

Résumé

Technology Outlook

Technologies d'avenir pour la Suisse

2023

Le Technology Outlook de la SATW

Dans le cadre du programme Foresight, l'Académie suisse des sciences techniques SATW effectue une veille technologique pour le compte de la Confédération. Résultat des activités menées pour Foresight, le Technology Outlook présente des technologies d'avenir qui seront amenées à jouer un rôle pour la Suisse dans les années à venir. Agence spécialisée unique en son genre, la SATW jouit d'une crédibilité élevée et fournit des informations objectives et complètes sur la technique de sorte qu'un fondement solide permette la formation des opinions. Elle opère librement, sans être soumise à des intérêts politiques ni à une logique commerciale.

Avec la rapidité des mutations technologiques, les visées prospectives perdent en clarté. Le Technology Outlook offre des repères dans le paysage technologique de demain. À la manière d'un guide de voyage pour le futur, il met en lumière les tendances technologiques prometteuses, les répertorie en fonction de leur importance pour la vitalité scientifique et industrielle de la Suisse et effectue des rapprochements avec les développements observés ailleurs. En identifiant les chances et les enjeux qui se présentent, le Technology Outlook constitue un pilier significatif pour les activités stratégiques de l'industrie et des pouvoirs publics ainsi que des services de promotion économique territoriale.

Outre la présentation des technologies et de leur influence à l'échelle nationale, ce résumé met en avant les opportunités qu'elles présentent pour le paysage scientifique et économique suisse. Il nous entraîne au cœur de l'industrie suisse avec une sélection de cas d'usage (showcases), expose quatre technologies phares et aborde les tendances majeures en Suisse et à l'étranger. Le Technology Outlook repose sur les entretiens menés avec 183 expert•e•s représentant 89 institutions.

183
expert•e•s

89
institutions

32
technologies

22
cas d'usage

Sur technology-outlook.ch, la plateforme de connaissances centrale pour la place économique suisse, découvrez des articles détaillés présentant différentes technologies, des portraits ainsi que les tendances nationales et internationales. Ce site vous offre la possibilité exclusive de personnaliser votre exemplaire du Technology Outlook à télécharger au format PDF.



Technologies et société

Les technologies jouent un rôle capital pour le monde de demain. Une enquête menée auprès d'un groupe interdisciplinaire de 94 expert•e•s sur l'impact des technologies sur la société a permis de dégager les éléments suivants.

Un système de santé innovant nécessite la confiance. La médecine de demain s'appuiera toujours plus souvent sur des données nécessitant une protection particulière. L'enquête a clairement montré que les expert•e•s estiment du devoir de la Confédération et des cantons avant tout de formuler des directives en phase avec les pratiques afin d'encadrer l'utilisation des données et de répondre aux besoins de protection. Dans le même temps toutefois, celles-ci devront aussi permettre un échange simple et transparent des données à des fins de recherche. Pour les différentes organisations au sein du système de santé, l'enjeu sera d'obtenir la confiance de la population et de savoir la maintenir. Cela impliquera des dispositions régissant de manière transparente l'utilisation consentie des données personnelles.

Approvisionnement énergétique – la sécurité prime sur les coûts. Parmi les six objectifs suivants, les expert•e•s estiment que Sécurité de l'approvisionnement, Sécurité technologique et Neutralité climatique détiennent une importance nettement plus grande que Paysages intacts, Degré d'autosuffisance maximal ou encore Énergie bon marché. De plus, les participant•e•s à l'enquête estiment qu'un renchérissement de l'énergie en vue d'augmenter le degré d'autosuffisance sera moins bien accepté que s'il permet d'améliorer l'empreinte carbone. Selon eux, assurer l'approvisionnement énergétique relève davantage des grands groupes du secteur de l'énergie, de la Confédération et des cantons que de la consommation des particuliers. La recherche scientifique doit contribuer à un approvisionnement énergétique durable par l'étude de nouvelles sources d'énergie et par le développement d'appareils de basse consommation.

Les connaissances sont le nerf de la guerre en ce qui concerne les matériaux, puisque ceux-ci sont indissociables d'aspects écologiques, économiques et sociaux. Pour les expert•e•s une large diffusion du savoir dans les écoles ainsi que des campagnes d'information représentent les mesures les plus prometteuses dans ce contexte. Cependant, les cycles de valorisation doivent être bouclés. Les expert•e•s estiment que des mesures incitatives pourraient s'avérer être des instruments appropriés. Toutefois, la communauté scientifique reste partagée sur la question de savoir si la population est disposée à accepter un surcoût pour des matériaux plus durables.

