

- Défi actuel: renforcement de la compétitivité par flexibilisation
- Sécurité des barrages par rapport aux dangers naturels
- Synergies dans le cadre de nouveaux aménagements à buts multiples
- Exploitation des nouveaux lacs glaciaires
- Conclusions



L16 : L'hydroélectricité Partie 2 : Défis économiques et environnementaux Bonjour mesdames et messieurs. Bienvenue à ce cours qui traite de la force hydraulique comme producteur le plus important d'électricité en Suisse. Nous avons vu dans la première partie que la production hydroélectrique suisse est actuellement fortement défavorisée sur le marché en Europe. Pour renforcer la compétitivité de l'hydroélectricité suisse et ainsi satisfaire la demande future, il est primordial de flexibiliser la production de nos centrales. Cela implique de concentrer la production sur les heures de pointe de la demande en augmentant la puissance installée dans nos centrales et surtout de renforcer les possibilités de stockage par l'agrandissement des retenues en rehaussant certains de nos barrages. Nous discuterons par ailleurs de la sécurité des barrages, notamment par rapport aux dangers naturels comme les crues et les tremblements de terre. Nous verrons ensuite les synergies qui peuvent être créées en concevant de nouveaux aménagements hydrauliques à buts multiples. Finalement, nous jetterons un coup d'œil sur l'avenir et l'exploitation des nouveaux lacs glaciaires qui naissent au fur et à mesure du retrait des glaciers.

Notes

Summary



Défis actuels pour l'énergie hydraulique suisse

Renforcement de la compétitivité de l'énergie hydraulique suisse par flexibilisation de la production

Augmentation de la production annuelle (potentiel faible)

- Quelques nouvelles grandes centrales (>10 MW)
- Extension des aménagements existants
- Développement de la petite hydraulique (< 10 MW)*

* Mini-centrales (< 1 MW) le long **des cours d'eau non-utilisés**: discutable énergétiquement et économiquement, difficiles à défendre d'un point de vue environnemental



Centrale de Ruppoldingen sur l'Aar

La transition énergétique suisse

Comment peut-on renforcer la compétitivité de l'énergie hydraulique suisse ? Nous avons vu que le potentiel d'augmentation de la production annuelle est faible. À part la construction de quelques nouvelles grandes centrales, il s'agit surtout de profiter de l'extension d'aménagements existants et de développer la petite hydraulique sur des rivières importantes et déjà utilisées. La construction de mini centrales avec une puissance plus faible de MW le long des petits cours d'eau encore non utilisés est de nature discutable du point de vue énergétique et de rentabilité et en outre difficile à défendre du point de vue environnemental.

Notes

Summary



1m 27s

Renforcement de la compétitivité de l'énergie hydraulique suisse par flexibilisation de la production



Rehaussement du barrage de 208 m à 225 m Luzzone (TI) 1995 - 1999

Flexibilisation de la production des aménagements existants et augmentation de la production en hiver

- Rehaussement des barrages
- Augmentation de la puissance installée
- Augmentation de la puissance des pompes
- Bassins de compensation
- Nouveaux systèmes d'adduction d'eau (parallèles aux existants)

La transition énergétique suisse

L'enjeu est avant tout de flexibiliser la production des aménagements existants et d'augmenter la production en hiver, ce qui est primordial pour la sécurité d'approvisionnement du pays. La flexibilisation de la production peut être obtenue par le rehaussement des barrages, l'augmentation de la puissance installée l'augmentation de la puissance des pompes, des bassins de compensation et de nouveaux systèmes d'adduction parallèles aux existants.

