

STARTUP

Note de la rédaction

La REE s'efforce depuis le numéro 2021-4 de présenter sous une forme synthétique dans cette nouvelle rubrique les caractéristiques de quelques startups implantées sur le territoire national qui méritent selon nous l'attention de nos lecteurs pour la qualité de l'innovation que ces jeunes entreprises mettent sur le marché et les emplois qu'elles créent, contribuant ainsi à la vitalité économique du pays.

Afin d'enrichir le vivier d'entreprises susceptibles d'être ainsi mises en valeur dans notre Revue, la REE sollicite les responsables de jeunes pousses créées entre 2015 et 2023 pour qu'ils adressent au fil de l'eau le descriptif de leur entreprise (demander le modèle à remplir à : redacree@see.asso.fr) pour insertion éventuelle dans un prochain numéro de la REE.

Une priorité sera donnée par le comité de rédaction aux startups ayant déjà été reconnues par l'attribution de prix ou reconnaissances diverses ou dont les produits ont été exposés dans des salons internationaux (CES par exemple).



Dans ce numéro, nous vous proposons un cahier thématique de 5 start-up proposant des innovations contribuant toutes à la mise en œuvre de la transition énergétique et environnementale.





AERLEUM

TRANSITION ENERGETIQUE / FABRICATION DE PRODUITS CHIMIQUES DURABLES

Type de société : SAS
67100 Strasbourg
<https://aerleum.com>

Origine de la start-up :

Issue de l'incubateur Marble de technologies sur le climat.

Année de création : 2023

Fondateurs :

Steven Bardey, Sébastien Fiedorow

Distinctions :

- Lauréat i-Lab 2024
- Lauréat du Technip Energies Clean Maritime Challenge
- Lauréat du CMA/CGM startup awards (catégorie shipping).
- Sélectionné par Station F (campus de plus de 1000 start-up à Paris) parmi les start-up du top 10 sur le climat.
- Médaillé d'or des prix EDF Pulse en août 2024.
- Incubé par Accelair, le programme industriel d'Air Liquide

Informations techniques :

Aerleum développe une alternative aux carburants fossiles et aux produits chimiques dérivés du pétrole, afin d'accélérer la transition des industries les plus difficiles à décarboner, telles que le transport maritime, aérien et la chimie.

Sa technologie repose sur un réacteur innovant couplé à un matériau bifonctionnel, qui capture directement le CO₂ de l'air et le convertit en méthanol en un seul processus, sans passer par des étapes intermédiaires coûteuses comme la régénération du matériau, la compression ou le transport du CO₂.

Comment ça marche ?

Le CO₂ de l'air est capté par un matériau qui agit comme une éponge. Ce CO₂ est ensuite converti en méthanol en présence d'hydrogène, produisant un e-carburant liquide facile à stocker et à transporter, compatible avec les infrastructures existantes.

Grâce à cette approche unique, Aerleum réduit drastiquement les coûts énergétiques et opérationnels, rendant le e-mé-

thanol compétitif avec le méthanol fossile. De plus, la technologie d'Aerleum permet une intégration optimale avec la production d'hydrogène vert, supprimant ainsi les coûts associés à sa distribution et favorisant une production locale et décentralisée de carburants durables.

Originalité par rapport à l'existant :

La technologie s'inscrit dans une économie circulaire du carbone, en capturant du CO₂ de l'atmosphère et en l'utilisant dans le processus de fabrication de carburants et autres produits chimiques durables.

L'approche d'Aerleum se distingue par un procédé intégré combinant captage et conversion du CO₂ en une seule étape, réduisant ainsi la consommation énergétique et les coûts opérationnels. Elle optimise également les synergies avec les infrastructures existantes (production d'hydrogène vert, logistique de transport, etc.) et repose sur un modèle économique compétitif, visant la parité de coût avec les carburants fossiles.

L'entreprise ambitionne de proposer une solution capable de réduire jusqu'à 90 % des émissions de CO₂, tout en garantis-

sant un prix compétitif et une production à grande échelle.

Financement, levée de fonds :

Via Crunchbase, 5,5 millions d'euros (13 octobre 2024).

Investisseurs : HTGF, 360 Capital, BpiFrance, Marble, Norrskan VC.

