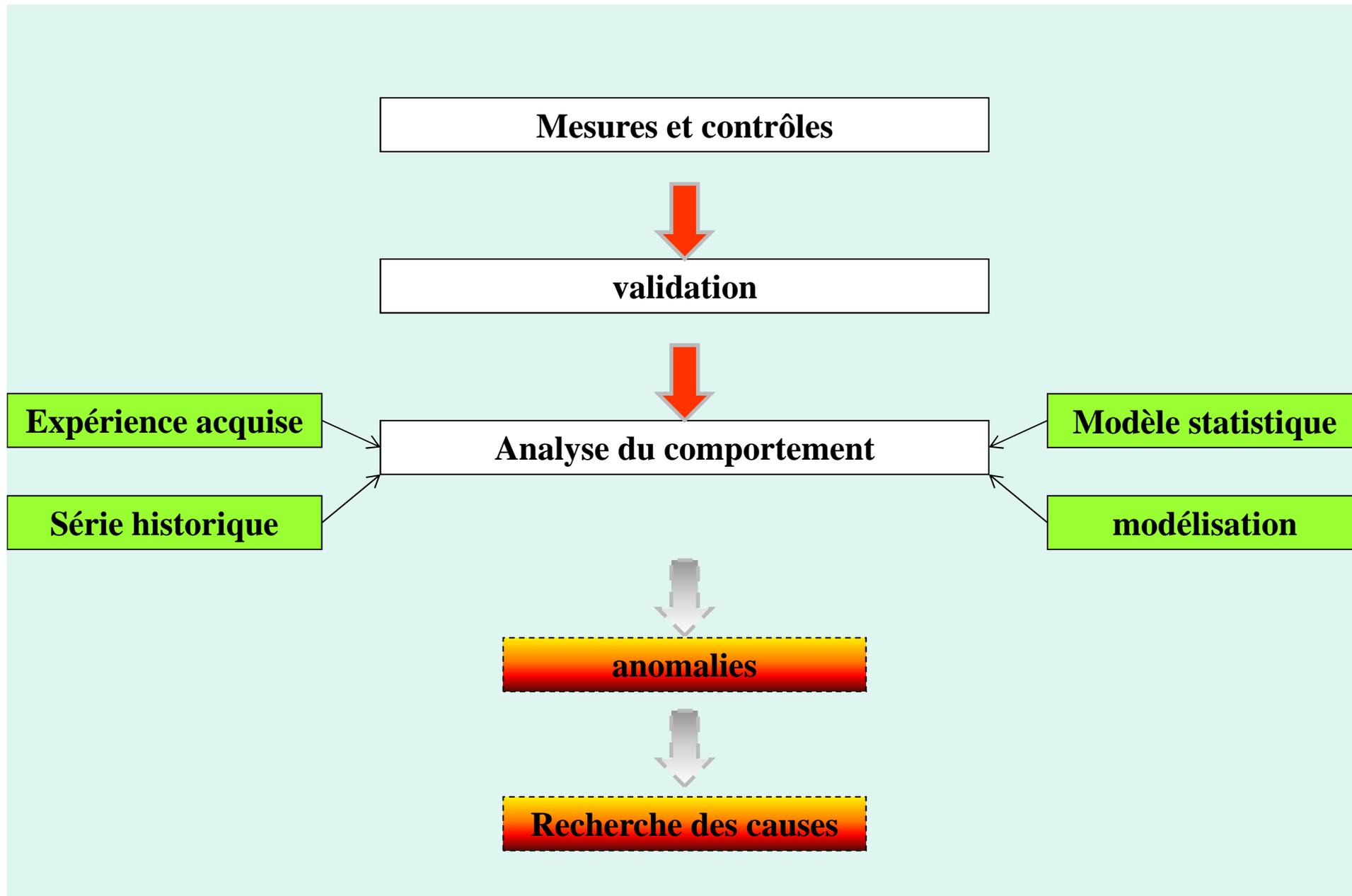
Déversoir pour la mesure des percolations

«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque



CVA



«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque

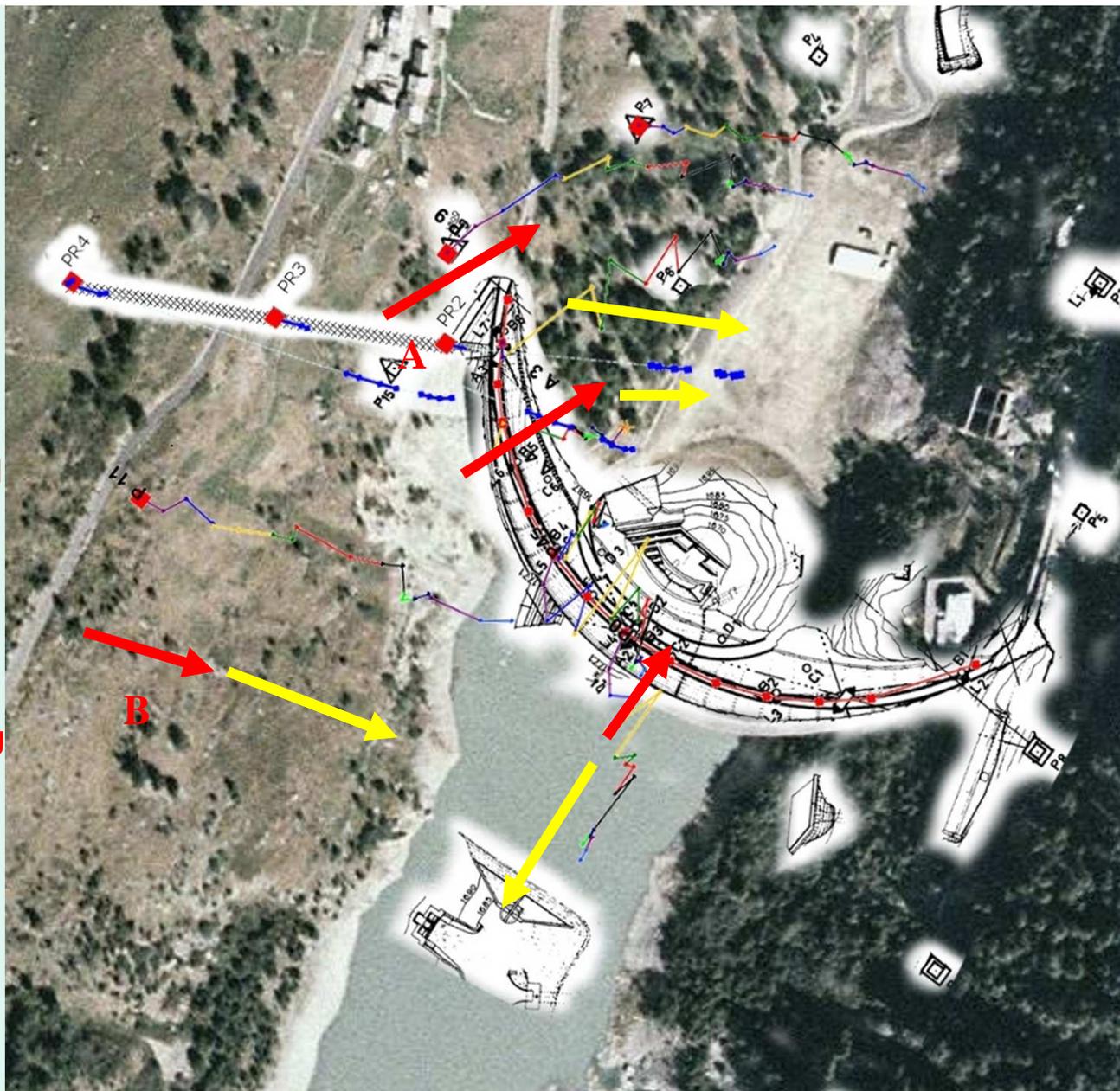


CVA

MISE EN EAU

PENDANT LES PREMIÈRES 3 MISES EN EAU (1730, 1760 ET 1770 m s.l.m.) ON A EU UNE DIFFÉRENTE DIRECTION DU MOUVEMENT DE LA COULÉE GAUCHE DU BARRAGE (A) ET DU VERSANT (B)

À PARTIR DE 1963 (VAJONT) ON A TOUJOURS EU UN NIVEAU D'EAU RÉDUIT À 1730 OU À 1710 MÈTRES AU-DESSUS DU NIVEAU DE LA MER AUJOURD'HUI LE RESERVOIR EST EXPLOITÉ AVEC UN NIVEAU NORMAL DE RETENUE DE 1702 MÈTRES AU-DESSUS DU NIVEAU DE LA MER

