

## 15 TRANSPORT

# Fret maritime : une décarbonation au cas par cas

**8 ACTUALITÉS**  
*Énergie : des tensions  
maîtrisables*

**24 INDUSTRIE**  
*Valoriser le SF6*

## Rédaction

- Tél : 01 84 23 75 98
- E-mail : energieplus@atee.fr

- Directeur de la publication :  
Nicolas Fondraz
- Rédacteur en chef :  
Clément Cygler (75 92)
- Rédacteurs :  
Olivier Mary (75 95)  
Léa Surmaire (75 98)
- Secrétaire de rédaction :  
Léa Surmaire (75 98)
- Diffusion-abonnements :  
Alexandre Giroux (01 46 56 35 40)  
a.giroux@atee.fr
- Photo en couverture :  
© Zéphyr & Borée

## Publicité

- Société ERI
- Tél : 01 55 12 31 20
  - Fax : 01 55 12 31 22
  - regieenergieplus@atee.fr

## Abonnement

- 20 numéros par an
- Tél : 01 46 56 35 40
  - France : 170 € (16,50 € à l'unité)
  - Étranger : 188 € (21 € à l'unité)



© ATEE 2022

Membre du Centre français  
d'exploitation du droit de copie  
www.cfcopies.com

Tous droits de reproduction réservés.  
Les opinions exprimées par les auteurs  
dans les articles n'engagent pas  
la responsabilité de la revue.



(Association régie par la loi 1901)  
Représentant légal : Nicolas Fondraz

Conception graphique :  
Olivier Guin - be.net/olivierguin



Imprimerie CHIRAT  
744 route de Ste-Colombe  
42540 St-Just-la-Pendue  
Tél : 01 44 32 05 53  
www.imp-chirat.fr

Dépot légal à parution.  
Commission paritaire n°0526 G 83107



11



15



24

## Infos pros

4. À lire
5. Les rendez-vous ATEE. Agenda. Les nominations. En bref
8. Des tensions accrues mais maîtrisables
10. Des fossiles aux EnR : quand le marché de l'emploi mondial bascule
11. **Comment développer le bioGNV en milieu agricole ?**
12. 566 panneaux sur le toit de LivingPackets

## Transport

14. En bref
15. **Transport maritime : une décarbonation au cas par cas**
19. L'hydrogène pour décarboner le transport lourd routier

## Industrie

21. En bref
22. Un verre de bouteille en voie de décarbonation
24. **Une piste pour valoriser le SF6**

## 26 Répertoire des fournisseurs



# La nouvelle stratégie énergétique dévoilée

Clément Cygler, rédacteur en chef

« Aller deux fois plus vite dans le déploiement des énergies renouvelables ». Tel fut le message principal lancé le 22 septembre par Emmanuel Macron lors de l'inauguration du premier parc éolien en mer au large des côtes de Saint-Nazaire. Face à la crise énergétique et à la nécessité de « produire plus d'électricité » pour répondre à nos besoins grandissants, le Gouvernement a ainsi présenté un projet de loi d'accélération des EnR intégrant de nouvelles mesures afin de rattraper le retard de la France en la matière. Un retard relativement conséquent : l'Hexagone est le seul pays de l'Union européenne à ne pas avoir atteint son engagement de développement des EnR en 2020. Cette année-là, elles ne représentaient que 19,1% de la consommation finale d'énergie, loin des 23 % attendus. Dévoilé en Conseil des Ministres, le projet de loi reprend en grande

partie les recommandations de la Commission européenne issues du programme REPowerEU. Parmi ces mesures figurent notamment la simplification des procédures pour réduire les délais des projets, la mobilisation de davantage d'espaces, notamment pour l'installation de panneaux solaires, ou encore un meilleur partage de la valeur avec les territoires et leurs habitants. Si les EnR sont incontournables à la transition énergétique, le chef de l'État n'a pas non plus oublié le nucléaire. Un autre projet de loi est en cours d'élaboration et permettrait également de raccourcir certains délais administratifs afin de pouvoir lancer la construction du premier EPR2 avant la fin du quinquennat. Espérons que ces nouveaux réacteurs ne soient pas de nouvelles aberrations économiques, à défaut de l'être déjà sur le long terme d'un point de vue environnemental...

## ENTREPRISES ET ACTEURS PUBLICS CITÉS DANS CE NUMÉRO

ADEME	11, 19	BMW	14	CONSEIL RÉGIONAL DE PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR	21	INSTITUT POUR LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET ÉNERGÉTIQUE DU MARITIME (T2EM)	16	SCHNEIDER ELECTRIC	24
AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE (AIE)	10	CARBON	21	COPERNICUS	6	INTERCOMMUNALITÉS DE FRANCE	7	SOLEWA	12
AGENCE NATIONALE POUR LA RÉNOVATION URBAINE (ANRU)	7	CARBON DISCLOSURE PROJECT	6	EATON	6	LIVINGPACKETS	12	TERÉGA	8
AMERICAN BUREAU OF SHIPPING	16	CATHAY PACIFIC	14	ECM	21	ORGANISATION MARITIME INTERNATIONALE (OMI)	15	TRANSPORT & ENVIRONMENT (T&E)	16
ARIANE GROUP	18	CLUSTER MARITIME FRANÇAIS (CMF)	15	ENERGY OBSERVER	17	RTE	8	UNIVERSITÉ CLAUDE-BERNARD LYON 1	24
BANQUE EUROPÉENNE D'INVESTISSEMENT (BEI)	6	CMA CGM	16	FIVES	22	S&P GLOBAL MARKET INTELLIGENCE	6	VERALLIA	22
		COMMISSION EUROPÉENNE	5, 16	GRTGAZ	8			VPLP DESIGN	18
				HARRIS INTERACTIVE	7			ZÉPHYR & BORÉE	17

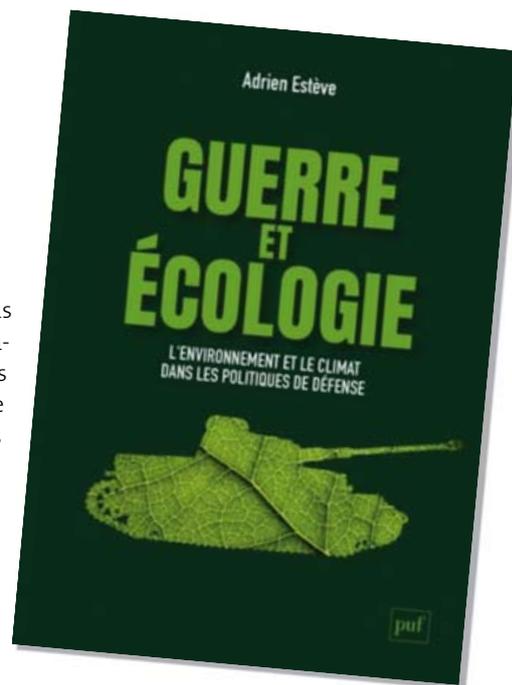
À lire

## Guerre et écologie

### L'environnement et le climat dans les politiques de défense

Adrien Estève, Presses universitaires de France, 280 pages, 25 euros

La question de l'écologie gagne de l'importance dans le débat public. Il n'est donc pas étonnant que le secteur de la défense, pourtant régulièrement critiqué par les mouvements écologistes pour ses impacts sur la nature, s'y intéresse désormais. Depuis plusieurs années déjà, les responsables civils et militaires des organisations de défense multiplient les déclarations favorables à une meilleure prise en compte de ces questions par les forces armées. Les militaires essaient également d'anticiper les impacts sécuritaires des bouleversements écologiques globaux et s'intéressent de plus en plus à la transition énergétique. Cet ouvrage rédigé par un docteur en science politique de l'IEP de Paris et résident à l'Institut de recherche stratégique de l'École militaire (IRSEM), montre comment les questions environnementales et climatiques ont été problématisées au sein du secteur de la défense, à partir des cas de la France et des États-Unis.



## Des glaces polaires au climat de la Terre

### Enquête sur une aventure scientifique

Morgan Jouvenet, CNRS éditions, 350 pages, 25 euros

Le prélèvement de carottes de glace a joué un rôle essentiel dans la mise au jour de l'impact des activités humaines sur le climat terrestre. Comment a émergé l'idée que la glace polaire pouvait receler des indices permettant de retracer l'histoire de ce climat ? Comment les carottages se sont-ils développés au cours des dernières décennies ? De quelle manière les résultats obtenus peuvent-ils être mobilisés dans les débats climatiques actuels ? De l'installation sur les inlandis de l'Antarctique ou du Groenland, en passant par les expériences effectuées dans les laboratoires et la création du Giec, cette ouvrage écrit par Morgan Jouvenet, directeur de recherche au CNRS et déjà auteur de plusieurs enquêtes de sociologie et d'histoire des sciences contemporaines, restitue une aventure scientifique décisive pour mieux comprendre le changement climatique.

### Nominations

- ▶ **Hideki Nishimura** a été nommé à la présidence de Daikin France
- ▶ **Guilhem Armanet** devient président de l'AFG Aura

### TÉLEX

/// **RECLAIM FINANCE** lance le site internet « Change de banque » pour permettre à chacun d'investir en faveur du climat /// D'après une étude de **WORLD WEATHER ATTRIBUTION**, le changement climatique a probablement accru les précipitations au Pakistan, entraînant la destruction de 1,7 millions d'habitations et plus de 1 300 morts /// **TOTALÉNERGIES** et l'**UNIVERSITÉ TECHNIQUE DU DANEMARK** créent un centre d'excellence dans les énergies décarbonées à Copenhague /// Une nouvelle étude publiée dans Science révèle qu'entre 90 et 99 % de la déforestation dans les régions tropicales est directement ou indirectement due à l'agriculture /// **IDEX** fait l'acquisition de deux projets de centrales de cogénération biomasse à Kourou en Guyane /// Selon un rapport de l'**IRENA**, le nombre d'emplois dans le secteur mondial des énergies renouvelables a atteint 12,7 millions en 2021, soit un bond de 700 000 de plus en un an ///



# Propositions de la Commission pour réduire la facture d'énergie des Européens

Les marchés européens de l'énergie font face à une hausse des prix importante depuis plusieurs mois à cause de l'inadéquation entre la demande et l'offre, conséquence de l'invasion de l'Ukraine par la Russie. Pour alléger la facture des particuliers et des entreprises, la Commission européenne propose des mesures exceptionnelles de réduction de la demande d'électricité. Concrètement, elle suggère de baisser la consommation d'au moins 5% pendant les heures de pointe de prix. Les États membres seront tenus de déterminer les 10% d'heures pour lesquelles le prix attendu est le plus élevé et de réduire la demande lors de ces pics. Elle propose également que les 27 diminuent la demande globale d'au moins 10% jusqu'au 31 mars 2023. C'est à eux de choisir la façon dont ils veulent atteindre cet objectif. Ces économies aux heures de pointe entraîneraient une baisse de la consommation de gaz de 1,2 milliard de mètres cubes cet hiver. Les autorités européennes entendent aussi redistribuer les recettes excédentaires du secteur de l'énergie aux clients finaux. Les entreprises visées sont les producteurs d'électricité recourant à des technologies à moindre coût, telles que les énergies renouvelables, le nucléaire et le lignite. En effet, ils fournissent des électrons au réseau à un coût inférieur au niveau de prix fixé par les producteurs plus chers. Les premiers ont par exemple réalisé des recettes exceptionnelles alors que leurs coûts d'exploitation sont restés relativement stables. La Commission propose de plafonner leurs recettes à 180 euros/MWh. Les excédents seront perçus par les gouvernements et utilisés pour faire baisser les factures des consommateurs. Enfin, Bruxelles souhaite créer une contribution de solidarité temporaire sur les bénéfices excédentaires générés par des activités dans les secteurs du pétrole, du gaz, du charbon et du raffinage. Ces différentes propositions viennent compléter celles précédemment adoptées afin d'assurer le remplissage des installations de stockage de gaz et de réduire la demande de ce combustible pour se préparer à l'hiver. L'institution poursuit également ses travaux visant à améliorer la liquidité des opérateurs du marché, à faire baisser le prix du gaz et à réformer l'organisation du marché de l'électricité à plus long terme.

