

# ON AIR

N° 05  
NOVEMBRE  
2017

Le magazine du groupe Air Liquide



## EXPLORATEUR

La conquête  
de l'espace  
continue

P.08

---

## EXPÉRIENCES

Une journée  
avec Xi Fang

P.24

---

## ÉCOSYSTÈME

Ice Memory :  
conserver les archives  
du climat

P.33

---

TRAITEMENT DES EAUX

# L'OXYGÈNE

## et le défi de l'eau

P.16

---

## EXPLORATEUR

P.07



La conquête  
de l'espace continue  
**P.08**

-  
L'oxygène  
et le défi de l'eau  
**P.16**

## EXPÉRIENCES

P.23



Une journée avec Xi Fang  
**P.24**

-  
Airgas :  
la sécurité embarquée  
**P.26**

-  
Air Liquide  
et les smartphones  
**P.27**

-  
Une mobilité plus propre  
**P.28**

## ÉCOSYSTÈME

P.29



La santé de proximité  
**P.30**

-  
Ice Memory : conserver  
les archives du climat  
**P.33**

-  
Produire de l'hydrogène à partir  
d'eau et d'énergie solaire  
**P.36**

### LE MOT DE LA RÉDACTION

# Un nouveau cap pour le magazine ON AIR

**Air Liquide se transforme et ça se voit !** Après avoir renouvelé son identité visuelle, Air Liquide fait aussi évoluer son magazine ON AIR et l'ouvre à l'ensemble de ses parties prenantes à travers le monde afin de partager plus largement son expertise et ses expériences. Dans cette cinquième édition, Air Liquide vous embarque dans une aventure spatiale sans précédent, où vous découvrirez le rôle clé des gaz à toutes les étapes de l'exploration spatiale (p. 08). De retour sur

Terre, vous ferez une première escale dans une station de traitement des eaux usées afin de comprendre comment l'oxygène peut contribuer à répondre au défi de l'eau (p. 16), avant de vous envoler pour Dubaï, où Air Liquide vient d'inaugurer une station hydrogène pour son client Al-Futtaim. L'hydrogène, dont le rôle majeur dans la transition énergétique n'a pas échappé à notre invité, le chercheur Kevin Sivula (p. 36), récemment primé pour ses travaux innovants sur la production de

ce gaz à partir d'eau et d'énergie solaire. En bonus : une visite dans la cabine d'un conducteur Airgas équipée d'un système de sécurité embarqué ainsi qu'un passage en Antarctique, où la Fondation Air Liquide finance un projet inédit : la création d'un sanctuaire de carottes glaciaires, destiné à conserver les archives du climat (p. 33).

**BON VOYAGE À TOUS !**  
**La Rédaction**  
[onair.corporate@airliquide.com](mailto:onair.corporate@airliquide.com)

### ONAIR - Le magazine du groupe Air Liquide

**Directeur de la publication :** Virginie Reynaud. **Rédacteurs en chef :** Claire Thisse et Amy Vatanartiran. **Contributions :** merci à P. Baldo, F. Barbier, D. Boutelier, S. Boxler, C. Brugier, N. Brunet, J.-S. Clément, M. Cotteleer, L. Daumas, M. Doucet, C. Estrade-Bordry, A. Eudeline, P. Fiocchi, E. Garnier, C. Gazzeri, R. Gress, G. Gilardi, B. Hage, F. Januard, S. Lavour, A. Lebrethon, D. Lecocq, M. Martinez-Mateos, D. Meneses, A. Michaud, L. Montcel, E. Neyrand, G. Ramalingame, R. Reau, A. Renard, L. Richard, A. del Riego Lóriz, S. Robert, J.-B. Salles, B. Thomas, A. Toro-Engel, L. Underwood, V. Werquin, A. Zanoto. **Crédits :** Air Liquide/Artechnique, Air Liquide, Air Liquide Santé France, Al-Futtaim Motors Company LLC, P. Avavian, Cédric Audinot, F. Benausse/Langage Graphique, S. del Ben/Wild-Touch, the European Space Agency (ESA), L. Flusin/CAPA, Getty, Fotolia, iStock, B. Meltz/CAPA, Pau/OXY illustrations, Stéphane Remaël/La Company, Romain Trystam, P. Wack/CAPA, DR. **Réalisation :** **Air Liquide**

## LA TRIBUNE

# L'innovation ouverte, une clé pour transformer l'expérience client



### **Benoît Potier**

Président-Directeur Général d'Air Liquide

 [Suivez Benoît Potier sur LinkedIn  
linkedin.com/in/benoit-potier](https://www.linkedin.com/in/benoit-potier)

**D**'expérience, l'innovation est toujours d'abord une affaire de personnes, de rencontres, d'analogies avant d'être une question de pure technologie. Il nous est à tous arrivé de nous retrouver dans des situations propices à la créativité et génératrices d'idées – que cela soit à l'occasion d'un séminaire ou lors d'un voyage par exemple. Mais les raisons de leur survenue nous échappent parfois. Or, nous ne pouvons pas simplement nous en remettre au hasard. Que l'on soit décideur, scientifique ou commercial, au sein d'une start-up ou dans un grand groupe industriel, tout doit être

entrepris pour créer les conditions favorables aux rencontres d'idées, de savoirs et de personnes, tant dans l'entreprise qu'entre les écosystèmes. C'est là la force motrice de l'innovation ouverte.

Dans le secteur de l'industrie, accélérer l'innovation devient indispensable pour qui veut rester leader sur son marché. L'époque où une entreprise conservait une mainmise totale sur sa R&D est révolue, tout comme la course effrénée aux brevets. La révolution des technologies de l'information a permis l'avènement d'un monde

# « D'expérience, l'innovation est toujours d'abord une affaire de personnes, de rencontres, d'analogies avant d'être une question de pure technologie. »



décloisonné, où les modèles d'innovation établis sont aujourd'hui bousculés et où le temps de développement est considérablement réduit.

Quelle que soit l'activité ou la taille de l'entreprise, l'innovation s'inscrit désormais dans un écosystème ouvert, et elle repose sur des co-développements avec des clients, des partenariats établis avec des start-up, des PME, des universités et des instituts de recherche, ce dans le monde entier. Cette démarche d'innovation ouverte s'applique aussi bien à des projets directement liés au cœur de métier qu'aux « nouveaux marchés ». Avec en tête toujours le même objectif : **détecter en amont les solutions les plus prometteuses pour transformer l'expérience client, et les déployer de façon agile.**

Si l'innovation ouverte nécessite, pour conquérir de nouveaux marchés, de se connecter aux différents écosystèmes mondiaux d'innovation, l'un des principaux facteurs de réussite demeure la **capacité à travailler en commun**. Grâce à une organisation en réseau, les compétences – mieux réparties et échangées, au niveau international comme local – permettent **d'accélérer les processus de développement en partageant savoirs et risques, ainsi que de renforcer la proximité avec les utilisateurs finaux**. C'est aussi l'opportunité d'attirer de nouveaux talents. Si les grandes entreprises souhaitent rester dans la course, plonger au cœur d'un monde et d'un mode d'action plébiscités par les start-up s'avère indispensable. Il est vrai que redéfinir ses offres à l'ère du « tout numérique » demande un investissement initial, aussi bien financier qu'en termes de ressources intellectuelles.

Privilégier l'innovation ouverte, c'est voir dans cette collaboration plus humaine l'opportunité unique d'infuser un esprit entrepreneurial. C'est permettre une veille technologique et sociétale permanente. C'est, enfin, se démarquer pour fidéliser ses clients et en conquérir de nouveaux.

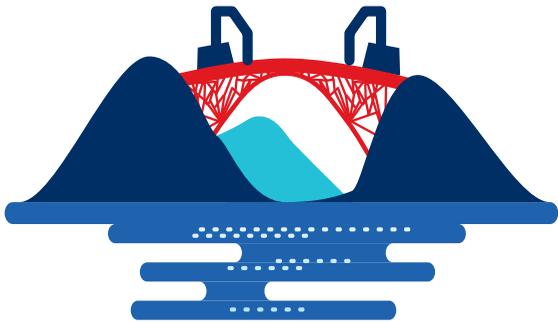
Fidèle à cette démarche, le projet d'usine du futur *Connect d'Air Liquide*, associant 10 start-up et un grand nombre de PME, s'est concrétisé au début de l'année 2017. Plus récemment, le Groupe a rejoint l'incubateur Techstars Paris, qui met en relation les grands groupes partenaires et les start-up du programme. Cette opportunité d'accélérer l'innovation dans les domaines de l'intelligence artificielle, des données, de l'internet des objets, de la cybersécurité et de la mobilité intelligente permet à chacune des start-up accompagnées de bénéficier de l'expérience industrielle et technologique de grands groupes implantés mondialement. Pour ces derniers, c'est pouvoir **enrichir l'expérience client en tenant compte de leurs nouveaux usages**.

On le voit, le potentiel offert par ce nouveau modèle d'innovation est considérable et dépasse le simple horizon des avancées technologiques : à la fois une source d'amélioration de l'expérience client et la promesse d'une efficacité accrue pour l'entreprise, c'est aussi **l'opportunité de recréer du lien en mettant l'homme et ses attentes au cœur du processus d'innovation**. En définitive, l'innovation ouverte vise en priorité à mettre en place les conditions d'un changement de paradigme – et ce, à tous les niveaux de l'entreprise et de la société.

*Publié le 8 septembre 2017*

# ONAIR 360

Industrie du futur, e-santé, transition énergétique et écologique, transformation numérique : autant de sujets majeurs sur lesquels travaille Air Liquide avec son expertise et sa vision. **Tour d'horizon des avancées en 2017.**



L'expérience immersive

## Fabrication additive : un pont vers le futur

Dévoilé le 11 juin 2015, le « MX3D Bridge » est une première mondiale. Ce projet imaginé par les designers néerlandais du Joris Laarman Lab a pour but la réalisation d'une passerelle en acier inoxydable dans le centre historique d'Amsterdam, suivant un procédé de fabrication additive innovant : l'impression métallique 3D par soudage à l'arc robotisé en temps réel et sans intervention humaine. Une véritable prouesse technologique qui préfigure une profonde transformation dans le domaine de la fabrication d'objets industriels dans le futur ! Air Liquide accompagne les équipes à travers plusieurs domaines d'expertise : la fourniture de gaz, le soudage à l'arc et la recherche et développement. Vivez l'expérience immersive de la construction du pont sur le site web [airliquide.com](http://airliquide.com).

