

énergie ^{Plus}

MAÎTRISER L'ÉNERGIE DURABLEMENT

15 FÉVRIER 2022

679



17 DOSSIER

Stockage d'électricité, la filière en marche

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)
• Secrétaire de rédaction :
Simon Philippe (35 44)
• Diffusion-abonnements :
Alexandre Giroux (01 46 56 35 40)
a.giroux@atee.fr
• Photo en couverture :
© Olivier Guin/Énergie Plus

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 : 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



Infos pros

- 4 À lire. Le site. Nominations. Téléx
- 5 Agenda. Les rendez-vous de l'ATEE.
- 6 En bref
- 8 Malgré la crise, les investissements climat se maintiennent
- 10 EnR électriques : la France toujours en retard
- 12 Pour WWF, un tiers de l'énergie de 2050 proviendra de la biomasse
- 13 En image : Energy Observer développe un cargo à hydrogène
- 14 Le prix des énergies

Dossier spécial stockage

- 16 En bref
- 17 **Le marché mondial des batteries en plein essor**
- 20 **Panorama des gigafactories européennes**
- 22 Volants d'inertie et batteries lithium-ion pour le réseau hollandais
- 23 En bref
- 24 Stocker de l'électricité sous la mer ?
- 25 Pour renouveler ses groupes électrogènes, Enedis mise sur les batteries
- 26 **Des véhicules pour équilibrer le système électrique**
- 28 Forsee Power pour une électromobilité durable

30 Répertoire des fournisseurs



Un risque de pénurie avéré

Clément Cygler, rédacteur en chef

Le développement des applications de stockage stationnaire et de la mobilité électrique va engendrer un besoin conséquent de production de batteries. La question de l'accès aux matières premières pour leur fabrication se pose et est même de plus en plus pressante. Selon le rapport « Sécurisation de l'approvisionnement en matière premières minérales » de l'industriel Philippe Varin, remis au Gouvernement français mi-janvier, l'Europe ne produira pas plus de 30% de ses besoins en minerais stratégiques pour les batteries électriques en 2030. Lithium, cobalt ou nickel devront donc être importés massivement pour répondre à ces nouveaux besoins. Et au vu des nombreuses annonces de projets de gigafactories en Europe – une petite quarantaine prévue –, le risque de pénurie en minerais pourrait même être renforcé dans un avenir proche. Suite aux conclusions de ce rapport, le Gouvernement français a souhaité rapidement réagir et a défini plusieurs propositions

d'actions. Parmi celles-ci, le lancement des travaux préparatoires à la constitution d'un fonds d'investissements dans les métaux stratégiques pour la transition énergétique, la constitution d'un observatoire des minerais critiques ou encore l'élaboration d'une feuille de route technologique, partagée entre les industriels et la recherche publique, relative aux métaux des prochaines générations de batteries. Le plan d'investissement France 2030 mobilisera par ailleurs une enveloppe de 1 milliard d'euros (500 millions d'euros d'aides d'État et 500 millions d'euros de fonds propres) « pour renforcer la résilience du tissu industriel sur les chaînes d'approvisionnement en métaux ». Cette somme permettra entre autres de financer l'ouverture d'un premier appel à projets ciblé sur les minerais à destination des filières industrielles stratégiques. Mais est-ce que cela sera suffisant pour combler le retard de la France, et plus largement de l'Europe, par rapport à des pays comme la Chine ? Rien n'est moins sûr !

ENTREPRISES ET ACTEURS PUBLICS CITÉS DANS CE NUMÉRO

ACC	20, 21	CATL	21	FEE	9, 11	NEOEN	16	SK INNOVATION	21
ADEME	8, 11, 16	CEA	6, 16	FNCCR	10, 11	NISSAN	26	SNCF	8
AESC	20	CNRS	6	FORCAST	23	NORTHVOLT	21	SOLAGRO	12
AIE	18	COMMISSION EUROPÉENNE	7	FORSEE POWER	28	NUVVE	26	SUEZ	4
AMELIA	4	CRE	10, 23	FRAUNHOFER INSTITUT	7	OBSERVER	10, 11	SVOLT ENERGY	21
ARCADIS	23	DORÉMI	8	HAFFNER ENERGY	4	OCTOPUS ENERGY GROUP	4	TESLA	20, 21
ARCELORMITTAL	5	DREAL	11	I4CE	6, 8, 9	OID	6	TOTALENERGIES	4
ARTELYS	16	DREEV	19, 26, 27	IDDR1	6	ORÉE	4	UNIVERSAL HYDROGEN	4
ATEE	16	EDF	19, 23, 25, 26, 27, 28	IMT ATLANTIQUE	24	PHI4TECH	20	UNIVERSITÉ PAUL SABATIER	7
AUDI	16	ENEDIS	25	INOBAT AUTO	21	PLUM ENERGIE	4	VEOLIA	4
AVERE-FRANCE	16	ENERGY OBSERVER	13	KAYRROS	6	RÉSEAU ACTION CLIMAT	7	VERKOR	20
BALLARD	28	ENERTECH	8	LECLANCHÉ	22	RTE	16, 17, 18, 19, 26, 27	VIA SÉVA	4
BANQUE DES TERRITOIRES	7	ENVISION	20	LG CHEM	21	RWE	16	VOLKSWAGEN	21
BLOOMBERGNEF	19	EPIC FUEL	5	MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE	4	SAFT	16	VOLVO	21
BOEING	5	ESA	6	MITSUBISHI	28	SAMSUNG SDI	21	WEST MIDLANDS GIGAFACTORY	20
BRITISHVOLT	20	FARASIS	21	MORROW	21	SEGULA TECHNOLOGIES	17, 24	WWF	12

À lire

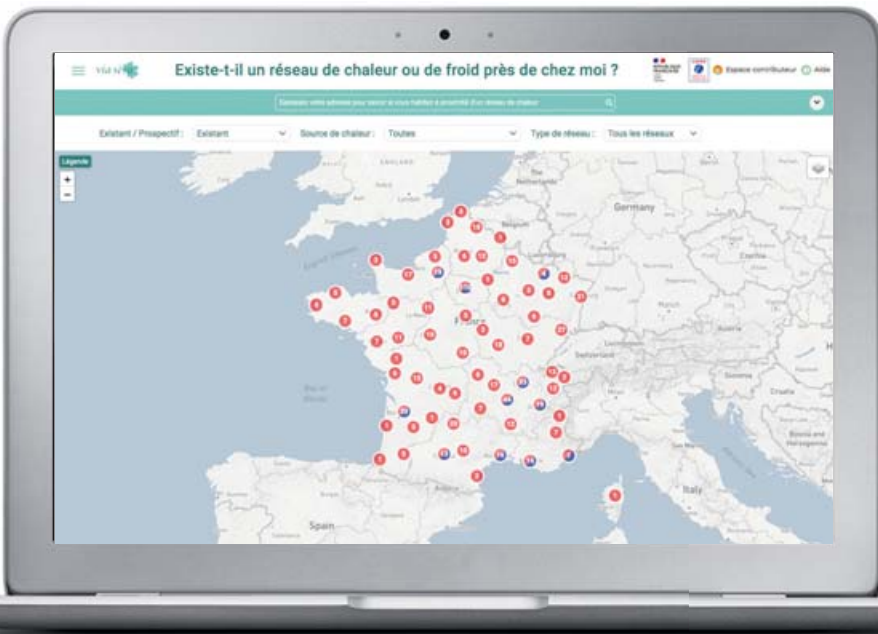
Vers une gouvernance d'entreprise durable : comment renforcer la prise en compte des enjeux environnementaux au sein des instances de gouvernance ?

Collectif, Orée, 68 pages, gratuit



Pour gérer une entreprise de manière durable, il faut intégrer les enjeux environnementaux dans l'orientation et la gestion de l'ensemble de ses activités et de son écosystème. Or, les dirigeants n'ont pas forcément toutes les clés pour y parvenir. Pour les aider dans leurs prises de décision, Orée publie avec le soutien du ministère de la Transition écologique ce rapport qui présente une analyse des règles et des usages en matière de gouvernance d'entreprise durable. Il partage des bonnes pratiques et formule des pistes d'actions pour accélérer la transition écologique des entreprises et faire collectivement avancer le sujet. Il est divisé en quatre grandes parties correspondant à des thèmes identifiés au sein du groupe de travail « Gouvernance d'entreprise durable » piloté

par Orée : renforcer la prise en compte des enjeux environnementaux par les instances dirigeantes ; intégrer ces enjeux dans les décisions stratégiques ; accélérer l'atteinte des objectifs durables par les politiques de rémunération ; favoriser l'engagement des investisseurs sur les sujets environnementaux. Enfin, ce rapport préconise dix-huit pistes d'actions réparties entre ces quatre thématiques. S'il vient d'être publié, ce n'est pas un hasard de calendrier. En effet, un travail d'amélioration et d'harmonisation du cadre réglementaire en matière de droit des sociétés et de gouvernance d'entreprise est actuellement mené au niveau européen au travers du paquet législatif sur la gouvernance d'entreprise durable. Celui-ci devrait être prochainement rendu public.



Le site

<https://carto.viaseva.org>

Pour encourager les raccordements à des réseaux de chaleur et de froid, Via Sèva met en ligne une cartographie nationale répertoriant l'ensemble des 750 installations existantes. En quelques clics, il est possible de déterminer si un réseau passe à proximité, quel est son mix énergétique ou son contenu en CO₂. Ces informations peuvent aider les ménages à savoir si le raccordement peut améliorer leur diagnostic de performance énergétique (DPE). Lors de l'actualisation des données et des tracés, de nouveaux éléments ont été apportés à la cartographie de Via Sèva : ils précisent notamment le taux d'énergie renouvelable. En effet, les réseaux alimentés par plus de 50 % d'EnR peuvent bénéficier d'une TVA à 5,5 %.

Nominations

▶ **Sabrina Soussan** a pris le 1^{er} février la direction générale de Suez.

