



# Technology Outlook

Anticiper.  
Se préparer.  
Aller de l'avant.



◀  
**Les déchets se transforment en or**  
Une équipe de recherche de l'EPF Zurich extrait de l'or des déchets électroniques avec du petit-lait.  
Le résultat : des pépites d'or d'une grande pureté.

# Technologies d'avenir

Les technologies sont des vecteurs d'innovation qui façonnent la concurrence mondiale. Le Technology Outlook 2025 de l'Académie suisse des sciences techniques SATW analyse et évalue 31 domaines technologiques qui deviendront pertinents pour l'économie et la société suisses au cours des trois à cinq prochaines années.

L'étude accorde une attention croissante aux technologies contribuant à une économie (circulaire) durable. Il s'agit notamment des technologies de recyclage, qui réinjectent des matériaux recyclables issus des déchets dans les processus de fabrication, ou des technologies qui utilisent le CO<sub>2</sub>, gaz à effet de serre, comme ressource. L'évaluation des spécialistes montre que les questions environnementales auront un impact décisif sur la viabilité future des entreprises.

En outre, par rapport à l'étude de 2023, le nombre de technologies du domaine des procédés de fabrication et matériaux a augmenté, dès lors qu'elles proposent des processus respectueux de l'énergie et des ressources. En revanche, le nombre de technologies dans le domaine de la numérisation a diminué. Cette situation s'explique par le fait que certaines d'entre elles, telles que les applications de l'intelligence artificielle, sont désormais prêtes à être commercialisées et exploitent leur potentiel disruptif dans tous les secteurs grâce à de nouveaux produits et services.

## Le Technology Outlook : une étude nationale

Le Technology Outlook est la seule étude prospective nationale qui analyse le potentiel des technologies d'avenir spécifiquement pour la Suisse. La sélection est opérée par les comités prospectifs et l'équipe prospective de la SATW. Elle dépend du degré de maturité technologique des technologies impliquées. L'analyse repose sur des entretiens standardisés avec des spécialistes de toute la Suisse. Dans le cadre de ces entretiens, des données quantitatives relatives à la compétence en matière de recherche et au potentiel économique en Suisse ont également été collectées.

La SATW réalise une détection précoce de technologies (foresight) pour le compte de la Confédération. Le Technology Outlook paraît tous les deux ans depuis 2015 et s'adresse à des représentants et représentantes de l'économie, des sciences, de la sphère politique et de l'administration, ainsi qu'aux personnes passionnées de technologie.

Découvrez l'étude sous : [www.technology-outlook.ch](http://www.technology-outlook.ch)

# Moteurs de la transformation

Toutes les technologies innovantes ne reçoivent pas l'attention qu'elles méritent. Le Technology Outlook 2025 décrit quatre exemples de ce type et montre comment des progrès décisifs pour l'économie, la société et l'environnement peuvent en résulter.

## Technologies transversales inconnues

Les technologies transversales, ou activateurs, possèdent un énorme potentiel disruptif pour de nombreuses applications. Les catalyseurs, par exemple, accélèrent ou permettent des réactions chimiques. Grâce à de nouveaux catalyseurs hautement sélectifs, il est possible de transformer des ressources durables, telles que la biomasse, l'huile de pyrolyse et le CO<sub>2</sub>, en carburants synthétiques et en produits chimiques de base non fossiles. La Suisse jouit d'une excellente situation initiale : un environnement de recherche hautement compétitif, des start-up innovantes et un soutien ciblé à la recherche stimulent le développement. Si cette percée réussit, la **catalyse** peut accélérer la transition énergétique et celle des matières premières.

Les **colles et produits d'étanchéité** constituent un autre activateur. Ils sont indispensables dans la construction automobile, le bâtiment et de nombreuses autres industries. De nouvelles formulations permettent d'économiser des matériaux, par exemple pour les carrosseries légères ou les rotors éoliens. Le collage sur toute la surface remplace les procédés d'assemblage classiques et améliore les propriétés d'isolation thermique des composants. Lorsque les colles et produits d'étanchéité innovants proviennent de ressources renouvelables, ils rendent les produits finis encore plus durables et peuvent lancer une transition durable dans les procédés d'assemblage.

## La deep tech, porteuse d'espoir

Outre les activateurs, les technologies de deep tech gagnent également en importance. Elles résolvent des problèmes fondamentaux d'une manière innovante. Les vaccins à ARNm et l'ordinateur quantique en sont des exemples phares. Ces technologies sont très complexes et nécessitent des investissements à long terme. En raison de leur grande importance sociale et économique, leur potentiel est fort.

