

E-CUBE

STRATEGY  
CONSULTANTS

**SUISSE**

# Enjeux de la décarbonation de la Suisse pour le système énergétique

*Synthèse et mise en relief des perspectives 2050+ publiées par l'OFEN*

---

E-CUBE STRATEGY CONSULTANTS  
JANVIER 2021

# Avant-propos

*Cette étude a été réalisée par le bureau E-CUBE Strategy Consultants de Lausanne.*

*Elle revient sur plusieurs constats saillants suite à la publication par l'Office Fédéral de l'Energie en novembre 2020 intitulée « Energieperspektiven 2050+ », en cherchant à mettre en relief les résultats présentés et dresser quelques premières observations sur les enjeux à prévoir pour les acteurs du système énergétique .*

*Les résultats présentés dans cette étude s'appuient sur le scénario ZÉRO présenté par l'OFEN.*

## Propriété intellectuelle et limites de responsabilité

- Cette étude est publiée par E-CUBE Strategy Consultants SA, Avenue de Rumine 33, 1005 Lausanne, Suisse (ci-après dénommé « E-CUBE Strategy Consultants »)
- Une diffusion est autorisée sous réserve que le contenu diffusé soit accompagné des présentes mentions et d'une référence à E-CUBE Strategy Consultants
- Cette étude repose en partie sur des informations publiques, diffusées par les sociétés concernées ou par des tiers. Ces informations n'ont pas été vérifiées ni auditées de manière indépendante par E-CUBE Strategy Consultants
- Les éléments économiques et financiers présentés dans ce document intègrent les conditions économiques, monétaires, de marché ou autres prévalant en avril 2017 et ne préjugent pas des ajustements nécessaires si ces conditions venaient à se modifier
- Sans mention contraire, E-CUBE Strategy Consultants n'a aucune obligation de mise à jour de ce document

# 1

## L'OFEN publie des scénarios d'évolution du mix énergétique pour atteindre l'ambition de neutralité carbone en 2050

En novembre dernier, l'OFEN a publié une mise à jour des scénarios d'évolution du mix énergétique national dans une perspective de neutralité carbone à horizon 2050 – conformément aux engagements de la Suisse, notamment vis-à-vis de l'Accord de Paris et les annonces de la Confédération en août 2019. Avec cette publication, l'office fédéral propose une vision énergétique à long-terme, qui se traduit par quelques changements majeurs dans le système énergétique pour maintenir un scénario économique et sociétal dans la continuité.

**FIGURE 1**  
TRADUCTION POSSIBLE DES PERSPECTIVES ÉNERGÉTIQUES 2050 SUR LA BASE DU SCÉNARIO ZÉRO PUBLIÉ PAR L'OFEN EN NOVEMBRE 2020



**-98% de consommation**  
d'agents fossiles (gaz et produits pétroliers)



**75% d'autonomie énergétique** soit une division par trois de la dépendance énergétique



**¼ des émissions de CO<sub>2</sub>** de 2019 capturées ou stockées



**÷ 2 de la consommation thermique<sup>1)</sup>** des bâtiments



**50'000 camions à hydrogène<sup>2)</sup> ou biocarburants** soit l'essentiel du parc actuel



**1'000 éoliennes** déployées soit autant que le parc autrichien en 2019<sup>3)</sup>



**150km<sup>2</sup> de toits solaires<sup>4)</sup>** ou 50% du potentiel solaire estimé par l'OFEN



**3,6 millions de véhicules électriques** soit près de ¼ du parc automobile actuel

1) Sur la base d'une consommation de 55 TWh de chaleur en 2050 contre 80 TWh en 2019 et une surface de référence énergétique de 910 km<sup>2</sup> en 2050 contre 775 km<sup>2</sup> en 2019.

2) Pour une consommation de 8 kg<sub>H<sub>2</sub></sub>/100km et pour une distance moyenne parcourue de 72'500km par camion, l'ensemble des 50'000 poids lourds en 2019 [1] représenterait 60% des besoins en Power-to-X (16 TWh) identifiés par l'OFEN.