TÉLEX

/// Pour aider à la décarbonation de l'événementiel, les pouvoirs publics et les principales organisations professionnelles de la transition vers l'économie circulaire /// **TOTALENERGIES** et **VEOLIA** s'associent pour développer et co-investir dans un 2025 /// **HAFFNER ENERGY** lance son introduction en bourse sur Euronext Growth à Paris /// **UNIVERSAL HYDROGEN** et **AMELIA** objet l'achat de trois kits de conversion hydrogène pour des ATR 72-600 exploités par Amelia /// Le britannique **OCTOPUS ENERGY** carburant aviation durable pour ses activités commerciales ///

En bref

Un plan d'action pour décarboner l'industrie



Le premier ministre Jean Castex a annoncé, lors d'une visite sur le site ArcelorMittal de Dunkerque, le plan d'action de son gouvernement pour décarboner l'industrie et assurer le respect des engagements climatiques de la France. L'objectif de ce plan est de réduire les émissions industrielles de 26 millions de tonnes/an d'ici à 2030 tout en sauvegardant l'emploi. Il s'inscrit dans le cadre de France 2030, qui a été doté de plus de 50 milliards d'euros pour la période 2022-2027. La moitié de cette somme sera consacrée à des acteurs porteurs d'innovation et l'autre moitié à la décarbonation de l'économie, sans dépense défavorable à l'environnement. 5,6 milliards d'euros seront spécifiquement dédiés à la décarbonation de l'industrie et 610 millions d'euros financeront l'innovation et le déploiement de technologies pour une industrie bas carbone. Dans le cadre de ce soutien à l'innovation, quatre appels à projets visant à améliorer les procédés industriels sont lancés. Ils doivent aider des initiatives de recherche, de développement de pilotes industriels et de démonstrateurs destinés à transformer l'industrie. Des fonds sont également réservés pour accompagner des démarches territoriales de diagnostic afin de construire des partenariats dans les bassins industriels qui regroupent plusieurs grands sites émetteurs et pour identifier les infrastructures qui devront y être adaptées.

5 Md€ supplémentaires serviront à fournir des aides directes au déploiement de solutions de décarbonation des sites industriels (hydrogène, capture et stockage de carbone) pour les sites les plus émetteurs comme pour les entreprises plus modestes. De plus, 1 Md€ sera fléché vers des technologies matures. Ces investissements de l'État s'appuient sur la mobilisation sur le terrain des industriels qui souhaitent faire de la décarbonation un levier de compétitivité économique. Le Comité stratégique de filière « mines & métallurgie » vient notamment de présenter un « plan acier ». Élaboré avec les services de l'État, il identifie les actions climatiques et environnementales à mener en collaboration entre industriels, pouvoirs publics et organisations syndicales. Il met aussi l'accent sur l'équité des relations commerciales et le développement de l'emploi et des compétences dans le secteur.

secteur ont signé un décidé de s'engager ensemble à travers un « *Engagement pour la croissance verte en faveur* portefeuille de projets internationaux avec l'ambition de produire jusqu'à 1,5 TWh de biométhane par an d'ici à signent un protocole pour entamer la décarbonation du transport aérien régional en France. Cet accord a pour **GROUP** a annoncé l'acquisition de **PLÛM ÉNERGIE** /// **BOEING** a acheté à **EPIC FUEL**, 7,5 millions de litres de

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 nationaux

CLUB C2E

22 février - 14h à 15h30 en ligne
Webinaire : « CEE News »

JRI BIOGAZ ET MÉTHANISATION

15-17 mars – Lyon
L'événement organisé en présentiel peut néanmoins être suivi en ligne. Inscriptions obligatoires en ligne avant le 10 mars sur le site de l'ATEE

Événements régionaux

ATEE BOURGOGNE-FRANCHE-COMTÉ

4 mars - 11h à 12h30 en ligne
Webinaire : « Efficacité énergétique face à la flambée des prix de l'énergie »

ATEE NOUVELLE AQUITAINE

4 mars - 14h à 15h30 en ligne
Webinaire : « Nouvelle période CEE, quelles opportunités pour le secteur de l'industrie ? »

ATEE ÎLE-DE-FRANCE

8 mars - 8h30 à 11h00 en présentiel
Table ronde : « Construction bas carbone : vers de nouvelles pratiques »

ATEE AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

8 mars - 14h à 15h30 en ligne
Webinaire : « Nouvelle période CEE, quels impacts pour le secteur de l'industrie ? »

Agenda

18-22 MARS – COLMAR

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

30-31 MARS – NANTES

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

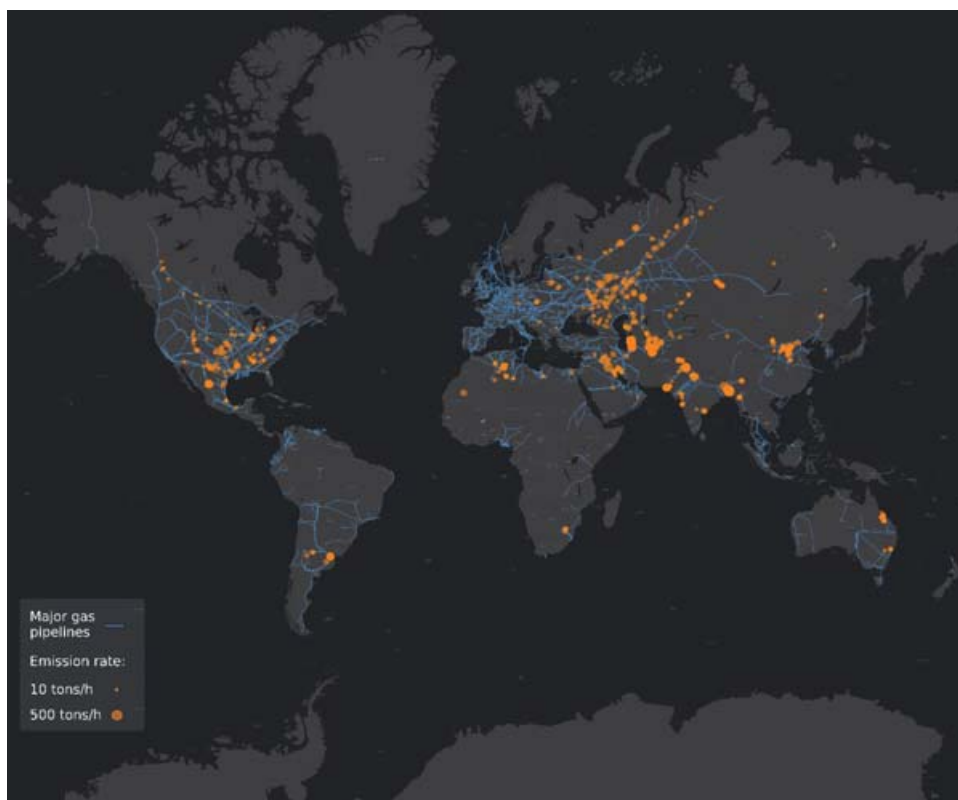
31 MARS – PARIS

→ **Enerj-meeting Paris 2022**
www.enerj-meeting.com

Des pistes pour la transition agricole de l'UE

L'Iddri et d'14CE ont publié une étude dans laquelle ils identifient plusieurs conditions pour que le système européen de rémunération et de certification du carbone agricole soutienne les objectifs de la stratégie européenne « de la fourche à la fourchette » et de la stratégie biodiversité de l'Union européenne. Dans ce document, les deux organisations préconisent d'entamer la transition des systèmes agricoles en adoptant une approche plus large que si elle était uniquement basée sur le carbone.

Selon le rapport, il faut réduire toutes les émissions de gaz à effet de serre, renforcer la séquestration du carbone dans les sols et des infrastructures agroécologiques, promouvoir la diversification des agroécosystèmes et réduire la dépendance globale des systèmes agricoles aux intrants externes et de synthèse. En outre, la transition agricole ne peut se faire sans une réduction de la consommation et de la production de produits animaux dans l'UE. En effet, l'alimentation animale constitue aujourd'hui une proportion importante de la biomasse (43 %) utilisée dans l'UE (contre 13 % pour l'alimentation humaine, 23 % pour les biomatériaux et 20 % pour l'énergie).

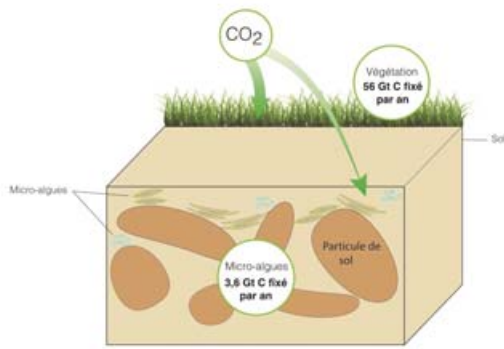


Des émissions de méthane détectées depuis l'espace

Une étude internationale impliquant des chercheurs du CNRS, du CEA et la société Kayrros révèle des centaines de fuites majeures de méthane (CH_4) liées à l'exploitation du pétrole et du gaz. Les scientifiques ont analysé des milliers d'images produites quotidiennement pendant deux ans par le satellite Sentinel-5P de l'Agence spatiale européenne (ESA). Ils ont répertorié 1 800 panaches de méthane dans le monde, dont 1 200 ont été attribués à l'exploitation d'hydrocarbures. Ces fuites auraient un impact climatique comparable à celui de la circulation de 20 millions de véhicules pendant un an. En effet, le CH_4 a un pouvoir de réchauffement sur 100 ans trente fois supérieur à celui du CO_2 . Les scientifiques suspectent des rejets plus importants car le satellite n'est capable de détecter que les panaches les plus massifs. Les rejets repérés pourraient donc ne représenter que 10 % du total. Les chercheurs préconisent de colmater ces fuites. Selon eux, cela ne serait pas particulièrement coûteux. L'étude montre au contraire que les limiter serait synonyme de milliards de dollars d'économies nettes pour les pays qui en sont responsables. Ces travaux insistent aussi sur la nécessité d'introduire un système de surveillance atmosphérique fiable qui permettrait de suivre les émissions de façon systématique et d'estimer l'impact des mesures locales destinées à les réduire.