Les circuits intégrés photoniques sur puces à semi-conducteurs, également appelés Photonic Integrated Circuits ou **PIC** en abrégé, constituent une technologie de deep tech plutôt méconnue. Les PIC transmettent les données via des signaux lumineux plutôt qu'avec des électrons. Ils sont donc plus rapides et plus économes en énergie que les puces traditionnelles et pourraient contribuer à réduire la consommation électrique des applications d'IA. Toutefois, cette technologie n'est pas encore prête à être commercialisée. Des nouveaux matériaux semi-conducteurs permettant de fabriquer des PIC encore plus économiques et plus rapides, ainsi que des salles blanches pour la production sont encore nécessaires.

Dans le domaine médical, les traitements par **bactériophages** présentent un grand potentiel. Ces virus naturels qui attaquent les bactéries de manière ciblée sont considérés comme une alternative prometteuse aux antibiotiques. Les approches modernes misent sur les phages génétiquement modifiés afin d'accroître encore leur efficacité et leur sécurité. Les phages présentent également un potentiel dans l'agriculture et l'industrie alimentaire.

Quatre innovations révolutionnaires

## Polyvalents et hautement innovants

Catalyse



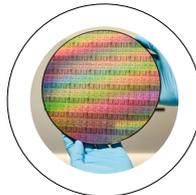
De nouveaux catalyseurs permettent la synthèse ciblée et respectueuse des ressources de nombreux produits chimiques de base. Pour produire des carburants artificiels respectueux du climat à partir de CO<sub>2</sub>, d'eau et d'énergie solaire, les chercheurs sont en quête de catalyseurs plus sélectifs.

Colles et produits d'étanchéité durables



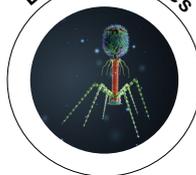
Les nouveaux matériaux permettent une fabrication économe en énergie, une construction plus légère des produits finis et une meilleure isolation entre les composants. Les formulations facilement recyclables ou réutilisables sont prometteuses.

PIC



Elles transmettent les signaux numériques par la lumière et permettent ainsi un fonctionnement plus économe en énergie des ordinateurs haute performance. Elles ouvrent également la voie à de nouvelles applications dans les domaines de la photonique, de la recherche quantique et de la technologie des capteurs.

Bactériophages



L'utilisation de ces virus antibactériens naturels est porteuse d'espoir dans la lutte contre la crise des antibiotiques en médecine. Des applications dans l'industrie alimentaire et l'agriculture complètent l'offre.

# Les déchets : une ressource d'avenir

Repenser les déchets permet de découvrir des potentiels en matière de durabilité, d'innovation et de modèles commerciaux viables. La brochure présente des technologies et des études de cas qui favorisent une économie circulaire.

Les tonnes de déchets électroniques constituent le revers de la médaille de l'ère informatique. Mais les chercheurs de l'EPF Zurich transforment littéralement ces déchets en or. Le petit-lait, un sous-produit de l'industrie laitière, permet d'extraire le métal précieux des cartes mères mises au rebut et d'obtenir des pépites d'or pur.

## Profil de durabilité avantageux

L'exemple concret montre que les produits recyclés après usage s'intègrent non seulement dans un système circulaire, mais présentent également un potentiel économique. Le Technology Outlook 2025 met l'accent sur six technologies qui concrétisent cette vision: les bioplastiques issus de déchets, les plastiques à base de CO<sub>2</sub>, la photosynthèse artificielle, le recyclage des matières plastiques, le recyclage du phosphore et les carburants synthétiques. Le profil de durabilité de ces technologies montre qu'elles présentent de nombreux avantages pour les critères environnementaux (voir graphique de droite).

Le recyclage des plastiques revêt une grande importance. Chaque année, la Suisse produit 830 000 tonnes de déchets plastiques. De nouveaux procédés permettent de réintroduire les matériaux recyclables qu'ils contiennent dans la chaîne de production. La méthode de l'entreprise valaisanne DePoly en est un exemple. La spin-off de l'EPF de Lausanne décompose en composants de base des déchets plastiques mixtes qui étaient jusqu'à présent uniquement incinérés.