Marchés visés :

L'aviation, le transport maritime, le transport routier ou la chimie.

Date de la première commercialisation :

Aerleum développe actuellement une première unité pilote avec un objectif de production d'1 tonne de méthanol par mois, en vue de lancer un démonstrateur industriel d'ici 2028. Cette phase permettra de contractualiser avec des acteurs stratégiques des secteurs maritime et aérien, avant d'initier la construction d'une première usine à grande échelle (FOAK – First of a Kind) d'ici 5 ans. Avec sa technologie de rupture, Aerleum ambitionne de devenir un leader des carburants bas-carbone et d'accélérer la transition énergétique des industries lourdes.

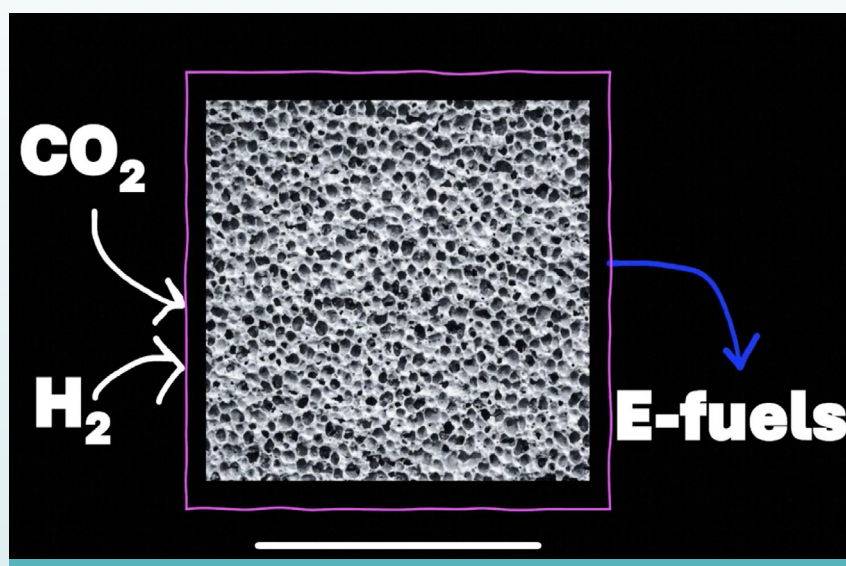


Figure 1 : Schéma de principe du réacteur produisant le méthanol.

Beyond

A E R O



BEYOND AERO TRANSPORT AÉRIEN

Type de société : SAS

31270 Cugnaux

www.beyond-aero.com

Date de création : Décembre 2020

Fondateurs et principaux responsables :

Eloa Guillotin, Présidente Directrice Générale,

Hugo Tarlé, Directeur des Opérations,

Valentin Chomel, Directeur de la Stratégie

Taille de l'équipe :

60 employés ; 80% de taux de croissance en 2025.

Distinctions :

France 2030 (Appel à projets: Produire en France des aéronefs bas carbone) ;

French Tech Green 20; Brilliant Minds ;

Forbes 30Under30 Europe.

Historique de l'innovation à la base de la création :

L'aviation représente 2,8 % des émissions de CO₂ et son impact climatique total atteint 3,5 % à 4 % en incluant les effets non-CO₂. Avec le doublement attendu du nombre de passagers d'ici 2050, la réduction des émissions est essentielle pour éviter que l'aviation ne dépasse 25 % des émissions mondiales. Beyond Aero a été fondée avec pour mission de rendre possible, certifiable et rentable le premier avion d'affaires électrique conçu pour la propulsion à hydrogène. La vision de l'entreprise est de concrétiser la transition de l'aviation vers l'électrique pour répondre aux objectifs climatiques. Des progrès notables ont été réalisés ces dernières années sur la consommation des moteurs et leur adaptation à des carburants alternatifs, mais pour atteindre les objectifs fixés par les accords de Paris, il faut passer des améliorations incrémentales à des innovations radicales. Beyond Aero a opté pour une conception «*clean sheet*», c'est-à-dire une architecture repensée entièrement autour des contraintes spécifiques de l'hydrogène. Cela inclut le positionnement des réservoirs et un système de gestion thermique avancé. Ces innovations ont été protégées par des brevets exclusifs, et d'autres sont en cours de dépôt.

