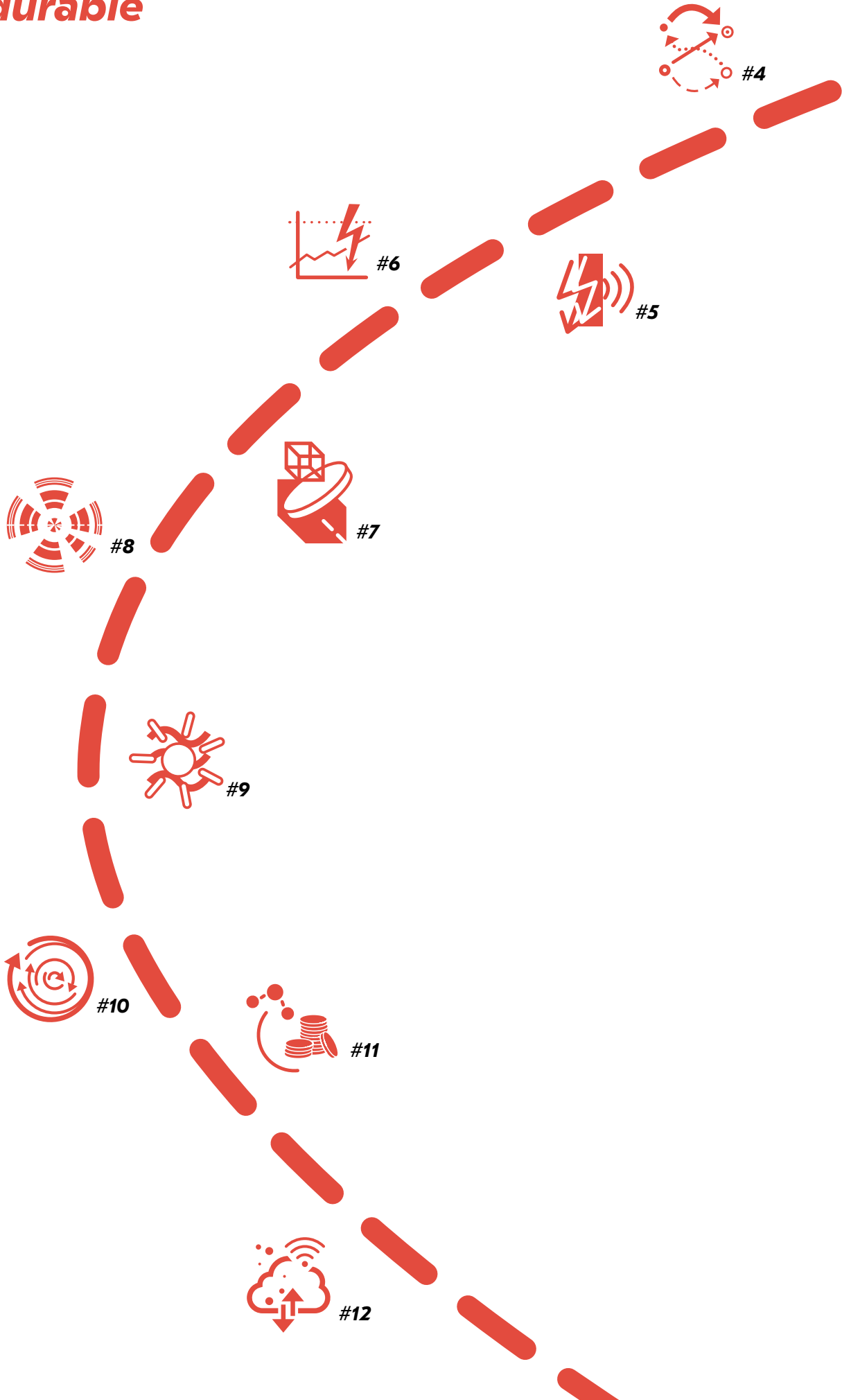
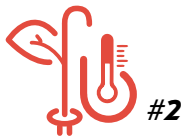


***La voie vers un  
avenir respectueux  
du climat***

# 12 étapes vers un avenir durable





#2



#1



#3

## Sommaire

<i>Introduction</i>	5
<b>#1 Adapter les bâtiments pour gagner en efficacité</b>	6
<b>#2 Produire de la chaleur sans CO<sub>2</sub></b>	8
<b>#3 Electrifier les transports</b>	10
<b>#4 Créer des chaînes de mobilité et flexibiliser le travail</b>	12
<b>#5 Augmenter la production d'électricité durable</b>	14
<b>#6 Créer de nouvelles incitations sur le marché de l'électricité</b>	16
<b>#7 Investir dans les réseaux électriques et le stockage</b>	18
<b>#8 L'énergie la moins chère est celle qui n'est pas consommée</b>	20
<b>#9 Power-to-X: craquage de l'eau avec l'énergie solaire</b>	22
<b>#10 Favoriser l'économie circulaire</b>	24
<b>#11 Le CO<sub>2</sub> doit avoir un prix mondialement</b>	26
<b>#12 Exploiter les avantages de la numérisation</b>	28
<i>Conclusion</i>	30



Ces dix dernières années, les produits et solutions innovantes de l'économie ont dynamisé la croissance. Les technologies permettant de rendre nos activités plus durables sont venues à maturité et ont trouvé de larges applications. Dans le même temps, grâce à la transformation numérique, de nombreux processus peuvent ainsi être organisés de manière plus efficace, plus durable et à plus faible coût.

Mais il est aussi apparu clairement au cours des dernières années que l'augmentation des besoins d'énergie, la croissance démographique, l'industrialisation et l'urbanisation ont perturbé le climat. Il faut des technologies propres qui réduisent les émissions et augmentent l'efficacité énergétique et des matières. Ces technologies sont souvent regroupées sous le terme Cleantech. Elles peuvent apporter une contribution significative à la modernisation du monde. La Suisse peut largement participer à ce processus grâce aux solutions innovantes que notre pays développe, applique puis exporte.

Les dix prochaines années montreront si l'homme parvient à limiter, voire à éviter les coûts induits par le changement climatique. Il faudra impérativement employer les nouvelles technologies de manière ciblée, créer les bonnes conditions-cadre et une société moderne et progressive. C'est tout l'objet de notre publication.

A swisscleantech, nous sommes convaincus que cela vaut la peine de défendre la durabilité – tant pour le climat que pour l'économie suisse.

A handwritten signature in black ink that reads "Matthias Bölke". The signature is fluid and cursive, with a long horizontal stroke at the end.

**Matthias Bölke**  
Président de swisscleantech

# Introduction

**L'** Accord de Paris sur le climat définit l'objectif: la hausse globale de la température doit être inférieure à 2 degrés Celsius, voire 1,5 degré si possible. Les résultats des recherches sur le climat sont clairs: pour que cela soit possible, le monde devra être neutre en CO<sub>2</sub> après 2050. Cela signifie qu'à l'avenir, il ne faudra pas émettre plus de CO<sub>2</sub> qu'il n'en est pris dans l'atmosphère.

Les experts sont d'accord: l'objectif peut être atteint. Pour cela, notre approvisionnement énergétique doit passer entièrement aux énergies renouvelables d'ici 2050. Différentes études montrent que la conversion serait faisable dès maintenant avec les technologies actuelles. De nouvelles innovations ouvriront aussi de nouvelles possibilités.

La situation est donc différente de celle des années 1980. A l'époque, c'était la première fois qu'on discutait publiquement du changement climatique, et seul le renoncement à notre niveau de vie semblait une solution. Aujourd'hui, il existe de bonnes chances de trouver une voie pour préserver notre qualité de vie, voire l'améliorer, et néanmoins enrayer le changement climatique.

Qu'est-ce qui diffère aujourd'hui? Quasiment personne n'avait prévu les immenses évolutions technologiques qui rendent possible une prospérité climato-compatible. Comment? C'est ce que nous voulons montrer dans cette publication.

Paradis ou apocalypse? Quel sera le scénario du futur? Ces dernières années, il a surtout été question d'apocalypse, nous ne prenions pas la peine d'imaginer un avenir positif. Mais les images sont puissantes. swisscleantech veut donc développer dans cette publication une vision positive montrant que: oui, ça marche! Nous nous concentrerons essentiellement sur le CO<sub>2</sub>, c'est dans ce domaine qu'il y a beaucoup de travail — et beaucoup de possibilités de solutions. Bien sûr, les mesures visant à réduire les autres gaz à effet de serre ont aussi leur importance et doivent progresser en parallèle.

Les douze chapitres décrivent ce que devront être les caractéristiques du monde moderne (et de son économie) pour atteindre les objectifs de l'Accord de Paris. Y parvenir sera un défi autant qu'une opportunité. La transformation nécessaire de nos infrastructures créera en effet de nouveaux secteurs d'activité. swisscleantech est convaincu que les entreprises suisses pourront profiter de ces chances. La force de l'économie suisse réside dans son innovation — précisément ce dont nous avons besoin pour construire un avenir respectueux du climat.

***Il faut avoir une vision positive – à swisscleantech, nous disons: «We are in»***

Mais la Suisse n'est pas seule. Des pays comme la Suède, le Royaume-Uni et les Pays-Bas se sont déjà fixé des objectifs plus ambitieux que les nôtres. La Chine aussi s'engage et a réalisé par exemple en 2016 un tiers du total de ses investissements dans les énergies renouvelables. Même les Etats-Unis refusent d'obéir à leur président en matière de climat. Dix Etats, dont la Californie et New York, et plus de 270 villes ont dit clairement qu'ils voulaient continuer de respecter les engagements de l'Accord de Paris: «We are still in».

La Suisse, nation innovante, doit aller de l'avant pour ouvrir des perspectives économiques et fonctionner comme un modèle avec les autres pays s'engageant dans cette voie. Cela créera un effet d'entraînement pour plus d'innovations et plus de solutions. A swisscleantech, nous disons donc «we are in». Venez nous rejoindre.