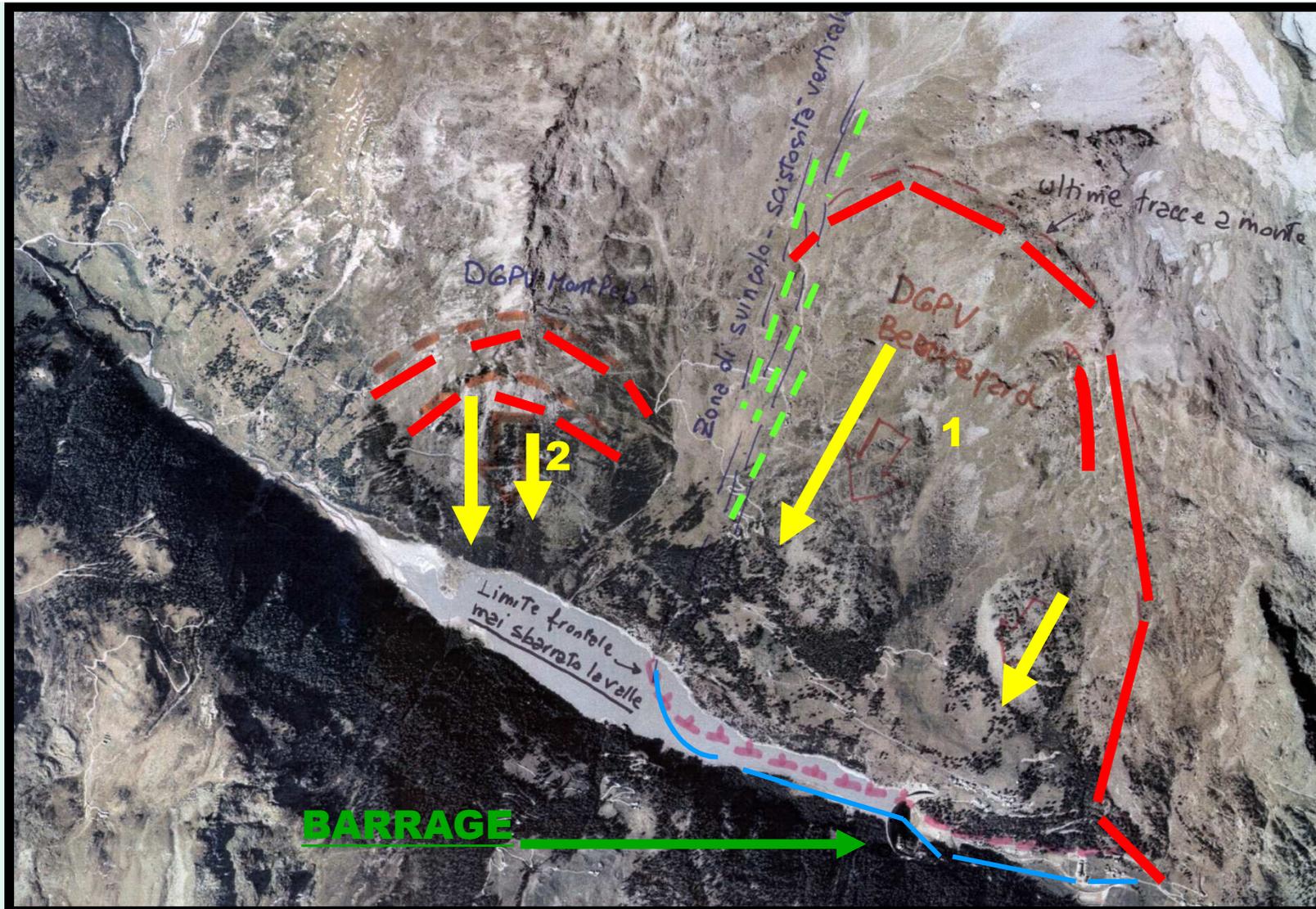


«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque

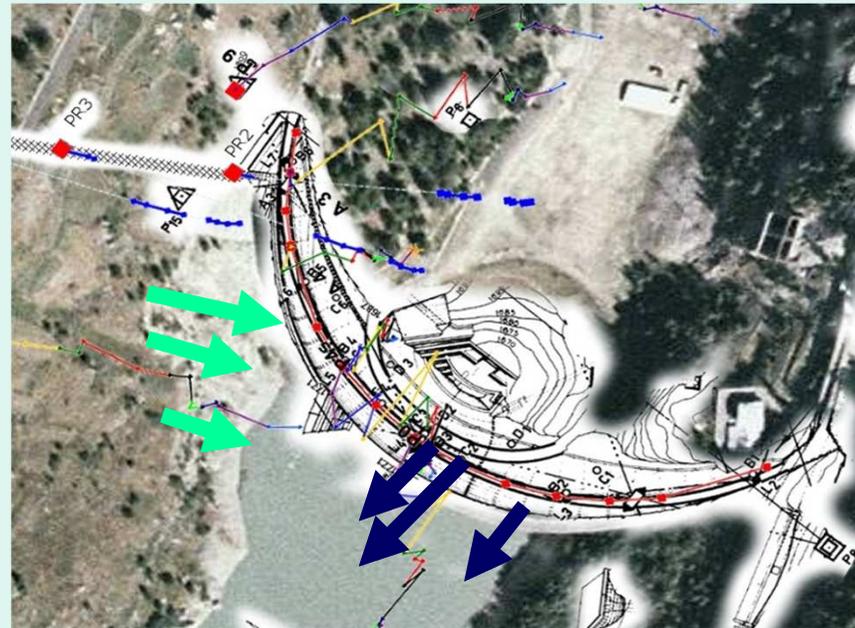


CVA



- Les DGP du versant gauche sont deux, séparées par une bande de micaschistes à schistosité verticale.
- 1 est plus ancienne, elle est d'origine post glaciaire (10.000 années) et elle arrive jusqu'à environ 3000 m d'altitude.
- Elle n'a jamais barré la vallée car le mouvement n'a jamais eu une accélération (pendant 10.000 années!).
- C'est un glissement lent de plus de 200 millions de mètres cubes de matériel.

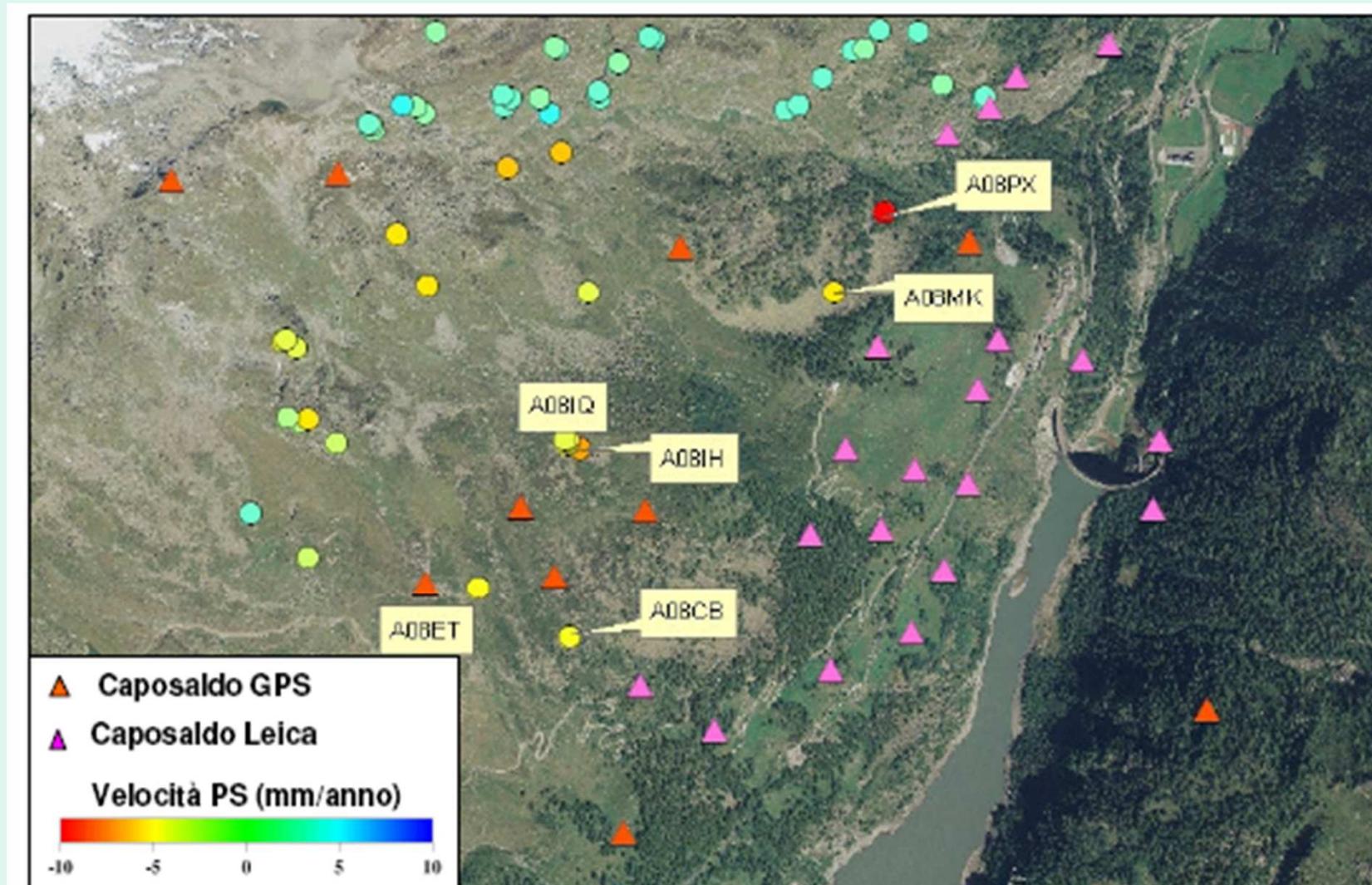
**LE MOUVEMENT
PRODUIT PAR LE
VERSANT GAUCHE (-)A
PROVOQUÉ UN
PROGRESSIF
MOUVEMENT DU
COURONNEMENT
VERS L'AMONT (-)**



**ET EN CONSÉQUENCE
UNE PROGRESSIVE
FISSURATION
DU BARRAGE (-)**



SYSTÈMES POUR LE CONTRÔLE DU GLISSEMENT



LEGENDE:



GPS



DISTANTIOMETRE
AUTOMATIQUE



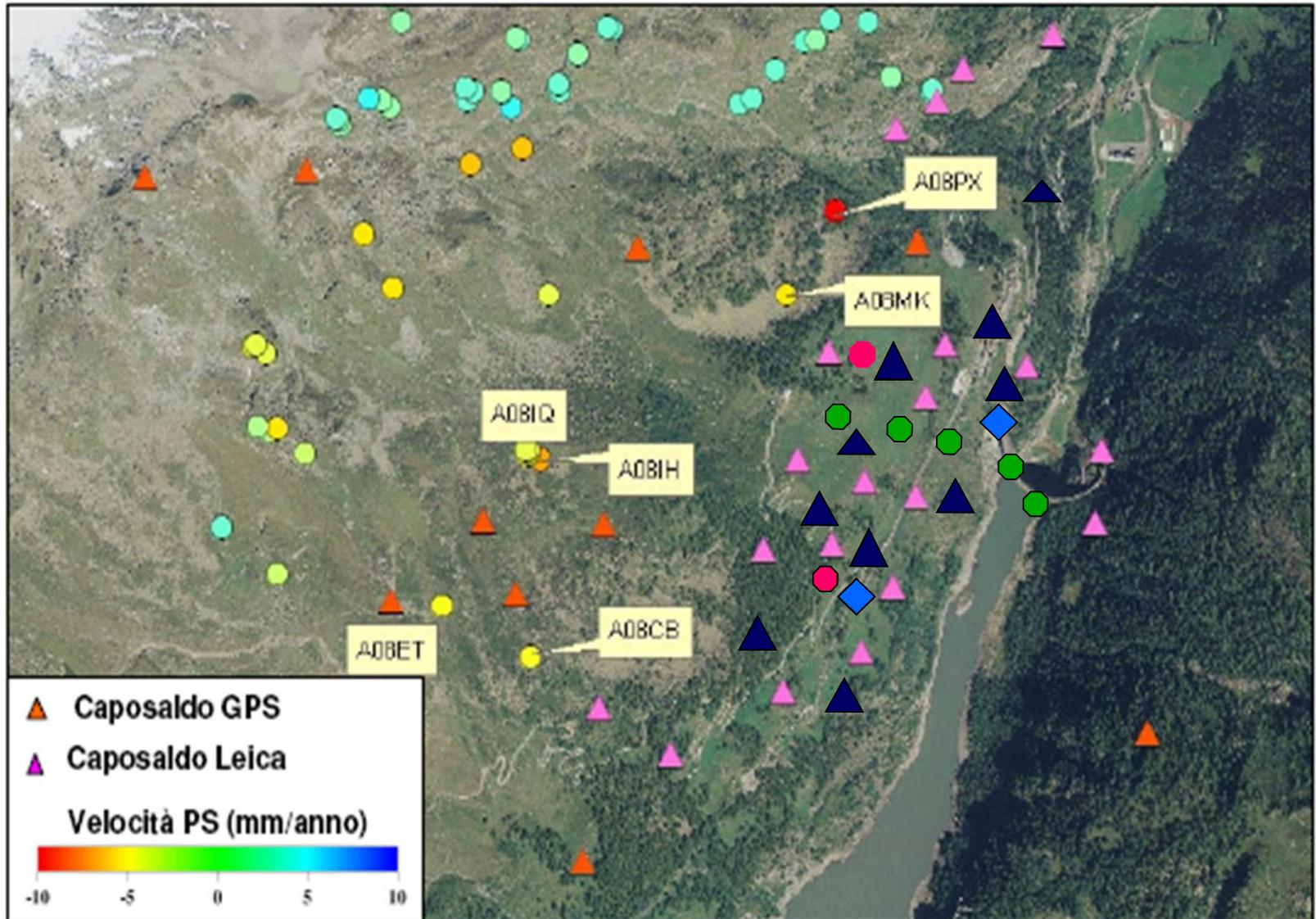
PERMANENTS
SCATTERS

«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque



CVA



FORAGE



PENDULE

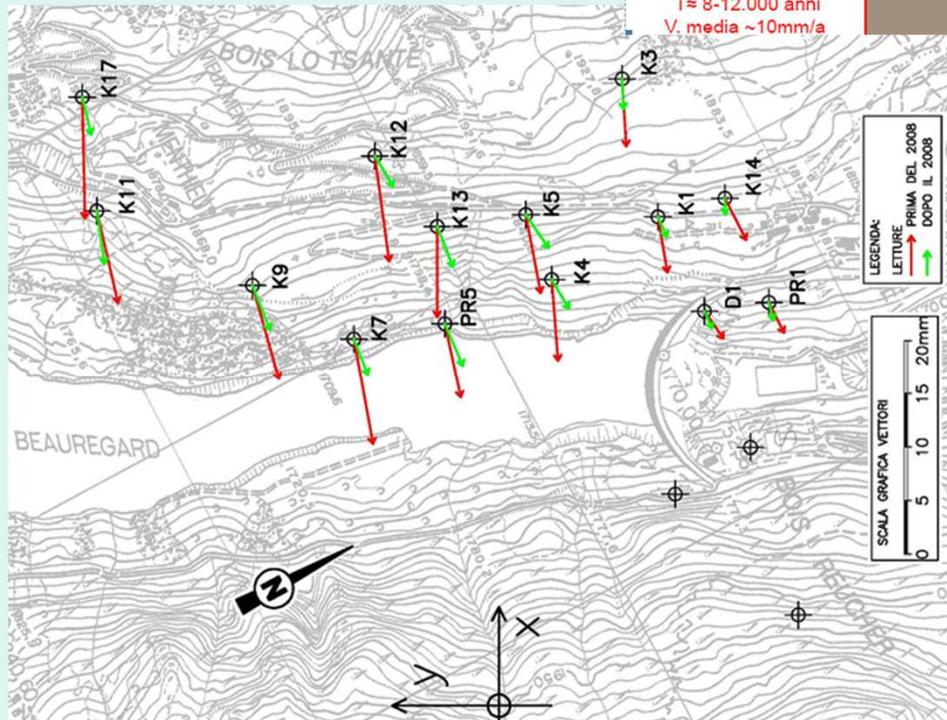
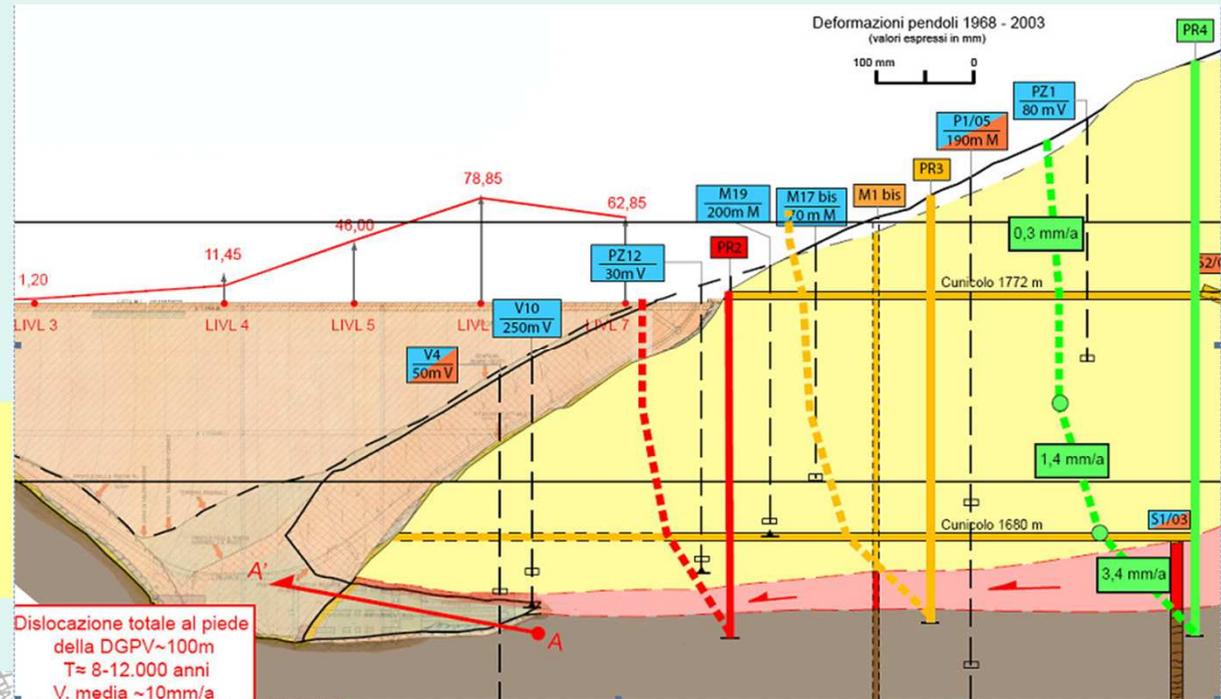


INCLINOMETRE



PIEZOMETRE

Pendules, forages, tomographie ont identifié la surface de glissement

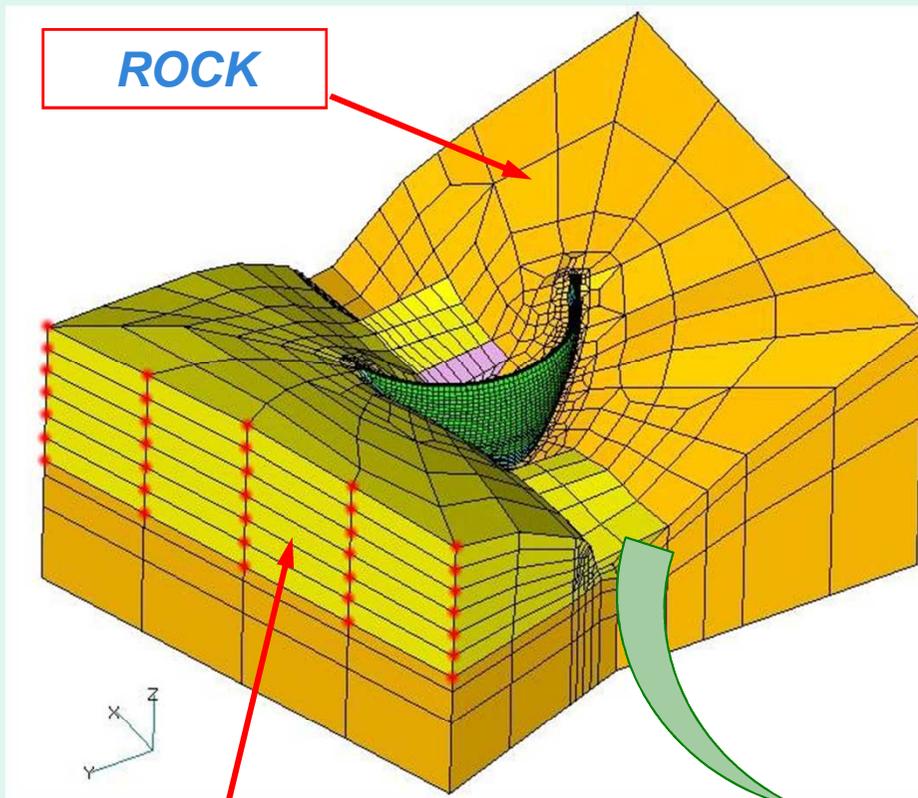


Vecteurs de déplacement mesurés aux cibles sur le versant avec station LEICA

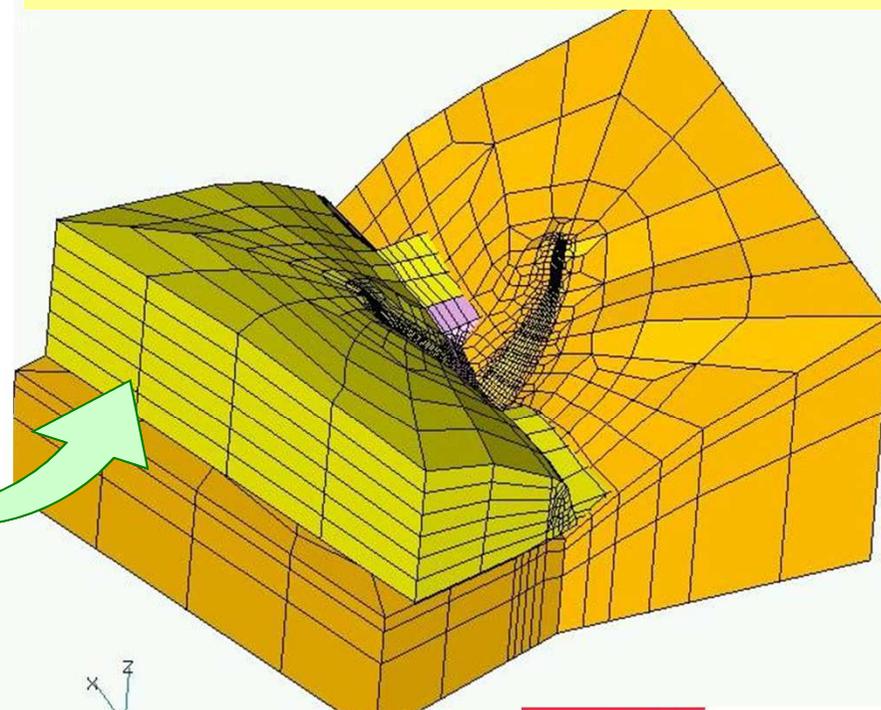
MODÈLE À ÉLÉMENTS FINIS: POUR ÉVALUER LES CONSÉQUENCES DU GLISSEMENT SUR LE BARRAGE.

La modélisation a été réalisée par les ingénieurs G. Mazzà et A. Frigerio de RSE de Milan

ON A INDIQUÉ EN ROUGE LES NŒUDS OÙ L'ON A IMPOSÉ LE GLISSEMENT MESURÉ PAR LE SYSTÈME INSTALLÉ SUR LE VERSANT



SLIDING ROCK MASS



«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

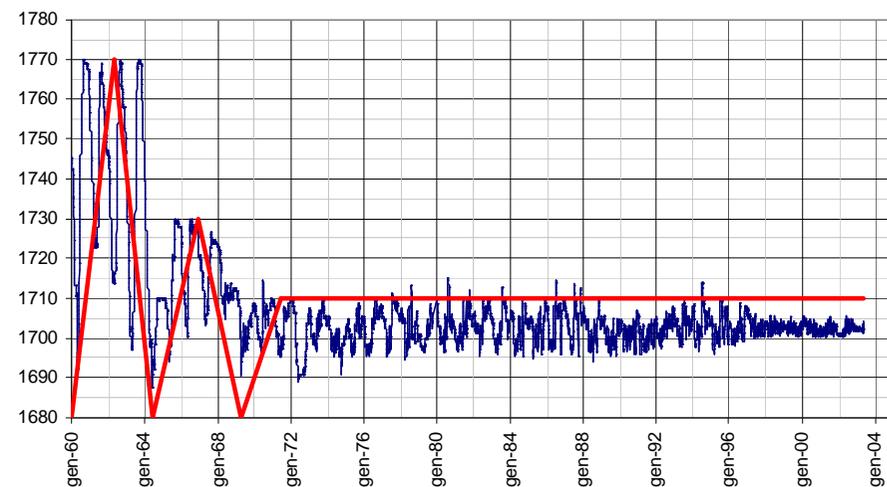
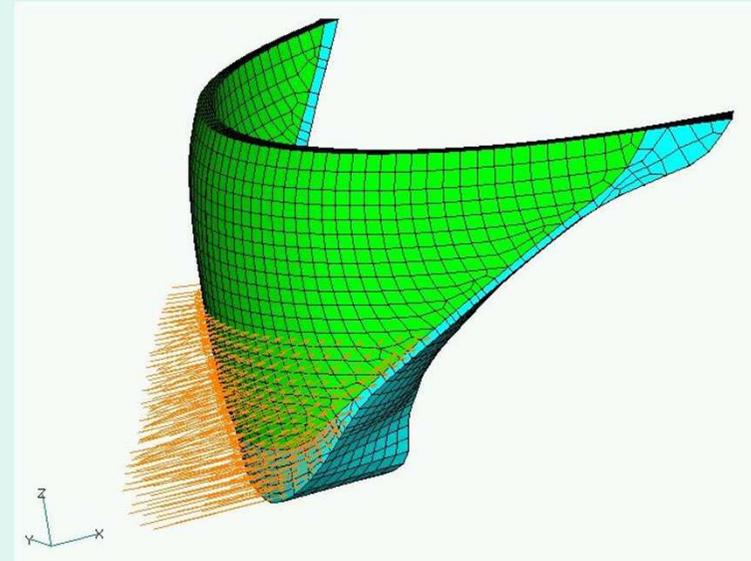
Barrages artificiels en Vallée d'Aoste surveillance et risque