Même le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) n'est plus uniquement un gaz à effet de serre nocif : il remplace les matières premières fossiles pour les plastiques à base de CO<sub>2</sub> et constitue un produit de base pour les carburants durables dans des technologies telles que les carburants synthétiques ou la photosynthèse artificielle.

## Le point crucial : la tarification du CO<sub>2</sub>

La Suisse est prédestinée à se transformer en une économie circulaire à faibles émissions et préservatrice de ressources. Le paysage de la recherche hautement compétitif et les jeunes entreprises innovantes font avancer le développement. Rien que dans le segment des déchets et de l'efficacité des ressources, le nombre de start-up a plus que doublé entre 2017 et 2024, selon les données de la branche.

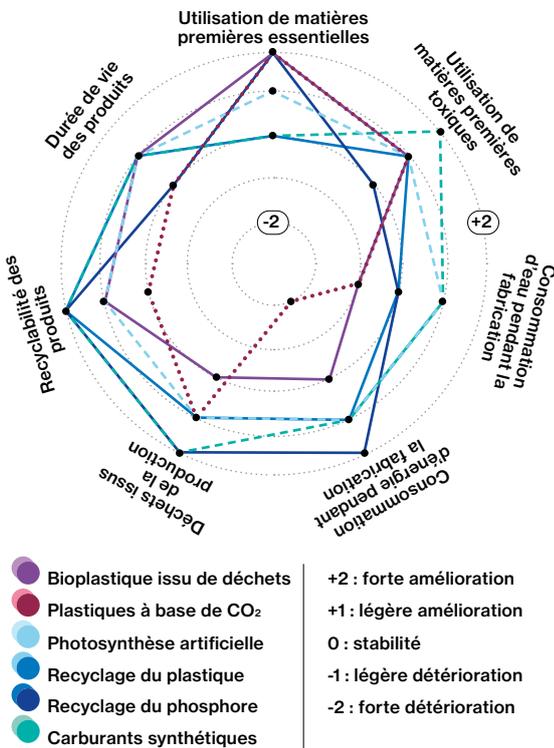
Reste à voir si ces investissements seront rentables sur le plan économique. Certaines technologies ne sont pas encore prêtes à être commercialisées. Les conditions-cadres politiques et réglementaires, par exemple la tarification du CO<sub>2</sub>, constituent un aspect important. Dès que les émissions seront prises en compte à un niveau plus élevé, des opportunités d'évolutivité des technologies verront le jour.

La Suisse en profiterait à plusieurs égards : elle pourrait atteindre les objectifs de développement durable, réduire sa dépendance vis-à-vis des matières premières importées et offrir une plateforme à de nouveaux modèles commerciaux. L'exemple du recyclage du phosphore est particulièrement frappant : en récupérant le phosphore contenu dans les boues d'épuration, les déchets de farines animales et même les excréments humains, le pays pourrait couvrir une grande partie de ses besoins.

## Profil de durabilité

### Impact environnemental des produits

Évaluation du changement par rapport au statu quo



## Principales constatations

### L'économie circulaire prend de l'ampleur



**Faits** : chaque année, la Suisse consomme 140 millions de tonnes de nouveaux matériaux, soit près de 16 tonnes par personne et par an.



**Conseil** : les entreprises qui adoptent à un stade précoce la vision d'une économie circulaire respectueuse des ressources peuvent s'attendre à un gain de réputation.



**Pertinence** : la Suisse en profite doublement puisqu'un recyclage systématique contribue à la réalisation des objectifs climatiques et réduit la dépendance vis-à-vis des importations de matières premières.



**Tendances** : le nombre de start-up dans le segment des déchets et de l'efficacité des ressources a doublé entre 2017 et 2024 et s'inscrit à 58 entreprises.



**Avenir** : si les émissions de gaz à effet de serre sont taxées plus lourdement, cela ouvrira alors des perspectives de développement et d'évolutivité aux nouvelles technologies.

# Showcases

Les showcases constituent des exemples d'application et des projets pionniers issus de l'industrie et de la recherche suisses. Réalistes et inspirants, ils montrent de manière impressionnante comment l'innovation technologique mène à des produits révolutionnaires.