Notes

Summary



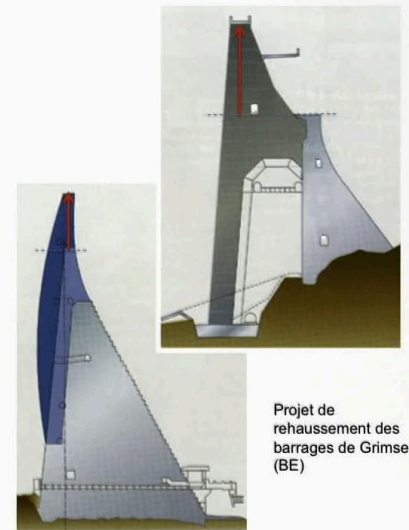
2m 11s

Flexibilisation par rehaussement de barrages existants



Rehaussements faibles,
(moins de 10% de la
hauteur initiale):

- volume supplémentaire de 700 Mio. m³
- augmentation de la production en hiver de plus de 2 TWh



La transition énergétique suisse

Prenons le cas de rehaussement de barrages existants. Plusieurs rehaussements de barrages ont été déjà réalisés comme les barrages voûte de Mauvoisin et Eludzone dans les années 90. Avec des rehaussements faibles, c'est-à-dire moins de 10 % de la hauteur initiale un volume supplémentaire de 700 millions de m³ pourrait être créé avec une vingtaine de projets réalisables à l'avenir. La production en hiver pourrait ainsi être augmentée de plus de 2 TWh ce qui correspond à plus de 10% de la production actuelle en hiver. L'augmentation de volume de retenue est d'une grande importance pour un approvisionnement sûr et indépendant à l'avenir pour une position clé de la Suisse dans le marché de l'électricité en Europe.

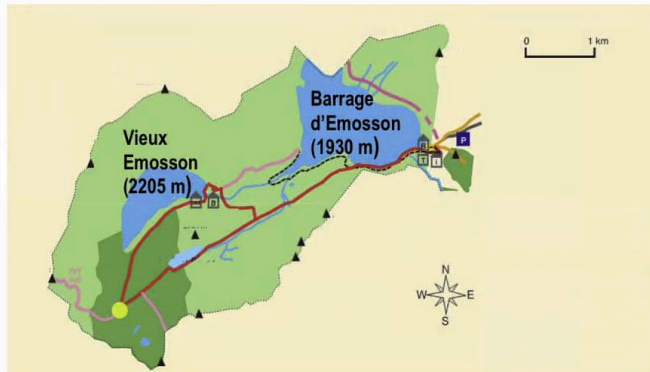
Notes

Summary



Flexibilisation par rehaussement de barrages existants

Exemple:
Rehaussement du barrage du Vieux Emosson



Future centrale: six groupes de pompage-turbine reliés à des moteurs-génératrices de 150 MW chacun (900 MW au total)



(Photo Schleiss, novembre 2013)

La transition énergétique suisse

Un projet récemment réalisé est le rehaussement du barrage de Vieux Emosson par 21,5 m qui sert comme bassin supérieur pour le nouvel aménagement de pompage/turbine de Nant de Drance.

Notes

Summary





Ces séquences accélérées montrent tout d'abord la démolition d'une partie du barrage existant avant de le rehausser avec du nouveau béton.

