

2035



DOSSIER

LES NOUVELLES VOIES DU FUTUR ÉNERGÉTIQUE

DOSSIER: LES NOUVELLES VOIES DU FUTUR ÉNERGÉTIQUE

CONTEXTE

Exploiter ce que l'on a sous la main

A l'Institut Paul Scherrer PSI, les chercheurs tentent de trouver des solutions qui permettraient d'intégrer efficacement l'énergie issue du soleil, du vent et de la biomasse dans le système énergétique suisse.

Page 10

INFOGRAPHIE

Relier le réseau électrique et le réseau du gaz

Tel est l'objectif de la plateforme ESI, la plateforme d'essai pour l'intégration des systèmes énergétiques au PSI.

Page 14

ENTRETIENS

Une technologie testée en pratique

Dans le cadre d'un projet commun avec le PSI, le prestataire énergétique zurichois Energie 360° vient de tester avec succès une technologie qui permet d'optimiser la production de biogaz à partir de déchets organiques.

Page 16

Mutuellement profitable

C'est en ces termes qu'Alexandre Closset décrit sa collaboration avec le PSI. Rencontre avec le directeur de l'entreprise fribourgeoise Swiss Hydrogen, spécialisée dans la production de piles à combustible.

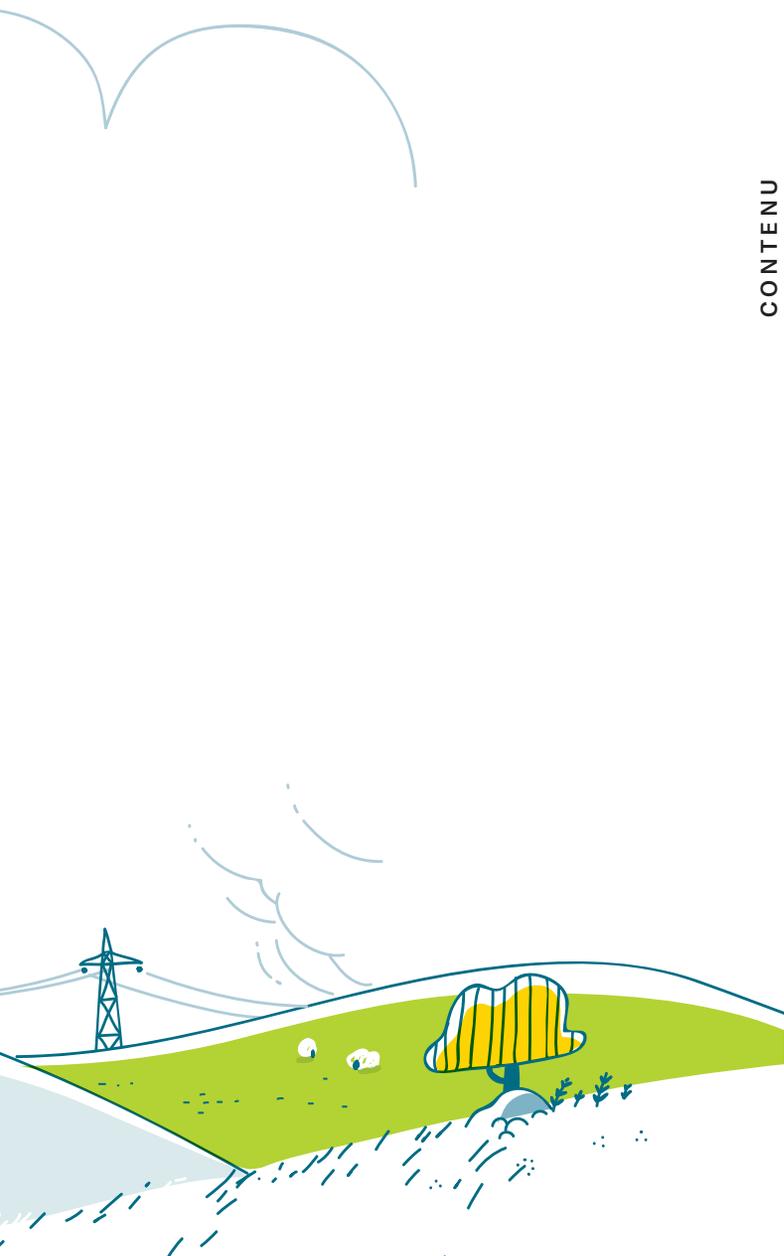
Page 18



Tirer à la même corde

Le PSI fait partie d'un réseau scientifique dont les membres se sont fixé pour objectif de relever ensemble les défis du tournant énergétique.

Page 20



QUESTIONS-RÉPONSES	
Trois questions à Joël Mesot	4
LE PRODUIT	
Médicaments	6
L'AUXILIAIRE	
Moustache de chat	7
 DOSSIER:	
LES NOUVELLES VOIES DU FUTUR ÉNERGÉTIQUE	8
 CONTEXTE	
Exploiter ce que l'on a sous la main	10
 INFOGRAPHIE	
Relier le réseau électrique et le réseau du gaz	14
 ENTRETIENS	
Une technologie testée en pratique	16
Mutuellement profitable	18
 TOILE DE FOND	
Tirer à la même corde	20
EN IMAGE	
Anna Soter	21
AILLEURS EN SUISSE	
Lausanne-Villigen: un aller-retour très spécial	22
L'Hôpital ophtalmique Jules-Gonin prépare les patients pour leur traitement au PSI.	
EN BREF	
Actualité de la recherche au PSI	26
1 De l'énergie à base de marc de café	
2 Matière noire	
3 Avenir énergétique	
4 Alvéoles pulmonaires	
GALERIE	
En route pour la recherche	28
Cinq sites hors code postal 5232, où des chercheurs du PSI s'activent.	
PORTRAIT	
Le saute-frontières	34
Majed Chergui, professeur à l'EPFL, a contribué au développement du plus grand microscope de Suisse: la SLS.	
QUI SOMMES-NOUS?	38
IMPRESSUM	40
DANS LE PROCHAIN NUMÉRO	41

1

Joël Mesot, la recherche énergétique au PSI se fait traditionnellement en étroite collaboration avec l'industrie. Avec la plateforme ESI, qui permet de tester l'intégration des systèmes énergétiques, cette collaboration va maintenant s'intensifier. Pourquoi franchir ce pas?

Le système énergétique en Suisse est sur le point de subir d'importantes transformations que la recherche scientifique et l'industrie peuvent gérer, mais à condition de travailler main dans la main. La plateforme ESI nous permet de combler une lacune. Elle est une espèce de «missing link» entre recherche et application industrielle, se focalisant sur le stockage de l'énergie, le challenge le plus urgent, à mon avis. D'un côté, nos partenaires peuvent tester de nouvelles technologies afin de vérifier leur potentiel dans le cadre d'une réalisation industrielle. De l'autre, ils peuvent profiter directement de notre savoir-faire dans le domaine de la recherche énergétique provoquant ainsi une accélération du transfert technologique de la recherche à l'industrie.

2

A l'inverse, le PSI profite-t-il aussi du savoir-faire de l'industrie?

Bien entendu. Le point de vue de l'industrie nous permet d'identifier de manière plus pointue les domaines où nous devons affiner nos recherches pour aboutir à des technologies praticables. Nous sommes ainsi en mesure d'intégrer précocement les exigences de l'industrie dans le développement technologique. D'un autre côté, l'industrie nous ouvre aussi des possibilités pour tester nos idées en conditions réelles. Comme celle que nous avons eue récemment pour tester directement une technologie de production de biogaz à partir de déchets organiques.

3

Quel rôle jouent les réseaux avec les autres centres de recherche dans le domaine de l'énergie?

Un rôle essentiel, car l'avenir de l'énergie n'est pas encore écrit en détail. Pour le façonner de manière efficace, il est important de ne pas agir de manière isolée. Beaucoup de questions sont encore ouvertes et, pour tester les meilleures solutions, nous devons expérimenter en mettant nos démarches complémentaires en réseau. Ainsi, à travers les pôles de compétence en recherche énergétique (SCCER) financés par la Confédération et en étroite collaboration avec d'autres institutions du domaine des EPF, mais aussi avec des universités et de hautes écoles spécialisées, nous pouvons comparer et combiner les différentes approches. En fin de compte, l'objectif commun est le développement d'un système énergétique efficace et écologique pour la Suisse. Pour y arriver, tout le monde doit tirer à la même corde.

Trois questions à Joël Mesot

QUESTIONS-RÉPONSES

Le dossier de cette édition s'intitule «Nouvelles voies pour l'avenir énergétique». Ces voies seraient-elles concevables sans une étroite coopération entre l'industrie et la recherche scientifique? Les réponses de Joël Mesot, directeur de l'Institut Paul Scherrer.



Certaines analyses menées au PSI pourraient servir un jour à améliorer des produits du quotidien. Exemple.

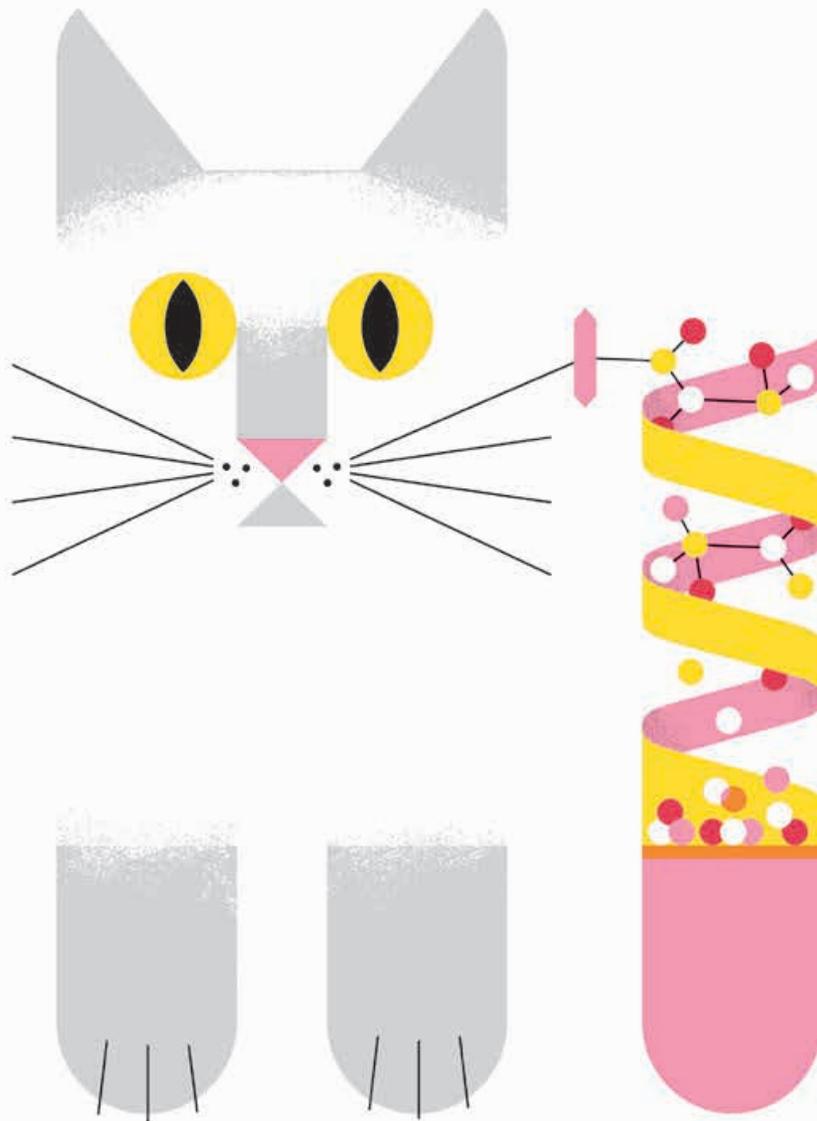
Médicaments

Les principes actifs contenus dans les médicaments sont des molécules spécifiques. La plupart d'entre elles ont été sélectionnées pour s'arrimer à des protéines bien particulières dans l'organisme du patient. Suivant le principe actif, ces protéines sont soit celle de la bactérie qu'il s'agit de combattre, soit une protéine propre au patient. C'est de cette façon que les médicaments combattent les bactéries, atténuent certains symptômes et soignent les maladies. Si l'on veut produire à l'avenir des médicaments sur mesure et encore plus efficaces, il est important de connaître précisément la protéine cible. A cet égard, la structure de cette dernière, autrement dit l'agencement précis de ses centaines de composants, joue un rôle décisif. Cet agencement peut être étudié à l'aide du rayonnement X intense de la Source de Lumière Suisse SLS et, bientôt, il pourra aussi être analysé au SwissFEL, le nouveau laser à électrons libres. Depuis la mise en service de la SLS en 2002, plus de 5000 structures de protéines ont été décryptées.