L'état d'esprit

## « Voice of Customer » : Toujours plus à l'écoute de nos clients #CX

Dans le cadre de son programme d'entreprise NEOS, Air Liquide déploie « Voice of Customer », un projet qui permettra à terme de collecter la voix des clients de l'ensemble des Branches d'activité à travers le monde en les invitant à répondre à une enquête relationnelle en ligne. Les retours sont disponibles en temps réel afin de permettre aux équipes de les analyser et de mettre en place toutes les actions nécessaires pour améliorer l'expérience client. Prochaine étape : mesurer à chaud la satisfaction à des étapes clés du parcours client. Une véritable avancée en termes de précision et de réactivité, au service d'une expérience client personnalisée et de la performance de l'entreprise.

La tendance

## Nouveau métier : data scientist

Faire parler la donnée pour lui donner du sens et de la valeur. C'est le rôle du data scientist, doté à la fois de compétences scientifiques et de compétences métier pour pouvoir contextualiser et interpréter les données. Un profil très convoité par les entreprises. Chez Air Liquide, le data scientist travaille en étroite relation avec les équipes opérationnelles marketing, commerciales, industrielles et informatiques. Son rôle consiste à associer la science des données à l'ensemble de ces expertises pour détecter, tester et optimiser des solutions innovantes et adapter les offres du Groupe aux attentes des clients.



## La cartographie

# L'odyssée d'*Energy Observer*, premier navire à hydrogène

*Energy Observer*, le premier navire propulsé à l'hydrogène et aux énergies renouvelables (soleil, vent), réalisera un tour du monde en s'appuyant exclusivement sur des ressources naturelles, et ce, même dans les conditions les plus extrêmes. Inauguré le 6 juillet dernier à Paris, ce bateau traversera pendant six ans 50 pays, avec 101 escales, sans émettre de gaz à effet de serre ni de particules fines. Engagé depuis plus de vingt ans dans le développement de l'hydrogène, notamment pour la mobilité, Air Liquide soutient ce projet humain, technologique et pédagogique qui témoigne du rôle clé de l'hydrogène dans la transition énergétique.

## Le chiffre

# 54%

C'est le pourcentage de commerciaux qui ont déclaré avoir déjà conclu une vente suite à une interaction sur les réseaux sociaux. Au Benelux, les commerciaux d'Air Liquide sont formés au « social selling » depuis un an. Objectif ? Valoriser leur expertise et accroître leur visibilité auprès des clients et prospects en partageant du contenu lié à leur activité via une plateforme dédiée. Suite au succès de cette initiative, des approches similaires se multiplient dans les filiales du Groupe.

## La bonne pratique sécurité

# La fibre optique pour détecter les fuites

Connue pour sa capacité à transporter une grande quantité de données à la vitesse de la lumière, la fibre optique est aussi utilisée dans les domaines de la sécurité et du contrôle qualité. Elle permet en effet de détecter des fuites de gaz provenant de canalisations enterrées. Nous devons cette découverte au projet FOLD<sup>(1)</sup> mené par Air Liquide entre 2015 et 2016, en collaboration avec Total, Engie, GRTgaz et l'Ineris. Des fibres optiques ont été disposées à proximité d'une canalisation de 30 m de long, 40 cm de diamètre, et enterrée à 80 cm de profondeur. Constat : une fuite provoque un changement de température, qui modifie la lumière rétrodiffusée par la fibre optique et/ou induit une émission de son. Un moyen d'alerte rapide et efficace pour les entreprises, partenaires et clients exploitant des canalisations.

(1) Fibre Optic Leak Detection.

## L'inauguration

# Maison Oxygène

Air Liquide a inauguré cette année, au Sénégal, la première Maison Oxygène, lieu central de l'offre Access Oxygen, visant à rendre accessible l'oxygène médical aux petits centres de santé périurbains et ruraux. Faute d'offre adaptée, ces structures n'avaient jusqu'ici pas accès à ce produit pourtant essentiel dans le traitement des pathologies respiratoires et cardiaques. Access Oxygen s'inscrit dans la démarche « Inclusive Business » (business inclusif) portée par les équipes de l'i-Lab, le laboratoire d'innovation du Groupe, avec les équipes Santé et les équipes opérationnelles au Sénégal. Elle vise à proposer des offres adaptées aux économies en développement.

—  
**Pour en savoir plus, rendez-vous sur le site web de l'i-Lab.**

# EXPLORATEUR

EXPLORER  
EXPLORADOR  
ENTDECKEN  
ESPLORATORE  
EXPLORADOR  
エクスプローラー  
ODKRYWCA  
探索者  
ОБОЗРЕНИЕ

## ESPACE

La conquête  
de l'espace  
continue

P.08

---

## TRAITEMENT DES EAUX

L'oxygène et  
le défi de l'eau

P.16

---

# LA CONQUÊTE DE L'ESPACE CONTINUE

Depuis plus de cinquante ans, Air Liquide accompagne l'aventure spatiale. Son expertise unique en cryogénie (froid extrême) et en ingénierie des gaz lui confère un rôle déterminant à toutes les étapes clés de l'exploration spatiale : de la conception des lanceurs aux pas de tir, des satellites aux systèmes orbitaux. Air Liquide insuffle également son savoir-faire dans les domaines des énergies renouvelables (de la production au stockage d'énergies) et du support à la vie dans l'espace. Décollage !

# AIR LIQUIDE PRÉSENT À TOUTES LES ÉTAPES

De la conception des lanceurs à l'exploration spatiale, en passant par l'optimisation des installations sur les pas de tir, le Groupe apporte son expertise.

## 1. En amont : la conception des lanceurs

Avec sa filiale Air Liquide advanced Technologies, Air Liquide intervient dès la conception des réservoirs cryogéniques des lanceurs et jusqu'à leur intégration dans la fusée. Partenaire de la communauté spatiale, le Groupe travaille chaque jour sur le développement et l'optimisation de ces équipements, notamment pour l'isolation, ou la gestion des fluides. Air Liquide a ainsi participé à toutes les évolutions du lanceur Ariane depuis ses débuts, en 1973.

## 2. Au sol : sur les pas de tir

Sur les bases spatiales de lancement, à Kourou en Guyane, à Cap Canaveral aux États-Unis, à Tanegashima au Japon, ou encore à Xichang et Wenchang en Chine, Air Liquide réalise, teste et optimise les installations et raccordements des lignes cryogéniques des pas de tir depuis les années 1980. Pour chaque tir, les équipes du Groupe produisent et fournissent les fluides de propulsion ou d'inertage des lanceurs : hydrogène et oxygène liquides, hélium et azote.

## 3. Autour de la Terre : dans les satellites et les systèmes orbitaux

Dans le domaine de la cryogénie orbitale, les techniques développées par Air Liquide permettent de répondre à un large éventail de besoins : conservation des échantillons biologiques étudiés sur la Station spatiale internationale, observation du rayonnement thermique de l'Univers avec les satellites Planck et Herschel, et refroidissement des détecteurs infrarouges de satellites d'observation de la Terre ou de météorologie. Air Liquide développe également des composants pour la propulsion électrique des satellites qui sera utilisée par un quart des satellites géostationnaires d'ici 2022.

## 4. Au-delà : l'exploration spatiale

Produire et stocker de l'énergie, purifier l'air, produire des carburants pour assurer le retour sur Terre des véhicules spatiaux... Air Liquide participe à l'aventure de l'installation de la vie humaine dans l'espace. Les briques technologiques nécessaires à cette aventure ont en partie déjà été mises au point sur Terre. Reste à les adapter à l'usage spatial.

# AUTOUR D'UN LANCEMENT

Conception et fabrication des réservoirs et des équipements cryotechniques, production des gaz industriels servant d'ergols (carburants des fusées), ou support aux opérations et fourniture de services associés au centre de lancement... Grâce à sa maîtrise de la cryogénie et des applications des gaz, Air Liquide intervient à toutes les étapes majeures de la vie d'un lanceur : de la conception au décollage, au sol comme à bord.

## ARIANE 5 EN CHIFFRES

**420 000**

litres d'oxygène liquide et

**800 000**

litres d'hydrogène liquide consommés par tir.

**80**

lancements consécutifs réussis pour Ariane 5 en 14 ans.

**750**

tonnes environ, soit 1/10 de la tour Eiffel.

**10**

millions de litres environ d'hydrogène et d'oxygène liquides livrés chaque année à Kourou par Air Liquide Spatial Guyane.

### CHRONOLOGIE D'UN LANCEMENT

1

#### Décollage

Allumage du moteur cryogénique de l'EPC (étage principal cryotechnique) puis des deux EAP (étages d'accélération à poudre) qui l'entourent, propulsant la fusée hors de l'atmosphère. Les EAP se détachent ensuite grâce à des systèmes pyrotechniques.



### L'EXPERTISE AIR LIQUIDE

#### Production et fourniture des fluides de propulsion

En Guyane, Air Liquide fournit les fluides de propulsion et de mise en œuvre (hydrogène et oxygène liquides) des lanceurs Ariane, Vega et Soyouz. Par exemple, pour Ariane 5, leur livraison s'effectue grâce à des réservoirs semi-mobiles acheminés près de la zone de lancement. Spécifiquement conçus pour leur contenu, ces réservoirs sont reliés au lanceur via des canalisations super-isolées.

#### Fourniture des systèmes de distribution de la table et du mât de lancement

La table de lancement est une énorme structure métallique mobile de 870 tonnes à vide, équipée d'un mât ombilical haut de 58 mètres qui abrite les installations nécessaires à l'alimentation et au contrôle du lanceur : Air Liquide fournit et opère l'ensemble des systèmes de distribution qui assurent le remplissage en hydrogène et en oxygène liquides de l'étage cryotechnique EPC (étage principal cryotechnique). Le mât soutient également les deux bras cryogéniques nécessaires au remplissage et à la vidange de l'étage supérieur cryotechnique du lanceur (ESC-A).



2

### Séparation de la coiffe

Une fois la fusée sortie de l'atmosphère, la protection de sa tête se détache. Le moteur continue sa poussée. La coiffe se détache ensuite ainsi que les réservoirs, libérant l'ESC-A (étage supérieur cryotechnique).

3

### Séparation de l'étage supérieur et du satellite

La propulsion s'effectue encore pendant une quinzaine de minutes avant de s'éteindre. La fusée, ou plutôt la « charge utile<sup>(1)</sup> » libérée des éléments l'entourant, continue alors son vol balistique avant de déployer son satellite en orbite géostationnaire.