#1



## ***Adapter les bâtiments pour gagner en efficacité***

Les bâtiments efficaces sont bien isolés et automatisés – ils utilisent ainsi au mieux l'énergie solaire et les sources de chaleur. L'objectif: que le parc immobilier suisse n'émette plus de CO<sub>2</sub> en 2050: une lourde tâche, mais réalisable, qui créera de nouveaux emplois.

Les bâtiments sont à l'origine de 50 pour cent de la consommation d'énergie et 26 pour cent des émissions de CO<sub>2</sub>, suisses. C'est donc un facteur majeur dans la lutte contre le changement climatique. Des bâtiments énergétiquement efficaces seront un élément essentiel de la solution.

Les techniques ont fait d'énormes progrès ces 30 dernières années en matière d'efficacité énergétique. Les constructions modernes sont économes en énergie et offrent un meilleur

confort été comme hiver. En été, leur refroidissement nocturne permet de garder la fraîcheur. En hiver, les surfaces intérieures, murs et fenêtres, à température élevée assurent une atmosphère ambiante agréable.

Dans la construction neuve, l'efficacité énergétique est aujourd'hui la norme. Rendre le parc immobilier suisse respectueux du climat passe donc d'abord par la modernisation des bâtiments actuels. De nombreuses technologies utilisées dans la construc-

tion neuve peuvent être appliquées dans l'assainissement. De nouveaux produits apparaissent aussi sans cesse sur le marché, par exemple des matériaux d'isolation à base d'aérogel qui permettent d'amincir la couche d'isolant. Cela laisse plus de liberté de conception aux architectes et permet aussi l'assainissement des bâtiments historiques sans changer leur aspect extérieur. Les modules solaires sont aussi disponibles aujourd'hui en diverses couleurs et formes; grâce à la forte baisse des prix, ils sont abordables

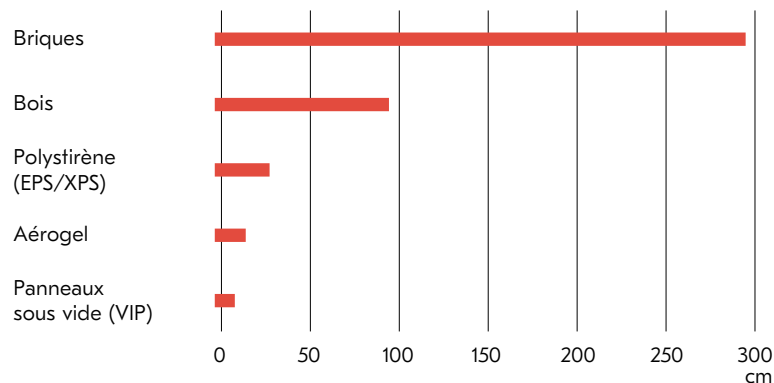
même pour des surfaces faiblement ensoleillées. Les architectes intègrent d'ailleurs maintenant souvent des façades solaires qui viennent renforcer l'attractivité du bâtiment.

Il faut profiter des travaux de rénovation pour moderniser les bâtiments. On peut alors combiner l'amélioration du confort, de l'isolation phonique, des plans et du climat intérieur avec l'accroissement de l'efficacité énergétique. Si le projet augmente en même temps la surface habitable, les modernisations deviennent très rentables. Les investisseurs qui ont une vision de long terme misent sur ces modernisations d'ensemble, un entretien trop longtemps reporté conduisant souvent à une dégradation de la structure même du bâtiment.

Actuellement, le taux de modernisation n'est que de l'ordre d'un pour cent. Pour atteindre les objectifs de l'Accord de Paris, ce chiffre doit augmenter à deux pour cent. C'est le seul moyen d'assainir dans les 40 prochaines années une grande partie du parc immobilier construit avant 1980 et mal isolé. Pour y parvenir, il faut des horizons de placement à long terme, pour l'isolation de l'ordre de 40 ans. La rentabilité des modernisations en serait nettement améliorée. swisscleantech est convaincu qu'un

### Isolation haute performance avec des murs minces

Un mur uniquement en briques, conforme à la norme Minergie (0.15 W/m<sup>2</sup>K), aurait presque trois mètres d'épaisseur. Avec les matériaux modernes, quelques centimètres suffisent.



amortissement sur 40 ans peut être attractif – grâce à des nouveaux partenariats innovants entre l'industrie du bâtiment, la finance et l'Etat.

L'automatisation recèle également un potentiel important d'économie. Il y a souvent beaucoup moins d'intelligence y compris dans les logements neufs que dans une machine à café. Dans les bâtiments hautement technologiques, les économies d'énergie peuvent s'élever à 30 pour cent et même davantage rien qu'avec une

meilleure régulation. L'automatisation est alors rentabilisée en moins de cinq ans. Pour tous les bâtiments extérieurement en bon état, l'amélioration de la régulation est souvent la première étape vers l'efficacité énergétique.

## Plus de surface d'habitation – moins de consommation d'énergie

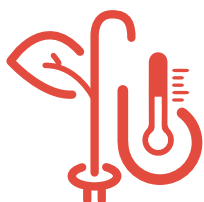
Après son assainissement, la maison de la Güterstrasse à Bâle est semblable à ce qu'elle était en 1911, année de sa construction. Elle consomme pourtant beaucoup moins d'énergie alors que sa surface d'habitation a augmenté de 35%. Les architectes d'**In Situ** sont parvenus à ce résultat en améliorant tous les points faibles de l'isolation – notamment les caissons de store et les portes. Un enduit d'isolation thermique à base d'aérogel a également été utilisé qui réduit les pertes de chaleur par la façade de 50%. La surface d'habitation a été agrandie côté cour avec une avancée en structure bois entièrement vitrée. Conclusion: un assainissement bien conçu permet de réduire la consommation d'énergie, crée une plus-value financière grâce à l'agrandissement et contribue à densifier les centres-villes.



Grâce à un assainissement d'ensemble bien planifié, cette maison consomme beaucoup moins d'énergie.



#2



## Produire de la chaleur sans CO<sub>2</sub>

La maison du futur combinera efficacité énergétique et source de chaleur sans émission de CO<sub>2</sub>. C'est déjà la norme dans les constructions neuves grâce aux pompes à chaleur. Les réseaux de chaleur à distance sont aussi de plus en plus présents, en particulier dans les centres urbains, et permettent le stockage saisonnier d'énergie.

Remplacer partout les chauffages au fuel et au gaz par des pompes à chaleur ou chauffages au bois pour réduire le CO<sub>2</sub>? Non, la meilleure solution consiste à combiner amélioration de l'isolation et sources d'énergie renouvelable. Pourquoi? Parce que le potentiel d'énergie renouvelable est nettement supérieur à la demande d'énergie. Mettre cette énergie à disposition au bon moment reste néanmoins coûteux. L'efficacité énergétique sera donc toujours primordiale.

La pompe à chaleur reste le moyen de chauffage favori. Sa part de marché est actuellement de 80 à 90 pour cent dans la construction neuve. Mais elle se développe aussi dans l'ancien — combinée à l'amélioration de l'isolation, le résultat est très concluant. Les pompes à chaleur sont très pertinentes énergétiquement avec la géothermie, les eaux souterraines, l'eau des lacs ou les rejets de chaleur. Elles fournissent de la chaleur avec une faible consommation d'électricité, soulageant ainsi la production d'électricité en hiver.

Les réseaux de chaleur sont idéals dans les zones à forte densité. La multitude de chauffages individuels est remplacée par une centrale. Ces réseaux permettent de combiner chauffage et refroidissement et d'utiliser les rejets thermiques des installations industrielles et centres de calcul. Les réseaux basse température dans lesquels circule de l'eau entre 10 et 30 degrés Celsius sont très intéressants. Grâce aux pompes à chaleur, ces réseaux peuvent chauffer comme refroidir. Si un réseau de



chaleur est combiné à un champ de sondes géothermiques, l'énergie peut aussi être stockée – de l'eau chaude sera produite en été, son énergie sera stockée profondément sous terre puis réutilisée en hiver.

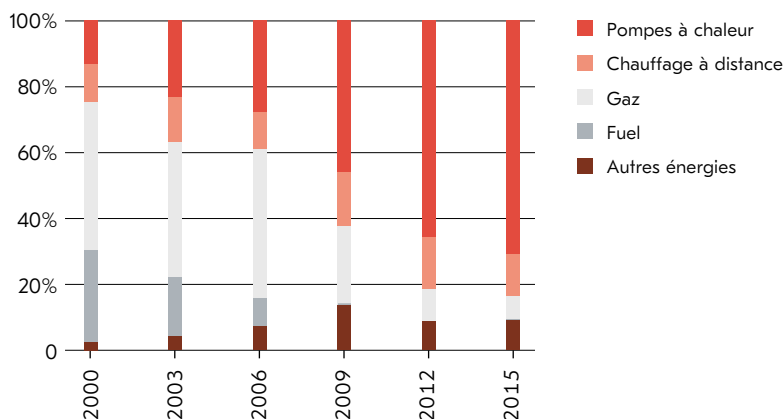
## La pompe à chaleur reste le moyen de chauffage favori.

Le potentiel de la géothermie profonde est aussi considérable. Les forages vont à plusieurs milliers de mètres de profondeur pour utiliser l'énergie de la roche chaude au cœur de la terre. Dans les zones fortement peuplées ou les villes-centres où l'amélioration énergétique du parc immobilier est parfois difficile, la géothermie représente une solution intéressante pour fournir de l'énergie aux réseaux de chaleur. Ils peuvent aussi être alimentés par les rejets thermiques d'installations de traitement de déchets.

Le rôle du couplage chaleur-force sera également majeur. Ces installations produisent à la fois de l'électricité et de la chaleur, utilisées pour un bâtiment ou un réseau de chaleur. Leur rendement sera encore plus éle-

### Les chauffages au fuel et au gaz appartiennent au passé

Dans les constructions neuves, les pompes à chaleur se sont clairement imposées.



vé si électricité et chaleur doivent être fournies simultanément. Et si de surcroît la source d'énergie est exempte de CO<sub>2</sub>, par exemple du biogaz, la contribution à la protection du climat sera significative.