CVA

Les objectifs du modèle numérique sont les suivants:

- Interprétation du comportement du barrage connu depuis ses premiers remplissages
- Calibration des paramètres mécaniques du système barrage-rock en termes de comparaison entre le comportement du barrage observé et les résultats du modèle
- Prévisions du comportement futur du barrage à court et moyen terme en adoptant le modèle calibré
- Soutien aux ingénieurs de projet dans l'analyse des solutions techniques possibles pour garantir le fonctionnement à long terme du barrage

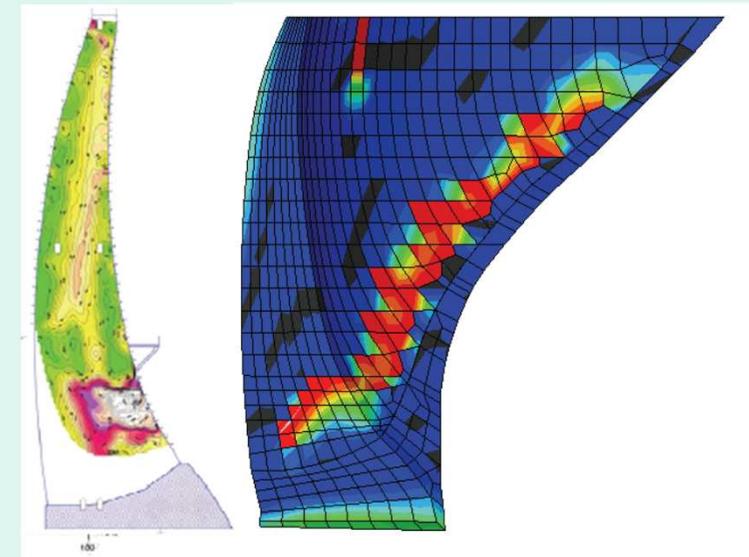
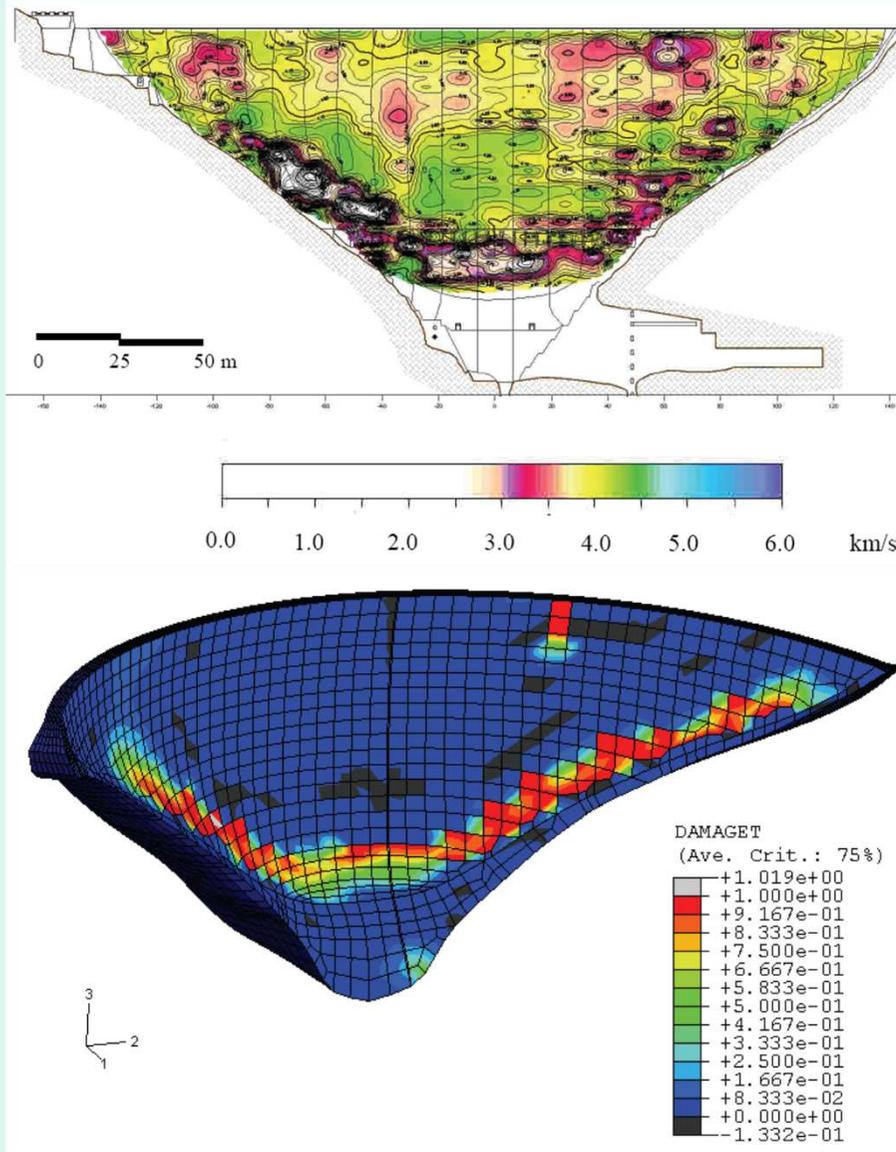


«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque



CVA



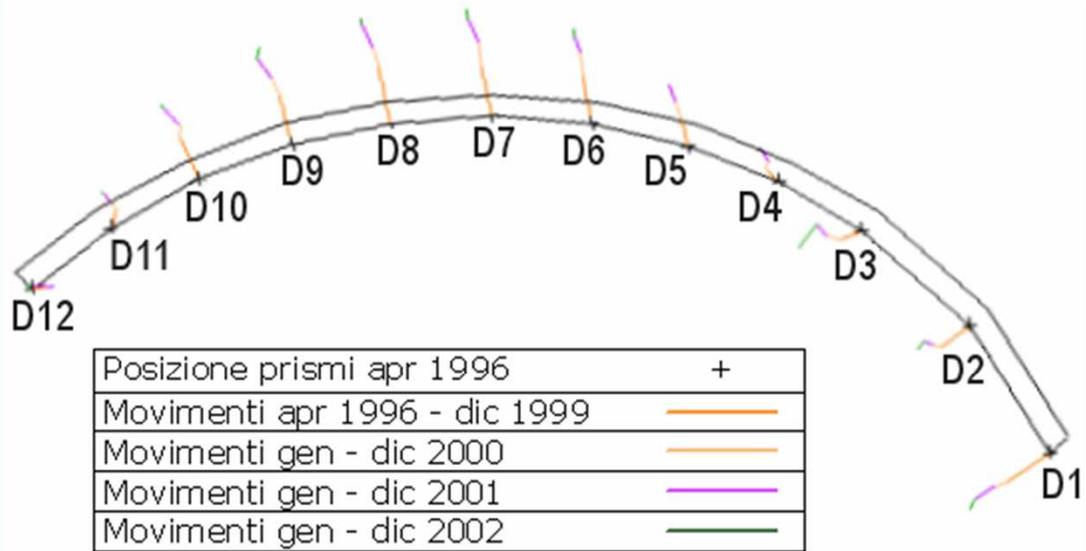
Comparaison entre l'onde **P-wave velocity tomography** mesurée sur le barrage et l'indice de dommage calculé par le modèle numérique sur la face du barrage en aval et dans la section verticale principale

«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

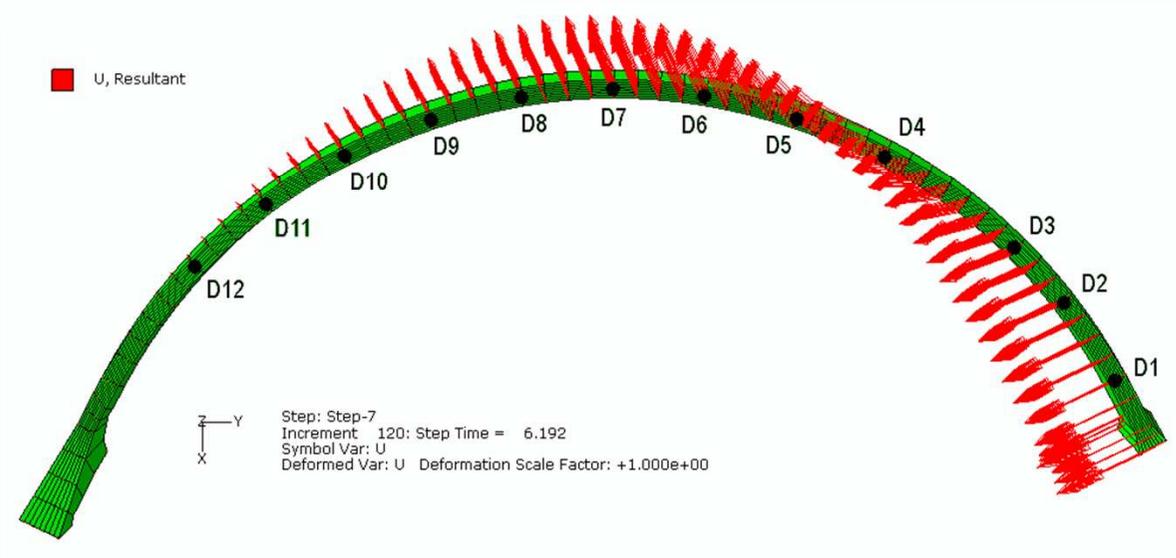
Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque



