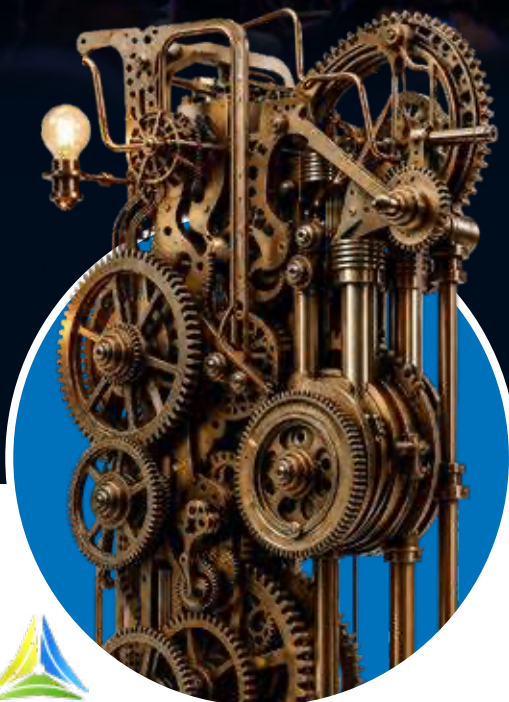




COUPLAGE SECTORIEL

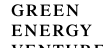
La clé d'une transition
énergétique réussie en Suisse



En collaboration avec :



Kanton Bern
Canton de Berne



Triewald DMES — Systèmes multi-énergie décentralisés : une infrastructure pour le couplage sectoriel et le stockage à long terme

Marc Meyer, Gregor Zust

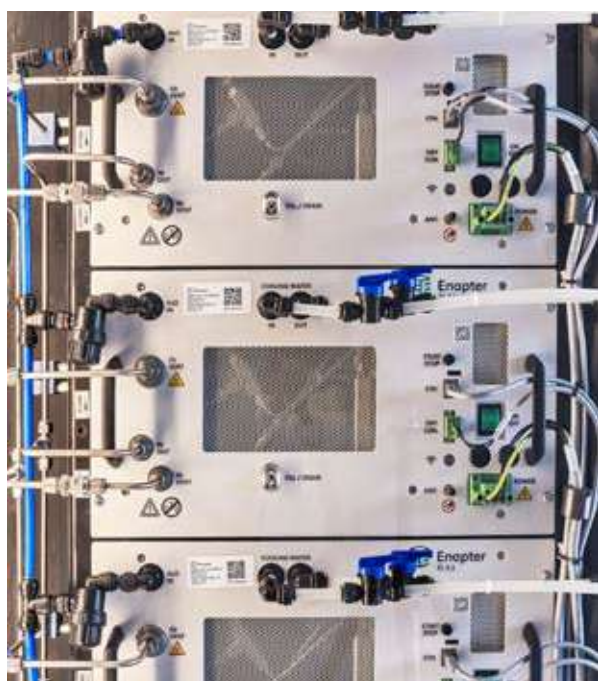
eRevo AG



LE PROJET

La transition énergétique se heurte à un problème fondamental non résolu. En été, les installations photovoltaïques produisent plus d'électricité que ce qui peut être utilisé localement. Les surplus sont écrêtés, cédés gratuitement ou vendus à des prix négatifs. En hiver — lorsque les besoins en chaleur, la mobilité électrique et les charges industrielles se cumulent — la puissance disponible fait défaut, tandis que les capacités de raccordement au réseau sont déjà saturées dans les zones urbaines. Ce qui manque n'est pas tant de la production supplémentaire qu'une infrastructure capable de stocker l'énergie sur des jours, des semaines et des saisons entières, pour la restituer au moment précis où elle est nécessaire.