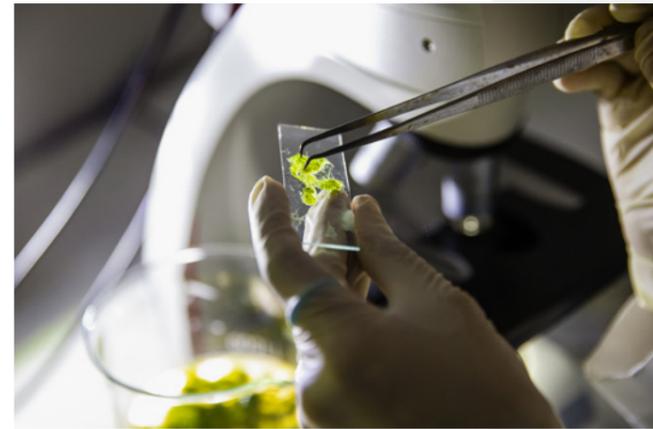
Tendances nationales

L'édition 2023 compte 19 technologies qui figuraient déjà dans le premier diagramme à quadrants de 2019. L'évolution de leurs positions respectives entre les deux publications est révélatrice. Pour de nombreuses technologies, les changements sont notables.

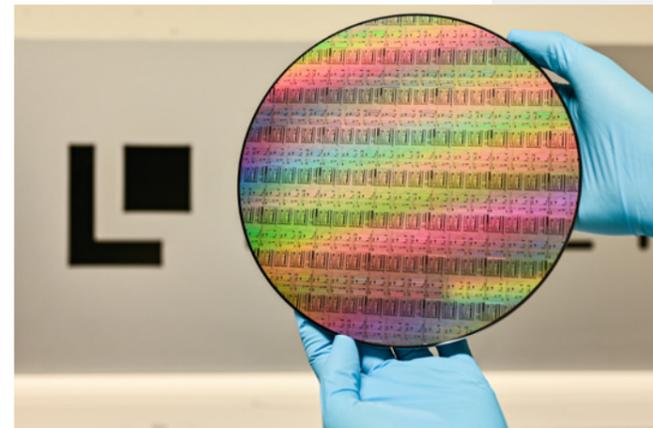
La portée économique étant déterminée avant tout sur la base du chiffre d'affaires d'entreprises suisses, un décalage vers la droite s'explique donc principalement par une augmentation des ventes et donc de l'activité industrielle. La cryptographie quantique et post-quantique, les sources alternatives de protéines et les tests point of care enregistrent les glissements les plus marqués dans cette direction. Le nombre de groupes de recherche académique ou industrielle en Suisse sert à déterminer le niveau de la compétence de recherche. Un glissement vers le haut peut donc provenir des milieux académiques et/ou industriels. À l'exception des tests point of care et de la cryptographie quantique et post-quantique, l'accroissement de la compétence de recherche trouve son origine dans un nombre plus élevé de groupes de recherche industrielle. De fait, l'importance grandissante de ces technologies pour la Suisse est presque exclusivement due à l'activité industrielle. Les changements de position sont détaillés sur le site consacré au Technology Outlook, mais pas dans le diagramme à quadrants du résumé.

Depuis 2018, la SATW suit les discussions sur les comptes Twitter (devenu X en 2023) des hautes écoles suisses. Les moyennes des années 2021 et 2022 montrent une prédominance de la photovoltaïque dans le débat public : 33 pour cent des hautes écoles ont parlé de la photovoltaïque, 31 pour cent de la blockchain, 29 pour cent de la réalité étendue, 18 pour cent de l'informatique quantique et 16 pour cent de la culture en masse des cellules souches. Le top 5 sur Twitter se compose uniquement des technologies qui affichent un glissement vers la droite sur les quadrants. L'observation sur une période prolongée révèle une hausse du nombre de hautes écoles qui ont communiqué sur l'informatique quantique et la photovoltaïque, l'augmentation étant particulièrement prononcée pour cette dernière. Pour les trois autres technologies du top 5 des discussions sur Twitter, le nombre de hautes écoles s'exprimant sur ces sujets est en recul. Il semblerait qu'un report soit sur le point d'avoir lieu dans l'industrie comme le glissement vers la droite dans le diagramme le laisse effectivement penser.