On verra si le bois jouera encore un rôle important pour le chauffage en 2050. Car il est en fait prédestiné à produire de la chaleur entre 100 et 300 degrés Celsius, ce qui le rend particulièrement attractif pour des applications industrielles. Il sera également de plus en plus employé

comme matière première dans l'industrie chimique, la fabrication de pièces et la construction. La protection du climat offrira de nouvelles opportunités à l'économie forestière.

## Bilan énergétique équilibré

L'ETH Hönggerberg formant des ingénieurs, architectes et scientifiques est un grand consommateur d'énergie. Lors de la planification de la première étape d'extension 2008-2020, l'approvisionnement énergétique durable était une obligation. Les maîtres d'ouvrage ont fixé un objectif clair aux ingénieurs-conseils d'**Amstein+Walthert**: diviser par deux les émissions de CO<sub>2</sub> et les réduire de 80% d'ici 2030 en agrandissant les volumes et les intégrant dans les constructions existantes. Un système de pompes à chaleur et de stockage saisonnier par des sondes géothermiques a été mis en place. Des modules peuvent s'ajouter à chacun des éléments, lesquels sont reliés par un circuit d'eau transportant chaleur et froid. Le système est conçu de telle sorte que les rejets de chaleur estivaux couvrent les besoins de chauffage hivernaux.



Avec les réseaux de chaleur, les rejets de chaleur peuvent réutilisés ailleurs comme énergie de chauffage, ce qui réduit les émissions de CO<sub>2</sub> des bâtiments.



#3



## Electrifier les transports

Le moteur électrique est le moteur du futur. Les batteries s'imposeront pour l'approvisionnement électrique mobile dans les transports individuels, la pile à combustible dans le transport de marchandises.

Nous aimons nous déplacer — mais cela ne doit pas se faire aux dépens de l'environnement: les transports sont actuellement avec 32 pour cent l'un des principaux émetteurs de gaz à effet de serre. L'amélioration viendra des véhicules électriques bien supérieurs aux véhicules traditionnels sur le plan de l'efficacité énergétique, des émissions de CO<sub>2</sub> et des gaz d'échappement, d'autant plus lorsque l'électricité provient de sources renouvelables. Grâce aux progrès des batteries, les véhicules

pourront parcourir des distances de plus en plus longues. Une Tesla S ou une Opel Ampera roulent plus de 400 km avec un chargement. C'est amplement suffisant vu que nous parcourons en moyenne 38,5 km par jour, dont l'essentiel en agglomération. La distance est donc rarement l'élément déterminant.

Les moteurs électriques demandent aussi bien moins d'entretien que les moteurs à combustion et leur fabrication est plus économique. Les

batteries sont actuellement le principal facteur de coûts: jusqu'à 50 pour cent du prix du véhicule. Mais les prix baissent rapidement — environ 20 pour cent par an. Après 2025, un véhicule électrique devrait être moins cher qu'un véhicule thermique.

Les batteries actuelles conviennent moins aux longs trajets sans interruption. Pour le transport des marchandises, les véhicules rouleront donc probablement dans le futur avec des carburants liquides ou gazeux.

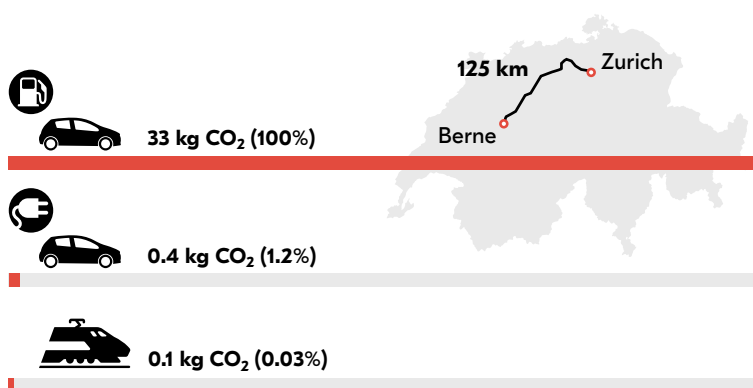
Dans ces véhicules, les piles à combustible remplaceront les batteries; combinées aux moteurs électriques, elles sont bien plus efficaces que les moteurs à combustion actuels. Il y aura aussi peut-être des poids lourds électriques qui, comme les trolleybus, seront alimentés sur les autoroutes par une caténaire. Des tronçons de ce type sont à l'essai en Suède.

## Les voitures stationnent sans utilité la majeure partie du temps.

L'électrification des transports ouvre de nouvelles possibilités. Les voitures restent stationnées, inutilisées, la majeure partie du temps – en des lieux très variés. A l'avenir, elles pourront être connectées au réseau électrique et contribuer à sa stabilisation, les batteries servant de tampons. Leur potentiel ne pourra toutefois être défini que lorsqu'on aura une idée plus claire de la nature des infrastructures et du mode de fonctionnement des véhicules. Par exemple, si la voiture autonome s'impose, le kilométrage par véhicule sera plus élevé et les

### Emissions individuelles pour le trajet Berne-Zurich

Au lieu de générer de 33 kilos de CO<sub>2</sub>, une voiture électrique en produit seulement 400 grammes – le train est encore plus performant.



temps de stationnement diminueront. Les batteries auraient alors moins d'importance pour stabiliser le réseau. Les évolutions seront aussi intéressantes dans le transport aérien. L'électricité pourrait s'imposer sur les courts et moyens courriers. Pour les longs courriers, les carburants synthétiques, que nous présentons au chapitre 9, seront tout indiqués. Il est possible que le transport aérien soit un peu plus lent. Car, même en étant neutres en CO<sub>2</sub> avec de nouveaux

carburants, les réacteurs, contrairement aux hélices, mettent le climat à rude épreuve: ils entraînent de la vapeur d'eau dans les hautes couches de l'atmosphère, ce qui accroît le changement climatique. L'avenir est donc à d'autres formes de propulsion.

## Réduire les coûts énergétiques de 80 pour cent

L'avancée des véhicules électriques est manifeste, et beaucoup de choses se font aussi dans les véhicules utilitaires. **System Alpenluft** est un système ingénieux de collecte des ordures constitué de conteneurs interchangeables et de véhicules électriques. Le conteneur de collecte stationné est équipé d'un compacteur électrique qui comprime aussitôt les ordures, divisant par cinq le nombre de trajets de collecte nécessaire. Le véhicule peut aussi être utilisé pour d'autres transports. Grâce au moteur électrique, il est tellement silencieux qu'il peut rouler de nuit et ne provoque pas d'encombrements durant la journée. La maintenance du moteur est réduite, d'où une baisse des coûts d'exploitation, et les coûts énergétiques sont inférieurs de 80% aux systèmes conventionnels.



System Alpenluft a développé un système ingénieux de collecte des déchets qui réduit à zéro les émissions de CO<sub>2</sub>.



#4



## ***Créer des chaînes de mobilité et flexibiliser le travail***

La mobilité durable n'a pas seulement besoin de véhicules efficaces: les transports eux-mêmes doivent être mieux organisés. Les nouvelles technologies permettent d'optimiser l'utilisation des infrastructures et les nouvelles formes de travail de raccourcir les trajets.

La conduite autonome est l'exemple même de ce que permettent les nouvelles technologies. D'une part, les infrastructures existantes peuvent accueillir plus de véhicules. Et d'autre part de nouvelles liaisons porte-à-porte sont tout d'un coup possibles, sans même avoir un véhicule à soi — parce que les chaînes de mobilité nous permettent d'atteindre notre destination rapidement et à moindre coût. Un taxi automatique viendra peut-être bientôt nous chercher à domicile pour nous amener jusqu'à un nœud de

communication où nous prendrons le RER — un train Hyperloop circulant à vitesse quasi supersonique.

L'avenir peut se résumer ainsi: «mobility as a service». Nous indiquons notre besoin de mobilité au moyen d'une application et le service calcule différentes options et les évalue en fonction du coût, du temps et de l'impact environnemental. Plus on combine les options, plus on a de choix. L'utilisateur choisit entre transports publics, voiture de location,

covoiturage ou vélo, ou peut proposer des places libres dans sa voiture sur une plateforme.

Une application intégrée permettrait de répercuter plus facilement tous les coûts de la mobilité sur l'utilisateur réel. Un facteur particulièrement important n'est toujours pas pris en compte à l'heure actuelle: le coût de la consommation d'espace. Si deux employés vont chacun en voiture de A à B à l'heure de pointe, ils augmentent les bouchons. S'ils voyageaient

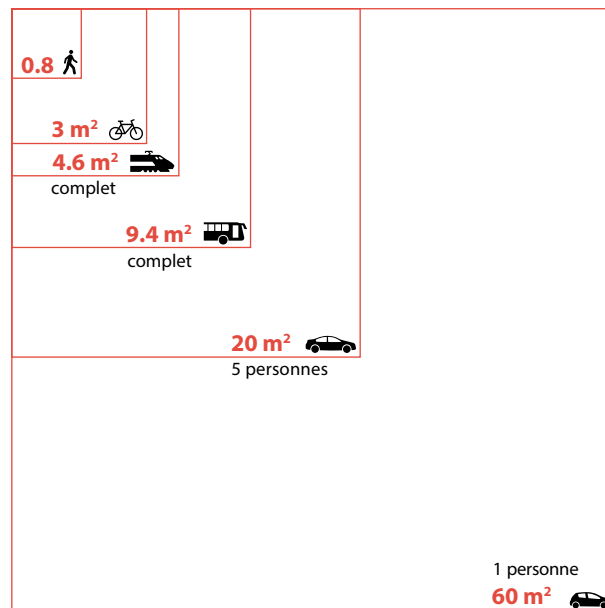
ensemble, ils n'occuperaient que la moitié de la place. S'ils prenaient le train, l'espace requis serait encore dix fois moindre. Actuellement, quelle que soit l'utilisation de l'espace, le coût est le même – à savoir nul.