La recherche de pointe recourt parfois à des auxiliaires étonnamment ordinaires. Exemple.

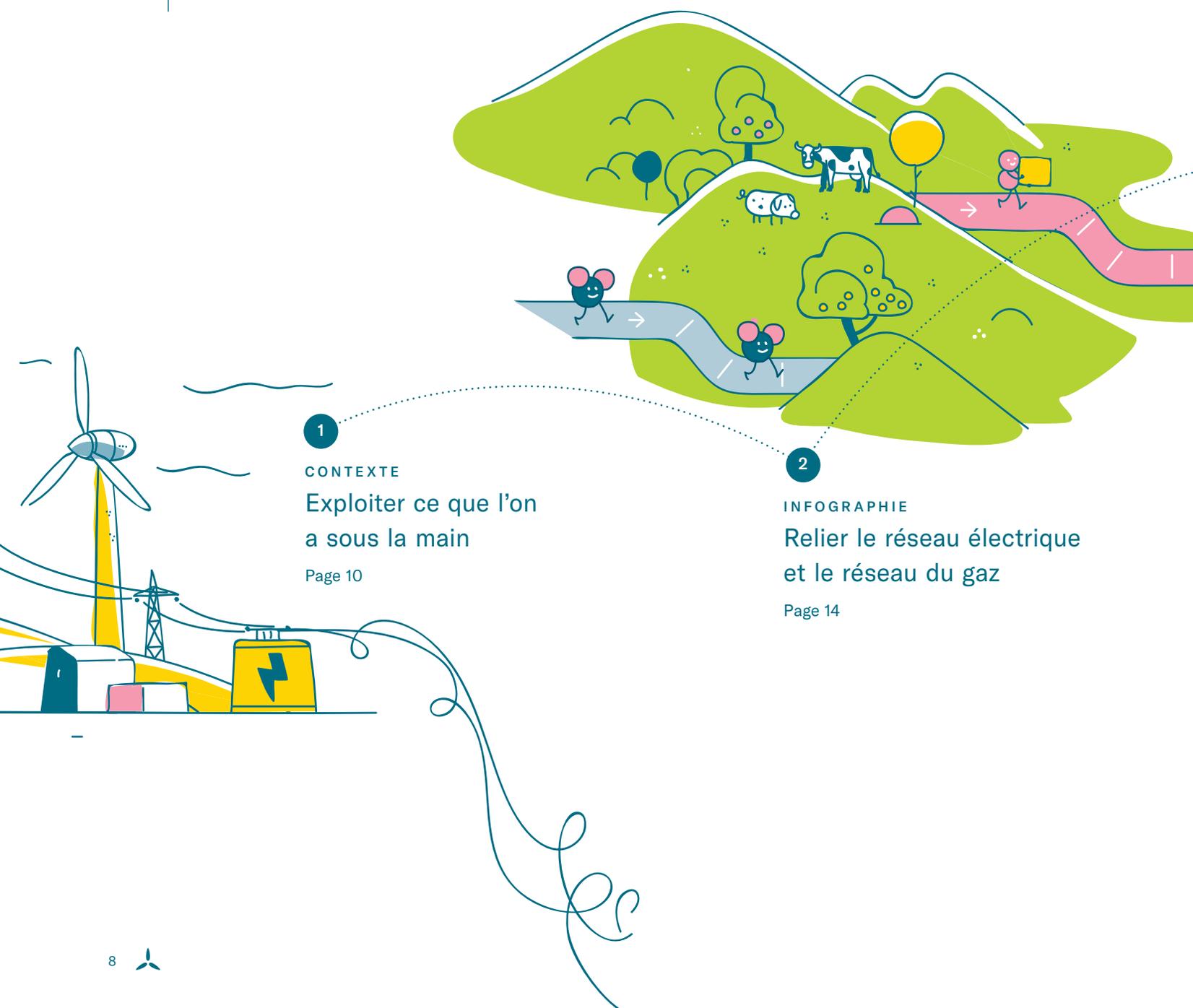
Moustache de chat

Non, les chats n'ont pas accès aux laboratoires du PSI. Mais lorsqu'ils perdent une vibrisse, c'est-à-dire l'une de leurs moustaches, les chercheurs du PSI peuvent faire bon usage de ce poil sensoriel. Car pour réussir à décrypter la structure d'une protéine à la Source de Lumière Suisse SLS, il faut commencer par inciter beaucoup de molécules de protéines identiques à se lier les unes aux autres suivant l'agencement régulier d'un petit cristal. Une vibrisse peut se révéler alors très utile: les chercheurs la passent délicatement dans une goutte du liquide où flottent les protéines et les premières ébauches de cristaux. Ces dernières restent accrochées à la surface rugueuse de la vibrisse et seront ainsi transférées dans un nouveau liquide, où elles formeront des cristaux un peu plus grands. Et ainsi de suite. Avant d'être finalement analysées à la SLS.



Les nouvelles voies du futur énergétique

Le système énergétique suisse se transforme. Au PSI, les chercheurs collaborent avec des partenaires scientifiques et industriels pour relever les défis liés à l'approvisionnement énergétique de demain.



1

CONTEXTE

Exploiter ce que l'on
a sous la main

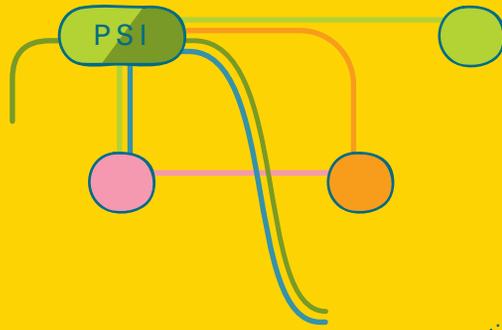
Page 10

2

INFOGRAPHIE

Relier le réseau électrique
et le réseau du gaz

Page 14



TOILE DE FOND
Tirer à la même corde
Page 20

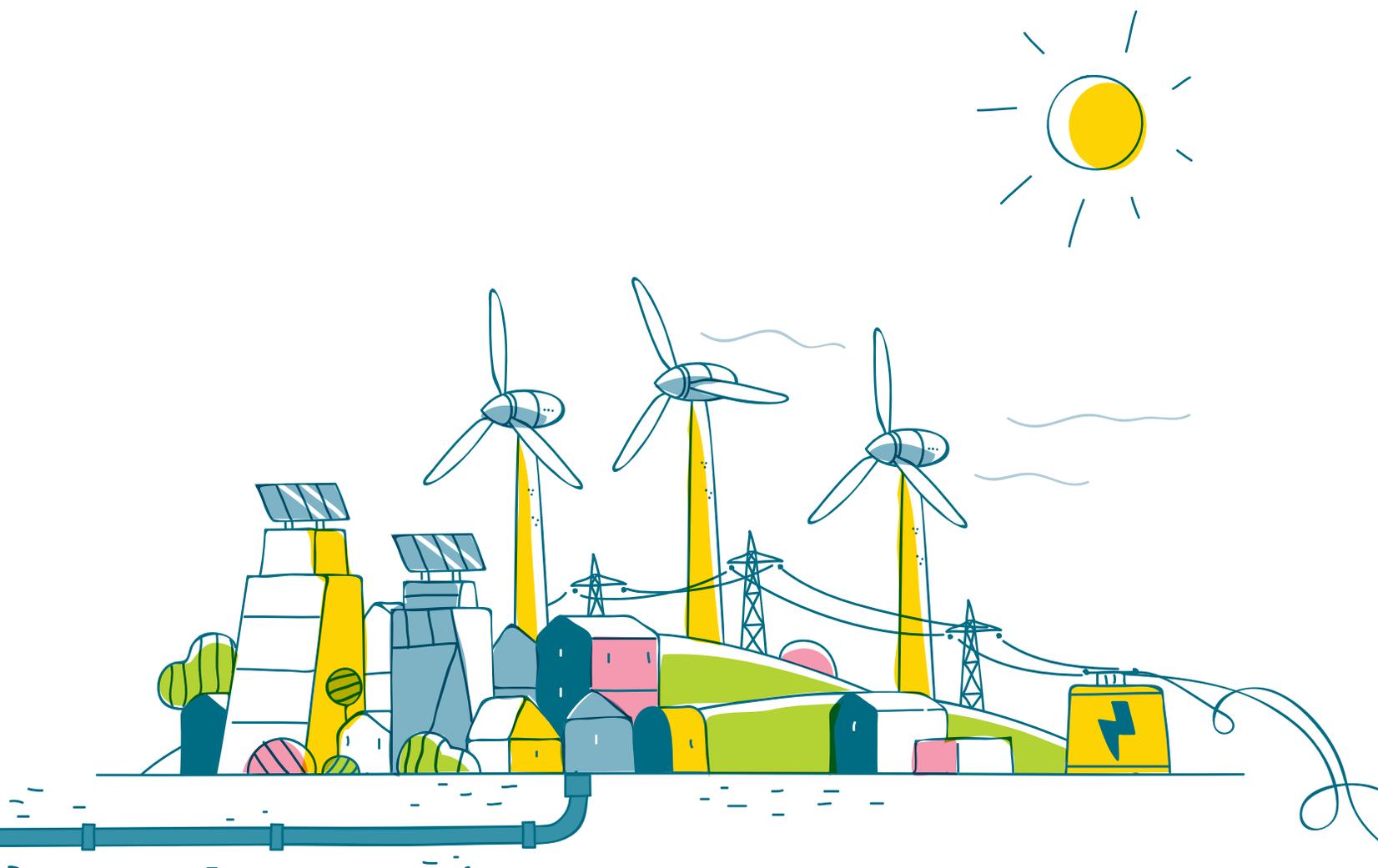
4

3

ENTRETIENS
Une technologie testée
en pratique
Page 16

Mutuellement profitable
Page 18





Exploiter ce que l'on a sous la main

A l'Institut Paul Scherrer PSI, les chercheurs tentent de trouver des solutions qui permettraient d'intégrer efficacement l'énergie issue du soleil, du vent et de la biomasse dans le système énergétique suisse.

Texte: Martina Gröschl

Une ville, appelons-la Esiville, ambitionne de faire figure de pionnière dans le domaine du développement durable et de produire toute son énergie à partir du solaire, de l'éolien et des déchets organiques. Aussitôt dit, aussitôt fait: un parc éolien voit le jour, des installations photovoltaïques fleurissent sur les toits et les collectes de déchets organiques pour produire du biogaz vont bon train. Les voitures roulent au biogaz, les installations photovoltaïques et éoliennes approvisionnent les commerces, les habitations et l'hôpital en électricité. Mais tout à coup, c'est le black-out. Que s'est-il passé?

Ce scénario de fiction résume les défis que devront relever les systèmes énergétiques de demain. Aujourd'hui, la Suisse tire 60% de son approvisionnement en électricité du gros hydraulique, une source d'énergie renouvelable. Mais à l'avenir, cet approvisionnement devra se faire sans centrales nucléaires. Or, actuellement, ces dernières couvrent 35% de la

demande en courant. On risque donc de faire face à des difficultés d'approvisionnement. Mais avec le solaire, l'éolien et la biomasse, la Suisse dispose aussi d'autres ressources énergétiques, encore pratiquement inutilisées. Pour exploiter pleinement leur potentiel, la Stratégie énergétique 2050 de la Confédération prévoit de développer ce qu'on appelle les «nouvelles énergies renouvelables». Mais il y a un hic, notamment dans le domaine du solaire et de l'éolien: ces énergies permettent bien de produire du courant écologique, mais cette même production dépend du temps qu'il fait, de l'heure et des saisons. Toute cette irrégularité déséquilibrerait le réseau électrique, qui se retrouverait à absorber tantôt trop peu et tantôt trop de courant par rapport aux besoins. Avec pour conséquence le fameux black-out évoqué plus haut.

Stockage énergétique: pivot et clé de voûte

Comment concilier des sources d'énergie aussi diverses? Comment utiliser l'énergie qu'elles produisent de manière aussi efficace que possible, tout en assurant l'approvisionnement de la population? Telles sont les questions que l'Energy System Integration (intégration des systèmes énergétiques) cherche à résoudre.

Des exemples comme Esiville permettent aux chercheurs de l'Institut Paul Scherrer PSI de réfléchir aux scénarios possibles en matière d'avenir énergétique.

