

Zeitschrift:	Collage : Zeitschrift für Raumentwicklung = périodique du développement territorial = periodico di sviluppo territoriale
Herausgeber:	Fédération suisse des urbanistes = Fachverband Schweizer Raumplaner
Band:	- (2025)
Heft:	1
Artikel:	Énergie solaire et paysages alpins, une contradiction?
Autor:	Monod, Caroline / Berset, Michael / Kaufmann, Andy
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-1090078

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 24.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Énergie solaire et paysages alpins, une contradiction ?

CAROLINE MONOD,
MICHAËL Berset,
ANDY KAUFMANN
Romande Énergie SA



[ILL. 1] Parc solaire flottant
du lac des Toules en hiver /
Der schwimmende Solarpark auf
dem Lac des Toules im Winter /
Il parco solare galleggiante
del Lac des Toules d'inverno
(Source : Romande Énergie,
photo : Valentin Flauraud)

Notre pays est confronté à un déficit de production énergétique, particulièrement en hiver. Pour y remédier, des centrales solaires alpines de très grande taille sont envisagées, lesquelles engendrent un impact environnemental et paysager. Une installation photovoltaïque flottante, sur des lacs de barrage, lieux précédemment anthropisés, permet un compromis entre les effets négatifs sur l'environnement, l'artificialisation de surfaces naturelles et la production d'énergie renouvelable, notamment hivernale.

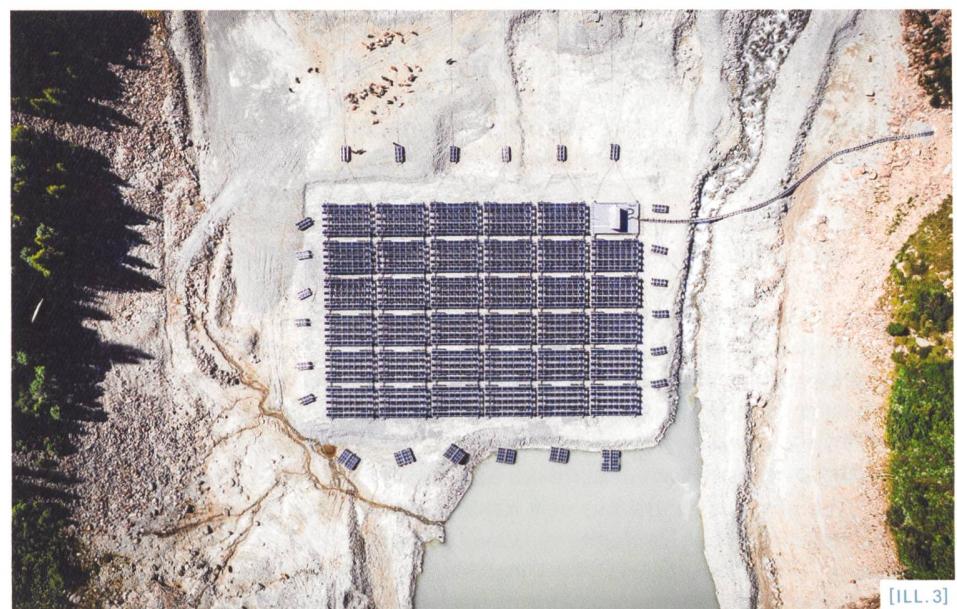


[ILL. 2]

[ILL. 2] Assemblage de la structure du parc de démonstration / Zusammenbau der Pilotanlage / Assemblaggio della struttura del parco dimostrativo
(Source : Romande Énergie, photo: Valentin Flauraud)



[ILL. 1]



[ILL. 3]

[ILL. 3] Le parc solaire des Toules déposé au sol / Der Solarpark des Lac des Toules an Land / Il parco solare Toules a terra
(Source : Romande Énergie, photo : Simon Wicht)



[ILL. 4]

[ILL. 4] Installation au sol permettant de réaliser des essais / Pilotanlage an Land / Installazione a terra per la realizzazione di test
(Source : Romande Énergie)

Où développer des synergies intéressantes en réalisant des pôles de production multiénergie ? C'est la question qui s'est posée en 2012. Rapidement, les réflexions se sont portées sur une meilleure exploitation des surfaces artificielles créées par les retenues des barrages hydroélectriques dans les Alpes. L'idée d'une installation solaire flottante sur le lac des Toules a ainsi commencé à émerger.

L'environnement alpin permet de bénéficier de trois avantages principaux : d'une part, l'altitude permet de se situer au-dessus du stratus, particulièrement en hiver, et de l'atmosphère polluée de la plaine, d'où une meilleure irradiation des modules photovoltaïques. D'autre part, la température plus basse a un effet bénéfique sur la production photovoltaïque. Finalement, la neige et la glace environnantes réfléchissent les rayons du soleil (effet albedo), permettant d'augmenter la production, pour autant qu'il s'agisse de modules photovoltaïques bifaciaux (produisant sur les deux faces). En contrepartie, la hauteur d'enneigement, les dangers naturels, l'accessibilité du site, les aspects environnementaux et le raccordement au réseau électrique représentent les principaux défis de toute installation PV alpine. Or, les barrages hydroélectriques disposent, en général, d'un accès et d'un réseau électrique. Le potentiel écologique de ces lacs alpins est relativement faible, en raison des importantes variations de niveau durant l'année.