Tant que le système peut absorber le trafic, la non-intégration du coût de l'espace ne dérange personne. Le jour où l'on se retrouve tous dans les bouchons, l'agrandissement des infrastructures est réclamé à cor et à cri. Cette solution est onéreuse et rarement pertinente – le bouchon ne sera souvent que déplacé. Des incitations peuvent aider à utiliser plus efficacement les infrastructures et les financer de manière plus juste.

Les nouvelles formes de travail contribuent aussi à améliorer la gestion des transports. Les horaires de travail flexibles autorisent les déplacements en dehors des heures de pointe, et le travail à domicile économise du temps, réduit le stress et les coûts de déplacement. Les moyens de communication modernes permettent souvent de choisir son lieu de travail, des réunions virtuelles de bonne qualité peuvent être organisées sans contact physique. Cette organisation de travail implique une nouvelle culture de la confiance: travail et présence au bureau ne vont plus automatiquement de pair.

### Optimiser l'utilisation de l'espace

La consommation individuelle d'espace est très différente suivant le moyen de transport. Se déplacer autrement réduit l'espace requis par les transports.



Mais même si des vidéoconférences d'une qualité impressionnante sont maintenant disponibles, le contact social demeure important, d'où l'apparition dans tout le pays d'espaces de coworking pouvant être loué pour une journée, une semaine ou un mois. Ces lieux, souvent au centre des villes, seront bientôt implantés aussi dans

les agglomérations, réduisant la distance entre le domicile et l'espace de coworking local. Les liaisons entre les villes-centres seront moins chargées et de tout nouveaux business models seront possibles.

## Le mode de transport idéal pour chaque trajet

Efficacité des déplacements grâce à la mobilité combinée **Mobility Genossenschaft**, créée en 1997, nous ouvre la route. Avec presque 3000 véhicules sur environ 1500 sites, Mobility permet une parfaite connexion entre transports publics et transports individuels motorisés dans toute la Suisse. Visiter une vallée isolée en minimisant l'impact environnemental? Pas de problème. En vélo jusqu'à la gare, puis en train, et à la gare de destination une voiture Mobility nous attend pour les derniers kilomètres. La mobilité combinée réduit les coûts et les émissions de CO<sub>2</sub> – au total 99% pour chaque kilomètre parcouru en train plutôt qu'en voiture. Pour rendre la mobilité plus efficace, Mobility développe sa gamme de services, voitures en libre-service dans les villes (Catch a Car), scooters électriques à Zurich ou covoiturage avec Mobility-Carpool.



Mobility assure une parfaite connexion entre transports publics et transports individuels motorisés.



#5



## Augmenter la production d'électricité durable

La production d'énergie va reposer désormais sur l'éolien et le solaire. Leurs coûts baissent — les prix de l'électricité éolienne et solaire sont d'ores et déjà imbattables. Associés à l'hydraulique et à une politique d'importation intelligente, ils seront à la base d'un nouveau système d'approvisionnement énergétique.

Dans le monde entier, les investissements dans les énergies renouvelables sont en plein boom. Le solaire et l'éolien connaissent une croissance annuelle à deux chiffres depuis une bonne dizaine d'années. C'est bon pour les prix car ils baissent — en particulier le solaire. Alors que les coûts de production étaient de deux francs par kilowattheure en 1990, ils sont tombés aujourd'hui à cinq centimes dans les grandes installations. En d'autres termes, les coûts de production de l'éolien et du solaire

sont actuellement équivalents, voire inférieurs à ceux des autres technologies, à plus forte raison si l'on tient compte des coûts externes de la pollution de l'air et du changement climatique. De ce point de vue, l'électricité renouvelable est aujourd'hui très compétitive.

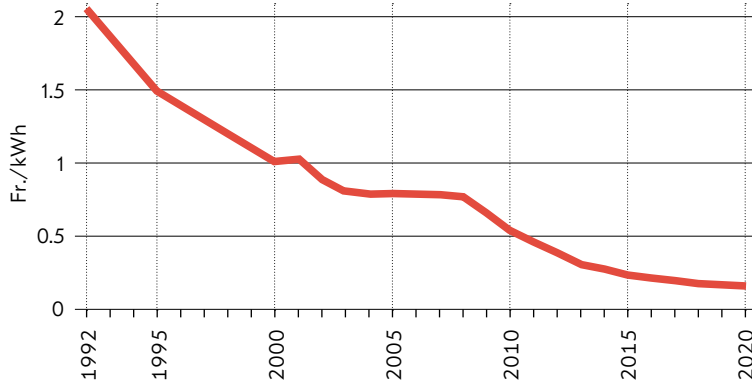
Actuellement, l'approvisionnement électrique suisse est largement assuré par la production intérieure. Les centrales nucléaires vont être progressivement découplées du réseau dans

les deux prochaines décennies. Cette production devra être remplacée, avec un défi de taille en hiver. Les centrales fossiles ne sont pas la solution à long terme en raison du changement climatique. Il faut donc miser tout de suite sur les renouvelables.

L'éolien et le solaire se complètent très bien: les éoliennes fournissent deux tiers de leur énergie en hiver, les installations solaires deux tiers en été — on peut donc produire assez d'énergie pendant toute l'année avec

### Baisse continue du coût de l'électricité solaire

Les coûts moyens de production de l'énergie solaire ont fortement baissé et atteignent aujourd'hui 13 centimes. On s'attend à ce qu'ils baissent encore dans les prochaines années.



ces deux technologies. Leur potentiel en Europe est très important et loin d'être entièrement exploité. Il en va de même en Suisse: il existe un grand potentiel solaire inutilisé, en particulier sur les surfaces des bâtiments. Le potentiel éolien est plus réduit, limité à 10 pour cent maximum des besoins en électricité. Les possibilités de production d'électricité renouvelable sont donc restreintes en hiver malgré l'importante contribution de l'hydraulique en Suisse. Cela vaut néanmoins la peine de développer le photovoltaïque dans la perspective hivernale

car il pourra encore fournir un tiers de sa production annuelle durant cette période.

En Suisse, la question de l'approvisionnement par de l'électricité autoproduite est moins technique que politique. Des simulations montrent que les besoins pourraient être couverts en totalité — mais probablement pas au meilleur coût. Il est préférable que la Suisse mise sur un mix adapté d'autoproduction et d'importations. Les entreprises d'approvisionnement en énergie suisses s'engagent déjà

à l'étranger, soit en construisant des installations soit en participant à leur financement.

### En suisse, il existe un grand potentiel solaire inutilisé.

Quel que soit le potentiel du solaire et de l'éolien, il faut rester ouvert à d'autres technologies. swisscleantech a déjà publié en 2014 une liste de critères positifs auxquels de nouvelles technologies énergétiques devraient satisfaire. Mais les coûts de l'électricité renouvelable étant en forte baisse (une baisse qui va continuer), il est fort probable que les énergies renouvelables — le solaire, l'éolien, l'hydraulique et également la biomasse — s'imposeront comme les technologies dominantes.

### Ombre et électricité grâce au toit solaire rétractable

En Suisse, l'espace est limité. Pourquoi ne pas l'utiliser plusieurs fois? Avec le toit solaire rétractable HORIZON, unique au monde, **dhp technology** propose un système pouvant se déplier au-dessus de surfaces déjà occupées. Le système s'ouvre et se referme automatiquement en quelques minutes, permettant d'ombrager de vastes surfaces tout en captant l'énergie solaire. Le toit rétractable n'ayant besoin de résister ni aux tempêtes ni au poids de la neige, sa structure porteuse peut être légère. L'installation est donc aussi compétitive en termes de prix par rapport aux systèmes conventionnels en toiture. Elle offre surtout un plus: un bassin de décantation ombragé favorisera par ex. le fonctionnement d'une station d'épuration ou un parking ombragé fera le bonheur des automobilistes.



Le toit solaire rétractable de dhp technology peut être déployé au-dessus de surfaces déjà occupées et s'ouvrir et se refermer automatiquement.



#6



## **Créer de nouvelles incitations sur le marché de l'électricité**

Pour atteindre les objectifs de l'Accord de Paris sur le climat, il faut développer massivement les énergies renouvelables. Et cela ne sera possible qu'en instaurant des incitations adaptées sur le marché de l'électricité.

Pour agir contre le changement climatique, il faut augmenter rapidement la part des énergies renouvelables car chaque kilowattheure d'électricité renouvelable réduit significativement les émissions de CO<sub>2</sub> — d'autant plus si l'on accroît l'efficacité énergétique. La production des installations solaires et éoliennes est cependant tributaire de la météo — comme celle des centrales hydrauliques d'ailleurs. Production et besoins n'évoluent pas toujours en parallèle. Mais le coût du stockage direct baisse, avec des projets très prometteurs.

Cela fait émerger une nouvelle chaîne de création de valeur. L'électricité produite par des installations photovoltaïques ne coûtera bientôt plus que cinq centimes le kilowattheure, voire moins.

Le développement des installations de production d'électricité renouvelable peut conduire à ce que tout ne puisse pas être utilisé immédiatement, car la demande n'existe pas. L'électricité invendue est stockée puis revendue ultérieurement sur le marché. Les recettes de la vente différée couvriront

alors les coûts d'investissement dans les installations de stockage. A l'inverse, il ne permet pas de contribuer à l'amortissement de l'installation solaire. Même si l'on tient compte des 30 pour cent d'excédent d'électricité photovoltaïque inutilisée, sa production au prix de 7 à 8 centimes reste plus avantageuse que celle des centrales au gaz ou au charbon. — et n'émet quasiment pas de CO<sub>2</sub>.

Il importe en même temps de bien gérer la demande d'électricité (demand-side-management) par rapport



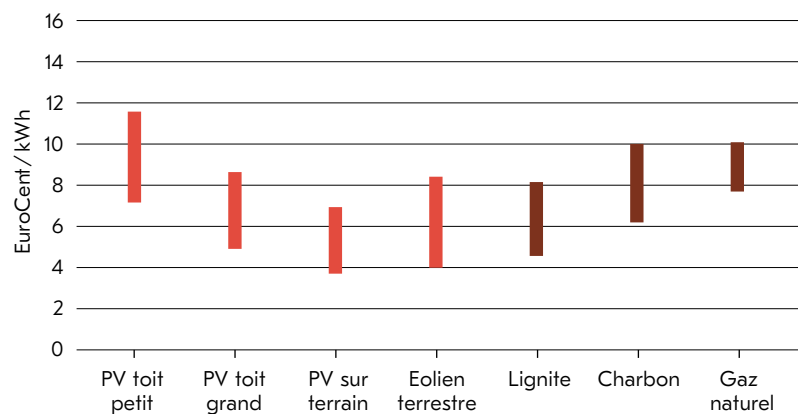
à la production pour réduire la part d'électricité n'étant pas directement utilisée.