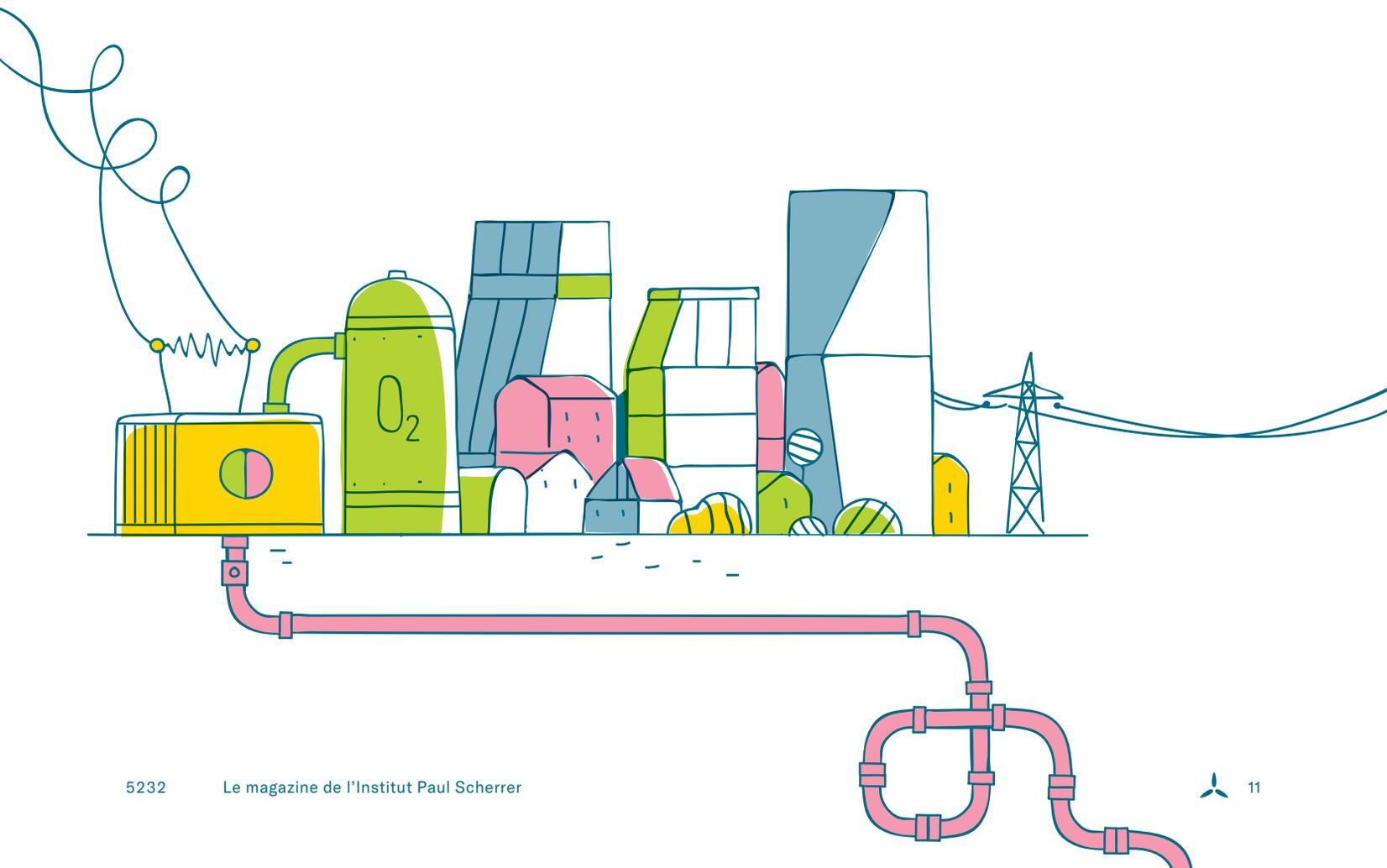
Ces scénarios poursuivent tous le même objectif de recherche lié à l'irrégularité de la production d'énergie issue du solaire et de l'éolien: identifier des vecteurs qui permettraient de stocker l'énergie produite et de l'utiliser plus tard, au moment où l'on en aurait vraiment besoin.

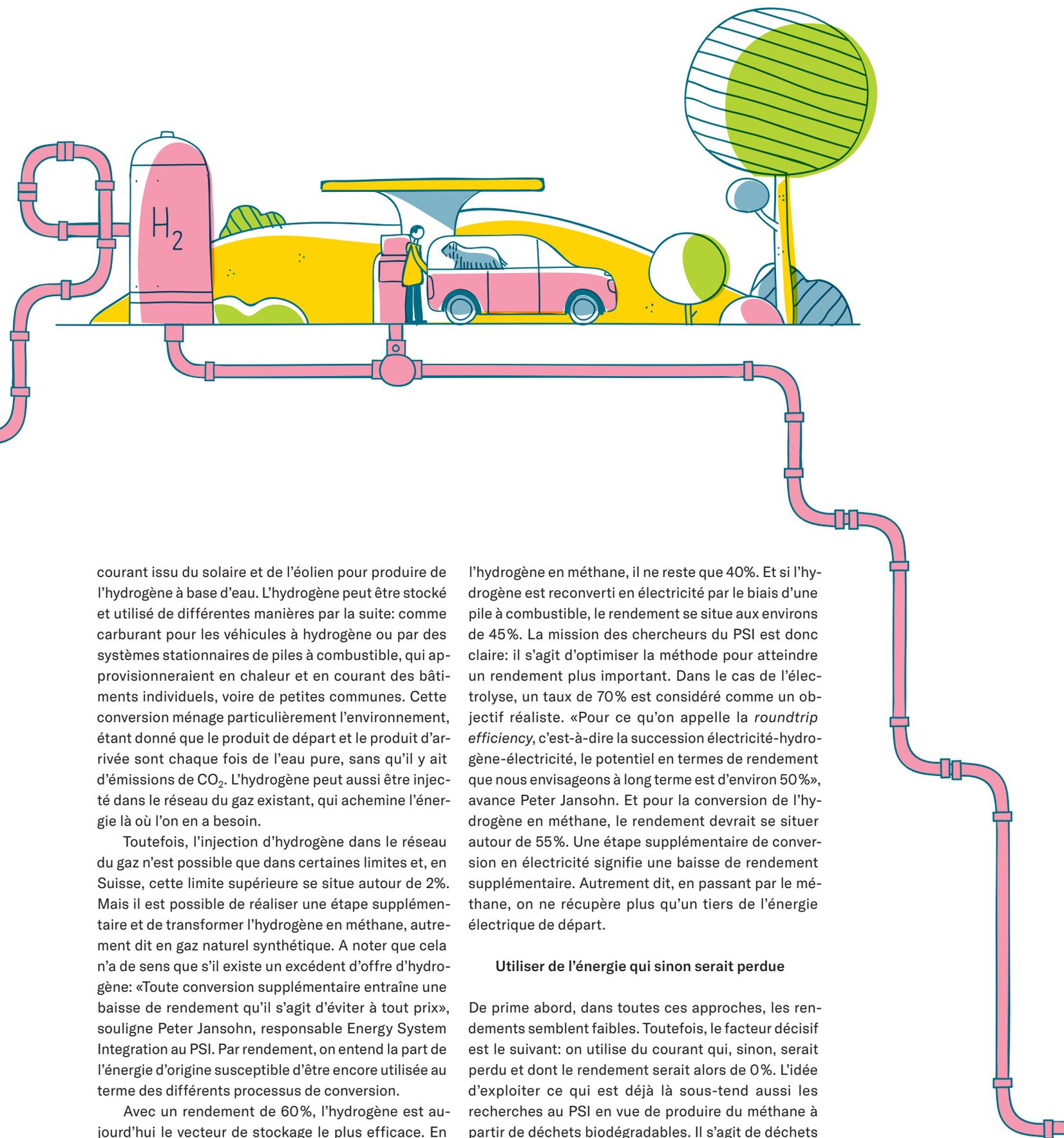
Tandis que les accumulateurs à usage domestique, conçus pour des besoins de stockage à moyen terme et des quantités d'énergie relativement faibles, sont de mieux en mieux établis, l'approvisionnement énergétique des usines ou des villes nécessite une réflexion à plus large échelle. Des concepts pour stocker l'énergie sur le long terme sont également requis, si l'on veut conserver jusqu'en hiver l'énergie issue d'un été ensoleillé.

En Suisse, on utilise déjà les centrales de pompage-turbinage comme technologie de stockage à grande échelle. Mais les installations existantes ne suffiront pas à un approvisionnement complètement fondé sur les énergies renouvelables. Et un nouvel élargissement de ces dispositifs n'est possible que dans certaines limites.

Relier le réseau électrique et le réseau du gaz

La technologie appelée «power-to-gas» se révèle prometteuse dans le domaine du stockage énergétique sur le long terme. Son principe: utiliser l'excès de





courant issu du solaire et de l'éolien pour produire de l'hydrogène à base d'eau. L'hydrogène peut être stocké et utilisé de différentes manières par la suite: comme carburant pour les véhicules à hydrogène ou par des systèmes stationnaires de piles à combustible, qui approvisionneraient en chaleur et en courant des bâtiments individuels, voire de petites communes. Cette conversion ménage particulièrement l'environnement, étant donné que le produit de départ et le produit d'arrivée sont chaque fois de l'eau pure, sans qu'il y ait d'émissions de CO₂. L'hydrogène peut aussi être injecté dans le réseau du gaz existant, qui achemine l'énergie là où l'on en a besoin.

Toutefois, l'injection d'hydrogène dans le réseau du gaz n'est possible que dans certaines limites et, en Suisse, cette limite supérieure se situe autour de 2%. Mais il est possible de réaliser une étape supplémentaire et de transformer l'hydrogène en méthane, autrement dit en gaz naturel synthétique. A noter que cela n'a de sens que s'il existe un excédent d'offre d'hydrogène: «Toute conversion supplémentaire entraîne une baisse de rendement qu'il s'agit d'éviter à tout prix», souligne Peter Jansohn, responsable Energy System Integration au PSI. Par rendement, on entend la part de l'énergie d'origine susceptible d'être encore utilisée au terme des différents processus de conversion.

Avec un rendement de 60%, l'hydrogène est aujourd'hui le vecteur de stockage le plus efficace. En effet, si l'on poursuit la transformation en convertissant

l'hydrogène en méthane, il ne reste que 40%. Et si l'hydrogène est reconverti en électricité par le biais d'une pile à combustible, le rendement se situe aux environs de 45%. La mission des chercheurs du PSI est donc claire: il s'agit d'optimiser la méthode pour atteindre un rendement plus important. Dans le cas de l'électrolyse, un taux de 70% est considéré comme un objectif réaliste. «Pour ce qu'on appelle la *roundtrip efficiency*, c'est-à-dire la succession électricité-hydrogène-électricité, le potentiel en termes de rendement que nous envisageons à long terme est d'environ 50%», avance Peter Jansohn. Et pour la conversion de l'hydrogène en méthane, le rendement devrait se situer autour de 55%. Une étape supplémentaire de conversion en électricité signifie une baisse de rendement supplémentaire. Autrement dit, en passant par le méthane, on ne récupère plus qu'un tiers de l'énergie électrique de départ.

Utiliser de l'énergie qui sinon serait perdue

De prime abord, dans toutes ces approches, les rendements semblent faibles. Toutefois, le facteur décisif est le suivant: on utilise du courant qui, sinon, serait perdu et dont le rendement serait alors de 0%. L'idée d'exploiter ce qui est déjà là sous-tend aussi les recherches au PSI en vue de produire du méthane à partir de déchets biodégradables. Il s'agit de déchets organiques issus des ménages, de l'agriculture et de

l'industrie alimentaire, mais aussi des boues d'épuration résultant du traitement des eaux usées. Tous ces déchets sont disponibles en quantité. Certaines méthodes qui permettent de produire du méthane par le biais de la fermentation des amines biogènes (composés organiques) du biogaz brut sont aussi particulièrement prometteuses et déjà utilisées. Là également, l'objectif des chercheurs du PSI est d'augmenter le rendement actuel. Ils ont d'ailleurs développé une technologie qui permet d'obtenir 60% de méthane en plus à partir de déchets organiques et donc d'exploiter presque complètement le biogaz brut.