3) Sur la base d'une puissance de 2,2 MW par éolienne et de 1'313 éoliennes en Autriche [2]

4) Sur la base d'un rendement de 25%

Sources : Analyse E-CUBE Strategy Consultants des perspectives 2050+ publiées par l'OFEN

- **Économie, société & énergie** : L'OFEN inscrit ses scénarios dans une perspective de croissance démographique en léger tassement par rapport à la tendance historique (10,3 millions d'habitants, soit +19% par rapport à 2019) [3] et de croissance économique stable (+38% de PIB entre 2019 et 2050, soit une croissance annuelle de 1,0%). La consommation énergétique totale suisse (en baisse de 1,2% par an depuis 2010<sup>1)</sup> [4]) devrait diminuer de près d'un tiers pour s'établir à 146 TWh grâce à l'électrification de la société. De telles dynamiques induiraient une baisse de la consommation par habitant de 1.7% par an en moyenne jusqu'en 2050 (contre -2,3% par an en moyenne entre 2010 et 2019)<sup>2)</sup>.
- **Mix électrique** : Si la prévision de consommation totale d'énergie finale est largement à la baisse, la consommation finale d'électricité devrait augmenter de 57 TWh en 2019 à 63 TWh en 2050. Cette consommation ne tient pas compte des utilisations indirectes d'électricité (électrolyse, pompes à chaleur de grande puissance et CCS) et des pertes réseaux qui porteraient la consommation nationale à 76 TWh en 2050 (+24% par rapport à 2019)<sup>3)</sup>. Le parc de production électrique national devrait suivre cette augmentation pour maintenir un équilibre annuel, le nucléaire (25 TWh en 2019) étant remplacé par un parc solaire de 34 TWh (+32 TWh par rapport à 2019, soit la moitié du potentiel national estimé par l'OFEN [5] [6]) et un parc éolien de 4 TWh (+4 TWh par rapport à 2019, soit la moitié de l'objectif national ciblé par Suisse Éole [2]) en 2050 – la production hydroélectrique étant légèrement renforcée à 38 TWh (+1 TWh hors pompage turbinage<sup>4)</sup>).
- **Transports** : L'OFEN mise sur une très forte électrification du parc automobile, avec 3.6 millions de voitures individuelles électriques en 2050 (3 voitures sur 4 [1]) et la fin de la vente de voitures thermiques neuves dès 2040 – un objectif en ligne avec la plupart des pays européens<sup>5)</sup> [7] et cohérent avec la cible de pénétration de 15% des véhicules électriques et hybrides rechargeables en 2022 que s'est fixé la Confédération [8]. Le fret devrait pour sa part être massivement converti à l'hydrogène et aux carburants renouvelables (notamment produits par un potentiel de Power-to-X estimé à 16 TWh majoritairement issu de l'étranger<sup>6)</sup>) à partir de 2035.
- **Bâtiments** : L'OFEN prévoit une augmentation de 17% des surfaces chauffées, mais une division par deux de la consommation thermique par mètre carré par rapport à 2019 (60 kWh/m<sup>2</sup> en 2050<sup>7)</sup>). Ces économies seraient permises par un déploiement massif de pompes à chaleur électriques (1.5 millions) et des investissements conséquents pour l'assainissement de l'enveloppe des bâtiments. En parallèle, les réseaux thermiques urbains devraient se développer avec une multiplication par 2.5 de la chaleur à distance consommée par les ménages.
- **Autonomie énergétique** : Selon les perspectives de l'OFEN, la trajectoire ciblée devrait permettre de diviser par trois la dépendance énergétique nationale pour la limiter à 25% de la consommation en 2050 – essentiellement liée à l'importation de biomasse (13 TWh), de produits pétroliers (6 TWh), d'hydrogène, de carburants et autres gaz renouvelables (14 TWh). En particulier, la Suisse devrait réduire de 98% sa consommation finale de produits pétroliers et de gaz naturel. Parallèlement, la Suisse pourrait exporter son électricité en été jusqu'à 9 TWh mais importerait la même quantité en hiver aboutissant à un bilan annuel équilibré<sup>8)</sup>.
- **Empreinte carbone** : Les perspectives dressées par l'OFEN devraient réduire de 75% les 46 MtCO<sub>2</sub> émises en Suisse en 2019<sup>9)</sup>. Le dernier quart, soit 12 MtCO<sub>2</sub> essentiellement imputables à l'industrie, au traitement des déchets et à l'agriculture, serait compensé par du stockage (7 MtCO<sub>2</sub> en Suisse) et de la capture atmosphérique de gaz à effet de serre (5 MtCO<sub>2</sub> à l'étranger).

