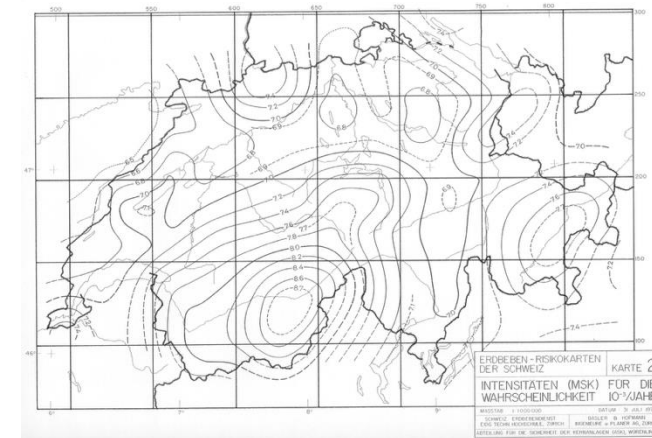
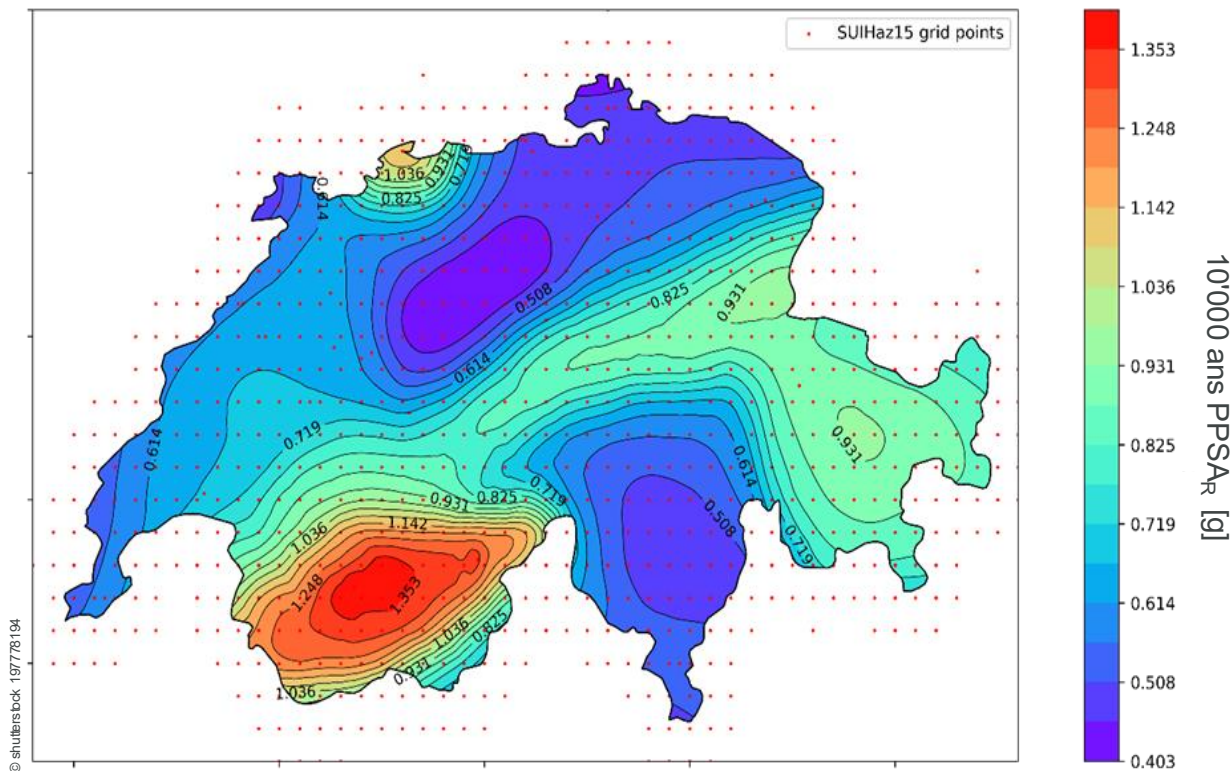




Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE  
Office fédéral de l'énergie OFEN  
Ufficio federale dell'energia UFE  
Uffizi federal d'energia UFE



# RÉVISION TOTALE DE LA DIRECTIVE PARTIE C3

## RÉSUMÉ DES PRINCIPALES MODIFICATIONS



# PRINCIPAUX COMMENTAIRES DES EXPERTS

## ALÉA SISMIQUE

---

- Il n'y a pas de questions fondamentales sur l'approche scientifique du modèle SUIhaz2015
- Mise en œuvre et applicabilité du modèle SUIhaz2015 dans la directive Partie C3
  - Utilisation de l'UHS moyen au lieu de la médiane
  - Redéfinition de la classe de sol R
  - Fournir différentes options pour déterminer l'aléa en fonction du site
  - Utilisation de mesures géophysiques pour déterminer la classe de sol pour les ouvrages d'accumulation de classe I, II et de classe III à haut risque

# PRINCIPAUX COMMENTAIRES D'EXPERTS

## PROJETS TERMINÉS

---

- Mise à jour de la définition de la classe de sol R
- Définition de la nouvelle classe de sol AR
- Développement de (nouvelles) cartes des dangers
- Critères de sélection des accélérogrammes compatibles avec le spectre
- Préparation des traces temporelles de l'accélération
- Exigences minimales pour la PSHA et l'étude de site (annexe C)
- Exigences minimales pour la détermination de la classe de sol (études géologiques / géophysiques)
- Mise à jour de la méthodologie de vérification en fonction de l'état de la pratique
- Développement de lignes directrices sur les possibilités de dé-amplification