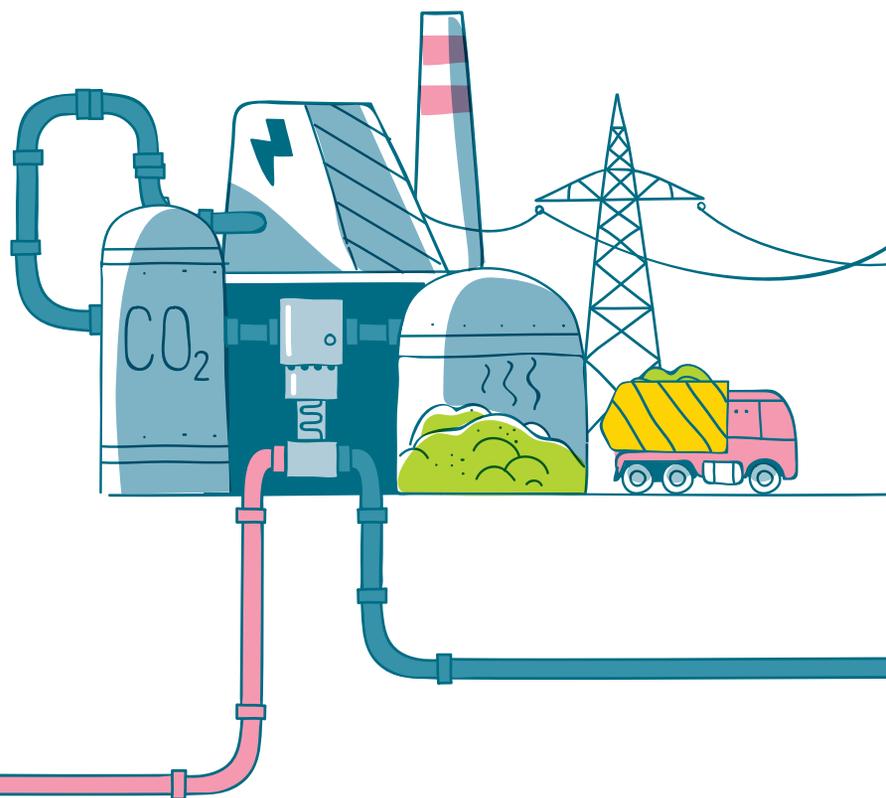
Pour que ces recherches sur le stockage énergétique puissent porter leurs fruits dans la pratique, le PSI a aménagé une plateforme d'essai pour l'intégration des systèmes énergétiques. La plateforme ESI, tel est son nom, met à disposition l'infrastructure nécessaire aux systèmes partiels spécialisés, grâce à laquelle les chercheurs pourront faire leurs premiers pas à l'échelle pilote avec leurs résultats de recherche obtenus en laboratoire. La plateforme ESI est à la disposition des partenaires scientifiques et de l'industrie, qui peuvent soit poursuivre le développement de certaines technologies en collaboration avec des chercheurs au PSI, soit utiliser la plateforme ESI pour tester leurs propres technologies. «En tant qu'offre destinée à l'industrie, la plateforme ESI doit servir à tester le potentiel de nouvelles technologies, sans qu'il soit nécessaire d'effectuer de gros investissements à un stade précoce du processus de développement, comme ce serait le cas lors de la réalisation directe d'une technologie dans un environnement industriel», explique Peter Jansohn.

La collaboration active avec le prestataire énergétique zurichois Energie 360° et avec Swiss Hydrogen, le fabricant fribourgeois de piles à combustible (lire les entretiens aux pages 16-19), montre que ce concept est le bon.

Etant donné qu'en définitive c'est la faisabilité économique qui décide si une technologie sera réalisée ou non à l'échelle industrielle, cette collaboration s'accompagne systématiquement d'analyses de faisabilité. «Dès le niveau de la recherche fondamentale, nous tenons compte des interrogations de l'industrie», souligne Thomas J. Schmidt, responsable de la division de recherche Energie et environnement au PSI. Efficace,

résistant, abordable: voilà les adjectifs clés que l'on entend régulièrement au laboratoire de recherche énergétique du PSI, lorsqu'il est question de stockage énergétique. Dans cet esprit, des chercheurs du PSI ont développé un nouveau nanomatériau qui pourrait permettre à l'avenir d'abaisser nettement les coûts des électrolyseurs nécessaires à la production d'hydrogène.

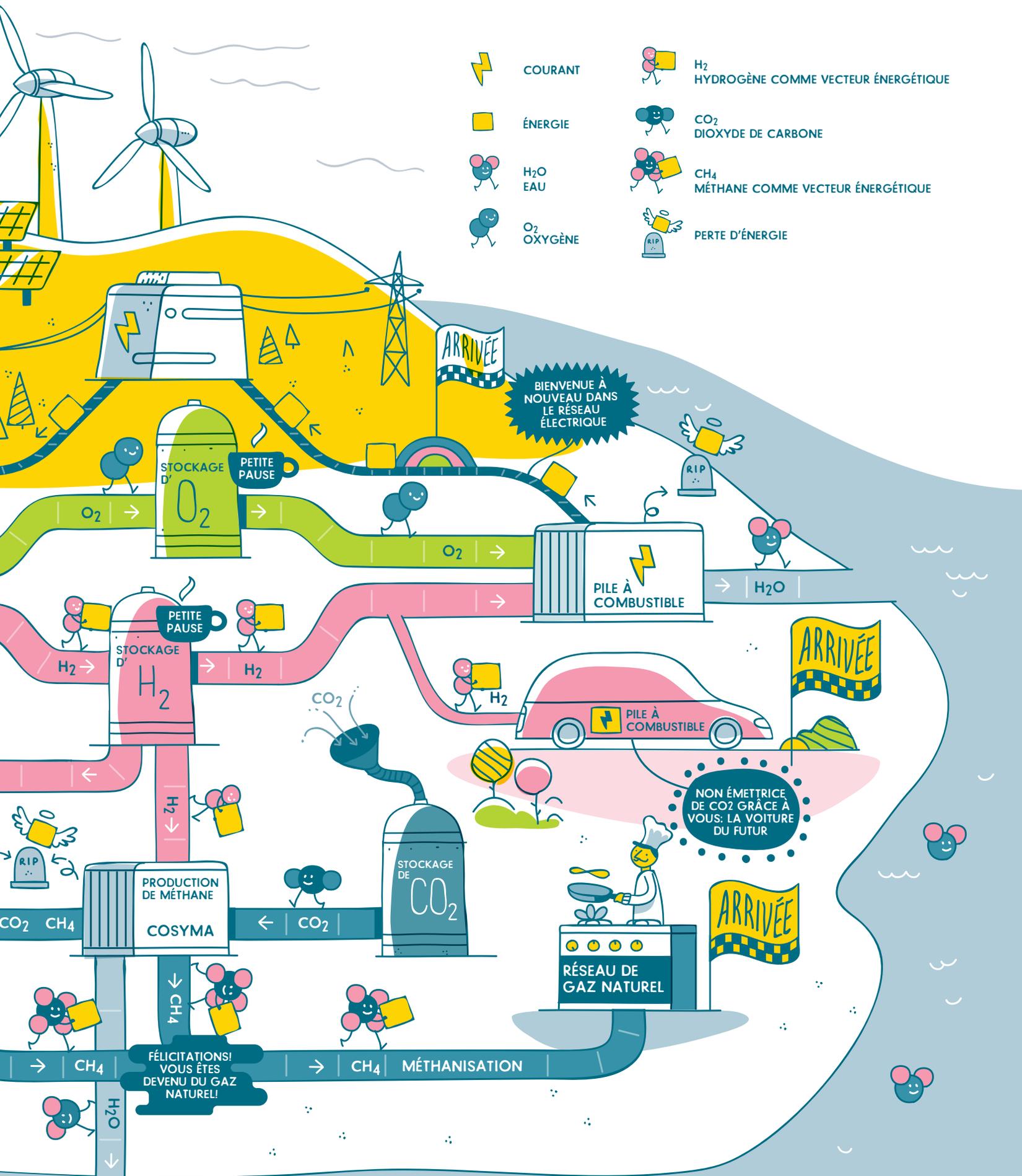
La recherche déborde d'idées pour aménager à l'avenir le système énergétique suisse de manière durable. On développe des technologies, on les évalue et on en écarte aussi régulièrement. On ignore encore lesquelles finiront par s'imposer. Certaines d'entre elles se compléteront mutuellement; pour d'autres, il faudra faire un choix. «En tant qu'institut de recherche, notre rôle, ici, est celui de l'*honest broker*», rappelle Thomas J. Schmidt. La recherche contribue à une prise de décision raisonnable, dans la mesure où elle permet de montrer clairement les avantages et les inconvénients de l'une ou l'autre technologie. Mais ce n'est pas à elle de prendre les décisions: «Créer et transmettre du savoir, telle est de notre point de vue la mission première d'un institut de recherche», conclut-il.



Relier le réseau électrique et le réseau du gaz

La plateforme ESI du PSI teste des technologies prometteuses pour le système énergétique du futur. Nous vous proposons de voyager sous la forme d'un paquet d'énergie à travers cette plateforme d'essai pour l'intégration des systèmes énergétiques.





Une technologie testée en pratique

Le prestataire énergétique zurichois Energie 360° fournit du gaz naturel, du biogaz et des pellets de bois dans toute la Suisse. Cette entreprise et le PSI viennent de tester avec succès une nouvelle technologie de power-to-gas, utilisée dans le domaine de la production de biogaz. Leur projet commun s'est vu décerner le Watt d'Or, prix suisse d'excellence énergétique. Peter Dietiker, responsable de département à Energie 360°, évoque cette collaboration avec le PSI.

Propos recueillis par Laura Hennemann

5232: Peter Dietiker, la collaboration entre votre entreprise Energie 360° et le PSI est relativement récente et, pourtant, vous avez déjà des résultats à annoncer: vous avez soumis une technologie développée en commun à un test pratique de mille heures. Un succès?

Absolument! Le projet dont vous parlez s'appelle Cosyma pour Container-based System for Methanation. Ce principe de container est typique de la plateforme de test ESI du PSI, où tous les laboratoires et toutes les installations sont modulaires. Ces modules – qui sont abrités dans des containers classiques de transport maritime – sont facilement transportables. Cosyma est un système capable de produire 60% de plus de gaz naturel renouvelable (ou biogaz) que la technique classique, à partir de la même quantité de déchets organiques. Pour ce faire, Cosyma utilise de l'hydrogène qui, lorsque la météo le permet, peut être produit à l'aide d'électricité excédentaire d'origine renouvelable. Autrement dit, ce biogaz recèle une part de solaire et d'éolien.

Et comment les choses se sont-elles déroulées lors de ce test pratique de Cosyma?

Le container Cosyma est arrivé, en janvier 2017, du PSI au site de l'entreprise Biogas Zürich, qui exploite une installation de biogaz à la station d'épuration de Werdhölzli. Nous y produisons depuis quatre ans du biogaz à partir de déchets organiques et de boues d'épuration. Ce biogaz peut être exploité exactement de la même manière que le gaz naturel et on l'injecte dans le réseau du gaz conventionnel. Nous avons installé le container Cosyma sur le site de Werdhölzli,



juste à côté de l'installation standard de production de biogaz qui se trouve là-bas, et nous avons détourné une partie du gaz qui y pénétrait dans le container Cosyma. A l'autre bout, le nouveau type de biogaz produit par Cosyma était injecté, avec le biogaz classique, dans le réseau du gaz. Les mille heures d'exploitation ont montré que la technologie Cosyma fonctionnait bien et qu'elle était fiable. Certes, aujourd'hui, la production avec la nouvelle technologie Cosyma ne fait pas mieux que la méthode existante d'un point de vue économique, mais il s'agissait d'un test avec un prototype. Nous sommes donc confiants par rapport à l'avenir.

Le point de vue économique est un aspect typique de la manière dont on pense en entreprise. Les chercheurs réfléchissent-ils différemment?

Bien entendu, les chercheurs évoluent dans un contexte très différent et c'est bien ainsi; sinon, nous n'aurions pas besoin les uns des autres. Les chercheurs du PSI nous ont demandé par exemple si nous voulions vraiment mener un test de mille heures, au motif que cent heures suffiraient. Mais, pour nous, qui venons de la pratique, c'est précisément cette durée qui était importante. De surcroît, ces mille heures nous ont permis de présenter en direct la nouvelle technologie à de nombreux visiteurs.

Avez-vous aussi un exemple dans l'autre sens?

