

énergie *Plus*

MAÎTRISER L'ÉNERGIE DURABLEMENT

15 DÉCEMBRE 2021

676



Du er nå i et område som inneholder
AMIN
Etsende

14 INDUSTRIE

Captage-stockage de CO₂ : où en est-on ?

Rédaction

- Tél : 01 84 23 75 98
- E-mail : energieplus@atee.fr
- Directeur de la publication : Christian Deconninck
- Rédacteur en chef : Clément Cygler (75 92)
- Rédacteurs : Olivier Mary (75 95)
Simon Philippe (35 44)
- Ont participé à ce numéro : Thomas Blossville
Caroline Kim
- Secrétaire de rédaction : Simon Philippe (35 44)
- Diffusion-abonnements : Alexandre Giroux (01 46 56 35 40)
a.giroux@atee.fr
- Photo en couverture : Le technology center de Mongstad (TCM), situé en Norvège, est l'une des plus grandes installations au monde en matière de recherche sur le captage-stockage de CO₂. © TCM

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 2021

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 : Christian Deconninck

Conception graphique :
Olivier Guin - olivier.guin@gmail.com



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



14



18



22

Infos pros

- 4 Le site. À lire. Telex
- 5 Agenda. Nominations
- 6 En bref
- 8 Quatre scénarios pour atteindre la neutralité
- 10 Le parc énergétique peu affecté par le changement climatique
- 11 Veille
- 12 Prix des énergies

Industrie

- 13 En bref
- 14 **Le captage-stockage de CO₂ prêt à changer d'échelle ?**
- 17 De la chaleur renouvelable pour nos amis les insectes
- 18 **Tester l'hydrogène à grande échelle**

Transport

- 20 En bref
- 21 Automobile : décarboner sans perdre d'emploi
- 22 **L'Afrique au carrefour des choix de mobilité**

26 Répertoire des fournisseurs



La main dans le schiste

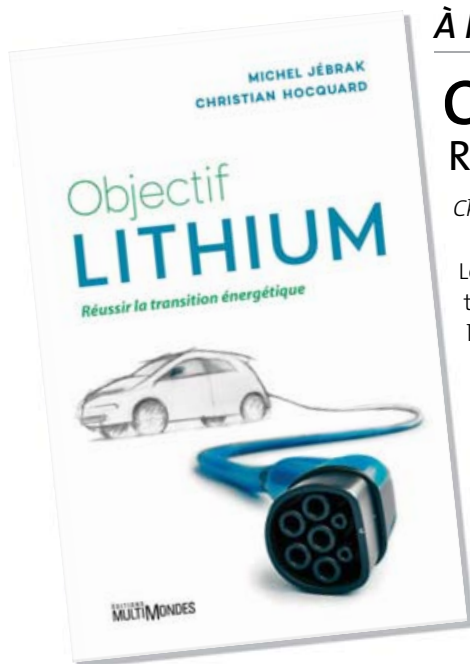
Clément Cygler, rédacteur en chef

Ah Noël ! Sa magie et ses cadeaux par milliers, sans oublier ses quelques surprises ! Et selon ses dires, le Gouvernement vient d'en recevoir une de taille. Engie a en effet conclu un contrat d'importation de gaz naturel liquéfié (GNL) avec la société américaine Cheniere Energy, sans en informer préalablement l'État français qui en est pourtant l'actionnaire majoritaire (23,6 % de parts). L'existence de ce contrat n'a été révélée qu'en novembre 2021 par le média financier S&P Global, soit près de quatre mois après sa signature. Selon des éléments confidentiels collectés par l'association Les amis de la Terre, « *tout porte à croire qu'Engie s'est délibérément assuré que son existence ne soit pas rendue publique* ». Ce souci de grande discrétion s'explique sûrement par la crainte de se voir répéter la même situation que l'an dernier. En novembre 2020, l'énergéticien avait, sous la pression d'ONG et de l'État, déjà dû

abandonner un méga contrat d'importation de GNL, estimé à près de 6 milliards d'euros. Signé en juillet dernier, le contrat actuel prévoit l'achat, entre 2021 et 2032, d'une centaine de cargos de gaz liquéfié (GNL) pour un montant de plus de 1,6 Md€. Problème : près de 80 % de la production de GNL aux États-Unis proviennent de l'exploitation du gaz de schiste. Une extraction de cet hydrocarbure non conventionnel aux conséquences dramatiques pour l'environnement. Or, l'origine du gaz fournie à Engie serait difficilement traçable, d'autant plus qu'aucune exigence supplémentaire en matière d'émissions de gaz à effet de serre et de gestion de l'eau n'a été imposée par Cheniere Energy à ses fournisseurs... Et si Engie avance un effort de transparence engagé récemment par son homologue américain, de forts doutes peuvent et doivent subsister, notamment au vu du processus de validation de ce contrat, légal mais bien trop discret.

ENTREPRISES ET ACTEURS PUBLICS CITÉS DANS CE NUMÉRO

ADEME	6, 8, 9, 20	BASF	14, 15	EDF	13	HYNAMICS	20	RTE	10
AFD	22, 23	BDR THERMA FRANCE	5	ENEL GREEN POWER	4	LHYFE	20	RTTB	20
AFPG	7	BORALEX	5	ENERPLAN	7	MCPHY	4	SEM ENR 64	5
AGRONUTRIS	17	BULANE	5	ENGIE BIOZ	6	MICHELIN	20	SHIFT PROJECT	21
AIE	14, 15	BRGM	16	ENGIE SOLUTIONS	17	NATIONS UNIES	22	SIEMENS MOBILITY	20
AIRLIQUIDE	14, 15, 16	CEA	13	FEDENE	7	NATURE	20	SYDEV	20
AMORCE	7	CETUD	23	FRANCE MÉTÉO	4, 10	NEGAOCTET	6	TERRA ÉNERGIES	4
ARCELOR MITTAL	15	CLIMATE CHANCE	5, 22, 23	GART	22	NEW HEAT	4	TOTALÉNERGIES	14, 16
ATEE	7	CIBE	7	GIEC	10	IFP ÉNERGIES	14, 15, 16	TOYOTA	5
AREC	5	CNRS	16	GREEN HYDROGEN SYSTEMS	20	INEA NUCLÉAIRE	13		
AXENS	15	DEUTSCHE BAHN	20	GRTGAZ	18, 19	RICE	18, 19		



À lire

Objectif lithium, Réussir la transition énergétique

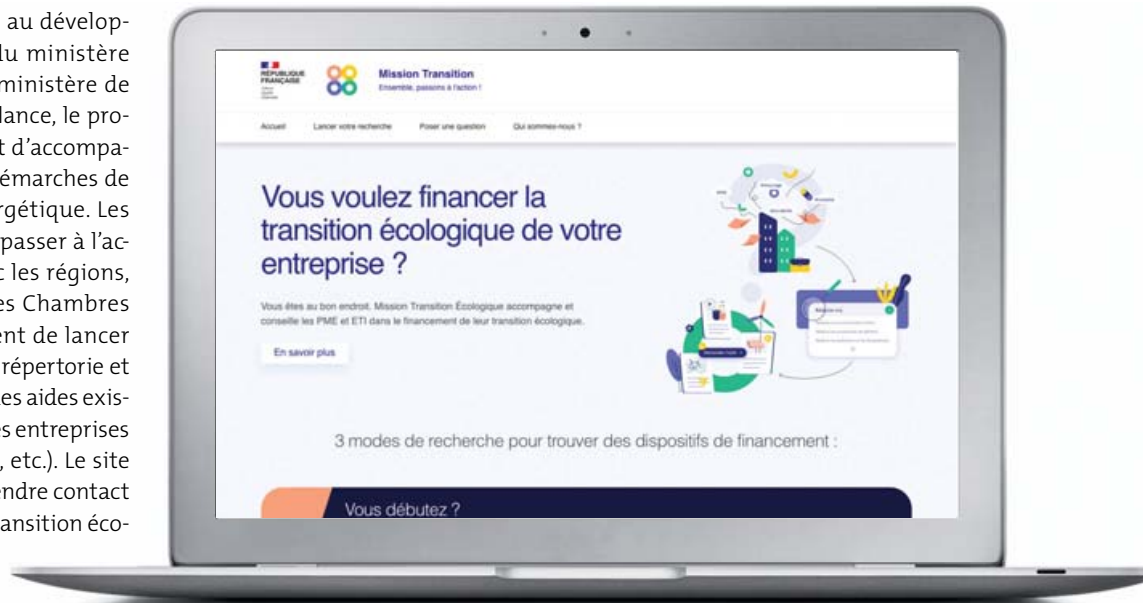
Christian Hocquard et Michel Jebrak, Éditions Multimondes, 246 pages, 22,50 euros

Le lithium est omniprésent dans notre quotidien notamment dans les batteries installées dans les téléphones portables, les tablettes informatiques, les vélos ou les automobiles électriques. Avec la démocratisation de ces outils, le basculement des véhicules thermiques vers l'électrique, mais aussi le développement des systèmes de stockage d'électricité pour pallier à l'essor des énergies renouvelables intermittentes, ce matériau sera de plus en plus convoité. Dans cet ouvrage, les deux co-auteurs expliquent quelle est son origine et quelles sont ses propriétés. Ils analysent les données derrière les différents gisements présents sur la planète et décryptent l'écosystème économique et géopolitique qui s'est mis en place autour du lithium. Ils tentent d'apporter des réponses à une question qui revient de plus en plus : les ressources seront-elles suffisantes pour répondre à tous les besoins industriels et domestiques d'un monde en pleine croissance ? Enfin, le dernier chapitre de cet ouvrage traite du coût écologique de ce matériau, que ce soit au moment de son extraction dans les mines, ou en fin de vie lors de son recyclage.

Le site

<https://mission-transition-ecologique.beta.gouv.fr>

Porté par le Commissariat général au développement durable, sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et du ministère de l'Économie, des finances et de la relance, le projet « Mission Transition » a pour but d'accompagner les PME et les ETI dans leurs démarches de transformation écologique et énergétique. Les aider à trouver les ressources pour passer à l'action. La mission, qui collabore avec les régions, les financeurs et les conseillers des Chambres de Commerce et de l'Industrie, vient de lancer son site. Toujours en version bêta, il répertorie et détaille l'ensemble des solutions et des aides existantes pour répondre aux besoins des entreprises (subventions, prêts, crédit d'impôt, etc.). Le site permet aussi aux entreprises de prendre contact avec un conseiller spécialiste de la transition écologique dans sa région.



TÉLEX

/// MCPHY signe un accord de coopération avec ENEL GREEN POWER dans le cadre de Carlentini, un important projet d'électrolyse en Italie /// NEWHEAT a levé 7 millions feuille de route pour réduire de 100% les émissions carbone d'ici 2035. Pour y parvenir, l'entreprise compte accélérer l'électrification de sa gamme et proposer un choix TERRA ÉNERGIES, ...) ont signé une convention de partenariat visant à déployer des centrales photovoltaïques flottantes et des centrales hydroélectriques sur les électricité avec METRO FRANCE. Ce PPA corporatif permettra le financement et la construction de la centrale solaire de la Grange du Causse, d'une puissance de 15,9 MWC technologiques afin de décarboner massivement le chauffage grâce à l'hydrogène ///



Le monde peine à se décarboner

Comme chaque année, Climate Chance publie son bilan mondial de l'action climat par secteur. Après deux années marquées par la pandémie de Covid-19, les émissions de gaz à effet de serre sont à nouveau en hausse, particulièrement dans les pays asiatiques, africains et au Moyen-Orient. Cette année, la demande de charbon devrait ainsi atteindre le pic de 2014, avec une croissance concentrée à 80 % en Asie, dont plus de la moitié en Chine. Dans le même temps, avec la reprise de l'économie, le rythme de disparition des forêts est reparti à la hausse depuis l'année dernière : près de 12,2 millions d'hectares ont été coupés.