CVA



comparaison des déplacements mesurés et calculés à la crête du barrage



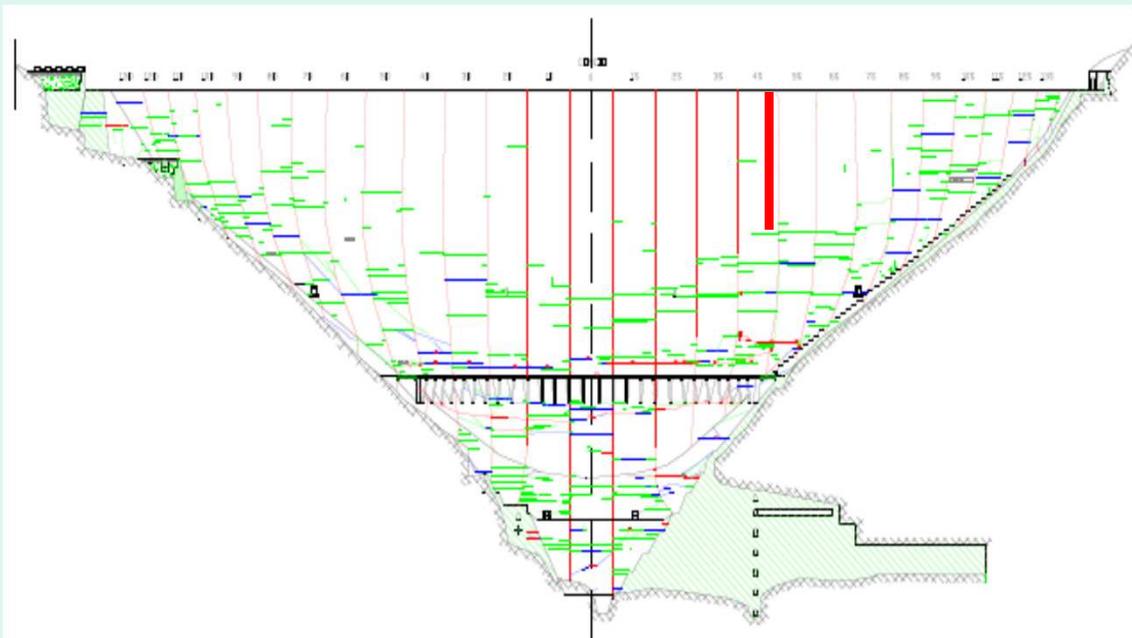
«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

Barrages artificiels en Vallée d'Aoste surveillance et risque

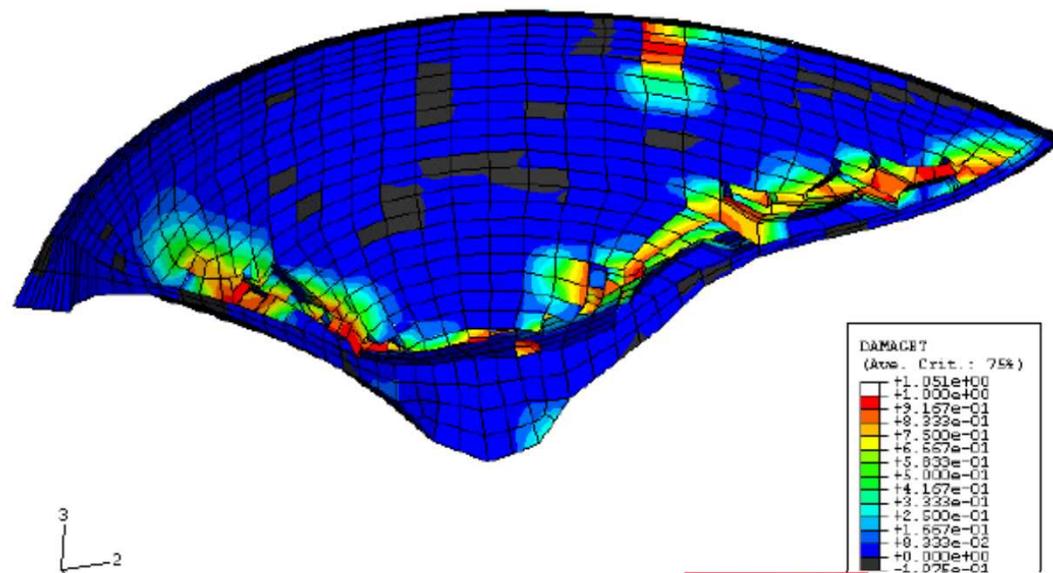


CVA

FENTES PRINCIPALES RELEVÉES



ZONES DE FISSURATION DU MODELE A ÉLÉMENTS FINIS: IL Y A UNE REMARQUABLE CONGRUENCE ENTRE LES DEUX



«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

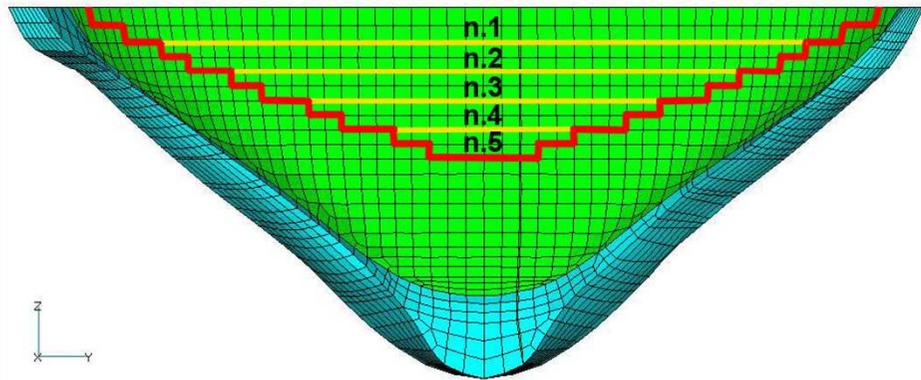
Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque



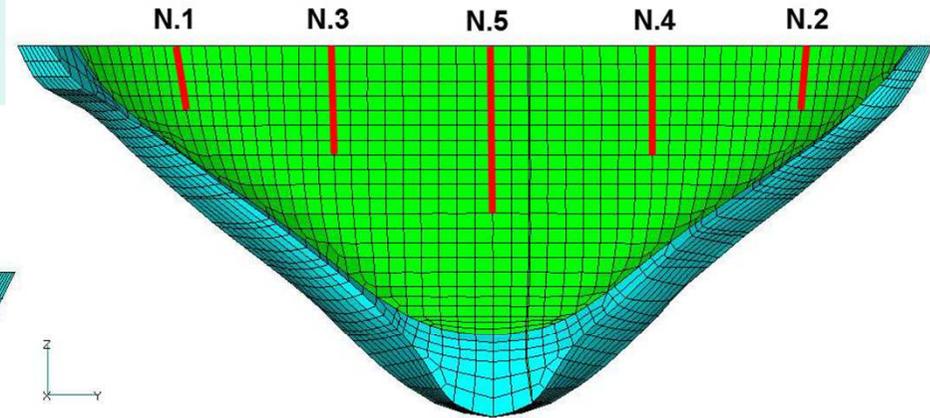
CVA

Analyse des interventions possibles

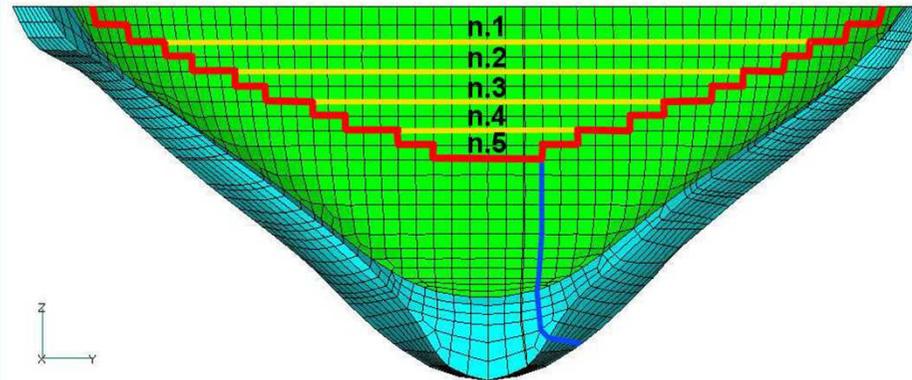
Partial Demolition



Diamond-wire cutting



Partial Demolition and vertical diamond-wire cutting



«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque



CVA

le “risque”

«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» *Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14*

**Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque**



CVA

- « **risque barrage** » = problèmes de sécurité du barrages ou des ouvrages connexes.
- « **risques hydraulique aval** » = activation de la décharge du barrage d'un débit supérieur à la capacité du cours d'eau en aval



«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque



CVA

Quelques cas de rupture de barrages

Barrage du Gleno



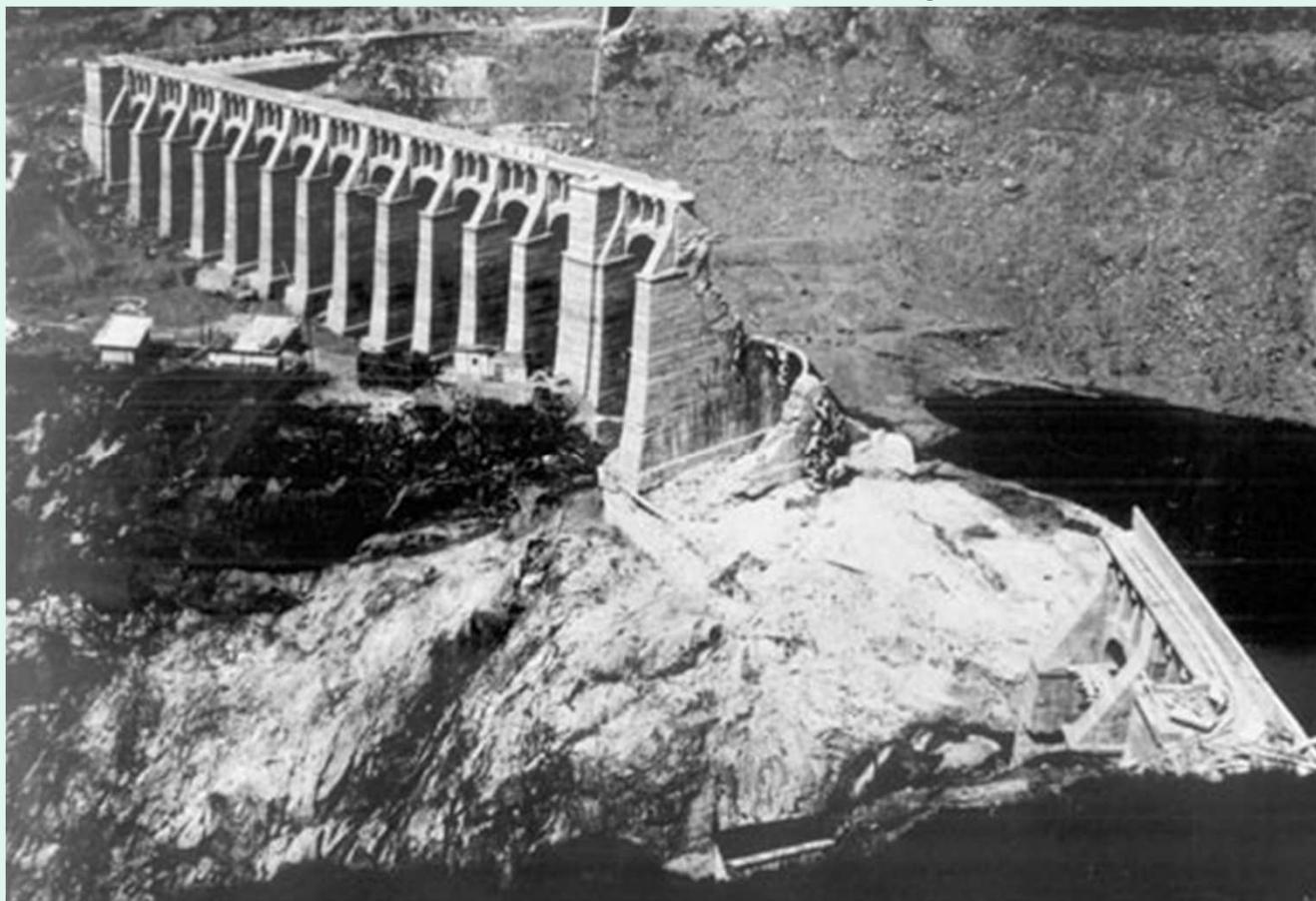
«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque



CVA

1 dicembre 1923 crollo della diga del Gleno



l'effondrement du barrage était principalement causé par un glissement de l'ouvrage sur la fondation;

criticité détectées: contrôles absents sur la mise en œuvre, notamment en matière de matériaux employés et de façon de réalisation des fondations; absence d'autorisation à la mise en eau et des contrôles du comportement de l'ouvrage

«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» *Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14*

Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque



CVA

diga del Gleno e danni a valle



Danni a Dezzo



+ 350 vittime

«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque



Diga principale del Molare

Sella Zerbino- diga secondaria



«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque



CVA



diga secundaria crollata

La rupture du barrage secondaire (août 1935) était principalement causée parce que le barrage a été surmonté par l'eau et à cause du glissement des fondations (stratification des roches en fondation parallèle à la direction de poussée de l'eau);
criticité détectés: insuffisance/absence des évacuateurs de crue; connaissance de la géologie insuffisante
+ 100 victimes

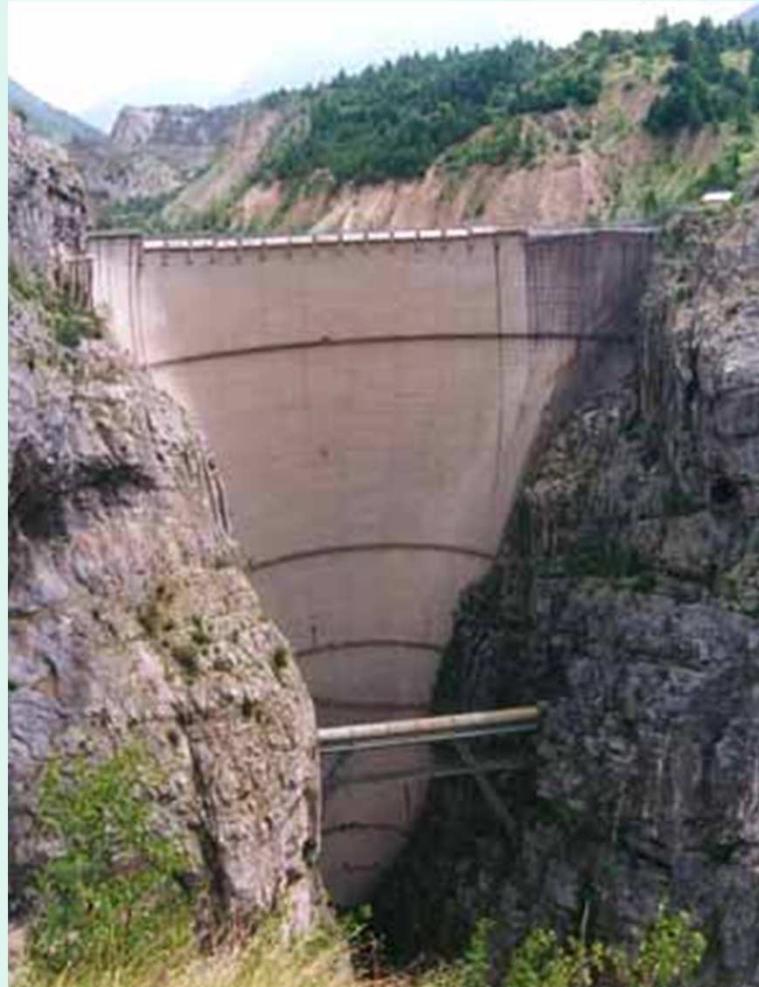
«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque



CVA

Vajont



Plus de 2000 victimes

La catastrophe de Vajont nous a appris que les études géologiques ne peuvent pas être strictement limités à l'œuvre, mais on doit les étendre à l'ensemble de la zone du bassin d'accumulation

«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque



CVA

Les erreurs commises ont été comprises et reçues par les règlements techniques.

À partir de 1959 sont réglés les aspects de rédaction des projets, de construction et d'exercice des barrages. Ce règlement concerne, parmi tant d'autres aspects, la détermination de la crue de projet, le document avec les conditions pour la réalisation de l'œuvre, l'autorisation pour la mise en eau du réservoir, et les mesures d'urgence.

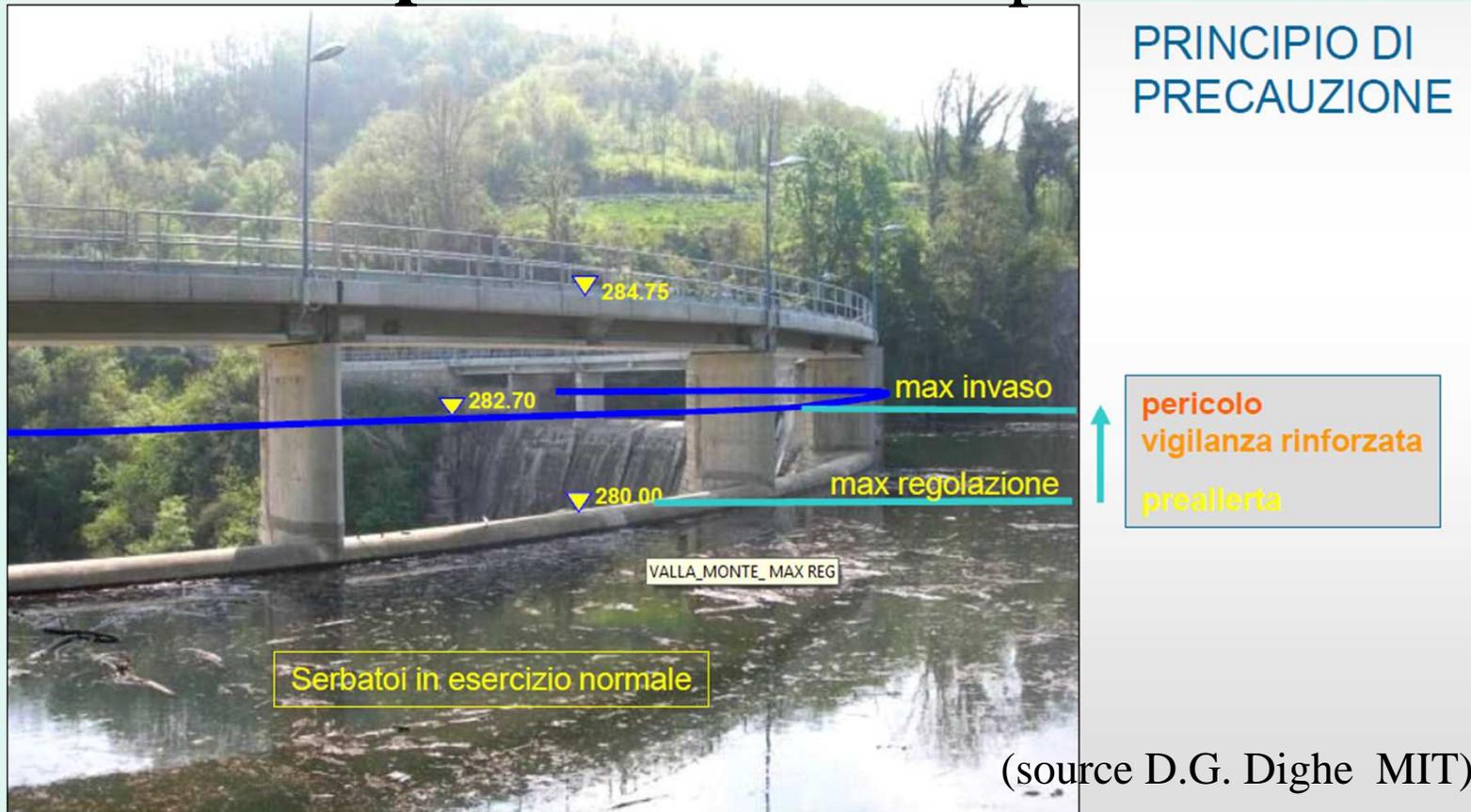
Les règlements techniques, publié de nouveau en 1982 et mis à jour en Juin de cette année, concerne la classification des typologies de barrage, les contrôles de sûreté, le terrain de fondation, les actions sismiques, les contrôles du comportement du barrage, les règles techniques pour le projet et la réalisation des barrages.

Par la suite la Circulaire du 1987 concerne les prescriptions pour l'application du règlement sur les barrages du 1959 ; les points fondamentaux sont :

- l'obligation pour le maître de l'ouvrage de prédisposer **l'étude de l'onde de crue produite par la rupture du barrage.**
- La rédaction du document concernant les conditions pour l'exploitation du réservoir et l'entretien du barrage
- La rédaction d'un **document**, agréé par l'autorité compétente dans le domaine de la protection civile, **qui prévoit les conditions pour l'activation du plan d'alerte et les procédures à suivre**



Document de protection civile - phases de l'alerte



- a) **la surveillance renforcée** : se vérifie quand les débits observés font supposer le dépassement du niveau maximal ou quand le comportement du barrage, contrôlé par les appareils de mesure, est irrégulier
- b) **danger-alerte type 1** : se vérifie quand le niveau du réservoir a dépassé le niveau maximal ou en cas de glissement de rives ou en tous cas on craint que la stabilité du barrage ou la sureté aval soient compromises
- c) **rupture du barrage- alerte type 2-** se vérifie pour la rupture partielle ou complète du barrage

Phases de l'alerte - flux de communication



Le document de protection civile et les procédures relatives sont en cours de révision



«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque



CVA

Phases de l'alerte Obligations du maître de l'ouvrage

- activer indépendamment et rapidement les phases d'alerte dans les cas prévus par le document de protection civile
- assurer la coordination des opérations et l'intervention de l'ingénieur en charge de la sécurité
- assurer la surveillance des ouvrages mettre en œuvre les mesures nécessaires pour contrôler et atténuer les effets des phénomènes
- mettre à jour les administrations concernées par la phase d'activation de l'alerte de l'évolution de la situation
- dans le cas d'une inondation ouvrir les évacuateurs lorsque cela est nécessaire pour éviter de dépasser les niveaux autorisés et avec les précautions prévues par la loi
- en l'absence de plan de laminage ou d'autres mesures prises par les autorités compétentes, se conformer à l'exigence générale que les manœuvres de décharge sont effectués en prenant toutes les précautions
- communiquer la phase de rentrée de l'alerte



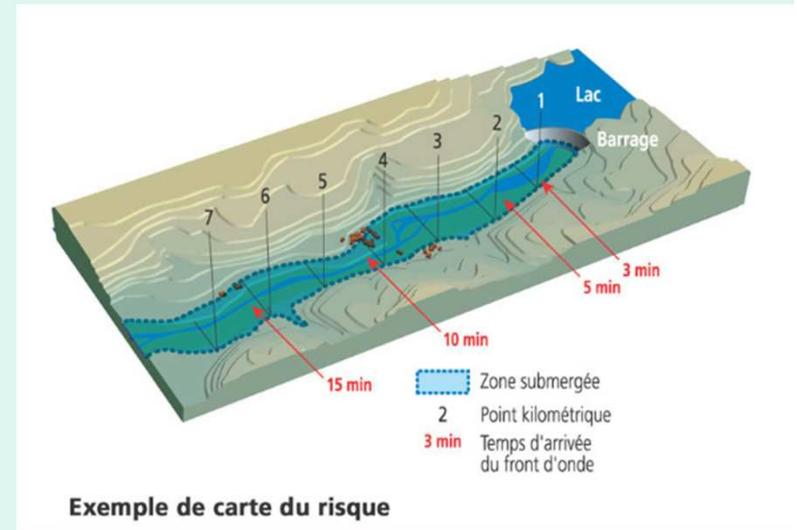
Circolare P.C.M. 13 dicembre 1995 n°DSTN/2/22806 “disposizioni attuative e integrative in materia di dighe ”