Oui, en matière de qualité, c'était l'inverse: les chercheurs voulaient faire encore mieux que ce que nous attendions. Evidemment, ce que les chercheurs espèrent en fin de compte, c'est améliorer la compréhension de ce qu'ils étudient. Et souvent, en cours de projet, il arrive qu'on tombe sur quelque chose qui pourrait aussi faire l'objet d'une recherche. Mais dans notre univers économique, cela ne doit ni occasionner de charges supplémentaires, ni se faire au détriment du planning. Autrement dit, ce qui nous intéresse, ce n'est pas un surpassement de la qualité. C'est comme si vous commandiez une cuisine et que les cuisinistes

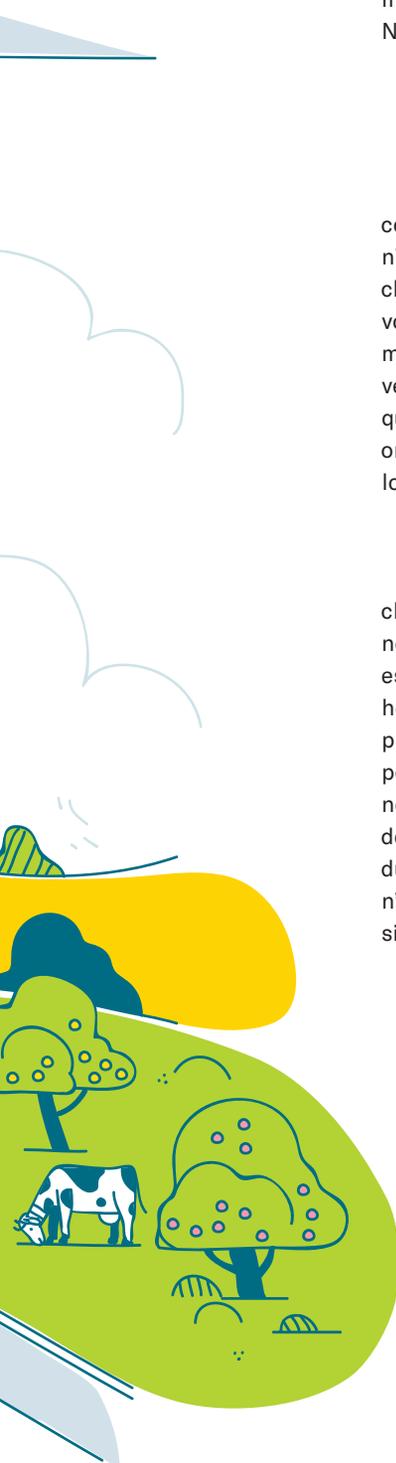
vous installaient plus d'équipements que vous n'en aviez demandés, en exigeant en conséquence un prix plus élevé. Exactement dans le même ordre d'idées, nous attendons des chercheurs uniquement ce que nous avons commandé. Mais, dans le cas de Cosyma, nous n'avons pas tout à fait réussi à empêcher les chercheurs du PSI de nous fournir plus de connaissances que prévu et donc de dépasser nos attentes (*il sourit!*)

Le projet Cosyma vient de remporter le Watt d'Or de l'Office fédéral de l'énergie dans la catégorie «Energies renouvelables». Que va-t-il advenir de cette technologie?

Nous avons fait en sorte que cette nouvelle technologie puisse être suffisamment étudiée. Aujourd'hui, les connaissances sont là et à la disposition du public. La prochaine étape sera celle de l'échelle industrielle avec un fabricant d'installations. Les chercheurs du PSI et nous-mêmes sommes déjà en discussion avec des partenaires de mise en œuvre potentiels, et je pense qu'au cours des cinq prochaines années la première installation commerciale avec technologie Cosyma verra le jour. A Energie 360°, nous nous voyons bien acheter et exploiter une installation de ce genre. Cela nous permettrait de mettre à la disposition de nos clients du biogaz qui tire parti des ressources naturelles de manière encore plus optimale. A ce niveau, il n'est plus seulement question de rentabilité, mais aussi d'écologie, un facteur qui intéresse nos clients et qui nous intéresse aussi.

PORTRAIT

Peter Dietiker est responsable du département Energies renouvelables chez le prestataire énergétique Energie 360°. Diplômé en gestion d'entreprise, il travaille depuis vingt-cinq ans dans le domaine de l'approvisionnement en énergie et en eau, et depuis quinze ans chez Energie 360°. Il a monté, dans cette entreprise, le département des Energies renouvelables avec biogaz et pellets de bois, qu'il développe avec succès.





Mutuellement profitable

La jeune entreprise Swiss Hydrogen a son siège à Fribourg. Elle est spécialisée dans la conception de piles à combustible à haute performance, utilisables dans des véhicules écologiques ou comme groupes électrogènes stationnaires. Alexandre Closset évoque la collaboration de sa start-up avec le PSI. Une collaboration qui, selon lui, profite aux deux parties.

Propos recueillis par Laura Hennemann

Alexandre Closset, qu'est-ce qui lie votre entreprise au PSI?

Depuis la fondation de Swiss Hydrogen en 2015, le PSI est notre plus proche partenaire de recherche et nous en sommes très heureux. Au début, en effet, nous n'avions que des bureaux, pas de laboratoires, et nous avons utilisé ceux au PSI. Si notre entreprise a survécu, c'est parce que nous avons pu réaliser le montage et les tests au PSI.

Et aujourd'hui?

Aujourd'hui, nous avons notre propre halle de montage et de stockage, mais la collaboration avec le PSI reste étroite: le savoir, qui se constitue grâce à la recherche au PSI, circule jusqu'à nous. Nous nous en servons pour poursuivre le développement des piles à combustible. Puis nos nouveaux concepts sont testés à la plateforme ESI, et là, nous nous fions aussi bien à l'infrastructure du PSI qu'à l'expertise de ses

chercheurs pour interpréter correctement les tests. En contrepartie, nous nous sommes engagés, entre autres, à fournir pour la plateforme ESI quatre piles à combustible de conception nouvelle, d'une puissance de 60 kilowatts chacune.

Depuis le tout début, nous entretenons une collaboration très personnelle et empreinte de confiance. Cela se manifeste notamment par le fait que d'anciens chercheurs du PSI travaillent chez nous; l'un d'eux est aujourd'hui notre développeur en chef.

Pouvez-vous nous expliquer en deux mots pourquoi la Suisse a besoin de piles à combustible?

Les piles à combustible sont des convertisseurs d'énergie. Nous travaillons sur deux variantes: la première utilise de l'hydrogène stocké dans un réservoir et aspire par ailleurs l'air ambiant; elle produit du courant électrique à partir de ces deux ingrédients. La seconde utilise de l'oxygène pur au lieu de l'air ambiant. Cet oxygène est lui aussi stocké dans un réservoir. Cette variante-là présente un meilleur rendement. Mais on a deux réservoirs, ce qui ne constitue pas vraiment un avantage pour certaines applications comme les voitures électriques.

La première variante de pile à combustible, qui utilise l'hydrogène et l'air ambiant, est donc conçue avant tout pour les véhicules?

Exactement. A Swiss Hydrogen, nous avons déjà plusieurs voitures électriques dont l'autonomie a pu être nettement améliorée grâce à des piles à combustible. Moi-même, je conduis depuis 2013 une Fiat 500 équipée d'une pile à combustible au développement de laquelle j'ai participé. Elle a déjà plus que 140 000 kilomètres au compteur. Même si c'est un prototype, j'ai eu vraiment très peu de problèmes techniques. L'un de nos succès les plus récents est un camion zéro émission. Coop en voulait un et Swiss Hydrogen s'est avéré le bon partenaire: comparée aux produits concurrents, notre pile à combustible a atteint la densité de puissance la plus élevée. Un 34 tonnes de la flotte de Coop roule donc depuis 2017 avec une pile à combustible que nous avons développée.

Et dans quel domaine les piles à combustible hydrogène-oxygène pourraient-elles être utilisées, d'après vous?

Elles conviennent bien à une utilisation fixe. L'excédent d'énergie dû aux installations éoliennes et photovoltaïques peut être utilisé pour produire de l'hydrogène pur et de l'oxygène pur; ces gaz pourraient alimenter de grandes piles, qui produiraient à leur tour de l'électricité à la demande. Nous travaillons actuellement sur ce type de pile à combustible avec des

chercheurs, à la plateforme ESI du PSI. Ainsi, nous contribuons ensemble à la mise en œuvre de la Stratégie énergétique 2050 de la Confédération.

Dans quelle mesure l'approche des entrepreneurs de votre start-up se distingue-t-elle de celle des chercheurs du PSI?

Je dirais que nous voyons la même chose, mais simplement depuis deux directions différentes. Les chercheurs excellent par exemple dans la résolution de problèmes scientifiques. Et nous, nous devons parfois leur rappeler que la solution technique doit présenter un intérêt sur le plan économique. A Swiss Hydrogen, nous sommes donc attentifs à trois aspects: la faisabilité industrielle, les coûts et la propriété intellectuelle d'une idée. De fait, il nous est arrivé une ou deux fois de dire aux chercheurs du PSI: désolés, mais cette solution ne nous intéresse pas; car même si elle fonctionne, elle ne sera jamais concurrentielle sur le marché. Concrètement, cela signifie par exemple qu'il est acceptable que le composant particulier d'un prototype coûte plusieurs milliers de francs, mais seulement à condition qu'il puisse être produit en série par la suite pour une dizaine de francs.

La collaboration avec le PSI va-t-elle se poursuivre?

Oui, absolument! Nous prévoyons d'emménager, avec un ou deux collaborateurs, dans des bureaux des bâtiments du Park innovare, qui sera construit ces prochaines années directement à côté du PSI. La recherche sur les piles à combustible au PSI est vraiment reconnue dans toute la Suisse, mais aussi au niveau international. Le PSI est et restera notre plus proche partenaire académique.

PORTRAIT

Alexandre Closset est directeur de Swiss Hydrogen qui depuis janvier 2018 est une société filiale de Plastic Omnium. Il a fait des études de physique à l'EPFL, est titulaire d'un MBA et a été longtemps actif dans le domaine des panneaux solaires flexibles, avant de se tourner vers les piles à combustible. Il a été cofondateur de la start-up Swiss Hydrogen, qui est sortie du Swatch Groupe en 2015 et qui commercialise des piles à combustible à hydrogène.

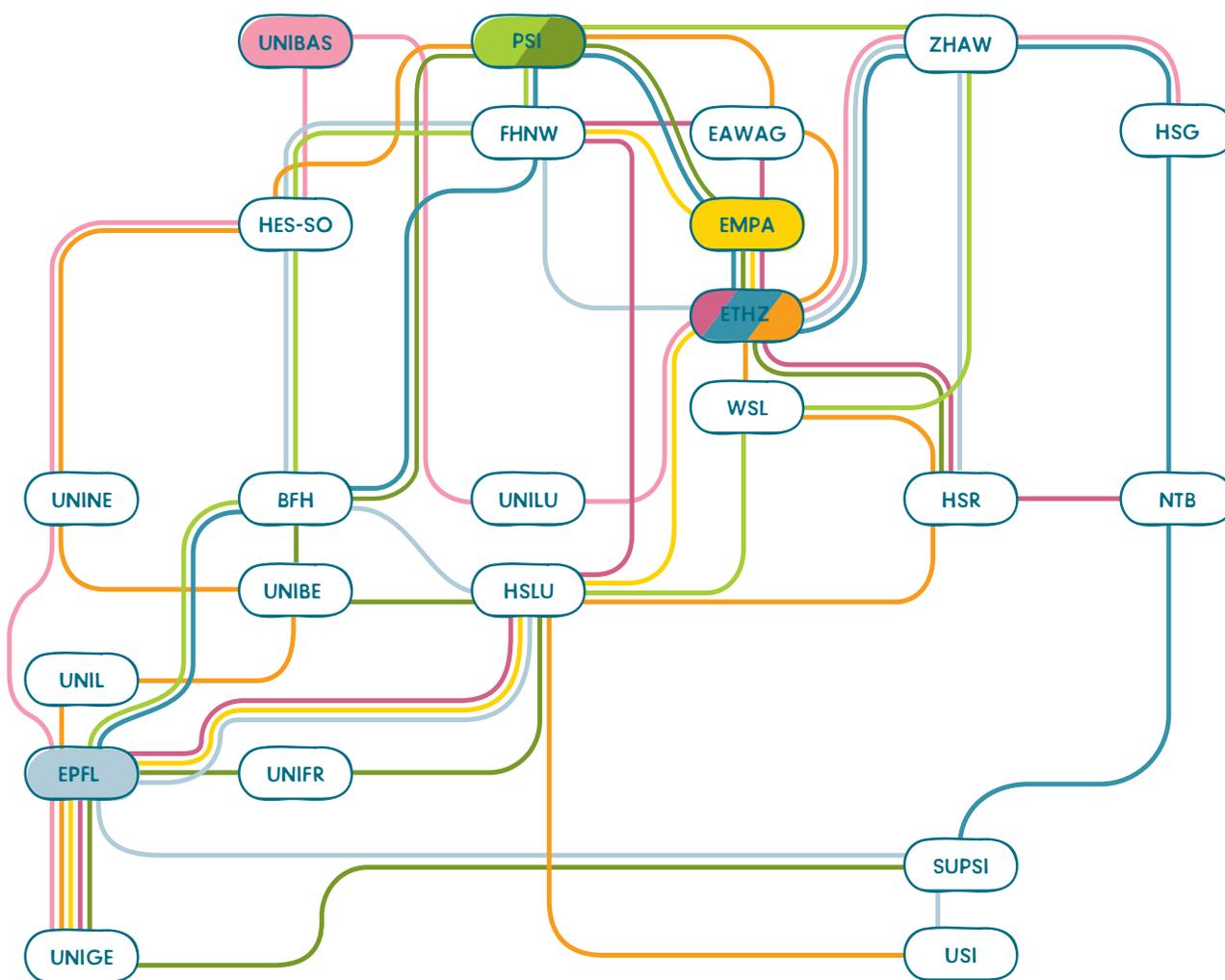
Tirer à la même corde

Relever les défis du tournant énergétique n'est possible que si tout le monde travaille main dans la main. Le PSI fait partie d'un réseau scientifique dont l'objectif est de montrer la voie pour que les résultats issus de la recherche trouvent une traduction dans la pratique.