## Rendez-vous ATEE

Retrouvez les programmes de ces manifestations sur [www.atee.fr](http://www.atee.fr)

Contact : Carine Fadat / Margot Henault : 01 46 56 35 41

Inscriptions en ligne obligatoire sur <https://atee.fr/evenements>

### Événements nationaux

**6 octobre – 9h à 17h à Paris**

Colloque annuel du Club Stockage de l'ATEE

### Événements régionaux

#### ATEE AURA

**11 octobre – 10h30 à 12h**

Webinaire : « Comment décarboner ses usages énergétiques grâce au biogaz et à la méthanisation ? »

#### ATEE OCCITANIE

**17 octobre – 10h à 12h à Perpignan**

Visite de l'unité territoriale de méthanisation BioRoussillon

#### ATEE GRAND OUEST

**20 octobre – 9h30 à 17h30 à Cesson-Sévigné (Rennes)**

Conférence : « Journée Décarbonation de l'Industrie, cap à l'Ouest ! »

## Agenda

### 11 OCTOBRE – BAGNOLET

→ **1<sup>re</sup> édition des « Journées Scientifiques de l'Éolien »**

<https://live.eventtia.com/fr/cne2022/Journee-Scientifiques-de-l-Eolien>

### 12 ET 13 OCTOBRE – PARIS

→ **12<sup>e</sup> Colloque national éolien,**

<https://live.eventtia.com/fr/cne2022>

### 13 OCTOBRE – LILLE

→ **15<sup>e</sup> colloque du Cibe,**

« Innovations pour renforcer l'efficacité du bois-énergie »  
<https://cibe.fr/2022/02/03/colloque-cibe-octobre-2022/>

### 19 AU 21 OCTOBRE – PARIS

→ **36<sup>e</sup> congrès annuel d'Amorce**

<https://amorce.asso.fr/evenement/trente-sixieme-congres-d-amorce>

► **Le chiffre****2,7 °C**

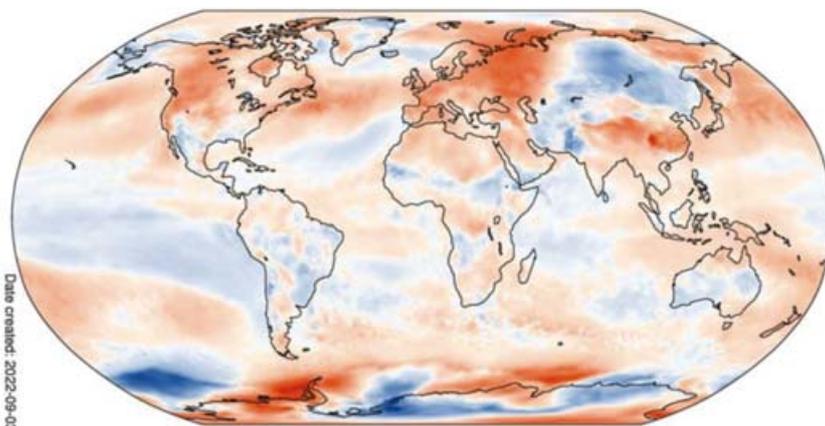
C'est le réchauffement que la planète atteindra si les engagements actuels des entreprises du G7 en matière d'émissions étaient reflétés à l'échelle mondiale, selon le Carbon Disclosure Project. Parmi les pays du G7, les entreprises allemandes (319 étudiées) et italiennes (215) sont les plus ambitieuses, avec une trajectoire de réchauffement de 2,2 °C, suivies des françaises (352) à 2,3 °C, des britanniques (743) à 2,6 °C, des américaines (1934) et des japonaises (798) à 2,8 °C. Les canadiennes (297) ferment la marche avec une trajectoire de +3,1 °C.

## Nouveau coup de pédale pour le plan vélo

Pour ce second plan vélo et mobilités actives (2022-2027), le Gouvernement accélère. Pour l'année 2023, il met sur la table 250 millions d'euros, soit près de la moitié de l'argent investi ces quatre dernières années. Dans le détail, 200 millions d'euros seront dédiés aux infrastructures et 50 millions d'euros au stationnement, a annoncé Élisabeth Borne, la Première ministre. Ces cinq prochaines années, le Gouvernement souhaiterait faire émerger une filière professionnelle : de l'assemblage au recyclage, en passant par la réparation et les services. Pour promouvoir des critères sociaux et environnementaux, un label France vélo sera créé. L'objectif de cette nouvelle filière ? Fabriquer un million de bicyclettes par an. Du côté des consommateurs aussi, des subventions sont prévues. Les aides à l'achat, renforcées cet été, seront reconduites. Le vélo sera promu en classe, avec la formation de 800 000 enfants par an à la pratique du vélo, mais aussi dans la population globale, en prenant les Jeux olympiques et paralympiques 2024 comme « levier majeur ».

## Le numérique pour faciliter la transition énergétique à la traîne

Pour le compte d'Eaton, entreprise spécialisée dans la gestion de l'énergie intelligente, S&P Global Market Intelligence a enquêté sur la pertinence de la transition énergétique dans la planification de la transformation numérique. L'étude a interrogé 1 001 répondants en Amérique du Nord, en Europe et au Moyen-Orient, participant aux efforts de transformation numérique dans quatre secteurs d'activité où l'alimentation énergétique est critique : les bâtiments, les datacenters, l'industrie et les services publics. Verdict : bien que 77 % des entreprises interrogées s'attendent à abandonner leurs sources d'énergie actuelles, seule la moitié d'entre elles mettent actuellement en œuvre les stratégies numériques nécessaires à ce changement. De plus, moins d'un tiers des entreprises suivent les principaux indicateurs de développement durable et d'intelligence énergétique, et elles sont encore moins nombreuses (17 %) à avoir numérisé leurs anciens systèmes.



## L'été 2022 fut le plus chaud jamais enregistré en Europe

Selon le programme d'observation Copernicus, les températures moyennes de juin à août 2022 ont été les plus élevées jamais enregistrées en Europe, dépassant de 0,4 °C celles de l'été 2021. La faute en grande partie au mois d'août. Il a été généralement beaucoup plus sec que la moyenne dans une grande partie de l'ouest et sur certains territoires de l'est de l'Europe. À l'inverse, la majeure partie de la Scandinavie et certaines parties du sud et du sud-est de l'Europe étaient plus humides. Les régions du sud ont été frappées par une tempête « derecho », avec des vents et des précipitations extrêmes. Les vagues de chaleur ont aussi sévi dans le reste du monde, et particulièrement dans le centre et l'est de la Chine et en Amérique du Nord. Les conditions étaient également plus humides que la moyenne dans de nombreuses régions extra tropicales d'Amérique du Nord et d'Asie : de fortes précipitations ont provoqué des inondations, au Pakistan par exemple.

## Des prêts européens pour les régions touchées par l'abandon des énergies fossiles

Le 7 septembre dernier, la Commission européenne et la Banque européenne d'investissement (BEI) ont signé l'accord sur la facilité de prêt au secteur public, le troisième pilier du mécanisme pour une transition juste. Cette facilité comblera jusqu'à 10 milliards d'euros de prêts de la BEI d'ici 2027 avec 1,5 milliard d'euros de subventions financées par le budget de l'UE. Ils permettront de stimuler les investissements visant à réduire les coûts socio-économiques de la transition et de faciliter la création d'infrastructures, d'entreprises et d'emplois. Pour être éligibles, les projets doivent être situés ou générer des retombées sur les territoires que les États membres ont recensés dans leurs plans territoriaux pour une transition juste. En France, seuls le Nord et les Bouches-du-Rhône sont concernés.

# Bouclier énergétique prolongé pour les grandes entreprises

Le Gouvernement a décidé de proroger l'aide destinée aux entreprises particulièrement touchées par l'augmentation du coût de l'énergie jusqu'à décembre 2022. Le but ? Pallier les effets de la crise énergétique, soutenir la compétitivité des entreprises et éviter les arrêts de production des sites les plus consommateurs, notamment ceux assurant des productions essentielles. Le dispositif, mis en place depuis le mois de juillet dans le cadre du plan de résilience économique et social, est doté d'une enveloppe trois milliards d'euros. Il comprend plusieurs volets d'aide, plafonnés respectivement à 2, 25 et 50 millions d'euros, selon les spécificités de l'entreprise. Il va en outre être simplifié pour devenir plus facilement mobilisable.

Dans le détail, pour être éligible, une entreprise devra avoir des achats de gaz et/ou d'électricité atteignant au moins 3% de leur chiffre d'affaires 2021 et avoir subi un doublement du prix de l'énergie sur la période éligible par rapport à une moyenne de prix sur l'année 2021. Le critère de baisse ou de perte d'excédent brut d'exploitation (EBE) sera apprécié soit à la maille mensuelle soit à la maille des trois mois de la période éligible, afin de donner davantage de flexibilité à l'entreprise.



## L'Anru dévoile son nouveau baromètre sur la vie dans les quartiers populaires

Les habitants des Quartiers Prioritaires de la politique de la Ville (QPV) (82%) sont plus au fait des programmes de rénovation urbaine en cours que le reste de la population française (72%). C'est l'une des conclusions des sondeurs de l'institut Harris Interactive.

Pour le compte de l'Agence nationale pour la rénovation urbaine (Anru), ils ont interrogé deux échantillons représentatifs de plus de 1 000 Français et de plus de 700 habitants des QPV sur différents thèmes, notamment la transition écologique. Par exemple, pour près de deux personnes sur trois, la hausse des prix de l'énergie aura bien un impact sur leur capacité à se chauffer cet hiver. Cette appréhension monte à près de 72% chez les habitants des QPV.

# Des moyens insuffisants pour la transition énergétique selon Intercommunalités de France

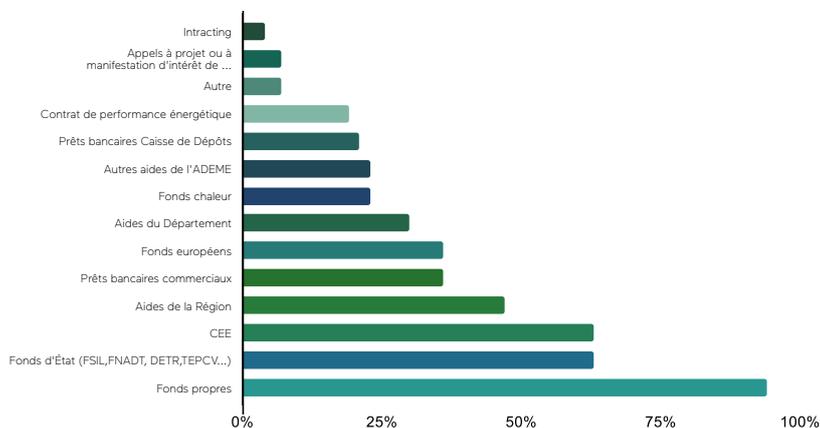
Alors qu'Élisabeth Borne a annoncé fin août déployer un fonds vert d'1,5 million pour la transition énergétique des collectivités, la Fédération nationale des élus de l'intercommunalité a tenté, dans une étude parue le 13 septembre 2022, de chiffrer le coût de leur transition, en reconnaissant toutefois des limites méthodologiques. Elle a ensuite passé au crible six leviers d'action.

Un constat : les moyens mobilisés actuellement sont insuffisants pour atteindre les objectifs de transition écologique et énergétique. En matière de rénovation énergétique des bâtiments publics, le manque de capacité à gérer les projets et à les massifier en interne est mis en avant. Et, les financements actuels, en particulier les certificats d'économies d'énergie (CEE) « *restent en partie inadéquats* » du fait du manque de prévisibilité des montants obtenus et de la complexité du dispositif.

En matière d'électricité renouvelable, il manquerait entre 5,9 et 7,3 milliards d'euros par an. Pour les auteurs, les dispositifs de soutien sont eux aussi partiellement inadaptés aux projets locaux : les appels d'offres incitent à tirer les prix vers le bas et offrent peu de visibilité, rares sont les économies d'échelle et les collectivités supportent des surcoûts liés aux exigences en termes de participation citoyenne et d'ancrage local. Quant aux

mobilités, « *la mise en place d'une offre bas carbone va nécessiter des investissements privés et publics massifs* », préviennent-ils. Et ce dans un contexte compliqué où les recettes se sont effritées en raison d'une baisse de la fréquentation des transports publics depuis la crise sanitaire.

