

Centrale hydroélectrique de Mühleberg

Examen de la sécurité parasismique



Irrégularités

Couverture: centrale hydroélectrique de Mühleberg, travaux de coffrage sur le chantier en 1919, illustration tirée de «Wohlen BE, Im 19. und 20. Jahrhundert», Thomas Brodbeck, Andrea Schüpbach, 2006, Einwohnergemeinde Wohlen, Photo: BKW

La version en allemand fait foi.

M. Kühni
+41 79 294 03 31
<http://energisch.ch>
markus@energisch.ch

Je remercie toutes les personnes qui ont soutenu mes recherches pour la présente étude.

Traduction : Karin Vogt

Sommaire

1	Introduction	5
1.1	Avant-propos de l'auteur	5
1.2	Résumé.....	5
2	Expertises sur la sécurité parasismique de la centrale hydroélectrique de Mühleberg	8
2.1	Provenance et configuration.....	8
2.2	Deux versions de la même expertise	8
2.3	Trois versions de la même expertise.....	8
2.4	Analyse de l'expertise	9
3	Analyse de l'expertise du 31.1.2012	10
3.1	Conclusions de l'expertise.....	10
3.2	Coefficients de sécurité exagérés ?	11
3.3	«Valeurs recommandées ?».....	12
3.4	La sécurité a-t-elle été prouvée de manière au moins équivalente ?	13
4	Analyse de l'expertise du 30.3.2012	14
4.1	Conclusions de l'expertise.....	14
4.2	Que sont devenus les coefficients de sécurité ?	15
4.3	La directive sur les séismes est-elle déterminante à elle seule ?	17
4.4	Cette directive ne s'applique-t-elle qu'aux nouveaux ouvrages ?	17
4.5	Les coefficients de sécurité ne s'appliquent-ils pas en cas de séisme ?.....	18
4.6	Structure des directives OFEG.....	19
4.7	La <i>deuxième</i> expertise apporte-t-elle une preuve au moins équivalente ?	19
4.8	Existe-t-il d'autres réserves de grande ampleur ?.....	20
5	Analyse de l'expertise du 4.5.2012	22
5.1	Conclusions de l'expertise.....	22
5.2	Mouvements rémanents.....	23
5.3	Constats supprimés sur la cohésion	24
5.4	Entente avec l'OFEN.....	26
6	Conclusion	27
6.1	En contradiction avec la loi, la centrale nucléaire de Mühleberg n'a pas été mise hors service 27	
6.2	Les coefficients de sécurité sont alors sciemment omis	28
6.3	L'OFEN accepte l'omission intentionnelle des coefficients de sécurité	29
6.4	Danger aigu pour la centrale nucléaire	29

7	Epilogue – surveillance et cadre légal	31
7.1	Objet: centrale nucléaire ou ouvrage d'accumulation ?	31
7.2	Autorisation d'exploiter: durée déterminée ou indéterminée	32
7.3	Mise hors service et désaffectation	32
7.4	Portée de la législation et des directives.....	33
7.5	Théorie et pratique	34
8	Anhang 1 - Zeitlinie	36
9	Anhang 2 - Vertiefte technische Diskussion.....	39

1 Introduction

1.1 Avant-propos de l'auteur

Les expertises et les avis de sécurité nucléaire ont régulièrement fait l'objet de critiques. On a reproché aux rapports de sécurité d'être incomplets ; d'être le fruit d'une entente préalable abusive entre l'autorité de surveillance et l'entité surveillée ; ou même de présenter des calculs biaisant la réalité de manière à masquer les problèmes.

Les autorités ont généralement ignoré ou alors balayé ces critiques par quelques phrases. Et ce même dans les cas où les porteurs de ces critiques s'étaient procuré des contre-expertises auprès d'experts reconnus. Il y avait donc «parole contre parole», et le public n'était pas en mesure de trancher, par manque de connaissances spécialisées.

Du fait d'une constellation unique, nous disposons aujourd'hui de tout l'historique d'un tel rapport de sécurité. L'auteur s'est procuré trois versions *officiellement déposées* de la même expertise, et a pu étudier les détails de «l'évolution» des déclarations des experts en matière de sécurité. L'analyse de l'auteur a aussi permis de montrer dans quels cas et dans quelle mesure ces changements d'opinion de la part des experts étaient argumentés.

Cette fois-ci, la crédibilité ou la compétence professionnelle de la personne qui formule des critiques, ou de l'auteur d'une contre-expertise n'est pas en jeu. Nous nous basons aujourd'hui sur les opinions des experts des exploitants des centrales nucléaires, pour contrer leurs propres avis. C'est donc «parole contre parole» - mais c'est la parole *des mêmes personnes*.

Et nous verrons que les modifications discutées dans la présente étude ne portent que marginalement sur les questions techniques. Les enjeux concernent bien plutôt l'application correcte des ordonnances et directives en vigueur. Toute personne disposant d'un minimum de connaissances techniques sera donc en mesure de juger pertinemment quelle version est la plus fiable.

1.2 Résumé

La centrale nucléaire de Mühleberg se situe à 1,3 km en aval de la centrale hydroélectrique de Mühleberg (barrage du Wohlensee). En cas de rupture du barrage, la centrale est gravement menacée.

C'est pourquoi après Fukushima l'autorité de surveillance IFSN (Inspection fédérale de la sécurité nucléaire ou ENSI en allemand), s'appuyant sur l'ordonnance de mise hors service¹ a exigé dans sa décision du 1.4.2011 la preuve de la maîtrise d'un séisme par la centrale hydroélectrique de Mühleberg, ou à défaut, la preuve de la maîtrise par la centrale nucléaire d'une crue déclenchée par une rupture de barrage².

Cette preuve devait être déposée en deux étapes : la sécurité parasismique des bâtiments et équipements devait être prouvée au 30.11.2011; et la dite analyse déterministe des défaillances, donc la

¹ Art. 2 «Examen de la conception» de l'Ordonnance du DETEC sur la méthode et sur les standards de vérification des critères de la mise hors service provisoire d'une centrale nucléaire
http://www.admin.ch/ch/f/rs/732_114_5/a2.html

² ENSI: Verfügung: Vorgehensvorgaben zur Überprüfung der Auslegung bezüglich Erdbeben und Überflutung, 1.4.2011
<http://www.ensi.ch/de/2011/04/01/2-verfuegung-des-ensi-an-das-kkw-muehleberg/>

preuve que la centrale nucléaire peut être mise à l'arrêt et refroidie en toute sécurité même en cas de séisme avec tous les phénomènes qui s'ensuivent, devait être déposée au 31.3.2012³.

Or le 30.11.2011 les Forces motrices bernoises BKW n'ont pas déposé de preuve de la maîtrise d'un séisme pour le barrage. Dans le même temps, BKW n'indiquait qu'une réserve réduite de stabilité du barrage dans le cadre du test de résistance («stress test») de l'Union européenne⁴.

C'est pourquoi l'IFSN a exigé, par décision du 10.1.2012, la preuve non encore fournie de la sécurité parasismique pour la centrale hydroélectrique de Mühleberg pour le 31.1.2012, et l'analyse déterministe des défaillances pour cette même date⁵ (donc deux mois avant le délai initialement imparti pour ce volet).

Pour élaborer le rapport demandé, BKW a donné mandat à l'entreprise Stucky SA (Lausanne). Celle-ci a livré une première version de son expertise le 31.1.2012⁶.

L'expertise conclut clairement que la sécurité du barrage n'est pas suffisante en regard des directives de la Confédération⁷. En cas de séisme, les coefficients de sécurité nécessaires à la sécurité structurale ne sont même pas garantis de moitié. Et même en cas d'exploitation normale (hors séisme), le barrage ne répond pas aux exigences : il devrait présenter une stabilité supérieure de 30% par rapport aux calculs de l'expertise.

Selon l'ordonnance de mise hors service⁸ BKW aurait donc immédiatement dû mettre sa centrale nucléaire à l'arrêt, si la sécurité de celle-ci n'était pas garantie. Or BKW n'en fera rien.

La vérification de ce rapport de sécurité a été déléguée par l'IFSN à l'Office fédéral de l'énergie (OFEN), section «barrages», car c'est l'OFEN qui est l'autorité de surveillance des barrages suisses⁹. L'OFEN prenait position le 27.2.2012 en posant quelques questions complémentaires¹⁰.

Le 30.3.2012, BKW déposait, avec l'ensemble du rapport de sécurité sismique de la centrale nucléaire, une deuxième version revue de l'expertise de Stucky SA concernant la centrale hydroélectrique¹¹.

³ Analyse déterministe des défaillances selon l'art. 2 «Respect des objectifs fondamentaux de protection» de l'Ordonnance du DETEC sur les hypothèses de risque et sur l'évaluation de la protection contre les défaillances dans les installations nucléaires

http://www.admin.ch/ch/f/rs/732_112_2/a2.html

⁴ Rappelons que l'IFSN, de son propre aveu, n'a pas contrôlé ces indications fournies par les exploitants des centrales nucléaires dans le cadre du stress test de l'UE. Cf. <http://energisch.ch/sonntagszeitung-akw-muehleberg-erhaelt-bestnoten-ohne-pruefung/1451/>

⁵ ENSI: Verfügung: Stellungnahme zu Ihrem Bericht zum EU-Stresstest, 10.1.2012

http://static.ensi.ch/1326198641/ensi_verfuegung_kkm_geschw.pdf

⁶ Stucky SA, Wasserkraftwerk Mühleberg Überprüfung der Erdbebensicherheit, Stabilitätsnachweis CSE-TM-JO 5092-4001, Renens 31.1.2012

⁷ OFEN: Sécurité des ouvrages d'accumulation. Directives de l'OFEG.

http://www.bfe.admin.ch/themen/00490/00491/00494/index.html?lang=fr&dossier_id=00788

⁸ Art. 3 de l'ordonnance de mise hors service, Ordonnance du DETEC sur la méthode et sur les standards de vérification des critères de la mise hors service provisoire d'une centrale nucléaire

http://www.admin.ch/ch/f/rs/732_114_5/a3.html

⁹ Art. 22 «Surveillance par la Confédération», Loi fédérale sur les ouvrages d'accumulation

http://www.admin.ch/ch/f/rs/721_101/a22.html

¹⁰ Stellungnahme des BFE zum Nachweis der Stabilität unter Erdbebeneinwirkung, 27. Februar 2012 (référence cf. ¹²)

¹¹ Wasserkraftwerk Mühleberg Überprüfung der Erdbebensicherheit, Linear-elastische Berechnungen, TM-JO 5092-4003, Stucky AG, Renens, 30.3.2012

Or cette deuxième version de l'expertise omet purement et simplement l'application de la directive de «sécurité structurale» de la Confédération et des coefficients de sécurité exigés, éléments pourtant correctement indiqués dans la première version du rapport. Les incertitudes et les risques considérables liés à la méthode choisie en regard de la teneur de la directive ont tout simplement été laissés de côté.

Et aucune autre méthode de valeur au moins équivalente n'a été appliquée en lieu et place des exigences de la directive.

Le 4.5.2012 Stucky SA livrait sa troisième et dernière version de l'expertise. Cette nouvelle version omet d'autres déclarations défavorables concernant les mesures en laboratoire des propriétés de la roche et concernant les mouvements rémanents au niveau du barrage.

Le 26.6.2012 l'OFEN exprimait un avis positif sur la documentation fournie¹².

Sur cette base, l'IFSN déclarait le 9.7.2012 : «Les centrales nucléaires suisses résistent aux séismes», et concrètement : «Le barrage de Mühleberg résiste»¹³.

Dans le cadre de la démonstration de la maîtrise de la combinaison d'un tremblement de terre et de la défaillance de barrages dans le rayon de la centrale nucléaire de Mühleberg en raison d'un séisme, l'exploitant a démontré que ces constructions résistent. Les démonstrations pour les barrages de Mühleberg, de Schiffenen et de Rossens ont été évaluées par les services compétents de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) et de l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN).

La présente étude explore ce constat en détail, preuves à l'appui.

¹² Überprüfung der Erdbebensicherheit des Wasserkraftwerks Mühleberg, Stellungnahme des BFE zum Erdbebensicherheitsnachweis, 26.6.2012

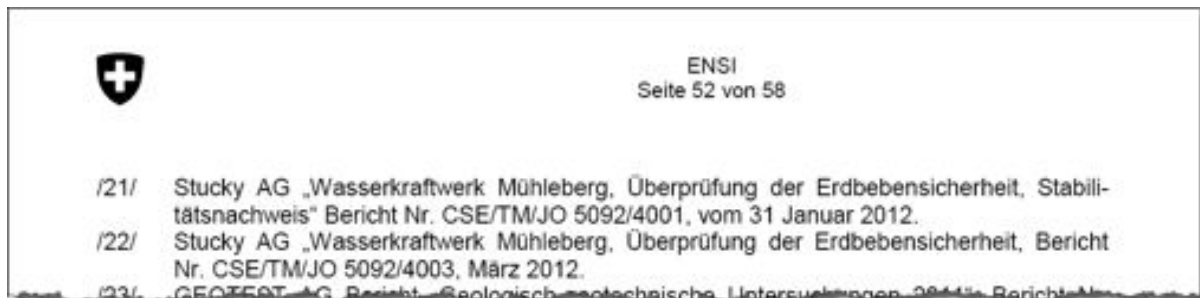
http://static.ensi.ch/1341815595/20120626_bfe_stauanlagen_geschwaerzt.pdf

¹³ <http://www.ensi.ch/fr/2012/07/09/les-centrales-nucleaires-suissees-resistant-aux-seismes/>

2 Expertises sur la sécurité parasismique de la centrale hydroélectrique de Mühleberg

2.1 Provenance et configuration

L'IFSN évoque deux documents démontrant concrètement la sécurité parasismique de la centrale hydroélectrique de Mühleberg, dans son avis intitulé «Stellungnahme des ENSI zum deterministischen Nachweis des KKM zur Beherrschung des 10'000-jährlichen Erdbebens» (ENSI 11/1562) du 7.7.2012¹⁴.



L'auteur de la présente étude a demandé ces deux documents en vertu de la loi fédérale sur le principe de la transparence dans l'administration (LTrans). Il les a finalement obtenus dans une version comprenant nombre de passages rendus illisibles, moyennant une redevance de CHF 950.- (montant initialement demandé : 2'450.-).

2.2 Deux versions de la même expertise

Comme nous l'avons vu en introduction, BKW a dû présenter la preuve de la sécurité parasismique de la centrale hydroélectrique de Mühleberg pour le 31.1.2012 puis également pour le 30.3.2012. Elle a à chaque fois mandaté l'entreprise Stucky SA (Lausanne) pour élaborer l'expertise demandée.

Après réception des documents, il est rapidement apparu que l'expertise de mars est une version développée de l'expertise de janvier (et remplace donc cette dernière). Toutes les sections représentées dans la première version sont reprises dans la seconde. Le texte n'est que très légèrement modifié (à quelques exceptions spectaculaires près, étudiées ci-après). Quelques sections et passages nouveaux ont été ajoutés, répondant probablement aux demandes complémentaires formulées par les autorités de surveillance.