Texte: Martina Gröschl

Sortie du nucléaire, développement des nouvelles énergies renouvelables, réduction de la consommation d'énergie: le système énergétique suisse va subir une transformation fondamentale au cours des prochaines décennies. Des chercheurs spécialisés venus de toute la Suisse collaborent pour relever ce défi.

Les institutions de recherche du domaine des EPF, les HES et les universités sont en effet imbriquées dans huit pôles de compétence (SCCER), initiés par la Confédération dans le cadre du plan d'action «Recherche énergétique suisse coordonnée». Deux de ces pôles de compétence sont placés sous la houlette du PSI. L'objectif est d'accélérer le transfert de la recherche à l'industrie.



Huit pôles de compétence suisses en recherche énergétique réunissent 23 institutions helvétiques. Les différentes priorités de recherche sont les suivantes:

- FEED&D: Bâtiments efficaces
- EIP: Processus industriels efficaces

- FURIES: Réseaux électriques
- HaE: Stockage d'électricité et de chaleur
- SoE: Approvisionnement en électricité
- CREST: Economie et société
- Mobility: Mobilité efficace
- BIOSWEET: Production d'énergie à partir de la biomasse

L'institution responsable dans chaque domaine est indiquée en couleur dans l'infographie. Le PSI et l'ETH Zurich dirigent plus d'un pôle de compétence.

En savoir plus: www.psi.ch/5232/181



Anna Soter

A la source de muons du PSI, Anna Soter produit un faisceau de particules d'un genre nouveau, fait d'atomes de muonium. Ceux-ci sont principalement composés d'antimatière. Le faisceau permet, entre autres, d'analyser l'effet de la gravité sur des particules élémentaires d'antimatière et, ce faisant, de comparer plus précisément les propriétés de la matière et celles de l'antimatière. Les connaissances obtenues serviront de point de départ au développement de nouvelles technologies. Le projet est cofinancé par l'Union européenne (PSI-FELLOW-II-3i/MSCA COFUND 701647).



Lausanne-Villigen: un aller-retour très spécial

Nulle part ailleurs on n'a irradié autant de tumeurs oculaires avec des protons qu'au PSI. Mais avant de se rendre à Villigen, les patients qui se préparent à recevoir ce traitement doivent passer chez Ann Schalenbourg, à l'Hôpital ophtalmique Jules-Gonin de Lausanne. La collaboration entre l'hôpital et le PSI existe depuis plus de trente ans. Elle est unique au monde et permet à la plupart des malades de sauver leur œil atteint.

Texte: Sabine Goldhahn

Il y a des lieux en Suisse où le temps passe plus vite et où le rythme du quotidien a quelque chose de particulièrement soutenu. L'environnement dans lequel évolue Ann Schalenbourg est l'un d'eux. Quand elle se hâte vers son box de consultation, avec sa blouse blanche qui voltige autour de son tailleur noir, cette grande femme déborde littéralement d'énergie. Ann Schalenbourg est médecin et responsable de l'unité Oncologie oculaire de l'adulte à l'Hôpital ophtalmique Jules-Gonin de Lausanne. Cela fait vingt-trois ans qu'elle travaille ici et si, au début de sa carrière, quelqu'un lui avait prédit qu'il en serait ainsi, elle aurait éclaté de rire: «Je me voyais avant tout soigner des cataractes», raconte-t-elle.

Mais elle a fini par quitter la Belgique pour suivre son mari à Lausanne, et tout s'est passé différemment. Le seul poste qu'elle pouvait briguer à l'époque, en tant que jeune médecin, était dans l'oncologie oculaire. Les patients pris en charge par cette discipline souffrent d'un mélanome oculaire ou présentent une tumeur vasculaire (hémangiome) au fond de l'œil. «Jamais je n'aurais imaginé que je dédierais toute ma vie professionnelle au traitement de tumeurs oculaires, avoue Ann Schalenbourg aujourd'hui. Mais c'est un travail que je suis très reconnaissante de faire et qui me comble, parce que je suis en mesure d'offrir à mes patients le meilleur traitement qui existe.»

Première européenne

Le meilleur traitement dont parle la praticienne, c'est la protonthérapie au PSI à Villigen, où l'on applique cette technique d'irradiation depuis les années 1980. A cette époque, des physiciens de l'institut prédécesseur du PSI ont perfectionné avec l'ophtalmologue lausannois Leonidas Zografos une méthode qui, entretemps, a permis de sauver les yeux de milliers de patients. Ils ont fait œuvre de pionniers et ont été les premiers en Europe à irradier des tumeurs malignes du fond de l'œil avec des protons.

Lors de l'irradiation, les protons atteignent leur cible avec une précision millimétrique, ce qui fait d'eux un instrument idéal pour intervenir au niveau de l'œil, où chaque millimètre irradié de trop est synonyme de perte d'acuité visuelle. Mais Leonidas Zografos et Ann

Schalenbourg, son ancienne élève, ont les moyens d'éviter pareil scénario. Au cours d'une intervention chirurgicale, ils suturent de minuscules clips métalliques tout autour de la tumeur, sur la paroi externe du globe oculaire. Ces clips servent de repères aux spécialistes du PSI: ils leur permettent de localiser la tumeur et de l'irradier précisément. «La collaboration entre le PSI et l'Hôpital ophtalmique Jules-Gonin est très étroite, relève Alessia Pica, radiooncologue au Centre de protonthérapie du PSI. Avant de venir chez nous pour l'irradiation, les patients sont examinés et opérés à Lausanne.» A ce jour, ils ont été plus de 6700 à passer par là.

Un calendrier serré

C'est le mardi qu'Ann Schalenbourg opère. Aujourd'hui aussi. Une patiente de 40 ans sous anesthésie l'attend déjà au bloc. Ann Schalenbourg enfile sa blouse bleue de chirurgien et des gants stériles, puis le travail de précision commence. Elle effectue une incision dans la conjonctive et glisse avec précaution ses instruments autour de l'œil, en évitant les muscles oculaires. Puis la lumière dans le bloc opératoire s'éteint. Dans l'obscurité, Ann Schalenbourg éclaire directement l'œil au moyen d'une lampe. «La lumière pénètre jusqu'au fond de l'œil et elle est bien visible sur l'arrière du globe oculaire, explique la spécialiste. Sauf là où se trouve la tumeur. A ce niveau, on aperçoit juste une ombre.» Et c'est précisément autour de cette ombre qu'elle suture les clips métalliques de 2,5 millimètres, comme autant de minuscules boutons, avant de refermer la conjonctive.

Nous sommes mercredi, un jour plus tard. La patiente de la veille a pris place dans le fauteuil du box de consultation d'Ann Schalenbourg. Elle semble un peu déstabilisée et pose quelques questions en italien. A l'Hôpital ophtalmique comme au PSI, le multilinguisme fait partie du quotidien, car les patients qui se voient prescrire une protonthérapie viennent de toutes les régions de Suisse et de dix autres pays. Ann Schalenbourg parle sept langues et répond à la patiente tessinoise en italien. «Au début, j'avais moins de difficulté à discuter en italien d'une tumeur oculaire qu'à commander une pizza», se souvient-elle en souriant. Elle explique donc à la jeune femme la suite du traitement. Puis elle fixe l'ophtalmoscope à sa tête et saisit une loupe dans la main gauche, qu'elle tient devant l'œil de la patiente. Concentrée, elle examine le fond de l'œil avec son ophtalmoscope, en vérifiant la tumeur. «Tutto bene», conclut-elle. Tout est en ordre. L'intervention s'est bien passée. Mais la patiente ne peut plus retenir ses larmes et éclate en sanglots, submergée par ses angoisses: par la peur du cancer qui prolifère dans son œil, la peur de l'irradiation, la peur de l'avenir. Est-ce que ça va faire mal? Est-ce qu'elle pourra garder son œil? Ann Schalenbourg la serre dans

**«Les patients interpellent
notre humanité et
nous ramènent constamment
sur terre.»**

Ann Schalenbourg



1984

l'année où tout a commencé au PSI

6700

le nombre de patients déjà traités

Chez plus de

98%

des patients, la croissance de la tumeur a été stoppée

ses bras jusqu'à ce qu'elle ne pleure plus. Puis elle lui explique calmement comment elle voit la situation. En soulignant que la protonthérapie au PSI permet de stopper la croissance de la tumeur chez plus de 98% des patients. Et que les effets indésirables sont tellement minimes que 95 à 98% des malades peuvent conserver leur œil.

«J'explique précisément aux patients ce qui les attend et quelles sont les chances dans leur cas concret, souligne Ann Schalenbourg. Il faut qu'ils sachent. C'est uniquement à cette condition qu'ils peuvent gérer correctement leur diagnostic et coopérer pendant le traitement.» Car, sans la coopération des patients, la protonthérapie ne peut pas fonctionner. Or, celle-ci démarre déjà le jour suivant.

Au PSI, tout est prêt

Les patients qui viennent d'être opérés ont leur premier rendez-vous au PSI le jeudi. Pour certains d'entre eux, cela représente un long voyage. Sans compter que le programme des jours suivants sera dense, car la tumeur, elle, n'attend pas. Le jeudi, les patients font la

connaissance des médecins qui vont les prendre en charge au Centre de protonthérapie, puis on les prépare à l'irradiation. C'est le jeudi également que les radiologues et les physiciens médicaux du PSI discutent de chaque cas avec Ann Schalenbourg par vidéo-conférence. Puis ils calculent l'irradiation de la tumeur à l'aide d'un logiciel spécial. Tous ces préparatifs ne sont terminés que le lundi suivant. Ce jour-là, le patient subit une simulation de traitement à la station d'irradiation OPTIS. Si l'exercice fonctionne, la protonthérapie proprement dite démarre le mardi. A partir de là, en règle générale, les patients subissent une irradiation avec des protons durant les quatre jours suivants. Le traitement est enfin terminé. Ann Schalenbourg revoit ses patients le lundi d'après et quelques mois plus tard, lors d'une visite de contrôle. Ils sont heureux, dans la plupart des cas. Et toujours reconnaissants.

Actualité de la recherche au PSI

Le marc de café a été chauffé à

450°C

Il a été soumis à une pression de **300** bar

60%

de l'énergie qu'il contenait a pu être
convertie en méthane

1 De l'énergie à base de marc de café

En raison de son importante teneur en azote, le marc de café est un engrais que l'on utilise volontiers dans son jardin. Éliminé de cette manière, il contribue aujourd'hui déjà à une gestion écologique des déchets à petite échelle. Mais son potentiel est loin d'être épuisé: une méthode développée au PSI permet de produire du méthane, un gaz combustible, à partir de marc de café. Des chercheurs du PSI ont réussi à en faire la démonstration dans le cadre d'un essai pilote mené en collaboration avec le groupe alimentaire Nestlé. Pour leur expérience, ils ont utilisé des résidus de café humides générés lors de la fabrication de café soluble. Leur méthode peut s'appliquer à tous les types de déchets organiques dotés d'une teneur en eau suffisante.

En savoir plus:
<http://psi.ch/9Duj>



2 Matière noire

Une grande partie de la matière dans l'espace est invisible et on ignore encore de quoi elle est faite. Les physiciens partent du principe que cette matière noire est elle aussi composée de particules, exactement comme la matière qui nous entoure. Il existe plusieurs théories à ce sujet, et l'une d'elles postule que la matière noire est composée de ce qu'on appelle des axions. Des chercheurs ont récemment mené une expérience à la source de neutrons ultra-froids (UCN) du PSI afin de détecter certains types d'axions – et, définitivement, ils n'en ont pas trouvé. De fait, on sait à présent que ces axions-là n'existent pas. Et le nombre de théories susceptibles d'entrer en ligne de compte se réduit en conséquence. La quête dans la compréhension de la matière noire se poursuit donc, mais un progrès décisif a été accompli.

En savoir plus:

<http://psi.ch/pDjq>

Publication originale:

C. Abel *et al.*, Phys. Rev. X 2017,
DOI: 10.1103/PhysRevX.7.041034

3 Avenir énergétique

L'Office fédéral de l'énergie (OFEN) s'efforce de dégager des perspectives pour une politique énergétique durable sur le long terme et il les actualise régulièrement. Pour ce faire, il s'appuie souvent sur les résultats d'études conduites au PSI. Dans le cadre de leurs tout derniers travaux menés sur mandat de l'OFEN, des chercheurs du PSI ont ainsi examiné la manière dont diverses technologies pourraient à l'avenir contribuer à la production de courant en Suisse. Leur étude montre les potentiels de production, les coûts et l'impact environnemental qu'auraient ces différentes technologies en Suisse, pour un horizon allant d'aujourd'hui à 2050. Les résultats de cette recherche vont être utilisés comme base par les spécialistes de l'OFEN, mais aussi par des chercheurs du PSI et d'autres instituts, pour développer des scénarios sur l'avenir énergétique de la Suisse et de l'Europe.