SOURCE DE FINANCEMENT UTILISÉE AU MOINS UNE FOIS DANS LE PROJET



Quelle(s) mode(s) de financement avez-vous utilisé pour ces opérations d'amélioration énergétique au cours des deux dernières années ? (Plusieurs réponses possibles)  
Source : Amorce, "Comment les collectivités financent l'amélioration énergétique de leur parc bâti ?" (2019)

# Des tensions accrues mais

**Le 14 septembre dernier, les gestionnaires des réseaux d'électricité et de gaz ont présenté leurs études prévisionnelles respectives pour l'hiver 2022-2023. Une partie du bon déroulé de ces prochains mois reposera sur des actions de sobriété et sur des outils nouveaux comme Ecowatt.**

**A** lors que la crise énergétique et ses nombreuses incertitudes inquiètent de plus en plus l'ensemble de la société (politiques, institutionnels, secteurs économiques, associations et citoyens), certains se veulent plus optimistes. Et c'est notamment le cas des gestionnaires des réseaux d'électricité, RTE, et gaziers, GRTgaz et Teréga. Malgré une période assez particulière combinant une crise gazière européenne, une faible disponibilité du nucléaire français et une baisse de la production hydraulique due à la sécheresse, ces trois acteurs sont confiants quant à la capacité de la France à équilibrer l'offre-demande en énergie cet hiver. « *En aucun cas, la France ne court un risque de black-out, c'est-à-dire la perte de contrôle et l'effondrement du réseau* », a tenu d'emblée à préciser Xavier Piechaczyk, président du directoire de RTE lors de la présentation le 14 septembre de son étude prévisionnelle pour l'hiver. En raison de la situation actuelle, la publication de cette dernière, habituellement début novembre, a ainsi été avancée afin de mieux informer le public et les acteurs économiques.

## Trois scénarios de production étudiés

En effet, les problèmes de sécurité d'approvisionnement et de tension du réseau peuvent apparaître dès cet automne. « *Les mois de novembre et décembre vont être aussi risqués que janvier ce qui est inédit* », a souligné Xavier Piechaczyk. Mais si ces

difficultés sont accrues, elles restent maîtrisables grâce notamment à des efforts de sobriété. Pour parvenir à cette conclusion, l'étude saisonnière de RTE a pris en compte de nombreux paramètres - niveau de consommation d'électricité; production électrique (nucléaire, hydraulique, renouvelable, des centrales à gaz et à charbon); effacements de consommation; échanges européens - dans plusieurs configurations techniques. À partir de cette analyse, trois scénarios, dont un avec une variante sobriété, ont été créés. Dans la principale hypothèse (au centre du graphique), la consommation poursuit la tendance actuelle ce qui signifierait que le plan sobriété n'a pas de résultats suffisants. La disponibilité du nucléaire remonte progressivement

d'ici janvier mais en gardant une vision prudente d'une capacité de l'ordre de 38 GW au 1<sup>er</sup> décembre et de 45 GW début janvier. Les échanges européens, en particulier de gaz, fonctionnent normalement. Le scénario dégradé se traduit par des tensions fortes sur le gaz, ce qui limite les échanges européens. Cette forte demande occasionnera des pénuries qui touchent la production d'électricité normale des centrales à gaz dans les pays voisins ainsi qu'en France. Ce modèle pourrait aussi être similaire en cas de retard important sur le calendrier de retour de tranches nucléaires sur le réseau. À l'inverse, le scénario haut illustre notamment l'intérêt d'une remontée plus rapide de la disponibilité du nucléaire (40 GW au 1<sup>er</sup> décembre et 50 GW tout

## ► Synthèse des résultats sur l'équilibre offre-demande en électricité pour l'hiver 2022-2023

Source: RTE

Exemples de configurations météo	Scénario haut (vision haute sur le nucléaire)	Scénario intermédiaire (avec prudenances sur le nucléaire et les capacités d'imports)		Scénario dégradé (limitation des échanges électriques et tensions sur le gaz)
		Cas de base	Variante sobriété	
Hiver chaud (type 2019-2020)	Pas de recours aux moyens de sauvegarde ✓ Ecowatt : ● 0 activation	Pas de recours aux moyens de sauvegarde ✓ Ecowatt : ● 0 activation	Pas de recours aux moyens de sauvegarde ✓ Ecowatt : ● 0 activation	Recours aux moyens de sauvegarde ✗ Ecowatt : ● 4-7 activations
Médiane des simulations météo	Pas de recours aux moyens de sauvegarde ✓ Ecowatt : ● 0 activation	Recours aux moyens de sauvegarde ⚠ Ecowatt : ● 0-2 activations	Pas de recours aux moyens de sauvegarde ✓ Ecowatt : ● 0 activation	Recours aux moyens de sauvegarde ✗ Ecowatt : ● 6-12 activations
Hiver froid (type 2012-2013)	Recours aux moyens de sauvegarde ⚠ Ecowatt : ● 0-1 activation	Recours aux moyens de sauvegarde ⚠ Ecowatt : ● 1-2 activations	Recours aux moyens de sauvegarde ⚠ Ecowatt : ● 0-1 activation	Recours aux moyens de sauvegarde ✗ Ecowatt : ● 12-20 activations
Hiver très froid (type 2010-2011)	Recours aux moyens de sauvegarde ⚠ Ecowatt : ● 1-3 activations	Recours aux moyens de sauvegarde ✗ Ecowatt : ● 3-6 activations	Recours aux moyens de sauvegarde ⚠ Ecowatt : ● 1-3 activations	Recours aux moyens de sauvegarde ✗ Ecowatt : ● 20-28 activations

✓ Pas d'activation des moyens de sauvegarde  
 ⚠ Recours possibles aux moyens de sauvegarde sur quelques heures au maximum  
 ✗ Multiples recours aux moyens de sauvegarde  
 ✗ Recours très fréquent aux moyens de sauvegarde

# maîtrisables

début janvier). « Cela nécessite une parfaite maîtrise des arrêts en cours et à venir ainsi qu'une remise en service pendant l'hiver de plusieurs des réacteurs qui sont affectés par le défaut de corrosion sous contrainte », détaille le président du directoire de RTE.

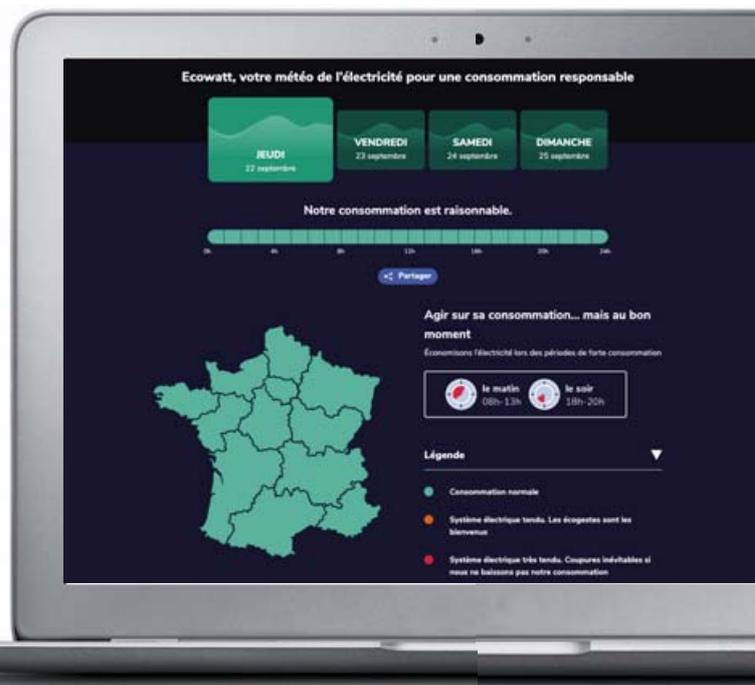
## Signaux Ecowatt rouge

Ces différents modèles ont ensuite été croisés avec les conditions météorologiques de quatre types d'hiver (doux, médian, froid et très froid). Les résultats obtenus intègrent en outre les mesures de sauvegarde qui sont à la main du gestionnaire de réseau de transport, donc RTE, et sont activées lorsque le seul fonctionnement des marchés ne permet pas d'atteindre un équilibre. Quatre mesures de sauvegarde peuvent être actionnées successivement en fonction du manque d'énergie à un moment donné : le signal Ecowatt rouge, l'interruptibilité des grands intensifs français, la baisse de tension de 5% des réseaux de distribution et le processus de délestage. Le souhait de RTE est de ne pas avoir à recourir à ce délestage, qualifié de solution de dernier recours et qui consiste à la mise en place de coupures momentanées, localisées et tournantes. L'analyse des données a permis de délivrer plusieurs grands enseignements. Les prévisions en matière d'approvisionnement conduisent à envisager dans la très grande majorité des situations entre 0 et 5 signaux Ecowatt rouge pendant l'hiver, voire 10, ce qui n'est pas très important. Ce signal rouge signifie que le système est tendu, avec des coupures inévitables si des baisses de consommation de manière volontaire et substantielle ne sont pas réalisées rapidement. En cas d'hiver très froid et de conditions dégradées, le risque de déséquilibre devient plus important. Ce cas de figure, hautement improbable selon RTE, aboutirait à l'émission d'une trentaine de signaux Ecowatt rouge. Le risque

porte majoritairement sur quelques moments spécifiques de la journée, l'essentiel des situations à risque se situant le matin (8 h à 13 h) et le soir (18 h à 20 h). « Dans tous les cas de figure, les situations de coupure programmées sont évitables, si les actions de sobriété s'étendent à tous les secteurs de l'économie française, et que la communauté nationale répond au signal Ecowatt rouge », a insisté Xavier Piechaczyk.

## Faire face à la demande

Au niveau du système du gazier, les perspectives de GRTgaz, avec le concours de l'opérateur Teréga, montrent que, dans un hiver moyen, le système gazier français est capable de faire face à la demande, tout en soutenant le système électrique et en contribuant activement à la solidarité européenne. Des situations de tension pourraient toutefois se développer en cours d'hiver. Si les conditions sont très froides, le déficit hivernal en gaz peut atteindre 16 TWh, ce qui représente 5% de la consommation hivernale. Toutefois, ce niveau serait résorbable par l'atteinte des objectifs de sobriété affichés par les pouvoirs publics.



De plus, comme pour le système électrique, des leviers sont activables pour se prémunir de situations de déficit telle qu'une bonne gestion des flux sur le réseau français et des stockages souterrains tout au long de l'hiver. Avec le concours de l'Ademe et de Teréga, GRTgaz envisage en outre de déployer en octobre un dispositif d'information et de sensibilisation de type Ecowatt. Appliqué au gaz, il permettrait à tous de connaître le niveau de tension du système et de contribuer à son équilibre par la mise en œuvre d'écogestes. La sobriété sera donc le mot clé de cet hiver! ●

Clément Cygler

## Des prix de marché loin de la réalité

Outre les tensions hivernales du réseau électrique, RTE a également étudié la dynamique des prix de marché. Avant 2021, les prix à terme évoluaient en fonction des coûts variables des dernières centrales appelées, le plus souvent thermiques. À partir de mi 2022, une décorrélation spécifique est apparue en France, avec des prix à terme de l'électricité qui s'écartent des coûts variables de production. Plus le marché anticipe des situations tendues et la mise en place de mesures de sauvegarde, plus les prix de l'électricité montent. « Sur les marchés à terme, les niveaux de prix ne reflètent pas les perspectives probables de fonctionnement du système anticipé pour l'hiver : ils intègrent une prime de risque très élevée pour la France. Or les niveaux de risques révélés par l'analyse prévisionnelle ne permettent pas de justifier des prix aussi élevés, même en étant prudent », a expliqué Thomas Veyrenc, directeur exécutif en charge de la stratégie, de la prospective et de l'évaluation de RTE, ajoutant que « tout se passe comme si le marché avait basculé en quelques mois d'une absence totale de défaillance à un scénario particulièrement dégradé et extrême alors même que l'incertitude s'est réduite ».