Description du produit visé :

Beyond Aero développe «One», un avion d'affaires électrique conçu pour transporter entre 6 et 8 passagers sur une distance de 1 500 km (800 NM). Il est propulsé par des piles à combustible à hydrogène gazeux, ne produisant que de la vapeur d'eau. Beyond Aero a atteint des jalons techniques significatifs, notamment le premier vol habité entièrement électrique à hydrogène en France. L'entreprise dispose d'un laboratoire intégré de propulsion hydrogène-électrique capable de tester l'ensemble des composants du système, poussant la technologie au niveau TRL 6 avec une puissance de plus de 600kW.

Originalité par rapport à l'existant du marché :

Contrairement aux constructeurs traditionnels comme Pilatus, Daher, Cessna, Cirrus et Piaggio, qui utilisent des moteurs à combustion, Beyond Aero adopte des piles à combustible à hydrogène, réduisant ainsi drastiquement les émissions. Comparée aux avions électriques alimentés par batterie (Lilium, Joby, Eviation), la propulsion hydrogène offre une autonomie cinq fois supérieure (1500 km contre quelques centaines de kilomètres pour les batteries). De plus, l'approche «*clean sheet*» permet une intégration optimisée de la chaîne de propulsion dans une architecture repensée. Cela améliore non seulement l'efficacité et la performance, mais aussi la gestion thermique et

la distribution du poids. Enfin, Beyond Aero intègrera des solutions numériques avancées pour le suivi de la flotte, la maintenance prédictive et l'optimisation des opérations de vol, offrant ainsi une expérience utilisateur inédite pour les opérateurs et les passagers.

Marchés visés :

Europe et Etats-Unis

Principaux clients : Départements de vols d'entreprises (Corporate Flight Departments) ;

Propriété partagée (Fractional Ownership Operators) ;

Location de jets privés (Charter Operators) ;

Propriétaires privés (High-Net-Worth Individuals - HNWI) ;

Gouvernements.

Date de première commercialisation :

Prévue en 2030 après certification selon les réglementations CS23 de l'EASA et FAR23 de la FAA.

Informations économiques et financières :

Tours de table effectués et financement : 44 millions de dollars levés à date. Dernière levée de fonds en Série A en Octobre 2024 (20 millions de dollars).

Investisseurs : BPIFrance ; GIANT Ventures ;

Initialized ; Female Founders Fund ;

7 Percent ; Teampact Ventures ; Amitis

Capital ; 2100 ventures ; Zeno Partners ;

Kima Ventures.



Figure 1 : Projet 2030 « Beyond Aero One » 6-8 places.



GLOBAL BIOENERGIES TRANSITION ENERGETIQUE / BIOTECHNOLOGIE

Type de société : SAS

91000 Evry

www.global-bioenergies.com

Année de création : 2008

**Directeur Général
et Co-Fondateur :**
Marc Delcourt

Taille de l'équipe :
45 employés

Partenaires industriels :

- L'Oréal, leader mondial du secteur de la beauté, est le partenaire majeur ainsi que le 1er actionnaire de Global Bioenergies depuis 2019.
- Cristal Union, 1^{er} fournisseur de sucre de l'industrie agro-alimentaire française et actionnaire de Global Bioenergies depuis sa cotation en Bourse.

Distinction :

Global Bioenergies a été classé 24^{ème} compagnie dans le domaine « The 50 Hottest Companies in the Bioeconomy 2024-25 : The Daily Digest »

Activités en bourse :

Global Bioenergies est cotée sur Euronext Growth à Paris depuis 2011 (FR0011052257 – ALGBE).

Informations techniques :

Acteur engagé dans la lutte contre le réchauffement climatique, Global Bioenergies a développé un procédé unique au monde pour produire des SAF (*Sustainable Aviation Fuel* ou Carburants d'aviation durables) et des e-SAF

à partir de ressources renouvelables. Ces procédés ont pour ambition de répondre aux enjeux de décarbonation du transport aérien. Le cœur technologique de Global Bioenergies consiste en un procédé innovant de conversion de ressources végétales (sucre, résiduaire de betteraves, céréales déclassées, déchets agricoles et forestiers) en un hydrocarbure, l'isobutène, une molécule historiquement issue du pétrole grâce à une fermentation gazeuse. L'isobutène a des applications multiples dans le secteur de l'énergie, des matériaux, de la cosmétique mais aussi dans les SAF. Cela représente un marché mondial actuel de 15 millions de tonnes et de 20 milliards de dollars. La molécule produite par le procédé de Global Bioenergies conserve les mêmes caractéristiques et performances que son équivalent d'origine fossile.