Malgré ces mauvaises nouvelles, les énergies renouvelables et la mobilité bas carbone se développent dans les grandes économies. 260 GW de capacités ont été installés en 2020 : c'est un nouveau record. Alors que le marché automobile est au plus bas, les véhicules électriques ont profité des plans de relance, des politiques urbaines et des stratégies des constructeurs qui misent sur l'électrification et la fin programmée des voitures thermiques. En Europe, une voiture sur dix vendue est désormais électrique ou hybride. L'électrification ne touche pas seulement les moyens de transports. C'est aussi le cas du chauffage. 11,7% de la chaleur consommée par les bâtiments en 2019 était d'origine électrique, contre 9,6% dix ans auparavant. Mais cette électrification des usages cache le fait que 61 % de l'électricité mondiale est encore produite par des énergies fossiles. La production a donc beaucoup de mal à se décarboner et ce phénomène pourrait être aggravé par une pénurie de matériaux. La relance économique et la réorientation vers la transition énergétique ont accru la pression sur le cuivre, le lithium, le cobalt, le nickel, les terres rares et les semi-conducteurs. Malgré ces difficultés, les objectifs affichés de neutralité carbone se multiplient, que ce soit dans les entreprises ou les États. Pourtant, les gouvernements ont souvent des attitudes assez ambiguës... Depuis le début de la pandémie, les pays du G20 se sont notamment engagés à investir plus de 700 milliards de dollars dans leurs économies, dont environ 40 % dans des secteurs émetteurs. Les filières bas carbone se partagent 37 % de cette enveloppe.

d'euros pour accélérer son développement dans la chaleur renouvelable /// Le Groupe **TOYOTA** a présenté sa diversifié de motorisations à faibles émissions /// Plusieurs acteurs de la région Occitanie (**AREC**, **SEM ENR64**, réservoirs d'eau de l'Institution Adour /// **BORALEX** a annoncé la signature d'un contrat d'approvisionnement en /// **BDR THERMEA FRANCE** et **BULANE** ont signé un partenariat pour développer de nouvelles innovations

Rendez-vous ATEE

Retrouvez les programmes de ces manifestations sur www.atee.fr
Contact : Carine Fadat / Margot Henault : 01 46 56 35 41
Inscriptions en ligne obligatoire sur <https://atee.fr/evenements>

Événements régionaux

ATEE OCCITANIE

12 janvier - 10h30 à 12h30 en ligne
Webinaire : « Electrification de la chaleur, opportunités et cas concrets en industrie »

ATEE NORMANDIE

25 janvier - 10h à 12h en ligne
Webinaire : « CEE 5^e période, quelles évolutions ? »

ATEE NOUVELLE AQUITAINE

26 janvier - 9h à 12h en ligne
Webinaire : « Construire de manière performante et durable - La RE2020 : son contenu et ses défis »

Nominations

- ▶ **Anne-Catherine de Tourtier** a été nommée à la présidence de l'association professionnelle France énergie éolienne (FEE) pour un mandat de deux ans.
- ▶ Après l'annonce de la démission d'Alain Griset, **Jean-Baptiste Lemoyne** a été désigné pour le remplacer à la tête du ministère chargé des petites et moyennes entreprises de France.

Agenda

10 JANVIER – PARIS

→ **H2 Entreprises**, conférence nationale sur le thème de l'hydrogène renouvelable www.h2entreprises.com/

26-27 JANVIER – NANTES

→ **BIO360**, événement phare sur la bioénergie www.bio360expo.com/

18-22 MARS – COLMAR

→ **Énergie Habitat 2022**, salon du bâtiment, de l'énergie et de l'habitat en Alsace www.energiehabitat-colmar.com/

Gouvernance partagée pour la future Centrale Biogaz de l'Estuaire

Engie Bioz a signé avec le Groupe Idea et la Communauté d'agglomération de la Région Nazairienne et de l'Estuaire (Carene) le pacte d'actionnaires de la Centrale biogaz de l'estuaire (CBEST). La gouvernance de cette future centrale, située sur la commune de Montoir-de-Bretagne, est désormais partagée entre ces trois partenaires, à savoir 70 % pour Engie Bioz, 25 % pour Idea et 5 % pour la Carene. L'installation, dont la mise en service est prévue au printemps 2022, traitera 28 000 tonnes par an de substrats organiques pour une production annuelle prévue de plus de 21 GWh de biométhane. Ces derniers seront directement injectés dans le réseau de distribution de gaz naturel. Cette quantité de biométhane correspond à la consommation annuelle en gaz d'environ 1 900 foyers. Cela permettra également d'éviter l'émission de plus de 5 000 tonnes de CO₂ chaque année.



NegaOctet, première base de données du numérique



Fin novembre a été publié le premier référentiel mondial d'évaluation des impacts environnementaux des services numériques. Il permet de réaliser des analyses du cycle de vie conforme aux standards et aux référentiels d'affichage environnemental sur l'ensemble du périmètre

Terminaux – Réseau – Datacenter. Au total, cette base de données regroupe près de 15 000 informations, réparties en quatre niveaux : composants numériques (mémoire vive, microprocesseur, etc.) ; équipements ; systèmes (données génériques de service de cloud public, datacenter type, etc.) ; services numériques (visioconférences, utilisation d'objets connectés, stockage de données dans le cloud).

Dans les effets calculés, la base données permet d'évaluer une dizaine d'indicateurs dont le changement climatique, l'épuisement des ressources abiotiques, minérales et fossiles, les émissions de particules fines ou encore la consommation d'énergie primaire. Soutenus par l'Ademe, quatre acteurs du numérique (APL Data Center, LCIE Bureau Veritas, collectif GreenIT.fr et DDemain), réunis au travers du consortium NegaOctet, sont à l'origine de cette première base de données qui devrait permettre à l'ensemble de la filière d'identifier des actions efficaces pour réduire ces impacts.

Soutien à la décarbonation des services essentiels à l'international

Dans le cadre de France Relance, 19 entreprises ont été retenues à l'issue de l'appel à projets pour le financement et le déploiement à l'international de solutions innovantes pour la décarbonation des services essentiels. Ce sont ainsi 19 projets dans 19 pays distincts qui bénéficieront d'une aide d'un montant total de 8,8 millions d'euros, financés par le Fonds d'études et d'aide au secteur privé (Fasep). Les entreprises lauréates ont proposé des solutions innovantes à la fois pour répondre aux besoins prioritaires des populations de pays en développement et pour réduire les émissions de gaz à effet de serre dans des thématiques variées. Entre autres, on y retrouve : la production d'hydrogène décarboné, le dessalement de l'eau, le traitement des déchets à risque infectieux, l'accès à l'électricité en zone rurale, le développement de la télémédecine verte, ou encore l'agriculture biologique.

Un réseau de conseillers pour accompagner localement les projets EnR

Le 8 décembre dernier, l'Ademe et la Région Occitanie ont annoncé leur soutien à la création d'un réseau de conseillers techniques chargés de soutenir les collectivités dans le développement de leurs projets éoliens et photovoltaïques. La mise en place de ce réseau régional va en effet permettre d'accompagner la montée en compétences des collectivités dans la phase amont de développement des projets. Ces conseillers techniques pourront notamment les sensibiliser sur le déroulé d'un projet, sur le rôle qu'elles peuvent y jouer et les moyens à leur disposition pour devenir le facilitateur du projet dans l'écosystème territorial. Ils feront par ailleurs le lien avec les stratégies locales (schéma de cohérence territoriale, plan local d'urbanisme...) pour s'assurer que le projet s'y inscrive de façon pertinente. Ce réseau se focalisera en priorité sur les collectivités de l'échelon communal et situées en milieu rural, qui disposent en général de peu de moyens humains pour ce type de projets.

Quatre priorités et huit propositions pour la chaleur renouvelable



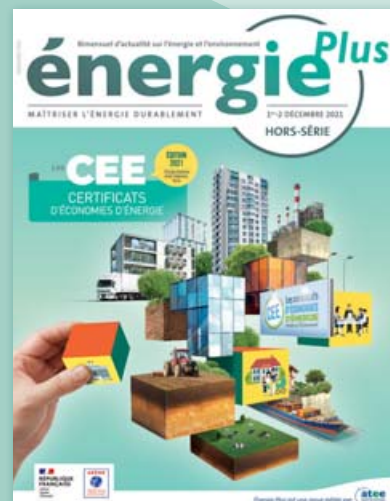
À l'occasion de la 3^e édition de la Semaine de la chaleur renouvelable, les principaux acteurs de la filière (Amorce, la Fédération des services énergie environnement (Fedene), le Syndicat des énergies renouvelables (Ser), Via Séva, le Comité interprofessionnel du bois-énergie (Cibe), l'Association française des professionnels de la géothermie (AFPG), l'ATEE et Enerplan) ont dressé un plan d'actions pour replacer la chaleur renouvelable et de récupération au coeur de la stratégie énergétique nationale. Ce plan intègre quatre grandes priorités et huit propositions afin d'augmenter la part de chaleur décarbonée consommée en France. À la fin de l'année 2020, celle-ci s'élevait à seulement 22,8%, alors que 38% de la chaleur consommée en France devra être d'origine renouvelable à l'horizon 2030, selon l'objectif de la loi de transition énergétique pour la croissance verte (LTECV). « Pour atteindre la neutralité carbone en 2050, le rythme de développement doit être significativement accéléré, de manière à ce que les énergies renouvelables couvrent 50% de la consommation de chaleur dès 2030 », indiquent même les principaux acteurs.



Ad'10

JOURNÉES TECHNIQUES CEE 1 & 2 décembre 2021

L'ADEME et Énergie Plus vous proposent de télécharger un numéro spécial sur les temps forts de cet événement :



Un événement organisé par



en partenariat avec



Quatre scénarios pour atteindre

Atteindre la neutralité carbone en 2050 est souvent la pierre angulaire des politiques climatiques. Mais selon un rapport prospectif publié par l'Ademe, cette mission semble être particulièrement difficile à réaliser. L'Agence a étudié quatre scénarios contrastés pour conduire la France vers cet objectif.

dans le prochain quinquennat. Plus on tardera, plus cela sera cher : c'est de la théorie économique qu'il faut rappeler à nos citoyens », insiste Arnaud Leroy, président de l'Ademe. Le premier scénario, « Génération frugale », suppose un changement profond de comportements de la part des Français que ce soit dans leur façon de se déplacer, de se chauffer, de s'alimenter, d'acheter ou d'utiliser des équipements. Une partie de l'appareil productif est

respectent les exigences du décret les concernant. Le chauffage au bois se développe alors que le recours au gaz naturel diminue beaucoup. Les Français se déplacent moins : les kilomètres parcourus baissent de 26 % et les voitures s'électrifient pour couvrir 90 % des usages. Parallèlement, la relocalisation de l'économie et la sobriété entraînent une baisse de 45 % du trafic de marchandises. Les émissions de GES du secteur des mobilités décroissent ainsi de 91 %. Dans ce scénario, le mix de la consommation d'énergie finale est composé de 301 TWh d'électricité*, 265 TWh de chaleur, 110 TWh de gaz et 70 TWh de combustibles liquides. Le gaz est presque intégralement renouvelable, grâce au power-to-gas et au biogaz, sans nécessiter de cultures énergétiques dédiées. Le deuxième scénario, « Coopérations territoriales », repose aussi sur un changement de société, mais moins brutal. L'Hexagone se tourne vers une gouvernance partagée et une coopération plus étroite entre les territoires. « *Organisations non gouvernementales, institutions publiques, secteur privé et société civile s'allient*

Deux ans de travaux, une centaine de collaborateurs mobilisés en échange permanent avec un comité scientifique et des prestataires extérieurs. Le nouveau rapport de l'Ademe, baptisé Transition(s) 2050, se veut particulièrement exhaustif. Il décrit quatre scénarios très différents qui prennent en compte les secteurs du bâtiment, de la mobilité des voyageurs et du transport de marchandises, de l'alimentation, de l'agriculture, des forêts, de l'industrie, des déchets et de l'énergie.