Selon un rapport de l'Agence internationale de l'énergie, les travailleurs des fossiles commencent à se réorienter vers les renouvelables. Avec des compétences similaires.

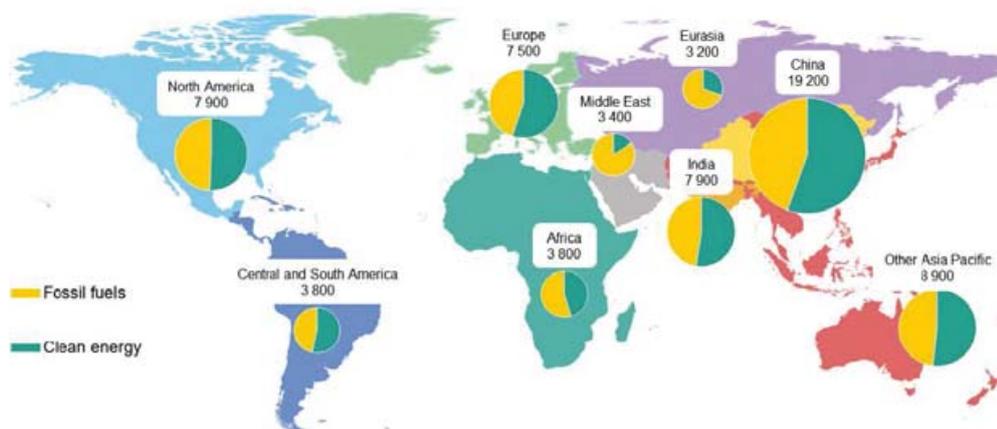
# Des fossiles aux EnR : quand le marché de l'emploi mondial bascule

Comment se répartissent les emplois des secteurs de l'énergie dans le monde ? Cadres et ouvriers pourront-ils basculer des fossiles aux renouvelables ? Des questions pertinentes pour les décideurs politiques alors que la transition énergétique doit s'accélérer en Europe. Ce mois-ci, l'Agence internationale de l'énergie (AIE) a publié son premier rapport sur l'évolution de la structure de l'emploi mondial dans les filières énergétiques. Plus de 65 millions de personnes y officient, soit tout de même 2 % de la population active internationale. Ont été pris en compte dans le calcul l'approvisionnement en combustibles (charbon, pétrole, gaz et bioénergie), le secteur de l'électricité (production, transmission et distribution) et certaines utilisations finales de l'énergie (fabrication de véhicules et efficacité énergétique pour les bâtiments et l'industrie).

## Premiers enseignements

Actuellement, plus de la moitié des travailleurs officient dans les renouvelables. Grâce à leur croissance substantielle, le nombre d'emploi dépasse aujourd'hui celui d'avant la pandémie. Celui des combustibles fossiles, cependant, devrait retrouver les niveaux du monde d'avant cette année seulement. Les sociétés pétrolières et gazières peinent à embaucher de nouveaux employés et font face à une main-d'œuvre vieillissante, détaillent les auteurs du rapport. La proportion de travailleurs dans les

## ► Répartition des emplois dans les énergies fossiles et les renouvelables dans le monde en 2019



énergies propres pourrait encore augmenter. Si le scénario "Zéro émission nette en 2050" de l'AIE est suivi, la transition énergétique créera 14 millions de nouveaux emplois dans les renouvelables. À cela s'ajouteront 16 millions de personnes reconverties dans de nouveaux rôles liés aux énergies propres. La majorité des 32 millions d'employés spécialisés dans les fossiles disposent déjà de la plupart des compétences nécessaires pour se réorienter vers ces énergies, selon l'AIE. Par exemple, les ingénieurs pétroliers et gazières peuvent appliquer leur savoir-faire à la géothermie comme l'interprétation sismique, le forage, la

cartographie des réservoirs ou encore l'assurance du débit. Malgré des salaires plus attractifs et en augmentation dans le fossile, les ingénieurs se tournent d'ailleurs dès à présent vers les renouvelables.

## Un secteur à soutenir

Comme le secteur de l'énergie est à haute qualification, sa transition doit être accompagnée. En effet, aujourd'hui 45 % des travailleurs ont un poste à fortes compétences, contre 25 % dans le reste de l'économie. Sur les nouveaux postes créés, 60 % nécessitent des études de second degré. Avec la pandémie, les gouvernements ont investi 710 milliards de dollars dans les renouvelables, espérant une reprise "durable". « L'énergie a été parmi les plus rapides industries à évoluer ces cinq dernières années », avance l'AIE dans son rapport. Entre 2019 et 2021, 1,3 million d'emplois ont ainsi été créés. Et ils pourraient encore augmenter de 6 % en 2022, selon les analystes, en grande majorité dans les renouvelables. ●

## Les femmes sous-représentées dans le secteur de l'énergie

Alors qu'elles représentent 39 % des travailleuses mondiales, les femmes n'occupent que 16 % des emplois du secteur de l'énergie. Et, comme sur le marché du travail classique, elles bénéficient de moins d'un cinquième des postes de gouvernance. Des filières sont toutefois plus progressistes que d'autres. Chez les fournisseurs d'électricité, 20 % des postes de management sont occupés par des femmes, contre respectivement 8 et 9 % dans le nucléaire et l'industrie charbonnière. Les start-up sont pour l'instant les plus avancées sur le sujet, même si elles restent, elles aussi, loin de la parité.

Léa Surmaire

# Comment développer le bioGNV en milieu agricole ?

La plupart des méthaniseurs sont installés en milieu agricole. Le méthane produit, renouvelable, peut être valorisé en bio-carburant et vendu en circuit court. Analyse de l'Ademe sur le potentiel de la filière et les actions nécessaires à son accélération.

La production de bioGNV est vouée à augmenter. La programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) ambitionne un passage de 2% de poids lourds neufs roulant au GNV en 2018 à 20% à l'horizon 2028. Pour accélérer son développement en milieu agricole où se concentrent la majorité des méthaniseurs, les ingénieurs de l'Ademe ont mené une étude, publiée en septembre 2022, sur l'état de la filière, ses potentialités et les pistes d'accompagnement des pouvoirs publics. D'une centaine de méthaniseurs raccordés au réseau de gaz naturel en 2019, ce chiffre dépasse ce jour les 450 selon les données de l'Open data réseau énergie (Odré). Pour l'instant, seulement 5% de cette production de biométhane injecté est utilisée en tant que carburant bioGNC. Ce pourcentage devrait croître. Comme les premières unités de méthanisation arriveront au terme de leur contrat d'achat en 2027 (tarif d'achat garanti pour 15 ans), la vente de gaz deviendra moins rentable. Une alternative consiste donc à transformer le gaz en bioGNV. Cette solution est d'autant plus envisageable que le nombre de véhicules roulant au GNV et de stations services le distribuant devraient croître.

## Rentabilité du bioGNC agricole

Dans son étude, l'Ademe analyse la rentabilité de trois types d'installations. Les seules à être rentables sont les stations GNC raccordées au réseau de gaz (de loin les plus nombreuses), à condition que le prix de revient du carburant soit inférieur au prix de vente. Il faut donc que les porteurs de projets dimensionnent au mieux leurs équipements aux consommations potentielles. Lorsqu'une station n'est pas raccordée,



le GNC est moins compétitif que l'ensemble des autres carburants car il ne bénéficie pas des tarifs d'achat de l'injection. De plus, il n'est pas commercialisable et doit être autoconsommé. Seules des subventions couplées à des prix d'hydrocarbures élevés pourraient justifier de telles installations. C'est aussi le cas pour les stations associées à une méthanisation en cogénération. En parallèle, les ingénieurs ont réalisé le même calcul avec différents types de véhicules sur une durée de dix ans (investissement et exploitation). Selon leurs chiffres de mai 2021, seuls les véhicules légers bénéficient d'un retour sur investissement positif. Le surcoût pour les tracteurs agricoles reste d'ailleurs très important (40%) à cause d'un développement encore trop récent. Il peut tomber à 29% en prenant en compte les subventions ou la possible suppression de la taxe intérieure de consommation sur les produits énergétiques (TICPE).

## Accélérer le développement de la filière

Pour permettre le développement de la filière, des aides des pouvoirs publics sont donc indispensables. Selon l'Ademe, l'État devrait financer deux types d'aides à l'investissement. Les unes, destinées à l'équipement des stations bioGNV, permettraient d'augmenter l'attractivité du prix de vente

à la pompe. Les autres, réservées à l'achat de véhicules, inciteraient les transporteurs à acquérir les véhicules GNC. Aussi, la mise en place d'un prix de vente compétitif fixé et d'un complément de rémunération pour les exploitants des stations permettrait de soutenir leur modèle économique. Dans ce cadre, les collectivités territoriales ont un rôle à jouer. Elles devraient accompagner la naissance d'écosystèmes de production-distribution-consommation pour mettre en relation les différents acteurs de la filière. En effet, étudier et maximiser le nombre de véhicules approvisionnés dans une station est primordial avant sa construction. Ce coût d'analyse s'élève entre 3 000 et 5 000 euros. L'Ademe propose une prise en charge pour garantir la rentabilité des nouvelles stations. Pour l'agence, il est aussi important d'accompagner la filière sur le plan R&D (développement et industrialisation de tracteurs agricoles, mise en place d'une filière rétrofit, etc.) et sur le plan réglementaire (rehaussement de la pression de service, modification du règlement R110). Enfin, les auteurs du rapport préconisent une évolution de la législation permettant à tous les contrats cogénération et biométhane une double valorisation et la vente de bioGNC produit à des tiers. ●

Léa Surmaire



## 566 panneaux sur le toit de LivingPackets

**L**a start-up spécialisée dans les solutions d'emballages réutilisables LivingPackets vient d'installer 566 panneaux photovoltaïques sur le toit de son bâtiment de Sainte-Luce-sur-Loire. Avant leur installation par la société Solewa, l'entreprise consommait 178 MW par an pour ses espaces de bureau, de production, ses zones de test et ses espaces communs. Désormais, l'entrepôt produit environ 258,3 MWh/an. Il est équipé de batteries de stockage de l'électricité qui le rend autonome et lui permet de revendre le surplus produit. De plus, la start-up a conçu ses locaux afin qu'ils consomment le moins possible : ils sont ouverts vers l'extérieur sur deux faces pour capter la lumière naturelle et être plus sobre en été comme hiver. ●

hellio

# Décarbomez vos activités et maîtrisez votre énergie

Hellio et son bureau d'études intégré vous accompagnent étape par étape dans la définition, le déploiement et le suivi d'une stratégie de décarbonation efficace et durable.

- ✓ **Expertise**  
en efficacité énergétique  
et en décarbonation
- ✓ **Financement**  
des investissements  
liés à la décarbonation



[contact@hellio.com](mailto:contact@hellio.com)  
[hellio.com](http://hellio.com)

**Votre  
énergie  
a de l'impact**  
hellio



## Les adolescents peu incités à se déplacer à vélo

L'Ademe vient de publier à l'occasion de la Semaine de la mobilité la première étude nationale sur la mobilité cyclable des collégiens et lycéens. Ils représentent 5,7 millions d'élèves, soit 8,5% de la population française. L'objectif de cette étude, menée grâce à des entretiens avec des instances territoriales et des acteurs associatifs, est de mieux connaître l'utilisation du vélo dans cette catégorie d'âge, d'identifier les bonnes pratiques en France et à l'étranger et de proposer des recommandations pour faire émerger ce mode de déplacement chez les jeunes. Ce travail montre notamment que la mobilité cyclable a été moins accompagnée et soutenue dans le secondaire qu'en primaire. L'étude met également en évidence une disparité importante de la pratique entre les garçons et les filles : la représentation du vélo comme sportif freine son utilisation par les adolescentes. Autre enseignement, les jeunes peuvent être très vite influencés dans la pratique ou non du vélo. L'implication d'une seule personne sur cette thématique, que ce soit dans les collèges, lycées ou les instances territoriales, a amorcé une dynamique rapide en faveur de ce mode de déplacement. Enfin, il existe une diversité importante entre les établissements scolaires en fonction des lieux où ils sont implantés, rappelant la nécessité d'adapter à chaque type de territoire des solutions pour développer la mobilité cyclable. Ces enseignements ont permis à l'Ademe de formuler 21 recommandations organisées en cinq thématiques. Parmi celles-ci, l'agence propose de sécuriser l'accès des établissements par des infrastructures cyclables et de limiter le trafic automobile près des collèges et lycées. Elle préconise aussi de mieux les équiper, notamment en créant des stationnements sécurisés et des stations de gonflage et de réparation. Elle estime également nécessaire d'aider les adolescents à s'équiper d'un vélo en bon état et de leur apprendre à s'en servir et à l'entretenir. Enfin, l'Ademe suggère d'identifier et former un référent écomobilité dans chaque établissement et un référent mobilité cyclable coordonnant les différentes actions au sein des départements et des régions. En outre, l'agence recommande de déployer des plans de déplacements des établissements scolaires (PDES).