L'auteur a notamment procédé à une comparaison électronique des deux versions, opération qui a confirmé cette interprétation du statut des documents¹⁵.

2.3 Trois versions de la même expertise

L'étude de la documentation démontrera par la suite l'existence d'une troisième version de l'expertise. Celle-ci est datée du 4 mai 2012 et la référence est complétée par la lettre «a». Tant l'OFEN¹⁶ que l'IFSN¹⁷ se réfèrent, dans leurs avis légalement contraignants, à cette troisième version.

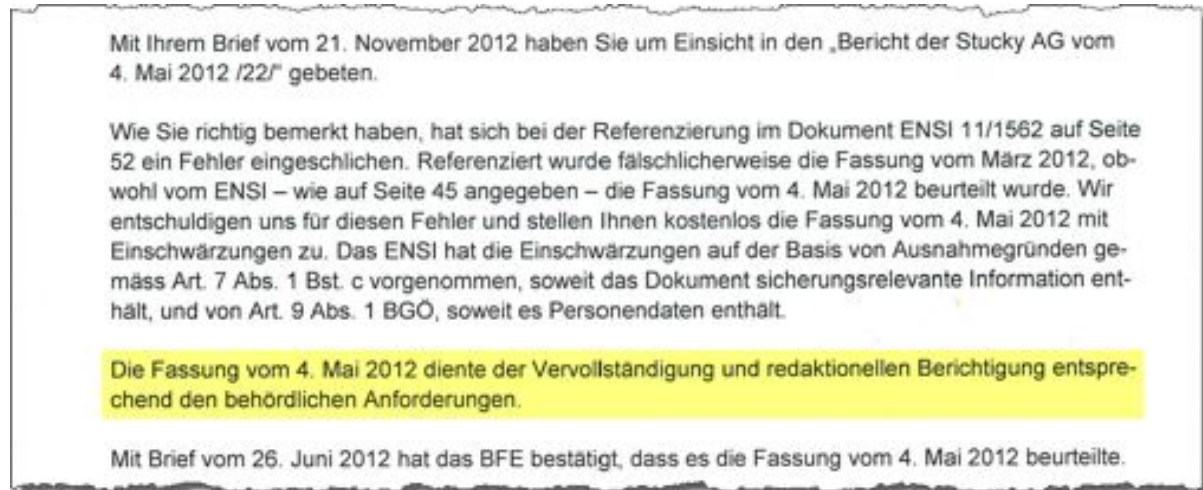
¹⁴ http://static.ensi.ch/1341815145/kkm_sn-erdbebennachweis_final_geschwaerzt.pdf

¹⁵ La comparaison OCR des textes est disponible auprès de l'auteur.

¹⁶ Überprüfung der Erdbebensicherheit des Wasserkraftwerks Mühleberg - Stellungnahme des BFE zum Erdbebensicherheitsnachweis (Bericht Stucky AG CSE/JO 5092/4003a vom 4. Mai 2012), 26. Juni 2012
http://static.ensi.ch/1341815595/20120626_bfe_stauanlagen_geschwaerzt.pdf

Un fait à relever, étant donné le délai de remise du rapport fixé au 31.3.2012 et donc dépassé. En annexe de l'avis de l'ISFN, c'était par conséquent la version de mars qui était indiquée à titre de référence, donc la version que l'auteur avait obtenue.

Il a donc fallu demander à l'ISFN la dernière version de mai. L'ISFN a fourni cette version avec le commentaire suivant:



Entre-temps, l'auteur a également effectué une comparaison de texte pour cette troisième et dernière version, celle qui a été jugée par les autorités.

2.4 Analyse de l'expertise

Les trois versions du document seront analysées et leur «évolution» discutée dans les sections qui suivent.

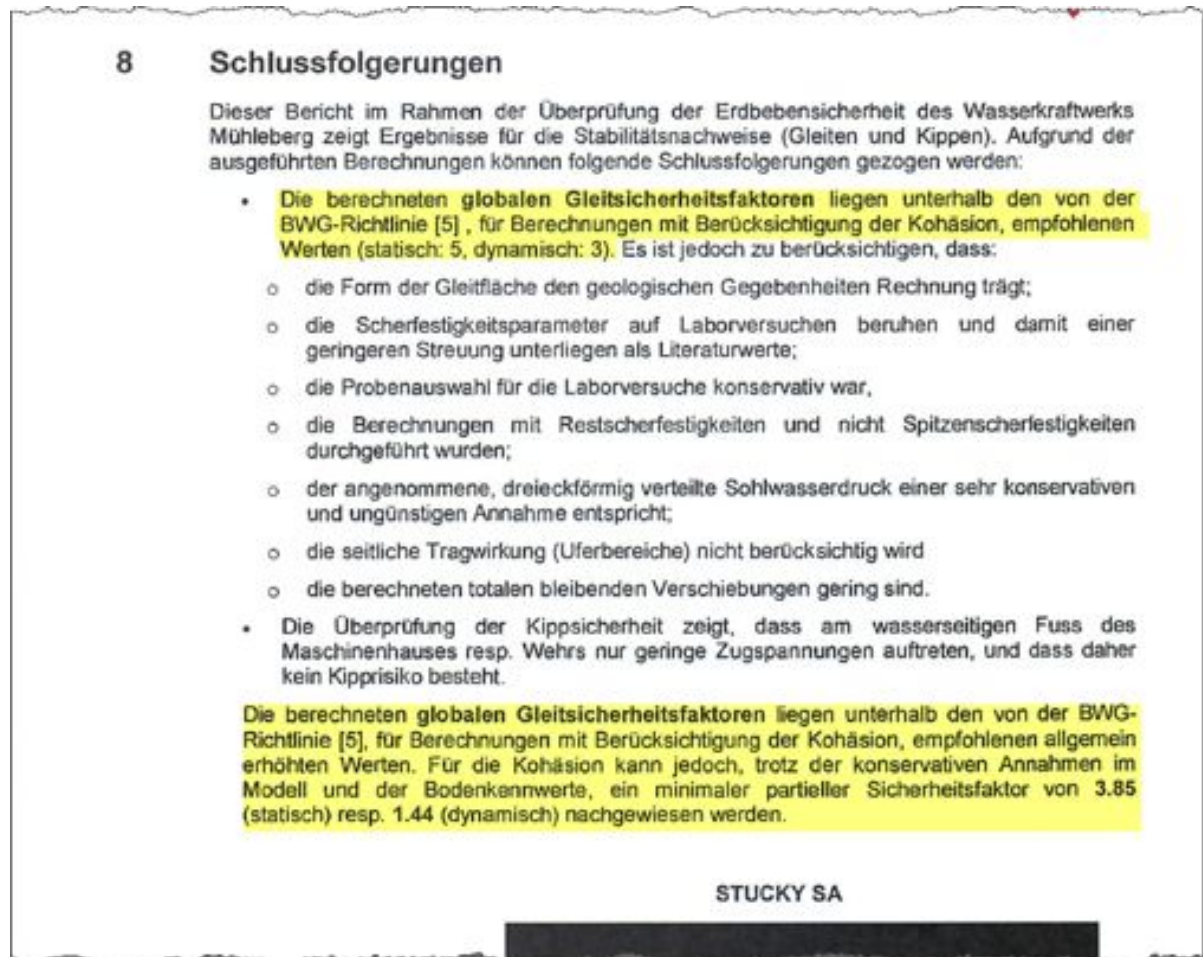
IMPORTANT : le présent document étudie *uniquement une question spécifique* du domaine de la sécurité parasismique, celle de l'application des coefficients de stabilité au glissement. L'auteur formule d'autres réserves, en partie de nature grave, à l'encontre de cette expertise, qui ne sont cependant pas étudiées ici.

¹⁷ Stellungnahme des ENSI zum deterministischen Nachweis des KKM zur Beherrschung des 10'000-jährlichen Erdbebens
http://static.ensi.ch/1341815145/kkm_sn-erdbebennachweis_final_geschwaerzt.pdf

3 Analyse de l'expertise du 31.1.2012

3.1 Conclusions de l'expertise

Nous commençons par les conclusions de l'expertise. Cette première version du 31.1.2012¹⁸ aboutit à un constat clair :



Les auteurs de l'expertise tentent certes d'introduire une série de considérations destinées à relativiser leur constat dans l'intérêt du donneur d'ouvrage¹⁹, mais la conclusion est claire : *«Les coefficients globaux de stabilité au glissement calculés se situent en dessous des valeurs recommandées par la directive de l'OFEG [5] pour les calculs tenant compte de la cohésion».*

Concrètement : en cas de séisme, le coefficient de sécurité décisif pour la centrale hydroélectrique de Mühleberg devrait être supérieur de 108% à la valeur calculée en ce moment (coefficient 3 au lieu de 1.44). Le barrage présente donc moins de la moitié de la stabilité requise par les autorités.

Même en l'absence de séisme (dans des conditions d'exploitation normale), le barrage devrait présenter une stabilité supérieure d'environ 30% à la valeur obtenue par calcul (coefficient 5 au lieu de 3.85). Le barrage est donc *en permanence* en dehors de la norme de sécurité définie par la loi.

¹⁸ Wasserkraftwerk Mühleberg Überprüfung der Erdbebensicherheit, Stabilitätsnachweis CSE-TM-JO 5092-4001, Stucky SA, Renens 31.1.2012

¹⁹ Ce n'est pas par hasard que ces considérations relativisant la conclusion seront en partie retirées ultérieurement, ou alors qualifiées de négligeables (cf. les sections 4.8 et 5.2)

En d'autres termes : même un séisme de basse intensité, comme il en arrive *fréquemment*, pourrait menacer la faible stabilité du barrage.

3.2 Coefficients de sécurité exagérés ?

Au premier abord, on peut s'étonner de la hauteur des coefficients de sécurité de 5 et de 3. Normalement un coefficient de sécurité de 1,0 indique que la stabilité est tout juste atteinte. Les directives exigent généralement une certaine marge de sécurité allant de 10% à 50%, ce qui correspond à un coefficient de sécurité de 1,1 à 1,5.

Alors, pourquoi des valeurs aussi élevées que 5 et 3? S'agit-il d'une «marge de sécurité de luxe», donc exagérée?

Sous la référence citée, «Directive de l'OFEG [5]», nous trouvons la directive intitulée «Sécurité des ouvrages d'accumulation : Documentation de base relative à la sécurité structurale, Version 1.0 (Août 2002)»²⁰ avec les indications suivantes en page 31 :

Als Sicherheitsfaktoren können folgende Werte angenommen werden.

LASTFALL		
normal	ausserordentlich	extrem
1.5	1.3	1.1

Tabelle 6: Sicherheitsfaktoren für Staumauern (ohne Berücksichtigung der Kohäsion)

Ce sont là les coefficients de sécurité usuels. Mais le document poursuit :

Die angegebenen Sicherheitsfaktoren in Tabelle 6 gelten für Berechnungsfälle ohne Berücksichtigung der Kohäsion.

et:

Grundsätzlich kann die Kohäsion dort, wo sie vorhanden ist und der innere Reibungswinkel gleichzeitig tief angesetzt ist, berücksichtigt werden. Für die Festlegung der Kohäsion sollte auf Versuchsergebnisse, allenfalls auf publizierte Resultate aus der Literatur zurückgegriffen werden. Die Sicherheitsfaktoren sind dann aber zu erhöhen, um den Unsicherheiten und dem Risiko, dass sich die Kohäsion infolge einer Bewegung vermindert oder verschwindet, Rechnung zu tragen. Als Werte sind dann für die 3 Lastfälle in der Tabelle 6 Sicherheitsfaktoren von 3, 4 und 5 zu wählen.

La directive part donc normalement du principe que la sécurité du barrage doit être établie *sans* la dite cohésion (adhérence). Pour intégrer la cohésion au calcul, il faut remplir plusieurs conditions. Et cela donne lieu à un relèvement substantiel des coefficients de sécurité nécessaires.

Il est important de relever que les coefficients de sécurité ne sont en aucun cas une «marge de sécurité de luxe». Ce sont des valeurs explicitement prescrites «*pour tenir compte des incertitudes et du risque d'une diminution ou d'une disparition de la cohésion due à un mouvement*».

²⁰ OFEN: Sécurité des ouvrages d'accumulation : Documentation de base relative à la sécurité structurale, Version 1.0 (Août 2002)

http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=fr&name=fr_214764762.pdf

La cohésion (l'adhérence de l'ouvrage de construction au sous-sol) joue uniquement en l'absence de fissures ou d'inclusions d'eau, qu'elles soient présentes avant la construction ou qu'elles apparaissent en cas de charge suite à un mouvement de l'ouvrage ou du sous-sol. En cas de séisme, il est évident qu'il existe des «*incertitudes et risques*» considérables.

Pour avoir la permission de continuer à utiliser ce modèle *fortement simplifié* d'une cohésion uniforme indépendante de l'endroit précis, et intacte même en cas de charge, il est *obligatoire* en contrepartie de se baser sur ces coefficients de sécurité élevés.

3.3 «Valeurs recommandées ?»

Les auteurs de l'expertise utilisent la formule des «valeurs recommandées» pour les coefficients de sécurité. Or les recommandations, dans l'usage général de la langue, ne sont pas contraignantes.

Un écart par rapports à ces valeurs serait donc admissible ?

Relevons d'abord que les passages cités ci-dessus ne présentent pas le caractère d'une recommandation. «*Les valeurs des coefficients de sécurité donnés... concernent...*», «*Les coefficients de sécurité... seront majorés...*», «*les valeurs des coefficients... seront de...*». Ce n'est pas exactement le ton d'une recommandation, mais bien celui d'une prescription contraignante.

Est-ce que les directives doivent dans leur ensemble être considérées comme des recommandations ?

La directive mentionnée en référence, intitulée «Documentation de base relative à la sécurité structurale», ne répond pas directement à la question de la nature, contraignante ou non, du texte. Si l'on examine la provenance du document, on aboutit au site internet de l'OFEN, qui liste toutes les directives. Au haut de la liste, on trouve un titre qui a manifestement valeur de document fondateur, intitulé «Directives de l'OFEG».

Office fédéral de l'énergie > Thèmes > Barrages > **Directives**²¹:

The screenshot shows the official website of the Swiss Federal Office of Energy (OFEN). The navigation bar includes 'Thèmes', 'Documentation', 'Services', and 'L'OFEN'. The main content area is titled 'Barrages' and features a search bar. Below the search bar, there is a section for 'Sécurité des ouvrages d'accumulation. Directives de l'OFEG Version 1.1 (pdf, 2.3 MB)'. This section includes a small thumbnail image of the document cover and provides metadata: 'Institution: BFE (BWG)', 'Auteur:', 'Editeur:', and 'Paru le: 01.11.2002'. At the bottom, there are links to download the document in German (DE), French (FR), Italian (IT), or English (EN).