### Production et fourniture d'hélium, d'air comprimé et d'azote

L'hélium gazeux est utilisé pour l'inertage des lignes, notamment celles d'hydrogène et d'oxygène liquides d'Ariane 5. Sous forme liquide, l'hélium sert à maintenir la pression des réservoirs de l'EPC, contenant l'hydrogène et l'oxygène liquides, au fur et à mesure qu'ils se vident. L'air comprimé est quant à lui utilisé pour différents éléments du lanceur (coiffe, EAP, etc.). Enfin, l'azote est envoyé à l'état gazeux, à une pression de 250 bars, dans une canalisation qui alimente la zone de lancement.

### Supervision et maintenance des réservoirs d'oxygène et d'hydrogène

Air Liquide Spatial Guyane et Air Liquide advanced Technologies assurent pour le compte d'Arianespace et du Centre national d'études spatiales (CNES) la supervision et la maintenance complète de tous les équipements cryogéniques, des réservoirs EPC et ESC-A, ainsi que de tous les flexibles qui relient le lanceur, les bras et les canalisations aux installations au sol. Des lignes superisolées sous vide permettent le transfert à très basse température des fluides cryogéniques lors des phases de remplissage des réservoirs d'Ariane 5.

(1) Partie d'un engin spatial qui est destinée à remplir les objectifs de la mission. La charge utile d'une fusée est le satellite artificiel ou la sonde spatiale qu'elle doit placer en orbite.

# AIR LIQUIDE EN ORBITE

Satellites, télescopes, Station spatiale internationale..., les technologies développées par Air Liquide se retrouvent aujourd'hui dans les plus grands projets spatiaux internationaux mis en orbite.

## L'ISS

« Joyeux anniversaire, MELFI<sup>(1)</sup> ! » C'est par ces mots qu'en décembre 2016, lors de son séjour dans la Station spatiale internationale (ISS), l'astronaute Thomas Pesquet a marqué les dix ans du cryoréfrigérateur. Air Liquide a conçu et développé sur MELFI, pour le compte de l'Agence spatiale européenne (ESA), la turbomachine de production de froid servant à conserver jusqu'à -95 °C des échantillons biologiques ou des prélèvements scientifiques avant leur retour sur Terre pour analyse. L'ISS en embarque trois exemplaires. « Ils sont essentiels à la bonne conduite de nos expériences biologiques [...]. Sans MELFI, on ne pourrait pas faire de recherches sur le corps humain par exemple », insiste l'astronaute français.

(1) The Minus Eighty degree Laboratory Freezer for ISS.



TERRE

ISS

LUNE

## SUR TERRE

En 1962, le site actuel d'Air Liquide advanced Business & Technologies de Sassenage (Isère, France) ouvre avec pour mission de développer la cryogénie industrielle, notamment pour l'activité spatiale. Un centre d'essais est alors créé pour tester, à taille réelle et dans les conditions recréées de l'espace, les réservoirs fabriqués sur le site. Ce centre a ensuite évolué pour accompagner nos autres activités et nos clients. « Un même site pour tester, contrôler, qualifier et fabriquer les équipements pour les besoins du spatial, c'est unique », explique Bertrand Baratte, Directeur de l'activité spatiale chez Air Liquide advanced Technologies. Le site de Sassenage compte aujourd'hui quelque 700 collaborateurs, dont environ 180 travaillant de près ou de loin pour le spatial. C'est sur ce site que les réservoirs de toutes les générations d'Ariane ont été testés.

## LA LUNE

« L'énergie et son stockage font partie des grands défis à relever pour que l'homme s'établisse de manière durable sur la Lune, explique Pierre Crespi, Directeur de l'Innovation d'Air Liquide advanced Technologies à Sassenage. C'est pourquoi Air Liquide s'est associé à l'ESA et au Centre allemand pour l'aéronautique et l'astronautique (DLR) dans le projet "Luna", qui vise à implanter un "village lunaire" ». Les premières missions d'essai sont prévues dans les années 2020. « Objectif ? Tester l'extraction de l'eau sur le site de l'ESA en vue de produire de l'hydrogène directement sur place et de l'utiliser comme vecteur d'énergie avant une expérimentation sur la Lune à terme », explique Frank De Winne, qui dirige le Centre des astronautes de l'ESA, à Cologne. C'est l'objet du laboratoire Lunar Analogues, qui doit ouvrir mi-2018. Dans des conditions proches de celles de la Lune, différents matériels et procédés de production y seront testés, « à commencer par une pile à hydrogène fournie par Air Liquide pour le projet », indique Pierre Crespi.

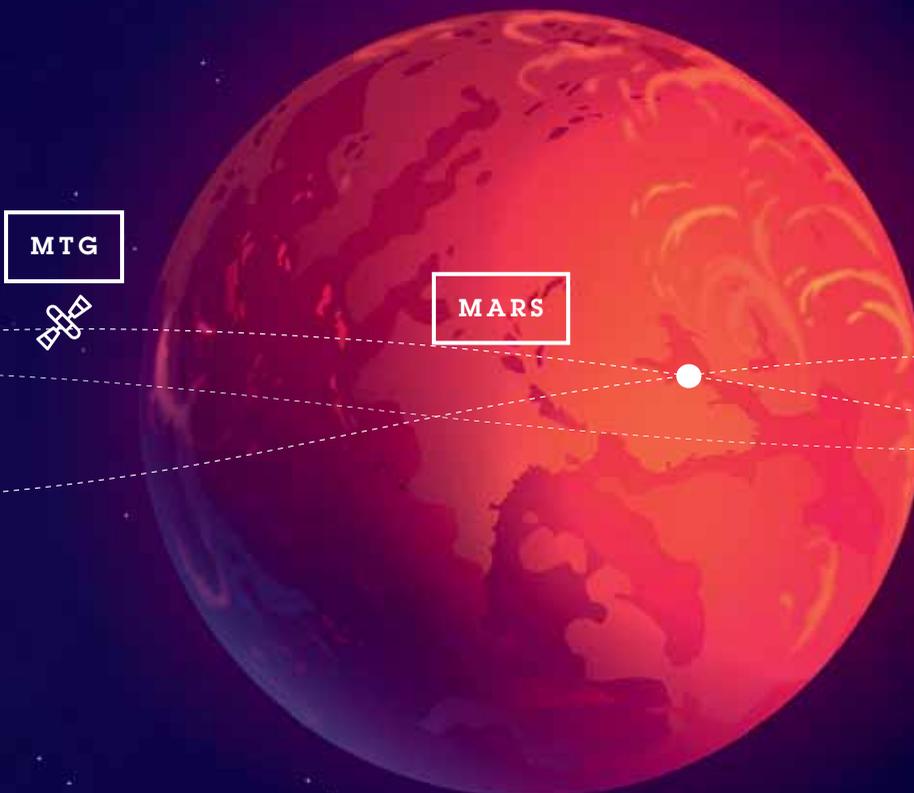
## MARS

« La Lune n'est qu'une première étape. Le but, bien sûr, c'est Mars », insiste Frank De Winne. « Avec l'ambition d'envoyer le premier être humain sur la planète rouge avant la fin de ce siècle », espère-t-il. D'ici là, de nombreuses étapes devront encore être franchies. Après Curiosity, Air Liquide participera dès 2020 à la mission ExoMars, en association avec l'ESA et l'agence spatiale russe Roscosmos. Celle-ci consiste à envoyer un petit véhicule (rover) sur la planète rouge afin d'analyser la composition de son sous-sol. Air Liquide vient de livrer un ensemble d'équipements, dont des microvannes spécialement développées pour cette mission qui seront montées à bord du « Moma » (Mars Organic Molecule Analyser), un des principaux instruments d'ExoMars.



### Les prochains rendez-vous de l'exploration spatiale

- 2018**  
Observation de la Terre depuis les satellites MTG (Meteosat Third Generation)
- 2020**  
Mission d'exploration de Mars de l'ESA (ExoMars)
- 2021**  
Observation de la Terre depuis le sondeur atmosphérique infrarouge IASI-NG
- 2030**  
Retour de l'homme sur la Lune
- 2045**  
Premiers pas envisagés de l'homme sur Mars



#### SATELLITES ET SYSTÈMES ORBITAUX

##### MTG ET IASI NG

Air Liquide va équiper en refroidisseurs à gaz pulsé les satellites d'observation des données météorologiques et climatiques de la Terre MTG (Meteosat Third Generation) et le sondeur atmosphérique infrarouge IASI-NG (Interféromètre Atmosphérique de Sondage Infrarouge-Nouvelle Génération).

##### PLANCK ET HERSCHEL

Grâce à sa technologie de production de froid à l'aide de tubes à gaz pulsé (« pulse tube »), Air Liquide a mené avec succès des expériences pour MELFI et les satellites Planck et Herschel, en mettant au point avec le Centre national de la recherche scientifique (CNRS) et le CNES un refroidisseur

à dilution capable d'atteindre les  $-273^{\circ}\text{C}$ . Destiné à refroidir l'un des instruments d'observation scientifique des deux satellites, cet équipement garantit la fiabilité et la qualité des mesures collectées grâce à sa grande stabilité en termes de température, sans émettre de vibrations ni de champs magnétiques parasites. C'est l'un des objets les plus froids de l'Univers.

# PROJETS D'AVENIR

De la Terre à l'espace, de l'espace à la Terre... un « continuum ».

Voici comment Air Liquide envisage la filière spatiale, avec, dans le ciel comme sur Terre, d'immenses avancées.

Enjeux et perspectives d'une aventure qui a commencé il y a cinquante ans et qui ne cesse de s'enrichir...

(1) Organisation européenne pour la recherche nucléaire.

(2) De l'anglais International Thermo-nuclear Experimental Reactor, signifiant en français « réacteur thermonucléaire expérimental international ». ITER est un projet de réacteur de recherche civil à fusion nucléaire situé à Cadarache (Bouches-du-Rhône).

(3) Substance homogène employée seule ou en association avec d'autres substances et conçue pour apporter de l'énergie.