- Notes

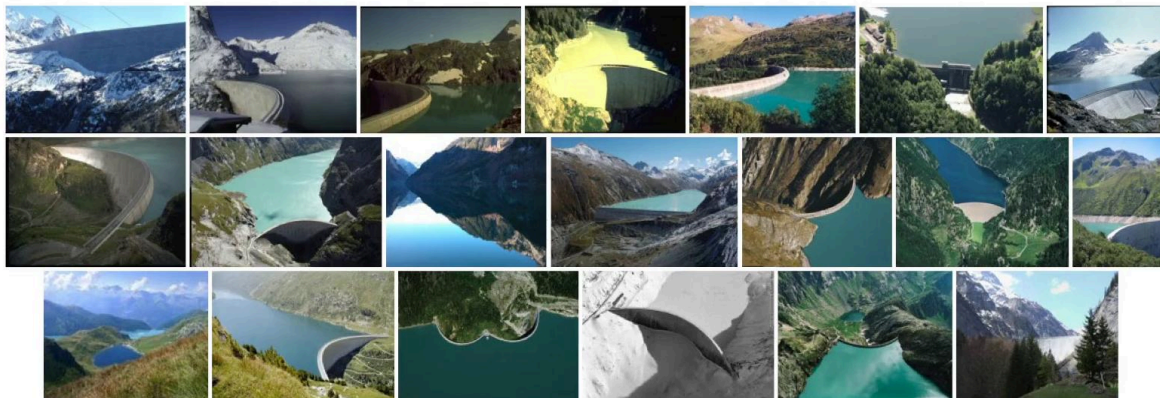
Summary



Flexibilisation par rehaussement de barrages existants

➤ Autres rehaussements possibles:

- Albigna, Cavagnoli, Gebidem, Gries, Sihlsee, Klöntal, Sambuco, Ritom, Emosson, Santa Maria, Moiry, Limmern, Curnera, Nalps, Valle di Lei, Hongrin, Zervreila, Cavagnogli, Gigerwald, Mattmark, ...



La transition énergétique suisse

Voici une liste, ou une galerie de photos non exhaustive de barrages qui se prêteraient techniquement à un rehaussement pour agrandir le volume de stockage et augmenter la flexibilité des centrales en Suisse.

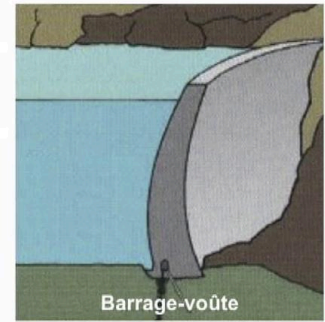
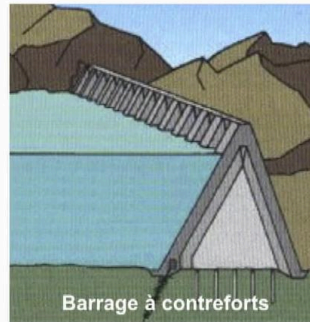
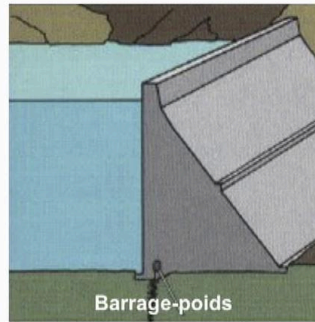
Notes

Summary

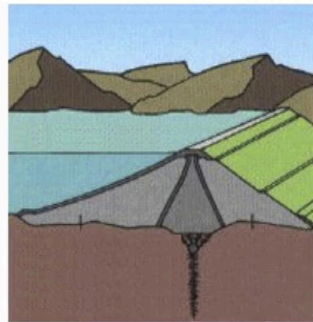


Types de barrages

Barrages en béton



Barrages en remblai



Barrages en rivière

La transition énergétique suisse

Avant de discuter la sécurité des barrages, regardons les différents types. Selon la nature du matériau de construction utilisé on classe les barrages en deux grandes familles : les barrages en béton et les barrages en remblai. En Suisse, deux tiers des grands barrages sont des barrages en béton. Le barrage-poids, comme son nom l'indique, résiste à la poussée de l'eau du fait de son propre poids. Le barrage-poids est constitué d'éléments massifs juxtaposés. Le barrage de la grande aixance fait partie de cette famille. Le barrage à contrefort résiste également à la poussée de l'eau par son propre poids. Pour diminuer le volume de béton, par rapport au barrage-poids ce type de barrage est formé d'éléments juxtaposés nommés contreforts dont la géométrie est complexe. Le barrage-voûte est une structure tridimensionnelle agissant comme une voile ou une coque. Il présente une forte courbure en plan et transmet une partie importante des forces sur les flancs de la vallée. Il permet d'économiser un volume important de béton par rapport aux autres types précédents. Comme on a déjà vu dans la première partie, les barrages à rivière constituent un cas particulier. On parle souvent également des barrages mobiles dont le seuil à côté de la centrale est équipé de vannes.