²¹ http://www.bfe.admin.ch/themen/00490/00491/00494/index.html?lang=fr&dossier_id=00788

Ce document qualifie clairement les objectifs et la portée des directives OFEG :

1.3 Objectifs des directives

L'objectif premier des directives est d'apporter les précisions nécessaires à l'application des divers articles de l'OSOA. Elles se basent sur un concept de sécurité mis en place depuis de nombreuses années. Elles indiquent la pratique à appliquer dans le domaine de la sécurité des ouvrages d'accumulation en Suisse, en tenant compte de l'état des connaissances scientifiques au moment de leur rédaction. Elles contiennent les bases essentielles à considérer pour assurer la sécurité des ouvrages d'accumulation.

1.4 Portée des directives

Les directives ont un caractère plus contraignant que les recommandations, sans toutefois avoir le caractère impératif des lois et des ordonnances. Il est possible d'y déroger à condition de prouver que les dispositions de l'ordonnance sont respectées au moins de manière équivalente. En raison de l'évolution de l'état des connaissances, l'application de nouvelles connaissances ou méthodes est possible. Ces dernières seront prises en compte dans les éditions futures des directives.

Il apparaît que les directives servent à l'interprétation et à l'application correctes des bases légales (de **l'ordonnance sur les ouvrages d'accumulation**²² dans le cas présent). Et nous voyons que les directives ne sont en aucun cas des recommandations facultatives. En cas d'écart par rapport à une directive, il est nécessaire de répondre aux exigences des ordonnances *de manière au moins équivalente*.

3.4 La sécurité a-t-elle été prouvée de manière au moins équivalente ?

La prochaine question est donc celle de savoir si la preuve de la sécurité a été apportée de manière au moins équivalente, «*pour tenir compte des incertitudes et du risque d'une diminution ou d'une disparition de la cohésion due à un mouvement*».

Un examen sérieux de l'expertise dans son ensemble n'est pas de nature à rassurer le lecteur.

Et à la lecture des conclusions, on constate: si les auteurs relativisent les constats clairement établis en regard des directives, ils ne formulent aucune indication sur la possibilité de garantir la cohésion avant et pendant un séisme «*de manière au moins équivalente*». Au contraire, ils évoquent des «mouvements rémanents» qui mettent en cause la cohésion dans son ensemble. En cas de mouvements rémanents, la cohésion (adhérence) n'est naturellement plus donnée (cf. également section 5.2).

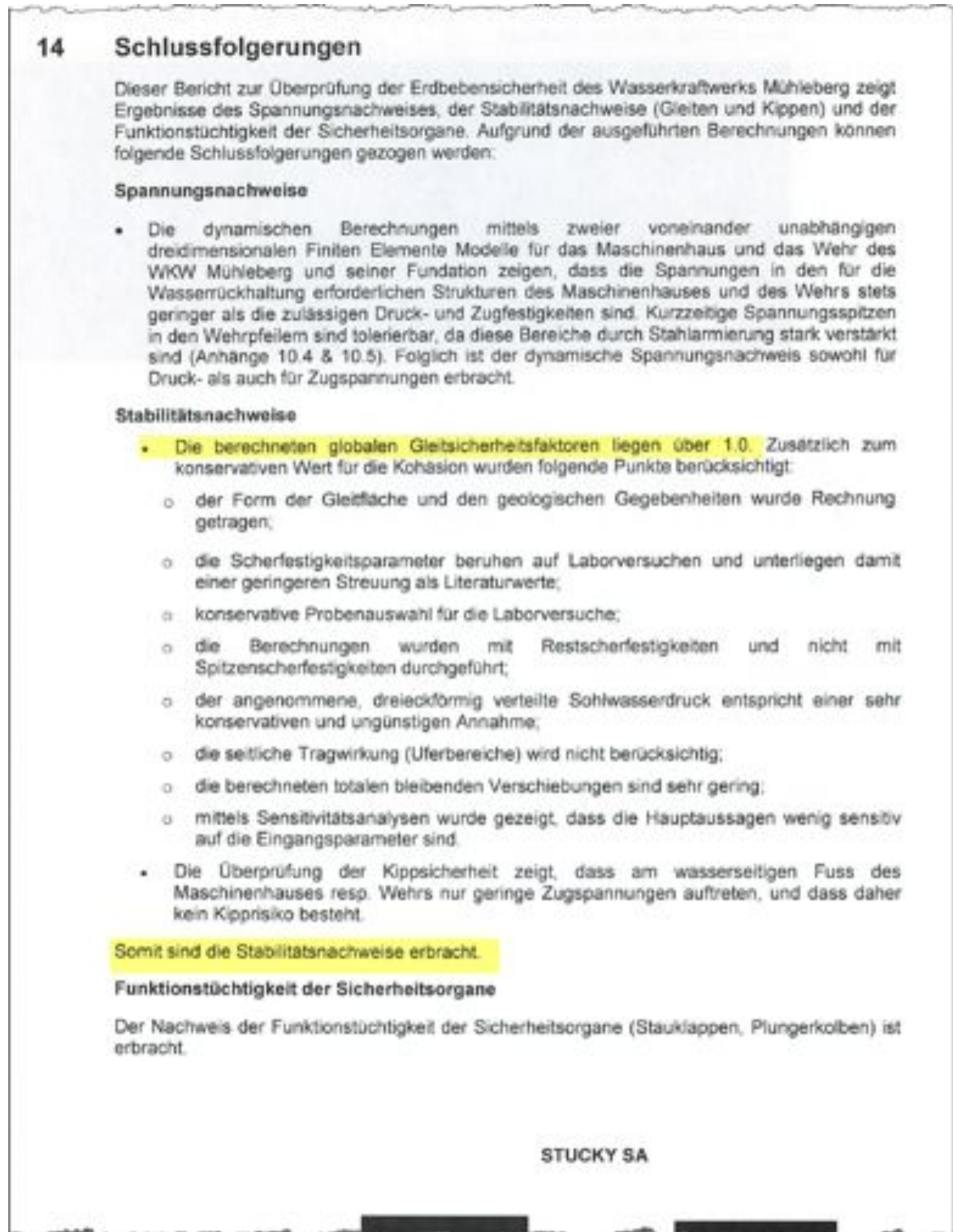
Toute discussion de ce point s'avère superflue dès que l'on examine la deuxième version de l'expertise, datant de fin mars.

²² **Verordnung über die Sicherheit der Stauanlagen**,
http://www.admin.ch/ch/d/sr/721_102/index.html

4 Analyse de l'expertise du 30.3.2012

4.1 Conclusions de l'expertise

La deuxième version de l'expertise présente également un constat sans ambiguïté²³:



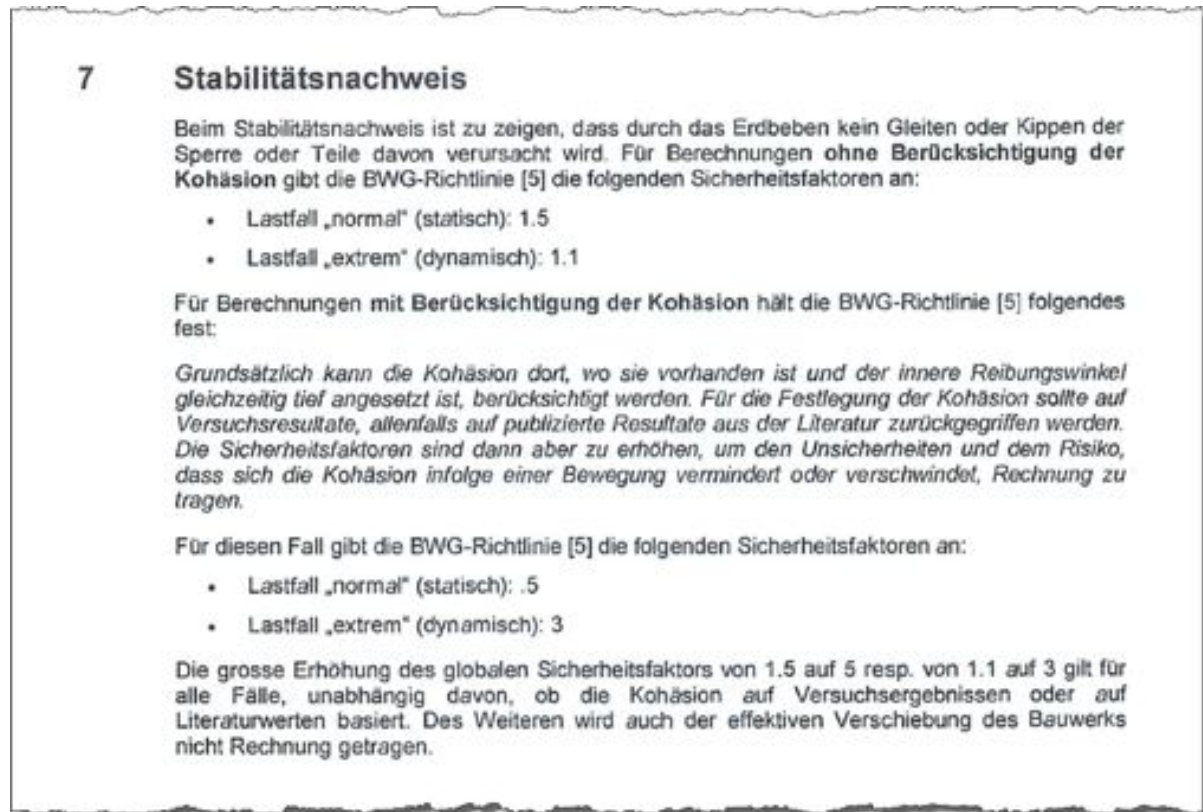
²³ Wasserkraftwerk Mühleberg Überprüfung der Erdbebbensicherheit, Linear-elastische Berechnungen, TM-JO 5092-4003, Stucky AG, Renens, 30.3.2012 [saut de page supprimé]

Le texte se contente tout simplement d'indiquer que les coefficients de sécurité sont supérieurs à 1,0. Il ne mentionne plus les coefficients de sécurité à hauteur de 5 et de 3 et le non respect des directives OFEG.

Comment est-ce possible?

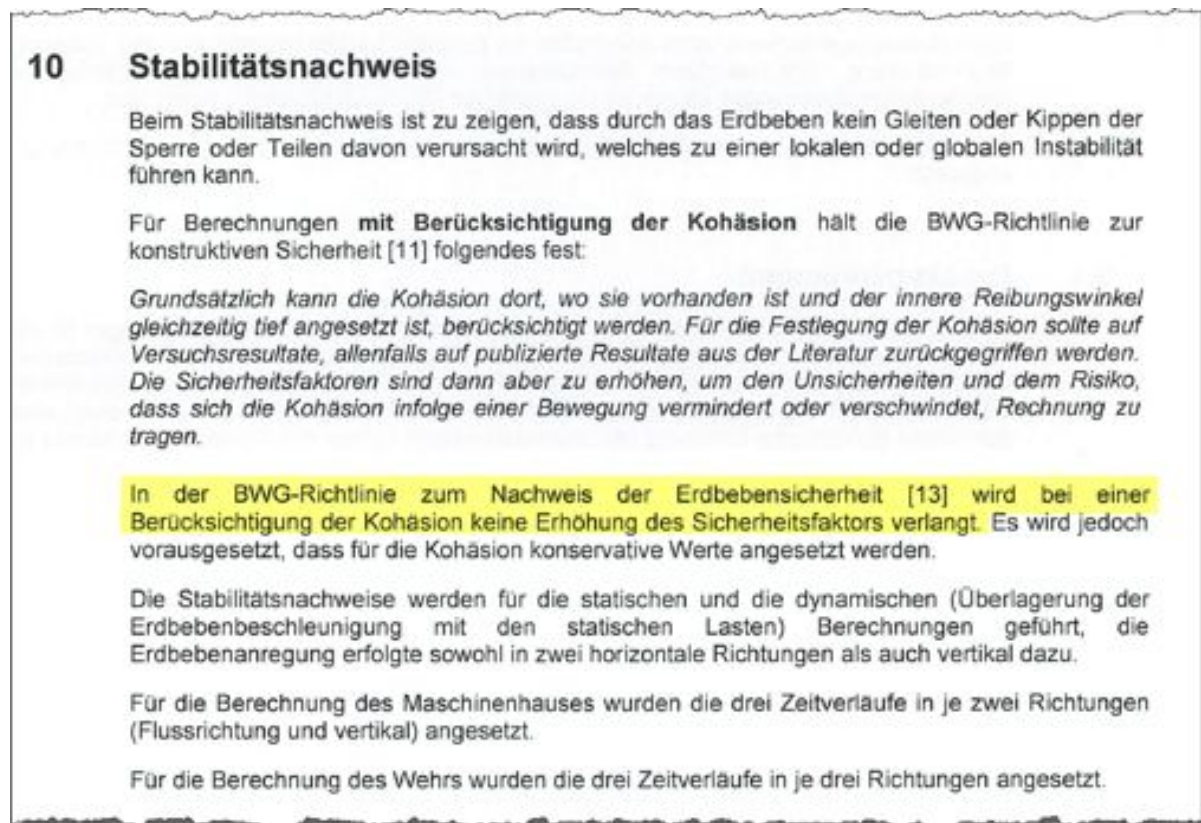
4.2 Que sont devenus les coefficients de sécurité ?

La comparaison des sections intitulées «Preuve de la stabilité» éclaircit cette question. La version de janvier présente les prescriptions des directives OFEG de la manière suivante :



Cette présentation des directives correspond à notre interprétation telle que décrite à la section 3.2.

Mais que dit la version de mars de l'expertise ?



Si le texte cite encore le passage sur la cohésion tiré de la directive «Documentation de base relative à la sécurité structurale», il fait disparaître les coefficients de sécurité.

Au lieu de cela, l'expertise dit : «La directive OFEG sur la preuve de la sécurité parasismique [13] n'exige pas de relèvement du coefficient de sécurité lorsque l'on tient compte de la cohésion.»

Est-ce aussi simple que cela ?

La lecture de la directive indiquée en référence, intitulée «Sécurité des ouvrages d'accumulation: Documentation de base pour la vérification des ouvrages d'accumulation aux séismes»²⁴ confirme dans un premier temps cette déclaration. Il est vrai que cette directive ne contient *en elle-même* aucune indication sur un quelconque coefficient de sécurité.

²⁴ Sécurité des ouvrages d'accumulation. Documentation de base pour la vérification des ouvrages d'accumulation aux séismes (Version 1.2)

http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=fr&name=fr_284865027.pdf

4.3 La directive sur les séismes est-elle déterminante à elle seule ?

La prochaine interrogation sera donc de savoir si cette «directive OFEG pour la vérification des ouvrages d'accumulation aux séismes» constitue en elle-même un cadre législatif complet et autonome. Les premiers mots en «introduction» suffisent à éclaircir cette question:

INTRODUCTION

La présente directive est à appliquer conjointement avec l'ordonnance sur les ouvrages d'accumulation et les autres directives relatives aux ouvrages d'accumulation.

Les exigences présentées dans la directive sont des exigences minimales. Il est possible d'appliquer d'autres méthodes que celles mentionnées par la présente directive pour autant qu'il soit démontré qu'elles sont au moins équivalentes.

Le texte dit donc clairement que la directive sur les séismes n'est pas un règlement indépendant et que les autres directives – et donc aussi celle sur la sécurité structurale – doivent s'appliquer dans leur ensemble.