<sup>1)</sup> Pour une consommation finale de 234 TWh en 2010 (hors aviation avec une consommation de 17 TWh) [4] et 210 TWh en 2019.

<sup>2)</sup> Pour un nombre total d'habitants de 7,8 millions en 2010 [3].

<sup>3)</sup> Pour une consommation nationale de 62 TWh en 2019 (pertes incluses), hors consommation liée au pompage-turbinage.

<sup>4)</sup> Les capacités de pompage-turbinage augmenteraient pour leur part de 3.1 GW pour produire 7 TWh en 2050.

<sup>5)</sup> La France et l'Espagne prévoient aussi la fin des ventes de véhicules thermiques neufs en 2040, contre 2030 pour le Royaume-Uni et le Danemark et 2025 pour la Norvège [7] – l'Allemagne, l'Italie et l'Autriche n'ont pas encore annoncé d'objectif publiquement.

<sup>6)</sup> 2 TWh d'hydrogène seraient produits en Suisse et 14 TWh (majoritairement Power-to-Liquid) seraient issus d'importations.

<sup>7)</sup> Pour une surface de référence énergétique de 910km<sup>2</sup> et des besoins en chaleur de 55TWh en 2050 (80TWh et 775 km<sup>2</sup> en 2019).

<sup>8)</sup> Avec un maximum de 15 TWh importés en 2034 après la fermeture des centrales nucléaires, la Suisse passerait d'un bilan annuel positif (6TWh en 2019) à un bilan négatif (jusqu'à -15TWh en 2034) pour finir avec un bilan nul en 2050 (scénario ZÉRO).

<sup>9)</sup> Ce bilan ne tient pas compte des émissions importées, estimées à 76 MtCO<sub>2</sub> en 2015 [9].

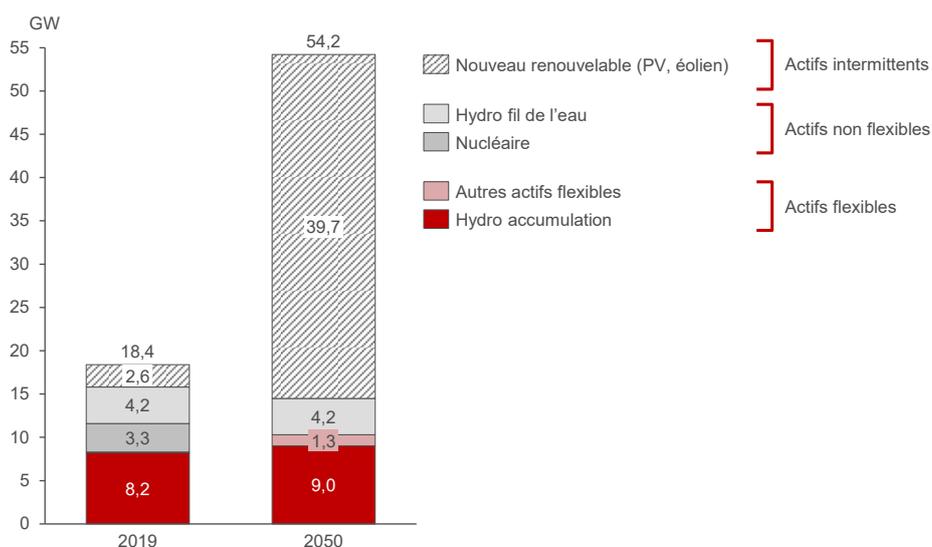
# 2

## La décarbonation du système énergétique national sera conditionnée à plusieurs rôles clés

Avec ces perspectives, l'OFEN trace un cap à la hauteur des ambitions nationales de décarbonation, dont l'atteinte sera conditionnée aux rôles de plusieurs responsabilités dans la transition écologique :