Baisse de la consommation des immeubles de bureau

L'Observatoire de l'immobilier durable (OID) a présenté les résultats de son baromètre 2021 de la performance énergétique et environnementale des bâtiments de bureaux, résidentiels, de logistique et les centres commerciaux. Calculés à partir de 23 300 bâtiments, les indicateurs portent sur la consommation énergétique, les émissions de gaz à effet de serre, la consommation d'eau et la production de déchets observées entre 2018 et 2020. Comme l'année dernière, la tendance est à la diminution des consommations énergétiques sur l'ensemble des bâtiments, à l'exception des centres commerciaux. Pour cette édition, l'OID fait un focus sur les bureaux. Avec la crise sanitaire, la consommation énergétique de ces bâtiments a baissé de 10 %. Compte tenu de la généralisation du télétravail depuis deux ans, l'OID estime que ce résultat est plutôt en demi-teinte. Selon l'observatoire, cela est dû à deux raisons principales. Tout d'abord, les exploitants ont conservé leurs locaux à des températures constantes malgré leur vacance, ce qui a limité les économies d'énergie. Ensuite, la situation sanitaire a contraint les employeurs à prioriser la santé de leurs occupants en faisant fonctionner les appareils de ventilation 7 jours sur 7 et 24 heures sur 24, ce qui alourdit la facture énergétique des bâtiments.



Les algues microscopiques indispensables au cycle du carbone

Les algues microscopiques présentes dans le sol captent environ 3,6 gigatonnes de carbone par an, soit 30% des émissions de CO₂ émis par l'Homme. C'est ce qu'indiquent des scientifiques du Laboratoire écologie fonctionnelle et environnement de l'université Paul Sabatier de Toulouse dans une étude publiée dans *The new phytologist*. Ces résultats montrent le rôle fondamental que jouent ces micro-organismes dans les sols et prouvent que la photosynthèse microbienne n'est pas seulement une composante majeure des écosystèmes aquatiques, mais aussi de la plupart des écosystèmes terrestres. Ils soulignent surtout que ces algues sont des organismes clés pour le cycle mondial du carbone.

La Banque des territoires publie des données sur les plans de relance sectoriels

La Banque des territoires déploie depuis 2020 des plans de relance sectoriels pour soutenir, accompagner les territoires et leur permettre de se projeter dans une croissance durable. Elle met désormais à la disposition de tous, sur le portail open data de la Caisse des dépôts, des données relatives à la mise en œuvre de ses plans : le réalisé financier (investissements en fonds propres et prêts), des indicateurs extra-financiers et des mesures phare associées aux plans. Ces données seront mises à jour tous les trimestres.

Le gaz et le nucléaire classés dans les énergies vertes

La Commission européenne a publié sa proposition de taxonomie (voir *Énergie Plus n°665*) qui recommande de classer le gaz et le nucléaire comme des énergies vertes. « Pour atteindre la neutralité climatique d'ici à 2050, l'UE a besoin d'un volume très important d'investissements privés. Sur la base d'avis scientifiques et de l'état actuel des technologies, la Commission estime que les investissements privés dans des activités gazières et nucléaires ont un rôle à jouer dans la transition », explique Bruxelles dans un communiqué. Les autorités européennes considèrent que ces deux sources d'énergie sont conformes aux objectifs climatiques et environnementaux de l'UE et permettront de délaisser plus rapidement des activités plus polluantes, telles que les centrales à charbon. Sans surprise, cette décision divise. « En faisant ce choix, la Commission fait une erreur fondamentale qui risque de coûter très cher à la transition écologique en Europe. Avec ce label, des milliards d'euros normalement dédiés au climat, à la rénovation du bâtiment, aux énergies renouvelables, ou encore à la mobilité à faible émission, seront détournés vers le gaz fossile et le nucléaire. Une opération de greenwashing souhaitée par la France et ses alliés qui risque de retarder voire faire dérailler le Green Deal européen », estime Neil Makaroff, responsable des politiques européennes au sein du Réseau Action Climat. Ce dispositif de classification des activités climato-compatibles entrera en vigueur le 1^{er} janvier 2023.

Peu d'intérêt d'injecter de l'hydrogène dans les réseaux gaziers ?



Selon un nouveau rapport publié par l'institut de recherche allemand Fraunhofer, l'injection d'hydrogène dans les réseaux de gaz n'offre qu'un potentiel limité de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES). L'effort technique nécessaire pour substituer 20% de gaz naturel par de l'hydrogène est important, mais n'entraînerait qu'une baisse de 6 à 7% des rejets de GES car le pouvoir calorifique l'hydrogène est plus faible que celui du gaz. De plus, cela pourrait produire à moyen terme des tensions sur la disponibilité d'hydrogène vert, ce qui demanderait d'installer des capacités supplémentaires d'énergies renouvelables pour satisfaire sa production. Enfin, l'injection massive d'hydrogène se traduirait par des coûts plus élevés pour les consommateurs de gaz, en raison des ajustements à opérer au sein des réseaux.

Malgré la crise, les investissements

I4CE publie son nouveau panorama des financements climat. Cette édition a la particularité de répertorier les investissements dans un contexte de crise sanitaire. Ils se sont maintenus grâce à l'action publique mais restent bien insuffisants par rapport aux objectifs nationaux. Il manque entre 13 et 15 milliards d'euros par an jusqu'en 2023, et environ le double jusqu'en 2028.

Malgré la crise liée à la pandémie de Covid-19, les investissements en faveur du climat se sont poursuivis en 2020. Les ménages, les entreprises et les pouvoirs publics ont investi 44,7 milliards d'euros en France, ce qui représente une augmentation de 10 % par rapport à l'année précédente. Ces chiffres sont issus de l'édition 2021 du panorama des financements climat que vient de publier l'Institut de l'économie pour le climat (I4CE) en collaboration avec le ministère de la Transition écologique, l'Ademe et la Fondation européenne pour le climat. Malgré la bonne dynamique portée par l'action des pouvoirs publics constatée par I4CE, ces sommes ne sont absolument pas suffisantes par rapport aux objectifs nationaux fixés dans le deuxième budget carbone de la Stratégie nationale bas-carbone (SNBC). Il faudrait de 13 à 15 Md€ d'investissements publics et privés supplémentaires chaque année jusqu'en 2023, puis doubler ce total jusqu'en 2028.

Aubaine pour la mobilité électrique

Si cette somme n'est pas suffisante, elle est aussi assez mal répartie. Si on analyse la hausse des investissements entre 2019 et 2020, elle profite surtout aux voitures électriques et hybrides rechargeables, dont l'intérêt écologique peut être mis en doute. Les investissements dans les voitures individuelles bas carbone ont triplé en 2020 pour atteindre 6,9 Md€. Cette tendance est soutenue par l'État, qui accorde davantage d'aides à l'achat. Depuis juin 2020, le plafond du bonus écologique est

porté à 7 000 € au lieu de 6 000 € et le dispositif est étendu aux hybrides rechargeables. La prime à la conversion est également plus incitative, les ménages pouvant bénéficier jusqu'à 5 000 € supplémentaires pour l'achat de véhicules électriques ou hybrides. Pour autant, ces aides ne permettent pas d'atteindre l'objectif d'immatriculation fixé dans la Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) : ces véhicules devraient représenter 14 % ventes en 2023. Pour atteindre cette part, il faudra investir 3,1 Md€ de plus par an par rapport à la moyenne 2019-2020. « *Les ventes progressent déjà et elles devraient se renforcer car il y a de plus en plus de points de recharge disponibles et les batteries des véhicules sont de plus en plus performantes* », explique Maxime Ledez, chargé de recherche chez I4CE. Mais l'État devrait être plus regardant sur les performances des voitures achetées. En effet, le barème du bonus-malus prévu n'est pas compatible avec les objectifs de réduction d'émissions du parc neuf : elles ne devraient baisser que de 14 % entre 2020 et 2025. À l'inverse, les sommes dédiées au réseau ferroviaire et aux transports en commun, qui ont subi la crise sanitaire de plein fouet, n'augmentent pas. Les investissements dans les infrastructures ferroviaires ont baissé de 8 % en 2020. La diminution du trafic est en cause : au premier semestre 2021, la fréquentation des TGV était encore inférieure de 50 % par rapport à deux ans auparavant. Cela a privé SNCF Réseau de 1,1 Md€ de revenus en 2020 et a retardé des chantiers sur certaines lignes. Les transports en commun urbains ont subi les mêmes désagréments. Moins de passagers, moins de recettes,

et des chantiers qui prennent du retard. Pour relancer le secteur, il faudrait investir 1,8 Md€ de plus par an jusqu'en 2023. Cette somme devrait en partie être apportée par l'État dans le cadre de France Relance qui prévoit 1 Md€ de subventions pour les transports en commun. De plus, les pouvoirs publics ont lancé un quatrième appel à projets « transports collectifs en site propre et pôles d'échanges multimodaux » doté d'une enveloppe de 900 millions d'euros. Les investissements dans les aménagements et équipements cyclables ont quasiment doublé en 2020, atteignant 2 Md€. Toutefois, pour atteindre l'objectif de 9 % de part modale du vélo en 2024, la France devra investir 1,1 Md€ de plus par an.

La rénovation globale et les EnR à la peine

Les investissements pour la rénovation énergétique des logements ont légèrement baissé, passant de

Si les investissements climat n'ont pas chuté avec la crise Covid-19, les budgets alloués restent largement insuffisants dans tous les domaines.