Le procédé de Global Bioenergies vise à répondre au besoin de disposer d'isobutène et de ses principaux dérivés dans une version biosourcée, c'est-à-dire de végétaux, avec un bilan CO₂ amélioré par rapport à celui de leurs équivalents fossiles. Produire de l'isobutène biosourcé représente un défi technique considérable qui a nécessité plus de 14 ans de R&D. Cette innovation permettra d'économiser 2 tonnes de CO₂ pour chaque tonne d'isobutène produite, comparativement à la filière pétrochimique.

Originalité par rapport à l'existant :

Grâce à sa technologie innovante, Global Bioenergies a développé un procédé unique

au monde permettant de produire des SAF et des e-SAF et de répondre aux enjeux de décarbonation du transport aérien. La spécificité des SAF est d'être « *drop-in* », c'est-à-dire de pouvoir être utilisés sans aucune modification des équipements ou des infrastructures existantes.

La technologie IBN-SPK de Global Bioenergies fait partie du cercle très restreint des solutions déjà certifiées par l'ASTM en 2023, valant « *approval to fly* ». Le carburant de Global Bioenergies peut ainsi être incorporé dans n'importe quel moteur d'avion à l'échelle mondiale, en mélange jusqu'à 50 % avec du kérosène fossile.

La société détient les droits exclusifs sur une trentaine de familles de brevets couvrant les différents pans de ce procédé.

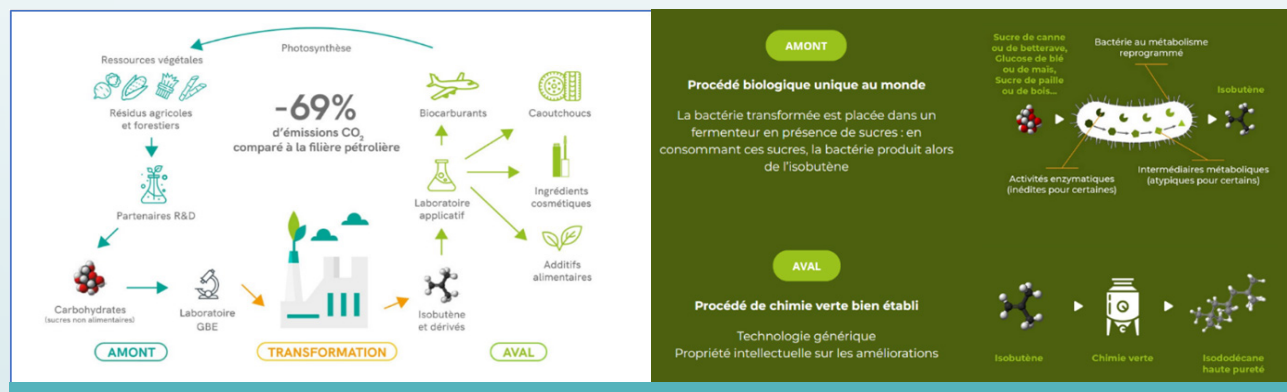
Ses produits répondent également aux exigences de la cosmétique. Les ingrédients d'origine naturelle de la Société s'inscrivent dans la démarche globale de « *clean beauty* », qui s'accroît à un rythme très rapide. Global Bioenergies en parvenant à remplacer l'isodécane issu de la pétrochimie et répandu dans de nombreux segments de la cosmétique, propose une solution innovante aux grands acteurs de la cosmétique.

Marchés visés :

Transport aérien, industrie cosmétique

Commercialisation majeure :

Commercialisation des premières tonnes d'Isonaturane™ biosourcé à destination de la cosmétique en 2023.





SOLEIL-SUR-YVETTE PHOTOVOLTAÏQUE (SOYPV)

Type de société : SAS

92160 Antony

<https://soypv.com>

Année de création : Mai 2021

Fondateurs :

Daniel Lincot, Directeur de recherche émérite au CNRS et Directeur scientifique de l'Institut Photovoltaïque d'Île-de-France (IPVF) de 2013 à 2019, a contribué de façon décisive au développement de la technologie des cellules solaires à base de couches minces CIGS.