- Le rôle des vecteurs de flexibilité :** Avec l'électrification de la société et la fin du nucléaire, la puissance électrique installée en Suisse devrait être multipliée par trois d'ici 2050 pour dépasser 50 GW – dont 40 GW intermittents et 4 GW non pilotables<sup>1)</sup>. Côté consommation, la mise en service de 1.5 millions de pompes à chaleur et la recharge de 3.6 millions de véhicules électriques devra être pilotée (*Demand Side Management*) pour éviter de créer des pics de consommation non maîtrisables. Un tel écosystème impose la planification (approche stochastique) et la mise en place de vecteurs de flexibilité essentiels à la sécurité de l'approvisionnement. Ce besoin de flexibilisation de court terme (heure), de moyen terme (jour à semaine) et long terme (saisonnier) devrait faire émerger de nouveaux types d'actifs à construire (dont 6 GW de centrales de pompage-turbinage, mais aussi potentiellement des batteries, *power-to-gas* ou encore stockage de chaleur), et de nouveaux métiers sur le long de la chaîne de valeur énergétique.

**FIGURE 2**  
CAPACITÉS DE PRODUCTION INSTALÉES EN 2019 ET EN 2050 DANS LE CADRE DU SCÉNARIO ZÉRO

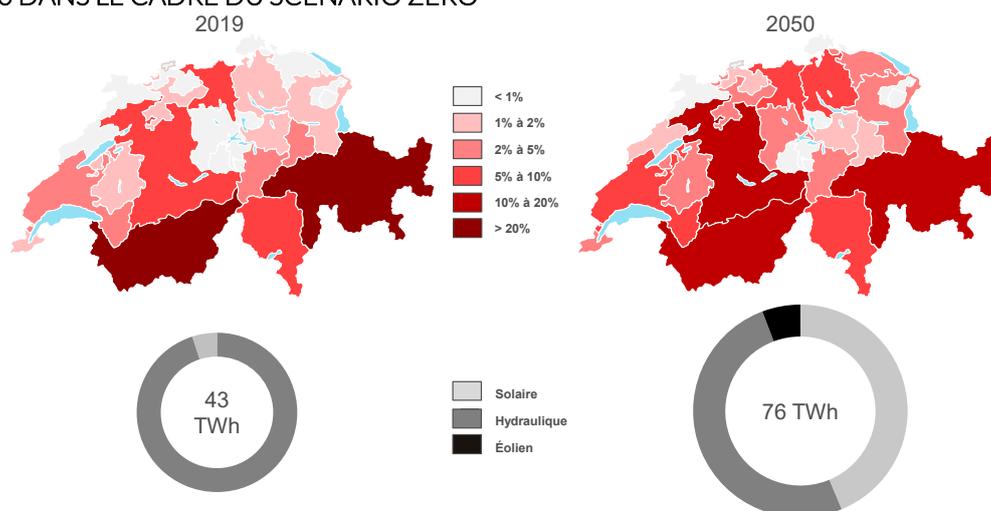


Sources : Statistiques et perspectives énergétiques publiées par l'OFEN

<sup>1)</sup> 37,5 GW de panneaux photovoltaïques, 2,2GW d'éolien intermittents et 4,2 GW de centrale hydroélectrique au fil de l'eau non pilotables. Hors centrales de pompage-turbinage