14,9 à 14,7 Md€ entre 2019 et 2020. L'immense majorité de ces fonds ont servi à mener des chantiers de rénovation étape par étape. Selon une étude réalisée par l'Ademe, Dorémi et Enertech, ce type de travaux n'atteint pas les niveaux de consommation envisagés par la stratégie nationale. Il faudrait donc privilégier les



climat se maintiennent



rénovations globales. Mais les investissements sont totalement insuffisants en la matière : il faudrait les augmenter de 33,9 Md€ durant les prochaines années, ce qui paraît totalement irréalisable. « *Les rénovations globales ne devraient pas décoller à court terme car les aides publiques ne couvrent absolument pas le reste à charge de ces travaux, qui peuvent facilement représenter 50 000 € pour une maison individuelle* », estime Maxime Ledez. De plus, les ménages sont mal accompagnés et il n'existe pas assez d'artisans formés en la matière. Enfin, les tensions sur l'approvisionnement en matériaux et le manque de main d'œuvre pourraient retarder les chantiers en cours et décourager les ménages de se lancer. Les investissements dans les capacités de production d'électricité renouvelable ont légèrement diminué en 2020, passant de 4,4 à 4,1 Md€. C'est surtout l'éolien terrestre qui a connu une baisse des

investissements, contrairement à l'éolien en mer et au photovoltaïque qui ont profité d'une légère croissance. Néanmoins, les fonds destinés à financer les renouvelables restent insuffisants. Il faudrait investir 5,9 à 7,3 Md€ les deux prochaines années pour respecter les objectifs fixés par la PPE. Pour autant, injecter des fonds supplémentaires ne suffira pas. Il devient de plus en plus difficile aux porteurs de projet de trouver des terrains pour implanter leurs parcs car de nouvelles exigences administratives limitent les parcelles disponibles, pour des questions environnementales et de sécurité. France énergie éolienne (FEE) estime que les couloirs de navigation militaires empêchent d'implanter des éoliennes sur près de 50 % du territoire. De plus, « *les porteurs de projets de parcs éoliens font face à des oppositions locales avec des recours administratifs qui retardent les mises en service* », note Maxime Ledez.

Le biométhane et la chaleur renouvelable ont vu les investissements légèrement croître pour atteindre 1,1 Md€ mais il serait nécessaire d'investir 0,6 à 0,8 Md€ de plus d'ici 2023 pour installer de nouvelles capacités d'injection de biométhane, des chaufferies biomasse ou géothermiques, et pour étendre les réseaux de chaleur. Si les objectifs de la PPE en matière d'injection de biométhane seront probablement atteints, l'essor des chaufferies bois et des réseaux de chaleur devrait être insuffisant pour augmenter de 64 % la chaleur renouvelable livrée par les réseaux d'ici 2023.

Les fossiles délaissés

Les investissements fossiles ont dégringolé de 32 % en 2020, passant de 66,3 à 45,3 Md€. Cette chute est la conséquence du durcissement de la réglementation européenne sur les voitures neuves. Les parts de marché des véhicules essence et diesel s'élèvent à 88 % en 2020 contre 94 % en 2019. Le secteur aérien a aussi un rôle majeur dans cette chute. Depuis le début de la crise, les gestionnaires d'aéroports et les compagnies aériennes ont été forcés de diminuer leurs investissements pour faire face à la chute du trafic et préserver leur trésorerie. Quant aux sommes allouées aux chaudières gaz et fioul, elles ne cessent de diminuer depuis dix ans. Ce phénomène devrait s'accroître avec l'entrée en vigueur du décret pour l'interdiction d'équipements de chauffage très émetteurs de gaz à effet de serre prévue pour juillet 2022, et qui empêchera l'installation d'appareil au fioul. Au contraire, les investissements dans les hydrocarbures restent à peu près stables, notamment à cause du recours accru aux centrales thermiques au gaz. Bien qu'en forte chute, les fossiles bénéficient toujours de plus d'argent que les secteurs plus vertueux, même si l'écart se resserre. ●

Olivier Mary

EnR électriques : la France

Si la dynamique de raccordement d'installations renouvelables de production électrique peut être qualifiée d'encourageante en 2021, elle met également en évidence un certain décalage avec les engagements et objectifs pris par la France.

Malgré une année 2021 qui aura vu le raccordement de plus de 4 GW de puissance électrique

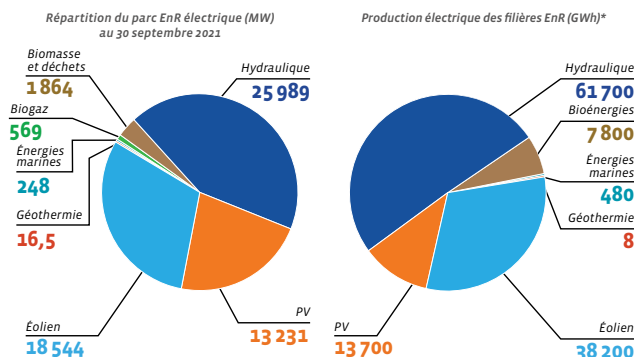
renouvelable supplémentaire, la France creuse son retard en matière de transition énergétique. Tel est le constat issu du dernier baromètre des énergies renouvelables (EnR) électriques, publié par l'Observ'Er, en partenariat avec l'Ademe et la Fédération nationale des collectivités concédantes et régies (FNCCR). Pour 2020, la part de renouvelables dans la consommation d'électricité française ne s'élève qu'à 24,8%. Ce sont 2,2 points de moins que l'objectif sur lequel l'hexagone s'est engagé vis-à-vis de la Commission européenne. Sans compter que la crise sanitaire et ses périodes de confinement moins consommatrices ont « artificiellement » fait progresser

ces résultats de 2020. « Dans un contexte plus normal, la part de l'électricité renouvelable se serait sans doute située entre 23,5 et 24% », indique le baromètre.

Le photovoltaïque en forte croissance

Au 30 septembre 2021, près de 60,4 GW d'EnR électriques étaient raccordés aux réseaux. En neuf mois, ce sont ainsi 4 400 MW supplémentaires qui ont été ajoutés, soit deux fois plus que sur l'ensemble de l'année 2020. « Cependant, ce résultat est en trompe-l'œil car il n'est porté que par la seule filière photovoltaïque qui représente à elle seule plus de la moitié des nouvelles capacités raccordées », tempère l'Observ'Er. Fin septembre 2021, le parc raccordé photovoltaïque représentait 13,2 GW, soit plus de 2 GW mis en service depuis décembre 2020.

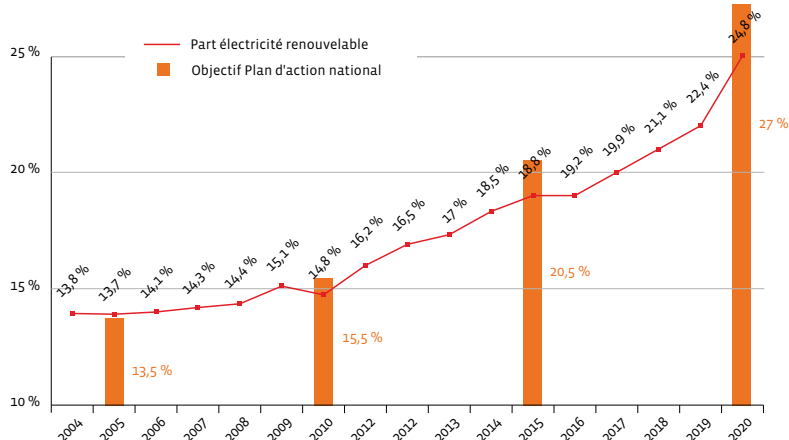
Puissances et productions



Cette croissance correspond au triple de celle observée l'année précédente sur la même période (762 MW supplémentaires). Plusieurs raisons expliquent cette situation, notamment la forte croissance des installations de grande taille (à partir d'1 MW). Sous l'impulsion des appels d'offres de la Commission de régulation de l'énergie (CRE), ce segment a permis de raccorder au total 839 MW au cours des deux premiers trimestres 2021. Le développement récent de l'autoconsommation ainsi que la publication de textes réglementaires pour faciliter l'installation de panneaux photovoltaïques en toitures ou en ombrières doit en outre aider à consolider cette dynamique. Celle-ci doit être conservée

Évolution de la part renouvelable électrique dans la consommation française

Source : Sdes, 2021



Appropriation locale

En outre, ce douzième baromètre confirme « l'observation faite depuis plusieurs années de l'investissement grandissant des collectivités et des citoyens dans la création, le financement ou le pilotage des projets ». Plusieurs formes d'organisation ont ainsi émergé grâce, notamment, au soutien des collectivités locales qui jouent le rôle de chef d'orchestre de la transition énergétique sur leurs territoires. « Centrales villageoises, projets associant les citoyens, autoconsommation collective... sont autant de clés investies par les collectivités pour garantir l'acceptabilité des projets et leur pleine appropriation locale », souligne Xavier Pintat, président de la FNCCR – Territoire d'énergie.

toujours en retard

pour se laisser un mince espoir de combler le retard pris jusque-là. Les objectifs fixés par la Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) semblent en effet être encore bien loin : 20,1 GW d'ici fin 2023, et entre 35,1 et 44,0 GW raccordés à fin 2028.

L'éolien à la traîne

Le retard est tout aussi conséquent pour la filière de l'éolien terrestre. Seul 1 GW a été raccordé en 2021 alors que ce chiffre doit être multiplié par deux pour espérer atteindre les objectifs nationaux : 24,1 GW en 2023 et entre 32,2 et 34,2 GW en 2028. « Paradoxalement, les projets sont là, puisqu'il y a aujourd'hui environ 10 GW de projets en attente d'autorisation dans les directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement (Dreal). Cette situation est le reflet, d'une part, d'un manque de planification claire de l'État et, d'autre part, d'une réelle difficulté de ses services à piloter des objectifs de politique publique visant à la fois la préservation de la biodiversité et la lutte contre le changement climatique », estime Michel Gloria, le délégué général du

syndicat France énergie éolienne (FEE). Pour le segment offshore, la filière attend toujours la mise en service du premier parc... Celui-ci devrait démarrer au printemps prochain au large de Saint-Nazaire.

Un gisement hydraulique limité

Quant à l'hydroélectricité, qui dispose de 26 GW de puissance installée, elle est la première source de production renouvelable. Sur les neuf premiers mois de 2021, la filière a fourni 61,7 TWh d'électricité, soit près de la moitié de l'exploitation renouvelable (125 TWh). Avec 2 300 centrales hydroélectriques réparties sur le territoire, les possibilités de développement de la filière semblent toutefois réduites, notamment pour les ouvrages de grande capacité. « Le segment des grands barrages n'offre pratiquement plus de possibilité d'accroissement sur le territoire car tous les sites exploitables ont été équipés au cours du siècle dernier », précise le baromètre. Ce n'est pas le cas de la petite hydraulique qui présente un potentiel identifié. Ce dernier est estimé à 11,7 TWh de production supplémentaire.