C'est ce défi qu'eRevo AG relève avec son système multi-énergie décentralisé (DMES) baptisé Triewald. Les bâtiments, les sites industriels et les quartiers ne sont plus considérés comme de simples consommateurs passifs, mais comme des infrastructures énergétiques actives capables de produire, stocker et valoriser thermiquement l'électricité, tout en interagissant intelligemment avec le réseau. Triewald intègre photovoltaïque, stockage à court terme, électrolyse, stockage d'hydrogène par hydrure métallique, pile à combustible, récupération de chaleur et pilotage numérique en une centrale énergétique locale. L'hydrogène est produit sur site à partir d'électricité renouvelable, stocké et reconverti en électricité et en chaleur selon les besoins — sans chaîne d'approvisionnement externe.



Le cœur technologique est un stockage solide à base d'hydrure métallique. L'hydrogène n'est pas stocké sous forme de gaz haute pression, mais lié chimique-

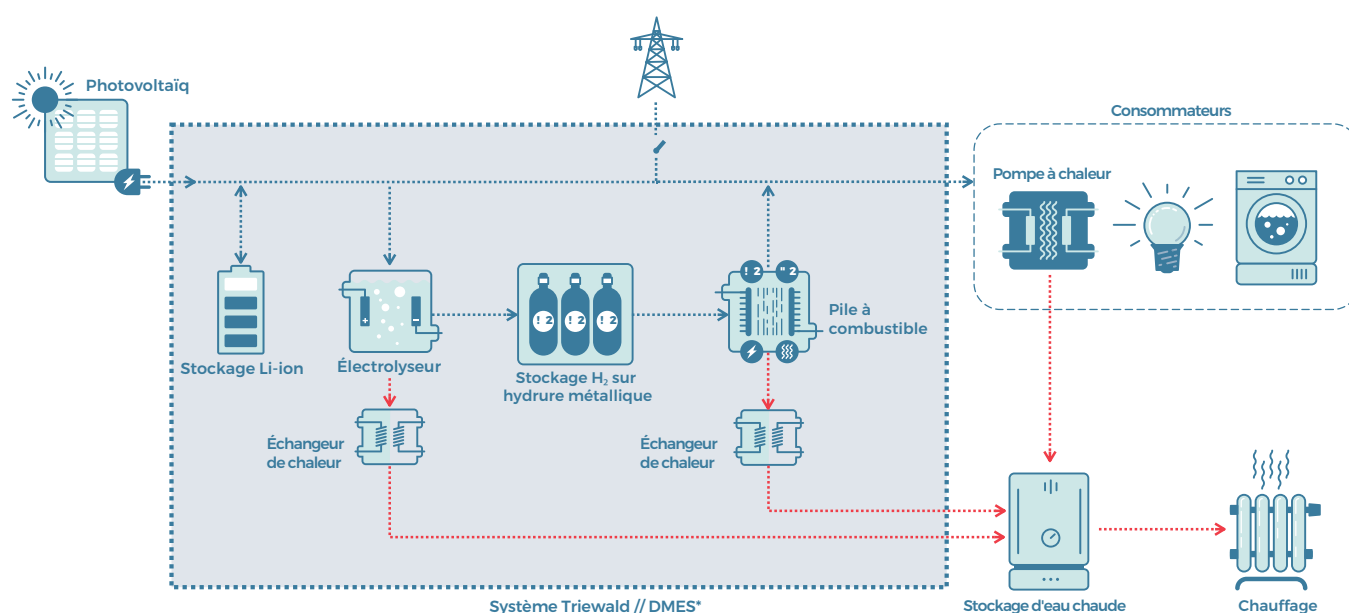
ment dans une structure métallique. Cette forme de stockage modifie fondamentalement le profil de sécurité et permet d'atteindre des volumes de stockage élevés directement dans des bâtiments occupés — là où les batteries et les solutions haute pression atteignent leurs limites. Triewald complète le stockage par batteries sans le remplacer : les batteries assurent la flexibilité à court terme, la gestion des pics de charge et le décalage jour-nuit, tandis que le stockage par hydrure couvre les décalages de plusieurs jours et saisonniers. La chaleur dégagée lors de l'électrolyse et de la reconversion en électricité est systématiquement valorisée en eau chaude, chauffage, réseaux de chaleur ou procédés industriels. Le couplage sectoriel n'est pas ici un avantage accessoire — il est au cœur même de la logique du système.