L'introduction confirme une nouvelle fois que les prescriptions formulées constituent des «exigences minimales» et non de simples recommandations. Et la directive rappelle à nouveau que l'on peut faire appel à une autre méthode, mais à condition qu'il soit démontré qu'elle est de valeur au moins équivalente.

A ce stade, il semble que l'analyse montre d'ores et déjà qu'il est impossible de cautionner la déclaration de l'expertise selon laquelle «La directive OFEG sur la preuve de la sécurité parasismique [13] n'exige pas de relèvement du coefficient de sécurité lorsque l'on tient compte de la cohésion.»

Mais continuons notre recherche d'explications éventuelles de cette manière de présenter les choses.

4.4 Cette directive ne s'applique-t-elle qu'aux nouveaux ouvrages ?

En ayant l'esprit large, on pourrait supposer que les auteurs de l'expertise se seraient trompés dans la première version de leur rapport, et penser que la directive sur la «sécurité structurale» (avec ses coefficients de sécurité) ne s'appliquerait qu'aux nouvelles «constructions» et non aux vieux ouvrages existants.

Mais l'introduction affirme explicitement que la directive s'applique à «l'analyse de la sécurité d'un ouvrage existant»:

Ce document a pour objectif d'apporter toutes les précisions utiles pour développer les plans d'utilisation et de sécurité tels qu'ils sont présentés dans la publication du CSB. Il ne doit toutefois pas être considéré comme une check-list. Son contenu doit faciliter la démarche de l'exploitant et de l'ingénieur, ainsi que des autorités de surveillance, en ce qui concerne

- l'élaboration d'un nouveau projet,
- les transformations d'un ouvrage existant,
- l'analyse de la sécurité d'un ouvrage existant,
- la rédaction des consignes de service et de surveillance au stade de l'exploitation.

Et la directive principale intitulée «Sécurité des ouvrages d'accumulation: Directives de l'OFEG, Version 1.1 (Novembre 2002)» ne permet aucun doute à ce sujet :

Un examen extraordinaire de la sécurité structurale d'ouvrages existants (art. 14 al. 2 OSOA) peut être requise en tout temps; elle peut déboucher sur des travaux de confortement ou de remise en état (rénovation). La sécurité structurale doit être revue en cas de transformation ou de réhabilitation, de modification d'exploitation, de nouvelles charges (solllicitations), de détérioration sérieuse des structures.

L'autorité de surveillance (exigence de l'OFEN par le biais de l'ISFN dans le cas présent) ayant exigé la preuve de la sécurité structurale, et le cas de charge s'était modifié (intensité supérieure des séismes selon PEGASOS Refinement Project Intermediate Hazard), la sécurité structurale doit impérativement être vérifiée.

4.5 Les coefficients de sécurité ne s'appliquent-ils pas en cas de séisme ?

Une autre supposition serait que les coefficients de sécurité ne s'appliqueraient pas en cas de séisme. Mais il suffit de rechercher le terme «séisme» dans la directive sur la «sécurité structurale» pour lever ce doute. Le texte prescrit expressément la manière de qualifier le cas de charge lors d'un séisme, précisant qu'il s'agit d'un «cas extrême» :

ACTIONS	BARRAGE-POIDS, BARRAGE MOBILE							
	Type 1		Type 2			Type 3		
	Cas normaux		Cas exceptionnels			Cas extrêmes		
	Lac vide	Lac plein	Crue	Glace	Avalanche	Crue	Séisme lac vide 2)	Séisme lac plein

Cette classification comme «extrême» sert ensuite à déterminer le coefficient de sécurité :

En ce qui concerne les coefficients de sécurité, les valeurs suivantes peuvent être admises:		
CAS DE CHARGE		
Normal	Exceptionnel	Extrême
1.5	1.3	1.1

Tableau 6: Coefficients de sécurité de stabilité pour les ouvrages en béton sans tenir compte de la cohésion

Comme il a été démontré ci-dessus, lorsque l'on tient compte de la cohésion, les coefficients doivent être relevés, et ce en fonction du cas de charge :

données dans la littérature. Les coefficients de sécurité au glissement seront majorés pour tenir compte des incertitudes et du risque d'une diminution ou d'une disparition de la cohésion due à un mouvement. Pour les 3 cas de charge, les valeurs des coefficients de sécurité du tableau 6 seront respectivement de 3, 4 et 5.

On constate donc que la directive sur les séismes doit *impérativement* être appliquée conjointement à la directive sur la sécurité structurale, mais aussi que les coefficients de sécurité mentionnés sont *explicitement dimensionnés et prévus pour le cas de charge d'un séisme*.

4.6 Structure des directives OFEG

Etant donné que les auteurs de l'expertise contestent la cohérence des directives OFEG, l'auteur s'est penché sur la structure du cadre législatif. Selon notre analyse, les exigences de sécurité des ouvrages d'accumulation se *concrétisent* de haut en bas selon le modèle suivant :



Source: Office fédérale de l'énergie > Thèmes > Barrages > Directives²⁵

Relevons toutefois que cette interprétation n'est pas une présentation officielle de l'OFEN. Par ailleurs, elle n'est pas décisive pour prouver le bien-fondé des arguments de la présente étude.

4.7 La deuxième expertise apporte-t-elle une preuve au moins équivalente ?

Il est évidemment inadmissible, quel que soit le cas de figure, de nier l'existence et l'applicabilité de directives et de coefficients de sécurité. Néanmoins, nous voulons vérifier, comme à la section 3.4, si

²⁵ http://www.bfe.admin.ch/themen/00490/00491/00494/index.html?lang=fr&dossier_id=00788

la *deuxième* version de l'expertise apporte une preuve au moins équivalente, «*pour tenir compte des incertitudes et du risque d'une diminution ou d'une disparition de la cohésion due à un mouvement*».

Il est vrai que la deuxième version de l'expertise introduit une nouvelle section appelée «Appréciation de la sécurité au glissement». Ce passage évoque une «étude de sensibilité de la sécurité au glissement», qui examine la dépendance de la sécurité au glissement par rapport aux facteurs que sont la cohésion et les sous-pressions. On pourrait donc penser que l'étude de sensibilité sur la cohésion remplace en quelque sorte «*de manière au moins équivalente*» l'application des coefficients de sécurité.

Or un coup d'œil sur la formule mathématique des coefficients de sécurité²⁶ et sur la cohésion introduite dans cette formule montre que la cohésion c se trouve en corrélation linéaire directe avec ledit coefficient de sécurité partielle FS2 (numérateur et dénominateur dans la fraction):

Il est aussi possible d'introduire des coefficients de sécurité partielle. La relation envisagée est de la forme suivante:

$$\Sigma H < [(\text{tg } \varphi \cdot \Sigma V) / \text{FS1}] + [(c \cdot A) / \text{FS2}]$$

Il faut aussi mentionner que les plans de glissement envisagés tiendront compte de la structure géologique des fondations. Les valeurs de φ et de c dépendront aussi de l'état du plan de glissement.

Si la cohésion est réduite d'un certain facteur, le facteur de sécurité partielle FS2 qui peut être atteint au maximum *se réduit exactement du même facteur*.

L'entreprise Stucky AG a réduit la cohésion de 400kPa à 300kPa, donc d'un facteur de 0,75, dans le cadre de l'«étude de sensibilité de sécurité au glissement». Le coefficient de sécurité partielle pour la cohésion se réduit ainsi d'un facteur de 0,75.

Or la directive prévoit une réduction (coefficient de sécurité en dénominateur) à 1/3 donc à 0,333 en cas de séisme, ou une réduction à 1/5 donc 0,2 dans des conditions normales d'exploitation. Ces facteurs sont très loin du facteur de 0,75 choisi. L'«étude de sensibilité» ne peut donc en aucun cas expliquer ou remplacer la non application des coefficients de sécurité.

4.8 Existe-t-il d'autres réserves de grande ampleur ?

Dès la première version de l'expertise, le texte donnait plusieurs points censés relativiser le non respect des directives. Il s'agit notamment de l'indication selon laquelle l'expertise aurait tenu compte de l'entier des sous-pressions, hypothèse qualifiée par le texte de conservative et donc défavorable :

- der angenommene, dreieckförmig verteilte Sohlwasserdruck einer sehr konservativen und ungünstigen Annahme entspricht;

²⁶ Nous nous basons ici sur les coefficients de sécurité partielle, qui sont toujours moins stricts que les coefficients de sécurité globale. Ceci du fait que dans le cas de la preuve partielle, la part de l'angle de frottement se réduit d'un coefficient de sécurité plus petit (FS1 = 1.1 dynamique, 1.5 statique).

Directive et formule, cf.:

OFEN: Sécurité des ouvrages d'accumulation : Documentation de base relative à la sécurité structurale, Version 1.0 (Août 2002). Page 33

http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=fr&name=fr_214764762.pdf

La version de mars de l'expertise déçoit à nouveau sur ce point. Car la deuxième partie de l'étude de sensibilité démontre que même si les sous-pressions sont négligées dans leur totalité pour le calcul²⁷, les coefficients de sécurité prescrits ne sont pas atteints. En cas de séisme, ces coefficients ne sont atteints ni pour le barrage ni pour le bâtiment des machines. Et même dans des conditions d'exploitation normale (sans séisme), le bâtiment des machines reste instable²⁸. Les plages marquées en rouge indiquent des coefficients de sécurité insuffisants (marquage absent du document original):

Tabelle 10-3 Sensitivitätsstudie Gleitsicherheit.

Annahmen			Maschinenhaus	Wehr
c = 300 kPa w: 100%	statisch		2.45	5.10
	dynamisch	S1	1.14	1.91
		S2	1.11	2.39
		S3	1.16	1.97
c = 400 kPa w: 0%	statisch		3.80	7.33
	dynamisch	S1	1.67	2.65
		S2	1.65	3.34
		S3	1.69	2.77

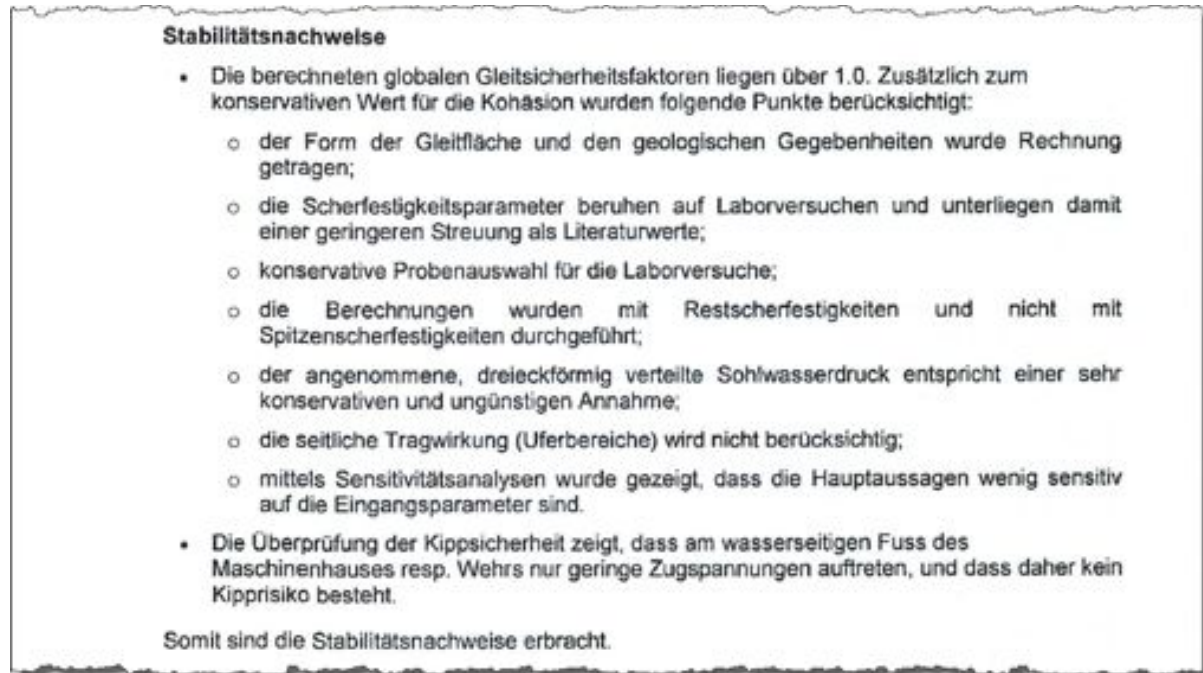
²⁷ Relevons en outre que l'auteur doute des affirmations sur la sécurité du drainage des chambres dans les fondations du bâtiment des machines.

²⁸ 5092/4003, page 41, 10.1.3 Beurteilung der Gleitsicherheit

5 Analyse de l'expertise du 4.5.2012

5.1 Conclusions de l'expertise

Comme il a été expliqué à la section 2.3, l'entreprise Stucky SA a délivré une troisième version de son expertise en date du 4.5.2012. Pour la preuve de la stabilité, les conclusions ne se distinguent de la version précédente que sur un seul point :



Stabilitätsnachweise

- Die berechneten globalen Gleitsicherheitsfaktoren liegen über 1.0. Zusätzlich zum konservativen Wert für die Kohäsion wurden folgende Punkte berücksichtigt:
 - der Form der Gleitfläche und den geologischen Gegebenheiten wurde Rechnung getragen;
 - die Scherfestigkeitsparameter beruhen auf Laborversuchen und unterliegen damit einer geringeren Streuung als Literaturwerte;
 - konservative Probenauswahl für die Laborversuche;
 - die Berechnungen wurden mit Restscherfestigkeiten und nicht mit Spitzenscherfestigkeiten durchgeführt;
 - der angenommene, dreieckförmig verteilte Sohlwasserdruck entspricht einer sehr konservativen und ungünstigen Annahme;
 - die seitliche Tragwirkung (Uferbereiche) wird nicht berücksichtigt;
 - mittels Sensitivitätsanalysen wurde gezeigt, dass die Hauptaussagen wenig sensitiv auf die Eingangsparameter sind.
- Die Überprüfung der Kippsicherheit zeigt, dass am wasserseitigen Fuss des Maschinenhauses resp. Wehrs nur geringe Zugspannungen auftreten, und dass daher kein Kipprisiko besteht.

Somit sind die Stabilitätsnachweise erbracht.

L'affirmation selon laquelle «*les mouvements rémanents globaux calculés sont très réduits*», présente dans la version de janvier et dans la version de mars, a été supprimée.