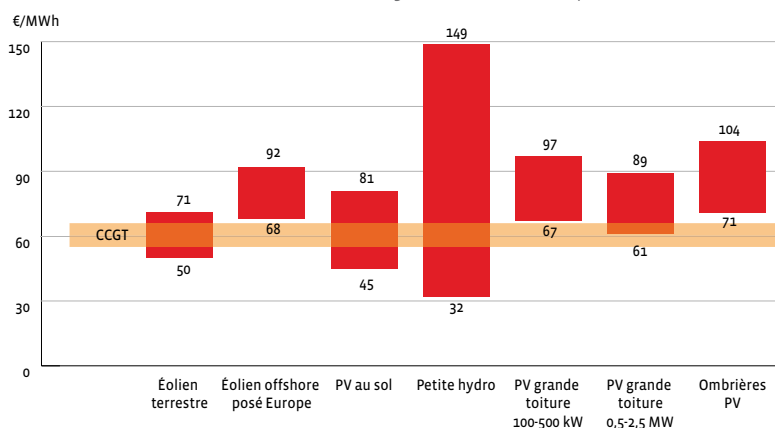
Le baromètre d'Observ'Er souligne également que, grâce à sa flexibilité, « les ouvrages hydroélectriques constituent aujourd'hui le principal outil de stockage de l'électricité à grande échelle et occupent, à ce titre, un rôle particulier dans la transition énergétique française ».

Enfin, d'autres sources renouvelables participent de façon plus marginale à la production électrique renouvelable, à commencer par les bioénergies (7,8 TWh). Le biogaz bénéficie par exemple d'une pleine croissance, avec un rythme d'installation supérieur à celui imposé par l'atteinte des objectifs de la PPE. La production de chaleur et d'électricité issue de l'incinération des déchets est également en hausse grâce à l'optimisation des performances des unités existantes. Les récentes modifications réglementaires, qui doivent faciliter le recours aux combustibles solides de récupération (CSR), pourraient en outre aider à une meilleure valorisation énergétique des déchets. ●

Clément Cygler

► LCOE des filières renouvelables électriques en 2019 et comparaison avec une centrale à gaz

Source : étude « Coûts des énergies renouvelables et de récupération en France », Ademe, 2020.



Des coûts de plus en plus compétitifs

Sous l'effet des progrès technologiques et des économies d'échelle liées aux volumes croissants installés, les coûts de production des filières EnR électriques ne cessent de diminuer. L'étude « Coûts des énergies renouvelables et de récupération en France » de l'Ademe, publiée en 2020, montre qu'en France, trois technologies sont à des niveaux de coûts tout à fait compétitifs par rapport à une centrale à cycle combiné au gaz : l'éolien terrestre, les grandes centrales photovoltaïques au sol et la petite hydroélectricité. Pour le solaire, les dépenses d'investissement (Capex) a été divisé par 7,3 et les Opex (coûts d'exploitation) par 4,7 en une décennie. « Au cours de la période 2008-2019, la valeur du coût moyen complet de production d'un mégawattheure pour l'éolien terrestre a baissé de 42 %, passant en moyenne de 104 €/MW à 60 €/MW », détaille également l'Ademe, ajoutant que ce coût devrait « continuer à baisser de 25 % en moyenne de 2019 à 2030, puis de 20 % supplémentaires de 2030 à 2050 ».

Pour WWF, un tiers de l'énergie de 2050 proviendra de la biomasse

En partenariat avec Solagro, WWF France a réalisé une étude prospective sur la consommation énergétique de biomasse par la France à l'horizon 2050. Résultat : 30 % des besoins pourraient être couverts par cette solution, la moitié provenant de l'agriculture, l'autre des forêts.

La biomasse est la plus ancienne source d'énergie utilisée par l'homme. Aujourd'hui, elle est l'énergie renouvelable la plus utilisée en France, et peut-être sera-t-elle l'une des solutions dans la lutte contre le réchauffement climatique. Pour valider cette hypothèse, la branche française de WWF, en partenariat avec l'association Solagro, a lancé en 2020 une étude⁽¹⁾ pour estimer la quantité de biomasse mobilisable pour l'énergie en France métropolitaine à l'horizon 2050. « À travers cette nouvelle étude, le WWF France met en évidence que les gisements de biomasse agricole et forestière pourraient couvrir environ 30 % de la consommation énergétique finale de la France en 2050, soit environ 270 TWh/an », décrivent les auteurs. En effet, d'après la Stratégie nationale bas-carbone (SNBC), la consommation énergétique devrait chuter à 930 TWh/an à cette période.

L'agriculture comme levier

« L'évolution des systèmes agricoles permet de dégager un volume de biomasse utilisable pour l'énergie correspondant à presque 15 % de la consommation énergétique de la France en 2050 », estime ce rapport. Pour arriver à ce nombre, l'étude s'est d'abord appuyée sur les estimations des besoins alimentaires des Français en 2050, réalisées dans le cadre du scénario « Pulse Fiction »⁽²⁾ de WWF et Solagro. En garantissant l'accès à une alimentation répondant à des besoins nutritionnels, tant en qualité qu'en quantité, « entre 45 et 50 mégatonnes de biomasse (matière sèche) [sera] mobilisable par an, soit environ un tiers du surplus produit ». Cette hausse sera rendue possible grâce



aux modifications des habitudes agricoles : baisse de la consommation de produits d'origine animale, évolution vers des élevages extensifs, passage à une agriculture biologique et de conservation. Ces changements permettent ainsi de dégager de la matière des ressources fourragères, du fumier, des résidus de culture et des déchets de l'industrie agroalimentaire. De plus, s'il suit ce scénario, le secteur agricole devrait diminuer de 55 % ces émissions de gaz à effet de serre et de 45 % sa consommation d'énergie annuelle. Aujourd'hui, l'alimentation en France représente 24 % des émissions de GES. Au total, entre 120 et 130 TWh/an serait ainsi utilisable pour d'autres usages en 2050. « La biomasse serait principalement fléchée vers le développement d'unités de méthanisation, pour 100 à 110 TWh/an », indique l'étude. Une autre partie de 15 TWh/an sera quant à elle destinée aux biocarburants de seconde génération, « principalement utilisés par le secteur aéronautique qui peine à trouver des alternatives aux carburants fossiles ».

S'appuyer sur les forêts

L'autre moitié de l'énergie de biomasse serait issue de la gestion durable des forêts et de la revalorisation de certaines filières. Le rapport prévoit dans un premier temps, la sauvegarde de 25 % de la surface forestière du territoire qui « est laissée en libre évolution

pérenne ». Pourtant, les taux de prélèvements restent relativement les mêmes, avec une qualité d'exploitation relevée. En effet, « 50 % des volumes de bois d'œuvre sont d'origine feuillue, soit le triple du volume actuel », prévoit l'étude. Aussi, une modification de certains secteurs industriels est jugée nécessaire, que ce soit au niveau des exportations et des importations de bois qui doivent être diminuées, la substitution du plastique par du carton et papier ou encore la formation des menuisiers et des architectes à l'utilisation de feuillu dans le bâtiment. « En 2050, le volume de bois attribué à des usages énergétiques serait de 52 millions de mètres cubes équivalent bois rond par an (13,2 Mm³ proviennent directement d'une exploitation en forêt dédiée à l'énergie ; 31,8 des connexes des industries du bois et du papier-carton, et 7 du bois récolté hors forêt). » En conclusion, le rapport précise que, évidemment, la valorisation de la biomasse en énergie ne doit pas se faire au détriment des contraintes alimentaires et des territoires, ni de la biodiversité. ●

Simon Philippe

(1) « Biomasse : un réel potentiel pour la transition énergétique ? », est disponible sur www.wwf.fr

(2) « Pulse fiction - Pour une transition agricole et alimentaire durable », est disponible en ligne sur www.solagro.org



Energy Observer développe un cargo à hydrogène

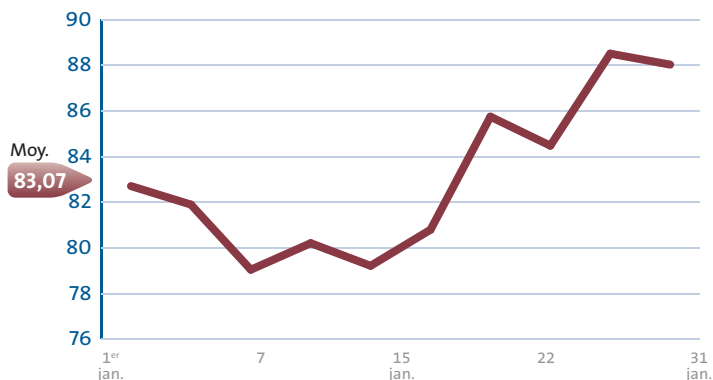
Après avoir mis à l'eau son premier prototype en 2017, Energy Observer lance la conception d'un véritable cargo alimenté par de l'hydrogène liquide. D'une longueur de 120 mètres, il devra démontrer sa capacité à remplacer des navires de 5 000 tonnes utilisés sur des lignes intra-continentales et côtières. Energy Observer 2 pourra transporter jusqu'à 240 conteneurs dans des ports modestes sans logistique lourde. Equipé de piles à combustible cumulant 2,5 MW de puissance et propulsé par un moteur électrique de 4 MW, il pourra naviguer jusqu'à 12 nœuds en vitesse commerciale. Soixante-dix tonnes d'hydrogène seront stockées dans ses réservoirs cryogéniques. Avec de telles réserves, il pourra parcourir presque 7 500 kilomètres en totale autonomie. ●

Olivier Mary

En raison d'un changement de politique concernant le partage de certaines données, Énergie Plus n'est plus en mesure d'actualiser les graphiques relatifs aux prix Gaz spot, Gaz future et Elect spot.