Un défi de taille demeure néanmoins: le marché actuel de l'électricité n'est pas axé sur les énergies renouvelables mais sur les centrales fossiles. Depuis la libéralisation, les prix de l'électricité en Europe sont fixés sur les grandes bourses de l'électricité suivant le principe du «merit-order». Les marchés tiennent compte du coût des facteurs de production et non du coût moyen. A première vue, cela semblerait profiter aux énergies renouvelables dont le coût de production est faible. Les centrales au charbon et au gaz ont des coûts de combustible élevés alors qu'une installation photovoltaïque produit de l'électricité quasiment gratuitement lorsqu'il y a du soleil. Cette orientation des marchés pose problème.

La difficulté réside dans le fait que, dans le mécanisme de marché actuel, les coûts d'investissement n'entrent pas dans la fixation du prix de l'électricité. Conséquence: les investissements dans les nouvelles installations ne sont pas rentables car les prix continuent de baisser sur les marchés de l'électricité, et l'on observe une érosion des profits.

### Les énergies renouvelables seront moins chères que l'électricité produite à partir du charbon

Les sources renouvelables produisent déjà au même prix que les sources fossiles. Dans le futur, les prix de l'électricité fossile augmenteront et ceux de l'électricité renouvelable baisseront.



Le marché devrait être organisé de telle sorte que le prix de l'électricité reflète l'intégralité des coûts de production, non seulement le coût d'exploitation mais aussi les coûts d'investissement et coûts environnementaux. En intégrant tous ces coûts dans le prix de l'électricité, on obtiendrait une vraie courbe de la demande par rapport au prix, suffisante pour inciter les investisseurs à prendre des risques et construire des installations. Il n'existe pas encore actuellement de concept praticable pour

réorganiser le marché de l'électricité, mais d'actives discussions sont en cours.

Pour la transition, il faut donc des investissements assurant la construction rapide de nouvelles installations. Les mises aux enchères se sont avérées positives à l'étranger. swisscleantech est favorable à la mise en place d'une solution de transition de ce type en Suisse. Sinon, notre pays pourrait connaître des difficultés d'approvisionnement en électricité.

## Les chauffages privés utilisés comme centrale électrique virtuelle

Equilibre du réseau et régulation de la consommation (demand-side-management) ne sont plus le monopole des gestionnaires de réseau. Des entreprises innovantes utilisent aujourd'hui la numérisation et connectent les appareils des clients finaux pour créer une centrale électrique virtuelle pouvant fournir en 30 secondes plusieurs mégawatts sur l'ensemble du réseau. L'entreprise suisse **fiko Energy Solutions AG** est leader européen. Au travers de sa plateforme, tiko peut commander des chauffages électriques et autres appareils consommateurs et participer ainsi à l'équilibre du réseau. Quel est l'avantage pour le propriétaire du chauffage? Il fait baisser ses coûts d'électricité sans réduire son confort et peut consulter et télécommander sa consommation et sa production au moyen d'une application.



Une application permet aux propriétaires de chauffage de commander leur consommation et leur production à distance.



#7



## **Investir dans les réseaux électriques et le stockage**

Pour optimiser l'utilisation des énergies renouvelables, il faut impérativement poursuivre le développement du stockage et des réseaux électriques qui permettront de distribuer l'énergie produite dans toute l'Europe et d'assurer la stabilité de l'approvisionnement.

Il est évident qu'en Europe, les liens entre producteurs d'électricité doivent se resserrer. Pour la Suisse, ce n'est pas nouveau. Notre pays a joué un rôle de plaque tournante de l'électricité pendant des décennies. En mettant en œuvre une vraie politique climatique en Europe, les exigences de flexibilité vont s'accroître. Bonne nouvelle pour les producteurs d'électricité suisses qui pourront en profiter. Cela implique que notre pays continue de faire partie intégrante du système d'approvisionnement en électricité européen grâce à un accord bilatéral.

Les centrales suisses pourront alors continuer de fournir des services utiles et contribuer à équilibrer les pointes de production d'énergie éolienne et solaire ou les périodes creuses.

Si la Suisse exporte de l'électricité pour satisfaire une forte demande à l'étranger, notre pays aura besoin à d'autres moments d'un supplément d'énergie pour couvrir sa propre consommation. Il s'agira de plus en plus souvent de l'électricité éolienne, disponible en grandes quantités en Europe et peu chère. Un business

modèle écologique et économiquement intéressant sera ainsi créé pour nos centrales à accumulation et de pompage-turbinage.

Mais il ne fonctionnera que s'il existe suffisamment de capacités de transport. L'Europe et la Suisse ont donc tout intérêt à développer les réseaux, même si la réalisation n'est pas simple. Les infrastructures existantes — axes de transit ou lignes ferroviaires — pourraient être utilisées et les capacités de transport des lignes actuelles être renforcées.

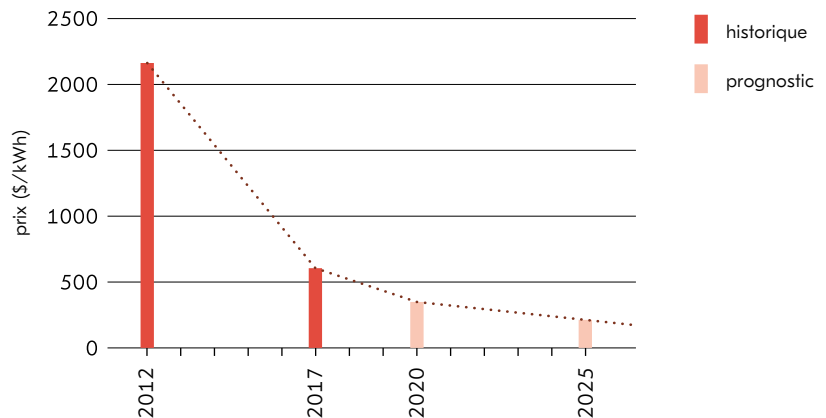
Le transport en courant continu serait un apport majeur. Il faciliterait le transport de l'électricité sur de longues distances en minimisant les pertes. Quelques chercheurs affirment même que cette technologie permettrait de construire une «autoroute électrique» faisant le tour du monde. Les lignes de courant continu occupant moins de place, elles pourraient être enfouies, ce qui faciliterait les projets de développement.

Le renforcement des lignes de transport permettrait d'exploiter les capacités de production à l'étranger. La Suisse pourrait alors avoir intérêt à financer des installations hors de son territoire et gérer leur production comme de la production intérieure. Il faudrait pour cela un nouveau cadre légal; actuellement les producteurs suisses investissent à l'étranger uniquement dans de la production renouvelable destinée au pays d'implantation des installations, la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> étant alors attribuée à ce pays et non à la Suisse.

Pour exploiter de manière optimale les variations à court terme de l'offre d'électricité, les accumulateurs locaux et le décalage ciblé de la consommation d'électricité joueront un rôle essentiel, notamment en journée. Bien intégré dans le système d'approvi-

### Le prix des batteries en baisse

Au cours des cinq dernières années, les prix des grands accumulateurs ont diminué quasiment d'un facteur 4. Ceux des batteries automobiles baissent aussi depuis des années.



sionnement, le stockage décentralisé pourrait contribuer à décharger les réseaux, par exemple en équilibrant les fortes variations horaires de consommation des ménages dans les agglomérations. Les coûts d'extension du réseau pourraient alors aussi être significativement abaissés.

Pour la consommation mobile — principalement les véhicules — les batteries au lithium, dont le prix ne cesse de baisser, domineront probablement

le marché. Il existe encore un certain potentiel dans le développement des batteries, d'autres métaux et sels pourraient être employés, en particulier pour le stockage fixe.

## Stockage pour la stabilité du réseau

Le solaire et l'éolien produisent de l'électricité durable mais leur production est moins bien prévisible que l'hydraulique. Il est donc d'autant plus important de stabiliser le système électrique avec l'énergie de réglage et d'assurer l'équilibre entre production et consommation. **EKZ** —fournisseur d'électricité du canton de Zurich — a mis pour cela en service à Volketswil un accumulateur électrique d'une puissance maximale de 18 mégawatts et d'une capacité de stockage de 7,5 mégawattheures. Avec cette quantité d'énergie, l'accumulateur peut approvisionner les 18 500 habitants de Volketswil pendant 8 à 12 minutes — ou distribuer pendant la nuit de l'électricité solaire produite localement. En pratique, cet accumulateur est chargé ou déchargé au rythme d'une seconde en fonction de l'évolution de la production et de la consommation.



Les grands accumulateurs pourront apporter à l'avenir une contribution importante à la mise à disposition des énergies renouvelables.



#8



## **L'énergie la moins chère est celle qui n'est pas consommée**

Grâce aux objectifs fixés par la politique, l'industrie a fortement réduit ses émissions de CO<sub>2</sub>. Mais il reste encore beaucoup à faire jusqu'à ce que tous les combustibles fossiles soient remplacés. L'efficacité et l'électrification seront aussi des leviers essentiels.

Le défi est grand mais le passé a montré que notre industrie réussit toujours lorsqu'elle mise vraiment sur l'innovation. Elle doit continuer en ce sens car à l'heure actuelle [l'économie suisse émet](#) toujours 9,8 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> par an.