Changements de comportements

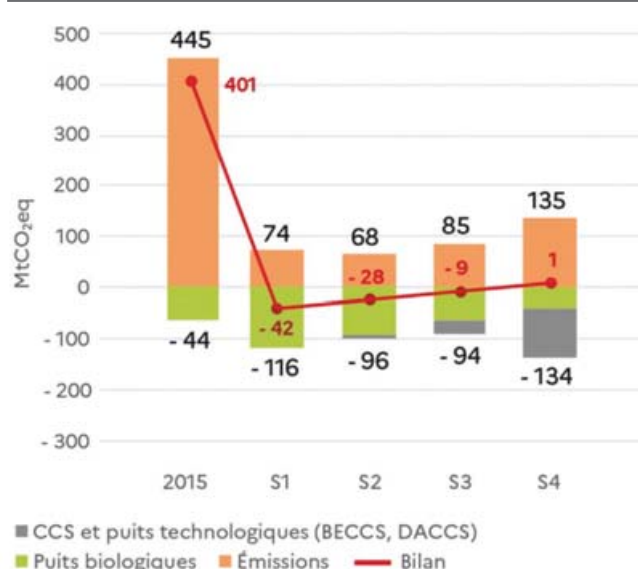
« Les quatre voies présentées, chacune dotée de sa propre cohérence, permettent à la France d'atteindre la neutralité carbone en 2050. Mais toutes sont difficiles et nécessitent une planification orchestrée des transformations, associant État, territoires, acteurs économiques et citoyens », reconnaît l'Ademe. Peu importe le scénario, il faut que la France fasse des paris forts, que ce soit sur le plan des changements de comportements ou du point de vue technologique. Enfin, pour mener à bien une de ces quatre trajectoires, il faut agir vite car les transformations sont d'une telle ampleur qu'elles mettront du temps à produire les effets escomptés. « *La décennie à venir est cruciale pour nous mettre sur les rails de la neutralité carbone. Une forte mobilisation financière doit être mise en œuvre, au moins*

« La décennie à venir est cruciale pour nous mettre sur les rails de la neutralité carbone. Une forte mobilisation financière doit être mise en œuvre, au moins dans le prochain quinquennat »,

Arnaud Leroy, président de l'Ademe

alors fondée sur les low-tech et la quantité de viande consommée est divisée par trois. 80 % des logements sont rénovés à un niveau bâtiment basse consommation (BBC), voire plus, et 80 % des surfaces tertiaires

► Bilan des émissions et des puits de CO₂ en 2015 et 2050



la neutralité

pour mener à bien la transition et atteindre la neutralité tout en maintenant la cohésion sociale », explique Valérie Quiniou, directrice exécutive prospective et recherche de l'Ademe. Il suppose un changement d'alimentation à grande échelle avec une diminution de la consommation de viande de 50 %. La rénovation énergétique accélère : 80 % des logements sont rénovés à un niveau BBC et 71 % des surfaces tertiaires respectent la trajectoire prévue par le décret les concernant. La demande de mobilité est en repli de 8 % et se tourne vers des modes de transports alternatifs et en commun. Quant au trafic de marchandises, il baisse de 35 % grâce à une consommation plus locale. Au total, les émissions des transports baissent de 95 %, notamment grâce à l'hydrogène produit par électrolyse. Au total, ce gaz atteint 96 TWh en 2050. En plus des applications de mobilité, l'hydrogène est nécessaire pour le power-to-méthane et dans l'industrie pour la production d'engrais, de méthanol ou la synthèse de carburants liquides. Dans ce scénario, la forte baisse de la consommation de gaz (158 TWh en 2050) permet d'utiliser 82 % de gaz décarboné. La méthanisation/power-to-méthane produit 127 TWh. Le mix de la consommation d'énergie finale est composé de 343 TWh d'électricité, 260 TWh de chaleur et 42 TWh de combustibles liquides.

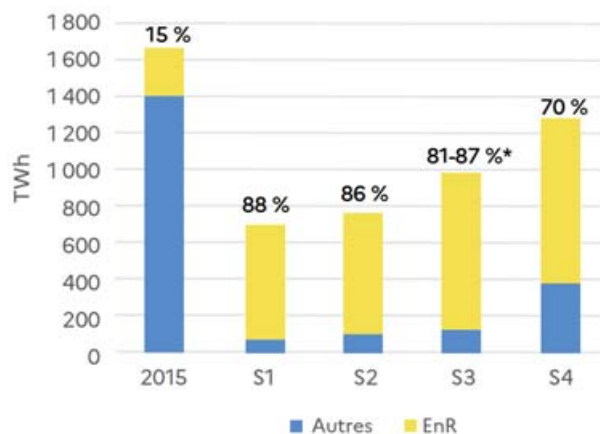
Essor technologique

Le troisième scénario, intitulé « Technologies vertes », demande moins d'efforts aux Français en misant plutôt sur les progrès technologiques. Par conséquent, les manières d'habiter, de se déplacer ou de travailler sont très similaires à aujourd'hui avec toutefois quelques différences : l'alimentation est moins carnée, la mobilité individuelle et les trajets longs restent prédominants mais avec des véhicules plus légers et électrifiés. Les rénovations sont

très répandues mais sans atteindre le niveau BBC. Les consommations, notamment pour le chauffage domestique, restent donc élevées. La biomasse est très mobilisée, en particulier les déchets pour la méthanisation et le bois pour les besoins en chaleur. La pyrogazéification tient aussi un rôle important dans ce scénario (67 TWh). La demande en hydrogène y est si importante qu'il est nécessaire d'en importer la moitié de l'étranger. 517 TWh d'électricité sont requis pour satisfaire la demande, soit 17 de plus qu'en 2020. Pour autant, avec un mix électrique totalement décarboné, il est donc possible d'atteindre la neutralité en 2050. Enfin, l'ultime scénario concocté par l'Ademe, baptisé « Pari réparateur », mise toujours plus sur le développement de technologies propres sans demander d'efforts particuliers aux ménages. L'électronique est très répandue dans les foyers pour cuisiner, régler la lumière ou le chauffage à distance. Les applications sont aussi très développées notamment pour se déplacer. « La société place sa confiance dans la capacité à gérer, voire réparer, les systèmes sociaux et écologiques avec plus de ressources matérielles et financières pour conserver un monde vivable. Ceci conduit à remettre en cause un certain nombre d'objectifs inscrits aujourd'hui dans la loi comme la division par deux de la consommation d'énergie ou le zéro artificialisation nette », détaille l'Ademe. La demande en énergie s'en ressent malgré des systèmes plus efficaces dans l'industrie, le bâtiment ou les transports : 709 TWh d'électricité, 271 TWh de chaleur, 270 TWh de gaz et 73 TWh de combustibles liquides.

► Consommation d'énergie et part des EnR dans la consommation finale brute d'énergie et 2015 et 2050

Source : Ademe



* Valeurs dépendant des choix de politiques industrielles de développement de l'éolien flottant ou du nucléaire.

Compte tenu de cette forte demande, ce scénario présente le niveau d'émissions le plus élevé (135 MtCO₂/an). « Il nécessite d'importer de grandes quantités de gaz décarboné de l'étranger », précise Valérie Quiniou. Pour compenser, le recours à la capture et au stockage du CO₂ (CCS) est indispensable notamment dans l'industrie. Mais pour mettre en œuvre cette technologie à une telle échelle, de nombreuses et lourdes infrastructures doivent être construites : canalisations de transport et sites de stockage géologique en mer du Nord et à terre. « De plus, il est nécessaire de développer le captage et du stockage de CO₂ dans l'air ambiant (DACCS). Cela entraîne une forte consommation énergétique supplémentaire estimée à 59 TWh/an soit 6 % de la consommation d'électricité du pays », conclut la directrice exécutive prospective et recherche de l'Ademe. ●

Olivier Mary

* Ce rapport n'est que la première partie d'un ensemble qui sera publié entre janvier et mars 2022, notamment avec le détail des sources électriques décarbonées à mettre en œuvre. Il sera alors remis en perspective au cours du Grand défi écologique, événement organisé par l'Ademe les 29 et 30 mars 2022 à Angers.

Le parc énergétique peu affecté par le changement climatique

Dans son rapport consacré aux futurs énergétiques de 2050, RTE consacre une partie à l'impact du changement climatique sur le système électrique. Il ne devrait pas être déstabilisé mais des baisses de production sont à craindre, notamment dans le secteur du nucléaire.

Pour prévoir la production électrique à l'horizon 2050, il faut anticiper le climat du futur. En effet, avec des capacités renouvelables plus importantes, la production sera plus directement corrélée aux conditions météorologiques. S'il est complexe de connaître exactement ces paramètres, des tendances claires se dégagent et font consensus dans la communauté scientifique : hausse moyenne des températures, augmentation de la fréquence et de l'intensité des canicules, épisodes de sécheresse plus fréquents, moins de vagues de froid, etc. Pour déterminer le climat de la France en 2050, RTE a travaillé en collaboration Météo-France sur des projections, basées sur deux trajectoires du Giec : RCP4.5 s'appuie sur une augmentation de la température moyenne annuelle de 1,5°C et RCP8.5 table sur une hausse de 2°C.

Consommation stable

Le changement climatique va tout d'abord entraîner une évolution de la consommation d'électricité. En hiver, celle-ci va baisser d'une dizaine de térawattheures avec une demande moins importante en chauffage. En été, le phénomène inverse se produit, dans les mêmes proportions, pour les besoins en climatisation. L'écart sur les pointes de chauffage ou de climatisation n'est pas significatif entre les trajectoires climatiques RCP4.5 et RCP8.5. Dans les deux cas de figure, la consommation pour les besoins thermiques reste équivalente. Si l'impact du climat sur la consommation est anecdotique, celui sur la production est



➤ En raison d'un manque de débit et d'une température plus élevée des cours d'eau, la production du parc nucléaire pourrait être impactée.

bien plus important. Les capacités éolienne et solaire photovoltaïque ne seront pas influencées mais l'hydroélectricité pourrait bien être concernée. L'évolution du climat conduira très probablement à un moindre remplissage des réservoirs à la fin de l'automne et au début de l'hiver. Combiné à des périodes froides et/ou sans vent, ce phénomène pourrait mettre à mal l'équilibre offre-demande. À l'inverse, des apports hydriques plus importants au milieu de l'hiver et au début du printemps devraient permettre une utilisation plus importante du parc hydraulique à ce moment tout en garantissant la reconstitution des stocks pour l'été suivant. Au final, la production hydroélectrique s'élèverait comme aujourd'hui à une soixantaine de térawattheures en moyenne, malgré une hausse très légère de 1 MW de la capacité installée.

1 à 2 TWh de déficit sur le parc nucléaire

« Le manque de débit et la température plus élevée des cours d'eau auront aussi des impacts sur le refroidissement des centrales nucléaires », révèle Thomas Veyrenc,

directeur exécutif chargé de la stratégie, de la prospective et de l'évaluation de RTE. En effet, les prélèvements hydriques sont limités par la réglementation en cas de sécheresse. Cela oblige les réacteurs situés au bord des cours d'eau à baisser leur production, voire à s'arrêter. Une eau trop chaude a aussi plus de mal à refroidir les installations et impose des baisses de production. Par conséquent, une dégradation de la production annuelle de 1 à 2 TWh est attendue d'ici le milieu du siècle. En cas de canicules intenses et persistantes, certaines années pourraient même enregistrer un déficit de 10 TWh. « Le risque d'indisponibilité ne porte pourtant pas sur tout le parc mais seulement sur quelques sites : 80% de l'impact est concentré sur quatre d'entre eux* », détaille Thomas Veyrenc. Pour compenser cette perte, RTE avertit les pouvoirs publics : les futures centrales devront être positionnées sur des fleuves peu contraignants en matière de débits. ●

Olivier Mary

* RTE n'a pas souhaité préciser les installations nucléaires concernées.