Marché "spot" du CO₂ EEX

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



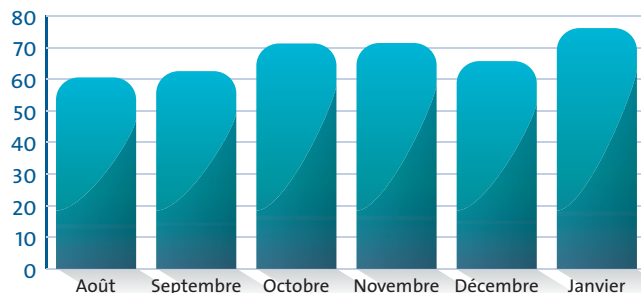
*EUA : European Union Allocations / quotas de CO₂ du système européen
Suite à la fermeture de Bluenext le 5 décembre 2012, nous indiquons les prix des EUA* délivrés sur la place de marché allemande EEX

Parité euro/dollar (Déc. 2021 ► Jan. 2022)

1 € = 1,13 ► 1,32 \$

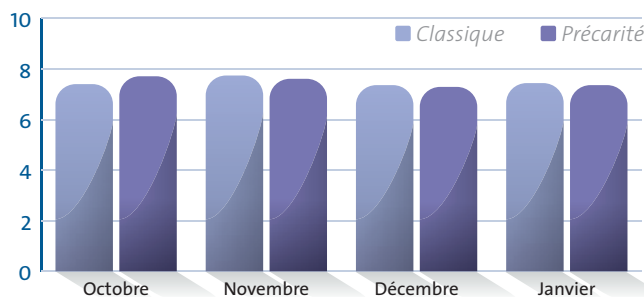
Cours du pétrole Brent

Moyenne des prix mensuels (Euros/Baril)



Prix des Certificats d'économies d'énergie

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



Volumes des CEE

Pour cette quatrième période (1^{er} janvier 2018 et le 31 décembre 2021), les volumes des CEE enregistrés se répartissent ainsi :

CEE classique:

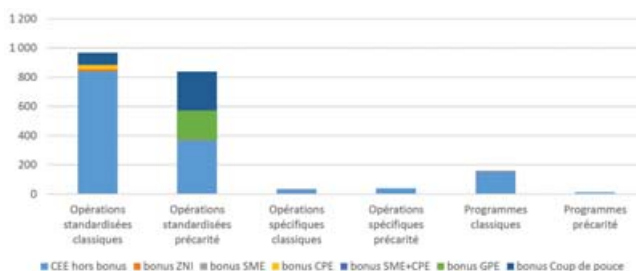
- ▶ 28,5 TWh cumac à des collectivités territoriales et 2,4 TWh cumac à des bailleurs sociaux ;
- ▶ 83,3 % obtenus dans le cadre d'opérations standardisées, 2,9 % via des opérations spécifiques, et 13,7 % via des programmes d'accompagnement.

CEE précarité:

- ▶ 4,5 TWh cumac à des collectivités territoriales et 23 TWh cumac à des bailleurs sociaux ;
- ▶ 94,2 % obtenus dans le cadre d'opérations standardisées, 4,4 % via des opérations spécifiques, et 1,4 % via des programmes d'accompagnement.

CEE délivrés

du 01/01/2018 au 31/12/2021 (TWhc)



JRI 2022



avec le soutien de

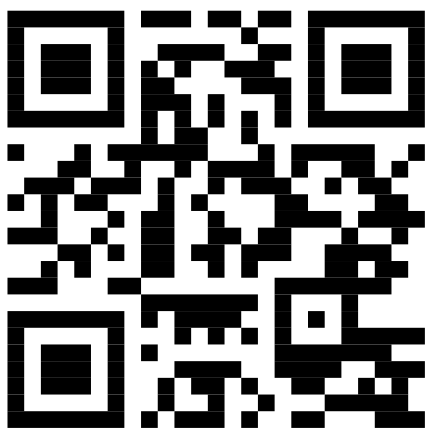


15-17 mars 2022 LYON

JOURNÉES RECHERCHE INNOVATION

BIOGAZ MÉTHANISATION

L'objectif des Journées Recherche Innovation est de **promouvoir les échanges entre acteurs de la filière** afin de poursuivre son développement dans le contexte français. Pour ce faire, les travaux de recherche, les retours d'expérience et les réflexions seront partagés au travers de présentations, tables rondes et autres moments d'échanges.



Inscrivez-vous vite sur [atee.fr](https://www.atee.fr)

15 mars 2022

Journée Technique

Comment concilier les attentes de la société et des pouvoirs publics ?

- Les réponses et mesures de la filière, frein ou progrès ?
- Sécuriser la filière pour une meilleure appropriation
- Déchets Organiques Urbains

16-17 mars 2022

Les travaux de recherche en 3 thématiques

- Environnement et Agronomie
- Economie, société et politiques publiques
- Procédés et valorisation

Le programme complet en ligne sur [atee.fr](https://www.atee.fr)



Hôtel Mercure Lyon Centre Saxe Lafayette
29 rue de Bonnel - 69003 LYON

En bref

Audi et RWE offrent une seconde vie aux batteries automobiles usagées

« Après leur première vie dans les voitures, les batteries ont encore une capacité résiduelle de plus de 80% », décrit le communiqué de presse d'Audi daté de décembre 2021. À partir de ce constat, le constructeur automobile et RWE ont décidé de créer un bâtiment de stockage d'énergie utilisant des batteries usagées.

Ce projet pilote situé à Herdecke (Allemagne) devrait être capable de stocker temporairement environ 4,5 MWh pour 60 batteries de seconde vie. Les tests ont commencé en novembre 2021 et les deux entreprises espèrent pouvoir lancer son utilisation commerciale dès 2022.

« Ce partenariat avec RWE vise à démontrer les possibilités qui existent pour une utilisation respectueuse des ressources des batteries haute tension de seconde vie et leur intégration intelligente dans le réseau électrique du futur », précise Olivier Hoffmann, membre du conseil de développement technique d'Audi, cité dans le même communiqué. En effet, en fonction de leur usure, les batteries peuvent continuer à être utilisées dans ce

type de bâtiment pendant une dizaine d'années.

Le tout représentant un investissement plus faible que des batteries neuves. Reste alors encore à définir ce qu'il adviendra des batteries après cette utilisation.



Lancement de l'étude Peps5

Le cinquième volet de l'étude Peps a été lancé au mois de janvier 2022. Porté entre autres par l'ATEE, l'Ademe et des membres des clubs stockage d'énergies et power-to-gas, c'est le consultant Artelys, en collaboration avec le CEA, qui est chargé de sa réalisation. Peps5 est destinée à évaluer les potentiels nationaux de stockage d'électricité, de chaleur et de froid, en incluant le power-to-heat et le power-to-gas. L'étude doit aussi présenter une analyse des coûts bénéfiques pour des collectivités et déterminer les modèles d'affaires pour les porteurs de projets pour 15 cas d'études de stockage : 7 cas de stockage électrique, 5 cas de stockage de chaleur et de froid, ainsi que 3 cas de power-to-heat et power-to-gas. Artelys s'appuie sur les scénarios présentés par RTE pour les horizons 2030 et 2050. Le rapport d'étude est attendu à la fin du premier semestre 2022.

Saft fournira un système de stockage d'énergie à Neoen

Le 2 février 2022, Saft a remporté un contrat pour la livraison d'un projet clef-en-main de système de stockage d'énergie, composé de quatre conteneurs Intensium Max 20. Implanté à Antugnac, dans le sud de la France, ce projet sera la première co-implantation de ferme solaire et de stockage d'énergie raccordée au réseau français de transport d'électricité. D'une puissance de 8 MW, elle permettra à Neoen de remplir son service de régulation de fréquence, l'entreprise pourra ainsi respecter ses engagements contractuels auprès de RTE.

Le programme CEE Advenir reconduit pour la 5^e période



Créé en 2016, le programme de certificats d'économie d'énergie (CEE) Advenir, qui vise à promouvoir la mobilité électrique grâce à l'installation de bornes de recharges, a été reconduit pour la 5^e période du dispositif. L'Avere-France, porteur du programme, a donc lancé un appel à financement pour la prolongation du programme jusqu'au 31 décembre 2025. Pour cette période, 200 millions d'euros HT étaient recherchés. Ils étaient divisés en tranches de 1 GWh cumac, soit environ 700 000 euros HT chacune. Un financeur pourra se voir attribuer plusieurs tranches en fonction des propositions reçues. Les obligés intéressés avaient jusqu'au 1^{er} février 2022 pour proposer un engagement. Cette nouvelle période apporte quelques nouveautés. Le programme cible maintenant des infrastructures dans les filières automobiles (contrôles techniques, garages, loueurs de véhicules...) mais aussi des points de recharges pilotables de véhicules lourds. Au final, Advenir a pour objectif la mise en place de 50 000 nouveaux points de recharge d'ici à la fin 2025.



Stockage d'énergie : la filière en marche

Souligné par de nombreux et récents rapports, le stockage d'électricité paraît indispensable pour répondre aux besoins accrus de flexibilité des réseaux électriques et d'intégration des énergies renouvelables (*page 18*). Le marché du stockage commence ainsi à se développer, porté notamment par le segment de l'électromobilité (*page 28*). En Europe, quelques gigafactories ont déjà vu le jour, et de nombreuses sont en cours de construction (*page 20*). Le recours au stockage peut également être pertinent pour stabiliser la fréquence du réseau électrique à moindre coût (*page 22*), ou pour décarboner certaines activités nécessitant encore des groupes électrogènes diesel (*page 23*). La R&D dans ce secteur reste toujours en pleine ébullition afin de concevoir des dispositifs les plus performants, à l'image du système de stockage de l'électricité sous-marin de Segula Technologies (*page 24*). Enfin, la technologie véhicule-to-grid pourrait contribuer à ajuster en temps réel l'équilibre production-consommation. RTE a en effet confirmé ce potentiel en autorisant la participation de véhicules électriques du parc à la réserve primaire (*page 26*).

Le marché mondial des batteries



Pour parvenir à la neutralité carbone, le développement de nouvelles flexibilités, notamment les batteries, est une condition indispensable. L'apparition d'applications de stockage stationnaire et surtout l'attrait de plus en plus grand pour les véhicules électriques pourraient favoriser l'essor des batteries.