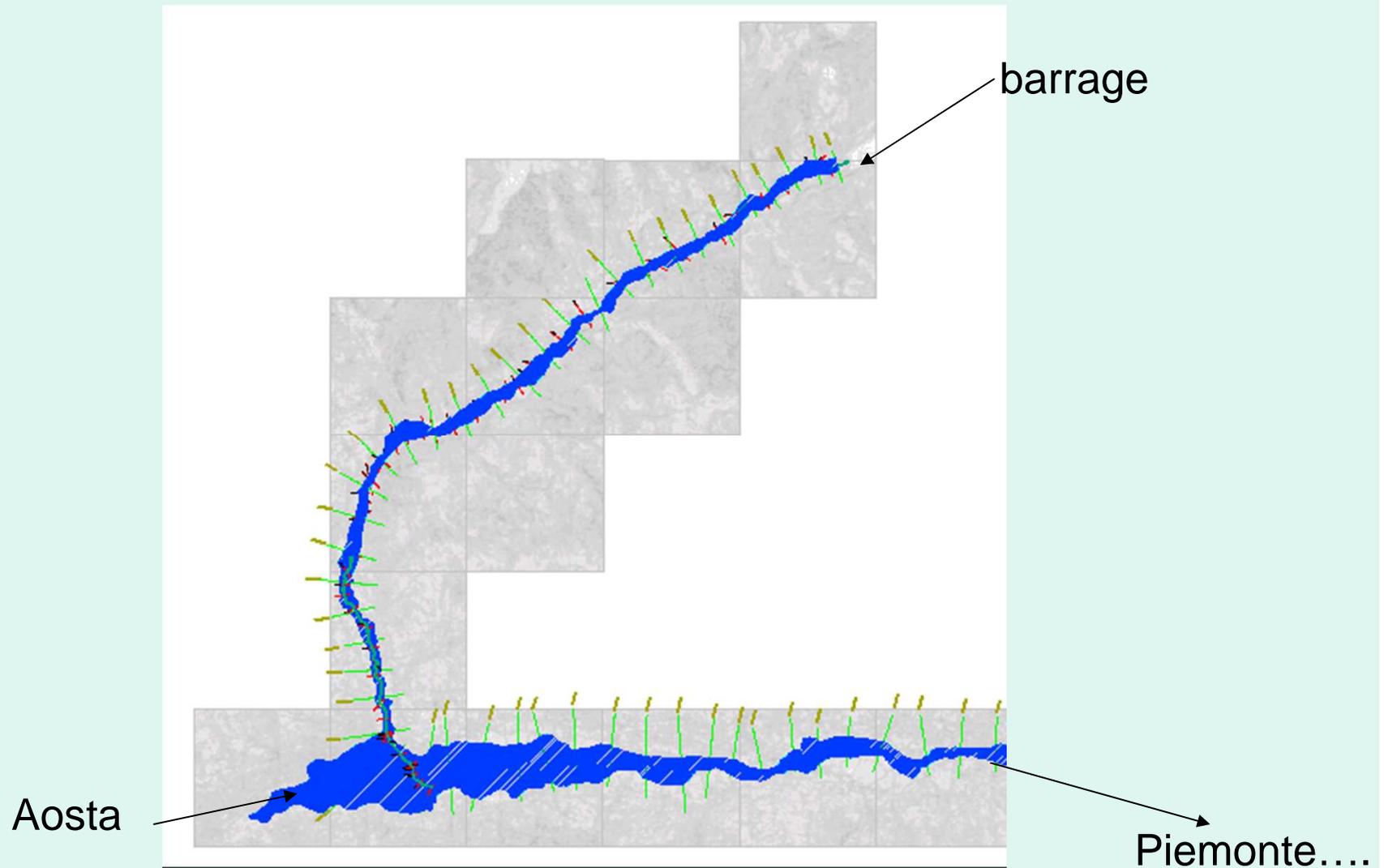
- élaboration d'études pour la détermination de l'**onde de crue** causée par l'ouverture des évacuateurs ou par la rupture du barrage.
- détermination du **débit maximale** qui peut écouler dans le cours d'eau aval sans inondations



plan d'alerte barrage rédigé par chaque commune



plan d'inondation pour rupture du barrage de Place Moulin



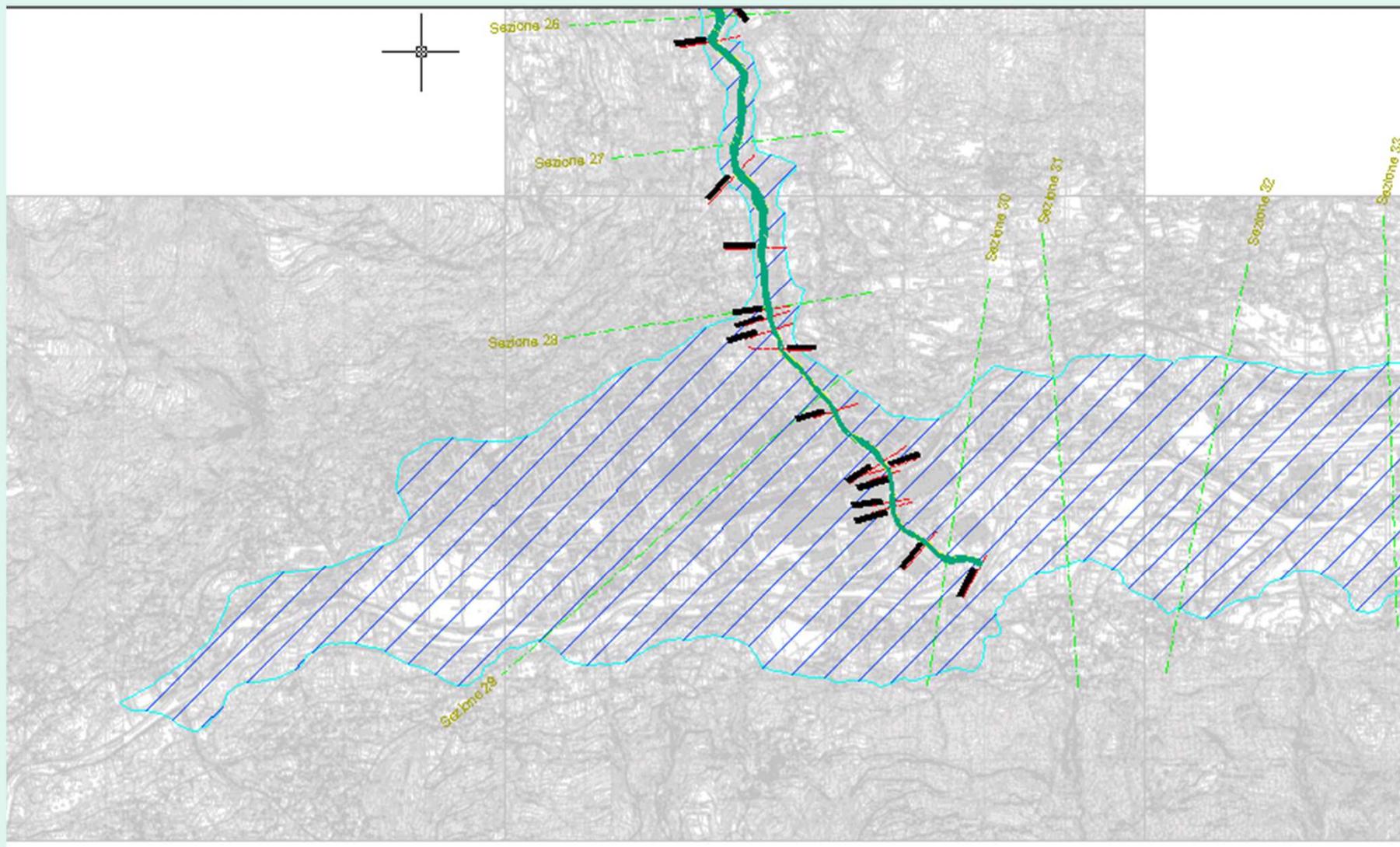
«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque



CVA

plan d'inondation pour rupture du barrage de Place Moulin: zone de Aosta



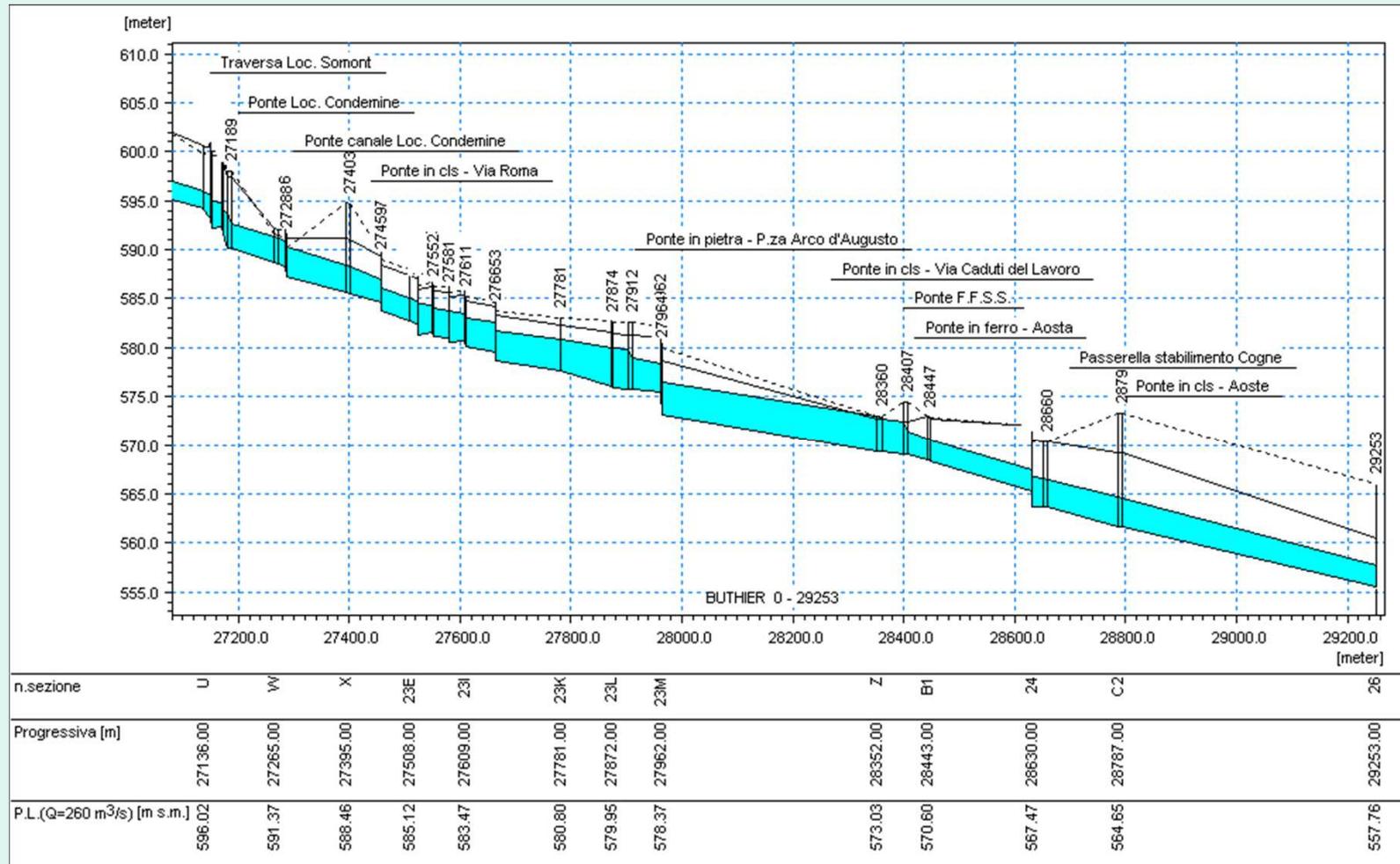
«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque



CVA

Particulier du profil de crue sur le cours d'eau Buthier à Aosta - $Q = 260 \text{ [m}^3\text{/s]}$.