En savoir plus:

www.psi.ch/5232/181

Publication originale:

C. Bauer *et al.*, Potentiels, coûts et impact environnemental des installations de production d'électricité (2017), PSI, WSL, ETHZ, EPFL, Institut Paul Scherrer, Villigen PSI, Suisse.

4 Alvéoles pulmonaires

Des chercheurs du PSI viennent de réussir une première: observer *in vivo* certains aspects des processus respiratoires – inspiration et expiration – à l'échelle du micromètre, autrement dit à l'échelle de la plus petite unité structurale du poumon, l'alvéole pulmonaire. Leur nouveau procédé leur a permis de recueillir des données à la Source de Lumière Suisse SLS, grâce auxquelles il est désormais possible de visualiser en 3D n'importe quel endroit à l'intérieur du poumon. Cette nouvelle méthode d'observation offre la possibilité de formuler des réponses aux questions encore ouvertes dans le domaine de la physiologie respiratoire. Et de développer de nouvelles options thérapeutiques pour certaines maladies pulmonaires comme la broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO), dont, rien qu'en Suisse, quelque 400 000 personnes sont atteintes.

Publication originale:

G. Lovric *et al.*, Scientific Reports 2017,
DOI: 10.1038/s41598-017-12886-3

En route pour la recherche

GALERIE

Il y a des projets de recherche qu'on ne peut pas mener intégralement dans la zone couverte par le code postal 5232. Autrement dit, les chercheurs doivent eux aussi effectuer parfois des déplacements professionnels. Certains le font pour pouvoir utiliser des installations de recherche bien particulières, hébergées par d'autres instituts. D'autres parce qu'ils s'intéressent à la composition de l'atmosphère, ce qui les amène à entreprendre des voyages lointains afin de déterminer la qualité de l'air dans différentes régions du monde. Notre galerie photo présente cinq sites de ce genre où des chercheurs du PSI s'activent.

Texte: Paul Piwnicki



Antarctique

Il n'y a plus guère d'endroits sur Terre où l'air est exempt de traces de poussières fines industrielles. Pour étudier de l'air dont la pureté correspond à celle de l'ère préindustrielle, les chercheurs du PSI doivent se rendre jusqu'en Antarctique. Ils contribuent ainsi à une meilleure compréhension de la formation des nuages et du changement climatique d'origine anthropique.



Jungfraujoch

La station de recherche du Jungfraujoch est située à 3580 mètres d'altitude dans les Alpes bernoises, à la frontière entre les cantons de Berne et du Valais. La pureté de l'air y est telle qu'elle permet d'étudier certains processus atmosphériques dans des conditions absolument uniques. Les chercheurs du PSI y analysent par exemple la manière dont les particules fines atteignent les couches supérieures de l'atmosphère et influencent la formation des nuages.

Université de Stanford

L'université de Stanford en Californie gère le Centre de recherche SLAC sur mandat du ministère américain de l'Énergie. Depuis 2009, le SLAC abrite le premier laser à électrons libres, une source de rayons X durs. Des chercheurs du PSI y testent et y optimisent certaines méthodes expérimentales qui seront bientôt utilisées au PSI, plus précisément au SwissFEL, le laser suisse à rayons X à électrons libres.



Xi'an

Dans les grandes villes, les particules fines qui flottent dans l'air jouent un rôle essentiel dans la formation du smog. Or, ce dernier est dangereux pour la santé. Le problème est particulièrement aigu dans bon nombre de cités chinoises, comme Xi'an. Avec leurs collègues chinois et des scientifiques venus d'autres pays, les chercheurs du PSI étudient sur place la composition de ces particules fines afin de remonter à leurs sources.



Saint-Ursanne

La localité jurassienne de Saint-Ursanne est sise au pied du Mont Terri. Cette montagne abrite des couches d'argile à Opalinus, un matériau naturel où les déchets radioactifs pourraient être stockés de manière sûre. Le laboratoire souterrain du Mont Terri est profondément enfoui au cœur de la montagne. Des chercheurs du PSI, notamment, y testent les propriétés géochimiques et physiques de l'argile à Opalinus dans la perspective d'un dépôt en couches géologiques profondes. Le Mont Terri lui-même ne répond pas aux critères d'un dépôt pour déchets radioactifs.

Le saute-frontières

Le professeur Majed Chergui a été chercheur à Londres, Paris et Berlin, avant de s'établir à Lausanne. Et de contribuer depuis la Suisse romande à faire du PSI, sis au nord-ouest de la Suisse, ce qu'il est aujourd'hui: un centre de pointe dans le domaine des études de la matière à l'aide de rayons X.

Texte: Joel Bedetti

Neuf doctorants et postdocs sont assis en rangées lâches face à Majed Chergui, professeur de spectroscopie à l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), qui s'enquiert de leurs vacances d'été, avant de passer au vif du sujet et de leur demander de proposer des projets de recherche en collaboration avec les instituts Max-Planck en Allemagne – un appel d'offres est en cours. Il les écoute, confortablement adossé à sa chaise.

Lors de la réunion, une doctorante italienne explique qu'elle donne chaque année les exercices du cours de physique moléculaire. La tâche demande beaucoup de travail, mais seule une poignée d'étudiants suivent le cours en question.

Majed Chergui sourit: «Tous les doctorants doivent avoir des charges d'enseignement», lui rappelle-t-il. «Mais nous pourrions donner le cours une fois tous les deux ans», suggère la doctorante. Majed Chergui réfléchit: «S'ils sont vraiment si peu nombreux, je trouve que c'est une bonne idée.»

Majed Chergui cède volontiers l'initiative aux membres de son équipe. Car c'est ainsi que ce chercheur de 61 ans a toujours fonctionné: en homme à l'esprit libre, qui ouvre lui-même les portes, sans attendre qu'elles le fassent d'elles-mêmes, comme en témoigne son parcours. Il grandit en Algérie et au Liban, puis déménage à Londres une fois sa scolarité terminée afin d'y poursuivre des études de physique et de mathématiques. Il est major de sa promotion, ce qui lui permet d'obtenir une bourse pour financer son bachelor. Pour son master, Majed Chergui déménage encore, à Paris cette fois, où nombre de ses amis libanais et algériens font alors leurs études. Mais il ne gardera pas un bon souvenir de la culture académique qui règne en France. «Les professeurs étaient des demi-dieux, raconte-t-il aujourd'hui dans son bureau

à l'EPFL. Les premiers rangs des auditoriums étaient occupés par les étudiants des grandes écoles, les rangs de derrière par les étudiants des universités.»

Majed Chergui achèvera sa thèse de doctorat sur la spectroscopie moléculaire dans le domaine ultraviolet pratiquement sans encadrement, car son directeur de thèse est peu versé dans cette étude. Il se retrouve attaché de recherche dans un laboratoire du Centre national de la recherche scientifique (CNRS) basé à l'université de Paris-Nord. Mais ses ambitions ne se limitent pas à un poste de fonctionnaire. A Paris, il lui manque une source de lumière, le synchrotron – une sorte d'accélérateur de particules –, pour mener à bien ses projets. Majed Chergui se tourne vers Hambourg, où se trouve une installation de recherche idéale. Il s'active et décroche des subsides franco-allemands qui lui permettront de séjourner régulièrement sur place.

De la magie berlinoise à la quiétude lausannoise

En 1983, l'un de ses plus proches collègues au synchrotron DESY de Hambourg est nommé professeur à l'Université libre de Berlin. Majed Chergui prend un congé de disponibilité au CNRS et le rejoint quatre ans plus tard, accompagné de son épouse, une enseignante française. Ses yeux brillent encore lorsqu'il évoque le Berlin-Ouest d'avant la chute du Mur. «C'était magique», résume-t-il. Passionné de jazz, Majed Chergui se délecte de cette atmosphère si particulière, de l'effervescence artistique et scientifique qui agite la métropole à cette époque. Chaque année, le CNRS le presse de reprendre ses fonctions. Mais Majed Chergui n'a pas envie de rentrer à Paris. Faute de chaire à repourvoir à Berlin, il fait acte de candidature à l'Université de Lausanne (UNIL), où il est finalement nommé.





«Si l'on veut comprendre comment un chat s'y prend pour se retourner et retomber sur ses pattes quand il fait une chute, il faut l'observer pendant qu'il est en mouvement.»

Majed Chergui expliquant sa recherche sur les mouvements moléculaires.

Le déménagement, en 1993, de Berlin à Lausanne représente un grand changement, aussi bien pour lui que pour sa femme. La capitale vaudoise est pittoresque, mais surtout empreinte de quiétude. «Le dimanche, il régnait un silence de mort», affirme même le chercheur. Cependant, au niveau de sa carrière scientifique, Majed Chergui est en route vers le sommet. Peu après son installation à Lausanne, il reçoit la visite de Rafael Abela, très investi dans un projet du PSI pour un nouveau type de synchrotron: une source de rayonnement X destinée à la recherche fondamentale. Jusque-là, l'étude dynamique de structures moléculaires se faisait uniquement à l'aide d'impulsions laser dans le domaine du visible à l'ultraviolet. Mais dans les années 1990 commencent à se développer des méthodes utilisant le rayonnement X. Majed Chergui va contribuer à la conception de nouvelles expériences à la Source de Lumière Suisse SLS au PSI. «Son soutien au développement scientifique de la SLS a été tout à fait décisif», souligne aujourd'hui Rafael Abela.

Mais Majed Chergui réfléchit déjà à la suite: alors que la SLS a été conçue pour étudier des structures immobiles, il cherche avec son équipe une méthode qui permettrait de saisir les structures moléculaires en mouvement. «Etudier un chat immobile ne permet pas de savoir comment il s'y prend pour se retourner et retomber sur ses pattes lors d'une chute, explique-t-il pour illustrer son propos. Si l'on veut comprendre le phénomène, il faut pouvoir décomposer le mouvement de l'animal par étapes.»

Percée fêtée au champagne

Lorsque la SLS est mise en service en 2000, l'équipe de Majed Chergui est parmi les premières à mener des expériences à la nouvelle installation. Durant des années, les chercheurs vont travailler à l'élaboration d'une méthode de mesure permettant d'observer les structures en mouvement. Après des années de travaux, l'équipe de la SLS réussit enfin, en 2008, à produire des impulsions de rayons X d'une durée de quelques femtosecondes seulement, soit d'un millionième de milliardième de seconde. Ces impulsions permettent de mesurer en temps réel des structures moléculaires en mouvement avec une précision spatiale inconnue jusque-là.

Chris Milne, alors postdoc chez Majed Chergui, travaille aujourd'hui au SwissFEL, le tout nouveau laser à rayons X du PSI, conçu spécialement pour analyser les mouvements moléculaires les plus rapides. Ce grand instrument de recherche a profité lui aussi des

travaux préparatoires de Majed Chergui à la SLS. Chris Milne se remémore la fameuse percée de 2008: «Le soir, nous avons bu une bouteille de champagne et collé les résultats de mesure, imprimés sur une feuille de papier, sur la bouteille vide, que nous avons placée dans une étagère de la salle de contrôle.» Depuis, la dite étagère a accueilli de nombreuses autres bouteilles du même genre. Pour Chris Milne, Majed Chergui combine excellence scientifique et sociabilité. Par exemple, il organise chaque année un week-end de ski au mois de mars pour son équipe, lors duquel les participants sont sur les pistes la journée et font des présentations scientifiques le soir.

Majed Chergui n'a pas seulement fait œuvre de pionnier dans le domaine de la spectroscopie ultrarapide. Il est aussi l'un des premiers professeurs d'université romands à avoir durablement posté des chercheurs de son groupe au PSI. Aujourd'hui encore, plusieurs collaborateurs parmi la quinzaine qu'il supervise sont en poste à Villigen, dont trois au SwissFEL. Depuis quelques années, affirme Majed Chergui, les chercheurs romands sont de plus en plus attirés au PSI. Surtout depuis qu'un Romand, Joël Mesot, a repris les rênes de l'institut.