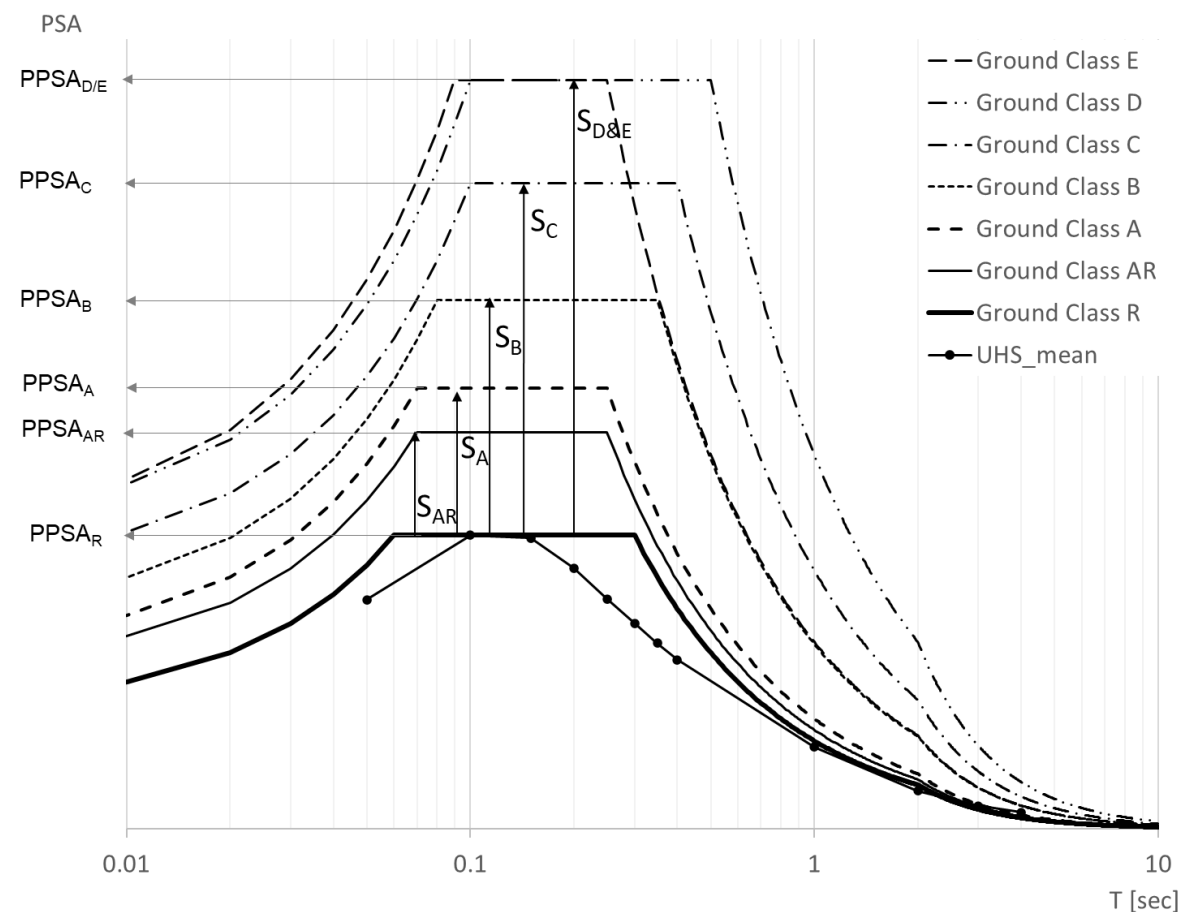
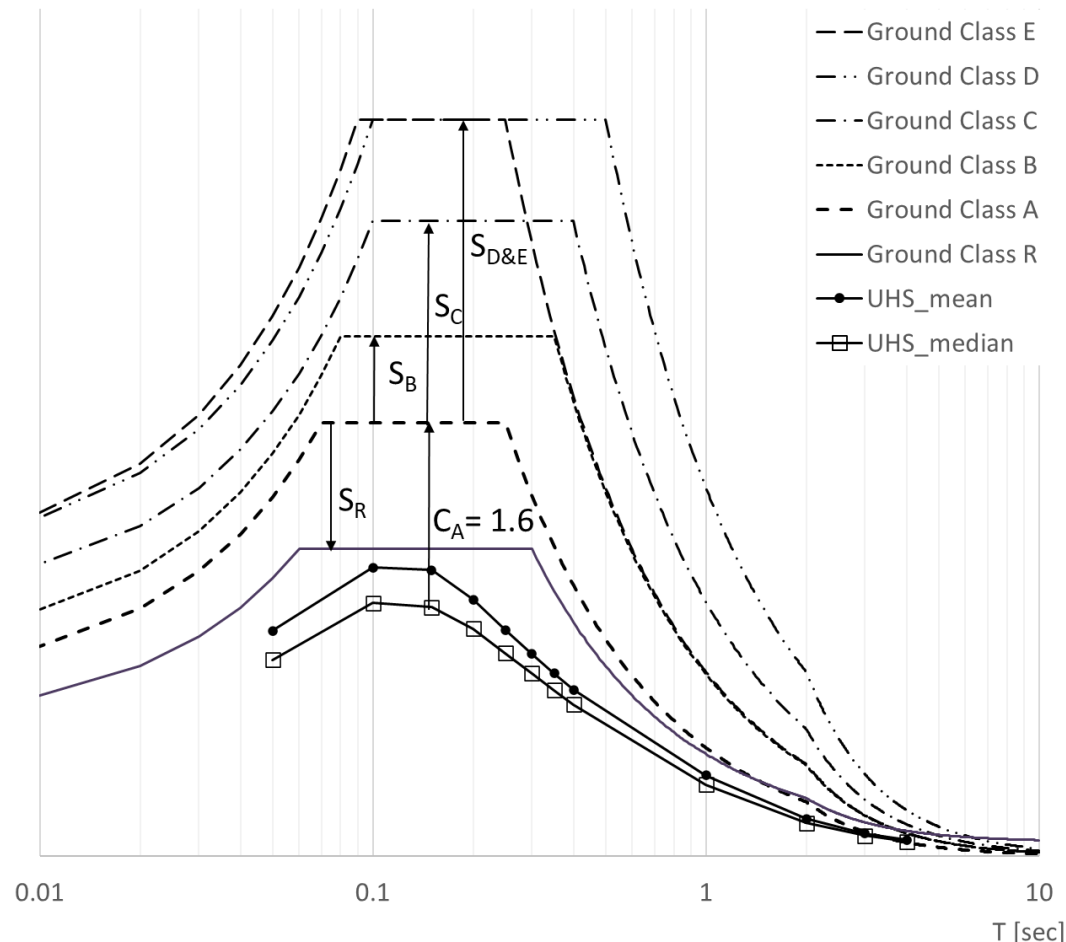
# PRINCIPAUX COMMENTAIRES D'EXPERTS