Énergie

Le décret n°2021-1541 du 29 novembre 2021, paru le 1^{er} décembre, est relatif à la revalorisation du chèque énergie au titre de l'année 2021. Il revalorise de 100 € le montant du chèque énergie au titre de 2021 dont bénéficient plus 5,8 millions de ménages. Il fixe les modalités d'utilisation et d'acceptation du titre correspondant au chèque énergie émis dans ce cadre.

Électricité

L'arrêté du 25 octobre 2021, publié le 29 octobre, modifie l'arrêté du 5 mars 2020 relatif à la limitation de l'utilisation de certaines substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques, notamment de plomb de chrome ou de mercure.

L'arrêté du 8 novembre 2021, paru le 13 novembre, est relatif au taux 2021 de la contribution due par les gestionnaires des réseaux publics de distribution d'électricité pour le financement des aides aux collectivités pour l'électrification rurale. Il est fixé à :

- ▶ 0,197 036 centime d'euro par kilowattheure pour les communes dont la population est supérieure à 2 000 habitants ;
- ▶ 0,039 407 centime d'euro par kilowattheure pour les communes dont la population est inférieure à 2 000 habitants.

Photovoltaïque

L'arrêté du 26 octobre 2021, publié le 27 octobre, est relatif à la révision de certains contrats de soutien à la production d'électricité d'origine photovoltaïque prévue par l'article 225 de la loi n°2020-1721 du 29 décembre 2020 de finances pour 2021. Il a été publié en lien avec le Décret n°2021-1385, publié à la même date.

Transports

L'arrêté du 11 octobre 2021, publié le 20 octobre, est relatif à l'approbation du cahier des charges de l'appel à projets « Mobilités routières automatisées, infrastructures de services connectées et bas carbone ».

L'arrêté du 27 octobre 2021, publié le 4 novembre, est relatif aux qualifications pour les études de conception, l'installation et la maintenance des infrastructures de recharge pour véhicules électriques. Pris en application de l'article 22 du décret n°2017-26 du 12 janvier 2017, il fixe les dispositions relatives aux modalités d'accréditation et les exigences pour obtenir les qualifications pour la conception, l'installation et la maintenance d'une infrastructure de recharge.

L'arrêté du 27 octobre 2021, publié le 4 novembre, est relatif aux engagements de qualité de services relatifs aux infrastructures de recharge pour véhicules électriques ouvertes au public. Pris en application de l'article 24-2 du décret n°2017-26 du 12 janvier 2017, il fixe les dispositions relatives à la définition de la qualité des services relatifs aux infrastructures de recharge pour véhicules électriques ouvertes au public et aux modalités de publication des engagements de qualité des services.

L'ordonnance n°2021-1490 du 17 novembre 2021 publiée le 18 novembre porte transposition de la directive (UE) 2019/1161 du Parlement européen et du Conseil du 20 juin 2019 modifiant la direc-

tive 2009/33/CE relative à la promotion de véhicules de transport routier propres et économes en énergie.

Le décret n°2021-1491 du 17 novembre 2021 publié le 18 novembre est relatif aux obligations d'achat ou d'utilisation de véhicules automobiles routiers à faibles et à très faibles émissions en application de la directive (UE) 2019/1161 du Parlement européen et du Conseil.

Le décret n°2021-1492 du 17 novembre 2021 publié le 18 novembre est relatif aux critères définissant les autobus et autocars à faibles émissions.

Le décret n°2021-1493 du 17 novembre 2021 publié le 18 novembre est relatif aux critères caractérisant les véhicules à faibles émissions de transport de marchandises dont le poids total autorisé en charge excède 3,5 tonnes.

Le décret n°2021-1494 du 17 novembre 2021 publié le 18 novembre est relatif aux critères définissant les véhicules à faibles et à très faibles émissions dont le poids total autorisé en charge n'excède pas 3,5 tonnes.

Le décret n°2021-1561 du 3 décembre 2021 publié le 4 décembre est relatif à l'obligation d'interopérabilité de l'infrastructure de recharge ou de ravitaillement en carburants alternatifs ouverte au public.

Le décret n°2021-1562 du 3 décembre 2021 paru le 4 décembre porte diverses mesures relatives à la création, à la configuration, à l'installation et à l'approvisionnement des points de ravitaillement en carburants alternatifs ainsi qu'à leur exploitation, aux modalités d'accès aux services et à leur utilisation. Il fixe les exigences applicables aux points de ravitaillement en gaz naturel véhicule (GNV) utilisé sous forme compressée (GNC) ou liquéfiée (GNL), et en hydrogène, quel que soit le véhicule (routier, maritime et ferroviaire).

Bâtiment

L'arrêté du 25 octobre 2021 publié le 28 octobre fixe les montants de l'aide accordée en application du décret n°2021-1070 du 11 août 2021 fixant les modalités d'octroi de l'aide à la relance de la construction durable.

L'arrêté du 21 octobre 2021 paru le 18 novembre modifie l'arrêté du 15 septembre 2006 relatif au diagnostic de performance énergétique pour les bâtiments existants proposés à la vente en France métropolitaine.

L'arrêté du 17 novembre 2021 paru le 25 novembre est relatif à l'agrément des modalités de prise en compte des appareils électriques de production d'eau chaude sanitaire thermodynamique dans la réglementation thermique pour les bâtiments existants.

Le décret n°2021-1548 du 30 novembre 2021 publié le 1^{er} décembre est relatif aux attestations de prise en compte des exigences de performance énergétique et environnementale et à la réalisation d'une étude de faisabilité relative aux diverses solutions d'approvisionnement en énergie pour les constructions de bâtiments en France métropolitaine. Les dispositions du décret s'appliquent à compter du 1^{er} janvier 2022 à la construction de bâtiments ou parties de bâtiments à usage d'habitation, et à partir au 1^{er} juillet 2022 aux constructions de bâtiments ou parties de bâtiments de bureaux, ou d'enseignement primaire ou secondaire ; elles s'appliquent, à compter du 1^{er} janvier 2023, aux extensions de ces constructions et aux constructions provisoires, répondant aux mêmes usages.

Marché "spot" du gaz POWERNEXT

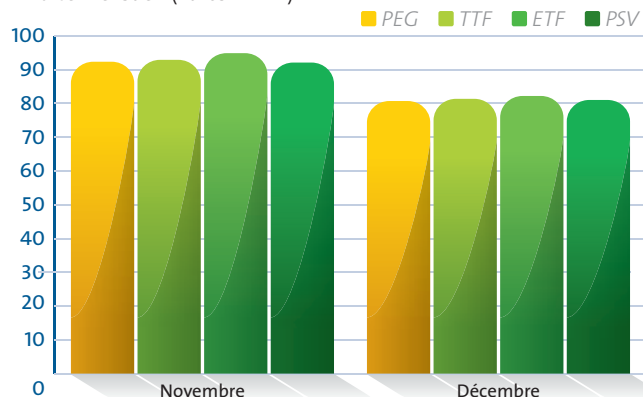
Moyenne journalière des prix (Euros/MWh)



Moyenne du European Gas Spot Index sur les zones PEG, TTF, ZTP, ETF, CEGH VTP, CZ VTP, GPL et NCG

Marché "futures" du gaz POWERNEXT

Indice mensuel* (Euros/MWh)



Moyenne simple des cours de compensation quotidiens du contrat "Front Month" / prochain mois de livraison.

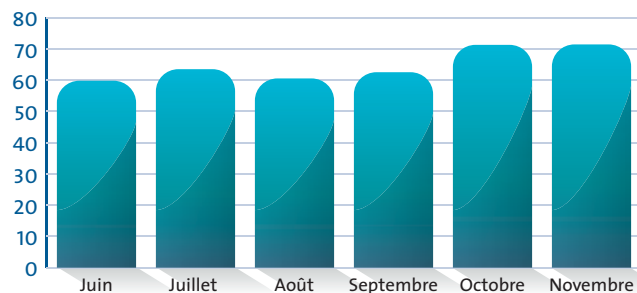
Marché "spot" de l'électricité EPEX

Moyenne journalière des prix Base et prix Pointe (Euros/MWh)



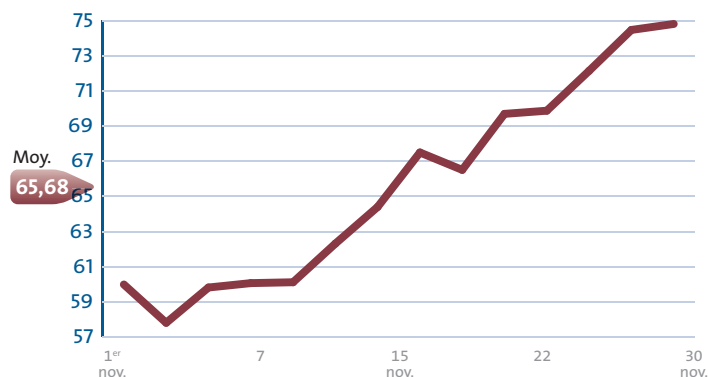
Cours du pétrole Brent

Moyenne des prix mensuels (Euros/Baril)



Marché "spot" du CO₂ EEX

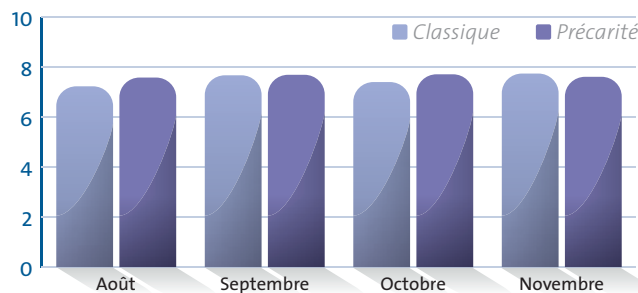
Évolution des prix des EUA* (Euros/t CO₂)



*EUA : European Union Allocations / quotas de CO₂ du système européen
Suite à la fermeture de Bluenext le 5 décembre 2012, nous indiquons les prix des EUA* délivrés sur la place de marché allemande EEX

Prix des Certificats d'économies d'énergie

Prix moyen mensuel de cession sur le registre national EMMY (Euros/MWh cumac)



Parité euro/dollar (Oct. ► Nov. 2021)

1 € = 1,16 ► 1,142\$



Ineo lance une formation dans le nucléaire

Le secteur du nucléaire a de plus en plus de mal à recruter des jeunes. Pour pallier ce manque de main d'œuvre et pour répondre aux besoins de renforcement des compétences des techniciens sur le terrain, Ineo Nucléaire lance une Académie de formation des électriciens nucléaires. Les enseignements seront notamment dédiés à la maîtrise des gestes dans cette industrie, mais aussi aux enjeux autour de la sécurité, de la sûreté et de la qualité. L'académie propose des parcours de formation professionnalisants, des modules d'apprentissages internes à la carte et un catalogue de e-learning. Cette école devrait recruter une soixantaine de personnes chaque année et donner lieu à autant d'embauches en fin de parcours. Dix-sept milles heures de cours par an seront dispensées au sein de sept centres. Ils sont situés en Languedoc, dans la Vallée du Rhône et en Normandie.

© delmo07/Adobe Stock

Des recherches pour démontrer la recyclabilité du combustible MOX usé

Rosatom, le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) et EDF ont signé une déclaration d'intention pour mettre en place une R&D commune dans le domaine du nucléaire civil. Ce partenariat a pour objectif de mener des recherches en laboratoire sur toutes les étapes nécessaires au recyclage du plutonium secondaire provenant du combustible MOX usé dans les réacteurs à neutrons rapides de génération IV. Une fois recyclé, ce plutonium pourrait servir à produire des pastilles de combustible expérimentales, qui seront ensuite irradiées simultanément dans le réacteur de recherche à neutrons rapides, à partir du milieu des années 2020. Ces expériences visent à démontrer la possibilité de recycler dans les réacteurs de recherche à neutrons rapides les matières provenant des combustibles MOX de la génération actuelle de réacteurs à eau légère.