Après la séance, Majed Chergui s'en va avec ses doctorants et ses postdocs manger à la cantine de l'Université de Lausanne. Depuis la terrasse, on aperçoit le Léman qui scintille. Aujourd'hui, le chercheur n'est plus professeur à l'Université de Lausanne, mais à l'EPFL, qui a absorbé les sections de chimie, de mathématiques et de physique de l'UNIL en 2003. Il a entre-temps acquis la nationalité suisse. Attablé devant sa salade, il évoque ses récents séjours de recherche en Russie et en Corée du Sud, puis part chercher des cafés pour ses collaborateurs. Son groupe se disperse. Sur le chemin du retour vers son bureau, il avoue que l'ambiance des grandes villes lui manque parfois. Une nostalgie qu'il pallie grâce au pied-à-terre berlinois qu'il a acheté avec sa femme, il y a quelques années.

QUI SOMMES-NOUS?

Depuis chez nous, en Argovie,
nous faisons de la recherche pour la Suisse
en coopération mondiale.





4

grandes installations de recherche
uniques en Suisse

800

articles scientifiques publiés chaque
année dans des revues spécialisées
qui reposent sur des expériences
menées aux grandes installations de
recherche

5000

visites annuelles de scientifiques
venus du monde entier pour
mener des expériences à ces grandes
installations de recherche

5232 est l'adresse où l'on fait de la recherche en Suisse à de grandes installations de recherche. Car l'Institut Paul Scherrer PSI a son propre code postal. Une particularité justifiée, d'après nous, pour un institut qui s'étire sur 352643 mètres carrés, qui possède son propre pont sur l'Aar et qui compte 2000 collaborateurs, autrement dit plus d'employés que certains villages des environs n'ont d'habitants.

Le PSI est sis dans le canton d'Argovie, sur les deux rives de l'Aar, entre les communes de Villigen et de Würenligen. C'est un institut de recherche fédéral pour les sciences naturelles et les sciences de l'ingénieur, qui fait partie du domaine des Ecoles polytechniques fédérales (EPF), les autres membres étant l'ETH Zurich, l'EPF Lausanne, l'Eawag, l'Empa et le WSL. Avec notre recherche fondamentale et notre recherche appliquée, nous œuvrons à l'élaboration de solutions durables pour répondre à des questions majeures, tant sociétales que scientifiques et économiques.

De grandes installations de recherche complexes

Nous avons reçu de la Confédération suisse le mandat de développer, de construire et d'exploiter de grandes installations de recherche complexes. Ces dernières sont uniques en Suisse et certains équipements sont même uniques au monde, car ils n'existent qu'au PSI.

De nombreux chercheurs, actifs dans les disciplines les plus diverses, ont la possibilité de faire des découvertes essentielles pour leur travail en menant des expériences à nos grandes installations de recherche. En même temps, la construction et l'exploitation d'installations pareilles sont si complexes et coûteuses qu'au niveau de leur propre infrastructure les groupes de recherche dans les hautes écoles et dans l'industrie ne peuvent pas disposer de ce genre d'instruments de mesure. C'est pourquoi nos installations sont ouvertes à tous les chercheurs.

S'ils veulent obtenir du temps de mesure pour leurs expériences, les chercheurs de Suisse et de l'étranger doivent toutefois faire acte de candidature auprès du PSI. Le comité de sélection, composé d'experts, évalue ces demandes en fonction de leur qualité scientifique et recommande au PSI les scientifiques auxquels il faut véritablement l'allouer. En effet, même si le PSI dispose d'une quarantaine de postes de mesure auxquels des expériences peuvent être menées simultanément, il n'y a pas assez de temps disponible pour toutes les candidatures. Entre un tiers et la moitié des demandes doivent être refusées.

Chaque année, quelque 1900 expériences sont conduites aux grandes installations de recherche au PSI. Le temps de mesure au PSI est gratuit pour tous les chercheurs académiques. Les utilisateurs de l'industrie ont la possibilité d'acheter du

temps de mesure pour leur propre recherche dans le cadre d'une procédure spécifique et d'utiliser les installations de recherche pour leur recherche appliquée. Le PSI offre à cet effet des prestations spéciales de recherche et de développement.

Au total, le PSI entretient quatre grandes installations de recherche qui permettent de se plonger dans des matériaux, des biomolécules et des appareils techniques afin de sonder les processus qui se jouent à l'intérieur. Lors de leurs expériences, les chercheurs «radiographient» les échantillons qu'ils veulent analyser au moyen de différents rayonnements. Ils ont à disposition des faisceaux de particules – neutrons et muons – ou de lumière intense de type rayons X – lumière synchrotron ou laser à rayons X. Ces divers types de rayonnements permettent d'étudier au PSI une grande variété de propriétés des matériaux. La complexité et les coûts de ces installations sont dus notamment au fait que, pour produire ces différents rayonnements, il faut de grands accélérateurs.

Nos trois principaux domaines de recherche

Mais le PSI n'est pas seulement prestataire de services pour d'autres chercheurs; il a son propre programme de recherche et ce dernier est ambitieux. Les découvertes faites par les chercheurs au PSI permettent de mieux comprendre le monde qui nous entoure et établissent les fondements nécessaires au développement d'appareils et de traitements médicaux innovants.

En même temps, la recherche en interne est une condition importante pour assurer le succès du programme utilisateurs aux grandes installations. Car seuls des chercheurs impliqués dans les derniers développements scientifiques sont en mesure d'épauler les utilisateurs externes dans leur travail et de continuer à développer les installations pour qu'à l'avenir elles correspondent aux besoins de la recherche.

Notre propre recherche se concentre sur trois domaines. Dans celui de la matière et des matériaux, nous étudions la structure interne de différentes substances. Les résultats aident à mieux comprendre les processus qui se jouent dans la nature et fournissent les bases de nouveaux matériaux destinés à des applications techniques et médicales.

Dans le domaine de l'énergie et de l'environnement, l'objectif des travaux menés est de développer de nouvelles technologies pour un approvisionnement énergétique durable, sûr et respectueux de l'environnement.

Dans le domaine de la santé humaine, les chercheurs s'efforcent d'identifier les causes de certaines maladies et les méthodes thérapeutiques possibles. Dans le cadre de la recherche fondamentale, ils étudient les processus généraux qui se jouent au sein des organismes vivants. Par ailleurs, nous exploitons la seule installation de Suisse permettant de traiter certaines maladies cancéreuses spécifiques avec des protons. Cette méthode particulièrement peu agressive permet de détruire les tumeurs de manière ciblée, tout en préservant la quasi-totalité des tissus sains environnants.

Les cerveaux derrière les machines

Le travail aux grandes installations de recherche du PSI est exigeant. Nos chercheurs, ingénieurs et professionnels sont des experts hautement spécialisés. Pour nous, il est important de préserver ces connaissances. Nous attendons donc de nos collaborateurs qu'ils transmettent leur savoir à des jeunes qui s'en serviront dans le cadre de différentes positions professionnelles, pas seulement au PSI. C'est pourquoi près d'un quart de nos collaborateurs sont des apprentis, des doctorants et des post-docs.

IMPRESSUM

5232 – Le magazine de l'Institut Paul Scherrer
Paraît trois fois par an.
Numéro 1/2018 (janvier 2018)
ISSN 2571-6891

Editeur
Institut Paul Scherrer
5232 Villigen PSI, Suisse
Téléphone +41 56 310 21 11
www.psi.ch

Rédaction
Dagmar Baroke, Monika Blétry,
Martina Gröschl, Christian Heid,
Dr Laura Hennemann,
Dr Paul Piwnicki (resp.), Frank Reiser

Traduction
Catherine Riva

Correction
Étienne Diemert

Design et direction artistique
Studio HübnerBraun

Photos
Scanderbeg Sauer Photography
Sauf:
Page 26: David Crockett /
Getty Images;
Pages 28/29: François Bernard;
Pages 30, 38: Markus Fischer;
Page 31: Hotaik Sung / Getty Images;
Page 32: Pan Hong / Getty Images;
Page 33: Suisse Tourisme.

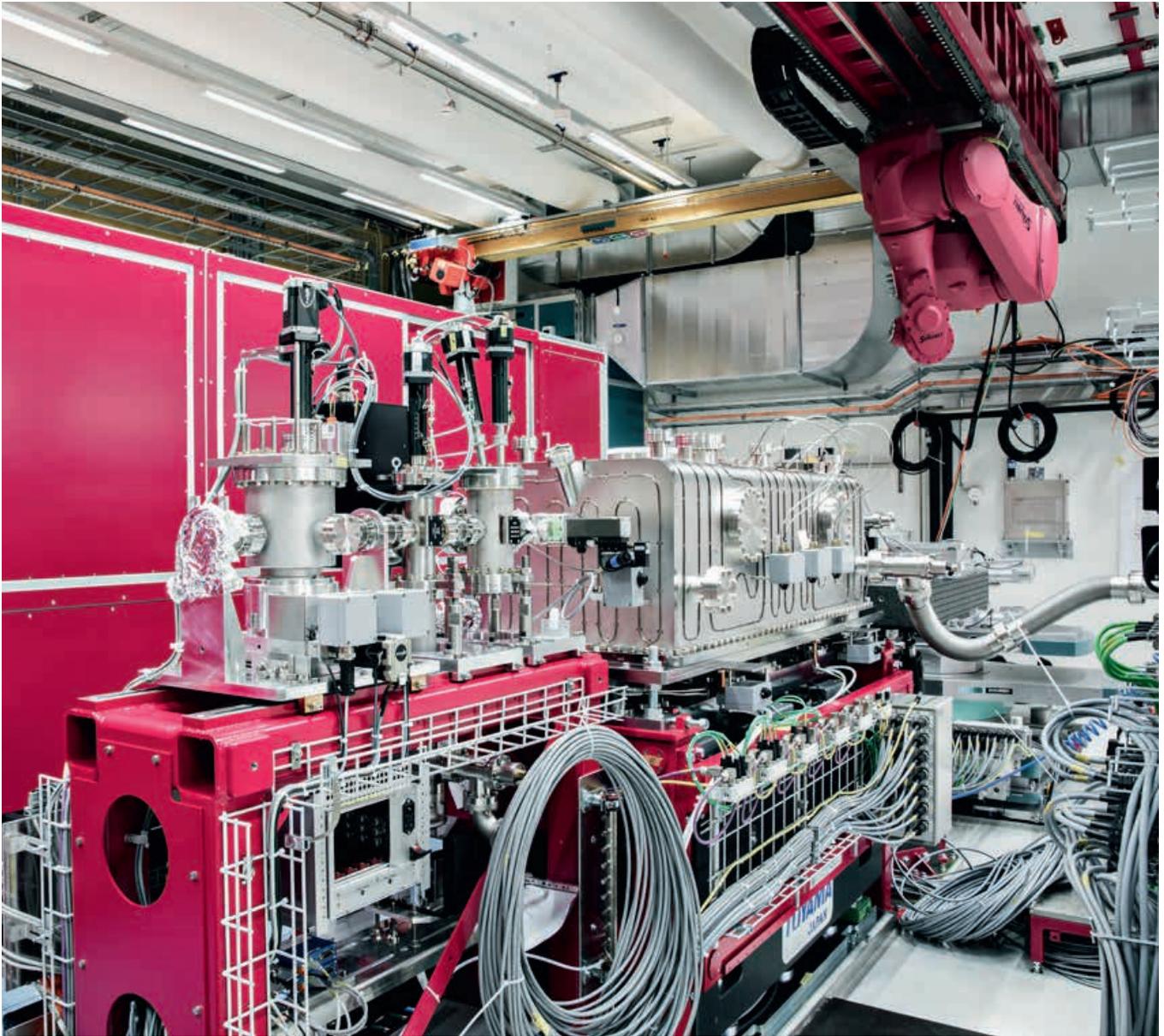
Infographies
Christoph Frei
Sauf:
Pages 6, 7: Nick Radford;
Page 20: Laura Hennemann/
Christoph Frei.

Pour en savoir plus sur le PSI
www.psi.ch

Pour lire 5232 sur Internet
www.psi.ch/5232/le-magazine-5232

Pour vous abonner gratuitement au magazine
www.psi.ch/5232/abonner-5232

PAUL SCHERRER INSTITUT

Ce qui vous attend au prochain numéro

Fin 2017, le SwissFEL hébergeait ses premières expériences. Dans le prochain numéro de 5232, nous vous ferons découvrir le «making of» de la nouvelle grande installation de recherche du PSI: un laser à rayons X à électrons libres unique en son genre, qui permet de produire des courts-métrages de biomolécules en action et de matériaux en train de se modifier. Nous observerons producteurs et metteurs en scène, nous assisterons à un tournage et nous vous présenterons les stars du moment. Vous découvrirez si cette installation remporte l'adhésion du public, ce qu'en disent les critiques, s'il pourrait y avoir un deuxième épisode, voire des spin-offs. Et même s'il est possible d'espérer un Oscar.



Paul Scherrer Institut
5232 Villigen PSI, Suisse | www.psi.ch | +41 56 310 21 11