Jean-Michel Lourtioz, Directeur de recherche émérite au CNRS et Vice-président honoraire de l'Université Paris-Saclay, est reconnu comme spécialiste de l'optoélectronique et de la photonique et l'un des initiateurs du Centre de Nanosciences et Nanotechnologies (C2N) du plateau de Saclay.

Hugues et Karine Charbonnier, associés et investisseurs de SOYPV, participent au développement industriel de l'entreprise.

Taille de l'équipe :

SOYPV compte actuellement 8 personnes incluant les responsables cités. Une croissance à plus de 20 personnes est prévue avec le développement de la production de cellules photovoltaïques SOYPV d'ici 2030.

Récompense obtenue :

SOYPV a été lauréat 2023 des Quartiers Métropolitains d'Innovation, pilotés par Paris & Co et la Métropole du grand Paris.

Informations techniques :

Si la technologie dominante des panneaux photovoltaïques est celle du silicium cristallin qui représente plus de 95 % du marché, les technologies de couches minces (CdTe, CIGS, ...), qui constituent les parts de marché restantes, offrent aujourd'hui des opportunités inédites de développement de panneaux flexibles et légers avec des applications non couvertes par les panneaux rigides, fragiles et pesants actuellement commercialisés. Les cellules solaires flexibles et à haut rendement ont vocation à s'intégrer sur une grande variété de supports (feuillards métalliques, plastiques,

tissus...) en libérant de nouveaux usages dans le bâtiment, le milieu urbain en général, le transport, le nomadisme, le nautisme, l'agrovoltisme et les serres agricoles, l'événementiel, les objets autonomes, dirigeables ou ballons stationnaires, etc.

Originalité par rapport à l'existant :

Forte de l'expérience de ses fondateurs dans la technologie du CIGS (alliage de cuivre, indium, gallium, sélénium ou soufre), l'entreprise SOYPV est la première start-up française à se lancer dans la fabrication industrielle de cellules solaires ultralégères, flexibles et à haut rendement (> 15 %) déposées sur substrat souple pour être intégrées dans de nouvelles applications qui sont développées avec son partenaire français, la société Solar Cloth déjà présente sur le marché. Une application innovante de voilage ou store photovoltaïque géant en façade de bâtiment est représentée à droite de l'illustration.

Le marché des cellules photovoltaïques légères et flexibles est en pleine émergence à l'échelle internationale. La quasi-totalité des entreprises impliquées dans la fabrication des cellules photovoltaïques CIGS utilisent des procédés sous ultravide. Une des originalités de SOYPV réside dans l'utilisation de procédés moins coûteux d'électro-dépôt à pression atmosphérique. La ligne pilote de

production de cellules par électrolyse est représentée à gauche de l'illustration. SOYPV s'engage aussi dans la fabrication de cellules dites tandems à deux couches minces, associant CIGS et pérovskite pour des rendements de conversion dépassant 25 %.

Informations économiques et financières :

Le marché du photovoltaïque se chiffre en watts installés avec un coût de 0,2 à 1 €/W selon la spécificité des applications. La puissance installée par année de par le monde croît rapidement et a atteint 450 GW en 2023 avec une part encore réduite de photovoltaïque flexible et léger. Dans ce contexte, l'essor de cellules photovoltaïques flexibles en CIGS, dont les rendements sont voisins de ceux du silicium, est à prévoir.

Marchés visés :

SOYPV a pour objectif à terme une production de plusieurs dizaines de mégawatts en 2030 en visant d'abord le segment de marché à portée géographique (France, Europe et sud de l'Europe). Le début de commercialisation est prévu en 2025-2026. Le principal leader actuel du CIGS flexible est sino-américain, mais la croissance de la demande en énergie photovoltaïque en général et du solaire léger et flexible en particulier est de nature à favoriser la montée de la concurrence à laquelle se prépare SOYPV.



Figure 1 : À gauche : Ligne pilote d'électrolyse. À droite : Voilage photovoltaïque SOYPV installé en 2024 en façade d'un bâtiment public.