## BMW lance sa production de piles à combustible



À Munich, BMW vient d'entamer la production de la pile à combustible qui équipera les premières séries de son SUV iX5 hydrogène. Développée en partenariat avec Toyota, elle offre 125 kW de puissance. Associée à un moteur électrique de 275 kW (374 ch), cette pile est alimentée par deux réservoirs stockant 6 kilogrammes d'hydrogène à 700 bars. Son autonomie est estimée à 500 kilomètres. Le constructeur bavarois mettra en circulation ce modèle d'ici la fin de l'année afin de mener une phase de test et de démonstration avant une production en grande série qui pourrait débuter à partir de 2025.

## Cathay Pacific déploie un programme de compensation carbone pour le fret aérien

Cathay Pacific étend « Fly Greener » à ses services de fret aérien. Ce programme calcule les émissions de CO<sub>2</sub> des expéditions et le coût de leur compensation en quelques étapes simples. Les clients peuvent ensuite acheter des compensations carbone pour soutenir les projets sélectionnés. Ceux-ci sont certifiés Gold Standard, ce qui garantit que les réductions de CO<sub>2</sub> sont vérifiées et qu'elles s'accompagnent d'avantages sociétaux et de développement. « Fly Greener » fait suite au lancement de l'initiative Corporate Sustainable Aviation Fuel (SAF). Cette dernière a introduit le carburant aérien durable au sein de l'Aéroport International de Hong Kong pour la première fois.





Le transport maritime est alimenté au fioul lourd depuis des décennies. Cependant, des règles plus restrictives concernant les émissions de gaz à effet de serre vont progressivement s'appliquer. La filière devra donc économiser du carburant et basculer sur des motorisations alternatives. Mais cette transition complexifie l'ensemble de son écosystème.

# Transport maritime : une décarbonation au cas par cas

**D**ès le 1<sup>er</sup> janvier 2023, le transport maritime va devoir se verdier. Responsable de 3 % des émissions anthropiques mondiales de CO<sub>2</sub>, il est contraint de s'adapter à de nouvelles réglementations plus ambitieuses concernant ses rejets. C'est à cette échéance que deux instruments entérinés par l'Organisation maritime internationale (OMI) entrent en vigueur : l'EEXI (Indice d'efficacité énergétique des navires existants) et le CII (Indicateur d'intensité carbone). Le premier s'applique à toute la flotte existante et a pour ambition de réduire les émissions de CO<sub>2</sub>. Son idée est de fixer un cadre objectif de performance

pour chaque type de navire en établissant un niveau d'émission de CO<sub>2</sub> moyen. Pour cela, l'EEXI se base sur la puissance moteur, le type de combustible brûlé et son facteur de conversion en CO<sub>2</sub>. Ce niveau d'émission est ensuite divisé par la capacité de transport, qui correspond au tonnage du navire. Si un navire émet plus qu'attendu, son propriétaire devra mettre en place des mesures pour le faire passer sous le seuil maximal en baissant ses consommations ou en augmentant ses capacités de transport. Quant au CII, il portera sur la consommation réelle des navires. Il entend classer la flotte mondiale avec une notation qui s'échelonne de A à E.

Afin de parvenir à une réduction globale des émissions de GES des navires, l'OMI souhaite également instaurer plusieurs mécanismes : une mesure fondée sur le marché de type taxe ou marché carbone, une réglementation relative au cycle de vie des carburants et une autre pour inciter à l'utilisation des carburants renouvelables et bas carbone. « *La stratégie adoptée par l'OMI en 2018 vise à diviser par deux les émissions de GES du secteur d'ici à 2050 par rapport à 2008* », précise Frédéric Moncany de Saint-Aignan, président du Cluster Maritime Français (CMF) qui regroupe 460 acteurs de l'économie maritime. On se dirige donc vers un système de plus en plus contraignant ►

► qui pourrait conduire à l'arrêt d'un certain nombre de navires. La société de classification American Bureau of Shipping estime que 85 % des pétroliers et des vraquiers existants auront des difficultés à respecter l'EEXI, ce qui représente plus de 18 000 unités. D'autant plus qu'en Europe, les règles seront encore plus dures. Une ambition présente dans le paquet législatif Fit for 55. « L'UE va notamment adopter un cadre pour mettre un prix sur le carbone émis par le transport maritime, en l'intégrant progressivement au système ETS d'ici 2026 », précise Fanny Pointet, responsable transport durable pour l'ONG Transport & Environment (T&E). Elle va aussi entériner un règlement baptisé Fuel EU Maritime qui vise à faciliter l'accès aux carburants alternatifs. La filière doit donc faire sa transition, et vite. En premier lieu, elle doit travailler sur l'efficacité énergétique de ses embarcations. « Elle peut les alléger, optimiser leurs routes de navigations, réduire leur vitesse », avance Frédéric Moncany de Saint-Aignan. Le volume de CO<sub>2</sub> émis par tonne de marchandise par kilomètre a déjà été réduit de 20 à 30 % entre 2008 et 2019 grâce à la modernisation des navires. Puis elle devra se pencher sur des motorisations alternatives qui nécessiteront des ruptures technologiques plus importantes.

◀ Energy Observer travaille sur un cargo polyvalent de 120 m propulsé par de l'H<sub>2</sub> liquide.



► Zéphyr & Borée a remporté un appel d'offres pour construire entre dix et douze navires à voiles qui vogueront sur deux lignes transatlantiques.

« Le problème, c'est que les constructeurs ont bien du mal à connaître le mode de propulsion le plus adapté. Chaque type de navire aura sa propre technologie contrairement à aujourd'hui où tous fonctionnent au fioul. Sur des trajets courts, on peut imaginer de l'électrique sur batteries. Sur des trajets très longs, du GNL, e-methane, e-methanol, de l'hydrogène ou de l'assistance vélique. Une hybridation entre ces technologies est aussi possible », estime le président du CMF. Cela complexifiera les infrastructures portuaires, en y faisant cohabiter différents carburants et dispositifs de stockage. La réglementation et la formation des personnels, en particulier concernant la sécurité, devront être adaptées. Pour échanger autour de ces thématiques, CMF vient de créer un Institut pour la Transition écologique et énergétique du Maritime (T2EM).

### GNL : une fausse bonne idée ?

La conversion du diesel au gaz naturel liquéfié (GNL) offrirait une amélioration de 25 % de l'EEXI. La compagnie d'affrètement CMA CGM mise en particulier sur ce carburant. Selon elle, « le GNL est la meilleure solution actuellement disponible pour réduire l'impact environnemental du transport maritime.

[1] a un impact très positif sur la qualité de l'air : suppression de 91 % des émissions de particules fines, de 99 % des émissions d'oxydes de soufre (allant au-delà des réglementations internationales en vigueur) et de 92 % des émissions d'oxydes d'azote. Ce combustible présente [...] une première étape dans la réduction des émissions de GES, par rapport au VLSFO (Very low sulphur fuel oil) utilisé majoritairement par l'industrie du transport maritime pour réduire les émissions d'oxydes de soufre ». Elle chiffre cette réduction à 20 % par rapport à un navire classique. Cette argumentation est réfutée par l'ONG Transport & Environment (T&E). Dans une enquête, l'association démontre que ces bateaux libèrent d'importantes quantités de méthane (CH<sub>4</sub>) dans l'atmosphère. À l'aide d'une caméra infrarouge dotée d'un filtre spécial permettant de détecter les gaz d'hydrocarbures, elle a filmé des navires dans le port de Rotterdam. Les images du « Louvre », opéré par la CMA CGM, établissent des émissions d'hydrocarbures non brûlés libérées dans l'atmosphère par les trois cheminées d'échappement. Les enregistrements de l'« Éco-Delta » ont confirmé ce problème. Or, le CH<sub>4</sub> a un potentiel de réchauffement global (PRG) 27 fois



supérieur à celui du CO<sub>2</sub>. De plus, la majorité est extrait du sous-sol américain grâce à la fracturation hydraulique, un procédé très controversé. Malgré les doutes qui pèsent sur la pertinence de ce combustible, la filière s'équipe massivement. Une étude récente de T&E montre que plus de deux tiers des nouveaux navires pourraient être propulsés au GNL en 2025. Cela ferait passer la part du GNL fossile dans les carburants maritimes en Europe de 6 % à près d'un quart à l'horizon 2030.

### Miser sur l'électrolyse

L'hydrogène (H<sub>2</sub>) est potentiellement attrayant puisqu'il n'émet pas de CO<sub>2</sub>, ni d'oxyde de soufre (SO<sub>x</sub>) et rejette des quantités négligeables d'oxyde d'azote (NO<sub>x</sub>). Mais il doit être produit par électrolyse de l'eau pour garder cet avantage écologique. Cette molécule peut être utilisée de plusieurs manières : dans des piles à combustible ; en mélange avec du diesel conventionnel (HFO) ; et enfin en remplacement du HFO pour une utilisation directe sous forme liquide dans les moteurs. Il peut aussi servir à fabriquer des e-carburants : e-méthane, e-méthanol ou ammoniac synthétique. Une évaluation récente <sup>(1)</sup> a indiqué que l'H<sub>2</sub> produit à partir d'hydroélectricité

génère dix fois moins d'émissions de CO<sub>2</sub> que le HFO sur l'ensemble du cycle de vie. Utilisé en mélange avec du HFO (50% du carburant total), il peut aussi réduire les émissions jusqu'à 43 % par tonne-kilomètre. Cela montre que lorsque les carburants marins conventionnels sont partiellement remplacés par ce gaz, une réduction significative des émissions de CO<sub>2</sub> et d'autres GES est tout de même possible. Energy Observer travaille actuellement sur un cargo polyvalent de 120 m propulsé par de l'H<sub>2</sub> liquide. L'entreprise doit pour cela relever un défi de taille. En effet, 1 kg de ce combustible équivaut, en énergie, à 3 kg de pétrole. Il requiert donc un volume 4,3 fois plus important que le diesel maritime pour être stocké, faisant perdre de la place pour le transport des marchandises. Il faudra donc compenser ce handicap en optimisant les paramètres de consommation, de poids, d'hydrodynamique, de rendement de la propulsion, etc. Pour baisser sa consommation, le cargo sera équipé de quatre ailes de propulsion véliques, déjà installées à bord du premier navire Energy Observer, d'une surface totale de 1 450 m<sup>2</sup>. L'économie oscillera de 15 à 30 % suivant l'angle et la force du vent. Alors qu'il subsiste des progrès techniques importants

à réaliser avant la mise à l'eau de navires à hydrogène, un point reste à éclaircir : y aura-t-il assez d'hydrogène vert disponible pour décarboner l'ensemble de la filière ? « Beaucoup misent sur cette filière pour décarboner le transport mondial, mais il faut avoir à l'esprit qu'il faudrait installer un million et demi d'éoliennes pour produire assez d'H<sub>2</sub> par électrolyse pour les seuls besoins de transport maritime. On n'y arrivera pas car on aura aussi besoin d'électricité renouvelable pour d'autres usages », alerte Nils Joyeux, président et fondateur de Zéphyr & Borée. À l'inverse, pour l'ONG T&E, ce serait possible. « Nous avons fait des calculs qui montrent que c'est tout à fait réalisable en Europe, qui prévoit de disposer de 20Mt d'hydrogène renouvelable en 2030. D'après notre étude du potentiel de déploiement des carburants hydrogène dans le maritime d'ici 2030, le transport maritime demanderait moins d'1Mt. », indique Delphine Gozillon, chargée du transport maritime durable chez T&E à Bruxelles.