5.2 Mouvements rémanents

La poursuite de l'analyse démontre que la question des «mouvements rémanents» a été totalement écartée de l'expertise. Cette suppression concerne notamment ce passage de la section 10.1. de la version de mars :

Zusätzlich zum Nachweis der globalen Gleitsicherheit wurde die **totale bleibende Verschiebung** mit Hilfe des „Rigid block model“ nach Newmark ermittelt [27]. Dabei werden die bleibenden Verschiebungen an der Foundation betrachtet. Überschreitet die Bodenbeschleunigung bei einem Erdbeben die kritische Beschleunigung, kann es zu einer Verschiebung kommen. Diese Verschiebungen werden bei jedem Zeitschritt aufsummiert und ergeben so die totale bleibende Verschiebung, welche hauptsächlich davon abhängt, wie oft die kritische Beschleunigung im Verlauf des Erdbebens überschritten wird:

- 1) Ermittlung der kritischen Beschleunigung $a_{krit.}$ für welche der **Gleitsicherheitsfaktor <1.0** ist;
- 2) Prüfung ob die Beschleunigung in Flussrichtung a_h in einem Knoten an der Gleitfläche die kritische Beschleunigung überschreitet;
- 3) Berechnung der Verschiebung zum Zeitpunkt $t+\Delta t$:

$$d_{tot.}(t + \Delta t) = \frac{1}{2} \cdot (a_h - a_{krit.}) \cdot \Delta t^2$$
 mit:
 - $d_{tot.}(t + \Delta t)$ Verschiebung zum Zeitpunkt $t+\Delta t$;
 - $a_{krit.}$ kritische Beschleunigung;
 - a_h Beschleunigung in Flussrichtung in einem Knoten an der Gleitfläche;
 - Δt Zeitschritt der Erdbebenbeschleunigung.
- 4) Berechnung der totalen bleibenden Verschiebung durch Aufsummierung der Verschiebungen in jedem Zeitschritt.

Relevons que la méthode du «Rigid block model» n'est ni appropriée ni admissible pour le calcul d'un mouvement rémanent sur la base des hypothèses formulées. Le modèle ne fonctionne pas avec la cohésion (adhérence), car celle-ci disparaît naturellement dès la première surcharge (rupture par cisaillement). A ce stade, le calcul peut au mieux tenir compte du frottement, pour autant que celui-ci ne soit se réduise pas à son tour, du fait de la pénétration d'eau ou de fragments rompus. Or le modèle ne tient pas compte de cet aspect (pour les détails cf. section 9). De manière inexplicable, les auteurs de l'expertise partent du principe que la cohésion se rétablirait totalement après un mouvement, donc que la rupture par cisaillement de la surface de glissement serait «miraculeusement» recollée.

Le fait que la cohésion ne peut pas intervenir dans le calcul du «Rigid block model» est notamment constaté dans la directive états-unienne de la FEMA²⁹ sur la question :

- If the analysis indicates that the sliding resistance on the potential sliding plane (frictional resistance plus intact rock cohesion) is exceeded at some point during the earthquake loading, a strength reduction (typically **reduction or elimination of cohesion**) is necessary. Dynamic strengths of the intact rock and/or concrete must also be accounted for in making the analysis.
- Deformations can be computed for the foundation blocks by a Newmark-type rigid-block sliding analysis, and the dam's performance can be evaluated by comparison with acceptable-deformation criteria. This approach is especially valuable for cases where blocks can be assumed to be formed by continuous joints, faults, and shear zones. For atypical dams, commonly-used criteria may not be applicable, and there can be separate issues for appurtenant features.

Or pour la centrale hydroélectrique Mühleberg, il est avéré que le frottement à lui seul ne suffit pas à retenir le barrage après rupture par cisaillement de la surface de glissement. Ce constat se vérifie facilement à l'aide des données fournies par l'expertise (cf. section 9). Pour le bâtiment des machines, le frottement absorbe moins de 50% des forces sismiques horizontales en cas de séisme. Même après le séisme, le frottement absorbe moins de 90% des forces horizontales statiques, et la pénétration d'eau et les fragments rompus sont susceptibles de diminuer encore cette contribution, comme mentionné ci-dessus. Le glissement définitif de barrage ne peut pas être exclu.

Nous citons encore une fois la directive omise par l'expertise, qui stipule que «*les coefficients de sécurité au glissement seront majorés pour tenir compte des incertitudes et du risque d'une diminution ou d'une disparition de la cohésion due à un mouvement.*»

Il n'est donc pas étonnant que toute mention de «mouvements rémanents» ait été supprimée dans la version de mai de l'expertise. Cette suppression semble avoir été effectuée par l'entreprise Stucky SA en réponse à une exigence des autorités. L'IFSN écrit à ce propos³⁰:

Die Fassung vom 4. Mai 2012 diente der Vervollständigung und redaktionellen Berichtigung entsprechend den behördlichen Anforderungen.

5.3 Constats supprimés sur la cohésion

La non application des coefficients de sécurité était relativisée par les auteurs de l'expertise à l'aide de la remarque selon laquelle les valeurs choisies pour la cohésion seraient de nature conservative.

In der BWG-Richtlinie zum Nachweis der Erdbebensicherheit [13] wird bei einer Berücksichtigung der Kohäsion keine Erhöhung des Sicherheitsfaktors verlangt. Es wird jedoch vorausgesetzt, dass für die Kohäsion konservative Werte angesetzt werden.

²⁹ FEMA: Federal Guidelines for Dam Safety Earthquake Analyses and Design of Dams, May 2005, p. 24
<http://www.ferc.gov/industries/hydropower/safety/guidelines/fema-65.pdf>

³⁰ Lettre de l'IFSN accompagnant la livraison de l'expertise, 10 décembre 2012.

C'est pourquoi les indications mettant en doute cette manière de procéder ne sont naturellement pas bienvenues. La version de mars de l'expertise disait encore :

Tabelle 4-3 Rest-Scherfestigkeitsparameter am Standort des WKW Mühleberg [22].

Material	c [kPa]	ϕ [°]
Tonstein-Mergel	300	21
Sandstein	0	46

Die potentielle Gleitfläche setzt sich aus einer quasi horizontalen (Basis) und einer schräg an die Oberfläche verlaufenden, geneigte Fläche (Keil) zusammen (Abbildung 4-2). An der Basis verläuft die Gleitfläche durch die Gesteinsschichten mit der geringsten Festigkeit unterhalb der Scherriegel des Maschinenhauses resp. Wehrs. Aufgrund von Unebenheiten und der Rauheit kann die Scherfestigkeit um 15% des unteren Grenzwerts der Kohäsion aus den einaxialen Druckversuchen erhöht werden (Tabelle 4-4) [22]. Die geneigte Fläche verläuft sowohl durch Tonstein-Mergel als auch durch Sandstein-Schichten. Die Scherfestigkeit der geneigten Fläche wird vom relativen prozentuellen Anteil der verschiedenen Gesteine, durch welche die Gleitfläche auf der Talseite verläuft, bestimmt. Die scheinbare Kohäsion ist abhängig von der Normalspannung im Sandstein (Tabelle 4-4). Die Sensitivität der Gleitsicherheit bezüglich der mittels Laborversuchen ermittelten Kohäsion (300 kPa) und dem erhöhten Wert (400 kPa) wird in Kapitel 10.1.3 behandelt.

10.1.3 Beurteilung der Gleitsicherheit

Für die getroffenen Annahmen liegen die berechneten globalen Gleitsicherheitsfaktoren über einem Wert von 1.0. Sensitivitätsstudien für die direkt aus den Versuchsreihen erhaltenen Kohäsion von 300 kPa sowie für einen Sohlwasserdruck von 0% (Fundation vollständig dräniert), zeigen, dass die Gleitsicherheit für das Wehr auch für den gemessenen, geringeren Kohäsionswert erfüllt ist. Für das Maschinenhaus liegen die dynamischen Werte jedoch unter 1.0. Durch eine Reduktion des Sohlwasserdrucks kann die Gleitsicherheit erhöht werden.

Tabelle 10-3 Sensitivitätsstudie Gleitsicherheit.

Annahmen			Maschinenhaus	Wehr
c = 300 kPa w: 100%	statisch		2.45	5.10
	dynamisch	S1	1.14	1.91
		S2	1.11	2.39
		S3	1.16	1.97

Le texte permet de déduire que «la cohésion directement obtenue par les séries d'expériences» n'est en fait que de 300kPa. La valeur de 400kPa introduite dans les calculs est le résultat d'une majoration à l'appui de laquelle l'expertise n'avance ni justification ni calcul.

Autre problème, le commentaire selon lequel «Pour le bâtiment des machines les valeurs dynamiques sont cependant inférieures à 1.0» contredit les chiffres fournis dans le tableau. Etant donné le nombre des incohérences constatées jusqu'ici, cette nouvelle anomalie renforce encore le doute.

Mais on constate que la version de mai est «expurgée» sur ce point :

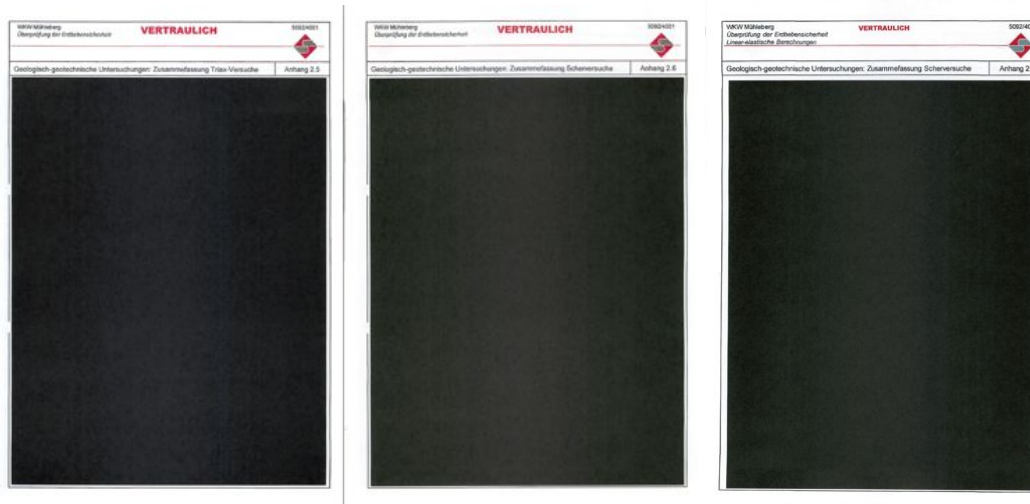
11.1 Kohäsion

Auch für eine reduziert angesetzte Kohäsion von 300 kPa (s. Sektion 4.5) ist die Gleitsicherheit für das Maschinenhaus und das Wehr erfüllt.

Tabelle 11-1 Sensitivität Kohäsion – Globale Sicherheitsfaktoren

Annahmen	Lastfall	Maschinenhaus	Wehr
c = 300 kPa w: 100%	Statisch	2.45	5.10
	Dynamisch	S1 1.14	1.91
		S2 1.11	2.39
		S3 1.16	1.97

Notons encore que les annexes concernant les essais de laboratoire (essai triaxial et de cisaillement) sont à chaque fois rendues illisibles (dans les trois versions de l'expertise) :



5.4 Entente avec l'OFEN

La recherche des modifications entre les différentes versions du texte fait encore apparaître une autre adaptation. La version de mars dit :

In der BWG-Richtlinie zum Nachweis der Erdbebensicherheit [13] wird bei einer Berücksichtigung der Kohäsion keine Erhöhung des Sicherheitsfaktors verlangt. Es wird jedoch vorausgesetzt, dass für die Kohäsion konservative Werte angesetzt werden.

Nous avons réfuté cette déclaration aux sections 4.3 à 4.5. Il semble que Stucky SA ait voulu se prémunir à cet égard, car la version de mai présente un ajout :

Nach Rücksprache mit dem BFE ist in der BWG-Richtlinie zum Nachweis der Erdbebensicherheit [13] bei einer Berücksichtigung der Kohäsion keine Erhöhung des Sicherheitsfaktors vorgesehen. Es wird jedoch vorausgesetzt, dass für die Kohäsion konservative Werte angesetzt werden.

Formule qui dénote que les auteurs sont conscients du caractère illicite de leur démarche.

6 Conclusion

6.1 En contradiction avec la loi, la centrale nucléaire de Mühleberg n'a pas été mise hors service

Comme mentionné en introduction, les Forces motrices bernoises BKW devaient déposer pour le 31.1.2012 la preuve de la sécurité parasismique du barrage. Il est avéré que l'expertise du 31.1.2012 aboutit à la conclusion que la sécurité parasismique n'est pas garantie selon les directives OFEG.

L'ordonnance de mise hors service stipule³¹:

Le détenteur de l'autorisation doit procéder, sans délai, à la mise hors service provisoire de la centrale nucléaire lorsque l'examen en vertu de l'art. 2 montre que les limites de dose selon les art. 94, al. 3 à 5 et 96, al. 5, de l'ordonnance du 22 juin 1994 sur la radioprotection ne sont pas respectées.

Et le Dr Georg Schwarz, directeur suppléant de l'IFSN, chef de la division «centrales nucléaires», confirme, dans une interview accordée à l'interne le 1^{er} février³² :

Pour Mühleberg, il se peut que l'analyse de ces données aboutisse à la constatation que la digue-barrage du Wohlensee ne constitue pas un danger pour la centrale nucléaire de Mühleberg. Est-ce exact ?

L'ordonnance de mise hors service prescrit qu'une centrale nucléaire doit être mise à l'arrêt si sa sécurité ne peut plus être assurée. Les FMB connaissent cette ordonnance et ont déjà pris les mesures qui s'imposaient dès l'été dernier. Cette fois-ci, elles vont apparemment aboutir à la conclusion qu'aucun critère imposant une mise à l'arrêt de la centrale n'est satisfait.

Or au moment de l'interview il était déjà avéré que les limites de dose indiquée dans l'ordonnance de mise hors service ne pouvaient pas être respectées avec les méthodes de justification requises (analyse déterministe des défaillances) en cas de rupture du barrage.

Dans le cadre du test de résistance de l'UE, BKW avait déjà documenté le fait qu'en cas de rupture du barrage la base du dimensionnement n'est pas respectée³³. Le scénario «Feed and Bleed» présenté ne peut pas pris en compte à l'intérieur des critères de conception, mais seulement hors dimensionnement, aspect correctement déclaré par BKW dans ce contexte. Vu que la preuve de la sécurité sismique étudiée ici concerne expressément un séisme couvert par le dimensionnement de la centrale, la conséquence est limpide.

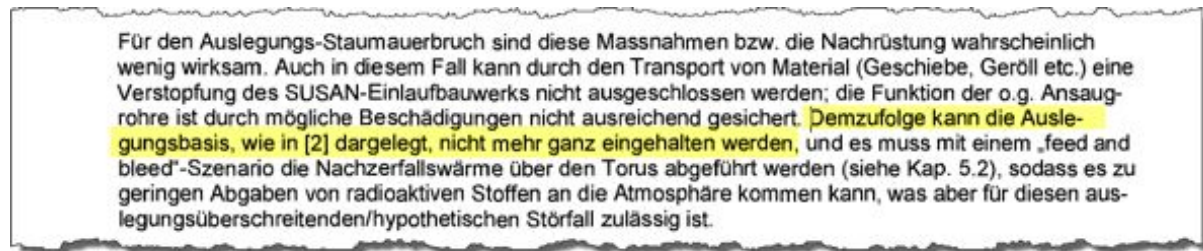
³¹ Ordonnance du DETEC sur la méthode et sur les standards de vérification des critères de la mise hors service provisoire d'une centrale nucléaire, Art. 3 «Mise hors service»

http://www.admin.ch/ch/f/rs/732_114_5/a3.html

³² «L'IFSN et l'OFEN vérifient les démonstrations de résistance des FMB concernant la digue-barrage de retenue du Wohlensee», 1.2.2012

<http://www.ensi.ch/fr/2012/02/01/lifsn-et-lofen-verifient-les-preuves-de-resistance-des-fmb-concernant-la-digue-barrage-de-retenue-du-wohlensee/>

³³ KKM: EU-Stresstest Oktober 2011, AN-BM-2011/121, pages 73/139



Par la suite BKW a introduit ce scénario «Feed and Bleed» dans son rapport de sécurité sismique³⁴. Elle invoque une «conduite d'exploitation [...] mise à disposition du personnel de la centrale au titre de mesure de gestion d'accident», concept impossible à saisir même dans ses grandes lignes³⁵.