- Le rôle de l'Europe et de la sécurité d'approvisionnement :** Ces perspectives de décarbonation ne limiteront pas, voire renforceront, non seulement le déploiement des actifs de production, mais aussi l'intrication des réseaux énergétiques (notamment des réseaux électriques) et les mécanismes d'équilibrage et règles de marché de l'énergie et du carbone au niveau européen. En 2050 les échanges d'électricité avec l'Europe sont maintenus à raison de 9 TWh d'importations en hiver et 9 TWh d'exportations en été pour un bilan annuel équilibré. Par ailleurs, les perspectives énergétiques suisses font l'hypothèse d'une part significative d'import d'énergie en 2050, dont 27 TWh<sup>1)</sup> probablement d'origine européenne (biomasse, biogaz, hydrogène et carburants renouvelables). L'adéquation de cette demande avec les stratégies énergétiques nationales de chaque pays et les possibilités d'équilibrage saisonnier au niveau supranational devra être démontrée : la Suisse et les acteurs de la branche devront se fixer des objectifs de sécurité d'approvisionnement dans ce nouveau monde énergétique. De même, les perspectives de l'OFEN prévoient la capture de 5 MtCO<sub>2</sub> réalisée pour une grande partie en dehors de ses frontières, qui pourrait nécessiter une coordination sur les modèles réglementaires.
- Le rôle des territoires :** Le succès de la stratégie énergétique nationale est largement dépendante de sa mise en œuvre à l'échelle des territoires, pour lesquels il s'agira de tenir compte d'une hétérogénéité notable sur les potentiels accessibles et les barrières à leur exploitation. La dichotomie historique entre cantons de montagne concentrant les ressources énergétiques renouvelables et cantons de plaine concentrant population et industries ainsi que les actifs de production nucléaires pourrait se voir fortement nuancée avec le déploiement des nouvelles énergies renouvelables (notamment le fort potentiel solaire des cantons de Berne Vaud et Zurich) et l'exploitation des vecteurs de flexibilité. Cela posera de nouveaux enjeux de sécurité d'approvisionnement à l'échelle des territoires, avec des échanges entre cantons et à l'international qui se construiront plus sur une logique de gestion de l'intermittence et de garantie de flexibilité. La dynamique de décentralisation de la chaîne de valeur énergétique devrait par ailleurs confier aux acteurs locaux de l'énergie un rôle prépondérant, à condition qu'ils se dotent des moyens et des ressources nécessaires pour le mener à bien.

**FIGURE 3**  
 TRANSCRIPTION TERRITORIALE DE LA PRODUCTION RENOUVELABLE<sup>1)</sup> EN 2019 ET EN 2050 DANS LE CADRE DU SCÉNARIO ZÉRO<sup>2)</sup>



- 1) Rapport de la production renouvelable cantonale sur la production renouvelable nationale.
- 2) Pour une production solaire et éolienne à 50% du potentiel cantonal tel qu'estimé par l'OFEN et pour un accroissement la de production hydroélectrique due aux seuls cantons de Berne, Grisons, Tessin et Valais.

Sources : Statistiques et perspectives publiées par l'OFEN

<sup>1)</sup> 14 TWh d'hydrogène et de carburant renouvelable issus de Power-to-X et 13 TWh de biomasse et biogaz.

- **Le rôle des réseaux :** Le développement massif des énergies intermittentes et l'abandon des fossiles vont modifier structurellement les infrastructures énergétiques nationales et internationales et entraîner une seconde vague d'investissements intensifs comparable à celle de la seconde moitié du XX<sup>ème</sup> siècle. Au-delà des besoins évidents d'investissements dans le système électrique pour soutenir les nouvelles capacités renouvelables et l'électrification de l'économie, un couplage multi-énergie (électricité, gaz, chaleur) est à anticiper. Les réseaux de gaz, qui verront la distribution de gaz naturel presque complètement disparaître, devront se convertir ou être remplacés pour accueillir les nouveaux gaz de synthèse, au premier lieu desquels l'hydrogène. Localement, le déploiement des réseaux thermiques (chaleur et froid) a déjà engagé des investissements lourds qui exposeront de manière croissante les collectivités à des enjeux financiers importants.
- **Le rôle du marché :** Les changements radicaux à prévoir dans le système énergétique suisse et international ne pourront avoir lieu avec les modèles de marché actuels. En particulier, le modèle historique de « merit order » rémunérant les actifs de production sur la base des coûts de production marginaux deviendrait très dysfonctionnel avec un mix électrique essentiellement porté par des actifs de production à coût marginal nul. Il est possible que de nouveaux produits de marché, plus proches d'une logique de disponibilité – comme les SDL, la réserve de stockage prévue par la LApEI, ou encore les marchés de capacité en Europe – deviennent les standards de la valorisation sur une logique « Flexibility Purchase Agreement ». Par ailleurs, alors que près de 60% de l'énergie consommée en Suisse en 2019 est issue de produits pétroliers ou gaziers directement dépendants des cours internationaux, les fondamentaux de marché en 2050 devraient être fortement modifiés avec la disparition quasi-totale des énergies fossiles dans le mix national. Enfin, les secteurs énergétiques devraient voir leur intrication et leur complexité accroître, avec des places de marché locales, des ponts entre les fluides (électricité, gaz, carburant, chaleur) et des capacités de stockage saisonniers pour l'électricité.
- **Le rôle des citoyens et de l'économie :** La part des dépenses énergétiques ramenée au PIB national (4% en 2019 [4]) ne reflète que très partiellement l'impact du secteur sur l'économie et la société dont les tendances ont été historiquement très corrélées. D'un lien essentiellement concentré sur une industrie lourde et centralisée, le système devrait s'horizontaliser et favoriser le rôle du citoyen. Entre le développement des installations solaires à domicile, les regroupements pour la consommation propre et les microgrids, le financement de centrales citoyennes et la valorisation de la flexibilité foisonnée, le citoyen pourrait devenir un acteur clé au quotidien et à long terme du système énergétique décarboné. Enfin, plus globalement, c'est une véritable industrialisation (tant sur l'étude que sur la réalisation et le financement) de la rénovation qui devra être réalisée pour atteindre les objectifs de réduction de la consommation dans le bâti : au rythme actuel, il faudrait plus de 100 ans pour rénover l'ensemble du parc.
- **Le rôle des fondamentaux technologiques et sociétaux :** Si les perspectives de l'OFEN font l'hypothèse d'une continuité économique et sociale jusqu'en 2050, plusieurs dynamiques de rupture pourraient rebattre les cartes et bouleverser le paysage énergétique suisse bien au-delà des perspectives anticipées : mobilité partagée, véhicule autonome, aménagements des villes du quart d'heure, télétravail, digitalisation des loisirs, changement climatique, etc.
- **L'importance des émissions indirectes dans la décarbonation :** L'objectif suisse de décarbonation ciblé dans les perspectives de l'OFEN se limite aux 46 MtCO<sub>2</sub> directement émises sur le territoire national – quels seront les leviers à considérer pour traiter les 76 millions de tonnes attribuées à la population suisse mais émises hors de ses frontières [9]?