Notes

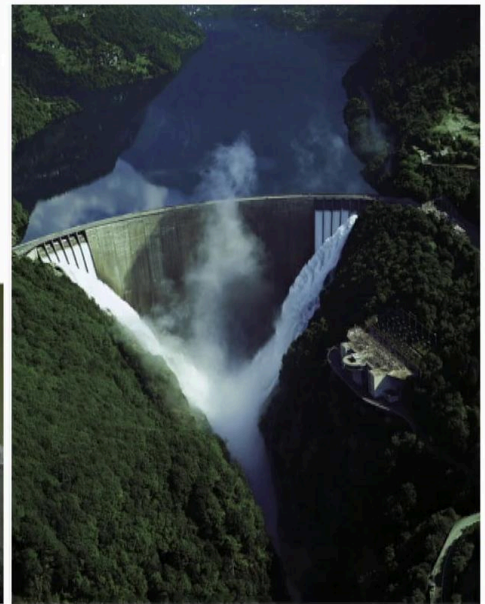
Summary



4m 33s

Sécurité des barrages p. r. aux dangers naturels

- **La maîtrise des crues** implique, que l'ouvrage soit dimensionné pour les événements les plus violents possibles sur le site.
- Ouvrage de sécurité: évacuateur de crues
- Dimensionnement pour la crue millénaire et vérification pour la crue maximale probable ($> 10'000$ ans)



La transition énergétique suisse

Traisons brièvement de la sécurité des barrages par rapport aux dangers naturels comme les crues et les tremblements de terre. La maîtrise des crues implique que l'ouvrage soit dimensionné pour les événements les plus violents sur le site. Le déversement contrôlé des crues lors d'événements extrêmes est garanti par l'ouvrage de sécurité qu'on appelle un évacuateur de crue. Cet ouvrage de type trop-plein est dimensionné de telle manière qu'une crue millénaire appelée crue de projet puisse être évacuée sans provoquer aucun dommage. Même pour une crue extrême, appelée crue de sécurité, l'évacuateur de crue doit être capable d'évacuer la crue sans qu'un niveau dangereux soit atteint dans la retenue. Cette crue de sécurité correspond à un événement ayant une période de retour de plus de 10 000 ans.

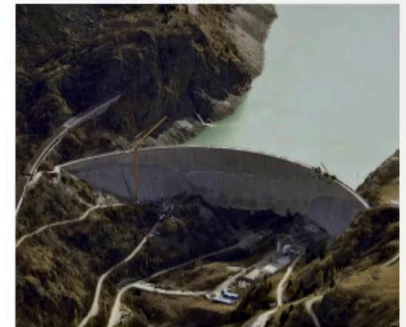
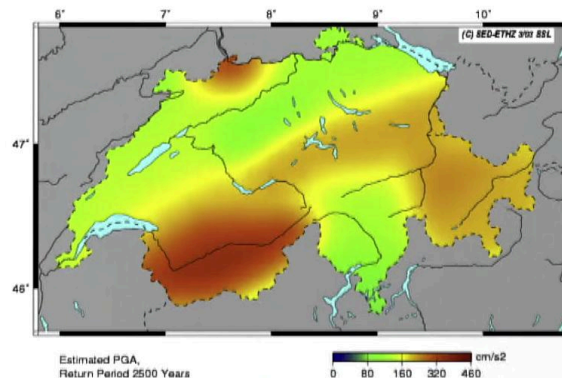
Notes

Summary



Sécurité des barrages p. r. aux dangers naturels

- La maîtrise des tremblements de terre implique, que le barrage soit dimensionné pour les événements les plus violents possibles sur le site
- Dimensionnement pour des séismes ayant une période de retour de 1'000 à 10'000 ans selon la hauteur du barrage