De nombreux pays – plus d'une cinquantaine – se sont lancés dans la course à la neutralité carbone. Pour l'emporter, un développement massif des énergies renouvelables est attendu ces prochaines décennies, en particulier le solaire photovoltaïque et l'éolien. Cette part croissante et conséquente d'énergie renouvelable, de nature intermittente, nécessitera le développement concomitant de nouvelles flexibilités pour assurer la stabilité des réseaux électriques. Plusieurs solutions d'ajustement et d'équilibre existent, telles que le pilotage de la consommation, le développement d'interconnexions et le recours à des dispositifs de stockage. Parmi ces derniers, on peut citer les stations de transfert d'énergie par pompage (Step) qui est la technologie actuellement dominante, le stockage par air comprimé, les volants d'inertie, le power-to-gas et bien sûr les batteries, qu'elles soient pour des applications stationnaires ou d'électromobilité.

Stockage stationnaire

Conscient de ces nouveaux besoins, le marché des batteries, dominé par les modèles lithium-ion, est désormais en pleine ébullition. Au niveau mondial, la capacité totale de stockage stationnaire par batterie est ainsi passée d'à peine 1 GW en 2015 à plus de 17 GW à la fin 2020. Près de 5 GW de capacité de stockage, soit 50% de plus qu'en 2019, ont été ajoutés en 2020, avec en tête la Chine et les États-Unis. Ces deux pays enregistrent chacun des ajouts à l'ordre du gigawatt. Les installations à l'échelle des services publics continuent en outre de porter le marché, et représentent environ deux tiers de la capacité totale récemment ajoutée. *« Bien que les nouvelles politiques et les nouveaux projets sur les marchés clés doivent accélérer la croissance, une hausse encore plus rapide est nécessaire pour s'aligner sur le scénario de neutralité carbone d'ici à 2050. Il prévoit l'installation de près de 600 GW de capacité de stockage par batterie d'ici à 2030 »*, indique toutefois l'Agence internationale de l'énergie

Installation de stockage électrique sur batteries mis en place par EDF, à McHenry, aux États-Unis.

(AIE) dans le rapport de suivi « Energy Storage », publié en novembre dernier. En Europe, ce segment stationnaire reste encore balbutiant, même si certains pays, comme l'Allemagne et le Royaume-Uni, ont vu une forte expansion du stockage derrière le compteur pour des installations résidentielles. En France, les principales sources de production (nucléaire et hydraulique) sont en grande majorité pilotables, limitant ainsi les besoins de stockage dans les dix années à venir. Des expérimentations rassemblant gestionnaires de réseaux, industriels, collectivités et chercheurs, ont quand même été lancées. La plus emblématique est le projet Ringo qui vise à créer des lignes virtuelles associées à des batteries de forte capacité pour décongestionner le réseau. Porté par RTE, ce concept de stockage/déstockage simultané combine trois sites de stockage disposant chacun de capacité comprise entre 10 et 12 MW. L'expérimentation consiste ainsi à tester l'insertion en exploitation de ces installations pendant trois ans afin de valider l'équilibrage multi-sites et l'utilisation de batterie de grande taille (faisabilité technique, performances...).

Mobilité électrique

Le marché des batteries est également dynamisé par l'électromobilité, elle-même favorisée par de nombreuses politiques publiques. Les ventes de batteries lithium-ion pour les véhicules ont par exemple triplé entre 2017 et 2020 pour atteindre les 143 GWh. Selon les données compilées par l'analyste automobile indépendant Matthias Schmidt pour le compte du *Financial Time*, une voiture neuve sur cinq immatriculée en Europe occidentale était un véhicule électrique à zéro émission en décembre 2021. Un chiffre supérieur à celui des voitures diesel pour ce même mois (19% d'immatriculation). Au total, les voitures électriques atteignent une part de marché de

en plein essor

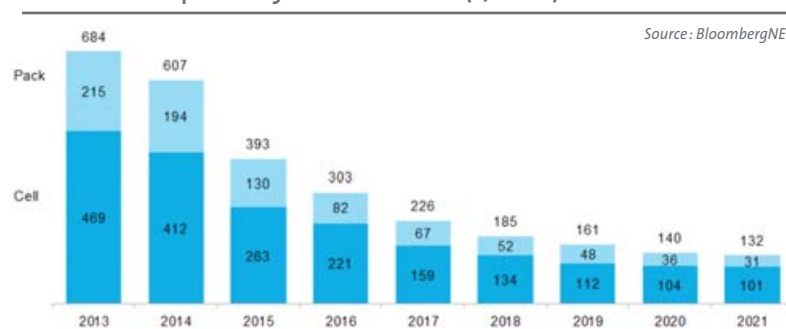
11,2% en 2021 (1,19 million d'immatriculations recensées dans 18 pays européens), contre seulement 6,7% un an auparavant. Devant de tels volumes, il devient intéressant et pertinent de tirer profit du potentiel de flexibilité et de stockage diffus que représentent les véhicules électriques. Dans ce cas, la recharge devient bidirectionnelle et permet à la voiture de restituer une partie de l'électricité stockée dans ses batteries pour optimiser le fonctionnement du réseau et pallier le caractère intermittent des énergies renouvelables. Les premiers résultats d'expérimentation de véhicule-to-grid ont confirmé ce potentiel et ont même poussé RTE à certifier une solution mise au point par Dreev. Un autre facteur pourrait également favoriser l'essor du marché des batteries : la baisse des coûts de fabrication. La mise à l'échelle de la

production de batteries et l'apport de la R&D ont en effet permis une baisse générale de ce prix. Selon la dernière enquête du cabinet BloombergNEF, celui-ci est tombé à 132 dollars par kWh en 2021, contre 140 \$/kWh observés en 2020, soit une baisse de 6%. Le seuil symbolique des 100 \$/kWh, fixé à 2024 par BloombergNEF, se rapproche petit à petit. Cependant, les tensions et les hausses des prix sur les matières premières pourraient retarder et même conduire de nouveau à une augmentation pour cette année. « En l'absence d'autres améliorations

susceptibles d'atténuer cet impact, le moment où les prix passeront sous la barre des 100 \$/kWh pourrait être repoussé de deux ans. Cela aurait un effet sur l'accessibilité des véhicules électriques ou sur les marges des fabricants, et pourrait nuire à l'économie des projets de stockage d'énergie », avertit le cabinet d'analyse. ●

Clément Cygler

► Évolution du prix moyen des cellules (\$/kWh)



PROTECTION SURTENSIONS ÉLECTRIQUES

Protection des installations de production et de stockage d'énergie

- Protection contre les surtensions dues à la foudre
- Solutions parafoudres AC, PV, DC (batteries), et data
- Parafoudres robustes et hautes performances

Raycap

raycap.com | info@raycap.com

Contactez-nous pour échanger sur votre projet!

Panorama des gigafactories européennes

Les constructeurs automobiles veulent passer majoritairement à l'électrique. Mais pour répondre aux futurs besoins en batteries, l'industrie doit s'organiser. Reprenant le modèle de « gigafactory » ou « giga-usine » de Tesla, de nombreux projets fleurissent, et particulièrement en Europe.

Depuis quelques années, les projets de gigafactory en Europe se multiplient. Pour cause, la transition vers l'automobile électrique est gourmande en batterie. L'Öko-Institut Allemand estime que d'ici 2050, 220 de ces énormes usines seront nécessaires pour couvrir la demande mondiale. Pour pallier ce manque, l'industrie s'organise. Et malgré la dominance asiatique actuelle, l'Europe se voit comme l'un des centres du dispositif avec 25 % de la production totale en 2030, contre 3 % en 2020. L'Allemagne y fait figure de pionnier dans le domaine, notamment avec la gigafactory de Tesla près de Berlin que Elon Musk souhaite voir devenir la plus grande du monde avec 250 GWh/an potentiels de production, sans toutefois préciser à quel horizon. Mais la France n'est pas en reste. Dernière arrivée à ce jour, la start-up Verkor basée à Grenoble a annoncé que son usine s'installerait à Dunkerque. Elle ambitionne de produire 50 GWh/an d'ici à 2030. Cette infographie reprend les principaux sites de production de batteries européens répondant au terme de gigafactory. Pour des soucis de lisibilité les sites ayant pour objectif moins de 5 GWh/an n'ont pas été pris en compte. La liste des gigafactories n'est donc pas exhaustive. Par ailleurs, le planning des montées en puissance de certains sites et les destinataires des batteries sont parfois encore inconnus. ●

Simon Philippe

Légendes

 Production débutée  En construction  Étape projet

BRITISHVOLT (GIGAPLANT)

Northumberland (G.B.) 

11 GWh/an en 2024 
30 GWh/an en 2030

Batteries destinées à Lotus 
Sont également pressentis :
Jaguar et Land Rover

AESC / ENVISION


Tyneside (G.B.) 

11 GWh/an en 2024 
38 GWh/an en 2030

Batteries destinées à :
Nissan 


WEST MIDLANDS GIGAFACTORY

Coventry (G.B.) 


60 GWh/an en phase finale,
début de production
possible en 2025 

Pas encore de
porteur de projet 

VERKOR

Dunkerque (France) 


16 GWh/an en 2025 
50 GWh/an en 2030

Batteries destinées
notamment à :
Renault Group 

AUTOMOTIVE CELLS COMPANY

Billy-Berclau - Douvrin (France) 


8 GWh/an en 2023 
24 GWh/an en phase finale

Batteries destinées à : Stellantis 

AESC / ENVISION

Douai (France) 

9 GWh/an en 2024 
24 GWh/an en 2030

Batteries destinées à Renault Group 

PHI4TECH

Noblejas (Espagne) 

2 GWh/an en 2023 
20 GWh/an en 2007

FREYR

Mo i Rana (Norvège)

43 GWh/an en 2025
83 GWh/an en 2028

Batteries destinées à :
Honeywell, Siemens,
Maersk, ...