« **Air Liquide accompagne le programme européen Ariane depuis 1973** », rappelle Dominique Boutelier,

à la tête d'Air Liquide Spatial Guyane. Le site compte une cinquantaine de collaborateurs, qui se mobilisent à chaque lancement, tout comme les équipes de Sassenage en France, en charge des réservoirs cryogéniques. Jean-Marc Astorg, Directeur

des Lanceurs au CNES, acquiesce : « Ariane n'aurait pas pu réussir sans la compétence d'Air Liquide. »

**Lanceurs, fluides, services, satellites...**

Aujourd'hui, le spatial concerne directement plus de 300 collaborateurs Air Liquide dans le monde. Une filière d'innovation majeure pour le Groupe, comme le souligne Pierre Crespi, Directeur de l'Innovation d'Air Liquide advanced Technologies à Sassenage. Suzanne Roy, Vice-Président Fusion, Aéronautique et Spatial chez Air Liquide, ajoute : « Les compétences d'ingénierie, de fabrication et d'opération développées sur notre site sont clés et sources d'innovation dans plusieurs domaines industriels de pointe. Je fais référence notamment à la cryogénie scientifique pour le CERN<sup>(1)</sup> ou ITER<sup>(2)</sup>, aux piles à combustible et à l'hydrogène que l'on retrouvera demain dans l'aviation et que l'on retrouve déjà dans l'automobile. En réalité, c'est une boucle ! Partir de technologies existantes sur Terre, les "spatialiser", puis à terme les ramener pour en faire bénéficier la Terre. Parfois, la boucle peut aussi débiter par une application spatiale, mais le principe demeure. »

**Concernant la filière spatiale**, l'objectif fixé par Bertrand Baratte, Directeur de l'activité spatiale chez Air Liquide advanced Technologies, est ambitieux :



Le spatial est une filière d'innovation majeure pour le groupe Air Liquide.

« Pour l'ESA, il est indispensable d'avoir des partenaires comme Air Liquide qui nous apportent leur expertise et leur enthousiasme. »

### FRANK DE WINNE

Directeur du Centre des astronautes européens à l'Agence spatiale européenne (ESA)



« Il nous faut être capables de montrer à nos clients que l'on sait proposer une offre globale et complète en s'appuyant sur toutes les compétences du Groupe. Une offre qui va de la séparation des molécules sur Terre (oxygène, hydrogène, hélium) à leur mise en œuvre dans différentes applications : les lanceurs, les satellites, la propulsion électrique (xénon, argon), les technologies de refroidissement (cryocoolers), les systèmes cryogéniques pour les futurs remorqueurs spatiaux ("Space Tugs") ou encore la création de stations de production d'ergols<sup>(3)</sup> en orbite. »

**Dans un secteur en pleine mutation**, le spatial est aujourd'hui en passe de devenir un marché commercial comme un autre, soumis à une concurrence accrue, liée à l'entrée de nouveaux acteurs. C'est notamment le cas du côté de l'entrepreneur Elon Musk et de son lanceur Space X. Avec, à terme, en ligne de mire le retour espéré de l'homme sur la Lune, prévu au mieux d'ici 2030 (lire p. 12-13). Et Mars ? « Tout le monde en parle ! » lâchent de concert Suzanne Roy et Bertrand Baratte. « Mais, si on veut y être en 2030, c'est dès aujourd'hui qu'il faut se positionner, élaborer les feuilles de route technologiques... » Une perspective à laquelle, vous l'avez compris, Air Liquide compte bien prendre une part active. Et ce, dès maintenant.



Aujourd'hui, le spatial concerne directement plus de 300 collaborateurs.

## ET DEMAIN ...

### ARIANE 6

Conseil au CNES, support de la maîtrise d'œuvre d'ArianeGroup, études thermiques et fonctionnelles des deux étages cryogéniques, industrialisation et qualification des équipements fonctionnels des réservoirs cryogéniques... Air Liquide est aujourd'hui l'un

des principaux partenaires du programme Ariane 6, à bord comme au sol, et surtout autorité de conception pour tout ce qui a trait à la cryogénie. Équipée de deux ou quatre boosters, et avec ses 5 ou 10,5 tonnes de charge utile, Ariane 6 sera plus modulable que la version actuelle. Premier lancement prévu en... 2020.



Vue aérienne d'une station d'épuration, notamment du bassin de décantation.

# L'OXYGÈNE

---

ET LE

# DÉFI DE L'EAU

---

Face à la rareté de l'eau douce et à la menace grandissante de la pollution par les eaux usées pour la santé publique et pour l'environnement, il est urgent de mettre en place des technologies de traitement des eaux encore plus fiables et compétitives. Conscient de l'ampleur de l'enjeu, Air Liquide développe des solutions innovantes pour y répondre.



# S

eulement 64 % de la population mondiale a accès à l'eau potable. Autre donnée préoccupante : 80 % des eaux usées sont rejetées dans l'environnement sans avoir été traitées<sup>(1)</sup>.

La mise en place d'un système efficace de traitement des eaux usées s'avère donc prioritaire pour l'avenir de l'humanité. Afin de limiter l'impact sur l'environnement, de nombreux pays légifèrent – et investissent – en ce sens. À titre d'exemple, le gouvernement chinois est aujourd'hui à mi-parcours d'un gigantesque plan d'environ 330 milliards de dollars<sup>(2)</sup> dédié à la lutte contre la pollution de l'eau (voir p. 22). Le défi est d'autant plus grand que la diversité des polluants retrouvés dans les eaux usées augmente : nitrates provenant des engrais, nanoparticules de plastique et micropolluants (résidus médicamenteux, cosmétiques, etc.) sont en effet de plus en plus présents.

## LE PROCESSUS DE TRAITEMENT EN STATION D'ÉPURATION

Dans les stations d'épuration, tant industrielles que municipales, le processus de traitement comporte généralement trois étapes. Lors du traitement primaire, les eaux usées sont stockées dans un bassin de décantation afin de récupérer les éléments solides qui se déposent dans le fond et les matières plus légères qui flottent en surface. Lors du traitement secondaire, des micro-organismes aquatiques décomposent la matière organique. Enfin, l'eau fait l'objet d'un troisième traitement avant son rejet dans l'écosystème. Cette dernière étape peut inclure des procédés d'oxydation avancée ou d'adsorption<sup>(3)</sup> sur charbon actif.

## COMMENT AIR LIQUIDE AMÉLIORE LE TRAITEMENT DES EAUX

Les micro-organismes utilisés lors du traitement secondaire ont besoin d'oxy-

gène pour respirer et pour digérer la matière organique. À l'heure actuelle, la plupart des sites injectent de l'air dans leurs bassins biologiques. En substituant de l'oxygène pur à l'air (qui contient 21 % d'oxygène seulement), on améliore donc l'efficacité des bassins et on accroît jusqu'à 50 % leur capacité de traitement. Pas besoin d'agrandir les bassins ni d'en construire de nouveaux, les dépenses d'investissement sont ainsi limitées. Autre avantage : les mousses formées en surface dans les bassins sous l'effet des produits chimiques et des flux d'air diminuent, et les odeurs désagréables liées à l'insuffisance d'oxygène sont éliminées (voir infographie ci-contre).

Outre des investissements conséquents en recherche et développement, Air Liquide dispose aujourd'hui d'un savoir-faire unique, de plus de vingt ans, avec plus de 1 500 références mondiales dans le traitement des eaux domestiques et industrielles. Air Liquide a donc les atouts nécessaires pour améliorer l'efficacité, la capacité et la performance des infrastructures existantes, mais aussi pour équiper de nouvelles installations de pointe. Les solutions Air Liquide pour le traitement des eaux sont regroupées sous la marque Nexelia, une offre globale qui couvre l'approvisionnement en gaz industriels, les équipements d'application et l'expertise technique.

Air Liquide s'engage à fournir à ses clients (industries et municipalités) des équipements performants, un savoir-faire dans la conception des installations ainsi qu'un suivi rigoureux des livraisons de gaz.

## LES ÉVOLUTIONS À VENIR

Les clients d'Air Liquide disposent de données sur les systèmes d'injection de gaz, les températures, la concentration en oxygène dans les bassins de traitement biologique, ainsi que sur la quantité de déchets dans l'eau à l'entrée et à la sortie. Ces informations permettent ...



80%

des eaux usées sont rejetées sans traitement dans l'écosystème planétaire.<sup>(4)</sup>

... à Air Liquide d'analyser la performance du site et d'envoyer des alarmes si les statistiques révèlent un dysfonctionnement. Ces activités de surveillance et de vérification préfigurent les évolutions à venir : grâce au Big Data<sup>(5)</sup> et à l'Internet des objets, Air Liquide pourra proposer des solutions toujours plus performantes et efficaces.

La population mondiale devrait passer de 7,5 à 9 milliards d'habitants d'ici à 2050, pour une quantité d'eau douce disponible qui, elle, restera la même. Grâce à son savoir-faire et à ses technologies, Air Liquide aide les industries et les municipalités à relever le défi.

# COMMENT ÇA MARCHE ?

## ÉTAPE 1

### Traitement primaire

Cette étape consiste à retirer les matières facilement collectables et filtrables (huiles, graisses, sable, graviers, pierres, etc.). Le bassin de décantation permet ensuite d'éliminer la majorité des particules non solubles.

## ÉTAPE 2

### Traitement biologique

Dans le bassin dit d'aération, les eaux usées

sont mises en contact avec les micro-organismes (boues activées). Ce bassin a besoin d'un apport d'oxygène pour son bon fonctionnement.

## ÉTAPE 3

### Traitement secondaire

Le bassin de clarification permet de séparer les boues de l'eau épurée. Cette étape permet de récupérer les boues avant le rejet de l'eau épurée dans le milieu naturel.

## ÉTAPE 4

### Élimination des boues

En parallèle du traitement des eaux usées, les boues utilisées doivent être évacuées. Elles sont d'abord épaissies, puis déshydratées et séchées avant d'être rejetées.

## ÉTAPE 5

### Finition

Cette étape consiste en l'élimination des résidus en faible concentration et qui ne sont pas dégradables biologiquement.



## ÉTUDE DE CAS

# CHEZ NOTRE CLIENT RENO DE MEDICI

RENO DE MEDICI (RDM) EST  
L'UN DES PLUS IMPORTANTS FABRICANTS  
DE CARTON EN EUROPE.

**Grâce à l'offre de services Nexelia d'Air Liquide, Reno de Medici a pu considérablement améliorer l'efficacité de son infrastructure de traitement des eaux usées**

**sur son site de La Rochette**, dans les Alpes françaises. L'usine fabrique du carton pour des emballages pharmaceutiques et alimentaires, un procédé gourmand en eau, qui nécessite des solutions de traitement extrêmement performantes. Compte tenu des contraintes d'espace liées à la situation géographique de ce site en montagne, l'amélioration de l'efficacité des bassins existants était la seule option. Air Liquide a accompagné RDM dès la phase de conception, l'aidant à élaborer une solution adaptée pour augmenter la quantité d'oxygène dans ses bassins aérés. Les experts du Groupe ont ensuite fabriqué et installé deux injecteurs flottants supplémentaires. L'oxygène est stocké sous forme liquide puis, après un passage par un vaporisateur, est injecté sous forme gazeuse. Ce réchauffeur est aujourd'hui alimenté par un échangeur immergé qui utilise la chaleur résiduelle des boues pour chauffer l'oxygène avant l'injection : un système innovant et économe en énergie.