«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque



CVA

Profilo di calcolo del torrente Buthier - Capacità di portata di riferimento						
N° sez.	Prog. [m]	Fondo [ms.m.]	Portata Massima [m³/s]	Portata di Riferimento [m³/s]	P.L. [ms.m.]	Note
0	0	1821.50			1827.22	
1	605	1799.70			1802.80	
2A	1085	1785.00			1789.25	
2Av	1087	1783.00			1789.18	
2	1135	1781.50	145.00		1788.59	Passerella in legno - Loc. Léchère
2v	1141	1781.50			1788.33	Intradosso [ms.m.]: 1789.65 Franco [m] 1.06
2B	1185	1780.00			1786.30	
2Bv	1187	1778.50			1784.06	
2C	1187	1778.50			1780.04	
3	1275	1768.00			1776.55	
4	2255	1709.40			1712.64	
5	3035	1691.50			1693.30	
A	3948	1611.60	> 514		1614.03	Ponte in ferro - Loc. Puillayes
Av	3952	1611.60			1613.78	Intradosso [ms.m.]: 1619.45 Franco [m] 5.42
6	4834	1553.00			1557.55	
B	6274	1497.50	125.00		1500.77	Passerella in cls - Loc. Culoz
Bv	6278	1497.50			1500.53	Intradosso [ms.m.]: 1501.35 Franco [m] 0.58
7	7104	1443.00		115.00	1445.00	
C	7409	1426.90	260.00		1430.02	Ponte in legno - Loc. Perquis
Cv	7413	1426.90			1429.87	Intradosso [ms.m.]: 1432.50 Franco [m] 2.48
8	8090	1404.60			1406.26	
8A	9800	1294.50			1300.38	
D	9869	1292.00	> 514		1297.38	Ponte ad arco in pietra - Loc. Gouffre
Dv	9871	1292.00			1297.26	Intradosso [ms.m.]: 1346.00 Franco [m] 48.62
8B	9920	1289.50			1294.11	
E	10901	1186.90	> 514		1189.77	Ponte - Loc. Les Cretes
Ev	10907	1186.90			1189.56	Intradosso [ms.m.]: 1206.90 Franco [m] 17.13
F	12008	1149.20	115.00		1152.06	Ponti ad arco - Loc. Novailloz de Prele
Fv	12014	1149.20			1151.27	Intradosso [ms.m.]: 1152.10 Franco [m] 0.05
G	12464	1119.60	> 514		1122.19	Ponte - Loc. Lierse
Gv	12470	1119.60			1121.95	Intradosso [ms.m.]: 1125.40 Franco [m] 3.21
H	12867	1097.40	170.00		1100.84	Ponte in ferro - Loc. Crousaz
Hv	12873	1097.40			1100.59	Intradosso [ms.m.]: 1102.40 Franco [m] 1.56
9	13402	1075.00			1077.33	
I	14392	1025.50	65.00		1027.22	Ponte in ferro - Loc. Mont Corve
Iv	14398	1025.50		65.00	1027.02	Intradosso [ms.m.]: 1027.29 Franco [m] 0.07
J	15283	987.40	210.00		988.86	Ponte in legno - Loc. Fonderie
Jv	15289	987.25			988.65	Intradosso [ms.m.]: 990.20 Franco [m] 1.34
K	15893	962.50			964.75	Traversa di Valpelline
Kv	15895	962.30		160.00	964.62	Intradosso [ms.m.]: 968.40 Franco [m] 3.65

diga di Place Moulin

«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque



CVA

Aujourd'hui les barrages:

- fournissent un tiers de l'eau pour l'irrigation et le 20% de l'énergie mondiale;
- peuvent être une protection contre les inondations

Crue du Po



«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» *Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14*

**Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque**



CVA

Rupture d'un pilier



«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque



CVA



Torrente Quiliano (Savona), 1992



Bisagno – Genova 9 ottobre
2014

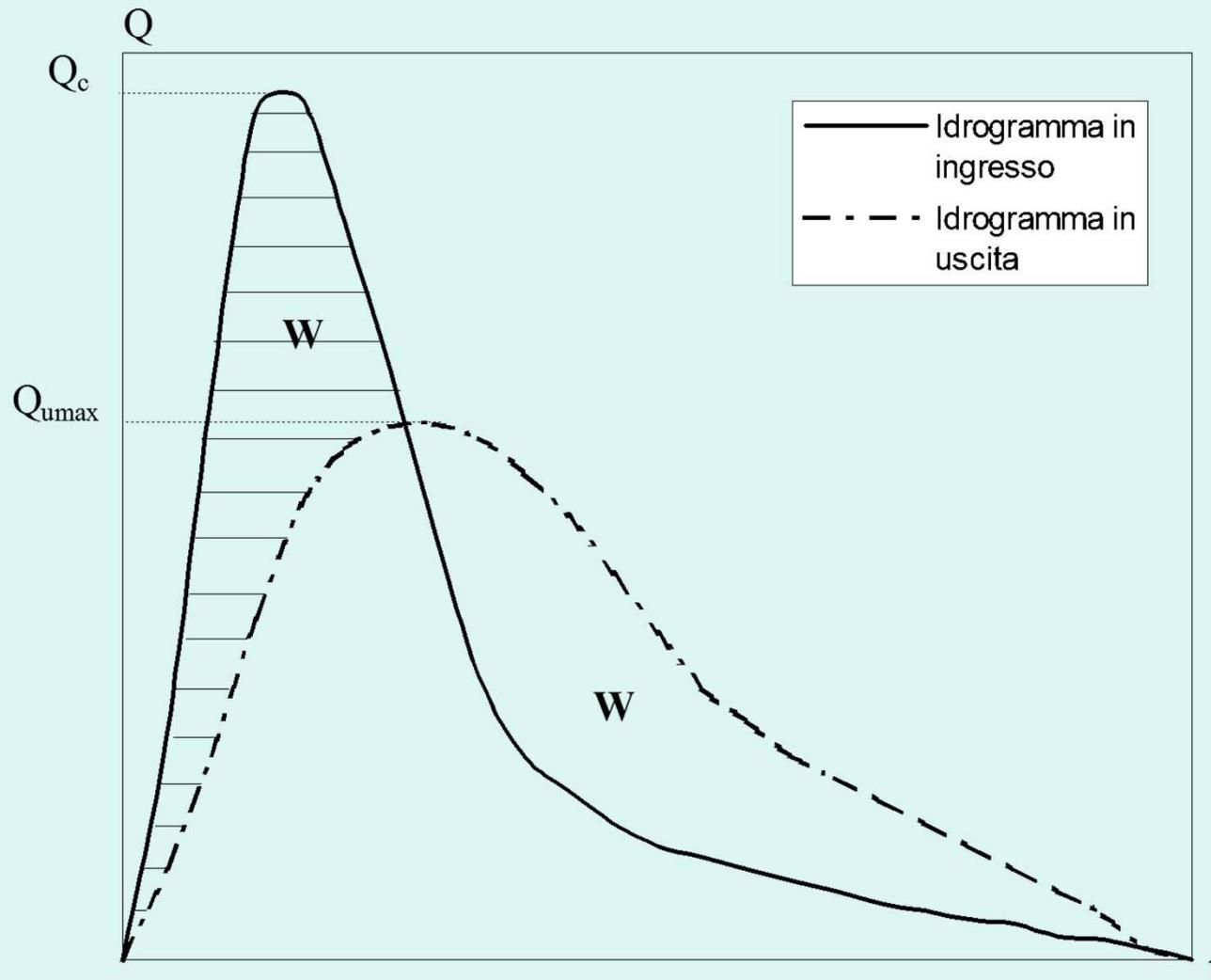
«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» *Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14*

**Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque**



CVA

Le laminage dans les réservoirs



«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque

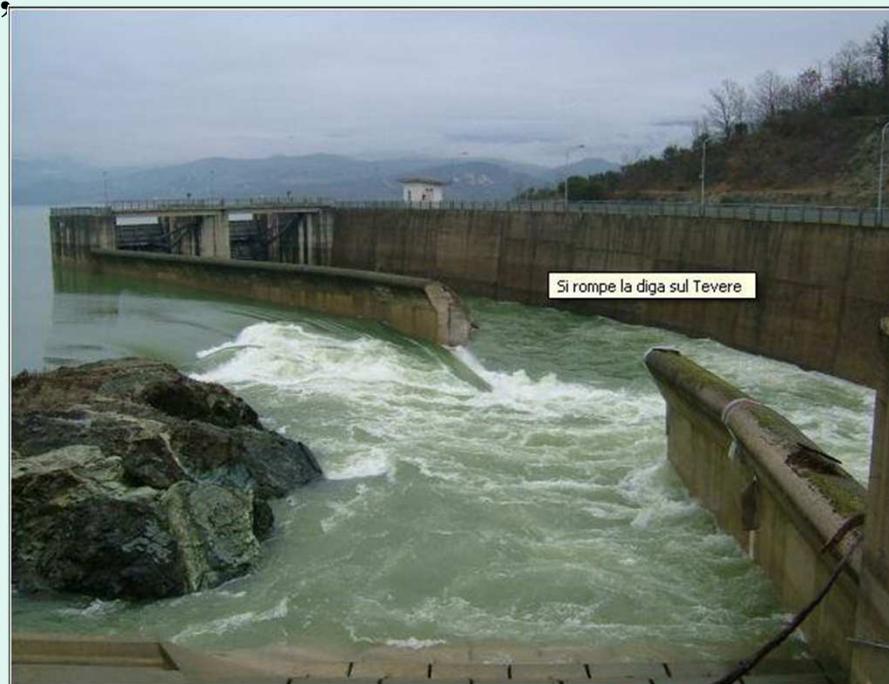


CVA

BARRAGE = risque induit



RISQUE REDUIT= prévention :
examen préventif des projets de barrages;
Surveillance;
information préventive de la population;
Alerte;
organisation des secours



«Risque induit par les ruptures de barrages naturels et les vidanges de poches d'eau en altitude dans un contexte de changement climatique» Gressoney St Jean (AO) – 23 octobre '14

Barrages artificiels en Vallée d'Aoste
surveillance et risque



CVA

Les barrages peuvent être un formidable instrument de contrôle des crues en particulier si joint à une estimation des précipitations et à des procédures de maîtrise de la retenue.

Les barrages devraient être considérés non seulement comme une source de risque, mais comme des moyens actifs de protection civile pendant la phase d'urgence.

**MERCI DE VOTRE
ATTENTION.**