ACTEURS IMPLIQUÉS

eRevo AG, Eich (canton de Lucerne), www.erevo.ch assume le rôle d'architecte système et d'intégrateur. Des composants industriels établis et fabriqués en série sont combinés à une architecture système proprié-

TRIEWALD DMES

Électricité, chaleur, stockage et consommateurs dans un seul système - intégré au bâtiment



*DMES = *DMES = Systèmes multi-énergies décentralisés

POWERED BY eRevo

taire, ce qui réduit les risques technologiques et liés à la chaîne d'approvisionnement. La mise en œuvre s'appuie sur un réseau de partenaires spécialisés : GRZ Technologies (stockage par hydrure métallique, Suisse), des fabricants d'électrolyseurs d'Allemagne et d'Italie, Qynn Energy (économie de l'énergie basée sur les données et modélisation du ROI), enerpeak (ingénierie énergétique), RISAM (sécurité et protection incendie), saprom (conformité au droit suisse), Hälgl Group (CVCS) ainsi que SyEnergy et Maréchaux (électricité, batteries, onduleurs hybrides). Des partenariats de développement commercial ont été conclus avec Integral Design Build et le groupe Halter, ainsi qu'un échange stratégique avec GETEC pour les structures industrielles et de contracting.

OBJECTIFS

- Permettre le décalage saisonnier et plurijournalier de l'énergie de manière intégrée dans les bâtiments, sûre et autorisable.
- Réaliser le couplage sectoriel de l'électricité et de la chaleur avec un rendement global supérieur à 75 %.
- Absorber localement les surcapacités du réseau et les restituer en différé, afin de réduire l'extension du réseau et l'écrêtement.

- Démontrer la rentabilité sans subventions et sans écarts de prix spéculatifs.
- Établir une couche de contrôle assistée par IA sur l'ensemble des flux énergétiques via Energy Intelligence.

STATUT ET CHIFFRES CLÉS

Depuis avril 2024, la première installation DMES au monde entièrement intégrée dans un bâtiment, basée sur l'hydrure métallique avec récupération thermique, fonctionne en charge complète à Eich (canton de Lucerne). Le démonstrateur sert de référence pour la technique, l'exploitation, la sécurité et l'aptitude à l'autorisation, et réduit les risques clés liés à l'intégration système et aux procédures d'approbation.

- **Démonstrateur Eich** : 508 kWh électriques (dont 480 kWh stockage H₂ et 28 kWh stockage à court terme), 250 kWh thermiques, électrolyse 7,2 kW, pile à combustible 8 kW.
- **Triewald INDUSTRY** : modulaire de 0,5 à 16 MWh par local ; configuration de référence 3 200 kWh électriques et 2 000 kWh thermiques ; durée de vie supérieure à 30 ans, garantie jusqu'à 20 ans.
- **Triewald AREAL** : centrales énergétiques à partir d'environ 100 MWh ; conception de référence 12 MW / 92 MWh électriques plus 20 MWh de stockage à court





terme et 25 MWh thermiques, intégrés dans seulement 440 m² de surface dans le bâtiment.

- **Rendement global** : supérieur à 75 % pour une utilisation combinée électrique et thermique.
- **Étude site EWL Lucerne** : variantes de 774 à 3 200 kWh étudiées. Optimum économique autour de 1 700 kWh, autoconsommation supérieure à 90 %.
- **Circularité** : les matériaux à base d'hydrure métallique sont composés principalement de métaux recyclés et sont recyclables en fin de vie.
- **Chaîne d'approvisionnement** : la majorité des composants clés provient d'Europe — notamment de Suisse, d'Italie et d'Allemagne.
- **Pipeline** : site SFP Root (avec Integral Design Build), projet de tour dans la région de Bâle-Campagne, schémas logistiques avec GETEC, premières approches AREAL avec le canton de Lucerne.