### UN SUIVI À DISTANCE

Par ailleurs, le site a été équipé d'analyseurs en ligne et d'appareils connectés en 3G/4G permettant à Air Liquide d'offrir un service de surveillance et de vérification complet. RDM partage les statistiques avec Air Liquide, qui les exploite pour proposer chaque mois une analyse à distance. « Nous examinons également la composition biologique des bassins chaque année », explique Guido Gilardi, Responsable conception marketing chez Air Liquide France Industrie et concepteur d'offres Air Liquide à l'origine du projet, qui résume les avantages des activités de service en ces mots : « une opportunité pour l'optimisation du ratio entre oxygène injecté et polluants éliminés ».



Pour en savoir plus sur nos solutions Nexelia, rendez-vous sur [airliquide.com/fr/industrie/gestion-eau-dechets](http://airliquide.com/fr/industrie/gestion-eau-dechets)



“ Une opportunité pour l'optimisation du ratio entre oxygène injecté et polluants éliminés. ”

**GUIDO GILARDI**  
Responsable  
conception marketing  
Air Liquide France Industrie

**1.** L'oxygène est injecté dans les bassins dits d'aération sous forme de gaz.



**3.** Les polluants retrouvés dans les eaux usées sont variés.



**2.** Un service de surveillance et de vérification complet des installations est primordial.



**4.** L'examen de la composition biologique des bassins est utile au bon fonctionnement de l'installation.



# LA CHINE : L'EAU COMME PRIORITÉ

Air Liquide apporte des solutions efficaces pour aider la Chine à relever le vaste défi du traitement des eaux.



**La contamination des lacs, rivières et eaux souterraines est un sujet de préoccupation grandissant.** « Ce constat a conduit les autorités à faire du traitement de l'eau un objectif prioritaire, explique Pascal Schvester, Directeur marketing d'Air Liquide en Chine. Sur le plan réglementaire, la Chine dispose à présent de normes de traitement de l'eau plus strictes que celles de l'Union européenne. Bien entendu, le défi est maintenant de les faire appliquer. » Et ce défi est de taille. La Chine aspire à équiper tous les parcs industriels, et notamment les sites de production, qui manquent souvent d'infrastructures individuelles de traitement des eaux usées. En Europe de l'Ouest, pour les eaux industrielles, la solution la plus courante est une installation rattachée à un seul site avec une consommation de 2 à 10 tonnes d'oxygène par jour. En Chine, cette moyenne tourne plutôt autour de 50, et les installations destinées à des parcs industriels entiers nécessitant jusqu'à 300 tonnes par jour sont assez courantes.

## APPORTER DES SOLUTIONS ADAPTÉES

« En plus de proposer des solutions techniques compétitives et innovantes pour répondre à ces exigences, Air Liquide établit des relations avec des bureaux d'ingénierie et des parcs industriels, et démontre qu'il n'est pas qu'un fournisseur de gaz, mais plutôt un prestataire de



# 2,5%

**L'eau douce emprisonnée en grande partie dans les glaciers représente seulement 2,5% de l'eau de la planète.**

solutions efficaces avec une approche globale en matière de services, indique Pascal Schvester. C'est pourquoi Air Liquide a ouvert au sein du SRTC (Shanghai Research and Technology Center) une plateforme unique, où ces solutions peuvent être testées à l'aide de simulations de différents procédés de traitement. » En plus d'accélérer le progrès technique, il permettra à Air Liquide de démontrer son expertise et sa capacité d'innovation aux clients chinois.

EXPERIENCES  
EXPERIENCIAS  
ERFAHRUNGEN  
ESPERIENZE  
EXPERIÊNCIAS  
エクスペリエンス  
DOŚWIADCZENIA  
经验  
ОПЫТ

# EX PÉ RIEN CES

## **TRANSFORMATION NUMÉRIQUE**

Une journée  
avec Xi Fang

P. 24

## **SÉCURITÉ**

Airgas : la sécurité  
embarquée

P. 26

## **ÉLECTRONIQUE**

Air Liquide et  
les smartphones

P. 27

## **MOBILITÉ**

Une mobilité  
plus propre

P. 28

Après les États-Unis et la France, Air Liquide a inauguré son premier centre de pilotage des opérations à distance en Chine, dans le cadre du programme Smart Innovative Operations (SIO) du Groupe. Objectif : automatiser et centraliser l'exploitation des sites de production, optimiser leurs performances et anticiper les dysfonctionnements.

# 1 JOURNÉE AVEC... XI FANG

Responsable du nouveau centre de pilotage des opérations à distance

**Xi Fang a pour mission principale la coordination du nouveau centre de pilotage des opérations à distance basé à Shanghai.**

Elle supervise ainsi quotidiennement la mise en œuvre technique du projet et collabore en direct avec les équipes des sites locaux. Elle aide également les collaborateurs à développer de nouvelles compétences.



### 9:00

Xi Fang commence sa journée avec le directeur des opérations en temps réel. Ensemble, ils préparent l'avenir du centre, vérifient l'état d'avancement du programme, et notamment la migration des opérations sur site vers le centre de contrôle.



### 11:00

Depuis la salle de contrôle, aux côtés du directeur informatique du centre et de l'ingénieur des opérations en temps réel, elle vérifie la qualité de la connexion aux deux unités pilotes. À l'aide de plusieurs écrans, l'ingénieur surveille en continu les données et s'assure que le réseau informatique industriel fonctionne correctement dans les usines.





**14:30**

La mise en place d'une équipe de qualité pour les opérations en temps réel est essentielle. Lorsqu'il s'agit de sélectionner de nouveaux talents, Air Liquide regarde d'abord en interne, parmi les collaborateurs présents sur site. Au cours d'une vidéoconférence, Xi Fang échange avec les deux responsables des deux usines pilotes. Il est question des plans de formation mais aussi de la manière dont les collaborateurs vont pouvoir développer leurs aptitudes et leurs compétences. Ainsi formés, ils pourront tester et utiliser les nouveaux outils numériques.



**« LE CENTRE EMPLOIERA, À TERME, 24 PERSONNES RÉPARTIES EN 4 ÉQUIPES. »**



**Xi Fang a rejoint Air Liquide en 2011, fraîchement diplômée d'un master en génie cryogénique de l'université Jiao Tong, à Shanghai. Après 14 mois en tant qu'ingénieur de production sur une unité de séparation des gaz de l'air, elle se consacre à l'optimisation de la stratégie de production. En janvier 2016, elle est nommée responsable du nouveau centre de pilotage des opérations à distance.**



**17:30**

Dernière réunion pour Xi Fang avec le responsable du projet SIO, les chefs de projets digitaux et les ingénieurs du centre sur le déploiement de nouveaux outils numériques, développés pour améliorer la productivité des ingénieurs des opérations en temps réel. Par exemple, PRiSM, outil de maintenance prédictive, permet de détecter et d'anticiper les dysfonctionnements des appareils et des équipements. Un portail client permettra aussi d'échanger en temps réel des informations clés entre les clients et le centre.



# AIRGAS : LA SÉCURITÉ EMBARQUÉE

Airgas, filiale d'Air Liquide aux États-Unis, gère une flotte de plus de 5 000 camions sur l'ensemble du territoire américain.

Pour garantir la sécurité de ses conducteurs, optimiser les livraisons et améliorer l'expérience client, l'entité y a installé des ordinateurs connectés.

## Sécurité renforcée sur la route

« L'ordinateur de bord enregistre et analyse en temps réel des données comme la vitesse, les accélérations, la puissance des freinages. Je suis alerté en cas de comportement à risque, ce qui améliore ma conduite et donc ma sécurité. »

## Procédures simplifiées

« Le système remplit automatiquement, à ma place, les rapports de trajet exigés par les autorités

américaines. C'est pour moi un gain de temps considérable, et je peux davantage me concentrer sur la qualité du service client. »

## Échanges en temps réel

« Autre avantage : je peux communiquer avec les équipes Airgas et être informé en temps réel des changements d'itinéraire, de l'évolution du trafic, des conditions météo, etc. Ainsi, je suis plus flexible et réactif dans ma tournée et je garde un lien sympathique avec mes collègues ! »

« Un atout précieux. »

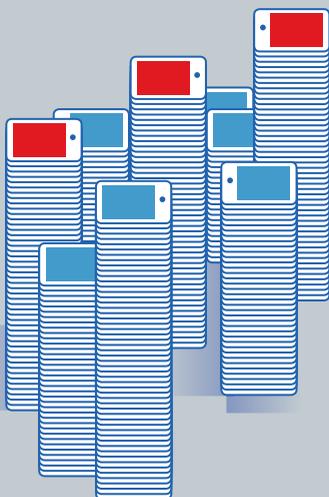
**LAMAR DAVIS**, conducteur de camion Airgas



# AIR LIQUIDE ET LES SMART-PHONES

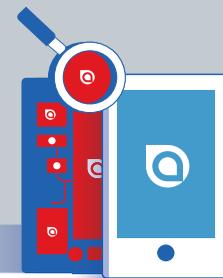
Les smartphones sont le fruit de plusieurs années de recherche en nanotechnologies. Bien qu'ils soient invisibles, les gaz et les molécules jouent un rôle clé dans cette transformation numérique.

Air Liquide collabore avec les clients du secteur des semi-conducteurs et les fabricants d'équipements pour sélectionner les matériaux avancés les plus adaptés aux exigences de leurs procédés et pour concevoir, si nécessaire, de nouveaux matériaux. Objectif ? Une meilleure performance pour les smartphones en termes de fonctionnalités, de connectivité et de durée de vie des batteries.



## 14 nm

Le transistor de silicium, élément clé de la microélectronique, peut atteindre des dimensions infimes. En sept ans, grâce aux nouvelles molécules-précurseurs avancées développées par Air Liquide, la taille du plus petit transistor dans un semi-conducteur est passée de 65 nanomètres à seulement 14 (à titre de comparaison, un cheveu humain mesure environ 50 000 nanomètres d'épaisseur). À la clé, un smartphone capable de supporter des fonctionnalités plus riches, plus léger et plus rapide et avec une autonomie allant jusqu'à 12 heures.