C'est dans ce contexte qu'est née notre centrale solaire flottante sur le lac des Toules (VS). Le plan d'eau est situé à 1810 m, au pied du col du Grand-St-Bernard. L'accumulation est exploitée sur un cycle annuel, engendrant une retenue vide à la fin du mois de mars, avant d'accueillir la fonte des neiges. Le lac est généralement plein entre les mois de juillet et octobre.

À la suite d'expériences réalisées sur une installation d'essai terrestre à côté du barrage [ILL. 4], ayant pour objectifs principaux de valider les paramètres de production, de déterminer le meilleur angle d'inclinaison des modules et de vérifier le déneigement automatique, les premières études d'une structure flottante ont démarré dès 2016.

En plus des contraintes déjà mentionnées, les effets du vent, de la glace et des fortes variations de niveau d'eau (marnage) ont dû être considérés. L'installation doit notamment être capable de s'échouer au fond du lac, lorsqu'il est vide. Or, comme aucune des solutions industrielles disponibles sur le marché n'était à même de répondre à ces exigences, Romande Énergie a entrepris de développer une structure prototype. Dans le cadre des études, les simulations prévoient une production d'énergie augmentée de près de 33% par rapport à une installation de référence en plaine, à Aigle (VD).

Un parc de démonstration

À fin 2019, une centrale flottante, d'une puissance de 448 kWc (kilowatt-crête), a pu être mise en service. Elle se compose de 36 structures flottantes, dont 35 sont dédiées à la production photovoltaïque, tandis que la dernière accueille les installations électriques, comprenant trois onduleurs et un transformateur. Chacune des 35 structures comporte 40 modules PV bifaciaux, d'une puissance unitaire de 320 Wc. Le point de raccordement au réseau électrique se situe immédiatement à l'aval du barrage, à une distance d'environ 3 km depuis la centrale flottante. [ILL. 2]

Après cinq ans d'exploitation, le comportement de l'installation est conforme aux attentes. Le rendement des modules est légèrement plus faible qu'escompté, en raison d'un recouvrement neigeux persistant autour du solstice d'hiver. En effet, à cette période, l'ensoleillement est trop faible pour provoquer le glissement de la couche de neige, impactant ainsi la production durant quelques semaines. Malgré cela, le rendement de la centrale flottante est toujours supérieur de 29% par rapport à la plaine. En outre, quelques améliorations ont été apportées à la structure flottante, laquelle a parfois un peu souffert lors des échouages. Lors des deux premiers hivers, l'accumulation de neige soufflée à des endroits précis de la centrale a conduit à la formation de congères, provoquant des dégâts sur quelques modules. La mise en place d'un filet de protection (pare-neige) au sud de l'installation permet de remédier à cette problématique.

Impacts environnementaux et intégration paysagère

S'agissant d'une retenue artificielle, vidangée quasiment entièrement chaque année, la vie aquatique y est très limitée [ILL. 3]. Un réempoissonnement annuel à l'amont de la retenue amène quelques poissons à se retrouver dans le lac. La végétation (algues, phytoplanctons) y est également quasi inexisteante, en raison des dépôts sédimentaires fins, libérés par la fonte glaciaire. Des analyses biologiques ont été entreprises pour évaluer d'éventuelles conséquences sur la prolifération et la diversification des algues, sans pouvoir mettre en exergue d'effets, ni positifs, ni négatifs.

Concernant l'intégration paysagère, plusieurs infrastructures préexistent à proximité du site : col et tunnel du Grand-St-Bernard, ligne électrique aérienne de 220 kV, barrage lui-même. Ainsi, l'impact additionnel de la centrale solaire est très limité, particulièrement si on le compare avec des sites totalement préservés.

Au terme d'une durée d'exploitation projetée de 30 ans, la structure pourra être démantelée et en majeure partie recyclée. La structure flottante, composée essentiellement de profilés soudés en aluminium, pourra aisément être revalorisée. Les massifs d'ancre, soit 32 éléments préfabriqués en béton et enterrés en périphérie du tapis flottant dans les limons du lac, pourront également être retirés et revalorisés dans les filières habituelles. Les conséquences résiduelles de l'installation, une fois démontée, sont ainsi minimes.

Un potentiel intéressant

Dans le cadre d'une étude de potentiel menée par Romande Énergie pour cette technologie, plus d'une dizaine de lacs d'accumulation suisses (situés à plus de 1500 m) présentant des conditions allant de favorables à très favorables ont été identifiés. Ces quelques installations pourraient être à même de produire près de 500 GWh/an, soit le quart de l'objectif du *SolarExpress*, pour un coût de réalisation similaire, voire moindre, à celui des (très) grandes installations au sol projetées.