Diagramme à quadrants



La **photosynthèse artificielle** utilise l'énergie solaire pour décomposer l'eau en oxygène et en hydrogène puis, avec du CO₂ tiré de l'atmosphère ou de fumées industrielles, en faire des hydrocarbures tels que des carburants. Ce procédé devrait contribuer largement à un approvisionnement énergétique durable.



Circuits intégrés photoniques (PIC): Diodes laser et filtres remplacent transistors et résistances : les puces dotées de circuits photoniques sont moins énergivores que leurs cousines électroniques. Technologie d'avant-garde au vu des projections sur la consommation électrique des infrastructures IT de demain, elle est synonyme d'opportunités pour les entreprises spécialisées.

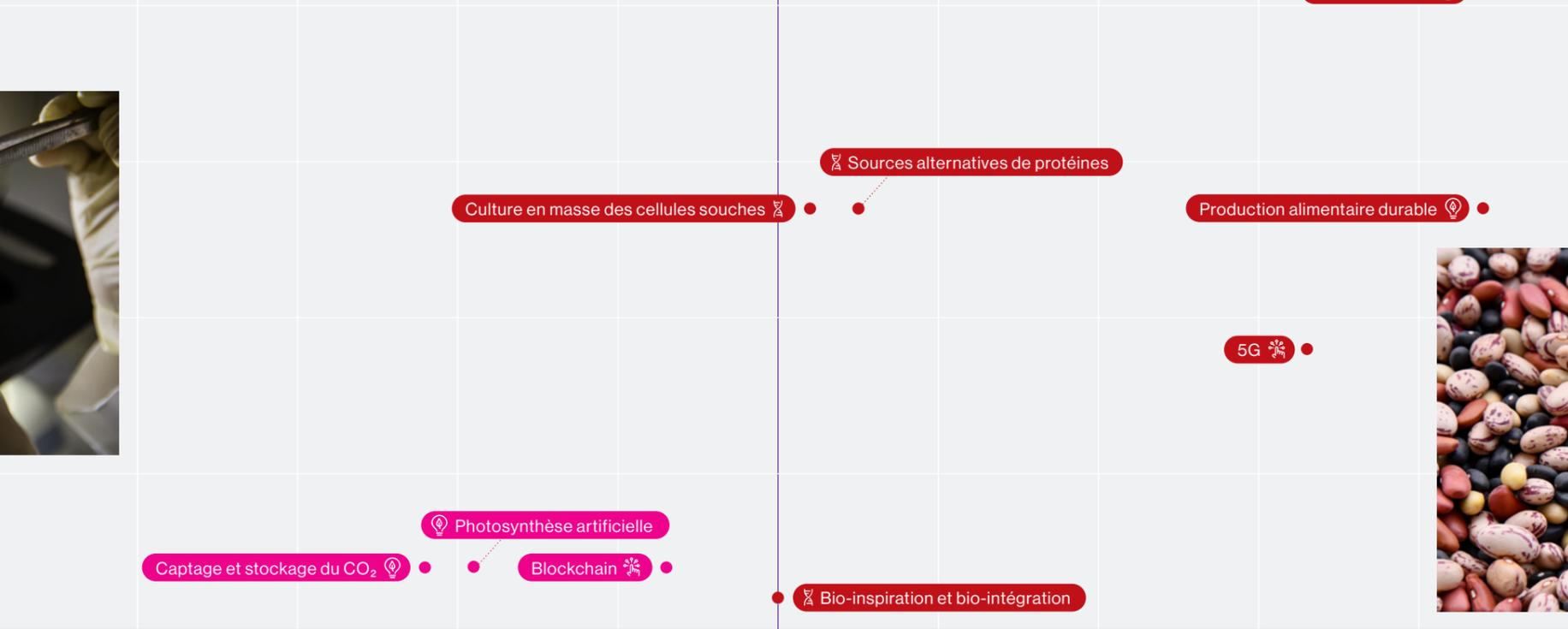
Compétence de recherche en Suisse

Niches technologiques

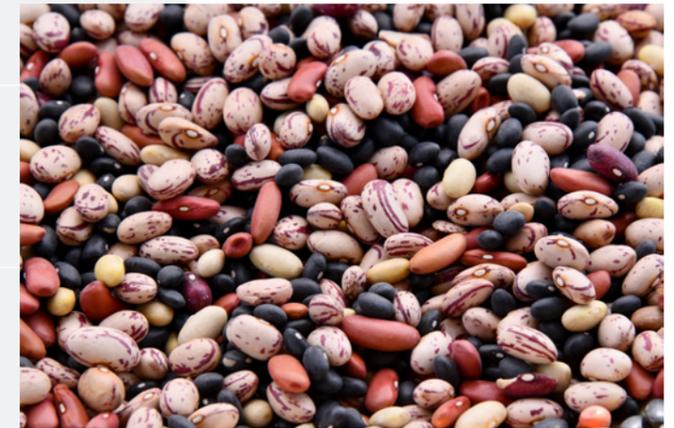
Le retour sur investissement doit être soumis à un regard critique. L'enjeu : renforcer la commercialisation internationale, explorer d'autres secteurs d'activité et optimiser les processus industriels pour réduire les coûts de production.

Stars technologiques

Elles ont toutes les chances d'évoluer positivement et cela doit être mis à profit. Pour se maintenir à la pointe, les entreprises devront miser sur leur savoir et explorer de nouveaux marchés.



Sources alternatives de protéines: Avec l'impact de la filière viande sur l'environnement, les consommateurs sont à la recherche de produits de substitution. Mais leur développement ne sera écologique que si les acteurs d'importance s'attèlent de concert aux grandes questions. Les perspectives sont là : en 2021, les ventes réalisées par les entreprises suisses dans le monde avoisinaient 500 millions de francs suisses.