## 100 %

**des smartphones** de dernière génération ont des composants, puces et mémoires, fabriqués avec des matériaux avancés Air Liquide. Ils entrent directement dans les procédés de production pour créer les premières couches des nanotransistors. Utilisés au cœur de l'architecture du processeur et des mémoires, ces matériaux avancés sont devenus en quelques années indispensables à l'industrie électronique.

## 1,3

milliard de smartphones sont vendus dans le monde chaque année.

**ET DEMAIN ?** Les experts sont formels : **la loi de Moore**, qui régit l'industrie du numérique depuis plus de 50 ans et selon laquelle le nombre de transistors – et donc la puissance du matériel informatique – double tous les deux ans, sera bientôt dépassée. L'industrie peine en effet à respecter ce rythme depuis que la finesse de gravure a franchi le seuil des 90 nanomètres. Place à la nouvelle démarche « **More than Moore** » : les industriels renoncent à la course à la miniaturisation au profit d'autres leviers comme le changement de matériaux, d'architecture de circuit ou encore de méthode de conception.



INTERVIEW

OMAR AL-FUTTAIM

Directeur Général et Vice-Président du Groupe Al-Futtaim



# UNE MOBILITÉ PLUS PROPRE

Fin 2017, Air Liquide aura conçu et fourni près de 100 stations hydrogène dans le monde. À Dubaï, aux Émirats arabes unis, Al-Futtaim Motors a inauguré en octobre dernier la première station hydrogène au Moyen-Orient, conçue en collaboration avec Air Liquide. L'objectif ? Tester les véhicules alimentés en hydrogène dans un climat chaud, une étape décisive dans le développement de la mobilité propre. Interview d'Omar Al-Futtaim, Directeur Général et Vice-Président du Groupe Al-Futtaim, au sujet de cette initiative prometteuse à forts enjeux stratégiques et environnementaux.

à combustible et hydrogène ont l'avantage de ne générer aucune émission de dioxyde de carbone, d'offrir une autonomie de plus de 500 km et de pouvoir être rechargés rapidement.

**Pouvez-vous décrire le projet ?**

**O. A.-F. :** Nous avons lancé ce projet pilote dans le cadre d'une initiative privée pour étudier la logistique, la faisabilité, l'évolutivité, et, à terme, démontrer le potentiel de l'utilisation de l'hydrogène pour une mobilité propre aux Émirats. Nous avons donc besoin d'une station hydrogène afin de tester la compatibilité des véhicules à hydrogène avec le climat chaud des Émirats. L'engagement que nous partageons avec Air Liquide et son expertise en ont fait le partenaire idéal pour ce projet. Des démonstrations de conduite et de recharge ont été organisées à l'attention des représentants du gouvernement et des sociétés du secteur privé afin de susciter l'intérêt pour cette technologie.

**Pouvez-vous nous expliquer ce qui vous a poussé à lancer la première station hydrogène au Moyen-Orient ?**

**Omar Al-Futtaim :** Nous sommes le distributeur exclusif aux Émirats de Toyota, un des leaders sur le marché des voitures électriques à hydrogène. À ce titre, notre société peut jouer un rôle actif dans la lutte contre les problèmes environnementaux dans cette région réputée pour son parc automobile important et sa consommation élevée de carburants fossiles. Les craintes liées aux changements climatiques, à la qualité de l'air et à la dépendance vis-à-vis du pétrole sont au cœur des priorités

**Une technologie adaptée aux températures élevées**

Dans une région où les températures peuvent atteindre 50 °C, un refroidissement est nécessaire à chaque étape du processus de compression

de l'hydrogène afin de compenser le dégagement de chaleur qui en résulte. En règle générale, il suffit d'installer un échangeur air-air. Toutefois, dans le cas

présent, Air Liquide a repensé la conception du système avec deux échangeurs eau-air afin de limiter la hausse de température.



**Quel objectif souhaitez-vous atteindre avec ce projet ?**

**O. A.-F. :** Notre ambition est d'exploiter ce programme pilote conjoint, novateur, afin de démontrer la viabilité aux Émirats de la technologie hydrogène et de sensibiliser l'opinion publique aux solutions alternatives aux carburants fossiles. Nous avons la ferme conviction que l'hydrogène peut ouvrir la voie à un nouveau paradigme en faveur d'une société durable et bas carbone.

du gouvernement des Émirats. Alors que la mobilité hydrogène continue à gagner du terrain, nous sommes également convaincus que l'hydrogène est l'une des meilleures solutions pour réduire l'empreinte carbone. Les véhicules électriques à pile



La Toyota Mirai présente lors de l'inauguration de la station hydrogène.

ECOSYSTEM  
ECOSISTEMA  
ÖKOSYSTEM  
ECOSISTEMA  
ECOSSISTEMA  
エコシステム  
EKOSYSTEM  
生态系统  
ЭКОСИСТЕМА

**SANTÉ**

La santé  
de proximité

P.30

**CLIMAT**

Ice Memory :  
conserver les archives  
du climat

P.33

**INVITÉ**

Produire de l'hydrogène  
à partir d'eau  
et d'énergie solaire

P.36

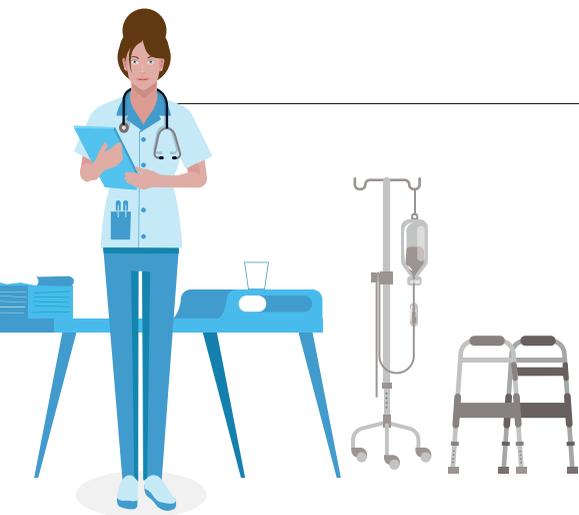
# ÉCOO SYS TÈME

# LA SANTÉ DE PROXIMITÉ

## Air Liquide près de chez vous !

Tout au long du parcours de soins, l'activité santé d'Air Liquide propose des produits et des services, aussi bien à l'hôpital qu'au domicile des patients. Les professionnels de santé, tels que les ambulanciers, les maisons de retraite, les dermatologues ou encore les dentistes, sont également des clients du Groupe. Véritables acteurs de proximité, ils jouent aujourd'hui un rôle essentiel dans la prise en charge des patients. Air Liquide entretient avec ces praticiens une relation de partenariat, en adaptant son offre à leurs besoins spécifiques en termes de mobilité et de réactivité, et s'engage au quotidien à répondre efficacement à leurs attentes ainsi qu'à celles de leurs patients. **Témoignages.**





## « Améliorer la qualité de vie des patients. »

**ANA ORBEGOZO ARAMBURU**

Directeur de la maison de retraite Matia Fundazioa, Espagne

### Quels sont les enjeux principaux dans votre métier ?

Dans le cadre de la pratique de mon métier, l'enjeu numéro 1 est de fournir aux personnes que nous accueillons des soins de qualité afin de leur assurer confort et bien-être dans nos maisons de retraite.

### Quelles solutions s'offrent à vous ?

Parmi les solutions thérapeutiques disponibles pour soigner les patients en détresse respiratoire aiguë ou chronique, le traitement de référence est l'oxygénothérapie, qui permet de corriger le manque d'oxygène dans le sang. Au-delà de la solution thérapeutique, il nous faut être à l'écoute du patient

et le comprendre dans son environnement.

### Comment définiriez-vous votre collaboration avec Air Liquide en un mot ?

Je dirais « engagement ». Air Liquide est un partenaire sérieux et fiable, qui nous permet de répondre au mieux aux besoins de nos patients à travers du matériel et des technologies adaptés à notre environnement. J'ai d'ailleurs pu constater et apprécier les évolutions technologiques depuis ces 40 dernières années, notamment sur le poids des bouteilles, qui sont de moins en moins lourdes, ce qui facilite leur transport, et sur la qualité du matériel mis à disposition pour l'administration de gaz médicaux.

## « Air Liquide est un partenaire fiable et solide. »

**FRANCESCO CATTANEO**

Président de Croce Azzurra Onlus, Italie

### Quels sont les enjeux principaux dans votre métier ?

Croce Azzurra Onlus est un service d'ambulances basé sur le volontariat qui assure des transports médicaux urgents ou non 24h/24 et 7j/7. Nous travaillons activement à la qualité de nos services, notamment au travers de formations régulières, et nous venons d'obtenir deux certifications pour la santé et la sécurité au travail.

### En quoi Air Liquide vous aide-t-il dans votre quotidien ?

Nous sommes constamment à la recherche de nouvelles solutions pour gagner en efficacité. Il y a deux ans, nos volontaires ont cherché à pouvoir visualiser rapidement les niveaux de gaz médical des bouteilles, car ils perdaient beaucoup de temps à calculer par eux-mêmes le temps restant et gaspillaient parfois de l'oxygène. Air Liquide nous a fourni une solution technique adaptée à notre besoin de mobilité.