Le système d'engagements existant en Suisse depuis la première loi sur le CO<sub>2</sub> en 2000 est un bon moyen pour accompagner l'économie sur la voie de la neutralité climatique. Pour conclure un engagement, les entreprises définissent avec une agence

(par exemple l'Agence de l'énergie pour l'économie ou l'Agence Cleantech Suisse) une liste de mesures pour réduire leurs émissions et augmenter l'efficacité énergétique. Si l'entreprise respecte le plan de réduction fixé, elle est exonérée de la taxe sur le CO<sub>2</sub>. C'est une situation win-win. L'entreprise profite du transfert d'expertise et peut déterminer elle-même le calendrier de mise en œuvre des mesures. L'Etat peut quant à lui compter sur des mesures parfois considérables de réduction sans perte d'emplois. Comme dans le bâtiment, la neutralité CO<sub>2</sub>

passera par la combinaison de l'efficacité énergétique et du remplacement des sources d'énergie. Le passage de combustibles fossiles à l'électricité pourra constituer une bonne solution si les énergies renouvelables connaissent un fort développement.

L'utilisation de la biomasse offre aussi de larges possibilités. Le bois-énergie (copeaux, granulés ou bois usagé) et la biomasse sèche à base de déchets pourraient être utilisés bien plus intensivement dans l'industrie, ils conviennent parfaitement pour

générer des températures entre 100 et 300 degrés Celsius — une plage de température très fréquente dans de nombreux procédés industriels.

Mais il y a aussi des processus qui ne peuvent se passer de sources de carbone — par exemple dans le recyclage de l'acier. La fabrication d'acier à partir de ferrailles est bien plus efficace que l'extraction, mais ce procédé nécessite du méthane. Une partie de ce méthane peut déjà actuellement être remplacée par du biogaz, même si le prix est un peu plus élevé. A long terme, on peut imaginer employer du méthane synthétique produit à partir de CO<sub>2</sub> et d'hydrogène (voir chapitre 9). La technologie existe déjà; si elle est appliquée à grande échelle, les prix baisseront.

Lorsque le CO<sub>2</sub> s'échappe directement des matières premières dans le processus de fabrication, par exemple la fabrication de ciment, le défi est majeur. Sa composition même doit être modifiée. En remplaçant le calcaire par d'autres liants minéraux, les émissions pourraient être considérablement réduites. Les émissions résiduelles pourraient être éliminées par la séquestration géologique du CO<sub>2</sub>. La technologie de capture et de

### Avec la hausse des taxes sur le CO<sub>2</sub>, le profit des mesures d'efficacité est double

Depuis l'instauration de la taxe sur le CO<sub>2</sub>, les émissions de l'industrie et des services sont en recul en Suisse. Dans le même temps, le produit intérieur brut a augmenté de 20 pour cent.



stockage du carbone se justifierait ici pleinement.

Pour les secteurs d'activité grands consommateurs d'énergie, le changement climatique est un enjeu crucial. Une certaine mutation structurelle est inévitable, il faut réduire l'utilisation du CO<sub>2</sub> et des produits à forte

consommation d'énergie ou trouver des produits de substitution. Dans cette mutation, le système d'échange de droits d'émission peut établir des conditions-cadre identiques pour tous.

## Chaleur tropicale sans émission de CO<sub>2</sub>

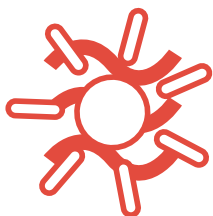
Les papillons tropicaux du Papiliorama de Chiètres aiment la chaleur — et génèrent des dépenses d'énergie en conséquence, un quart de million de francs par an. Bonne raison de se faire conseiller par les experts énergétiques de l'**Agence Cleantech Suisse (act)**. Différentes mesures ont permis d'abaisser les coûts énergétiques de 5–8% par an. Les investissements ont été amortis en quelques années grâce aux économies réalisées sur les coûts énergétiques. Au Papiliorama, le payback moyen n'a été que de 4,3 ans. Mais il n'est pas seulement question d'argent: le message, c'est aussi la préservation de la nature. Le Papiliorama rêve d'une exploitation neutre en CO<sub>2</sub> et se rapproche de cet objectif par une action résolue. Le dernier projet vise à ombrager le chemin avec des modules solaires.



Les papillons du Papiliorama aiment la chaleur — celle-ci peut être produite de manière efficace, durable et à faible coût.



#9



## **Power-to-X: craquage de l'eau avec l'énergie solaire**

Nous continuerons d'utiliser des sources d'énergie chimiques — tant dans le transport que dans différents procédés industriels. Ces sources d'énergie peuvent être produites dès maintenant avec de l'électricité renouvelable. Le terme technique est Power-to-X — une technologie clé de l'avenir.

Power-to-X est l'une des clés de l'approvisionnement énergétique durable. Car nous continuerons d'utiliser des substances chimiques qui dégagent leur énergie par une réaction chimique, par exemple la combustion de l'essence. Les réservoirs d'énergie chimiques à base d'hydrogène et de carbone se caractérisent par leur densité énergétique extrêmement élevée, comme le prouvent le charbon, l'essence ou le gazole. Il est donc très probable que ces deux éléments continueront d'être utilisés.

C'est là qu'entre en jeu la solution Power-to-X: X représente un vecteur énergétique chimique quelconque à base de carbone et d'hydrogène. Les possibilités d'application vont de la production d'hydrogène pur aux alcools, comme le méthanol, en passant par le méthane.

Tous les procédés Power-to-X sont basés dans un premier temps sur le craquage de l'eau avec une énergie renouvelable. L'hydrogène ainsi produit est déjà utilisable comme source

d'énergie, mais guère adapté aux applications pratiques. Pour faciliter son utilisation, il faut un catalyseur et l'associer au CO<sub>2</sub> pour produire les vecteurs énergétiques ci-dessus.

La technologie est connue depuis des décennies mais elle était quasiment inemployée en raison de la prédominance des énergies fossiles (bon marché). Si le prix de l'électricité renouvelable continue de baisser et si les émissions de CO<sub>2</sub> ont un coût, l'électrolyse suivie de la synthèse

des vecteurs énergétiques aura des chances de devenir un élément essentiel de l'avenir renouvelable.

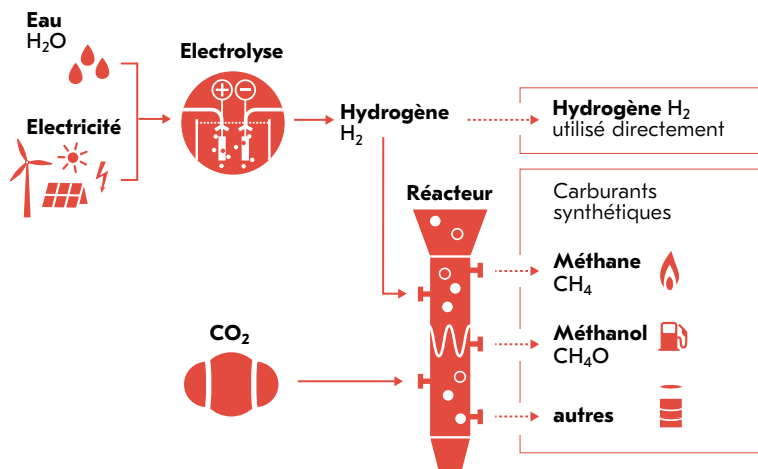
## Les installations Power-to-X pourraient fonctionner en backup.

La production de vecteurs énergétiques chimiques est une réaction d'équilibre, c'est-à-dire réversible. Cela signifie que ces vecteurs peuvent être retransformés en électricité. Les installations Power-to-X pourraient donc aussi intervenir dans le système d'approvisionnement en électricité. Les centrales au gaz et au charbon sont utilisées actuellement en backup pour équilibrer le réseau lorsque la demande d'électricité est forte. Cette solution est pertinente tant que ces centrales sont disponibles. Mais à plus long terme, les installations Power-to-X pourraient fonctionner en backup dans des pays comme la Suisse et produire de l'électricité pour l'exportation dans les pays à fort ensoleillement. Un marché doit émerger pour cette technologie afin que son prix baisse.

Compte tenu de la variation de l'offre d'électricité excédentaire, les installations Power-to-X devraient miser sur un

### Carburants renouvelables avec le Power-to-X

A partir d'hydrogène, produit avec de l'énergie renouvelable, et de CO<sub>2</sub>, on peut fabriquer différents carburants et combustibles. L'hydrogène peut aussi être utilisé directement comme vecteur énergétique.



modèle économique inhabituel pour des biens d'investissement. Contrairement aux installations d'approvisionnement en électricité traditionnelles, elles ne fonctionneraient que quelques centaines d'heures par an — lorsque des excédents d'électricité sont disponibles — pour produire de vecteurs énergétiques chimiques. Ou inversement, produire de l'électricité supplémentaire lors des pics de consommation.

Par conséquent, le coût d'investissement de ces installations ne doit pas être trop élevé et la demande

de fonctionnement être assurée sur une longue période pour que le coût du capital reste faible. Nous sommes au début de l'histoire du Power-to-X, comme ce fut le cas pour l'automobile à une autre époque. Les voitures aussi roulent moins de 1000 heures par an. Elles sont pourtant très répandues grâce à leur faible coût qui est lui-même une conséquence de cette large diffusion.

## Augmentation de 60 pour cent de la production de biogaz

Le biogaz brut issu des processus de fermentation contient du méthane mais aussi beaucoup de CO<sub>2</sub>. Au lieu de purifier le gaz brut, une installation expérimentale mise au point par l'Institut Paul Scherrer et **Energie 360°** à la station d'épuration de Werdhölzli a transformé le CO<sub>2</sub> en méthane avec de l'hydrogène issu d'une installation power-to-gas fonctionnant à l'électricité renouvelable. La production de biogaz a pu être augmentée de 60%. Dans le futur, l'électricité solaire et éolienne excédentaire pourra ainsi être stockée sous forme de méthane — puis retransformée en électricité en fonction des besoins. L'installation a pleinement fait ses preuves. Un essai de 1000 h a montré que la technologie pouvait fonctionner en continu.



A la station d'épuration de Werdhölzli, le CO<sub>2</sub> est transformé en méthane avec de l'hydrogène produit à l'aide d'électricité renouvelable.