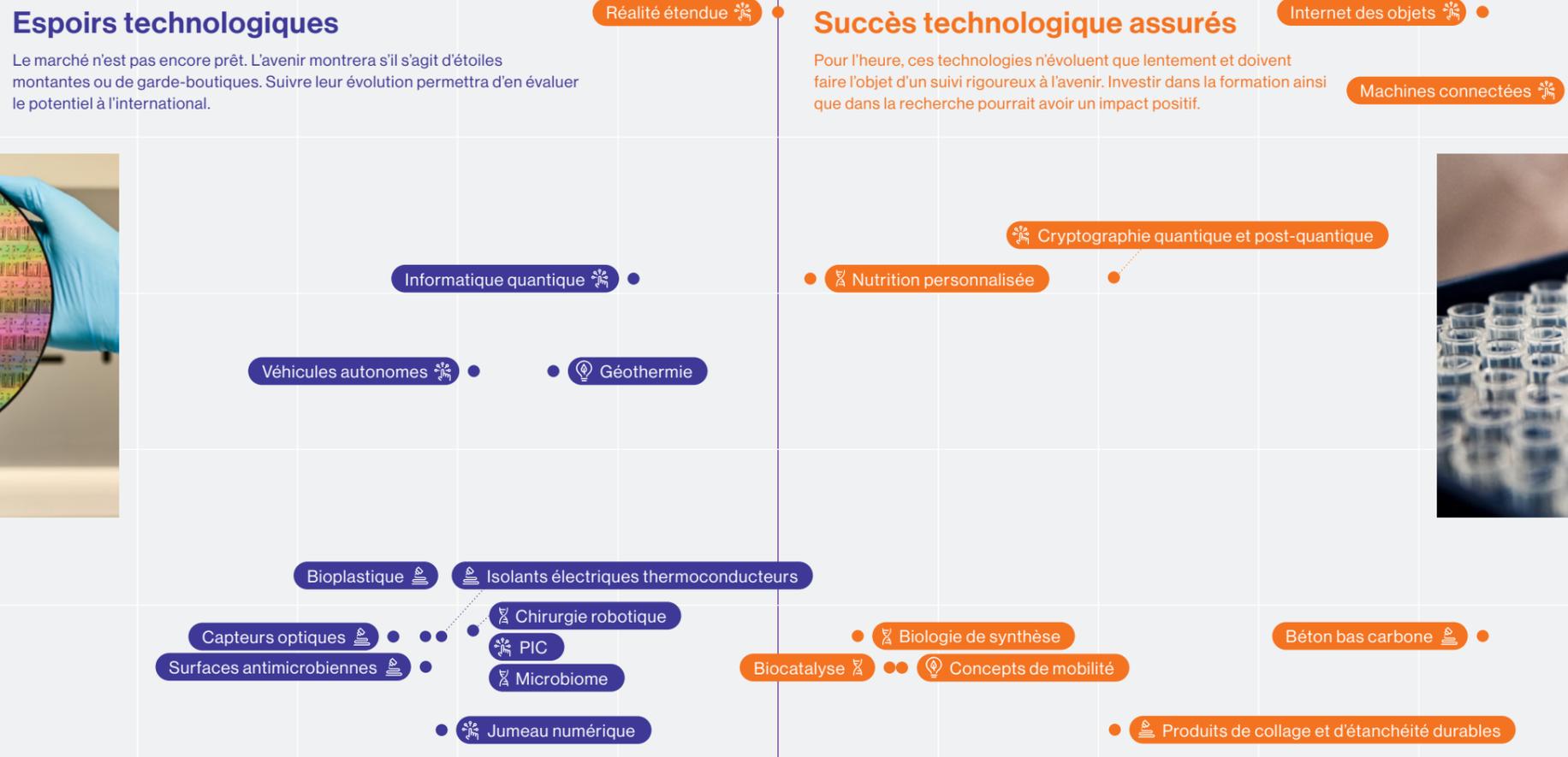


Espoirs technologiques

Le marché n'est pas encore prêt. L'avenir montrera s'il s'agit d'étoiles montantes ou de garde-boutiques. Suivre leur évolution permettra d'en évaluer le potentiel à l'international.

Succès technologique assurés

Pour l'heure, ces technologies n'évoluent que lentement et doivent faire l'objet d'un suivi rigoureux à l'avenir. Investir dans la formation ainsi que dans la recherche pourrait avoir un impact positif.



Biocatalyse: Précieuse alternative à la chimie de synthèse, la biocatalyse se sert de microorganismes pour accélérer certaines réactions : les processus sont plus efficaces et plus ciblés. Sur fond de crise énergétique et de changement climatique, elle augure d'une chimie plus verte et d'une économie circulaire globale.

Tendances internationales

Depuis 2018, la SATW suit les comptes officiels Twitter (renommé X en 2023) de 833 établissements d'enseignement supérieur en Suisse, en Allemagne, en France, en Autriche, en Italie et en Grande-Bretagne. En montrant comment les établissements d'enseignement supérieur perçoivent les échanges sur les technologies dans leur contexte sociétal respectif, cette étude permet de comprendre où et quand quels thèmes suscitent l'attention. Mais cette analyse ne permet pas de connaître la nature des recherches, leur intensité, ni où elles sont menées.

Entre 2018 et 2022, ce sont près de 1,7 million de messages qui ont été publiés sur les comptes Twitter des institutions supérieures considérées. Près de 17 000 d'entre eux portent sur une technologie présentée dans le Technology Outlook. Monde numérique et Énergie et environnement sont deux champs de recherche qui retiennent l'attention. À l'échelon européen, tous deux font l'objet de nettement plus de communications que les domaines Procédés de fabrication et matériaux et Sciences de la vie.