MANERGY

Société d'ingénierie et de conseil en transition énergétique et environnementale

Nous vous accompagnons à travers 3 pôles d'activités et d'expertises :

1 EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DES PATRIMOINES



- Audits
- Stratégie patrimoniale et décret tertiaire
- AMO CPE/MPGP
- Suivi et ingénierie de maintenance
- Maîtrise d'œuvre CVC, Electricité, Rénovation tous corps d'état
- Étude de faisabilité & mise en place EnR&R

2 TRANSITION ÉNERGÉTIQUE DES TERRITOIRES



- Plan photovoltaïque
- Stratégie Energétique territoriale
- Solutions Hydrogène vert
- Schéma directeur Réseaux d'énergie
- Réseaux de chaleur
- Smart city
- Lumière urbaine

3 DÉCARBONATION DES INDUSTRIES & DES INFRASTRUCTURES



- Stratégie & étude de décarbonation
- Ingénierie des process énergétiques
- MOE production ENR&R
- Suivi et ingénierie d'exploitation
- Étude et réalisation clés en main

18 agences locales partout en France pour réussir ensemble votre transition énergétique.

Le captage-stockage de CO₂ prêt

Présenté comme l'une des solutions pour atteindre la neutralité carbone, le captage-stockage de carbone connaît un regain d'intérêt des industriels et du Gouvernement. Cette solution pose pourtant de nombreuses questions, autant sur sa viabilité technologique qu'économique.

Le captage-stockage de CO₂ va-t-il revenir sur le devant de la scène ? Aux côtés des énergies renouvelables, des batteries et de l'efficacité énergétique, il figure parmi les priorités du contrat de filière « *nouveaux systèmes énergétiques* » signé en novembre par le Gouvernement. Objectif : développer en France, à l'horizon 2030, au moins deux projets de taille industrielle. Au début des années 2000, le captage-stockage de carbone avait disparu des écrans radars, la faute en particulier à un prix du CO₂ trop faible pour rentabiliser les projets. « *Mais la société a pris conscience de l'impact du changement climatique* », observe Florence Delprat-Jannaud, responsable à l'institut IFP Énergies nouvelles du programme CCUS (carbon capture, utilization and storage). « *La société a aussi pris conscience que plus on tarde à réduire les émissions de gaz à effet de serre, plus le CCUS devient une partie de la solution.* » De leur côté, les industriels s'engagent à nouveau. En témoignent les annonces faites par Air Liquide et BASF, pour un projet à Anvers en Belgique, et par TotalÉnergies de sa participation à un autre projet aux Pays-Bas (voir encadré).

Une stratégie nécessaire

Pour quantifier l'enjeu, les acteurs du secteur s'appuient sur un scénario publié au printemps dernier par l'Agence internationale de l'énergie (AIE), qui accorde une place conséquente au captage-stockage. Alors qu'aujourd'hui 40 millions de tonnes de CO₂ par an sont captées et stockées dans le monde, il faudrait

grimper à 4 milliards de tonnes d'ici 2035 pour atteindre, selon l'AIE, la neutralité carbone. Soit une multiplication par 100 en 15 ans. En 2050, ce sera 7,6 milliards de tonnes. Toujours selon l'AIE, sur les cinquante prochaines années, 36 % du CO₂ stocké dans le monde proviendraient du secteur électrique, 32 % de l'industrie et 28 % du transport, notamment pour décarboner la production d'hydrogène destinée à la mobilité. Le solde de 4 % serait capté directement dans l'air, grâce à des procédés qui doivent néanmoins encore faire leurs preuves. Et en France ? La Stratégie nationale bas carbone (SNBC) estime à 80 millions de tonnes de CO₂ les émissions qui ne pourront pas être supprimées à l'horizon 2050. Le captage-stockage est envisagé pour 15 millions d'entre elles. Dans une étude publiée l'an passé, l'Ademe a identifié trois principales régions présentant un potentiel dans l'Hexagone : les Hauts-de-France pour 15 millions de tonnes par an, la Normandie pour 6 millions et la Nouvelle-Aquitaine pour 3 millions. « *Les critères pertinents pour développer un projet sont l'absence d'alternative technologique mature à grande échelle, la concentration en CO₂ dans les fumées ou les procédés, et les tonnages* », analyse Guillaume De Smedt, directeur adjoint développement durable d'Air Liquide. « *Lorsque le CO₂ est concentré à plus de 15-20 %, il existe des technologies compétitives.* » Des installations de production d'ammoniac, d'hydrogène ou d'oxyde d'éthylène constituent, par exemple, des cibles de choix pour le captage. « *Il faut aussi*



s'assurer de la disponibilité de sites de stockage suffisamment bien caractérisés. » Techniquement, le captage-stockage est opérationnel. En 2020, dans le monde, 65 projets étaient recensés, dont 26 en opération, ainsi que 34 pilotes et démonstrateurs, recense Florence Delprat-Jannaud. « *Les technologies fonctionnent, mais il y a de gros enjeux de changement d'échelle. C'est un grand saut à réaliser. Il demande encore des efforts de recherche et d'innovation* », pointe l'experte de l'Ifpen.

Deux procédés technologiques

L'institut travaille ainsi sur deux types de procédés. Le premier privilégie les combustions à l'oxygène plutôt qu'à l'air. La réaction se fait alors en l'absence d'azote. En sortie, un flux de CO₂ et de vapeur, ensuite à séparer, est obtenu.

à changer d'échelle ?



Les projets investissent les ports

Air Liquide a annoncé fin novembre que son projet Kairos, mené avec le chimiste BASF, avait été retenu pour recevoir un financement de la Commission européenne. Il vise à capter 14,2 millions de tonnes de CO₂ sur 10 ans sur un site de BASF à Anvers, en Belgique, grâce à un procédé de captage, liquéfaction, transport et stockage en mer du Nord. Autre exemple de projet : Total a noué un partenariat avec des acteurs du secteur gazier (Shell, Energie Beheer Nederland et Gasunie). Baptisé Aramis, leur projet porte sur le développement d'une nouvelle infrastructure de transport de CO₂ pour son stockage offshore, avec notamment un « hub de collecte » dans le port de Rotterdam. La mise en service est prévue en 2026.

Principal défi : alimenter la combustion en oxygène pure, qui est difficile et cher à isoler de l'air. L'extraire de l'air coûte cher. L'Ifpen développe donc avec Total un procédé de « combustion en boucle chimique » où des billes d'oxydes métalliques tournent en boucle pour amener l'oxygène de l'air dans la chambre de combustion. Ce procédé, au stade du pilote en Chine, vise à traiter le CO₂ des fumées de raffineries, de la pétrochimie, des centrales à biomasse ou encore des incinérateurs de déchets. La mise sur le marché n'est envisagée qu'en 2028. Deuxième voie : faire passer les fumées dans un solvant, un liquide à base d'amines. Ce principe est déjà utilisé dans des solutions commercialisées par Axens, filiale de l'Ifpen, pour des fumées très concentrées dans le secteur du gaz naturel par exemple. Cela dit, l'institut

développe un autre procédé pour les hauts-fourneaux, les centrales à biomasse, incinérateurs ou encore cimenteries. Baptisé « DMX », il utilise un solvant censé accroître l'efficacité du captage et fait l'objet d'un démonstrateur à Dunkerque sur un site sidérurgique d'Arcelor Mittal. Sa mise sur le marché est espérée dès 2023-2025. Avec ce démonstrateur, l'industriel ambitionne aussi de préparer la construction d'une première unité industrielle de taille supérieure à 1 million de tonnes de CO₂ captées par an. Et d'étudier la possibilité d'un projet de 10 millions de tonnes par an en Mer du Nord à l'horizon 2035.

Valoriser mais surtout stocker

Une fois capté, il sera certes possible de valoriser le CO₂. « La principale utilisation résidera certainement dans les biocarburants, ensuite dans

sa conversion en molécules chimiques ou en matériaux. Enfin, la dernière voie, qui existe aujourd'hui, est celle de l'agroalimentaire et des serres », présente Florence Delprat-Jannaux. Mais selon l'AIE, seul 8% du CO₂ à capter entre 2020 et 2070 pourra être valorisé. « Pour les 92% restants, il faudra trouver des solutions de stockage. » Plusieurs options sont sur la table. Il existe d'anciens réservoirs d'hydrocarbures, déjà bien connus. Mais les spécialistes s'intéressent aussi aux aquifères salins profonds : quand on injecte du CO₂ dans des roches contenant des saumures, c'est-à-dire des eaux très salées, le CO₂ se dissout, réagit avec la roche et se minéralise. Il existe aussi des sous-sols de basaltes permettant de rapidement minéraliser le CO₂, mais les sites sont peu répandus. « En France, jusqu'ici, les études sont restées assez théoriques à une échelle

► *relativement large. Il faudrait caractériser des sites plus finement* », expose Isabelle Czernichowski-Lauriol, géologue au Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM), spécialiste du stockage géologique de CO₂. Parmi les candidats, figurent d'anciens réservoirs d'hydrocarbures, par exemple dans la région de Lacq (Pyrénées Atlantique), où TotalÉnergies a mené un projet pilote aujourd'hui terminé. Plus largement, « *l'Hexagone possède trois grands bassins sédimentaires où l'on pourrait envisager des sites de stockage : le bassin parisien, le bassin aquitain et la vallée du Rhône* », situe la géologue. Sachant que le stockage peut être réalisé sur le continent, mais aussi au large. Avant d'injecter, il faudra d'abord bien connaître les sites : étudier les caractéristiques des différentes couches géologiques, en particulier la géométrie de la couche réservoir, sa profondeur, son épaisseur, son extension, sa porosité et sa perméabilité. Il sera aussi nécessaire de réaliser des simulations numériques pour comprendre comment le CO₂ va se comporter dans ce réservoir, où il vaut mieux positionner les forages d'injection, etc. Les risques de sismicité, induits par l'injection du CO₂, font également l'objet d'une attention particulière. « *Au moment de caractériser un site, on étudie la nature des roches et la présence de failles. On va prévoir la quantité de CO₂ injectable et n'en introduire qu'une quantité permettant d'assurer l'intégrité et la sécurité de la conservation. On dispose aussi*



d'outils de surveillance, assure Florence Delprat-Jannaud de l'Ifpen. Le risque zéro n'existe pas, mais on sait le contrôler. » Quitte à exclure des zones, comme le Nord de l'Italie.

Une question de coûts

Au-delà de cette multitude de connaissances à acquérir, le principal frein reste cependant le coût du captage-stockage, notamment à cause de son besoin en énergie. C'est tout particulièrement le cas quand il s'agit de traiter des fumées relativement peu concentrées en CO₂, comme dans les centrales biomasse ou les incinérateurs. « *Pour toute technologie de transition énergétique et de décarbonation, la question du coût revient vite à celle de l'internalisation du prix de CO₂ dans l'économie. Pour le captage-stockage, on évalue autour de 100 € la tonne de CO₂ le prix nécessaire pour viabiliser les projets* », chiffre Guillaume De Smedt, d'Air Liquide.

Une analyse partagée : « *l'enjeu porte en effet surtout sur le prix du CO₂* », abonde Samuel Marre, chercheur au CNRS. « *Il existe beaucoup d'aquifères salins sur Terre. De grandes quantités de CO₂ peuvent y être injectées, mais le CO₂ n'y sera pas récupérable, donc pas valorisable.* » Pour changer d'échelle, des infrastructures de transport seront aussi nécessaires. Camions, bateaux, pipelines... Il faudra trouver la solution économiquement optimale. Sans attendre, les chercheurs explorent d'autres voies. « *Une piste consiste à coupler le stockage de CO₂ à la géothermie* », souligne Samuel Marre. Le principe : « *Après avoir prélevé l'eau chaude dans le sous-sol, on la réinjecte plus froide et, au passage, on y incorpore du CO₂.* » Mais dans tous les cas, « *la question de l'acceptabilité sera un point crucial* », juge Pierre-Franck Chevet, président de l'Ifpen. Pour faciliter les projets, le stockage pourrait se faire dans le sous-sol marin plutôt que terrestre, engendrant probablement un surcoût. Quoi qu'il en soit, « *nous allons travailler avec des spécialistes des sciences humaines et sociales pour déterminer quelles questions seront posées* », continue Pierre-Franck Chevet. « *Et comment y répondre, de façon scientifiquement fondée, mais aussi convaincante.* » ●

Du CO₂ dans le bassin parisien ?