#10



## Favoriser l'économie circulaire

A l'avenir, nous achèterons moins de produits et plus de services. Les machines ou véhicules demeureront la propriété du fabricant qui pourra ainsi mieux gérer leur cycle de vie. Il en résultera une plus grande efficacité énergétique et des matières et une meilleure qualité de service.

Combien de temps utilisons-nous une perceuse par an ? En moyenne, une minute et demie. Le fait de ne pas avoir une perceuse chez soi ne va pas manquer à ceux qui ne sont pas des bricoleurs passionnés – jusqu'à ce qu'il faille percer un trou dans le mur. Ce n'est donc pas la machine en elle-même qui nous intéresse mais le service qu'elle permet.

En poursuivant dans cet ordre d'idées, des leviers cruciaux apparaissent pour

rendre la consommation plus durable. Si dix personnes se partagent l'utilisation d'une perceuse, il n'y a plus besoin de dix perceuses mais d'une seule, ce qui réduit la consommation de matières. En d'autres termes, de nouveaux modèles de location et d'utilisation pourraient diminuer significativement le flux de matières et la consommation d'énergie et de ressources.

Coupler l'utilisation de la perceuse à un modèle économique (location,

services) créera des emplois locaux – alors que la fabrication de la machine est probablement localisée en Chine. Pour les appareils servant rarement comme les perceuses, ces nouveaux modèles de location et d'utilisation seront plus durables; mais ils le seront également pour les biens de consommation d'utilisation plus régulière. C'est l'objectif de l'Union suisse des commerces spécialisés en radio, télévision et multimédia qui préconise un nouveau modèle



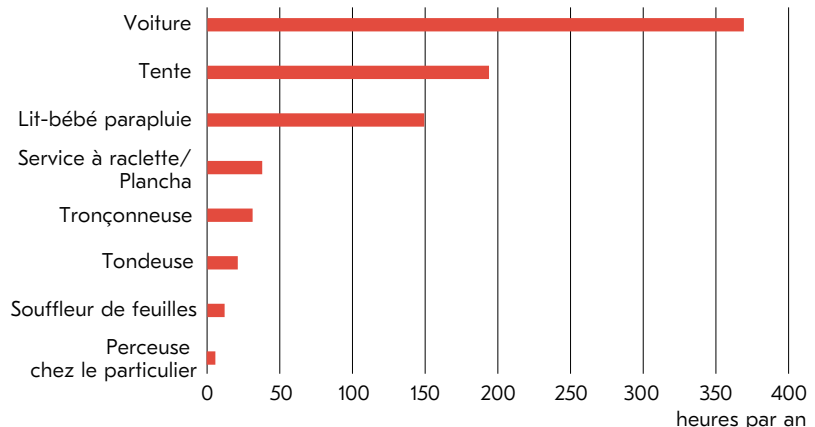
économique: procurer une première fois à de bons clients des appareils de qualité, réparables, à durée de vie longue. Au bout de quelques années, ces appareils sont remplacés, nettoyés et placés une deuxième fois chez des utilisateurs plus sensibles au prix.

## **L'intérêt ne réside pas dans la machine, mais dans le service rendu.**

Les nouvelles conditions de détention changent aussi les exigences. En tant qu'utilisateur, je veux une machine qui marche. En tant que loueur, je tiens à mon appareil qui doit être robuste, résister à des erreurs de manipulation occasionnelles et pouvoir être réparé. Les fabricants pourraient aussi faire leur cette nouvelle vision. Le recyclage complet est en effet souvent la solution la plus économique. Avec un modèle économique intégré dans lequel la machine reste la propriété du fabricant d'un bout à l'autre de son cycle de vie, cela vaut la peine dès l'origine de concevoir des formes

### **Nous n'utilisons pas beaucoup ce que nous possédons**

Une perceuse fonctionne environ 1,5 minute par an, une voiture 365 heures – soit quatre pour cent des 8760 heures contenues dans une année.



modulaires, certaines pièces pouvant être recyclées et d'autres réemployées selon leur valeur.

Dans une machine à laver par exemple, le moteur est l'une des pièces les plus chères. Si le fabricant standardise ses moteurs et les utilise plusieurs fois, il ne considérera plus que ses machines sont jetables mais qu'elles sont au contraire la matière première pour de nouveaux produits. Il reprendra la machine hors service et

recyclera le moteur dans une nouvelle machine. Fabricants et entreprises de traitement des déchets se rapprocheront, et la séparabilité des matériaux devra impérativement être prise en compte dès la conception. Le produit deviendra un stock de matières premières.

## **Cuisine fabriquée à partir de bouteilles en PET**

Le leader de l'ameublement **IKEA** prend au sérieux l'économie circulaire et ne proposera plus en 2030 que des produits circulaires. La production utilisera alors exclusivement des matériaux renouvelables ou déjà recyclés, les processus de production préserveront l'environnement et le produit lui-même sera réparable ou recyclable. L'entreprise fabrique déjà conformément à ces critères une cuisine dont la façade est en PET recyclé. IKEA va encore plus loin avec un projet pilote en Suisse qui propose le rachat de meubles IKEA. Des réflexions portent également sur un modèle de location. Ces modèles permettraient de maintenir matériaux et produits finis plus longtemps en circulation.



A l'avenir, Ikea voudrait utiliser exclusivement des matériaux renouvelables ou déjà recyclés pour la fabrication de meubles.



#11



## Le CO<sub>2</sub> doit avoir un prix mondialement

En instaurant en temps voulu une taxe sur le CO<sub>2</sub>, on se prépare à l'avenir; à long terme, la tarification du CO<sub>2</sub> à l'échelle mondiale est incontournable. Les forces du marché feront alors en sorte que les émissions baissent.

C'est une règle de base de l'économie de marché: les ressources bon marché ont tendance à être gaspillées alors que les ressources chères sont bien gérées. «L'espace de décharge» des gaz à effet de serre dans l'atmosphère – malheureusement très limité – fait partie aujourd'hui de ces ressources particulièrement bon marché. Nous savons maintenant précisément combien de gaz à effet de serre nous pouvons encore émettre pour limiter le réchauffement climatique à moins de deux degrés. Au moins deux tiers

des ressources connues d'énergie fossile doivent rester enfouis si l'on veut éviter un réchauffement aux conséquences imprévisibles. Les émissions de CO<sub>2</sub> doivent donc impérativement être tarifées.

En instaurant la taxe sur le CO<sub>2</sub> en 2008, la Suisse a pris une mesure courageuse. Dans le bâtiment, la taxe, ajoutée à d'autres mesures d'accompagnement, a conduit à une nette réduction des émissions de CO<sub>2</sub>. La Suisse doit donc poursuivre dans cette voie.

L'économiste [Hans Werner Sinn](#) a observé à juste titre qu'il fallait un accord international sinon les économies réalisées par les uns seraient gommées par les émissions provoquées par les autres. Il ne faut pas pour autant renoncer à fixer un prix du CO<sub>2</sub> au plan national, voire au niveau interne dans les entreprises, pour réduire le risque de «stranded assets». Ces «actifs échoués» apparaissent lorsque des investissements (par ex. poids lourds diesel ou installations industrielles à fortes

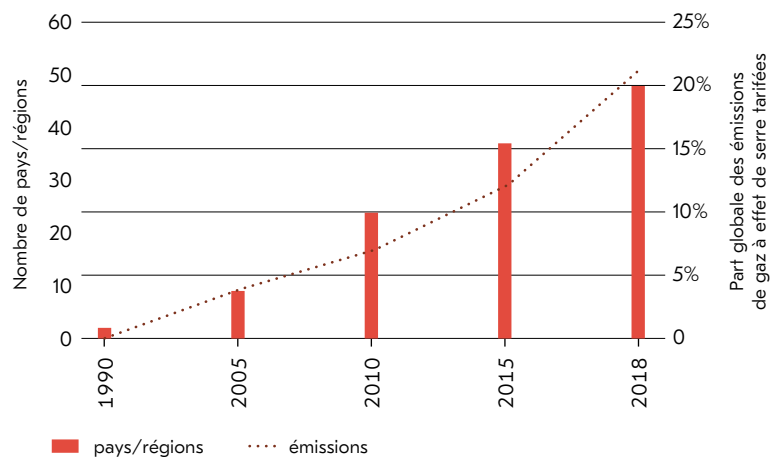
émissions) ne peuvent soudain plus être valorisés ou génèrent de nouveaux coûts en raison de nouvelles législations. Beaucoup d'entreprises ont identifié ce risque et prévoit un prix du CO<sub>2</sub> pour prendre dès maintenant les bonnes décisions d'investissement. De plus en plus de banques évaluent les performances environnementales de leurs placements: si le prix du CO<sub>2</sub> augmente, la rentabilité des technologies à fortes émissions se dégrade. Les établissements financiers prévoyants ont déjà commencé à réduire leurs risques en pratiquant une politique d'investissement durable.

## La Suisse, pays riche et hautement développé, peut être un modèle dans la protection du climat.

Le prix du CO<sub>2</sub> aura aussi un impact positif sur l'innovation. Un marché et de nouvelles perspectives à l'international s'ouvriront pour les technologies réduisant les émissions. La Suisse, pays riche et hautement développé, peut être un modèle dans la protec-

### La part des émissions de gaz à effet de serre tarifées augmente

De plus en plus de pays et régions dans le monde constatent qu'une tarification des émissions de CO<sub>2</sub> est nécessaire.



tion du climat. Si nous fixons un prix pour le CO<sub>2</sub> et si cette mesure se révèle efficace, cela ouvrira la voie pour d'autres pays.

Il faut aussi promouvoir les technologies innovantes pour une autre raison: plus la voie sera clairement tracée et plus les coûts seront bas, plus il sera facile de parvenir à un accord international. swisscleantech est convaincu que l'engagement dans la lutte contre le changement climatique provoquera une rupture et fera

naître un nouvel avenir économiquement attractif pour tous. Rien ne rend en effet la recherche d'une solution négociée plus difficile que le fait d'imaginer que cette solution pourrait figer, voire creuser l'écart entre pays riches et pays pauvres. Conclusion: même un petit pays comme la Suisse a de bonnes raisons de participer sans attendre à la réduction des émissions de CO<sub>2</sub>.