## Auteurs

**Théo Humbert** (Consultant Junior) sous la supervision de **Paul Letainturier** (Consultant Senior) et **Nicolas Charton** (Directeur Associé)

## Bibliographie

- [1] **OFS**, Véhicules routiers – parc, taux de motorisation, 2020
- [2] **Suisse Éole**, Plan éolien pour le climat : la solution énergétique hivernale, *Analyse et actualisation du potentiel de l'énergie éolienne en Suisse*, 2020
- [3] **OFS**, Bilan de la population résidente permanente, de 1861 à 2019, 2020
- [4] **OFEN**, Statistique globale suisse de l'énergie 2019, 2020
- [5] **OFEN**, Les toits et les façades des maisons suisses pourraient produire 67 TWh d'électricité solaire par an, 2019
- [6] **OFEN**, OGD 52 – Potentiel solaire des communes suisses, 2019
- [7] **Vincent Pons**, Détours, *Où et quand les voitures à essence seront bientôt interdites ?*, 23/11/2020
- [8] **Swiss eMobility**, Mobilité électrique en Suisse, *Chiffres – Faits – Prévisions*, 2020
- [9] **OFS**, Actualités OFS : Compte des émissions dans l'air, *Plus de 60% de l'empreinte gaz à effet de Serre de la Suisse est générée à l'étranger*, 2018



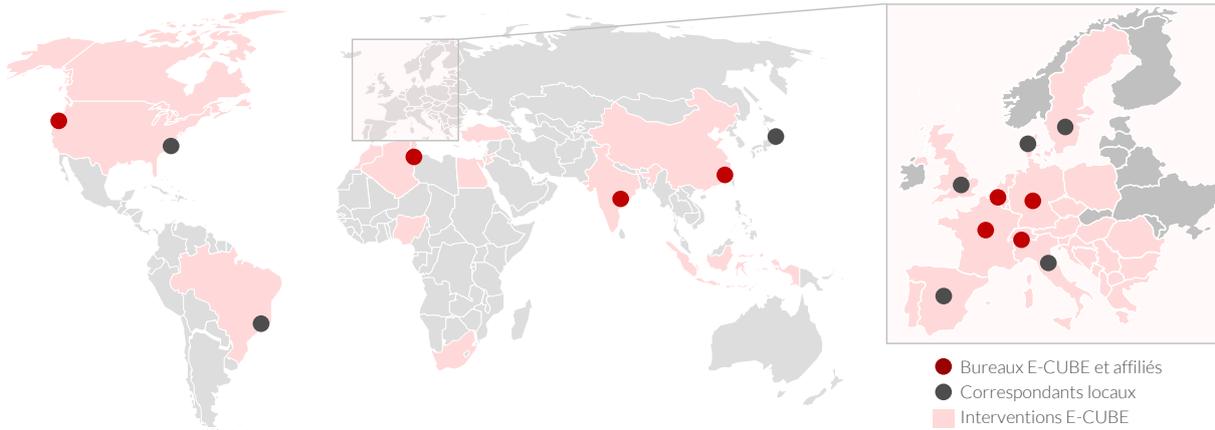
**E-CUBE Strategy Consultants** est un cabinet de conseil de Direction Générale exclusivement dédié aux enjeux énergétiques et environnementaux. Nous combinons les atouts de proximité, réactivité et flexibilité d'une petite équipe avec le plus haut niveau d'excellence et d'expérience d'une équipe internationale.