Le domaine Monde numérique est en recul dans tous les pays, mais il est le plus marqué en Suisse et en Grande-Bretagne. Les établissements supérieurs ont en effet moins tweeté sur les technologies qui ont attiré le plus d'attention ces dernières années, à savoir la blockchain (-9 points de pourcentage), l'internet des objets (-8 points de pourcentage) et la réalité étendue (-6 points de pourcentage), qui en dépit de ce repli font toujours partie des technologies les plus discutées. Les deux technologies jumeau numérique (+4 points de pourcentage) et informatique quantique (+2 points de pourcentage) affichent une évolution positive.

Les technologies du domaine Énergie et environnement ont gagné en popularité partout, sauf en Italie. Cette croissance provient avant tout de la photovoltaïque (+4 points de pourcentage) et le captage et stockage du CO₂ (+2 points de pourcentage). Nulle part en Europe l'intérêt pour la photovoltaïque n'a connu de progression aussi forte qu'en Suisse (+16 points de pourcentage). À l'opposé, les concepts de mobilité ont perdu en popularité presque partout.

Opportunités pour la Suisse

Les nouvelles technologies captent une attention particulièrement vive lorsqu'elles vont de pair avec des améliorations : gain d'efficacité, sécurité renforcée ou meilleure protection de l'environnement. Elles couvrent en général plusieurs domaines et nécessitent donc une réflexion interdisciplinaire.