EPF Zurich



## Trouver de l'or avec du petit-lait

L'or, symbole de la richesse et du pouvoir, est aujourd'hui présent dans nos appareils électroniques. Mais son extraction est néfaste pour l'environnement. Bien que les déchets électroniques contiennent proportionnellement beaucoup plus d'or que les mines, ils sont peu recyclés. L'équipe du professeur Raffaele Mezzenga à l'EPF Zurich utilise des éponges à base de petit-lait, un sous-produit de l'industrie laitière, pour extraire l'or des déchets électroniques. La combustion de l'éponge permet de transformer deux déchets en un produit précieux : des pépites d'or d'une grande pureté.

BloqSens AG



## Un passeport pour les batteries

Les batteries sont essentielles à de nombreuses applications électroniques. Le manque de clarté quant à leur origine et à leur utilisation complique toutefois leur réutilisation et leur recyclage. C'est pourquoi l'UE introduira à partir de 2027 un passeport numérique pour les batteries (DBP) qui garantira la transparence. La start-up suisse BloqSens utilise une technologie de blockchain pour créer de tels passeports numériques. Le DBP vise à promouvoir le recyclage, la réutilisation et la confiance et s'inscrit dans une initiative de l'UE sur les passeports numériques de produits.

Modual SA



## Usés, mais pas hors d'usage

L'électromobilité est essentielle pour réduire les émissions de gaz à effet de serre dans le secteur des transports, mais elle pose également des problèmes tels que le recyclage des batteries. Une solution innovante en Suisse pourrait les résoudre : l'entreprise Modual utilise les batteries usagées de véhicules électriques, tels que les voitures particulières et les bus, pour la construction d'accumulateurs d'énergie stationnaires utilisés dans les ménages privés et dans l'industrie. Elle contribue ainsi à l'utilisation durable des ressources.

Empa



## D'anciens smartphones au service de l'efficacité énergétique

Les bâtiments représentent près de 40 % de la consommation d'énergie en Suisse. Les commandes intelligentes peuvent aider à utiliser plus efficacement l'énergie, mais nécessitent du matériel gourmand en ressources. Hanmin Cai, chercheur à l'Empa, montre comment des smartphones usagés peuvent prendre en charge la commande des bâtiments. Leur puissance de calcul est suffisante, ils sont bon marché et respectueux de l'environnement. Les premiers tests en laboratoire ont été concluants, la mise à l'échelle et le développement d'interfaces adaptées sont désormais imminents.

# Quelle est la pertinence de ces technologies ?

Le graphique classe les technologies sélectionnées en fonction de leur pertinence pour la Suisse : l'axe horizontal indique l'importance économique, qui tient compte du potentiel futur du marché, et l'axe vertical indique les compétences de la Suisse en matière de recherche. Les technologies de la géothermie profonde et des ordinateurs quantiques ne sont pas incluses dans le graphique en raison d'un manque de données.

## Domaine de recherche

-  Monde numérique
-  Énergie et environnement
-  Sciences de la vie
-  Procédés de fabrication et matériaux
-  Sciences spatiales

## Photosynthèse artificielle



## Technologies à émissions négatives

L'énergie solaire, l'eau et le CO<sub>2</sub> produisent des hydrocarbures. Des carburants respectueux du climat peuvent ainsi être produits et le stockage d'énergies renouvelables sous forme d'hydrogène devient possible. En tant que pôle d'innovation, la Suisse peut contribuer à la recherche fondamentale et au développement de matériaux.

## Observation de la Terre

## 1 Niches

Importance économique

## 2 Espoirs

Le plastique est un matériau polyvalent. Tandis que la production traditionnelle repose principalement sur des matières premières fossiles, de nouvelles approches utilisent les flux de déchets comme ressources pour la production. Des défis sont à relever, mais cette technologie est indispensable pour atteindre les objectifs climatiques mondiaux.

## Bioplastique issu de déchets



## Pérovskite

## Technologies plasma

## Hydrogène

Les plastiques sont peu coûteux et polyvalents, mais une grande partie des déchets plastiques, 80 % en Suisse, est incinérée, ce qui est nocif pour l'environnement. Un recyclage étendu avec une chaîne de création de valeur optimisée, de la production au recyclage, pourrait réduire l'empreinte écologique.

## Recyclage des plastiques



## Recyclage du phosphore



Le phosphore est un nutriment essentiel pour les plantes et l'alimentation humaine. Sa récupération à partir des boues d'épuration, des cendres de farines animales et d'urine pourrait réduire la dépendance locale aux importations et accroître la valeur ajoutée locale. La mise en œuvre est retardée pour des raisons politiques et économiques.