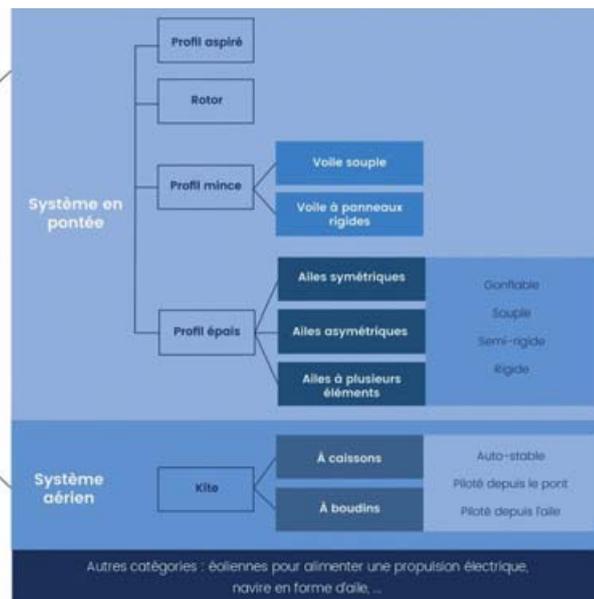
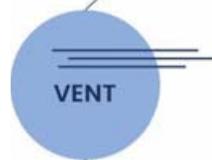
### Le retour des voiles

Pour mettre en œuvre une transition rapide sans rupture technologique onéreuse et incertaine, le retour des voiles est également utilisé. Quinze navires de charge sont déjà équipés

↳ *Le Canopée transportera vers la Guyane les éléments de la fusée Ariane.*

► dans le monde. Un éventail très large de technologies est envisageable (voir illustration). « Les voiles sont déployées en complément de moteurs classiques. Mais leur efficacité dépend de la vitesse voulue. Aujourd'hui, les bateaux vont en moyenne à 16 nœuds. C'est trop rapide pour tirer pleinement partie de l'énergie apportée par les voiles. À l'inverse, à 7 nœuds — ce qui est une vitesse faible pour un cargo — on peut quasi avancer qu'à la force du vent. Il faut donc trouver un juste milieu et que les transporteurs consentent à diminuer la vitesse de leur flotte de manière à ce que la propulsion par le vent apporte une part substantielle de l'énergie utilisée pour le transport », détaille Nils Joyeux. Et certains commencent à y consentir. Ariane group a décidé de confier le transport des éléments de sa fusée Ariane 6 à Zéphyr & Borée. L'entreprise créée en 2017 s'est associée sur ce projet à Jifmar et doit lancer d'ici la fin de l'année le « Canopée » qui est actuellement construit en Pologne par le chantier Neptune Shipyard. Dessiné par le bureau d'étude VPLP design, ce cargo de 121 mètres est équipé de quatre ailes articulées de 363 m<sup>2</sup> développées par Ayro. En complément de ses voiles, il embarque des moteurs diesel IMO Tiers III<sup>(2)</sup> afin de réduire ses émissions de polluants. En fonction de la vitesse désirée et de la saison (plus ou moins de vents), la part de la propulsion

vélique variera de 15 % à 40 %. Son premier voyage ralliera l'année prochaine le port de Pariacabo, près de Kourou en Guyane, via les ports de Brème, Rotterdam, Le Havre et Bordeaux afin de récupérer les différentes parties du lanceur européen. Outre ce projet hors norme, Zéphyr & Borée a remporté cet été un appel d'offres pour construire entre dix et douze navires dotés de voiles qui vogueront sur deux lignes transatlantiques pour le compte d'un groupement d'entreprises<sup>(3)</sup>. D'ici 2024, deux rotations hebdomadaires auront lieu entre l'Europe et l'Amérique du Nord à une vitesse de 11 nœuds. Chaque bateau transportera 600 conteneurs. Les navires à assistance vélique pourraient bien se développer à l'avenir, d'une part parce qu'il est possible d'ajouter des mâts sur des cargos classiques déjà en fonctionnement, d'autre part car leur coût peut être maîtrisé. « Schématiquement, on peut considérer qu'un cargo à voile coûte environ



Source : WindShip

► Pour propulser des cargos grâce à la force du vent, un éventail très large de technologies est disponible.

20% plus cher à construire qu'un cargo conventionnel, mais il fait des économies de fioul. Au prix actuel du carburant, elles permettent de compenser le surcoût financier de la construction », souligne Nils Joyeux. Selon une étude publiée cet été par T&E<sup>(4)</sup>, le coût de la transition est négligeable et le prix des marchandises transportées ne devrait pas être trop impacté : l'ONG a calculé qu'après la mise en place des règles européennes, une paire de baskets fabriquées en Chine et expédiées vers l'Europe ne vaudra que 8 centimes d'euros de plus... Cela devrait inciter les transporteurs à accélérer leur transition, sinon la situation deviendra encore plus intenable. Pour rappel, les émissions de GES de la filière ont déjà augmenté de 30% depuis 1990 à cause de la hausse du commerce mondial. ●

Olivier Mary



◀ Les cargos à voile de Zéphyr & Borée pourront transporter 600 conteneurs.

(1) Bicer, Y., et al (2018), "Clean fuel options with hydrogen for sea transportation: A life cycle approach", International Journal of Hydrogen Energy, Vol 42, pp.1179-1193.

(2) La norme IMO Tiers III, entérinée par l'OMI en 2013, abaisse d'environ 75 % les émissions de NO<sub>x</sub> des navires.

(3) Groupe Avril, Bontaz, Coty, Gerflor, Groupe l'Occitane, Groupe Rocher, La Fourmée Dorée, Massilly, Michelin, Moët Hennessy, Nestlé waters, Rémy Cointreau

(4) Cost of clean shipping is negligible, Case study for 6% green e-fuels and stringent ETS

# L'hydrogène pour décarboner le transport lourd routier

**Pour réduire l'impact du transport routier de marchandises et de voyageurs, l'hydrogène apparaît comme pertinent. Dans son étude Tranplhyn, l'Ademe a évalué cette solution d'un point de vue énergétique, économique et environnemental.**

**A** lors que les émissions nationales de gaz à effet de serre ont baissé de 20% ces trois dernières décennies, celles des transports ont au contraire progressé de près de 10%. En 2019, elles représentaient 136 Mt CO<sub>2</sub>, soit un tiers de l'inventaire national de GES. Les transports routiers contribuent à la quasi-totalité (94%) des émissions du secteur. Pour diminuer l'impact de ce dernier, des filières énergétiques alternatives aux carburants fossiles se sont développées, en particulier l'électricité. Si cette solution peut convenir pour des véhicules légers, elle apparaît moins adaptée pour des modèles lourds (camions, bus, autocars, etc.) où la taille et la masse des batteries peuvent rapidement excéder plusieurs tonnes. L'hydrogène apparaît donc comme une réponse plus efficace pour ce type de véhicules.

Afin d'évaluer et de comparer la pertinence énergétique, économique et environnementale de l'hydrogène pour la mobilité routière, l'Ademe a mené une étude\*, qui s'inscrit également dans la stratégie française pour le développement de la filière. Deux modes d'utilisation possible de l'hydrogène – pile à combustible (PAC) et combustion dans un moteur thermique – ainsi que quatre types de véhicules (poids lourd 44 tonnes, bus articulé, autocar régional et pelle sur chenilles) ont été étudiés. « Ces engins consomment de grandes quantités d'énergie et requièrent souvent des temps de ravitaillement rapides et des besoins difficiles à satisfaire avec un véhicule électrique à batterie », précise l'Ademe.

## Consommation, coût et émissions

Effectuée sur différents cycles d'usage avec des variations paramétriques, l'évaluation de la consommation de combustible a montré que les véhicules équipés d'une PAC sont plus économes en énergie. En moyenne, un poids lourd à PAC utilisé consomme 20% à

30% de moins que son équivalent équipé d'un moteur à combustion d'hydrogène. L'écart peut même atteindre 50% dans le cas de certains bus articulés et autocars qui bénéficient de la récupération d'énergie lors des décélérations et des freinages. Du point de vue économique, le passage à l'hydrogène entraîne une multiplication du coût total de possession du véhicule par un facteur 1,5 à 3 par rapport à la configuration Diesel de référence. Utilisé pour cette évaluation, l'indicateur TCO (Total Cost of Ownership) qui agrège les différents postes de coûts, donne toutefois un léger avantage à la motorisation thermique à hydrogène. Celle-ci serait 10 à 20% moins chère que la PAC, le coût élevé d'investissement n'étant pas compensé par la baisse de la consommation de combustible. « Les principales voies de réduction avec la configuration Diesel sont la baisse du prix de l'hydrogène et de la PAC, tandis que l'amélioration des rendements du moteur thermique et de la PAC semblent avoir un effet limité sur le TCO », précise l'étude. Enfin, sur le volet environnemental, l'analyse du cycle de vie (ACV) et la comparaison des émissions de GES ont été réalisées

pour seulement deux types de véhicules à hydrogène : le poids lourd et le bus articulé. Sur l'ensemble du cycle de vie, les solutions à hydrogène bénéficient de réelles réductions d'émissions de GES par rapport aux solutions Diesel. Avec de l'hydrogène bas carbone, c'est-à-dire produit par électrolyse à partir d'électricité provenant du mix électrique français, les émissions sont réduites de plus de la moitié. La production d'hydrogène représentant la majeure partie des émissions de GES sur leur cycle de vie, cela favorise les véhicules à PAC, qui présentent de plus faibles consommations d'hydrogène que les véhicules thermiques. L'utilisation d'hydrogène renouvelable (électrolyse à partir d'électricité renouvelable) réduit encore de moitié environ les émissions de GES du poids lourd et du bus. L'hydrogène, notamment dans sa version PAC, apporterait donc un réel intérêt pour participer à la décarbonation du transport lourd routier, responsable de 22% des émissions du secteur routier. Toutefois, « les aides à l'achat proposées aujourd'hui apparaissent bien en deçà de l'effort d'investissement que requiert le passage à un véhicule à pile à combustible actuellement », a tenu à rappeler l'Ademe. ●

Clément Cygler

\* « Tranplhyn », Transports lourds fonctionnant à l'hydrogène

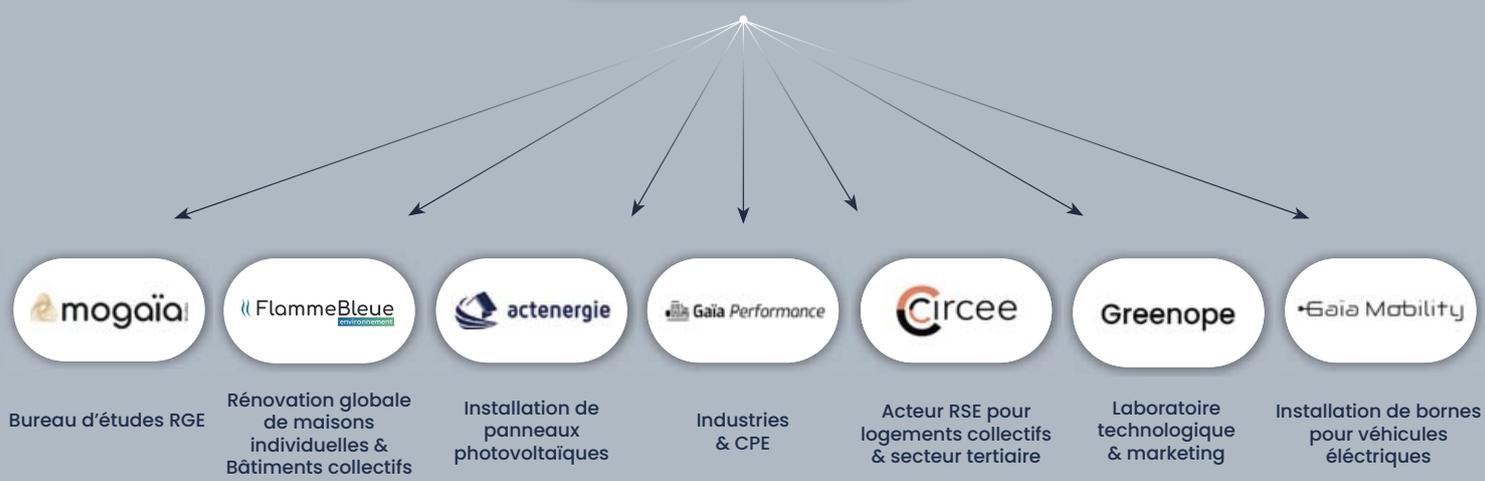




# Groupe de services spécialisés dans la sobriété énergétique et les énergies renouvelables

Pour répondre à la demande croissante de nos clients, de plus en plus complexe dans l'optimisation des gisements d'économies d'énergie et des énergies renouvelables, nous proposons une offre clé en main intégrant l'ensemble de la chaîne de valeur avec un interlocuteur unique.