En contradiction avec la loi, BKW a clairement ignoré ce critère pourtant rempli de mise hors service de sa centrale nucléaire.

6.2 Les coefficients de sécurité sont alors sciemment omis

Il s'avère que l'affirmation selon laquelle «La directive OFEG sur la preuve de la sécurité parasismique [13] n'exige pas de relèvement du coefficient de sécurité lorsque l'on tient compte de la cohésion» est une grossière distorsion des faits.

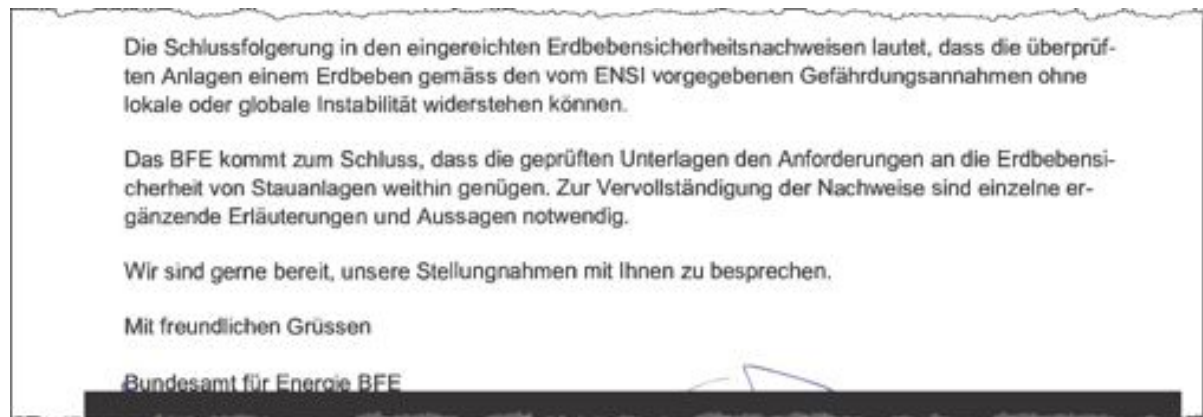
Etant donné que les coefficients de sécurité étaient correctement indiqués et appliqués dans la première version de l'expertise, mais qu'ils disparaissent de la deuxième version, c'est bien la preuve que cette omission est intentionnelle.

³⁴ KKM Aktennotiz vom 29.03.2012 (AN-AM-2012/058), «4 Erdbebennachweis des KKM (Variante 2)», page 10 http://static.ensi.ch/1341581129/dokumente-kkm_kombination_geschwaerzt.pdf

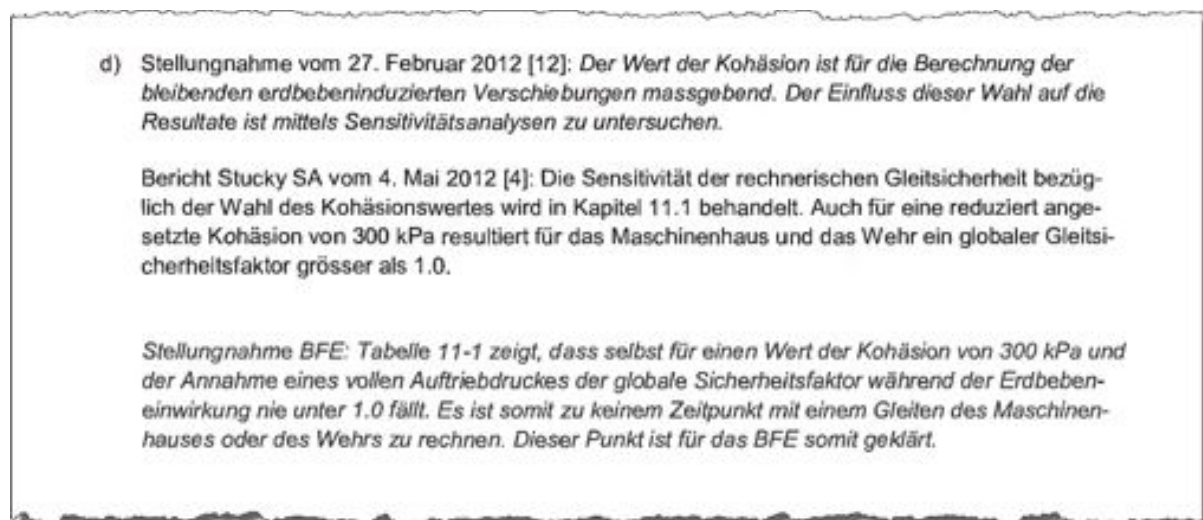
³⁵ Le système d'injection haute pression évoqué dans ce document s'appelle «Reactor Core isolation Cooling» (RCIC). Le terme «isolation» désigne le fait que le réacteur est séparé du bâtiment des machines. Dans le cas contraire, la pression de vapeur nécessaire à l'actionnement de la turbine de la pompe haute pression ne pourrait pas être maintenue. De plus, tous les rapports de sécurité maintiennent que le bâtiment des machines serait submergé en cas de rupture du barrage (les murs sont intentionnellement construits de manière à céder tandis que l'ossature de la construction reste intacte). Les caves abritant les condenseurs seraient probablement comblées par une masse de matériaux solides et de boue. Aucun éclaircissement n'est fourni sur la capacité du personnel d'exploitation à prendre des mesures de «gestion d'accident» (actionner une ouverture d'évacuation de la vapeur au niveau du condenseur) ou encore sur la manière d'évacuer la vapeur.

6.3 L'OFEN accepte l'omission intentionnelle des coefficients de sécurité

L'autorité de surveillance OFEN semble avoir couvert cette omission intentionnelle des coefficients de sécurité. La preuve de sécurité sismique a finalement été «largement» acceptée³⁶.



L'avis de l'OFEN permet aussi de déduire que la question de la cohésion a été discutée, et qu'un coefficient de sécurité de 1,0 a finalement été considéré suffisant :



6.4 Danger aigu pour la centrale nucléaire

La centrale hydroélectrique de Mühleberg ne suffit même pas aux coefficients de sécurité dans des conditions normales, c'est-à-dire en l'absence de séisme. Elle devrait présenter une stabilité supérieure d'environ 30% pour respecter les directives OFEG.

Il s'ensuit que le débat autour des hypothèses de risque sismique (ancienne hypothèse de risque de 1977 à hauteur de 0,15g, PEGASOS à hauteur de 0,39g, PEGASOS Refinement Project Intermediate Hazard à hauteur de 0,24g, PEGASOS Refinement Project résultat final à l'été 2013?) n'entre même pas en ligne de compte ici.

³⁶ «Überprüfung der Erdbebensicherheit der Stauanlagen Mühleberg, Schiffenen und Rossens - Stellungnahmen des BFE zu den Erdbebensicherheitsnachweisen» et en particulier «Überprüfung der Erdbebensicherheit des Wasserkraftwerks Mühleberg - Stellungnahme des BFE zum Erdbebensicherheitsnachweis (Bericht Stucky AG CSE/JO 5092/4003a vom 4. Mai 2012)», 26 juin 2012 http://static.ensi.ch/1341815595/20120626_bfe_stauanlagen_geschwaerzt.pdf

D'ores et déjà, nous sommes en permanence dans une situation de sécurité non garantie en vertu des prescriptions légales. Même un séisme d'intensité modeste, dont la probabilité est beaucoup plus élevée, pourrait menacer la faible stabilité du barrage.

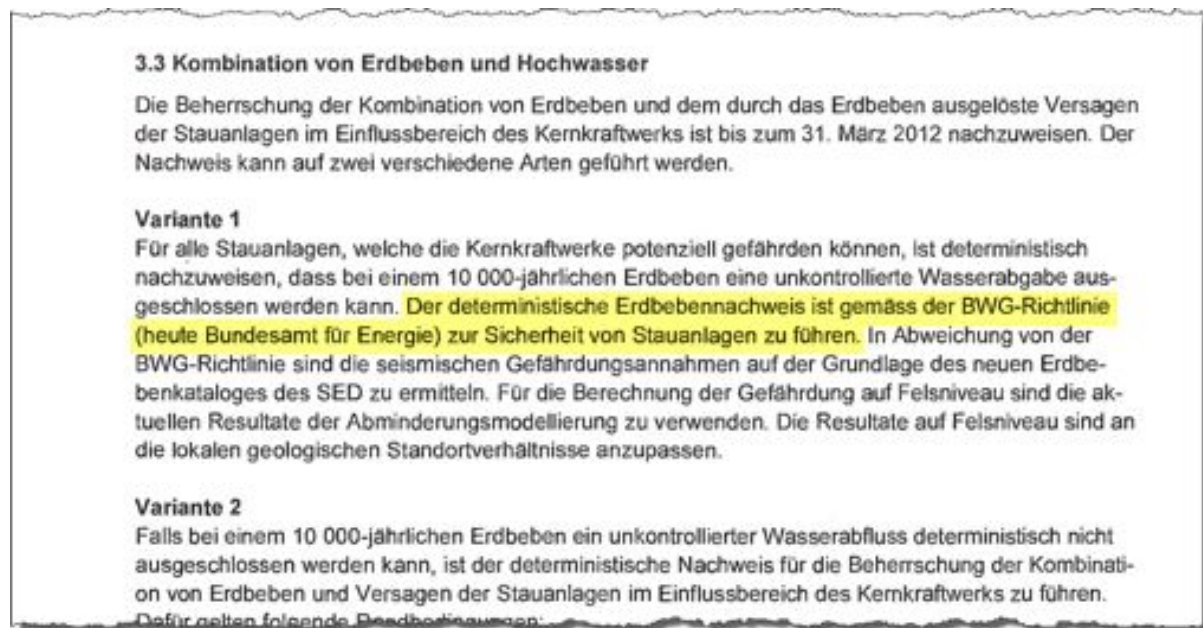
La centrale nucléaire doit être mise hors service immédiatement.

7 Epilogue – surveillance et cadre légal

Pour mieux mettre en évidence la signification des faits explicités dans la présente étude, cette section traite brièvement de la responsabilité de l'autorité de surveillance en matière de sécurité, et de la portée des lois et des directives, en lien avec le cas présent mais aussi sous un angle plus général.

7.1 Objet: centrale nucléaire ou ouvrage d'accumulation ?

La centrale nucléaire de Mühleberg est située à 1,3 km en aval de la centrale hydroélectrique de Mühleberg (barrage du Wohlensee). En cas de rupture du barrage, la centrale serait gravement menacée. Après Fukushima l'autorité de surveillance nucléaire IFSN a notamment exigé, par décision du 1.4.2011, la preuve de la maîtrise d'un séisme pour la centrale hydroélectrique de Mühleberg³⁷.



La décision de l'IFSN stipulait donc déjà que les directives OFEG étaient applicables (et non pas des exigences génériques tirées par exemple du cadre légal sur la sécurité nucléaire). Par courrier du 31.1.2012 et du 24.4.2012, l'IFSN sollicitait le soutien de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN), autorité de haute surveillance pour la sécurité des ouvrages d'accumulation en Suisse, pour l'appréciation des preuves de sécurité déposées³⁸.

On constate dès lors que les examens de sécurité des deux autorités s'enchevêtrent. Le niveau de sécurité réelle de la population dépend directement de la qualité du maillon le plus faible de ce contrôle de sécurité. La procédure en question porte légalement sur la sécurité de la centrale nucléaire, mais de manière évidente l'ouvrage d'accumulation menace également la population et les biens matériels du périmètre concerné par une crue.

³⁷ ENSI: Verfügung: Vorgehensvorgaben zur Überprüfung der Auslegung bezüglich Erdbeben und Überflutung, 1.4.2011 <http://www.ensi.ch/de/2011/04/01/2-verfuegung-des-ensi-an-das-kkw-muehleberg/>

³⁸ Überprüfung der Erdbebensicherheit der Stauanlagen Mühleberg, Schiffenen und Rossens
Stellungnahmen des BFE zu den Erdbebensicherheitsnachweisen, pages PDF 1 et 5
http://static.ensi.ch/1341815595/20120626_bfe_stauanlagen_geschwaerzt.pdf

Cette délégation de responsabilité ne doit en aucun cas produire une *dilution de la responsabilité*, avec une application partielle de l'une ou l'autre directive, chaque autorité estimant que c'est l'autre autorité qui assume «en définitive» la responsabilité.

7.2 Autorisation d'exploiter: durée déterminée ou indéterminée

Nombre de pays (et notamment les USA) ne délivrent que des autorisations d'exploitation limitées dans le temps aux centrales nucléaires. Dans ces pays le détenteur de l'autorisation obtient une sorte de droit légal d'exploiter son installation jusqu'à échéance du délai. En cas de modification des appréciations de sécurité en cours d'exploitation, les mesures de rééquipement ou la mise hors service de la centrale ne peuvent intervenir que suite à une pondération des intérêts en présence.

Mais quand la période d'exploitation arrive à échéance, le détenteur de l'autorisation ne peut plus faire valoir aucun droit à continuer d'exploiter sa centrale. Un état de fait dont il avait connaissance dès le début et dont il a pu tenir compte pour ses investissements. Pour continuer l'exploitation, il doit à nouveau prouver que la sécurité de sa centrale est intégralement garantie en vertu des lois, directives et hypothèses de risque en vigueur à ce moment-là, et en tenant compte des effets de vieillissement probables jusqu'à échéance de la nouvelle période d'exploitation.

La situation est tout autre en Suisse : les centrales obtiennent par principe des autorisations d'exploitation de durée illimitée³⁹. Une fois les questions de sécurité éclaircies sur le fond et l'autorisation accordée, l'autorité de surveillance IFSN est chargée de la surveillance en exploitation de la sécurité des centrales. L'exploitation de la centrale nucléaire est explicitement autorisée tant que sa sécurité est considérée comme garantie (pas de délai). En revanche un examen permanent est requis pour déterminer si la sécurité est encore donnée *en fonction des nouvelles connaissances techniques* (pas d'acquis en termes de sécurité).

Relevons que les ouvrages d'accumulation ne connaissent pas non plus d'autorisation d'exploiter limitée dans le temps, la loi prévoyant un examen de sécurité et une surveillance en continu/périodique⁴⁰.

7.3 Mise hors service et désaffectation

Il apparaît que les autorités de surveillance suisses portent une responsabilité bien plus grande du fait des autorisations de durée indéterminée.