## NOUVELLE DÉFINITION DE LA CLASSE DE SOL R

Se

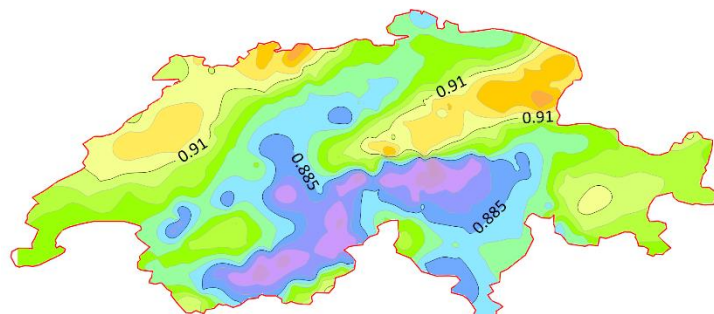
C3 - 2021

C3 - 2025

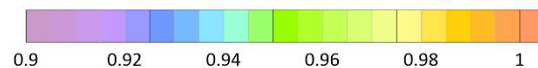
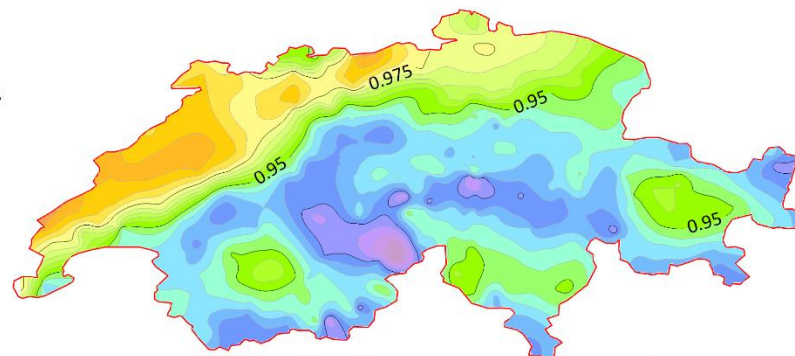




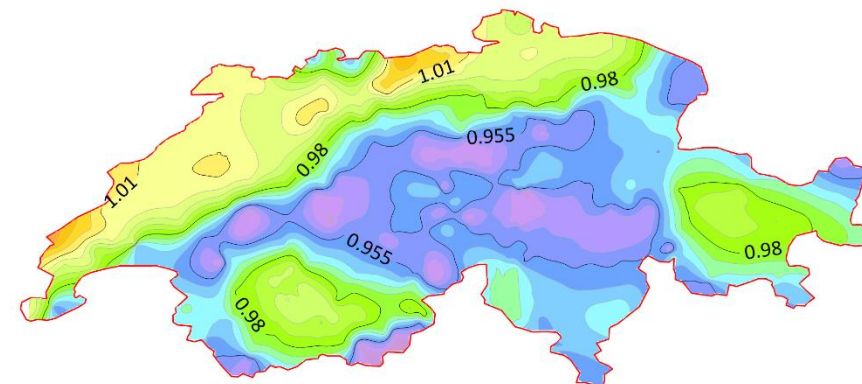
# COMPARAISON DE LA PPSA<sub>R</sub> 2025 AVEC LA PPSA<sub>R</sub> 2021



1000 A.



5000 A.



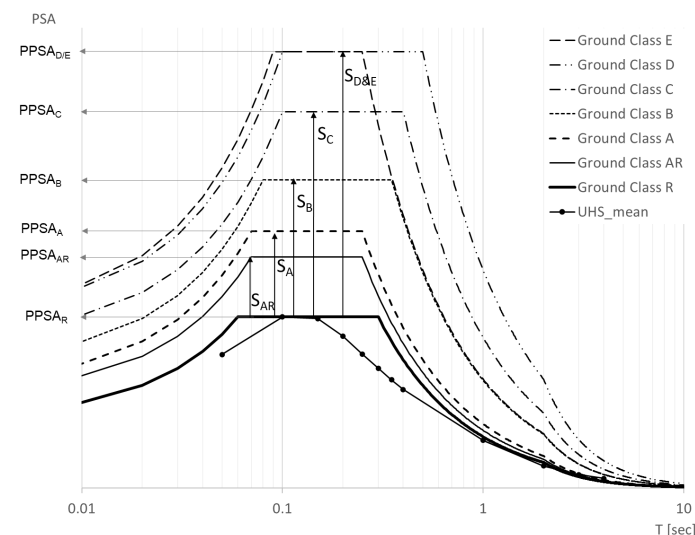
10000 A.