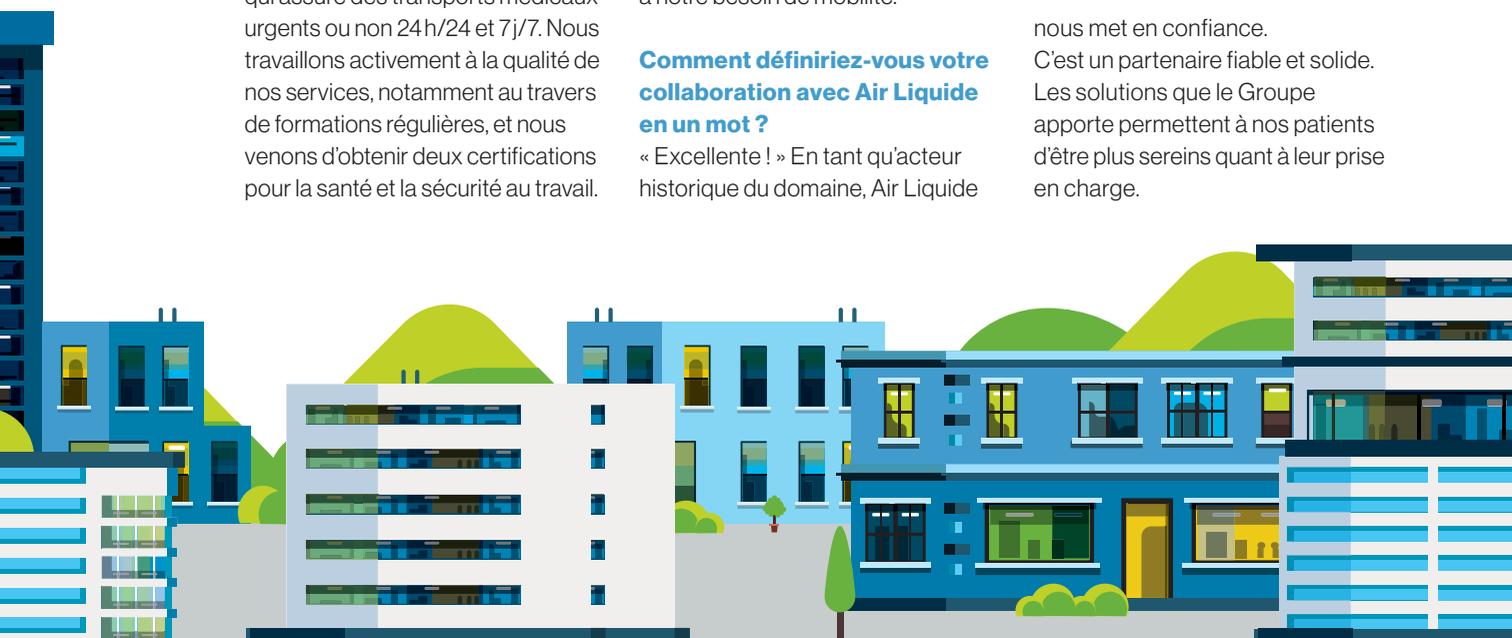
### Comment définiriez-vous votre collaboration avec Air Liquide en un mot ?

« Excellente ! » En tant qu'acteur historique du domaine, Air Liquide



nous met en confiance.

C'est un partenaire fiable et solide. Les solutions que le Groupe apporte permettent à nos patients d'être plus sereins quant à leur prise en charge.





# nipeurnidouleur.fr Air Liquide s'engage contre la douleur



**Patients et professionnels de santé sont confrontés à la douleur au quotidien. Face à cette réalité et soucieuse d'apporter des solutions concrètes, Air Liquide Healthcare en France (activité gaz médicaux) a lancé en octobre dernier le webdocumentaire « Ni peur, ni douleur », à l'occasion de la Journée mondiale de la lutte contre la douleur.**

Objectif ? Sensibiliser et informer les patients, le personnel soignant et le grand public sur les notions de douleur et d'anxiété liées aux soins douloureux ainsi que sur les solutions existantes.

Accessible depuis le site [nipeurnidouleur.fr](http://nipeurnidouleur.fr), ce webdocumentaire multimédia livre une approche inédite. Recueil illustré d'articles, de portraits et de témoignages à la fois de patients et de professionnels de santé, il est accessible à tous

et enrichi chaque mois de nouveaux contenus.

Avec ce nouveau support, Air Liquide réaffirme son rôle d'expert dans les soins de santé et la prise en charge de la douleur induite. Pour ne rien manquer, suivez-nous sur Twitter : #nipeurnidouleur.



Rendez-vous sur le site  
[nipeurnidouleur.fr](http://nipeurnidouleur.fr)



❄ **Aux quatre coins du monde,**

la Fondation Air Liquide soutient des projets visant à étudier et à réduire l'impact du changement climatique sur les milieux naturels. Parmi eux, Ice Memory, un projet inédit lancé en 2015 en Antarctique, dont l'objectif est de constituer la première bibliothèque mondiale d'archives glaciaires. Il s'agit d'extraire des échantillons de glaciers dans le monde, précieux témoins des variations du climat, et de les conserver pour les générations futures.

Ice Memory

# CONSERVER LES ARCHIVES DU CLIMAT



# M

is en œuvre par une équipe internationale de glaciologues déterminés à préserver la mémoire des glaciers menacés par le réchauffement climatique dans le monde entier, le programme Ice Memory a vu le jour en 2015. Son objectif est de constituer en Antarctique un patrimoine de carottes de glace provenant de ces glaciers afin de permettre aux scientifiques des générations futures d'exploiter cette matière première inestimable.



### Pour la sauvegarde du patrimoine glaciaire

Les glaciers emprisonnent en leur sein les éléments chimiques qui permettent de raconter les événements climatiques et environnementaux ayant marqué la planète. Or, leur fonte s'accélère sous l'effet du réchauffement climatique et

l'eau de fonte s'infiltré dans les couches inférieures, faussant les données des glaciologues. « C'est maintenant qu'il faut agir, car la séquence d'information géochimique stockée dans la glace doit être préservée », souligne Jérôme Chappellaz, co-instigateur du projet



Ice Memory avec Carlo Barbante, de l'université Ca' Foscari de Venise.

Les opérations de forage Ice Memory ont débuté en 2016 en France, sur le glacier Col du Dôme, dans le massif du Mont-Blanc, et se sont poursuivies en 2017 en Bolivie, sur l'Illimani. Cette seconde opération – réalisée à plus de 6 300 mètres d'altitude – constituait un défi logistique et humain, puisqu'il a fallu porter à dos d'homme plus de 4,5 tonnes d'équipements et 3 tonnes de carottes de glace représentant 18 000 ans d'histoire! « Les scientifiques, véritables alpinistes, ont dû travailler dans des conditions très difficiles et redoubler de précautions pour ne pas contaminer les carottes », commente Susanne Adolphi, marraine du projet chez Air Liquide.

### Un projet international financé par des mécènes

Initiative à l'origine franco-italienne, sous l'égide de la Fondation Université Grenoble-Alpes, Ice Memory bénéficie d'un rayonnement international. En mars 2017, un premier colloque Ice Memory, réunissant des scientifiques de 12 nations, s'est tenu à Paris, sous le

#### LA PROCÉDURE DE CONSERVATION DE CAROTTES DE GLACE MISE EN PLACE PAR LES CHERCHEURS SE DIVISE EN 4 ÉTAPES :



patronage de l'Unesco (Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture), pour établir la feuille de

route de ce vaste programme. Ice Memory est financé par des organismes scientifiques et du mécénat privé. Les dons de la Fondation Air Liquide contribuent essentiellement à l'acquisition d'équipements et de conteneurs pour la

cave de stockage en Antarctique.

« Le projet Ice Memory ne pourrait exister sans le mécénat, confie Anne-Catherine Ohlmann, Directrice de la Fondation Université Grenoble-Alpes et coordinatrice du projet, car il ne satisfait pas les critères des dispositifs de financement de la recherche français ou européens. Ceux-ci exigent des résultats de recherche rapides, or Ice Memory s'inscrit dans un temps très long. » ❄️

3 AUTRES PROJETS DE LA FONDATION AIR LIQUIDE POUR LE CLIMAT

## 1 Comprendre le potentiel des mangroves

Les mangroves – ces « forêts des marais » – sont des pièges à dioxyde de carbone, mais leurs capacités exactes à absorber le carbone restent méconnues. C'est pourquoi la Fondation appuie l'action de l'Institut de recherche pour le développement (IRD), qui s'est donné pour mission d'établir un bilan complet du cycle de carbone dans les mangroves de trois régions différentes : la Nouvelle-Calédonie, la Nouvelle-Zélande et le Vietnam.

## 2 Étudier les régions polaires et les milieux sous-marins : Under the Pole I, II et III

La Fondation soutient les expéditions « Under the Pole » depuis leur première édition, en 2010. Programme unique d'exploration sous-marine des zones arctique et antarctique, ces expéditions ont permis de capturer des images inédites d'un monde en perdition du fait du réchauffement climatique et de recueillir des données scientifiques précieuses pour l'étude de ces milieux. La troisième expédition a démarré le 20 mai 2017, pour une durée de trois ans.

## 3 Sauvegarder les forêts gabonaises

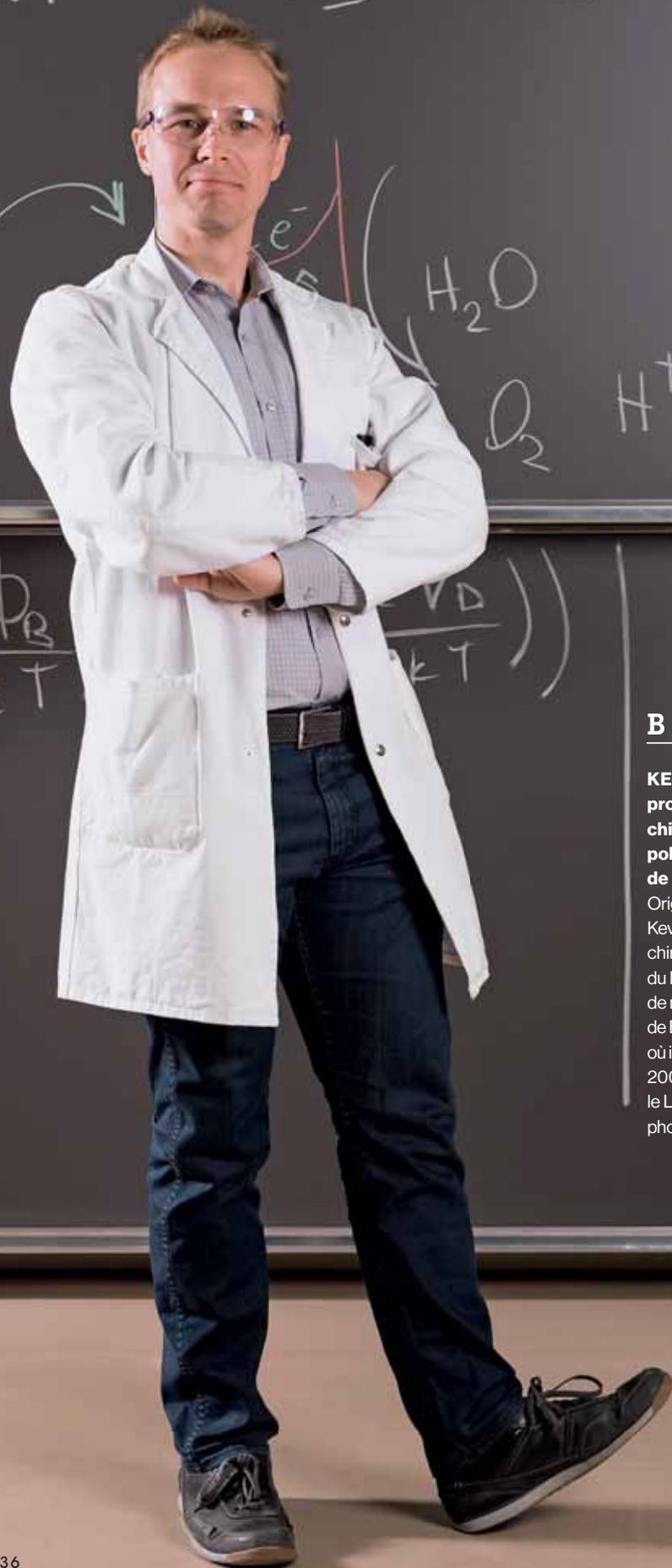
Le Gabon est un pays couvert à 80 % de forêts tropicales, pour la plupart menacées par l'exploitation forestière et les plantations de palmiers à huile. Garantes de la biodiversité, les forêts jouent également un rôle essentiel dans la réduction des gaz à effet de serre, en captant et en stockant le dioxyde de carbone. La Fondation s'est associée au travail mené par l'organisation non gouvernementale WWF<sup>(1)</sup> pour mettre en place un système de mesure du stockage du carbone pérenne dans deux forêts gabonaises. Objectif : étudier leur résilience aux changements climatiques et favoriser une gestion durable des forêts.