VERSO ENERGY TRANSITION ENERGETIQUE

Type de société : SAS

75008 Paris

<https://verso.energy>

Origine de la start-up :

Créée par l'ancien cofondateur de Direct Energie et l'ancien directeur du développement du groupe Générale du solaire, avec pour ambition de bâtir un nouvel énergéticien dont la singularité est de proposer un modèle intégré depuis la production d'électricité jusqu'à la production de molécules.

Année de création : 2021

Fondateurs :

Xavier Caitucoli, Antoine Huard

Taille de l'équipe :

50+

Informations techniques :

Verso Energy est spécialisée dans le développement, l'ingénierie, le financement, la construction et l'exploitation d'installations de production d'énergies renouvelables, d'installations de stockage d'électricité pour la fourniture de services aux réseaux électriques, et d'installations de production de molécules décarbonées, telles que l'hydrogène et les carburants de synthèse.

En particulier, Verso Energy développe et met en œuvre :

- des projets solaires au sol sur terrains anthropisés, ou de type agrivoltaïques – c'est-à-dire utilisant l'énergie solaire en synergie avec une activité agricole (amélioration du potentiel et de l'impact agronomiques, adaptation au changement climatique, protection contre les aléas ou encore amélioration du bien-être animal).
- des projets de stockage d'énergie par batterie, pouvant être ou non hybridés avec des centrales solaires, et destinés à la fourniture de services système.
- des projets industriels de production d'hydrogènes ou de dérivés de l'hydrogène (tels que les carburants de synthèse) destinés à la décarbonation d'usages difficiles à décarboner par électrification directe, tels que la sidérurgie, le transport aérien, etc.

Afin d'être en mesure d'optimiser à la fois le dimensionnement et le pilotage de ces différentes activités, Verso Energy a développé un

savoir-faire en « Energy Management ». L'entreprise dispose du statut de responsable de périmètre d'équilibre et de la capacité d'intégrer et de synchroniser le pilotage de ses actifs pour exploiter pleinement leurs synergies mutuelles.

Quelques projets en cours :

- **Le projet CarlHyng** concerne la création d'un site de production d'hydrogène bas-carbone par électrolyse de l'eau, situé à Carling (Moselle) et destiné à la décarbonation d'activités industrielles de part et d'autre de la frontière franco-allemande grâce à la future canalisation hydrogène « MosaHyc ». Ce projet de 300MW est mené avec RTE et GRTgaz et vise une mise en service par paliers successifs entre 2028 et 2030.
- **Le projet DEZiR** concerne la création d'un site de production de carburant durable pour l'aviation (e-SAF), situé à Petit-Couronne (Seine-Maritime). Le e-SAF sera produit en combinant de l'hydrogène avec du CO₂ biogénique capté en sortie de la chaudière biomasse de BEA située à Alizay (Eure). Ce projet représente un investissement de 1,3 milliard d'euros et vise une mise en service en 2029.
- **Le projet OrCHyD** concerne la création d'un site de production de carburant durable pour le maritime (e-méthanol), situé à Origny-Sainte-Benoite (Aisne). Le e-méthanol sera produit en combinant de l'hydrogène avec du CO₂ biogénique issu de l'usine de Te-

reos. Ce projet représente un investissement de 850 millions d'euros et vise une mise en service en 2029.

- **Le projet des Gravières de l'Arroux** permet de valoriser d'anciennes gravières en fin d'exploitation, via l'implantation d'une centrale solaire flottante de 23 MW. Situé à Gueugnon (Saône et Loire), ce projet actuellement en construction représente un investissement de 24 millions d'euros et sera mis en service à l'été 2025.

Originalité par rapport à l'existant du marché :

La singularité de Verso Energy réside dans son modèle intégré, couplant production d'électricité et production de molécules de synthèse. Un tel modèle présente des avantages à double titre : une meilleure maîtrise du coût de production des molécules, une meilleure capacité à gérer la variabilité de la production de renouvelables et à en valoriser les excédents.

Marchés visés :

Les entreprises industrielles, les acteurs du transport aérien et maritime.

Financement, levée de fonds :

Levée de fonds de 50 millions d'euros en décembre 2022. Actionnaires de premier plan : Eiffel IG, AMS capital, Crescendix.