## TIM

## ARNm

## PIC

## Matériaux 2D

## Photonique à base de diamant

## Bactériophages

## Batteries flexibles

1

**Niches**

Elles disposent d'une grande compétence en matière de recherche, mais leur poids économique est faible et leur chiffre d'affaires est bas. Les investissements entraînent-ils réellement une hausse du chiffre d'affaires ? Ou l'industrie peut-elle utiliser ces technologies dans des applications de niche ?

2

**Espoirs**

La recherche est peu développée et le poids économique est faible à l'échelon national. S'agit-il d'étoiles montantes ou de produits invendables ? Il convient de suivre leur évolution, de déterminer le potentiel du marché et d'identifier les défis à relever.

3

**Stars**

Elles sont bien établies : le poids économique à l'échelon national est important, la recherche est forte et les chances d'une évolution positive sont bonnes. La clé du succès ? Les entreprises devraient exploiter les connaissances acquises et conquérir systématiquement de nouveaux secteurs d'activité.

4

**Succès assurés**

De manière inattendue, elles sont importantes pour l'économie nationale malgré un faible niveau de recherche et une évolution plutôt lente. La stratégie pour réussir ? Des investissements ciblés dans la formation initiale et continue, ainsi que dans la recherche appliquée.

Internet des objets

Industrie 5.0

uRLLC

Bioinspiration et biointégration

Alimentation personnalisée



Ils réduisent la dépendance aux énergies fossiles. Les nouveaux catalyseurs transforment des ressources durables telles que le CO<sub>2</sub>, la biomasse ou le rayonnement solaire en carburants. Les expériences basées sur l'IA et l'automatisation accélèrent le développement, mais nécessitent des investissements importants.

Stars 3

Succès assurés 4

Biologie de synthèse

Être humain augmenté



Les nouvelles technologies utilisent le CO<sub>2</sub> indésirable produit par les gaz d'échappement industriels comme source de carbone pour la fabrication de plastiques. Il s'agit d'une étape décisive pour atteindre l'objectif du zéro émission nette et pour une économie circulaire du carbone.

Biocatalyse

Béton bas carbone

Capteurs à fibres optiques

Colles et produits d'étanchéité durables

L'Académie suisse des sciences techniques SATW est le réseau de spécialistes le plus important dans le domaine des sciences techniques en Suisse. Elle entretient des relations avec les plus hautes instances suisses dans les domaines de la science, de la politique et de l'industrie. Ce réseau se compose de membres élus, de sociétés membres et de spécialistes.

Sur mandat de la Confédération, la SATW identifie les développements technologiques pertinents du point de vue industriel et informe les responsables politiques et la société de leur importance et de leurs conséquences. En tant qu'organisation professionnelle unique jouissant d'une grande crédibilité, elle diffuse des informations indépendantes, objectives et complètes sur la technologie, ce qui permet de se forger une opinion éclairée. La SATW encourage également l'intérêt pour la technique et l'éveil à la technologie au sein de la population, en particulier chez les jeunes. Elle est politiquement indépendante et à but non lucratif.

**satw**

Académie suisse des  
sciences techniques SATW

St. Annagasse 18  
8001 Zurich

044 226 50 11  
info@satw.ch  
www.satw.ch

## Perspectives technologiques

# Une vision pour plus d'innovation

De l'observation de la Terre à la bioinspiration: le Technology Outlook met en lumière des technologies présentant un potentiel particulier pour l'avenir de la Suisse. Il constitue ainsi une boussole pour le travail stratégique de l'industrie et de l'administration, mais aussi pour l'avenir de chacun et chacune d'entre nous.

**158**  
spécialistes

des sciences, de l'économie et de la politique

**62**  
institutions

en Suisse

**31**  
technologies

avec un potentiel pour la Suisse

**37**  
showcases

montrent comment les entreprises utilisent les nouvelles technologies avec succès.

### Mentions légales

**Direction du projet :** Claudia Schärer

**Auteurs et autrices :** Matthias Meili, Claudia Schärer, Stefan Scheidegger

**Photos :** Abbmira, Bloqsens AG, Empa (Hanim Cai), EPF Zurich (Raffaele Mezzenga), Freepik, iStock, Ligentec, Modual AG, Unsplash (Wassim Chouak, Alexander Grey, Anton Maksimov, Brian Yurasits)

**Rédaction :** Esther Lombardini

**Graphique :** Büro Haeberli

**Traduction :** Supertext SA

**Impression :** Egger AG