# PRINCIPAUX COMMENTAIRES D'EXPERTS

## DÉFINITION DE LA NOUVELLE CLASSE DE SOL AR

classe de sol	Description du profil stratigraphique	$V_{s30}$ [m/s]	$S_x$	TB [s]	TC [s]	TD [s]
R	Roche massive sans dégradations locales significatives, ni contrastes de rigidité significatifs ou inclusions de roches meubles; <b>examinée de manière exhaustive et quantitative avec une <math>V_s</math> minimale de 1000 m/s</b>	$\geq 1105$	1.00	0.06	0.3	2.0
AR	<b>Roche; examinée de manière exhaustive et quantitative avec une <math>V_s</math> minimale de 760 m/s</b>	$>800$	<b>1.3</b>	0.07	0.27	2.0
A	<b>Roches ou autre formation géologique de type rocheux avec un maximum de 5 mètres de roche meuble en surface.</b>	$>800$	1.4 (1.5*)	0.07	0.25	2.0







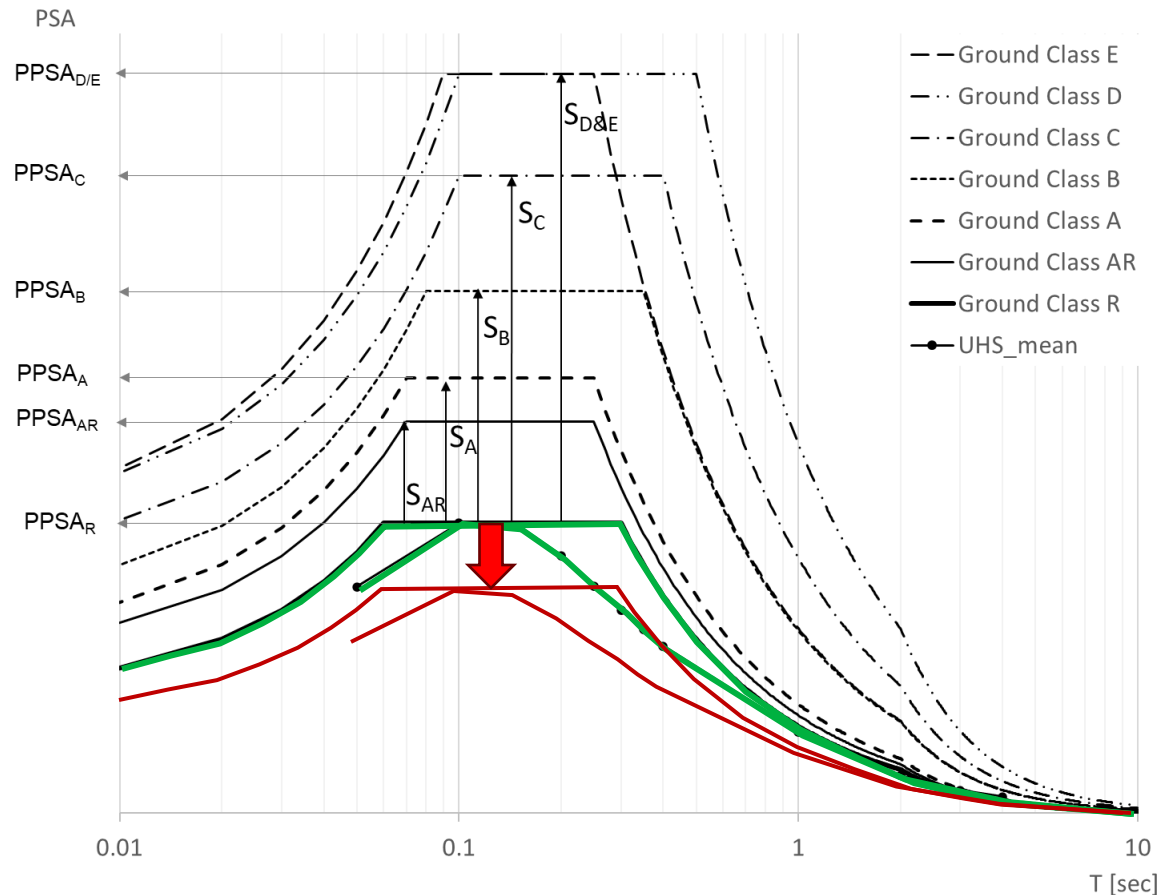
# PRINCIPAUX COMMENTAIRES DES EXPERTS

## POSSIBILITÉS DE “DÉ-AMPLIFICATION”



Schweizerischer Erdbebendienst  
Service Sismologique Suisse  
Servizio Sismico Svizzero  
Swiss Seismological Service

**ETH**  
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich



## Potential of de-amplification with respect to the elastic response spectrum for dam foundations with $V_{s30} > 1105$ m/s

Authors: Paolo Bergamo<sup>1</sup>, Donat Fäh<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Swiss Seismological Service at ETH Zurich

[paolo.bergamo@sed.ethz.ch](mailto:paolo.bergamo@sed.ethz.ch)