Le développement d'un projet de grande envergure sur le lac des Toules est également envisagé, sur la base des apprentissages du parc de démonstration. Dans le cadre de sa procédure d'approbation des plans, le Service du développement territorial valaisan exigeait que le futur projet soit coordonné au niveau du Plan directeur cantonal. Cette exigence a été remplie dans la fiche E.5, validée en 2019. Pour les futurs projets d'installations isolées, un plan d'aménagement détaillé (PAD) et une étude d'impact seront exigés.

Une technologie innovante

La mise en œuvre d'un projet innovant unique, comme celui du parc solaire flottant du lac des Toules, ne va pas sans difficulté. Outre les structures à inventer et les apprentissages à récolter, le cadre légal et réglementaire n'est pas toujours optimal, voire inexistant. Si certains points ont pu être résolus au fur et à mesure de l'avancée du projet, le développement de son potentiel se heurte aujourd'hui au manque de recul et aux principes de prudence relatifs à la sécurité des barrages. L'autorité de surveillance des barrages (Office fédéral de l'énergie) a ainsi constitué un groupe d'experts international pour se pencher sur les risques que pourrait engendrer une installation de grande envergure sur la sécurité d'un barrage, notamment en cas d'incident majeur. Cette procédure s'échelonnera sur environ trois ans et s'achèvera avec la rédaction de directives ad hoc.

Romande Énergie est évidemment à la disposition de ce groupe de travail pour apporter les éléments tangibles de maîtrise des risques et qu'il puisse se déterminer rapidement, ouvrant ainsi la voie au développement de ce type d'installations. [ILL.1]

CONTACT

andy.kaufmann@romande-energie.ch
michael.berset@romande-energie.ch
caroline.monod@romande-energie.ch

ZUSAMMENFASSUNG

Solarenergie und alpine Landschaft: ein Widerspruch?

Die Idee eines auf dem Lac des Toules (VS) schwimmenden Solaranlagenbaus geht auf das Jahr 2012 zurück. Die Anlage liegt auf 1810 m ü. M. und profitiert von den Synergien eines vorbestehenden Kraftwerks, der Höhenlage (stärkere Einstrahlung), den niedrigen Temperaturen (bessere Stromerzeugung) und dem Albedo-Effekt (Schneereflektion). Umgekehrt stellen Schneemenge, Schwankungen des Wasserspiegels und Eisbildung Herausforderungen dar. Aus diesem Grund musste eine besondere Konstruktion entwickelt werden.

2019 wurde eine Pilotanlage von 448 kWp in Betrieb genommen, bestehend aus 36 Schwimmkörpern. Nach fünf Jahren liegt die Leistung um 29% höher als jene einer vergleichbaren Anlage im Flachland. Die Auswirkungen auf die Umwelt sind begrenzt, weil der See künstlich ist und keine bedeutenden Gewässerökosysteme aufweist. Das rezyklierbare Kraftwerk wird nach dem Rückbau nur geringe Spuren hinterlassen.

Nach diesen ermutigenden Ergebnissen ist derzeit ein Erweiterungsprojekt in Prüfung. Diverse Optimierungen werden vorgenommen, um insbesondere die winterliche Stromproduktion weiter zu steigern. Eine Potenzialstudie identifizierte mehr als zehn geeignete Schweizer Seen, die bis zu 500 GWh/a produzieren könnten. Für Grossprojekte braucht es allerdings gesetzliche Anpassungen und Sicherheitsbeurteilungen, die ihre Durchführbarkeit gewährleisten.

RIASSUNTO

Energia solare e paesaggio alpino: una contraddizione?

L'idea di una centrale solare galleggiante sul Lac des Toules (VS) è nata nel 2012. L'impianto situato a 1810 m s.l.m. trae beneficio dalla sinergia con una centrale elettrica preesistente, con l'altitudine (maggiore irraggiamento), con le basse temperature (migliore produzione) e con l'effetto albedo (riflesso della neve). Le sfide, che consistono nell'innevamento, nelle variazioni del livello dell'acqua e nel ghiaccio, hanno richiesto lo sviluppo di una struttura speciale.

Nel 2019 è stato messo in servizio un parco solare dimostrativo di 448 kWp, composto di 36 strutture galleggianti. Dopo cinque anni di esercizio, la sua efficienza supera del 29% quella di un impianto di pianura. L'impatto ambientale è limitato poiché il bacino idrico è artificiale e non sono presenti ecosistemi acquatici di particolare importanza. Anche l'impatto residuo è basso, perché la centrale può essere smontata e riciclata.

Sulla base dei risultati incoraggianti, è ora in corso un progetto di estensione, con varie ottimizzazioni volte ad aumentare la produzione, in particolare d'inverno. Uno studio ha identificato più di dieci laghi svizzeri adatti a questa tecnologia, per un potenziale totale che potrebbe raggiungere i 500 GWh/anno. I progetti su ampia scala necessitano tuttavia di adeguamenti legislativi e di valutazioni della sicurezza che possano garantirne la fattibilità.