## Des mesures efficaces à l'étranger

De nombreux pays ne tarifient pas encore les émissions. Le méthane particulièrement néfaste pour le climat s'échappe donc souvent librement des décharges dans l'atmosphère. La Fondation Centime Climatique finance un programme qui permet la destruction et l'utilisation énergétique du méthane par le biais de l'achat de certificats de CO<sub>2</sub>. Le programme géré par l'entreprise suisse **First Climate** réduit à très faible coût les émissions de gaz à effet de serre suisses de 1,2% chaque année entre 2016 et 2020. L'exemple montre que si les émissions avaient un prix, cela vaudrait aussi la peine de capter le méthane en Amérique latine. Et les réductions des émissions à l'étranger, avec des projets de qualité, viendraient parfaitement compléter les mesures prises en Suisse.



Grâce à une aide financière suisse, le méthane provenant des décharges est capté et valorisé.



#12



## Exploiter les avantages de la numérisation

Les coûts de la technologie des capteurs, de la connectivité et du traitement des données baissent, ce qui permet d'améliorer la régulation et de baisser la consommation de ressources. De nouveaux concepts comme la blockchain pourront trouver une large application dans le domaine de l'efficacité.

Les progrès de la numérisation permettent une meilleure gestion et donc des gains massifs d'efficacité, notamment dans le bâtiment et les transports. Avec le développement de l'économie circulaire, de nouveaux modèles économiques apparaissent qui peuvent réduire encore les émissions de gaz à effet de serre dans les secteurs les plus variés. Tout cela n'est possible que grâce aux progrès des capteurs et du traitement des données.

La technologie des capteurs, la mise en réseau, le traitement et la sécurité des données sont les quatre domaines essentiels dans lesquels la dynamique est considérable.

Les coûts des capteurs ont baissé massivement ces dix dernières années, permettant d'équiper les bâtiments à moindre coût et de réaliser d'importantes économies d'énergie grâce à l'automatisation – jusqu'à deux tiers avec une commande intelligente!

L'évolution est également frénétique dans la communication mobile. Le passage de la 4G (LTE) à la 5G va augmenter à lui seul les capacités de transfert de données d'un facteur 100 tout en baissant la consommation d'énergie d'un facteur 1000 par bit.

Parallèlement, le nouveau réseau étendu à longue portée (LoRaWAN) est une technologie qui permettra l'intégration des capteurs dans l'Internet des objets, à faible coût et énergétiquement efficace, quel que soit l'endroit.

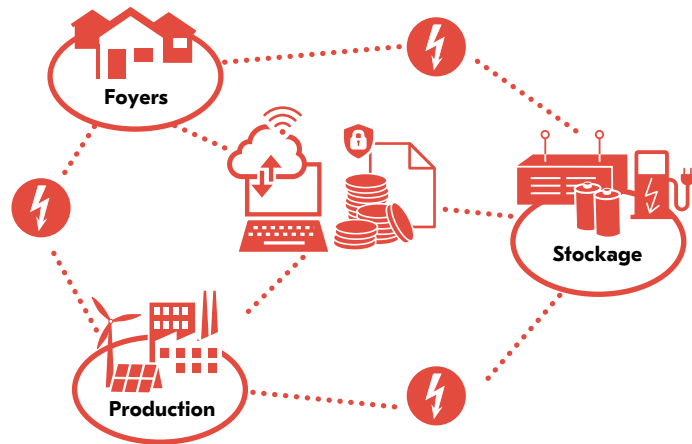
La cybersécurité et la protection des données personnelles restent des enjeux majeurs dans un monde de plus en plus numérisé. Il faut donc des garde-fous garantissant la protection des données personnelles et nous permettant de prendre connaissance à tout moment des données personnelles collectées à notre égard.

## La technologie des capteurs, la mise en réseau, le traitement et la sécurité des données sont les quatre domaines essentiels.

Faut-il encore mentionner l'énorme augmentation des capacités de calcul? Avec les baisses de coûts dans la technologie de l'information, beaucoup de ménages possèdent maintenant une douzaine d'appareils qui ont une puissance de calcul supérieure à ce qu'il faudrait pour aller sur la lune. Grâce à cette puissance de calcul, la domotique moderne peut relier les données des capteurs aux données météo obtenues sur Internet et, à l'aide d'une simulation, assurer un confort optimal avec une consommation d'énergie minimale.

### Nouvelles conditions de vente et d'échange

L'exécution en toute fiabilité des contrats et des paiements à l'aide de la technologie blockchain permet à de nouveaux marchés d'émerger. La production, le stockage et la consommation décentralisés d'énergie renouvelable pourront ainsi faire l'objet d'échanges directs et automatisés.



Depuis toujours, l'utilisation efficace des ressources est liée à l'efficacité des marchés, des marchés transparents, accessibles à tous et fiables. Que ce soit la shared economy, les échanges d'énergie produite de manière décentralisée ou la gestion des biens collectifs, des contrats sont toujours nécessaires pour établir des relations commerciales stables. La Distributed Ledger Technology – plus connue sous nom de blockchain

– n'en est qu'à ses débuts, mais elle serait en mesure d'assurer la gestion des contrats de manière totalement décentralisée. Dans les secteurs de l'énergie et des transports, la gestion pourrait se faire en toute sécurité et efficacité sur des plateformes numériques.

## Economiser intelligemment l'énergie

Le siège de l'entreprise elektroplan Buchs & Grossen AG est la résidence, le bâtiment commercial et le laboratoire de la filiale **ElektroLink AG**. Une domotique intelligente commande le chauffage et le chauffe-eau électrique en fonction de l'électricité autoproduite et des prévisions météo: lumière et stores réagissent à la présence des collaborateurs, l'excédent d'électricité charge les batteries des véhicules électriques. Ces bâtiments hautement efficaces consomment jusqu'à 70% d'énergie en moins que la moyenne suisse. Pour que leur nombre croisse rapidement, il faut des appareils et des points de connexion pouvant communiquer entre eux indépendamment du constructeur. elektroplan a lancé pour cela le label SmartGridReady et développe des passerelles de communication entre la branche du bâtiment et les fournisseurs d'énergie.



Avec la domotique intelligente, la lumière et les stores réagissent à la présence des collaborateurs.

# Conclusion

**N**ous avons montré dans cette brochure les douze actions qui mèneront la Suisse vers un futur respectueux du climat. Reste à savoir si le jeu en vaut la chandelle — d'autant qu'on entend de plus en plus souvent dire que de toute façon, que la Suisse fasse quelque chose ou non, cela ne changera rien à l'évolution du climat.

Plusieurs universités, notamment l'ETH Zurich ou l'Université de Lausanne, ont élaboré des modèles ces dernières années et analysé comment le produit intérieur brut (PIB) évoluerait si la Suisse appliquait une politique climatique rigoureuse. Ces résultats ont été comparés à ceux qui seraient obtenus en poursuivant une politique moins ambitieuse, non compatible avec l'Accord de Paris.

***La Suisse n'a rien à perdre  
mais tout à gagner en  
pratiquant une vraie politique  
climatique.***

Toutes les études parviennent aux mêmes résultats: les effets directs sur le PIB d'une véritable politique climatique seraient faibles. Certaines études estiment que les effets seraient positifs, d'autres pronostiquent une réduction du PIB d'un pour cent d'ici 2050, soit une diminution annuelle inférieure à 0,03 pour cent.

Ces modèles ne tiennent pas compte des dommages directs qui pourraient être induits par le changement climatique. D'après le rapport Stern, ils s'élèveraient entre 5 et 20 pour cent du PIB mondial, soit 4000 à 16 000 milliards de dollars par an. On ne sait pas encore exactement quel serait le coût pour la Suisse. Mais il est très probable qu'il atteigne annuellement une somme de l'ordre de quelques pour cent (moins de 10) du PIB suisse — soit plusieurs milliards de francs. Ainsi, les dommages représenteraient en ordre de grandeur un coût supérieur à ce qu'occasionneraient des pertes de croissance qui résulteraient éventuellement d'une politique climatique engagée.

En d'autres termes, l'économie suisse n'aurait rien à perdre mais tout à gagner si nous engagions une vraie politique climatique.

## **IMPRESSUM**

### **Editeur**

swisscleantech  
Reitergasse 11  
CH-8004 Zurich  
+41 58 580 08 09

### **Texte et rédaction**

Barbara Schaffner, Christian Zeyer (Texte)  
Nadja Hauser, Fredi Lüthin (Rédaction)

### **Traduction**

Marc Servien, Ablon (FR)

### **Relecture**

Texterei Käthi Zeugin, Zurich

### **Conception graphique**

Arndt Watzlawik, Visuelle Kommunikation, Zurich

### **Impression**

Effingermedien AG, Kleindöttingen

### **Crédits photographiques**

Couverture © Michel Jaussi  
Pages 6, 10, 12, 14, 18, 22, 24, 26, 28 © iStock Photo; Page 7 © In Situ;  
Page 8 © Architekten Halle 58/Christine Blaser, Bildaufbau; Page 9 © Amstein+Walthert;  
Page 11 © System Alpenluft; Page 13 © Mobility Genossenschaft; Page 15 © dhp technology;  
Page 16 © Thomas Hodel; Page 17 © fiko Energy Solutions AG;  
Page 19 © Elektrizitätswerke des Kantons Zürich; Page 20 © shutterstock;  
Page 21 © Papillorama Kerzers; Page 23 © Energie 360°; Page 25 © IKEA;  
Page 27 © First Climate; Page 29 © ElektroLink AG

© swisscleantech, 2018



**SWISS  
CLEANTECH**

**swisscleantech**

Reitergasse 11

8004 Zurich

T +41 58 580 08 09

[swisscleantech.ch](http://swisscleantech.ch)

[@swisscleantechD](https://www.instagram.com/swisscleantechD)

[youtube.com/swisscleantech](https://www.youtube.com/swisscleantech)