Des écosystèmes réunissant des acteur·rice·s divers·e·s par leur domaine scientifique ou leur secteur industriel font la force de la Suisse et prédestinent la recherche et l'économie nationales à des approches interdisciplinaires. Que leur profil soit scientifique ou industriel, les expert·e·s ayant participé au présent rapport estiment que, par l'interdisciplinarité qu'elles exigent, les technologies suivantes offrent des opportunités de taille pour la Suisse : *bio-inspiration et bio-intégration, machines connectées, microbiome, nutrition personnalisée, biologie synthétique.*

Les domaines de recherche interdisciplinaires sont potentiellement disruptifs, mais peinent à trouver des financements. Il est donc primordial que l'évaluation des demandes de subvention, qui reposent sur des dossiers aux thèmes complexes, soit réalisée par des instances interdisciplinaires.

Pour l'économie suisse, les applications spécialisées high-tech ou de niche comme *les surfaces antimicrobiennes, les bioplastiques, le jumeau numérique, la photovoltaïque, les circuits intégrés photoniques (PIC)* détiennent un fort potentiel.

Ces technologies, et les applications qui en découlent, peuvent tout aussi bien être développées par des entreprises établies, grandes ou petites, que par des start-ups. De plus, elles ouvrent la voie à des cas d'affaires intéressants. Avec à la clé, des emplois et la création de valeur en Suisse.

Dans certaines technologies, la Suisse peut jouer un rôle de chef de file et exporter du savoir-faire plutôt que des produits. Elle peut servir de laboratoire grandeur nature durant la phase de développement initial et intégrer les résultats aux activités ultérieures. Cette démarche revêt une importance particulière pour notamment : *le béton bas carbone, les concepts de mobilité, le captage et stockage du CO₂, la nutrition personnalisée.*

Un lien étroit entre recherche et industrie est déterminant pour la vitalité du tissu économique suisse. Son existence suppose donc que les idées circulent régulièrement entre place scientifique et industrielle, et que la recherche appliquée soit encouragée.

Showcases



Traduction automatique personnalisée de Textshuttle



Une entreprise, une voix

Partiriez-vous faire une randonnée de montagne exigeante en compagnie d'un chien que vous ne connaissez pas ? La réponse devrait être simple. Il en va de même pour les traductions de textes d'entreprise. Est-il judicieux de les confier à des logiciels libres d'accès tels que ChatGPT, Google Translate ou DeepL qui ne connaissent ni la terminologie ni les pratiques stylistiques de l'entreprise ? Spin-off de l'Université de Zurich, Textshuttle développe un logiciel qui, tout comme les outils gratuits, repose sur l'apprentissage automatique, mais dont



« *Textshuttle donne une voix à toutes les entreprises.* »

Samuel Läubli, Textshuttle

l'entraînement intègre également les normes rédactionnelles et les tournures propres à l'entreprise. Le logiciel s'approprie, pour ainsi dire, la charte éditoriale d'une entreprise et assimile également la façon d'écrire de traducteur·rice·s professionnel·le·s. Et c'est bien là l'avantage d'une telle application : les solutions calibrées à une entreprise fournissent des résultats de meilleure qualité que les outils gratuits comparables et se traduisent par une augmentation de l'efficacité des services linguistiques de l'ordre de 40 à 60 pour cent. De plus, les données restent chez les client·e·s ou sur des serveurs localisés en Suisse. Cela permet donc d'utiliser la traduction automatique pour des informations sensibles également.



Système développé par Kyburz pour la découpe des batteries et l'extraction des électrodes destinées au recyclage



Recycler les batteries au bain-marie

Comment récupérer de manière écologique les matériaux rares qui entrent dans la composition des batteries ? C'est la question que s'est posée l'entreprise Kyburz en lançant le développement d'un procédé de recyclage inédit. L'entreprise est connue pour les triporteurs électriques qu'utilise La Poste



« *Pour nous, une batterie usée n'est pas un déchet mais une ressource.* »