Le projet Pilot Strategy coordonné par le BRGM a démarré en mai 2021. Il cherche à caractériser des sites potentiels pour stocker du CO₂ en améliorant les connaissances sur les aquifères salins profonds. Cinq régions industrielles seront étudiées, avec l'objectif de proposer la construction de pilotes dans trois d'entre elles : bassin parisien, bassin lusitanien au Portugal et bassin de l'Ebre en Espagne. Pour les deux autres, en Grèce et en Pologne il s'agit pour l'instant surtout d'améliorer les connaissances sur le sous-sol.

Garder au chaud nos amis les insectes, avant de les manger

D'ici le second semestre 2022 devrait être mis en service le premier site industriel d'élevage et de transformation d'insectes d'AgroNutris en France. L'ensemble des installations énergétiques seront financées, construites et exploitées par Engie Solutions.

Sous l'effet de la croissance démographique continue, la Terre devrait être peuplée de près de 9 milliards de personnes à l'horizon 2050. Pour répondre aux besoins de cette population, une hausse de la production alimentaire humaine et animale est attendue, avec son lot d'impacts sur l'environnement tels que la pénurie de terres agricoles, la raréfaction des ressources hydriques ou encore l'augmentation de la consommation d'énergie. Contenant des protéines, des vitamines et des acides aminés essentiels aux animaux comme aux humains, les insectes comestibles pourraient être l'une des réponses à cet enjeu alimentaire de demain. C'est le pari d'AgroNutris, créée dix ans auparavant et spécialisée dans l'élevage et la transformation de nos cousins à six pattes. Mais si la start-up basée dans les Ardennes est le premier acteur européen à avoir obtenu l'autorisation en janvier 2021 de commercialiser des insectes pour l'alimentation humaine, c'est avant tout sur l'animal qu'elle concentrera sa production (aquaculture et petfood) pour cette décennie. L'ouverture de 9 sites pour ce marché

est ainsi envisagée d'ici 2029. La construction de la première usine de 16 000 m² vient en outre de débiter à Réthel.

Chaleur décarbonée

Pour ce site, AgroNutris s'est associée avec Engie Solutions pour le financement, la construction et l'exploitation de l'ensemble des installations énergétiques. L'élevage et la transformation d'insectes en farine et en huile nécessitent en effet de nombreuses mécaniques : de la chaleur, du froid, de l'air comprimé ou encore de la vapeur. Pour les besoins de chaleur, le choix d'une source renouvelable et décarbonée s'est naturellement imposée. Alimentée par des plaquettes forestières issues d'une filière d'approvisionnement locale (rayon de moins de 100 km), une chaufferie bois d'une puissance de 2 MW fournira ainsi près de 20 GWh/an de chaleur utile sous forme de vapeur. Engie Solutions sera également chargée de la production 7 GWh/an de froid sous forme d'eau glacée. Des systèmes de récupération de chaleur seront mis en place sur les groupes froid et les calories collectées seront valorisées pour l'eau chaude

sanitaire de l'usine. Au total, ces équipements permettront d'éviter l'émission annuelle de 2 690 tonnes de CO₂ par rapport à une installation traditionnelle au gaz.

Gestion énergétique

L'investissement de 14 millions d'euros pour ces installations énergétiques sera porté par Engie Solutions qui en assurera l'exploitation pendant vingt ans. « Un contrat de fourniture et de gestion d'énergie a été signé, à travers une part fixe et des charges variables sur la consommation énergétique avec un certain nombre d'engagements et d'objectifs définis préalablement », indique Damien Terouanne, directeur général délégué d'Engie Solutions. Pour Mehdi Berrada, co-fondateur et président d'AgroNutris, cette gestion énergétique est primordiale et fut au centre des discussions entre les deux partenaires. « L'élevage des insectes nécessite à la fois des conditions précises d'humidité et de température. La maîtrise de ces paramètres est un enjeu important pour garantir une production de 70 000 tonnes d'intrants fin 2023 ». Le volet énergétique de ce projet a reçu le soutien du Fonds chaleur de l'Ademe et a été lauréat de l'appel à projet France Relance. Sur les 14 millions d'euros, Engie Solutions a ainsi bénéficié, en prenant en compte les aides du dispositif des certificats d'économie d'énergie (CEE), d'environ 20 % de subventions. ●

Clément Cygler

► Les premières productions du site industriel porteront sur l'élevage et la transformation de la mouche soldat noire, qui présente plusieurs avantages, notamment un cycle de développement court.



Tester l'hydrogène à grande

Si l'hydrogène doit devenir une clef de voute de la transition écologique, il lui faut des infrastructures sûres et compétitives. Pour arriver à ce résultat, GRTgaz a inauguré FenHyx le 23 novembre 2021, une nouvelle installation, située à Alfortville, qui a pour but de tester l'injection d'hydrogène dans les réseaux gaziers existants.



L'hydrogène va nous aider à relever trois défis majeurs», estime Thierry Trouvé, directeur

général de GRTgaz. Le premier et plus évident : un enjeu climatique, notamment avec « la décarbonation d'un certain nombre de process dans l'industrie ou la mobilité lourdes ».

Ensuite, il servira à relever « un défi économique », en créant une filière industrielle française, ou plus largement européenne. Finalement, il permettra de se maintenir dans une souveraineté énergétique, « en baissant la dépendance aux hydrocarbures et en équilibrant le système électrique ». Pour tenir toutes ces promesses, l'hydrogène a besoin d'une infrastructure fiable et viable. C'est tout l'enjeu de la plateforme FenHyx, pour *Future energy network for hydrogen and mix*.

Deux ans après sa création par GRTgaz, le centre de recherche et développement dédié au gaz renouvelables Rice (*Research & innovation center for energy*) prend de l'ampleur avec ce nouveau projet. L'objectif : être en capacité de convertir une partie des 32 000 kilomètres de canalisations de GRTgaz pour le transport massif d'hydrogène. « Une partie du réseau sera moins utilisée par le méthane, par exemple, et sera donc libre d'être exploitée pour l'hydrogène pur ou en mélange », continue Thierry Trouvé. En collaboration avec d'autres entités et entreprises européennes, il estime que le réseau hydrogène sera

→ La plateforme technologique coûte 4 millions d'euros, dont 400 000 ont été fournis par la région Île-de-France.



constitué environ au deux tiers par celui existant, reconverti. Le contexte économique étant favorable, avec le plan hydrogène de septembre 2020 à 7,2 milliards d'euros et l'ajout de 2 Md€ de France 2030, GRTgaz a décidé de se lancer. Un projet à 4 millions d'euros, dont 10 % de subventions de la région Ile-de-France. Concrètement, FenHyx permettra à GRTgaz de comprendre comment adapter les programmes de maintenance et de construction, une fois l'hydrogène intégré dans les canalisations. « Nos moyens de surveillances actuels, des drones aériens ou des robots dans les canalisations, ne seront peut-être pas adaptés aux mélanges gaz hydrogène. Cela s'applique aussi aux différents composants du circuit : des compteurs, des régulateurs, des compresseurs et de tous les autres équipements de nos installations... Conserveront-ils leurs performances ? », interroge Tanguy Manchec, chargé des activités de recherche et développement autour de ce projet chez Rice. « On ne sait pas du tout ce que l'on va trouver. Il faudra peut-être tout changer, peut-être rien du tout.

Une réponse intermédiaire est tout de même bien plus probable. »

Trois bancs opérationnels

« Il y a trois grandes thématiques à investiguer sur les bancs d'essais de FenHyx à Alfortville, détaille Tanguy Manchec. Une première partie est liée à la performance et au cycle de vie des matériaux. » Une enceinte thermique, un banc d'étanchéité et un bras de manœuvre permettent d'analyser les effets du vieillissement d'un grand nombre d'équipements en jouant sur différents paramètres. Vannes, robinets, compteurs et autres peuvent être poussés jusqu'à 80 bars dans une plage de température s'étendant de -20°C à 80°C, des conditions représentatives des infrastructures des exploitations gazières. « Les niveaux de gaz peuvent être ajustés jusqu'à 100 % d'hydrogène », complète-t-il. Deuxième grand sujet : la protection contre la corrosion des matériaux. Un banc spécifique est dédié au développement et l'analyse de revêtements de protection des canalisations et à l'analyse du comportement des matériaux

échelle



polymères, comme le polyéthylène. L'équipement derrière ces tests, un autoclave électrochimique, permet d'effectuer des essais de longue durée, jusqu'à 100 bar. Enfin une machine de traction de pointe aidera à définir la caractérisation des interactions structurelles entre l'hydrogène et les matériaux des infrastructures. « Elle va soumettre différents échantillons de matière à toutes sortes de tortures, simulant en laboratoire les conditions les plus extrêmes que nous pourrions rencontrer sur les systèmes d'exploitation », décrit Tanguy Manchec. L'hydrogène affectant les propriétés mécaniques de certains matériaux comme l'acier, des essais seront menés avec une force allant jusqu'à 50 kN, dans des atmosphères contrôlées. La machine de traction définira notamment la résistance à des efforts continus ou les propagations de fissures.

► *L'atmosphère des différentes salles de tests est contrôlée, pour faire fonctionner les bancs d'essais à des concentrations d'hydrogène recherchées.*

Deux programmes lancés avant 2022

Ces postes de recherches permettront d'engager deux séries de tests avant la fin de l'année. Un premier portera sur l'étude du vieillissement d'une quinzaine de vannes et de régulateurs sous un mélange gaz hydrogène. Les équipes souhaitent prioriser les équipements les plus courants, qui passeront les tests en priorité. Notamment pour la machine de traction de pointe, l'un des seuls modules européens existant. D'autre part, un programme pluriannuel visera à développer de nouveaux aciers pour les canalisations de transport hydrogène sous haute pression. Plusieurs partenaires gaziers européens sont engagés dans ces deux axes de recherche. « L'objectif de FenHyx est de réduire le coût de R&D pour GRTgaz, mais aussi pour d'autres opérateurs, en

mutualisant les travaux », continue Tanguy Manchec. En effet, les bancs d'essais pourront être utilisés par d'autres entreprises ou entités en fonction de leur disponibilité. De cette manière, GRTgaz estime la rentabilité de son installation sur une dizaine d'années. Sans compter les apports indirects que les recherches apporteront. Le 9 novembre 2021, le comité stratégique de filière des nouveaux systèmes énergétiques a rendu une étude* permettant d'appréhender l'intérêt d'une infrastructure à hydrogène sur la compétitivité de ce gaz. En cas de massification des capacités de production, un réseau reliant les bassins industriels permettrait de réduire le coût de l'hydrogène livré de 10 % d'ici 2030. Avec des connexions aux infrastructures européennes, ce coût serait abaissé de 32 % d'ici 2040. ●

Simon Philippe

Belfort décarbone ses transports en commun

La communauté d'agglomération Le Grand Belfort se dote d'une station de production et de distribution d'hydrogène renouvelable pour verdir ses transports en commun. Elle sera installée au sud de Belfort, sur la commune de Danjoutin. La mise en place et l'exploitation seront réalisées par Hynamics (filiale hydrogène du groupe EDF). La station alimentera au printemps 2023 sept bus à hydrogène, opérés par la régie des transports du territoire de Belfort (RTTB). Dans un deuxième temps, vingt bus supplémentaires seront commandés, ce qui portera le nombre total de véhicules zéro émission, soit 50% de la flotte de l'agglomération. L'hydrogène produit sera aussi accessible aux industriels de la zone. Cette technologie devrait permettre de réduire les émissions de CO₂ de près de 3 000 tonnes par an à partir de 2025.