Nos trois domaines d'expertise en Suisse et en Europe :

- **Energie** : Accompagner les énergéticiens (électriciens et gaziers, acteurs des filières Nouveaux Renouvelables, compagnies pétrolières) dans l'anticipation et la prise en compte de l'évolution de leur environnement marché, réglementaire, concurrentiel et technologique. Assister les acteurs publics et privés dans l'évaluation ou la définition de leur stratégie afin d'intégrer les enjeux et les opportunités d'une « nouvelle donne » énergétique et environnementale.
- **Mobilité** : Accompagner les acteurs publics et privés de la mobilité (automobile, transport routier, ferroviaire, transport aérien, shipping, logistique) dans le cadre de leurs projets stratégiques, réglementaires et opérationnels. Accompagner les leaders de l'industrie et les collectivités dans la réévaluation de leur stratégie afin d'intégrer les enjeux du digital et l'essor des nouveaux modèles et usages.
- **Infrastructures** : Conduire des projets de stratégie de croissance ou d'amélioration de la performance pour des gestionnaires et opérateurs d'infrastructures. Assister les fonds d'investissement dans leurs acquisitions et prises de participation.

E-CUBE Strategy Consultants accompagne ses clients sur des problématiques globales à partir de ses bureaux à Lausanne, Paris et Bruxelles, et de ses bureaux de représentation et avec ses partenaires internationaux.

Pour plus d'informations, veuillez visiter [www.e-cube.com](http://www.e-cube.com).



**Lausanne (Suisse)**  
E-CUBE Strategy Consultants  
Avenue de Rumine 33  
1005 Lausanne

**Paris (France)**  
E-CUBE Strategy Consultants  
8, rue Royale  
75008 Paris

**Bruxelles (Belgique)**  
E-CUBE Strategy Consultants  
Rue des Champs 64 Bte 14  
B-1040 Bruxelles

**Munich (Allemagne)**  
bozem | consulting associates  
Kunstmann Straße 5  
80997 München

**San Francisco (USA)**  
Menlo Energy Economics  
1925 Nero Ct  
Walnut Creek, CA 94598

**Tunis (Tunisie)**  
International Energy Consulting  
4 rue Bir Essaboa, Cité Ennasr 2  
2037 - Ariana - Tunis

**Chennai (Inde)**  
E-CUBE Strategy Consultants  
Plot 64, 2nd link street, Nehru  
Nagar, O.M.Road,  
Thiruvanniyur, Chennai

**Hong Kong (Chine)**  
E-CUBE Strategy Consultants  
Unit 1305, Tower II, Metroplaza,  
23 Hing Fong Road, Kwai  
Fong, N.T. Hong Kong



LAUSANNE – PARIS – BRUXELLES – MUNICH – SAN FRANCISCO

TUNIS – CHENNAI – HONG KONG

**Transition Énergétique – Perspectives énergétiques  
suisse à horizon 2050 : Synthèse et mise en relief  
des perspectives 2050+ publiées par l'OFEN**

Janvier 2021

Copyright © E-CUBE Strategy Consultants SA  
[www.e-cube.com](http://www.e-cube.com)

*Toute reproduction sans l'autorisation de l'auteur  
est interdite.*

**Contact**

Nicolas Charton – Directeur bureau de Lausanne  
[nicolas.charton@e-cube.com](mailto:nicolas.charton@e-cube.com)