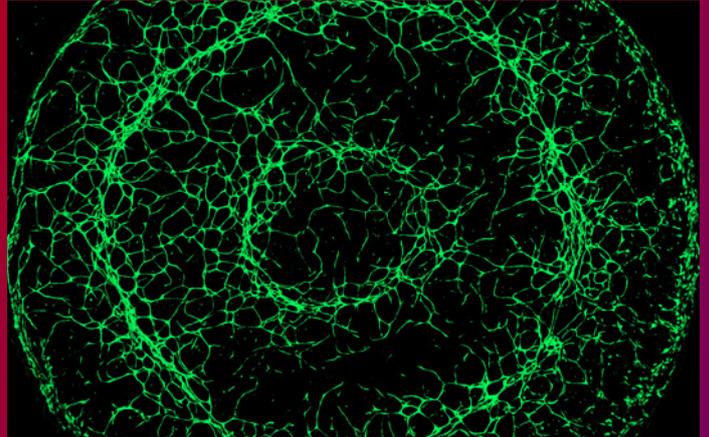
Olivier Groux,
Kyburz Switzerland AG

et dont le cycle de vie mise sur une valorisation maximale des ressources. Les batteries qui ne sont plus suffisamment puissantes pour être réutilisées accèdent à la deuxième étape de recyclage. Les cellules des batteries sont tout d'abord déchargées, puis ouvertes mécaniquement avant qu'en soient extraites les électrodes ; enfin, leurs différents composants sont dissociés avec de l'eau. Ce procédé permet de récupérer les matériaux actifs contenant du lithium à l'état de matière première. Il a été démontré l'année dernière que les matériaux recyclés peuvent être utilisés à la fabrication de nouvelles cellules de batterie. Par rapport aux méthodes conventionnelles de recyclage des batteries, ce nouveau procédé présente l'avantage de pouvoir être réalisé sans produits chimiques et avec très peu d'énergie. Il contribue ainsi à la récupération durable des matières premières intervenant dans la fabrication des batteries tout en abordant un problème majeur de la mobilité électrique.

Showcases



Échantillon d'une structure grillagée faite en acier à mémoire de forme



Organisation tissulaire par induction acoustique

 Empa

Protection antisismique en quatre dimensions

Plonger des lunettes faites d'un alliage à mémoire de forme dans de l'eau chaude leur permet de retrouver leurs lignes initiales. Une caractéristique qui est également intéressante pour renforcer et stabiliser des bâtiments. Cela nécessite des produits dotés de ces propriétés, par exemple des fers d'armature à mémoire de forme.



« Si l'on parvient à passer à l'échelle supérieure, les grillages imprimés en 4D pourraient servir à assurer la protection antisismique d'édifices. »

Irene Ferretto, Empa

À l'Empa, les scientifiques ont développé un nouvel alliage de fer dont l'effet mémoire opère à des températures impossibles à atteindre même par temps ensoleillé, mais suffisamment basses pour ne pas endommager le béton. Les tiges d'armature disposant des propriétés optimales sont imprimées à partir du nouvel acier à mémoire de forme : associer un matériau à effet mémoire et l'impression 3D correspond à une impression 4D, soit en quatre dimensions. Le potentiel de ce procédé pour le bâtiment sera pleinement exploité lorsque l'on parviendra à imprimer des structures complexes comme des grillages à effet mémoire. Un grillage de ce type pourrait par exemple absorber les ondes de choc d'un tremblement de terre puis être ramené à son état initial par l'influence de la chaleur et ce, un nombre infini de fois.

 MimiX Biotherapeutics

Implants depuis le haut-parleur

Structurer des tissus par le son — c'est l'idée qui marque la création de l'entreprise MimiX Biotherapeutics. Des cellules placées dans un hydrogel, un réseau gonflé d'eau, sont soumises à des ondes acoustiques, puis fixées dès que la géométrie désirée s'est formée grâce à de la musique. L'implant ainsi obtenu est un fragment de tissus tridimensionnel créé artificiellement et doté d'un ordonnancement spatial de cellules défini.



« Ce procédé est d'une telle simplicité qu'on envisage de produire les implants au pied même du lit d'hôpital. »

Tiziano Serra,
MimiX Biotherapeutics

Des études sur des souris montrent que les implants servent de cellule germinale à des structures physiologiques en organisant les tissus malades autour d'eux et en formant des structures de type vasculaire essentielles à la guérison. De plus, ces implants sont bien tolérés par le corps. Cela les prédestine à de nombreuses applications dans la médecine régénérative et ils pourraient changer la donne

en matière de reconstruction osseuse ou cutanée ainsi que dans le développement d'organes artificiels miniatures. Il s'agit d'un procédé bien supporté par les cellules et qui est simple techniquement. Mais ses leviers d'application ne se limitent pas à la médecine : la fabrication de viande de culture pourrait également bénéficier de cette technologie. Imiter la nature pour orchestrer la vie.