La transition énergétique suisse

La maîtrise des tremblements de terre implique que le barrage soit dimensionné pour les événements les plus violents possibles sur le site. Selon la hauteur et le volume d'eau stocké par le barrage, il doit être dimensionné de telle manière qu'il puisse résister sans rupture à des séismes ayant une période de retour de 1 000 à 10 000 ans. Les régions présentant en Suisse le risque de séisme le plus élevé se situent à Bâle et au Valais, comme le montre cette carte. Pour parer aux dangers naturels, les barrages sont régulièrement vérifiés en tenant compte de changements éventuels, comme le changement climatique. En cas de besoin, les barrages sont renforcés pour répondre aux exigences de sécurité mises à jour. À droite, le barrage-voûte de Lestoules qui a été renforcé récemment pour résister à des tremblements de terre très rares. Le concept sécurité des barrages en Suisse ne se base pas seulement sur la sécurité structurelle. Pour maîtriser le risque résiduel, tous les barrages sont surveillés avec des équipements de mesure et d'analyse très sophistiqués. En plus, un plan d'urgence a été établi qui permet d'alarmer et d'évacuer à temps les personnes menacées dans le cas où la rupture ne pourrait être évitée.

Notes

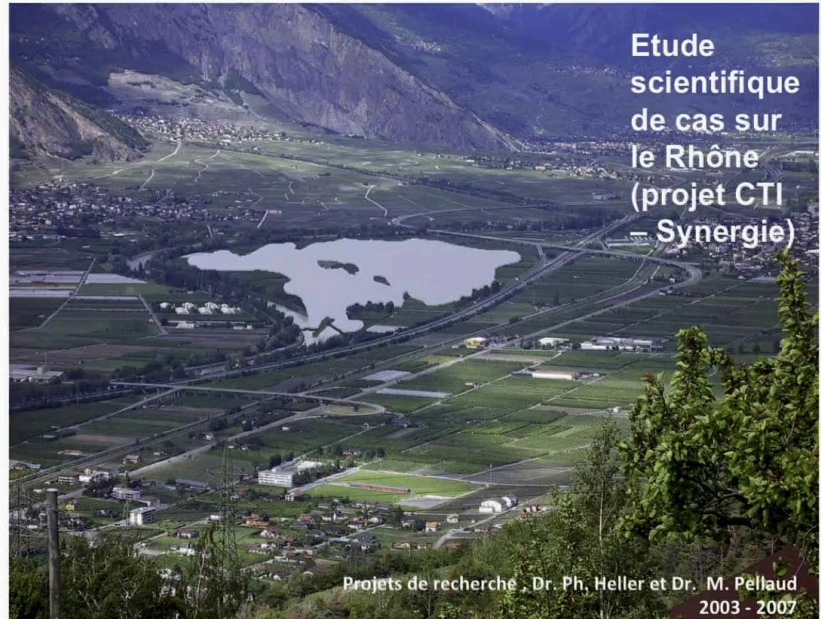
Summary



Nouveaux aménagements à buts multiples

Projets hydrauliques à buts multiples → exploitation des synergies:

- énergie
- protection contre les crues
- renaturalisation des cours d'eau
- nouveaux biotopes
- zones de détente
- amélioration du régime de la rivière



La transition énergétique suisse

Pour obtenir une large acceptation du projet des nouveaux aménagements hydroélectriques doivent être conçus comme projets à buts multiples. L'objectif de tel projet est de créer une situation *win-win* en satisfaisant à la fois les besoins de la production d'énergie renouvelable et des objectifs comme la protection contre les crues, la renaturalisation des cours d'eau, la création de nouveaux biotopes et de nouvelles zones de détente ainsi que l'amélioration de la situation actuelle du régime de la rivière. Un tel projet implanté sur le Rhône comme vous voyez ici sur la photo, a été analysé dans le cadre d'un projet de recherche de l'EPFL selon une approche globale utilisant des théories de systèmes complexes.