En exerçant sa surveillance, l'autorité est pratiquement seule⁴¹ à décider jusqu'à quand une centrale peut rester en exploitation. Elle est directement et pleinement exposée aux intérêts économiques et politiques⁴² axés sur la poursuite de l'exploitation. Aucun délai n'est prévu à l'échéance duquel le

³⁹ La centrale nucléaire de Mühleberg est l'exception qui confirme la règle. Elle a régulièrement obtenu des autorisations d'exploiter de durée déterminée, en raison de problèmes de sécurité ou de considérations politiques. Une procédure en justice est en cours devant le Tribunal fédéral concernant une autorisation d'exploiter illimitée dans le temps.

⁴⁰ Art. 14 Sicherheitsüberprüfung, Verordnung über die Sicherheit der Stauanlagen
http://www.admin.ch/ch/d/sr/721_102/a14.html

⁴¹ Sauf en cas d'avarie, il n'est pas réaliste de penser que le détenteur d'une autorisation d'exploiter mettrait hors service sa centrale de sa propre initiative. Les intérêts économiques (considérations liés aux coûts marginaux) pour les centrales amorties de longue date sont tellement puissants (en particulier en lien avec le financement des fonds de désaffectation et de gestion des déchets radioactifs) que les réflexions «hypothétiques» à propos de défaillances «peu probables» peuvent toujours être relativisées, tout comme les irrégularités nécessairement présentes dans les rapports de sécurité peuvent être facilement rationalisées. La présente étude fournit la preuve concrète de cet état de fait.

⁴² Les intérêts en jeu ne sont pas seulement ceux du détenteur de l'autorisation d'exploiter, mais aussi ceux de l'administration (DETEC/OFEN), qui considère une définition nationale pseudo-autarcique de la sécurité d'approvisionnement comme but suprême.

droit légal et économique du détenteur de l'autorisation s'éteint officiellement, avec de fait un renversement du fardeau de la preuve pour la poursuite de l'exploitation, comme cela serait le cas pour une autorisation d'exploiter de durée déterminée.

L'énorme responsabilité de l'IFSN réside concrètement dans la tâche qui lui incombe de contrôler en permanence si «*la méthode et [sur] les standards de vérification des critères de la mise hors service provisoire d'une centrale nucléaire*» sont en tout temps correctement appliqués⁴³.

En outre, il faut clairement admettre une chose : même s'il est ici question de mise hors service *provisoire*, cette procédure détermine également le moment de la désaffectation *définitive*. Celui-ci intervient quand le rééquipement de la centrale devient une opération non rentable pour le détenteur de l'autorisation sommé de pallier une lacune de sécurité (le critère de mise hors service)⁴⁴.

7.4 Portée de la législation et des directives

L'ordonnance de mise hors service énonce dans son intitulé la «*méthode et [sur] les standards*», termes qui indiquent immédiatement la grande importance de la législation et des directives prescrivant concrètement les méthodes et les standards à retenir.

De fait l'autorité de surveillance doit répondre «oui» ou «non» à la question de la sécurité ou de la mise hors service. Ce verdict est le résultat d'un examen technique de sécurité qui consiste pour l'essentiel en une comparaison de l'état actuel de la centrale avec l'état exigé en vertu du cadre législatif.

Cela signifie que les paramètres calculés de la centrale sont comparés avec les valeurs limites en matière de sécurité définies dans les directives. Si les valeurs limites ne sont pas respectées, des mesures s'imposent. Il n'y a pas de zone grise. C'est ainsi que le veut la loi.

La nature des mesures à prendre dépend alors du cadre législatif. Dans le cas considéré ici de l'examen en vertu de l'ordonnance de mise hors service, la mesure à prendre est la mise hors service immédiate de la centrale nucléaire. Dans le cas de l'ouvrage d'accumulation, l'ordonnance sur les ouvrages d'accumulation dit également que la «*sécurité publique*» compte parmi les «*conditions de l'exploitation*»⁴⁵.

Selon l'auteur, le droit à la sécurité tel que garanti par la loi ne peut donc être respecté que par une interprétation strictement axée sur la sécurité des directives et de leurs valeurs limites. Si les autorités de surveillance commencent à assouplir ou à omettre purement et simplement (comme dans le cas présent) les valeurs limites de sécurité, les exploitants n'auront plus aucun scrupule à exiger une interprétation *toujours plus laxiste* des lois⁴⁶.

⁴³ Ordonnance du DETEC sur la méthode et sur les standards de vérification des critères de la mise hors service provisoire d'une centrale nucléaire
http://www.admin.ch/ch/f/rs/732_114_5/index.html

⁴⁴ Aspect important, c'est la mise hors service provisoire, jusqu'à l'accomplissement du rééquipement, qui va exercer une réelle pression. Si l'exploitant est autorisé à continuer d'exploiter la centrale entre-temps, l'expérience historique montre qu'il fera tout pour atermoyer, réduire ou empêcher le rééquipement. Si le délai résiduel d'exploitation est court, ou incertain, l'exploitant peut même se contenter d'*annoncer* un rééquipement pour s'en sortir avec des années d'exploitation en plus.

⁴⁵ Art. 8 Voraussetzungen für den Betrieb, Verordnung über die Sicherheit der Stauanlagen
http://www.admin.ch/ch/d/sr/721_102/a8.html

⁴⁶ Selon l'appréciation personnelle de l'auteur, rien ne permet de dire que cette pratique n'est pas devenue une pratique courante depuis longtemps.

Un seul acte de «complaisance» problématique rend déjà les autorités complices. Ce danger s'appelle «Regulatory Capture» en termes scientifiques. Le domaine nucléaire est fortement vulnérable à ce phénomène, comme l'a montré le rapport de la commission d'enquête parlementaire sur la catastrophe nucléaire de Fukushima⁴⁷.

7.5 Théorie et pratique

En théorie, les responsables des autorités de surveillance admettent eux aussi leur obligation de respecter strictement la loi. Dans leurs commentaires personnels, ils se présentent donc comme les surveillants inflexibles qui se conforment étroitement aux critères de sécurité légaux, sans se laisser influencer par la catastrophe nucléaire de Fukushima ou encore par leur propre opinion politique concernant le nucléaire.

Dr Anne Eckhardt, présidente du conseil de l'IFSN, 23 mars 2012⁴⁸:



Die Sicherheit der Schweizer Kernkraftwerke ist gesetzlich definiert

23. März 2012 – Sicher ist, wer sich nicht gefährdet fühlt. Der Unfall von Fukushima hat vielen diese Sicherheit geraubt. Wie sicher ist sicher genug? In der Schweiz haben wir uns in einem umfassenden demokratischen Prozess darauf geeinigt, was „sicher“ im Bereich der Nuklearenergie bedeutet. » [weiterlesen](#)

Wie sicher ist sicher genug? Diese Frage wird von verschiedenen Menschen unterschiedlich beantwortet. In der Schweiz haben wir uns daher vor einigen Jahren in einem umfassenden demokratischen Prozess darauf geeinigt, was „sicher“ im Bereich der Nuklearenergie bedeutet. In der [Kernenergiegesetzgebung](#) gibt es dazu klare Regelungen.

Das ENSI wacht darüber, dass diese Regelungen eingehalten werden. Als Behörde des Bundes setzt es die rechtlichen Vorgaben um, die es von Bundesrat und Parlament erhält. Der Unfall von Fukushima hat die rechtlichen Vorgaben nicht verändert – auch wenn sich das Sicherheitsempfinden vieler Menschen danach gewandelt hat. Der Unfall führt daher nicht dazu, dass sich das ENSI an neuen Sicherheitsstandards ausrichtet oder dass das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK einem Kernkraftwerk die Bewilligung entzieht.

Dr Hans Wanner, directeur IFSN, 22 septembre 2011⁴⁹:



Kein politischer Ermessensspielraum

22. September 2011 – Meine Mitarbeiter und ich werden immer mal wieder gefragt, wie wir es denn persönlich, also so ganz privat mit der Kernkraft halten. Ob wir dafür oder dagegen seien. Denn, so die Annahme, es könne bei der Eidgenössischen Nuklearaufsichtsbehörde wohl nur arbeiten, wer ein Befürworter der Atomenergie sei. Ehrlich gesagt – wir denken beim ENSI nicht in solchen Kategorien. » [weiterlesen](#)

Es gilt: Erfüllt die Anlage einer Betreiberin die vom Gesetzgeber festgelegten und vom ENSI überprüften Sicherheitskriterien, hat sie das Recht, ihre Anlage wieder ans Netz zu schalten. Für die Nuklearaufsicht gibt es keinen politischen Ermessensspielraum.

Faktum ist, dass es in der Schweiz Kernkraftwerke gibt, und dass diese nach geltendem Recht so lange betrieben werden können, als deren sicherer Betrieb gewährleistet ist.

La présente étude montre dans quelle mesure les autorités de surveillance répondent à cette exigence.

⁴⁷ <http://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/3856371/naic.go.jp/en/report/index.html>

⁴⁸ <http://www.ensi.ch/fr/2012/03/23/la-securite-des-centrales-nucleaires-suissees-est-definie-dans-la-loi/>

⁴⁹ <http://www.ensi.ch/fr/2011/09/22/pas-de-marge-dappreciation-politique/>

Un commentaire particulièrement «approprié» et d'actualité, du Dr Hans Wanner, 7 décembre 2012⁵⁰:



Das Sicherheitsgefühl der Bevölkerung stärken

7. Dezember 2012 – Einige mögen das Resultat unserer Bevölkerungsbefragung erfreulich finden, dass nur gerade 19 Prozent der Schweizer Bevölkerung die Schweizer Kernkraftwerke als „nicht sicher“ bezeichnen. Ich aber sehe zwei andere Zahlen. » [weiterlesen](#)

Wollen wir Ziel 2 erreichen, dass noch mehr Leute – unabhängig von ihrer grundsätzlichen Einstellung zur Atomenergie – darauf vertrauen, dass das Risiko eines grossen Unfalls in einem Schweizer Kernkraftwerk wirklich sehr, sehr klein ist, dann müssen wir dafür sorgen, dass die Kraftwerke weiterhin nicht nur die strengen gesetzlichen Mindestanforderungen erfüllen, sondern bis zum letzten Betriebstag über eine grosse Sicherheitsmarge verfügen.

Nur auf dieser Basis kann unsere Kommunikation erfolgreich sein und ist das Vertrauen der Bevölkerung in die Aufsichtsbehörde gerechtfertigt. Sonst verkommen unsere zentralen Werte wie Kompetenz, Verlässlichkeit, Unabhängigkeit und Transparenz zu durchsichtigen PR-Schlagworten.

Il n'y a rien à ajouter à cela.

⁵⁰ <http://www.ensi.ch/de/2012/12/07/das-sicherheitsgefuehl-der-bevoelkerung-starken/>

8 Anhang 1 - Zeitlinie

Dieser Angang soll aufzuzeigen, dass die in diesem Dokument dargestellten Unregelmässigkeiten keinesfalls als „bedauerlicher Einzelfall“ missverstanden oder gar entschuldigt werden dürfen.

Die Unregelmässigkeiten sind vielmehr die nicht mehr länger zu vermeidende Quintessenz einer sicherheitstechnischen Binsenwahrheit: man baut unmittelbar unterhalb einer Staumauer kein AKW. Schon gar keines, das als einziges AKW der Schweiz (und eines von zwei in ganz Europa) nicht über eine zweite, alternative Notkühlwasserquelle verfügt⁵¹.

Die Unregelmässigkeiten entstehen zuletzt zwangsläufig, weil sich Betreiber und Behörden über Jahrzehnte hinweg mit unhaltbaren Zusicherungen in eine Ecke manövriert haben, aus der sie sich (und ihr AKW) offensichtlich nicht mehr mit legitimen Mitteln herausboxen können.

Die folgende Zeitlinie greift die wichtigsten Stationen dieser Geschichte auf. Die Themen Staumauer, Erdbeben, Überflutung, Notkühlwasserquelle werden behandelt, da sie sich letztlich zum nuklearen Grossrisiko verdichten.

Die Aufstellung soll auch zeigen, dass es sich hier auch nicht um einen Zufallsfund des Autors handelt. Die relevanten [Recherchen des Autors](#) werden deshalb ebenfalls kurz angesprochen.

Zeitlinie	
1917-1921	Bau des Wasserkraftwerks Mühleberg (WKM), mitten im Ersten Weltkrieg unter prekären Bedingungen. Es entsteht der Wohlensee mit ca. 20 Millionen Kubikmeter Wasser auf ca. 20m Höhe gestaut.
1967-1971	Bau des AKW Mühleberg, ca. 1.3km unterhalb der Staumauer. Damals wird der Bruch der Staumauer bei der Auslegung des Atomkraftwerks „berücksichtigt“. Man behauptet, das AKW könne eine solche Überflutung verkraften, man könne den Reaktor mit Wasser aus einem Hochreservoir kühlen. Schon eine kleine Handrechnung mit der nuklearen Nachzerfallswärme zeigt, dass diese Behauptung auch nach damaligem Wissensstand jeder Grundlage entbehrt. Sowohl die Leitung vom Hochreservoir, als auch die Stromversorgung (soweit damals verfügbar) sind zudem nicht erdbebenfest.
1992	Das AKW bekommt nach umfangreichen Nachrüstungen (Projekt SUSAN) und 20 Jahren Provisorium endlich seine erste „richtige“ Betriebsbewilligung. Im dafür notwendigen Sicherheitsbericht wird nun festgehalten, „ <i>dass die Staumauer des Wohlensees einem Erdbeben mit einer horizontalen Grundbeschleunigung von 0.15 g standhält</i> “. Das Problem ist also „beseitigt“.
1999	Die Neubestimmung der Erdbebengefährdung in der Schweiz (Projekt PEGASOS) wird gestartet.
2004	Projekt PEGASOS ist abgeschlossen und von der Aufsichtsbehörde offiziell anerkannt. Statt einer bisher angenommenen maximalen Bodenbeschleunigung von 0.15g gelten nun 0.39g (Standort Mühleberg).
2004-heute	Die Nuklearindustrie bekämpft erfolgreich die verbindliche (sog. deterministische) Anwendung der neuen Erkenntnisse. Unter dem wissenschaftlich unhaltbaren Vorwand, man müsse zuerst die statistische Unsicherheit verringern, wird das Nachfolgeprojekt „PEGASOS Refinement Project“ gestartet. Ende 2007 sollte es fertig sein. Seine Fertigstellung wurde zum x-ten Male verschoben und soll nun Mitte 2013 erfolgen.

⁵¹ <http://energisch.ch/der-bund-nuklearprofessor-akw-muehleberg-weist-grundlegenden-sicherheitsmangel-auf/1377/>

Jahreswende
2010/2011

Der Autor recherchiert einen Bericht zum Thema Staumauerbruch und AKW.



Bild: Versuch einer Computer-Simulation, Januar 2011⁵²

11.3.2011 Die Nuklearkatastrophe von Fukushima Daiichi beginnt.

14.3.2011 Der Schadensmechanismus von Fukushima Daiichi – ein Erdbeben, das eine Überflutung auslöst und dann die Stromversorgung zerstört – erinnert fatal an das recherchierte Dammbbruch-Szenario des Autors. Er sendet seinen hastig fertiggestellten Bericht "Erdbeben und Überflutung, Ausfall der Notstromversorgung" an ENSI und BKW.