(1) World Wide Fund for Nature (Fonds mondial pour la nature).

# 12

nations

étaient représentées par des scientifiques lors du premier colloque Ice Memory.



## BIOGRAPHIE

**KEVIN SIVULA,**  
**professeur en génie**  
**chimique à l'École**  
**polytechnique fédérale**  
**de Lausanne (EPFL).**

Originaire des États-Unis, Kevin Sivula étudie le génie chimique à l'université du Minnesota avant de rejoindre l'université de Berkeley, en Californie, où il obtient son doctorat en 2007. Il rejoint ensuite le Laboratoire de photonique et d'interfaces

de l'École polytechnique fédérale de Lausanne, où il développe une technique de production d'hydrogène qui utilise l'eau, la rouille et l'énergie solaire. Il dirige actuellement le Laboratoire d'ingénierie moléculaire des nanomatériaux optoélectroniques, où il travaille et enseigne sur les systèmes de conversion de l'énergie solaire.

# « PRODUIRE DE L' YDR GÈNE

à partir d'eau  
+  
énergie solaire »



**Les petites molécules essentielles, telles que l'oxygène, l'azote, l'hydrogène ou encore le dioxyde de carbone, sont au**

**cœur de l'activité d'Air Liquide depuis sa création. En 2016, le Groupe a lancé un concours baptisé « Challenge Air Liquide des Molécules Essentielles ». Pour sa première édition, le jury a distingué trois lauréats parmi lesquels Kevin Sivula, professeur à l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL). Concourant sur le thème « H<sub>2</sub> solaire en bouteille », le chercheur américain a été primé pour ses travaux sur la production d'hydrogène à l'aide de la photo-électro-catalyse. Interview.**

**Vous avez été primé pour un projet qui consiste à produire de l'hydrogène à partir d'eau et d'énergie solaire grâce à la photo-électro-catalyse. Pourriez-vous nous expliquer votre travail en quelques mots ?**

**KEVIN SIVULA :** Produire de l'hydrogène en utilisant de l'eau et l'énergie du soleil n'est pas nouveau. En revanche, le processus de production que nous avons mis au point

## LE CHALLENGE DES MOLÉCULES ESSENTIELLES EN CHIFFRES

# 130

PROJETS SCIENTIFIQUES  
SOUIS

# 25

PAYS PARTICIPANTS

# 3

THÈMES : « H<sub>2</sub> SOLAIRE EN  
BOUTEILLE », « PETITES  
MOLÉCULES DANS MA POCHE »,  
« CO<sub>2</sub>, RENDS TON O<sub>2</sub> »

# 50 000 €

DOTATION  
PAR RÉCOMPENSE

est inédit et peu coûteux. Si je devais faire une analogie, ce serait celle de la photosynthèse : un processus qui produit de l'énergie sous forme de glucides à partir de la lumière du soleil. Cette énergie solaire sert à oxyder l'eau et à réduire le gaz carbonique, pour synthétiser des substances organiques (glucides) tout en libérant de l'oxygène. Notre technologie est donc une forme de photosynthèse artificielle où, grâce à du fer et des oxydes de cuivre, nous utilisons l'énergie solaire pour réorganiser les liaisons chimiques de l'eau afin de la transformer en hydrogène et en oxygène.

**Votre projet a été choisi parmi une large sélection de propositions. Qu'est-ce qui a fait la différence, selon vous ?**

**K. S. :** L'intérêt majeur de ce projet réside dans l'utilisation de matériaux intrinsèquement stables comme le fer et les oxydes de cuivre, fabriqués à partir de matières premières largement disponibles et peu coûteuses. C'est un élément clé. Pour qu'une technologie ait un impact sociétal important, celle-ci doit répondre à ces deux exigences. ...

**L'ENCYCLOPÉDIE  
DES GAZ**

Des informations complètes et gratuites sur plus de 60 molécules (argon, hydrogène, méthane...) utilisées dans la recherche, l'industrie et la santé sont disponibles gratuitement dans l'Encyclopédie des gaz (encyclopedia.airliquide.com) d'Air Liquide. À mettre rapidement en favori de votre navigateur !

...

**La photo-électro-catalyse est une technologie innovante, mais complexe. Quels sont les principaux défis auxquels vous êtes confrontés aujourd'hui ?**

**K. S. :** La mise en œuvre de ce procédé est en effet très complexe. Et certaines parts d'ombre subsistent encore pour nous, notamment l'absorption de la lumière et les processus catalytiques. Parmi nos défis, il y a la question de la capture de l'énergie au bon moment. La lumière, quand elle est absorbée par un matériau, crée un état dit « excité », c'est-à-dire énergétiquement supérieur à l'état stable. La difficulté est de réussir à exploiter cet état avant qu'il ne disparaisse. Dans les matériaux très stables (fer et oxydes de cuivre) que nous utilisons, l'état excité ne dure pas aussi longtemps que nous le souhaiterions. Notre défi consiste à trouver un moyen pour capturer cette source d'énergie puissante (état excité) avant que le matériau ne revienne à son état stable.

**En quoi la production d'hydrogène à partir d'eau et d'énergie solaire est-elle fondamentale pour la transition énergétique et environnementale ?**

**K. S. :** L'intérêt de l'hydrogène, c'est qu'il peut être stocké à très grande échelle, facilement et longtemps. C'est également un vecteur d'énergie renouvelable qui ne pollue pas. En effet, par sa combustion très énergétique, l'hydrogène peut fournir de la chaleur ou de l'électricité sans autre résidu que de l'eau. Aujourd'hui, il est principalement produit à partir de gaz naturel. La photo-électro-catalyse produit directement de l'hydrogène à partir de la lumière, sans aucun autre apport d'énergie. Elle ne génère pas de dioxyde de carbone et constitue donc un possible chemin à suivre dans le processus de transition vers des énergies propres. Je m'estime très chanceux de travailler sur une technologie qui peut avoir un impact aussi important sur la société.

**La recherche sur l'hydrogène dans le monde est-elle encourageante ?**

**K. S. :** Depuis quinze ans, l'hydrogène fait l'objet de multiples travaux de recherche. Production, stockage, catalyse, semi-conducteurs... toutes les pistes ont été étudiées. Une effervescence liée sans doute au fait que nombreux sont ceux qui considèrent que ce type de technologies est devenu indispensable. La science doit encore contribuer à la mise au point d'une solution efficace et économiquement compétitive.

**Qu'est-ce qui vous a motivé à participer au « Challenge des Molécules Essentielles » et quel bilan tirez-vous de ces six mois de collaboration avec Air Liquide ?**

**K. S. :** Mon sujet de recherche répondait bien aux critères généraux et à l'un des thèmes du « Challenge ». J'étais également à une étape charnière de mes travaux de recherche, où j'avais besoin de soutien pour dépasser le stade fondamental de mon projet. La collaboration avec Air Liquide a été décisive. Elle m'a permis de travailler sur la faisabilité de la technologie, et c'est en bonne voie ! Mon objectif est de construire un prototype d'ici fin 2018. Ce modèle grandeur nature permettra de simuler toutes les contraintes qui pourraient mettre à mal le projet. Je n'aurais pas eu la capacité ni les ressources nécessaires pour y parvenir sans le soutien d'Air Liquide. Les différents échanges et commentaires techniques que j'ai pu avoir avec les experts du Groupe m'ont été très utiles. J'ai également eu la chance de visiter le centre de R&D d'Air Liquide à Paris-Saclay, et j'ai été très impressionné par les connaissances et les ressources des équipes.



**Retrouvez-nous en ligne**  
**Restons en contact !**



**Sur Twitter**  
**Toutes les actualités du Groupe**  
11 octobre • @airliquidegroup • 👤

Retrouvez  
l'inauguration  
de la première  
station hydrogène  
à Dubaï.



**Sur LinkedIn**  
**Des tribunes d'experts**  
6 octobre • 👤



Découvrez le projet Ice Memory sur le profil LinkedIn du Groupe.



**Sur YouTube**  
**Air Liquide en vidéos !**  
6 septembre • AirLiquideCorp • 👤



Découvrez les solutions d'Air Liquide, dont Nexelia pour le traitement biologique des eaux usées.

[www.youtube.com/watch?v=gp5SQCE9YoA](http://www.youtube.com/watch?v=gp5SQCE9YoA)



**Sur le site [airliquide.com](http://airliquide.com)**  
**Des contenus dynamiques**  
**et immersifs sur nos innovations**



La fabrication additive : une passerelle métallique en acier inoxydable dessinée par plusieurs robots !

[www.airliquide.com/fr/innovation-connectee/fabrication-additive-pont-futur](http://www.airliquide.com/fr/innovation-connectee/fabrication-additive-pont-futur)



**Sur Facebook**  
**Nos applications décryptées !**  
12 avril • 👤



Saviez-vous que l'hydrogène est utilisé comme fluide de propulsion pour lancer les fusées Ariane ?



« Creative Oxygen » : De l'oxygène naît l'inspiration.