[certigaia-group.com](http://certigaia-group.com)

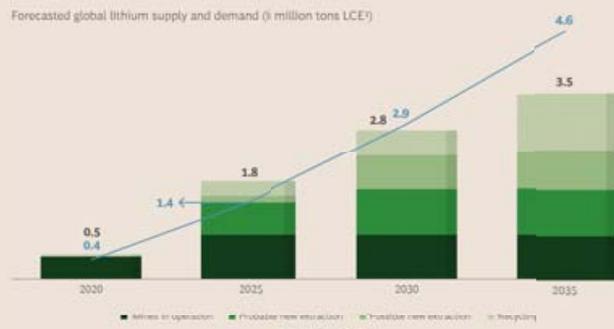


## Terra Nea, un nouveau fonds régional pour la transition

Le Conseil régional de Provence-Alpes-Côte d'Azur a lancé Terra Nea, un fonds en faveur des énergies renouvelables et de la transition écologique. Il ciblera prioritairement des projets d'infrastructure dits "greenfield" et pourra également financer de manière secondaire des PME et des ETI répondant aux enjeux de la transition environnementale. Plusieurs filières stratégiques sont visées : la production d'EnR ; la gestion, le stockage et la distribution de l'énergie ; l'efficacité énergétique ; la mobilité et les réseaux intelligents ;

la décarbonation de l'industrie et l'économie circulaire. « Les enjeux transversaux en matière de décarbonation, d'adaptabilité du territoire et de relocalisation industrielle seront des principes qui présideront aux orientations du fonds », a précisé la Région. Mis en œuvre et géré par Andera Partners, celui-ci est doté de 17 millions d'euros par le Conseil régional. Grâce à la participation d'autres investisseurs, notamment régionaux, la Région Paca espère atteindre à terme les 100 millions d'euros.

## Une pénurie de lithium se dessine



Selon un rapport de Boston Consulting Group (BCG), une pénurie de lithium se dessine à partir de 2030. Déjà, le prix de ce métal a plus que décuplé en vingt ans. L'essor des véhicules électriques, qui représenteront 59% des ventes mondiales en 2035 selon les projections du BCG, sera en grande partie responsable des tensions sur cette ressource. Celle-ci, indispensable pour fabriquer les batteries des véhicules électriques, devrait être suffisante pour répondre à la demande jusqu'en 2025 environ, voire 2030 en développant le recyclage. Mais au-delà de cette date, il faudra s'attendre à des pénuries chroniques susceptibles de retarder la transition énergétique. L'offre de lithium en 2030 devrait être inférieure d'environ 4%

à la demande projetée et de 24% cinq ans plus tard. Ce déficit pourrait être amplifié car la capacité de raffinage du minéral est fortement concentrée dans une poignée de pays. Le Chili exporte 66% de l'approvisionnement en carbonate de lithium tandis que la Chine représente plus de 50% des exportations d'hydroxyde de lithium. Des perturbations majeures, causées des événements géopolitiques, des catastrophes naturelles ou une autre pandémie, pourraient mettre en péril l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement des batteries. Pour éviter ce problème, BCG propose de développer les capacités de transformation dans les pays d'extraction et de garantir des revenus équitables aux parties prenantes des pays de production.

## Sobriété énergétique : lancement du groupe de travail « Industrie »

Dans le cadre du plan de « sobriété énergétique », le groupe de travail « Industrie » s'est réuni le 7 septembre dernier pour la première fois. Représentants de l'industrie, organisations syndicales, comités stratégiques de filières, fournisseurs d'énergie et porteurs d'innovation industrielle ont échangé sur leurs premières réflexions. Les pistes évoquées par le groupe de travail « Entreprises et organisation du travail » – mesure, suivi et pilotage de la consommation, gestion de l'éclairage et du chauffage – ont par exemple été partagées dans la perspective de diffuser les bonnes pratiques parmi les industriels. Différents projets et démarches ont également été présentés comme « IDécarbène ». Cette initiative vise à référencer des solutions de décarbonation et à mettre en relation les professionnels et les entreprises souhaitant réduire les rejets de GES sur leurs sites. La première rencontre nationale entre les porteurs de solutions et les industriels est prévue le 10 octobre 2022.

## Un partenariat pour accompagner la création de la gigafactory de Carbon

Carbon annonce un partenariat technologique et industriel avec le groupe ECM, spécialisé dans la production de cellules et modules photovoltaïques. ECM apportera son expertise, notamment dans le déploiement des lignes de production automatisées de lingots, wafers et cellules. Carbon ambitionne en effet de produire et de commercialiser des cellules et modules photovoltaïques grâce à la construction en France d'une gigafactory d'une capacité de 5 GW dès 2025, puis plus de 20 GW à partir de 2030. Cela permettra de créer plus de 10 000 emplois d'ici la fin de cette décennie.



# Un verre de bouteille en voie de décarbonation

**D'ici 2030, Verallia vise à réduire de 46 % ses émissions de CO<sub>2</sub>. Un objectif ambitieux et cohérent pour s'inscrire dans une trajectoire de limitation du changement climatique à 1,5°C. Trois grands axes de travail sont étudiés, notamment la fusion électrique.**

**R**esponsable de l'émission de près de 3 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> par an, la filière du verre doit renforcer ses efforts de décarbonation pour tendre vers une croissance durable. Certains industriels l'ont déjà compris, à l'image de Verallia, leader européen de l'emballage en verre. Après avoir dévoilé sa stratégie « *Réimaginer le verre pour construire un avenir durable* » en octobre 2020, l'entreprise s'est fixée une série d'engagements ambitieux mais cohérents au regard du scénario référentiel du Groupe d'experts intergouvernemental sur

l'évolution du climat (Giec). « *Début 2021, un premier niveau d'exigences a été ciblé, avec un objectif de réduction de CO<sub>2</sub> nous permettant de se placer sur la trajectoire de limitation du réchauffement climatique à 2°C* », retrace Romain Barral, directeur des opérations de Verallia. Cela signifiait une diminution des émissions des Scope 1 et 2\* de 27,5 % en 2030 par rapport à 2019. Pour y parvenir, Verallia a articulé sa stratégie autour de trois grands axes. Le premier porte sur la modification du mix de matières premières, notamment l'augmentation de la part de verre recyclé. Le deuxième axe se focalise sur la réduction de la consommation d'énergie, avec l'optimisation de la conduite du four et l'élimination des pertes du process verrier. « *Verallia a ainsi participé au projet du four du futur, porté par la Fédération européenne du verre d'emballage (Feve) et réunissant 27 verriers européens dans l'optique*

*de développer un four hybride* », précise Romain Barral. Enfin, un travail sur les sources d'énergie a été entrepris pour obtenir le maximum d'électricité bas carbone.

## De 27,5 % à 46 %

Alors que Verallia évaluait le potentiel des pistes de réduction possible, est sorti en parallèle le 6<sup>e</sup> rapport du Giec en août 2021. Ce dernier indiquait que la limite des 2°C serait encore insuffisante et qu'il fallait viser plus haut. Une révision des engagements a été actée et a conduit à rehausser l'objectif de 27,5 % à 46 % de réduction de CO<sub>2</sub> en 2030 pour s'inscrire dans une trajectoire de limitation du changement climatique à 1,5°C. De nouveaux engagements élevés qui ont été en outre validés par Science Based Targets (SBTi) en mars 2022. Cette initiative, pilotée par Carbon Disclosure Project (CDP) et Global Compact des Nations Unies, vise à encourager les entreprises à définir des cibles de réduction en cohérence avec les préconisations scientifiques. Verallia serait même le premier producteur d'emballages en verre à suivre la projection la plus exigeante. Pour atteindre un tel niveau, le groupe mise en particulier sur l'électrification de ses fours, l'essentiel des émissions provenant de l'étape de fusion du verre. Après avoir fait des pré-études en interne, un partenariat stratégique a été signé fin juillet avec Fives, un groupe international d'ingénierie industrielle pour un projet d'électrification d'une des deux lignes de production de son site de Cognac. Il consiste à la conception et la fourniture d'un four entièrement électrique d'une capacité de 150 tonnes métriques de verre par jour. L'enjeu ne représente pas une innovation majeure pour Fives qui fabrique déjà des fours



## DÎNER DÉBAT

### La nécessaire décarbonation de nos entreprises : les enjeux, les voies et les impacts

17 NOVEMBRE 2022 NANTES

#### PARTICIPER

Scannez le QR  
Code pour vous  
inscrire.



**Matthieu Auzanneau**  
Directeur  
The Shift Project



Contact : Carine FADAT  
c.fadateatee.fr - 0623376060



électriques permettant de fondre du verre pour le flaconnage cosmétique et pharmaceutique, la cristallerie et l'art de la table. Point commun de ces applications : les volumes de production sont plus modestes, utilisant de fait des fours plus petits. « Le défi porte avant tout sur un changement d'échelle de notre technologie de fusion électrique, déjà éprouvée pour des applications de verre de qualité. Nous pourrions aussi nous appuyer sur nos expériences dans la production de fibre de verre dont les capacités des fours électriques sont pour le coup plus importantes », indique Alexandre Brusset, directeur de Glass, Fives. La technologie de fusion à voûte froide Prium® E-Melt proposée diffère en outre des fours traditionnels par son process vertical. Ce dernier permet de mieux isoler le four et ainsi d'améliorer le bilan énergétique. Ce procédé de fusion électrique consommerait ainsi un tiers d'énergie finale de moins qu'un four à gaz classique. Au niveau des émissions de CO<sub>2</sub>,

seules resteraient celles provenant des matières premières carbonées. « Suivant le type de verre, la réduction d'émissions serait d'environ 50 à 60 % sur cette étape qui reste de loin la plus impactante », estime Romain Barral.

#### Électrique et hybride en 2024

Si ce projet se veut ambitieux, il l'est également par son calendrier. Un semestre environ d'études de conception, une construction de l'équipement en octobre 2023 pour une mise en service courant novembre. La pleine production ne débutera pas avant début 2024 afin de permettre une phase d'apprentissage indispensable pour former et faire monter en puissance les opérateurs. « Ce projet implique un changement de la conduite du four mais aussi de maintenance », note le responsable de l'entreprise, soulignant toutefois qu'« il n'y a pas d'évolution majeure dans le choix des matières premières ». Ce projet de fusion électrique n'a cependant pas fait oublier à Verallia

celui de four du futur. Malgré l'abandon du projet européen, le groupe français a souhaité poursuivre les recherches et espère même pouvoir lancer également en 2024 un four hybride de grande capacité. « On a besoin de plusieurs technologies pour pouvoir choisir celle à mettre en œuvre en fonction de différents critères comme les contraintes en termes d'espace ou le type de verre à produire », explique Romain Barral. Le four électrique est particulièrement adapté pour la fabrication de verre blanc, moins pour les verres colorés ce qui limiterait l'utilisation de verres recyclés. « Un autre critère est le mix énergétique disponible notamment dans le cas d'une usine à l'étranger. Le four électrique n'est un gain que si l'électricité est bas carbone ! », conclut-il. ●

Clément Cygler

\* Le scope 1 regroupe les émissions de GES directement liées au périmètre physique de l'usine. Le Scope 2 regroupe les émissions de GES liées aux consommations d'énergie nécessaires au fonctionnement de l'usine.