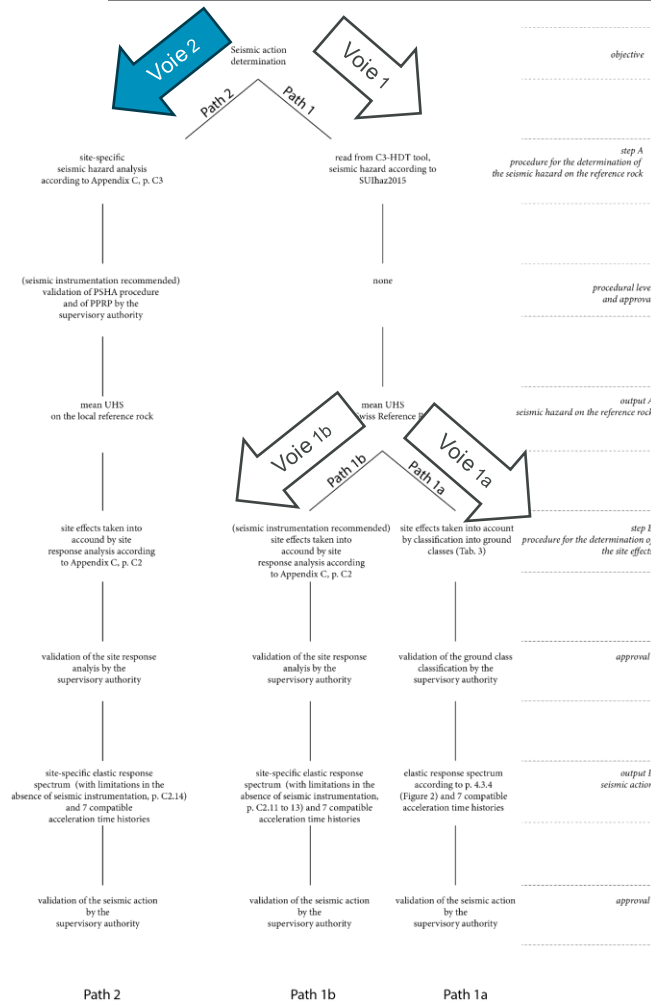
### Abstract

This report, commissioned by the Swiss Federal Office of Energy's Dam Safety Program, evaluates de-amplification potential at dam foundation sites with  $V_{s30}$  values exceeding 1105 m/s. The project explores three key areas: (i) deriving empirical de-amplification factors for comparison with Danciu and Fäh's (2017) adjustment factors, (ii) determining allowable de-amplification for sites with  $V_{s30} > 1105$  m/s, and (iii) establishing site investigation requirements for safe de-amplification application.



# PRINCIPAUX COMMENTAIRES DES EXPERTS

## OPTIONS POUR LES DANGERS SPÉCIFIQUES AU SITE

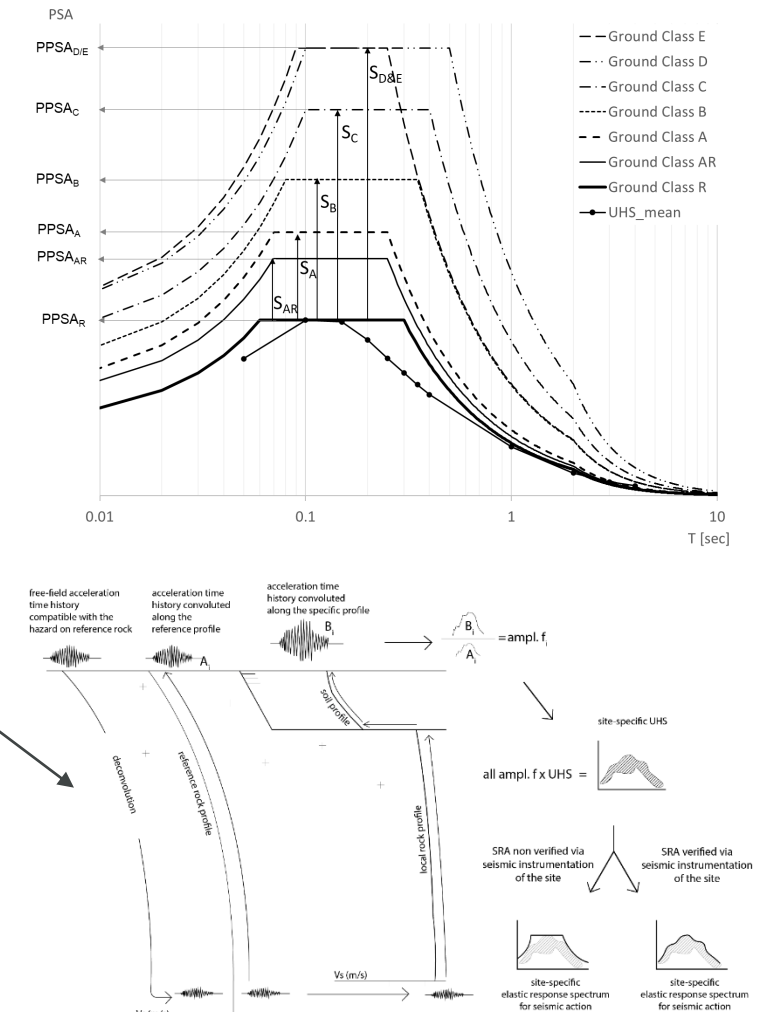


Voie 1 : la base de l'aléa est le modèle SUIhaz2015

Voie 1a : détermination des spectres de réponse élastique sur la base du chapitre 4 de la directive Partie C3 (C3 - HDT)

Voie 1b : détermination des spectres de réponse élastique sur la base de l'étude de site

Voie 2 : la base de l'aléa est la PSHA spécifique au site.