AVANTAGES ET DÉFIS

Triewald rend l'énergie renouvelable planifiable, stockable et valorisable thermiquement. Le système augmente l'autoconsommation, réduit les coûts d'achat sur le réseau et d'extension du réseau, renforce la sécurité locale d'approvisionnement et absorbe les surcapacités du réseau là où elles se produisent. Comme

seule une proportion minimale de l'hydrogène existe sous forme de gaz libre, l'intégration dans des bâtiments existants et des sites urbains est possible — là où le stockage par batteries à grande échelle se heurte de plus en plus à des contraintes de protection incendie, de surface et d'autorisation. À l'échelle d'un site, les centrales énergétiques jouent le rôle de nœuds tampons actifs entre la production locale, la consommation et le réseau.

Les défis résident moins dans la technique que dans les cycles de projet et les conditions-cadres. Douze à dix-huit mois entre le lancement du projet et la réalisation exigent une discipline financière et un portefeuille de projets solide. eRevo répond aux incertitudes réglementaires concernant les installations d'hydrogène dans les bâtiments en participant activement au groupe de travail de la SSIGE consacré à la fiche technique H10001 récemment publiée, contribuant ainsi à façonner les futures conditions-cadres plutôt que de se limiter à les appliquer. Les décisions d'investissement s'effectuent en pratique souvent par étapes : le stockage à court terme d'abord, le stockage à long terme comme extension déjà planifiée — comme l'illustre le site SFP à Root.

APERÇU ÉCONOMIQUE

Un projet Triewald INDUSTRY type représente environ 2 millions de CHF d'investissement, les installations plus importantes atteignant 3 à 4 millions de CHF. La modélisation du ROI pour le site EWL à Lucerne montre un retour sur investissement de dix à quatorze ans sur une durée d'exploitation de 30 ans — calculé sans subventions ni revenus spéculatifs. Les moteurs de valeur sont l'augmentation de l'autoconsommation, la valorisation de la chaleur, l'évitement de coûts réseau et la flexibilité de stockage. Les prix dynamiques de l'électricité et les tarifs de réseau constituent un levier de potentiel supplémentaire. Le marché suisse adressable comprend 50 à 80 projets de sites et industriels pertinents pour le DMES par an.

Energy Intelligence garantit la performance économique sur l'ensemble du cycle de vie : pilotage prévisionnel sur 24 à 72 heures, optimisation multi-actifs sur l'électricité, la chaleur, l'hydrogène et les achats réseau, services réseau tels que l'écrêtement de pointe et l'équilibrage dans les structures vZEV et LEG, ainsi qu'une couche opérationnelle auto-apprenante qui analyse en continu les données d'exploitation et adapte les paramètres de pilotage.



ENSEIGNEMENTS

- La logique du système ne peut pas se réduire aux prix de l'électricité. La rentabilité découle du couplage entre électricité, chaleur et flexibilité de stockage.
- Le stockage par hydrure métallique modifie fondamentalement la logique d'autorisation et de sécurité, ouvrant l'espace urbain à l'hydrogène.
- Le stockage à court terme et à long terme sont complémentaires. Les installations DMES efficaces combinent les deux horizons temporels.
- Le logiciel est déterminant. Sans orchestration basée sur les données, le potentiel des systèmes couplés reste inexploité.
- Une participation précoce à l'élaboration des réglementations réduit les risques projet plus efficacement que des autorisations individuelles obtenues a posteriori.

POTENTIEL DE RÉPLICATION EN SUISSE

Le livre blanc de Swissgrid de mars 2026 indique que l'intégration de jusqu'à 40 GW de photovoltaïque dans les conditions actuelles est à peine envisageable. La réponse réside dans le stockage décentralisé et l'intégration systémique. Triewald DMES offre une approche d'infrastructure éprouvée et reproductible — intégrée dans les bâtiments pour les usages commerciaux, industriels et résidentiels collectifs, et à l'échelle d'un site comme centrale énergétique pour les quartiers, les clusters industriels et les structures d'autoconsommation collective ou de communautés locales d'énergie. Avec le nouveau cadre légal pour les communautés locales d'électricité et la pression croissante sur les réseaux, un segment de marché structurel émerge, dans lequel les bâtiments et les sites deviennent des nœuds actifs du système d'approvisionnement énergétique. ■