# Une piste pour valoriser le SF6

Le SF6 utilisé dans la filière électrique est un très puissant gaz à effet de serre. Si des alternatives sont recherchées, de grandes quantités sont toujours utilisées et restent présentes dans de nombreuses installations. Des scientifiques sont en train de mettre au point une méthode pour le valoriser.

Pour isoler ses transformateurs, condensateurs, interrupteurs ou disjoncteurs haute tension, la filière électrique utilise un gaz de synthèse : l'hexafluorure de soufre (SF6). Cette molécule mise au point en 1900 offre en effet de nombreux atouts. « Ce gaz a des propriétés assez uniques. Il est extrêmement dense, non inflammable, pas toxique pour l'Homme et assez inerte chimiquement. Il a également une caractéristique particulière très recherchée dans le secteur de l'énergie : il empêche la formation d'arcs électriques », explique Alexis Taponard, doctorant à l'Institut de chimie et biochimie moléculaires et supramoléculaires de l'Université Claude-Bernard Lyon 1 qui mène une thèse sur le sujet. Une simple couche de SF6 entre une installation électrique et l'extérieur permet donc de renforcer la sécurité. Toutefois, il a un énorme défaut. C'est un puissant gaz à effet de serre (GES) qui a un potentiel de réchauffement global (PRG) 24 000 fois supérieur au dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). De plus, il reste présent dans l'atmosphère pendant 3 200 ans. S'il ne compte pour l'instant que pour 0,1% à 0,2% du réchauffement global, sa courbe est inquiétante. Il a tendance à s'accumuler dans l'atmosphère depuis cinquante ans et avec l'augmentation de la demande en électricité, ce phénomène devrait s'aggraver. L'Union européenne impose déjà des restrictions sur l'utilisation du SF6 lorsqu'il est facilement substituable. Il n'est par exemple plus utilisé dans les fenêtres à double-vitrage. La réglementation pourrait encore se durcir à l'avenir. Si certains industriels comme Schneider Electric



➤ Utilisé notamment dans les transformateurs haute tension, le SF6, s'il procure de nombreux avantages, a un vrai inconvénient : c'est un puissant gaz à effet de serre.

tentent de le remplacer (voir Énergie Plus n°656), les quantités présentes dans les installations sont importantes. Des scientifiques essaient donc de le valoriser.

## Débouchés pharmaceutiques

Dès les années 90, des chercheurs ont tenté de dégrader le SF6 afin d'éviter qu'il soit rejeté dans l'atmosphère. « Toutefois, ce gaz est inerte, ce qui le rend difficile à dégrader. Et, les premières tentatives ont créé des produits toxiques pour l'Homme. On remplaçait un problème par un autre », raconte Alexis Taponard. Alors, depuis 2016, des scientifiques tentent de le valoriser. Trois grandes méthodes existent. Tout d'abord via l'utilisation de métaux de transition. Mais l'iridium est très onéreux, ce qui rend cette méthode peu viable. La deuxième technique repose sur l'électrochimie. La dernière s'appuie sur un donneur d'électrons organiques. Celui-ci est un ion formant le site donneur qui cède un électron à un autre atome. C'est cette troisième voie qui a été choisie par les chercheurs lyonnais\*. Ils ont développé une nouvelle stratégie d'activation des liaisons du SF6 dans des conditions douces. Ce procédé repose sur l'activation sous

lumière bleue de ce gaz par une amine. Il permet d'obtenir de nouveaux réactifs directement utilisables pour insérer du fluor ou des groupements fluorés (SF5) sur des molécules organiques. Ce fluor est extrêmement recherché, notamment dans la chimie pharmaceutique (20% des molécules possèdent un atome de fluor) et agrochimique (40%). Plutôt que de fournir ce fluor via des réactifs issus du pétrole, l'extraire du SF6 pour le transférer sur une molécule permettrait de recycler ce GES et de moins émettre en fabriquant des médicaments ou des engrais. « Le SF5 pourrait intéresser car dans la chimie du fluor, un des groupements les plus utilisés aujourd'hui est le Trifluorométhyle (CF3) qui est nocif pour l'environnement, notamment car il pose des problèmes de dégradation dans l'eau. Le SF5 a des propriétés très similaires mais sans impact écologique », précise Alexis Taponard. Valoriser le SF6 permet donc de gagner sur tous les points. ●

Olivier Mary

\* Ils ont publié un article sur les premiers résultats intitulé « Metal-Free SF6 Activation : A New SF5-Based Reagent Enables Deoxyfluorination and Pentafluorosulfanylation Reactions »

# énergie<sup>Plus</sup>

La revue des professionnels  
de la maîtrise de l'énergie



**Votre revue spécialisée tous les 15 jours  
sur les questions d'énergie et de climat  
pour 170 € seulement par an**



Une **version digitale** accompagne votre abonnement papier. Elle est accessible sur smartphones, tablettes, ordinateurs et inclut l'accès à trois ans d'archives.

## Tous les 15 jours, la revue m'offre

- ▶ les actualités essentielles du secteur de l'énergie
- ▶ des enquêtes spécialisées et des dossiers d'analyse (biogaz, efficacité énergétique, biomasse, cogénération, stockage d'énergie, etc.)
- ▶ les prix des énergies, du CO<sub>2</sub> et des certificats d'économies d'énergie
- ▶ des retours d'expérience chiffrés et illustrés (collectivité, industrie, tertiaire, transport, etc.)
- ▶ une veille réglementaire
- ▶ des informations professionnelles pratiques (produits nouveaux, nominations, agenda, une veille, etc.)

✓ **Oui, je souhaite m'abonner à Énergie Plus, au prix de 170 € TTC par an. ▶ Je recevrai 20 numéros de 32 pages.**

Nom .....

Adresse .....

Prénom .....

Entreprise .....

Code postal ..... Ville .....

Code NAF .....

Tél. .... Fax .....

Fonction .....

e-mail .....  
(obligatoire pour la version digitale)

Tout abonné dispose du droit d'accès et de rectification des informations le concernant et peut s'opposer à ce que ses nom et adresse soient communiqués à d'autres personnes morales en téléphonant au 01 46 56 35 40.

Si vous êtes adhérent de l'ATEE, merci d'indiquer votre n° d'adhérent : .....

Je joins un chèque de ..... € à l'ordre de l'ATEE

Tarif France : **170 €**  
(dont 3,57 € de TVA à 2,10 %)

Tarif Étranger : **188 €**  
(exonéré de TVA)

Tarif étudiant, retraité,  
enseignant : **85 €**

À réception de votre règlement, nous vous enverrons **Énergie Plus** par retour du courrier ainsi qu'une facture acquittée.



ATEE – ÉNERGIE PLUS | SERVICE ABONNEMENTS  
TOUR EVE - 1 PLACE DU SUD - CS 20067 - 92800 PUTEAUX

Plus d'infos  
tél. 01 46 56 35 40  
www.energie-plus.com

Visitez aussi notre  
boutique en ligne  
http://boutique.atee.fr

## Cette page vous donne la liste des fournisseurs classés par matériels, produits et services.

Pour être répertorié, s'adresser à ERI :

Tél. 01 55 12 31 20 • Fax 01 55 12 31 22 • email : regieenergieplus@atee.fr

Tarifs : 990€ H.T./an par module de 5 cm de haut. Autres tailles : nous consulter.

### CONSEILS



**Christian CARDONNEL**  
Consultant

Etudes, conseils, formations  
et informations pour  
le bâtiment résidentiel  
confortable et  
économique en énergie.

Christian CARDONNEL  
Tél : 06 85 75 86 16  
chc@ccconsultant.fr

### E&E CONSEIL

S'appuyant sur une grande expérience dans différents secteurs industriels, E&E Conseil peut apporter :

- une expertise des sites industriels et des recommandations sur les axes de progrès
- une vision sur les technologies innovantes et leur applicabilité
- une aide pour développer des partenariats
- des recommandations pour mettre en place de la recherche collective

Lieu dit Les Pasquiers - 719b - 71570 Leynes  
Tél. +33 (0)6 03 05 40 46  
mail : eeconseil71@gmail.com

### CONTRÔLE



OPTIMISEZ DE FAÇON  
TECHNICO-ÉCONOMIQUE  
LA PRODUCTION DE VOS  
UTILITÉS

PROESIS.NET

Organisme d'inspection  
Accrédité COFRAC N°3-1835  
portée disponible sur  
www.cofrac.fr

SPÉCIALISTE DE L'URGENCE

INSPECTIONS DANS TOUTE LA FRANCE

VOS RAPPORTS D'INSPECTION EN 48H

06.89.19.61.57 / 06.25.20.21.12 | idf.a2c@gmail.com | www.idfacc.fr

### ISOLATION

Modèles déposés® - Patent pending

www.isolif.com | tél. 01 99 16 59 53 | contact@isolif.com

Fabricant de matelas thermiques

Tous types de matelas éligibles CEE,  
une Application pour vos relevés,  
un espace Pro. pour gérer vos projets.

Plus de 95% des équipements isolés en chaudière  
90% de réduction des pertes d'énergie des équipements

### LUBRIFIANTS

Producteur-raffineur  
et spécialiste des lubrifiants

- Huiles pour moteurs stationnaires à gaz et diesel homologuées par les motoristes
- Suivi des performances par analyses : résultats sous 72 heures
- Engineering : expertise des performances par des spécialistes
- Logistiques vrac : distribution mesurée

Contact : Yves Brun  
Tél. : +33 (0)6 85 91 59 20 / Mail : brun@q8.com  
Service client : 00 800 786 457 35  
www.q8oils.fr

### MÉTHANISATION ET VALORISATION DU BIOGAZ

BIOGAZ PRO, votre partenaire en méthanisation de la construction à la maintenance. Curage, changement agitateur, changement gazomètre, location incorporateur, location chaudière, consommables, produits biologiques.

Contact : 09 72 64 95 42 - info@biogazpro.fr  
www.biogazpro.fr

Facebook et Instagram : Biogaz Pro

Ingénierie - Installation - Maintenance

**Cogénération :**  
Moteurs Jenbacher

**Injection :**  
production de biométhane & récupération du CO<sub>2</sub> : TPI

- Expert en gaz renouvelables
- Société de service implantée sur tout le territoire
- Solutions clé en main adaptées à vos besoins

+33 4 42 90 75 75 | france@clarke-energy.com | clarke-energy.com/fr

JENBACHER | TPI | QUALIMÉTHA

### PRODUCTION ET STOCKAGE ÉLECTRIQUE

Protection des installations de production et de stockage d'énergie

- Protection sursensions / foudre
- Parafoudres AC, PV et DC (batteries)
- Solutions hautes performances

**Raycap**

raycap.com | info@raycap.com

## DÉCARBONATION DE L'INDUSTRIE, CAP À L'OUEST !

**20 OCTOBRE 2022**

### PROGRAMME

#### MATIN

Des interventions d'entreprises institutionnelles qui vont apporter une vision nationale, régionale et au cœur de l'entreprise : comment bâtir sa stratégie autour d'une démarche de décarbonation ?

#### APRÈS-MIDI

Des témoignages d'industriels pour illustrer la démarche de la sobriété.

**TÉLÉCHARGEZ  
LE PROGRAMME  
COMPLET EN  
SCANNANT LE QR  
CODE**



### INSCRIVEZ VOUS



**SITE ORANGE  
ATALANTE  
CESSON SEVIGNÉ**

**Contact : Carine FADAT**  
**c.fadat@atee.fr - 06 23 37 60 60**

# Logiciel de conciergerie CEE

**SÉCURISEZ**  
facilement la  
qualité de vos  
dossiers

**FÉDÉREZ**  
des dizaines  
de mandataires

**ENCADREZ**  
vos équipes  
internes

**RECRUTEZ**  
des centaines  
d'installateurs

**AUTOMATISEZ**  
le contrôle de vos  
documents

## Bienvenue Jade !

Notre service innove grâce à l'accompagnement immédiat de Jade, notre assistante virtuelle basée sur de l'**intelligence artificielle**.

Jade contrôle vos documents immédiatement et notifie les utilisateurs en cas d'erreur ou d'oubli.



Scannez ce code  
pour en savoir plus