# HAZARD DEFINITION TOOL POUR LES OUVRAGES D'ACCUMULATION SUISSES (C3 - HDT)

LEGEND

Swiss Federal Office of Energy (SFOE)

Swiss Federal Office of Energy (SFOE)

Return period [yr]

10'000

Input E CH1903+ [m]

2'821'097.71

Input N CH1903+ [m]

1'187'790.84

Ground class

R

Amplification factor S<sub>x</sub> [-]

1.00

PPSA<sub>z</sub> [g]

0.850

Viscous damping ratio ζ [%]

5

Damping correction coefficient η [-]

1.000

1. Select the return period of the site

2. Enter the coordinates of the site in CH1903+ system

3. Select the ground class of the site

4. Enter the viscous damping ratio

Return period [yr]

10'000

Input E CH1903+ [m]

2'821'097.71

Input N CH1903+ [m]

1'187'790.84

Ground class

R

Amplification factor S<sub>x</sub> [-]

1.00

PPSA<sub>z</sub> [g]

0.850

Viscous damping ratio ζ [%]

5

Damping correction coefficient η [-]

1.000

1. Select the return period of the site

2. Enter the coordinates of the site in CH1903+ system

3. Select the ground class of the site

4. Enter the viscous damping ratio

Return period [yr]

10'000

Input E CH1903+ [m]

2'821'097.71

Input N CH1903+ [m]

1'187'790.84

Ground class

R

Amplification factor S<sub>x</sub> [-]

1.00

PPSA<sub>z</sub> [g]

0.850

Viscous damping ratio ζ [%]

5

Damping correction coefficient η [-]

1.000

1. Select the return period of the site

2. Enter the coordinates of the site in CH1903+ system

3. Select the ground class of the site

4. Enter the viscous damping ratio

Return period [yr]

10'000

Input E CH1903+ [m]

2'821'097.71

Input N CH1903+ [m]

1'187'790.84

Ground class

R

Amplification factor S<sub>x</sub> [-]

1.00

PPSA<sub>z</sub> [g]

0.850

Viscous damping ratio ζ [%]

5

Damping correction coefficient η [-]

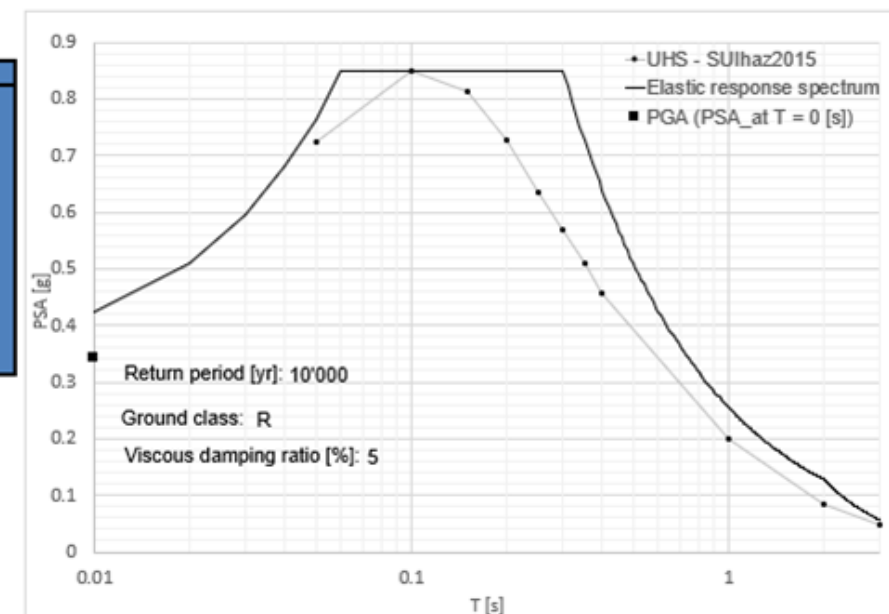
1.000

Return period [yr]	Input E CH1903+ [m]	Input N CH1903+ [m]
10'000	2'821'097.71	1'187'790.84

Ground class	Amplification factor S <sub>x</sub> [-]	PPSA <sub>z</sub> [g]
R	1.00	0.850

Viscous damping ratio ζ [%]	Damping correction coefficient η [-]
5	1.000

UHS - SUIhaz2015	
T [s]	PSA [g]
0	0.3630
0.05	0.7247
0.1	0.8496
0.15	0.8144
0.2	0.7259
0.25	0.6352
0.3	0.5681
0.35	0.5101
0.4	0.4577
1	0.1989
2	0.0838
3	0.0470
4	0.0320



## Earthquake **HAZARD** & **RISK** across Europe

### EARTHQUAKES in Europe

Earthquakes can neither be prevented nor precisely predicted. Therefore, they have a great potential to cause damage and affect the well-being of society: During the 20<sup>th</sup> century, earthquakes in Europe accounted for more than 200,000 deaths and over 250 billion Euros in losses (EM-DAT).

However, assessments of earthquake hazard and risk improve the understanding of where strong ground shaking is expected to occur and what impacts future earthquakes will have. Such models also exist at the European level. They offer comparable information, which is crucial for defining transnational disaster risk mitigation strategies to reduce damage from future earthquakes and protect lives.





# CONDITIONS APRÈS LE TREMBLEMENT DE TERRE

---

- 4.1.2.2 En plus du séisme d'évaluation de la sécurité (SES), la sécurité des **ouvrages d'accumulation de classe I** doit être vérifiée pour **les répliques immédiates**. Les valeurs retenues en ordonnée des **spectres de réponse élastique** cibles (paragraphe 4.3.4) et la **durée significative** supposée pour l'analyse des répliques doivent être au moins égales à **50% de celles utilisées pour le séisme principal**.