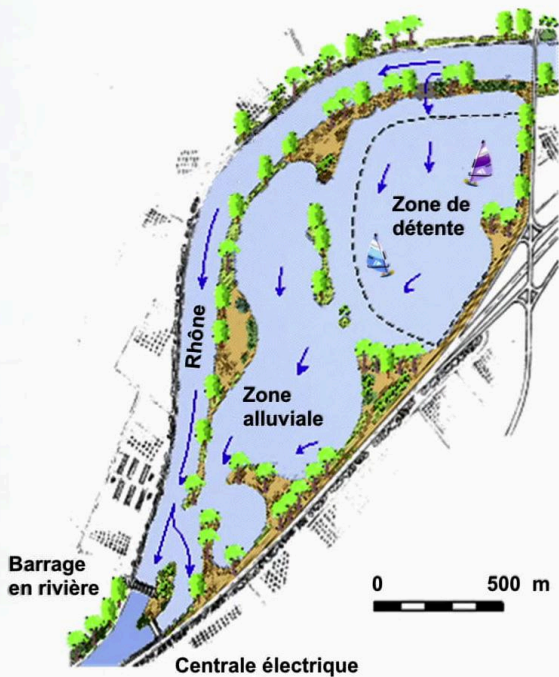
Notes

Summary



8m 40s

Nouveaux aménagements à buts multiples



Projet d'aménagement à buts multiples sur le Rhône

Surface du lac artificiel : 1 km²

Volume d'eau: 7,6 Mio. m³

Réduction de la crue: 200 m³/s

Élimination du marnage par 0,7 m de variation dans la retenue

Production annuelle: 43 GWh

Création de biotopes et zone lentiques,

Création de zones de loisir

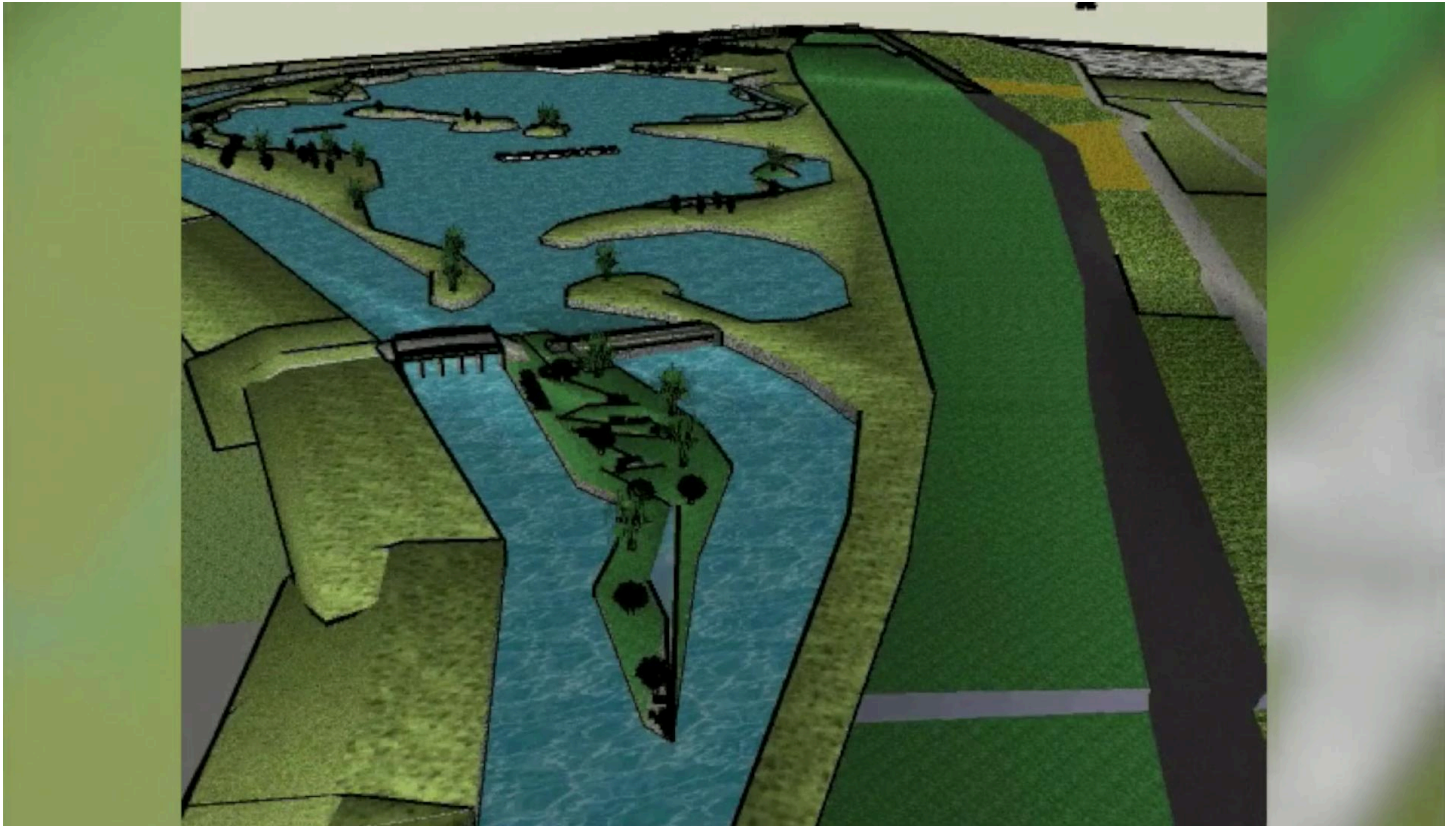
La transition énergétique suisse

Ce projet à buts multiples englobe un barrage en rivière qui crée un lac artificiel ayant une surface de 1 km² pour un volume de 7,6 millions m³. La gestion de ce volume en cas de crue permettrait de réduire les crues dans le Rhône de 200 m³/s, ce qui augmenterait fortement la sécurité de la plaine. En plus, le marnage dans le Rhône dû au turbinage des centrales à accumulation qui perturbent fortement la vie aquatique pourrait être éliminé par un léger stockage de 0,7 m le jour et le déstockage de cette retenue la nuit. L'aménagement de la retenue créerait par ailleurs des biotopes et zones alluviales devenues très rares en Suisse. En plus, avec des conditions très favorables de vent dans la plaine du Rhône, la retenue deviendrait certainement un eldorado pour les amateurs de planche à voile, par exemple sans parler de l'attrait très grand comme centre de loisir à proximité des villes et villages. Finalement, le barrage à rivière serait combiné avec une centrale hydroélectrique qui pourrait produire plus de 42 GWh par année d'une manière fiable correspond à la production, par ailleurs, très volatile, de plus de huit grandes éoliennes.

Notes

Summary





Faisons un court tour de vol sur cet aménagement envisageable. On voit ici à gauche, le barrage à rivière, maintenant la centrale, entre les deux, un îlot sur lequel est implanté une rivière de contournement qui permet la migration des poissons vers l'amont et vers l'aval Ici, de nouveau le barrage à rivière. Une vue sur les zones alluviales qui pourraient être inondées en cas de crue importante. Maintenant, on va s'approcher du centre sportif. un terrain de foot, des restaurants avec la vue sur la plage, la partie de la retenue réservée pour la détente, et la partie en bas de la retenue plutôt réservée comme zone naturelle.