Der Bericht zeigt auf, dass die Notkühlwasserfassung des Notstandsystems am Schluss alleine darüber entscheidet, ob es zur Katastrophe kommt. Sie stellt nicht nur die Kühlung des Reaktors sicher, sondern auch diejenige der letzten Notstromversorgung. Diese Wasserfassung liegt am Grund der Aare mitten im Flutpfad aus dem Stausee. Es stellt sich die gravierende Frage, ob tatsächlich garantiert werden kann, dass bei einem unkontrollierten Abfluss die Öffnungen nicht zugeschüttet oder anderweitig verstopft werden.⁵³

17.3.2011 Nachdem ENSI und BKW trotz mehrmaligen telefonischen Nachhakens nicht einmal den Empfang des Berichts bestätigen wollen, veröffentlicht der Autor seinen Bericht.

18.3.2011 ENSI weist AKW-Betreiber an, Schutz gegen Erdbeben und Überflutung neu zu überprüfen.

1.4.2011 ENSI konkretisiert die Anweisungen und schreibt konkrete Fristen vor:

- 30.6.2011 Hochwassernachweis
- 30.11.2011 Erdbebenfestigkeitsnachweise (Fragilities)
- 31.3.2012 Erdbeben, inkl. Ausschluss oder Beherrschung Dammbbruch

Mai 2011 swissnuclear erstellt einen Zwischenbericht des PEGASOS Refinement Project (Intermediate Seismic Hazard), welcher die Erdbeben-Gefährdung der AKW und Staumauern für die Prüfung festlegt (Werte werden mehr als ein Jahr lang geheim gehalten). Für den Standort Mühleberg werden schliesslich 0.24g ausgewiesen.

29.6.2011 BKW nimmt das AKW ausser Betrieb, weil Untersuchungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) der ETH Zürich ergeben haben, dass die Notkühlwasserversorgung verstopfen kann. Und zwar schon bei einem Hochwasser, nicht erst bei einem Dammbbruch.
BKW will die Notkühlwasserfassung nachrüsten mit neuen Ansaugstutzen (Periskopen) und einer Einspeisestelle für mobile Feuerwehropumpen.

⁵² <http://energisch.ch/versuch-simulation-des-bruchs-der-wohlenseestaumauer/847/>

⁵³ <http://energisch.ch/erdbeben-und-ueberflutung-ausfall-der-notstromversorgung/549/>

7.9.2011	ENSI bescheinigt BKW, den Hochwassersicherheitsnachweis erbracht zu haben. Zwar wird sogar <i>noch ein neues Problem</i> zugegeben: der Feinrechen der Notkühlwasserfassung kann durch mitgeschwemmtes pflanzliches Material verstopft werden. Aber das ENSI erlaubt dem AKW dennoch den Weiterbetrieb. Man könne mit mobilen Feuerweerpumpen die Notkühlwasserspeisung sicherstellen. <i>Das Anrechnen von „Feuerwehrrübungen“ verstösst nach Ansicht des Autors gegen Grundprinzipien nuklearer Sicherheit sowie gegen das Gesetz. Ein Rechtsverfahren ist mittlerweile eingeleitet.</i> Eines wird klar: bei einem Dammbruch besteht weder die Vorbereitungszeit noch die Möglichkeit mit mobilen Pumpen abzuhelpen. Die Einspeisestelle wird gemäss offiziellen Angaben bis zu 5.5m hoch überflutet.
10.1.2012	ENSI stellt fest, dass BKW entgegen der Verfügung vom 1.4.2011 noch keinen Erdbebenfestigkeitsnachweis für das Wasserkraftwerk Mühleberg eingereicht hat. Zudem zeigen Angaben des Betreibers im EU Stresstest, dass die Staumauer nur geringe Reserven aufweist. Die BKW wird aufgefordert bis am 31.1.2012 den Nachweis nachzuliefern.
31.1.2012	Die BKW liefert den am 10.1.2012 geforderten Nachweis ab. Dieser basiert auf dem Bericht der Stucky SA, Lausanne vom gleichen Datum. Diese Studie (CSE/TM/JO 5092/4001) steht im Zentrum der vorliegenden Analyse.
1.2.2012	ENSI bestätigt den Empfang des Nachweises Erdbebenfestigkeitsnachweis für das Wasserkraftwerk Mühleberg. Das ENSI will aber offenbar erst abschliessend prüfen, wenn auch die weiteren Nachweise bis am 31.3. 2012 eingereicht sind. Das ENSI bestätigt auf seiner Homepage, dass der Betreiber das AKW unverzüglich ausser Betrieb nehmen müsste, wenn er zum Schluss gekommen wäre, dass der Nachweise nicht erbracht wäre. Das tut die BKW nicht.
27.2.2012	Das BFE nimmt Stellung zum eingereichten Gutachten. Es stellt diverse Nachforderungen.
6.3.2012	<i>Brief des Autors an BKW.</i> <i>Ein besorgter Bauingenieur mit langjähriger Erfahrung bei Erdbebenberechnungen für Talsperren (u.a.) hatte sich beim Autor gemeldet. Der Bauingenieur rechnete mit den öffentlich verfügbaren Plänen die WKM-Staumauer (Wehrteil) durch. Gemäss seinen Berechnungen können die erforderlichen Nachweise nach BWG-Richtlinien <u>nicht</u> erbracht werden. Jedoch fehlen ihm genaue Berechnungsgrundlagen (etwa Fels- und Betoneigenschaften).</i> <i>Im Brief bittet der Autor deshalb die BKW um Offenlegung der Berechnungsgrundlagen.</i>
14.3.2012	BKW kündigt die Nachrüstung des Wasserkraftwerks Mühleberg mittels Pfählen an. Angeblich freiwillig. An der gleichen Medienkonferenz behauptet der damalige BKW-CEO Kurt Rohrbach wörtlich, die Stauanlagenverordnung werde eingehalten.
15.3.2012	<i>BKW antwortet dem Autor und bittet um Geduld bis das ENSI Mitte Jahr entscheidet.</i>
30.3.2012	BKW liefert den am 1.4.2011 geforderten Nachweis ans ENSI ab. Dazu gehört der „Bericht Stucky AG, TM-JO 5092-4003“ vom gleichen Datum.
26.6.2012	Das BFE nimmt Stellung zum „Bericht Stucky AG, CSE/JO 5092/4003a vom 4. Mai 2012“.
9.7.2012	ENSI stellt fest: „Schweizer Kernkraftwerke widerstehen Erdbeben“. Das ENSI stützt sich hinsichtlich des Erdbebenfestigkeitsnachweises für das Wasserkraftwerk Mühleberg auf die Stellungnahme des BFE und referenziert seinerseits die Berichte der Stucky SA.
16.8.2012	<i>Der Autor stellt ein Gesuch nach dem Bundesgesetz über das Öffentlichkeitsprinzip (BGÖ) um die Berichte der Stucky AG zu erhalten. Das ENSI veranschlagt Gebühren von CHF 2'450.- Zwei NGOs versprechen Deckung der Kosten. Der Autor bestellt.</i>
30.10.2012	<i>ENSI liefert die Dokumente mit vielen Schwärzungen an den Autor aus (verrechnet werden CHF 950.-).</i>

Für eine weitere Vertiefung sei die Website des Autors empfohlen: <http://energisch.ch>

9 Anhang 2 - Vertiefte technische Diskussion

Wie in Kapitel 5.2 dargelegt, wurden die Berechnungen um eine bleibende Verschiebung aus dem Gutachten entfernt. Die nachfolgende Diskussion zeigt, wie diese entfernten Hinweise in Tat und Wahrheit belegen, dass ein Sicherheitsfaktor von 1.0 nicht genügt. Die erhöhten Sicherheitsfaktoren (3 bzw. 5) müssen dringend (wie gemäss Richtlinien vorgeschrieben) angewendet werden.

Die Stucky AG wies in der Januar-Version mit Sicherheitsfaktoren noch eine bleibende Verschiebung von Maschinenhaus und Wehr wie folgt aus:

Tabelle 7-1 Maschinenhaus - Globale Gleitsicherheitsfaktoren.

	Zeitverlauf		
	S1	S2	S3
statisch	2.97	2.97	2.97
dynamisch	1.36	1.32	1.38
Bleibende Verschiebung [mm]	18.54	9.10	14.71

Tabelle 7-2 Wehr - Globale Gleitsicherheitsfaktoren.

	Zeitverlauf		
	S1	S2	S3
statisch	6.48	6.48	6.48
dynamisch	2.36	2.97	2.46
Bleibende Verschiebung [mm]	0.11	0.00	0.03

In der März Version werden die Sicherheitsfaktoren nicht mehr berücksichtigt (Kapitel 10.1):

Zusätzlich zum Nachweis der globalen Gleitsicherheit wurde die **totale bleibende Verschiebung** mit Hilfe des „Rigid block model“ nach Newmark ermittelt [27]. Dabei werden die bleibenden Verschiebungen an der Fundation betrachtet. Überschreitet die Bodenbeschleunigung bei einem Erdbeben die kritische Beschleunigung, kann es zu einer Verschiebung kommen. Diese Verschiebungen werden bei jedem Zeitschritt aufsummiert und ergeben so die totale bleibende Verschiebung, welche hauptsächlich davon abhängt, wie oft die kritische Beschleunigung im Verlauf des Erdbebens überschritten wird:

- 1) Ermittlung der kritischen Beschleunigung $a_{krit.}$ für welche der **Gleitsicherheitsfaktor <1.0** ist;
- 2) Prüfung ob die Beschleunigung in Flussrichtung a_h in einem Knoten an der Gleitfläche die kritische Beschleunigung überschreitet;
- 3) Berechnung der Verschiebung zum Zeitpunkt $t+\Delta t$:

$$d_{tot.}(t + \Delta t) = \frac{1}{2} \cdot (a_h - a_{krit.}) \cdot \Delta t^2$$
 mit:
 - $d_{tot.}(t + \Delta t)$ Verschiebung zum Zeitpunkt $t+\Delta t$;
 - $a_{krit.}$ kritische Beschleunigung;
 - a_h Beschleunigung in Flussrichtung in einem Knoten an der Gleitfläche;
 - Δt Zeitschritt der Erdbebenbeschleunigung.
- 4) Berechnung der totalen bleibenden Verschiebung durch Aufsummierung der Verschiebungen in jedem Zeitschritt.

Trotzdem wird beim Maschinenhaus noch eine bleibende Verschiebung ausgewiesen:

Tabelle 11-1 Bleibende Verschiebungen bei Maschinenhaus und Wehr (mm).

	Zeitverlauf		
	S1	S2	S3
Maschinenhaus	13.64	5.57	11.28
Wehr	0.00	0.00	0.00

Damit belegte die Stucky AG gleich selber, dass das Maschinenhaus in der Summe zwar noch einen Sicherheitsfaktor über 1.0 ausweisen kann, aber weil Untergrund und Bauwerk elastisch modelliert sind, werden die Scherfestigkeiten offenbar lokal (in einzelnen Knoten des FE-Modells) überschritten und ein Scherbruch wird initiiert und in weiteren Erdstößen durch laufend reduzierte Kontaktfuge ausgeweitet.

Da der Scherbruch aber nach dem Erdstoss nicht „magisch“ heilt, muss davon ausgegangen werden, dass die Kohäsion reduziert wird oder verschwindet. Dies stellt beispielsweise die entsprechende US-Richtlinien der FEMA fest⁵⁴:

- If the analysis indicates that the sliding resistance on the potential sliding plane (frictional resistance plus intact rock cohesion) is exceeded at some point during the earthquake loading, a strength reduction (typically **reduction or elimination of cohesion**) is necessary. Dynamic strengths of the intact rock and/or concrete must also be accounted for in making the analysis.
- Deformations can be computed for the foundation blocks by a Newmark-type rigid-block sliding analysis, and the dam's performance can be evaluated by comparison with acceptable-deformation criteria. This approach is especially valuable for cases where blocks can be assumed to be formed by continuous joints, faults, and shear zones. For atypical dams, commonly-used criteria may not be applicable, and there can be separate issues for appurtenant features.

Nun ist die Frage, ob alleine die Reibung die Staumauer vom Abgleiten bewahren kann. Reibungs- und Kohäsionsanteile am Sicherheitsfaktor können wie folgt aus den Angaben im Gutachten rekonstruiert werden.

⁵⁴ FEMA: Federal Guidelines for Dam Safety Earthquake Analyses and Design of Dams, May 2005, p. 24
<http://www.ferc.gov/industries/hydropower/safety/guidelines/fema-65.pdf>

Die Gleichung, welche gemäss Gutachten (Kapitel 3.7.2) eingesetzt wird lautet:

Der **Gleitsicherheitsnachweis** wird für eine kritische Gleitfläche zwischen dem Maschinenhaus resp. Wehr und der Foundation ausgeführt. Die Gleitsicherheit gilt als nachgewiesen, wenn der maximal mobilisierbare Widerstand zwischen Maschinenhaus resp. Wehr und Foundation grösser als der gesamte Schub ist. Der Gleitsicherheitsnachweis wird global geführt.

$$SF_{Gl} \leq \frac{(\sum N - \sum U) \tan \phi' + c' A}{\sum H}$$

mit:

ϕ'	Reibungswinkel Beton/Gestein der Kontaktfuge;
$\sum N$	Summe der Normalkräfte an der Kontaktfuge;
$\sum U$	Summe der Auftriebskräfte an der Kontaktfuge;
c'	Kohäsion der Kontaktfuge;
A	Fläche der Kontaktfuge;
$\sum H$	Summe der treibenden Horizontalkräfte an der Kontaktfuge;
SF_{Gl}	Sicherheitsfaktor gegen Gleiten.

Sie kann nach den beiden Summanden

$$(\sum N - \sum U) \tan \phi' / \sum H$$

sowie

$$c' A / \sum H$$

des Sicherheitsfaktors aufgelöst werden, indem einmal die angenommene Kohäsion c' von 400kPa, sowie einmal die reduzierte Kohäsion von 300kPa aus der „Sensitivitätsstudie Gleitsicherheit“ (siehe auch Kapitel 5.3) mit angegebenen Gleitsicherheitsfaktoren eingesetzt wird und das entstehende Gleichungssystem aufgelöst wird (Gauss'sche Elimination).

Damit erhält man im Erdbebenfall einen Reibungsanteil am Sicherheitsfaktor von 0.48, Kohäsionsanteil von 0.84 (400kPa) bzw. 0.63 (300kPa) für das Maschinenhaus. Im statischen Fall einen Reibungsanteil von 0.89, Kohäsionsanteil von 2.08 (400kPa) bzw. 1.56 (300kPa) (jeweils ca. $\pm 5\%$ wegen Dezimalrundung der abgelesenen Zahlen).

Die Reibung kann eine weggefallene Kohäsion weder im statischen Fall geschweige denn im Erdbebenfall auffangen. Die Mauer gleitet ab.

Kein Wunder musste jeder Hinweis darauf in der Mai-Version entfernt werden.