# **PRINCIPAUX COMMENTAIRES DES EXPERTS**

## **MÉTHODES D'ÉVALUATION DE LA SÉCURITÉ EN CAS DE SÉISME**

---

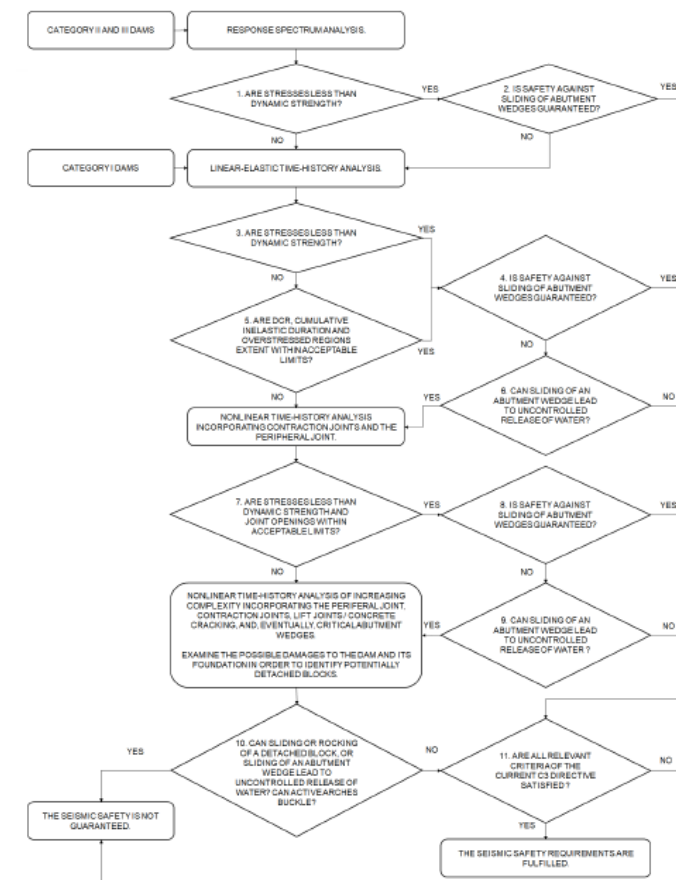
- Préciser les étapes nécessaires de l'évaluation de la sécurité sismique sur la base des modes de défaillance
- Application progressive de méthodes de vérification avancées (et réalistes)
- fournir des critères quantitatifs pour l'interprétation des résultats
- Révision des vérifications obligatoires de la sécurité parasismique des digues en remblai
- Modification des exigences minimales en matière de méthodologie de vérification



# PRINCIPAUX COMMENTAIRES DES EXPERTS

## MÉTHODES D'ÉVALUATION DE LA SÉCURITÉ EN CAS DE SÉISME

- Généralités sur une procédure détaillée par étapes pour l'évaluation de la sécurité sismique des ouvrages d'accumulation et leur vérification





# OUVRAGES DE PROTECTION CONTRE LES DANGERS NATURELS

## CLASSE DE CES OUVRAGES

---

- 3.2.1 Les ouvrages d'accumulation servant à la protection contre les dangers naturels et qui sont conçus pour ne retenir de l'eau, de la boue, des sédiments, de la neige, de la glace, des débris, etc. qu'à court terme sont assignés à la **classe III** pour l'évaluation de la sécurité sismique, indépendamment de leur hauteur de retenue et de leur volume de retenue.



# OUVRAGES DE PROTECTION CONTRE LES DANGERS NATURELS

## DÉTERMINATION DE LA CLASSE DE SOL

---

- 4.3.2.4 Pour les ouvrages d'accumulation des classes I et II, la classification dans une classe de sol est basée sur des études géophysiques spécifiques menées sur le site du barrage, sur une étude géologique et, si nécessaire, sur des études géotechniques, dont la pertinence doit être confirmée par des spécialistes respectivement en géophysique, en géologie et en géotechnique.
- 4.3.2.5. [...] Les études géophysiques pour tous les ouvrages de protection contre les dangers naturels ne sont pas obligatoires pour la classification dans une classe de sol. [...]





# OUVRAGES DE PROTECTION CONTRE LES DANGERS NATURELS

## NIVEAU D'EAU INITIAL DANS LE BASSIN DE RETENUE

---

- 4.1.1.6 Pour toutes les ouvrages d'accumulation destinés à la protection contre les dangers naturels (par exemple, les barrages de rétention des crues, les collecteurs de charriage, les ouvrages de protection contre les chutes de pierres et les ouvrages de protection contre les avalanches de neige), la sécurité sismique de l'installation de retenue doit être vérifiée **dans le cas d'une retenue vide.**
- Les forts séismes peuvent déclencher des glissements de terrain, des éboulements et des avalanches de neige.
- Il est donc possible que le matériau mobilisé atteigne l'ouvrage d'accumulation peu de temps après un tremblement de terre.



# OUVRAGES DE PROTECTION CONTRE LES DANGERS NATURELS

## NIVEAU D'EAU INITIAL DANS LE BASSIN DE RETENUE

---

- 4.1.1.6. [...] En outre, la sécurité de l'installation doit être vérifiée dans une seconde vérification de la sécurité sismique pour la condition initiale **d'une retenue pleine.**
- Bien que les bassins des collecteurs de sédiments soient généralement vidés après avoir atteint une certaine hauteur de retenue, il existe quelques exemples de ces structures qui sont (partiellement) remplies pendant de longues périodes.