Notes

Summary

10m 58s

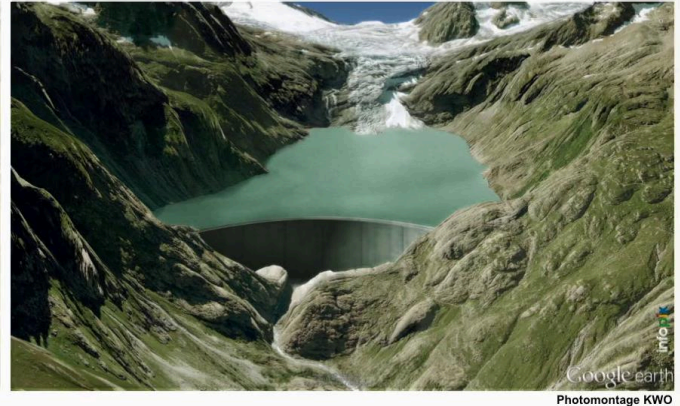


Exploitation des nouveaux lacs glaciaires

Exemple du barrage de Trift (environ 180 m de hauteur)



Retenue vide



Retenue pleine

La transition énergétique suisse

Avant de terminer, abordons brièvement quel pourrait être le potentiel des nouveaux lacs glaciaires qui se formeront au fur et à mesure du retrait des glaciers. Ces lacs peuvent devenir très dangereux puisqu'il existe le risque qu'ils débordent sur les moraines et se vident d'une manière non contrôlée. Ces lacs doivent donc être sécurisés par des barrages qui évidemment peuvent être exploités en tant qu'aménagement hydroélectrique. Il ne faut pas oublier que les barrages actuels se trouvent à des endroits qui étaient encore dans beaucoup de cas couverts par des glaciers il y a 200 à 400 ans. Les lacs glaciaires vont donc ouvrir un potentiel pour l'hydraulique en Suisse dans les prochaines décennies à venir et combler des pertes de production dues au changement climatique. Un projet déjà bien avancé est le barrage de Trift au pied du même glacier qui s'est déjà retiré et qui a formé un lac glaciaire comme on le voit sur la photo de gauche. Avec un barrage de 180 m de hauteur, une retenue a été créée qui peut fournir 220 GWh d'énergie réglable en hiver quand le besoin est le plus grand en Suisse et en Europe.

Notes

Summary



12m 00s

Conclusions: avenir de l'hydroélectricité en Suisse

- Grâce aux retenues dans les Alpes, la Suisse pourra encore renforcer à l'avenir sa forte position en tant que fournisseur d'électricité de pointe
- Dans ce contexte, pour renforcer la compétitivité de l'énergie hydraulique suisse sur le marché européen ainsi que la satisfaction de notre demande d'électricité hivernale, la flexibilisation de la production est impérative.
- Le retrait des glaciers fera émerger de nouveaux sites pour la construction de retenues, ce qui devrait permettre de compenser les pertes d'énergie résultant par ailleurs des effets du changement climatique, et augmenter la flexibilité des aménagements à accumulation



En conclusion, grâce aux retenues dans les Alpes, la Suisse pourra encore renforcer à l'avenir sa forte position en tant que fournisseur d'électricité de pointe et réglable, donc prendre le rôle de batterie. L'augmentation de production par les nouvelles énergies renouvelables subventionnées comme solaire et éolien nécessitera de pouvoir produire plus d'énergie réglable de haute disponibilité par les aménagements hydroélectriques, ce qui augmentera après la fin du subventionnement massif des énergies renouvelables conventionnées l'attractivité économique du pompage-turbinage et de l'agrandissement des retenues existantes par rehaussement des barrages. Pour renforcer la compétitivité de l'énergie hydraulique Suisse sur le marché européen ainsi que la satisfaction de notre demande d'électricité hivernale, la flexibilisation de la production est impérative, notamment par l'augmentation de la capacité installée dans les centrales et le rehaussement des barrages. Le retrait des glaciers fera émerger de nouveaux sites pour la construction des retenues, ce qui devrait permettre de compenser les pertes d'énergies résultant par ailleurs des effets du changement climatique et augmenter la flexibilité des aménagements à accumulation.

Notes

Summary



13m 24s