Une station fournit des énergies vertes et locales à La Roche-sur-Yon



Le Syndicat départemental d'énergie et d'équipement de la Vendée (Sydev) a inauguré le 9 décembre une station multi-énergies vertes et locales à La Roche-sur-Yon. Située sur un ancien site appartenant à Michelin, elle propose aux automobilistes de l'hydrogène vert produit par Lhyfe à Bouin, du bioGNV issu d'unités de méthanisation locales et de l'électricité verte via deux bornes de recharge à grande puissance (150 kW). L'électricité est produite par des centrales photovoltaïques au sol, en toiture et sur ombrières de parking appartenant à la société d'économie mixte Vendée Énergie. Cette installation a nécessité un investissement de 3,2 millions d'euros, financé par l'État, la région, le département, l'agglomération de La Roche-sur-Yon et l'Ademe.



Lhyfe fournira de l'hydrogène à la Deutsche Bahn

Le projet H2goesRail est une initiative menée par l'opérateur allemand Deutsche Bahn et Siemens pour construire un réseau ferroviaire fonctionnant à l'hydrogène. Dans ce cadre, les deux entreprises se sont tournées vers Lhyfe qui va construire un électrolyseur afin de leur fournir ce gaz. L'électrolyseur, livré par le constructeur Green Hydrogen Systems, sera implanté à Tübingen, au centre du land de Bade-Wurtemberg, limitrophe de la Suisse et de la France, pour une mise en marche en 2024. Il sera exclusivement alimenté par de l'électricité issue de sources renouvelables (éolien, solaire et hydroélectricité), pour une capacité de production annuelle de 30 tonnes. À la fin de l'année dernière, la compagnie nationale d'outre-Rhin et Siemens Mobility avaient annoncé une collaboration visant à construire des locomotives alimentées à l'hydrogène pour remplacer les 1 300 trains à diesel en circulation d'ici 2050.

Une étude confirme l'intérêt financier de basculer les trains du diesel vers l'électrique

Presque toutes les locomotives en service aux États-Unis sont propulsées par des moteurs diesel-électriques. Ils émettent 35 millions de tonnes de CO₂, causant environ 1 000 décès prématurés par an. Cette pollution entraîne aussi des dépenses de santé estimées à 6,5 milliards de dollars par an. Ce constat n'est peut-être plus une fatalité. Avec l'amélioration continue des batteries et l'accès à une électricité renouvelable bon marché, le transport ferroviaire américain pourrait se décarboner. C'est en tous cas la thèse défendue par une étude américaine, publiée dans en novembre. Dans celle-ci, quatre chercheurs californiens montrent qu'une autonomie de 241 km peut être atteinte en utilisant un seul wagon couvert standard équipé d'une batterie de 14 MWh et d'un onduleur. Le tout en consommant moitié moins que les trains diesel. Avec la baisse du prix des batteries à court terme, ces trains pourraient vite être économiquement compétitifs avec ceux fonctionnant au diesel, si les externalités négatives (coûts environnementaux et sanitaires) sont prises en compte. En effet, compte tenu de la réduction des polluants atmosphériques et des émissions de CO₂, le passage à la propulsion électrique permettrait au secteur américain du transport ferroviaire de marchandises d'économiser 94 Md\$ sur 20 ans.

Décarboner sans perdre d'emploi

Le Shift Project publie un rapport sur la décarbonation de l'industrie automobile française. Il propose une série de mesures pour préserver la filière tout en relevant les défis énergétiques et climatiques auxquels elle est confrontée.

Dans le cadre de son Plan de transformation de l'économie française (PTEF), qui vise à donner des voies pour décarboner l'économie tout en préservant l'emploi, le Shift Project a rédigé un rapport portant sur l'industrie automobile française*. Le secteur des transports reste le premier émetteur de gaz à effet de serre (GES) du pays avec 30% du total. La voiture particulière est responsable de la moitié de ces rejets. C'est un véritable défi de décarboner le domaine. Il doit donc se transformer rapidement pour répondre à trois problématiques : réduire ses émissions de GES et sa consommation de ressources naturelles, sortir des énergies fossiles et préserver l'emploi. Dans son rapport, Shift Project suggère plusieurs pistes.

Adapter la réglementation

Pour réduire les émissions, les auteurs recommandent d'alléger les véhicules neufs de 300 kg en moyenne. Dans ce but, une modification de la réglementation européenne sera nécessaire. Il est nécessaire de modifier la réglementation européenne. Cette baisse de la masse doit s'accompagner de leviers complémentaires d'efficacité comme l'aérodynamisme, la maîtrise des équipements consommateurs d'énergie et une motorisation à haut rendement, qu'elle soit hybride avec récupération d'énergie ou qu'elle fonctionne à partir de carburants décarbonés, comme à l'électricité. Il faudrait aussi limiter la taille maximale des batteries des véhicules électriques à 50 kWh. L'étude préconise de mettre également en place un affichage obligatoire de l'empreinte carbone de la production des véhicules neufs et l'indication du, ou des pays, de fabrication

afin d'orienter les consommateurs vers des automobiles moins polluantes. « Nous proposons également de poursuivre et de renforcer les dispositifs d'aides spécifiques aux ménages les plus contraints, en revenu et en mobilité », expliquent les auteurs. Les habitudes des conducteurs doivent aussi changer. L'éco-conduite doit se généraliser car c'est un moyen facile à mettre en œuvre qui permet de réduire d'environ 10% les émissions de GES à l'usage. La généralisation des solutions de connectivité pourrait faciliter son suivi et son pilotage. Lorsque c'est possible, il faut que les Français abandonnent la voiture pour passer à des modes de transports alternatifs comme le vélo, notamment à assistance électrique, ou les transports en commun. D'ici 2050, ce report contractera le marché des véhicules neufs : -40% pour les voitures particulières et -20% pour les véhicules utilitaires légers. Cela affectera l'emploi dans la filière. Le Shift Project anticipe de ce fait la destruction de 373 000 postes. Mais cette tendance pourra être amortie en

relocalisant la production des constructeurs français dans l'Hexagone : 32 000 emplois pourraient être sauvés de cette façon. Un soutien organisé au développement d'une filière batterie permettrait aussi de rapatrier 9 000 emplois dans le nouveau modèle économique de l'automobile entièrement électrifiée. L'essor des infrastructures et des services de recharge pourrait créer 20 000 emplois supplémentaires si 10 millions de bornes sont installées. Mais c'est surtout l'essor du vélo qui permettrait de compenser presque en totalité les pertes d'emplois dans l'automobile. Le potentiel est estimé à environ 45 000 ETP dans la filière industrielle vélo et 185 000 ETP dans l'aval (réparation, entretien, etc.). Encore faudra-t-il convaincre les Français d'utiliser massivement ce mode de transport : la part modale du vélo dans les déplacements quotidiens ne dépasse pas les 2%. ●

Olivier Mary

* La transition bas carbone, une opportunité pour l'industrie automobile française ?

► Aujourd'hui, en France, 15 % des émissions de GES sont dues aux voitures particulières.



Les villes africaines connaissent une croissance extrêmement rapide, d'où un besoin énorme en infrastructures de transport. Comment assurer l'essor d'une mobilité efficace, accessible et durable sur le continent ? La question est brûlante et les initiatives nombreuses.

L'Afrique au carrefour des choix de mobilité

Au cours des deux dernières décennies, l'urbanisation en Afrique a augmenté en moyenne de 4,5 % par an. Cette croissance exponentielle devrait projeter d'ici 2050 les principales agglomérations africaines, telles que Lagos au Nigéria ou Kinshasa au Congo, parmi les plus grandes villes du monde. Or les moyens financiers et humains manquent parfois cruellement. En termes de transports publics, pour l'instant quasiment inexistant, l'enjeu est double. En plus de construire une offre, il faut rendre le réseau durable et résilient face au changement climatique. Avant les grands travaux d'infrastructures, il est nécessaire de mettre à plat la gouvernance. « Il faut définir une répartition claire des compétences entre les différentes autorités, avec de préférence une autorité organisatrice, dotée d'un financement pérenne, et un plan stratégique de développement des transports », explique Françoise Rossignol, vice-présidente aux transports de la communauté urbaine d'Arras et représentante du Groupement des autorités responsables de transport (Gart) lors de sa prise de parole au sommet Climate Chance Afrique en septembre 2021. La coalition pour la mobilité durable Mobilize your city ambitionne de créer un tel partenariat entre des bailleurs (France, Allemagne, Union européenne) et des structures publiques. Ainsi, en Tunisie, le programme a permis d'élaborer et d'adopter une politique nationale de mobilité durable dotée de neuf axes stratégiques. Parmi eux,

trois prioritaires sont « la gouvernance de la mobilité durable, le renforcement des compétences des cadres et les modes de financements (voir encadré) », détaille Fathia Neji, directrice de la stratégie et des projets au ministère du Transport tunisien.

Bus ou métro

Dans le contexte actuel de changement climatique, la densification de l'offre de transport public porte un objectif environnemental, puisqu'elle doit permettre de détourner une partie des habitants des transports plus individuels comme les voitures, les motos-taxis ou les minibus. C'est dans ce but, par exemple, que sont développées des lignes de bus rapides de transit (BRT). Ces derniers circulent sur des voies spécifiques aménagées sur les grands axes. De nombreuses villes africaines en ont lancé : Dakar au Sénégal, Lagos, Abidjan en Côte d'Ivoire, Dar es Salaam en Tanzanie... D'autres travaillent sur des lignes de métro, comme Sfax en Tunisie, ou encore des lignes de tramway.

Verdir les énergies

À cela s'ajoute une réflexion sur la limitation des émissions des gaz à effet de serre (GES) produits par les transports publics. De nombreuses initiatives explorent la mobilité électrique ou l'adoption de carburants plus propres, avec des normes strictes. À Ouagadougou au Burkina Faso, « nous avons acquis 300 bus de différents gabarits, et nous travaillons au développement d'une filière locale de production de biocarburant », expliquait le maire de la ville

Armand Pierre Roland Béouindé lors du sommet Climate Chance. Outre les transports publics, l'idée est aussi de moderniser les transports informels tels que les motos-taxis ou les véhicules individuels. Les deux et trois roues sont en effet les modes de transport les plus utilisés aujourd'hui dans la plupart des villes africaines. « Dans la capitale burkinabé, la moto représente 65 % des déplacements motorisés », poursuivait Armand Pierre Roland Béouindé. Une initiative du programme des Nations Unies pour l'environnement (Pnue) consiste ainsi à introduire des deux et trois roues électriques dans des pays d'Afrique (Éthiopie, Maroc, Kenya, Rwanda et

L'offre de transport public vise aussi à modifier les habitudes, « dans la capitale burkinabé, la moto représente 65 % des déplacements », décrit son maire

Ouganda) et d'Asie. En mars 2021, le Kenya recevait ses premières motos électriques des mains du Pnue. « L'objectif est de parvenir à une part de 5 % de mobilité électrique d'ici à 2025 », expliquait le site Afrik21. Toutefois, l'électrification des flottes n'est pas partout synonyme de réduction des émissions de GES. « Aujourd'hui le mix énergétique est encore très carboné dans la plupart des pays d'Afrique », rappelle Lise Breuil, responsable de la division transport et mobilité à l'Agence française de développement (AFD). Selon



elle, il peut être plus intéressant de se tourner vers d'autres solutions dans certains cas. « Par exemple, le Conseil exécutif des transports urbains de Dakar réfléchit à ce que les BRT soient électriques, et que le réseau de bus secondaire utilise plutôt du gaz naturel. Cela offrirait un équilibre plutôt bon entre la facilité d'exploitation, le coût, la pollution et le climat. »