# **OUVRAGES DE PROTECTION CONTRE LES DANGERS NATURELS**

## **NIVEAU D'EAU INITIAL DANS LE BASSIN DE RETENUE**

---

- 4.1.1.6. [...] Pour les ouvrages de protection contre les crues, la deuxième vérification de la sécurité sismique peut être effectuée pour le niveau de la retenue qui correspond au niveau d'eau annuel moyen dans la retenue.
- En règle générale, dans le cas des bassins de rétention des crues, le niveau d'eau dans le bassin ne reste pas assez longtemps pour justifier la superposition d'une crue et d'un séisme.
- Cependant, après un séisme millénaire, la rénovation de ces ouvrages ne sera très probablement pas la priorité absolue, l'objectif étant donc de garantir leur capacité opérationnelle suite à un séisme.



# OUVRAGES DE PROTECTION CONTRE LES DANGERS NATURELS

## MÉTHODES DE VÉRIFICATION SIMPLIFIÉES

---

### 6.3.4.3. Pour les barrages en remblai:

6.3.4.3.1. **Pour les ouvrages d'accumulation de classe III:** les méthodes d'analyse possibles sont divisées en deux sous-classes:

- a. Analyse des blocs de glissement à l'aide de méthodes empiriques applicables ou de modèles de corrélation basés sur l'analyse. Cette approche s'applique à:
  - i. Toutes les digues de protection contre les dangers naturels;



# MERCI POUR VOTRE ATTENTION

---



Amin Askarinejad  
Spécialiste de la surveillance des barrages

DETEC OFEN TS

[amin.askarinejad@bfe.admin.ch](mailto:amin.askarinejad@bfe.admin.ch)

energieplus.com



# PRINCIPALES MODIFICATIONS BASÉES SUR LA PRATIQUE INTERNATIONALE

## CADRE PÉRIODE DE RÉFÉRENCE

---

Classe	Période de référence	Probabilité moyenne de dépassement dans la période de référence	Période de retour approximative du séisme d'évaluation de la sécurité
I	100 ans	1%	10'000 ans
II	100 ans	2%	5'000 ans
III	100 ans	10%	1'000 ans





# INTERPOLATION ENTRE POINTS DE GRILLE

- $PPSA_R$  Limmern : 0,662 g
- $PPSA_R$  Muttsee : 0,840 g

S... + Add hazard model x Remove site

Site Coordinates

Longitude: 9 Latitude: 46.84

Input coordinates or click on the map Use

✓ Hazard Model Selection x

Swiss Hazard Model 2015 (SUIhaz15)

SA

0.5% in 50 years (9975 years)

rock\_vs30\_1105ms-1

(arithmetic) mean

Found longitude: 9.000 Found latitude: 46.800  
[Link \(NRML format\) to Swiss Hazard Model 2015 \(SUIhaz15\) curve \(Aggregation type: \(arithmetic\) mean\)](#)

Click on tab "Hazard spectra" to display the spectra

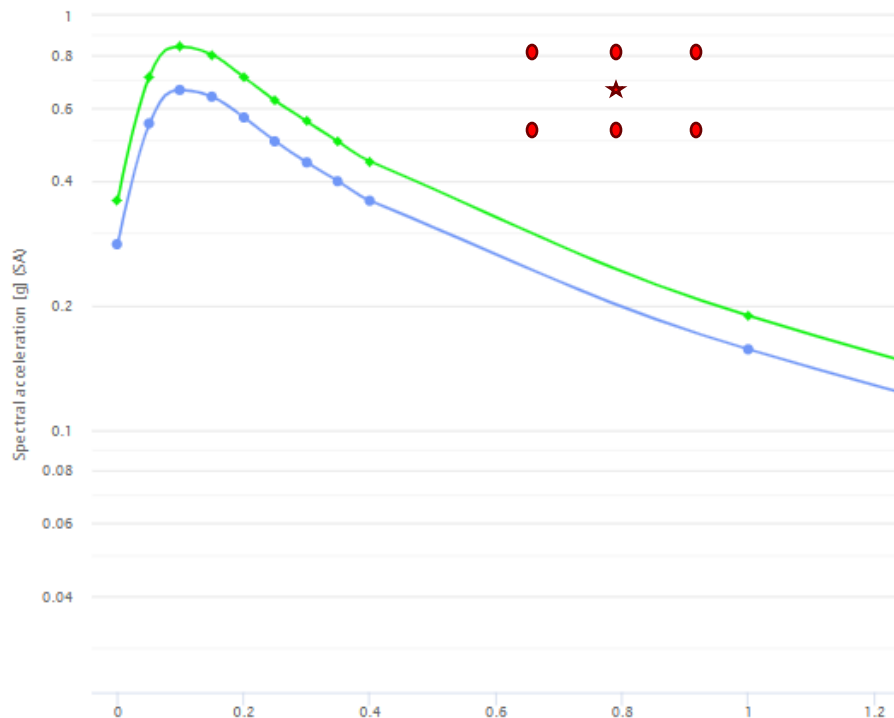
S... + Add hazard model x Remove site

Site Coordinates

Longitude: 9.009 Latitude: 46.865

Input coordinates or click on the map Use

EFEHR Hazard Spectra



— 46.800, 9.000, Swiss Hazard Model 2015 (SUIhaz15), SA, 0.5% in 50 years (9975 years), rock\_vs30\_1105ms-1, 0.5 arithmetic  
— 46.900, 9.000, Swiss Hazard Model 2015 (SUIhaz15), SA, 0.5% in 50 years (9975 years), rock\_vs30\_1105ms-1, 0.5 arithmetic