L'AFD examine désormais systématiquement l'opportunité de la motorisation électrique au travers de son coût, sa faisabilité et ses impacts. « S'il y a un réseau électrique à proximité, le plus simple est de s'y connecter et de verdir le mix. Si ce n'est pas le cas, on pourra envisager le couplage avec de la production d'énergie renouvelable, comme le photovoltaïque. Mais il ne vaut mieux pas complexifier encore les projets de transports publics en les mélangeant avec des projets d'énergies renouvelables », estime Lise Breuil. Fathia Neji va dans le même sens : « Nous cherchons à baisser ces émissions et notre consommation d'énergie. Mais si du côté du ministère des Transports nous travaillons à massifier les flux, à remonter la qualité du service public et la sécurité, ce sont surtout les structures chargées de la maîtrise de l'énergie qui mènent les réflexions et le travail de verdissement

de la production d'électricité. Ces deux actions se font en parallèle. »

Transports doux

Autre piste d'amélioration à prendre au sérieux : les transports doux. La marche se taille pour l'instant la part du lion dans les déplacements de la plupart des villes africaines, mais elle a encore une place minime dans les aménagements. C'est en train de changer. « Nous travaillons sur un plan de mobilité urbaine soutenable, dans lequel nous souhaitons prendre en compte les modes actifs comme la marche, qui représente 70% des déplacements à Dakar. Nous voulons aussi encourager l'usage du vélo, très faible aujourd'hui, grâce à des aménagements adaptés », projetait ainsi Khadim Cissé, directeur des études de stratégie du Conseil exécutif des transports urbains de Dakar (Cetud) lors du sommet Climate Chance. Les défis sont donc immenses et multiples. Comme le souligne Lise Breuil, « il est important d'avoir une approche du système de mobilité dans son ensemble, d'envisager sa capacité à fournir un accès pour tous aux opportunités économiques et sociales, efficacement, de manière sûre et en minimisant l'empreinte carbone ». ●

Caroline Kim

Multiplier les pistes de financement

Pour financer les grands projets d'infrastructures, le recours à la dette souveraine est de plus en plus difficile. Certes, les bailleurs internationaux se mobilisent sur le sujet ; toutefois, les acteurs publics africains explorent aussi d'autres pistes. En Tunisie, « un fonds national de mobilité urbaine va être créé, et sera alimenté en partie par le budget de l'État, en partie par des prélèvements fiscaux réorientés. Il sera utilisé par étape : tout d'abord pour accompagner les collectivités dans l'élaboration de leur gouvernance et la formation de leurs cadres. Puis pour réaliser des études stratégiques sur les réseaux de transport. Enfin, peut-être pour accompagner la réalisation de quelques grands projets structurants », annonce Fathia Neji, directrice de la stratégie et des projets au ministère du Transport. Une autre piste intéressante de financements peut être le partenariat public-privé (PPP). Ce modèle, parfois très critiqué, peut toutefois être une solution pour assurer la mise en route rapide de projets complexes. Il a déjà été souvent utilisé en Afrique, et parfois dans les transports, à l'image du train express régional de Dakar. En Tunisie, cela pourrait être bientôt le cas du métro de Sfax : les appels d'offres sont en train d'être finalisés. Enfin, autre possibilité évoquée par Fathia Neji, la mobilisation de Fonds verts pour le climat. Ce mécanisme onusien transfère des ressources financières des pays riches vers les plus vulnérables pour mettre en place des projets luttant contre les effets des changements climatiques.

Optimisez vos consommations énergétiques pour agir sur l'environnement!

2 programmes vous aident à passer à l'action.

PROREFEI

**Le programme de montée
en compétences dédié aux salariés
en charge de l'énergie**

- dans toute la France
- prise en charge jusqu'à **100%**
- déjà **400 entreprises**
bénéficiaires



**Une prime pour financer l'adoption
d'un système de management
de l'énergie ISO 50001**

- jusqu'à **40.000 euros**
- déjà **200 entreprises**
bénéficiaires

Pourquoi pas vous ?

www.prorefei.org — www.pro-smen.org

Porteur



En collaboration avec



Financeurs



énergie^{Plus}

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 CO₂ 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 : 900 € H.T./an par module de 5 cm de haut. Autres tailles : nous consulter.

LUBRIFIANTS

Q8 Oils

**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



**SHELL
LUBRICANT
SOLUTIONS**

- **OPTIMISEZ** votre maintenance,
- **MAXIMISEZ** la disponibilité de votre matériel,
- **RÉDUISEZ** vos coûts d'exploitation,
- **AUGMENTEZ** votre profitabilité.



Société des Pétroles Shell - Tour Pacific - La Défense - 11713 cours Valéry
- 92800 PUTEAUX - SAS au capital de 514 934 496 euros
- RCS Nanterre 760 130 175

Contactez Shell via
Shell-Lubrifiants-France@shell.com
pour toute information complémentaire.

MÉTHANISATION ET VALORISATION DU BIOGAZ

Clarke Energy
GROUPE KOHLER
Ingénierie - Installation - Maintenance



Cogénération :
Moteurs Jenbacher

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

Injection :
production de biométhane & récupération du CO₂ : TPI

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

JENBACHER TPI QUALIMétha



2G

Le spécialiste de la cogénération

- Biogaz, Gaz naturel et Hydrogène
- 20 kW_{el} à 2 MW_{el}
- Solutions clés en main
- Service de proximité
- 4.000h d'intervalle de maintenance

2G Energie SAS
Tél.: +33 (0) 2 23 27 86 66 | www.2-g.fr

APESA CRT
Centre technologique
au service des transitions
apesa.fr

Méthanisation, compostage	R&D
Évaluation environnementale	PRESTATIONS
Acceptabilité sociétale	FORMATION

RÉCUPÉRATION DE CHALEUR

BOOSTHERM
Heat Recovery Systems

Boostez vos économies d'énergie

**Solutions de récupération de chaleur
sur groupes de production de froid**

Une gamme complète

- Systèmes plug and play
- Stockage d'eau chaude
- Large choix d'émetteurs de chaleur
- Solutions pré-dimensionnées et packagées pour répondre aux nouvelles exigences du marché

Notre équipe vous accompagne

- Etudes, conseils et préconisations
- Assistance au dimensionnement
- Projets spécifiques et sur mesure
- Montage de vos dossiers C2E

www.boostherm.com / contact@boostherm.com
Tel : 03.80.48.60.16

SOLUTION DE FINANCEMENT

REALEASE Capital Adhérent **atee**
Agility for business depuis 2019

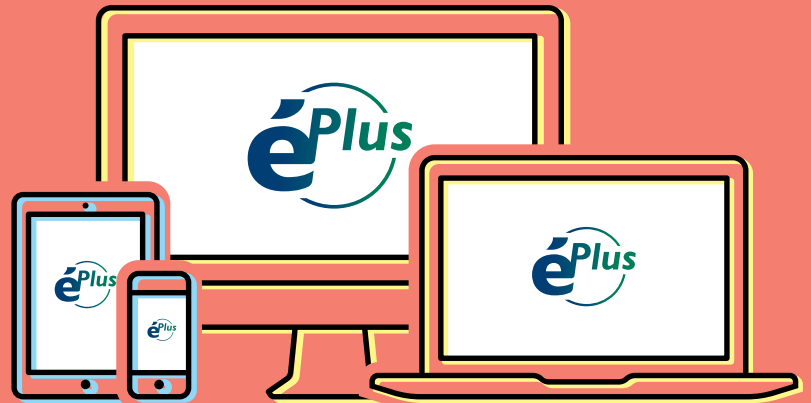
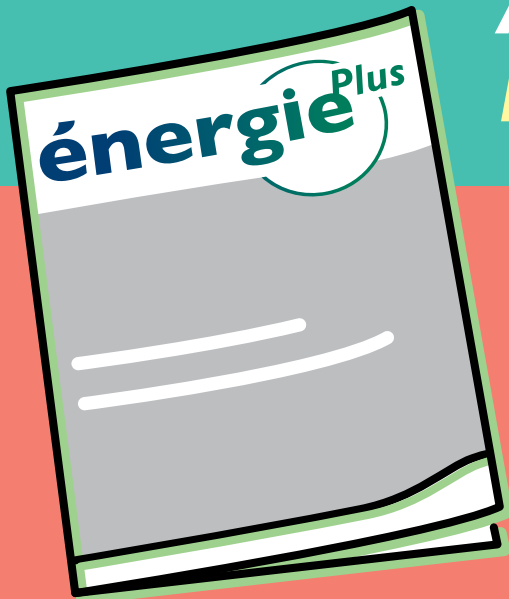
Spécialiste de la location pour les professionnels depuis plus de 30 ans, REALEASE Capital propose des solutions de financement sur mesure, souples et évolutives dans tous les domaines.

**L2E EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE
OFFRE CEE + LOCATION**

- Industrie
- Solutions Mobilité
- Santé
- Informatique - IT

www.realease-capital.fr - contact@realease-capital.fr

Abonnés Énergie Plus, *lisez aussi en version digitale*

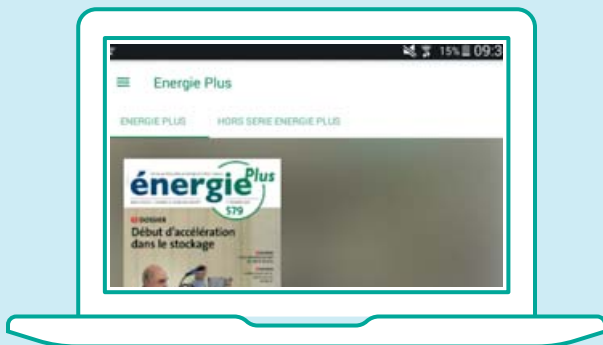


Sur Internet

Connectez-vous à lire.energie-plus.com

Puis renseignez votre e-mail
et votre mot de passe*.

Sélectionnez le numéro que vous
souhaitez lire. Vous bénéficiez aussi
d'un mode recherche et de la possibilité
d'une lecture audio !



Sur App Store et Google Play

Cherchez en indiquant

puis téléchargez
l'application

Connectez-vous en
renseignant votre e-mail
et votre mot de passe*.

Sélectionnez le numéro
d'Énergie Plus que vous
souhaitez lire dans le
Kiosque.

Il se charge alors dans
"Mes éditions" où vous
pouvez aller le feuilleter.



Une lecture facile

Quel que soit votre appareil (ordinateur, tablette, smartphone), il vous suffit de cliquer ou d'appuyer longuement sur un article pour qu'il se charge dans un mode de lecture adapté à l'écran. Zen...

* votre e-mail est celui que vous avez renseigné lors de votre abonnement à Énergie Plus. Un message vous a été envoyé avec un mot de passe personnel à partir de contact@atee.fr. Si vous n'avez pas renseigné votre e-mail lors de l'abonnement, merci de l'envoyer à a.giroux@atee.fr en précisant vos nom, prénom et numéro d'abonné (ABOXXXXX).

Logiciel de conciergerie CEE



Notre logiciel administre les dossiers des obligés automatiquement.

CONTRÔLEZ

automatiquement
les documents

FÉDÉREZ

des dizaines
de mandataires

FACILITEZ

l'expérience
client

SÉCURISEZ

facilement la
qualité de vos
dossiers

RECRUTEZ

des centaines
d'installateurs

ENCADREZ

vos équipes
internes

OSEZ

les partenariats
fabricants et distributeurs

Des dizaines de Téra et plusieurs milliers de dossiers sont produits chaque année, grâce aux liens durables tissés directement entre acteurs sur la plateforme.

Vous aussi, prenez place dans l'écosystème CEE.

Contactez-nous au 01 82 28 72 03 pour en savoir plus

contact@consoneo.com

Siège social : **PARIS**

Support partenaires et R&D : **BORDEAUX**