JOINT-VENTURE NORTHVOLT / VOLKSWAGEN

Salzgitter (Allemagne)

16 GWh/an en 2024
40 GWh/an
en phase finale

Batteries destinées à :
Volkswagen

AUTOMOTIVE CELLS COMPANY

Kaiserslautern (Allemagne)

13,4 GWh/an en 2025
40 GWh/an
en phase finale

Batteries destinées à :
Stellantis

CATL

Erfurt (Allemagne)

14 GWh/an en 2022
24 GWh/an en phase finale

Batteries destinées à :
Renault, BMW, Volkswagen,
Daimler, Volvo, Bosch

SVOLT ENERGY

Überherrn (Allemagne)

6 GWh/an en 2023
24 GWh/an en phase finale

Batteries destinées à : PSA

MORROW

Arendal (Norvège)

8 GWh/an en 2024
43 GWh/an en phase finale

TESLA

Berlin (Allemagne)

100 GWh/an actuellement,
250 GWh/an en phase finale

Batteries destinées
à la production de Tesla

INOBAT AUTO

Bratislava (Slovaquie)

10 GWh/an en 2024

Projet aidé par Wildcat
Discovery Technologies

NORTHVOLT

Skellefteå (Suède)

32 GWh/an en 2024

Batteries destinées à :
BMW, Volkswagen, Volvo

JOINT-VENTURE NORTHVOLT/VOLVO CARS

Site non décidé

50 GWh/an en phase finale

Batteries destinées à :
Volvo, Polestar

FARASIS

Bitterfeld-Wolfen (Allemagne)

6 GWh/an pour fin 2022,
10 GWh/an en phase finale

LG CHEM

Wrocław (Pologne)

15 GWh/an en 2020,
65 GWh/an en phase finale

SK INNOVATION

Komárom (Hongrie)

7,5 GWh/an en 2020,
17,3 GWh/an en 2022

SAMSUNG SDI

Göd (Hongrie)

30 GWh/an depuis 2017,
40 GWh/an souhaité
en phase finale

SK INNOVATION

Ivánca (Hongrie)

30 GWh/an en phase finale

Volants d'inertie et batteries lithium-ion pour le réseau hollandais

Pour stabiliser la fréquence du réseau électrique et assurer des déplacements de charge, un système de stockage combinant volants d'inertie et batteries lithium-ion est utilisé aux Pays-Bas. Cette solution contribue à offrir notamment une plus longue durée de vie du système.

À Heerhugowaard, à une quarantaine de kilomètres d'Amsterdam, le gestionnaire du réseau de transport TenneT s'est doté d'un système de stockage d'énergie hybride innovant afin de servir de réserve de maintien de fréquence. Ces dernières permettent de stabiliser la fréquence du réseau électrique en compensant ses fluctuations. Le nouveau système déployé combine la technologie de stockage par batterie lithium-ion (Li-ion) de Leclanché au stockage par volant d'inertie Kinext de S4 Energy. Procédé ancien, les volants d'inertie assurent un stockage de l'énergie sous forme cinétique dans un volant tournant à grande vitesse. S'ils présentent l'avantage d'un haut rendement, leur temps de stockage est limité. « Ces volants d'inertie sont conçus pour faire face à des besoins immédiats et très rapides de quelques minutes, d'où l'importance dans ce projet de

les coupler avec des batteries Li-ion qui fournissent au final la grande partie du travail de stockage », précise Guido Guidi, directeur du développement commercial et des ventes mondiales chez Leclanché. La combinaison avec les volants d'inertie à réponse rapide réduit le débit d'énergie et le nombre de cycles des batteries Li-ion, garantissant ainsi un meilleur profil d'utilisation et une plus longue durée de vie du système. Sur ce projet, Leclanché a servi d'entrepreneur en ingénierie, approvisionnement et construction du système de stockage d'énergie par batterie (BESS) qui se compose de sous-systèmes de conversion de puissance, de modules et de conteneurs de batteries. Pour un fonctionnement optimal, l'ensemble est dirigé par un système de gestion de l'énergie (EMS), conçu également par l'entreprise suisse.

Pilote en 2018

Ce projet combinant deux systèmes de stockage fournira 9 MW de puissance pour le contrôle de la fréquence. « Dans un réseau, la fréquence du courant alternatif doit être en effet maintenue constante, autour des 50 Hertz. À chaque fois qu'il y aura une baisse ou une augmentation de cette fréquence, notre solution hybride devra répondre en 200 ou 300 ms à ces fluctuations », détaille Guido Guidi. Une puissance supplémentaire de 1 MW est également disponible pour des applications



de déplacement de charge afin de répondre à des besoins d'électricité locaux. Ce procédé innovant n'est toutefois pas le premier pour l'opérateur TenneT qui avait déjà fait confiance à S4 Energy et Leclanché. À Almelo, également aux Pays-Bas, un système pilote combinant les deux technologies de stockage avait été en effet testé puis validé en 2018, avant d'être étendu à une puissance 8,8 MW en 2020. Un troisième projet de 6 MW devrait également voir le jour sous peu à Groningue, dans le nord des Pays-Bas. Comme pour Heerhugowaard, 90% de sa puissance servira à la régulation de fréquence et 10% aux déplacements de charges. ●

Clément Cygler

De nouveaux modules de batteries

Outre les applications stationnaires, Leclanché développe également des solutions pour la mobilité électrique, en particulier pour les applications de transport électrique à forte consommation d'énergie, telles que la marine, les véhicules commerciaux ainsi que les chemins de fer. L'entreprise a ainsi conçu de nouveaux modules de batteries, appelés M3. Ces derniers affichent une densité d'énergie et une puissance accrue par rapport à la génération précédente. Ils se caractérisent également par une durée de vie très élevée allant jusqu'à 20 000 cycles (LTO) ou jusqu'à 8 000 cycles (G/NMC), ce qui permet des réductions significatives du coût total d'utilisation.



Véhicules électriques : des freins persistent au niveau des batteries

Le cabinet d'ingénierie et de conseil Arcadis publie un rapport sur les véhicules électriques (VE). Intitulé « Global Electric Vehicle Catalyst Index 2021 », il analyse les progrès réalisés en matière de véhicules électriques dans treize pays* autour de trois grands thèmes : les incitations gouvernementales, la maturité du marché et les infrastructures de recharge. Concernant la France,

Arcadis constate des mesures gouvernementales particulièrement fortes (plutôt dans le haut du classement en Europe), mais un parc de bornes de recharge très insuffisant. Avec 38 115 unités, le pays est encore très loin d'atteindre son objectif de sept millions d'ici 2030. Des grands états européens, la France est avec l'Espagne celui dont les infrastructures sont le plus à la traîne. En outre, les prix toujours élevés constituent un autre frein à l'achat et pas seulement dans l'Hexagone, d'autant plus qu'il y a toujours une inadéquation entre l'autonomie des batteries et certains usages. Les batteries installées dans les véhicules posent également un autre problème : comment améliorer leur bilan carbone de leur construction à leur fin de vie ? La réutilisation des batteries usagées des VE pour stocker de l'énergie renouvelable, notamment solaire photovoltaïque, pourrait selon l'étude apporter une réponse concrète à une gestion plus durable. Mais avec un bémol, cette filière ayant selon les auteurs besoin de mieux se structurer.

*Allemagne, Australie, Canada, Chine, Espagne, États-Unis (Californie et New York), France, Irlande, Italie, Pays-Bas, Royaume-Uni, Singapour et Thaïlande



Le digital pour optimiser la combinaison du solaire et du stockage

Lauréat de l'appel à projets ZNI de la Commission de régulation de l'énergie (CRE), le site de production renouvelable de Segur en Martinique comprend une centrale solaire d'une puissance de 1,3 Mwc et d'une batterie lithium-ion (0,6 MW-1,2 MWh). Afin d'optimiser le fonctionnement de ce site, construit et exploité par Apex Energies, EDF Store & Forecast a fourni sa solution logicielle de système de management de l'énergie (EMS) ainsi que son outil de prévision de production photovoltaïque. L'EMS l'énergie contrôle en effet avec le maximum d'efficacité ces équipements selon les exigences du réseau d'électricité de l'île, en commandant le stockage et le déstockage de l'énergie dans la batterie. Il embarque également un outil de prévision de production photovoltaïque en temps réel. Cette solution utilise des données météorologiques pour les prévisions en J-1 et satellitaires pour l'actualisation en journée. « Pour les sites CRE ZNI, il nous est en effet demandé d'annoncer à J-1 le profil de production garantie, puis en temps réel de rester dans une enveloppe autour du profil de production annoncée la veille, grâce aux performances des batteries et des données actualisées toutes les 15 minutes, précise Marc Debever, directeur commercial d'EDF Store & Forecast. Il faut également reporter l'excédent de la production photovoltaïque du midi vers la pointe de consommation du soir ». Pour le propriétaire de la centrale, la production d'électricité photovoltaïque est ainsi optimisée à chaque instant grâce à la capacité de stockage de la batterie, en limitant notamment la variabilité due au passage des nuages. « L'ensemble stockage et pilotage va également favoriser l'intégration des énergies renouvelables intermittentes car il fournit une certaine prévisibilité sur un moyen de production par nature plutôt aléatoire. Le digital est en train de rencontrer le monde de l'énergie et cela ne fait que commencer », se réjouit Marc Debever.

Stocker de l'électricité sous la mer ?

Segula Technologies développe un système destiné à stocker de l'électricité sous forme d'air comprimé sous la mer. Cette année, un démonstrateur sera installé au large du Croisic pour quatre ans. Si l'essai est concluant, cette technologie pourrait être commercialisée après 2026.

La Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) fixe pour objectif l'atteinte d'une capacité installée d'éolien en mer, posé et flottant, de 2,4 GW en 2023 et de 5 GW en 2028. Des pays comme le Royaume-Uni ou la Chine ont bien plus d'ambition. La question du stockage de cette électricité intermittente se pose toutefois. Au lieu d'emmagasiner les électrons excédentaires à terre dans des batteries lithium-ion, pourquoi ne pas le faire directement en mer à proximité des sources de production ? Cette idée est développée par Segula Technologies, qui a lancé dès 2013 un projet baptisé Remora. Il est capable de fonctionner à des profondeurs modérées, de 70 à 200 mètres.

Stocker grâce à l'air comprimé

Ce système est composé d'une plateforme flottante qui, avec une puissance électrique, comprime de l'air en pompant de l'eau

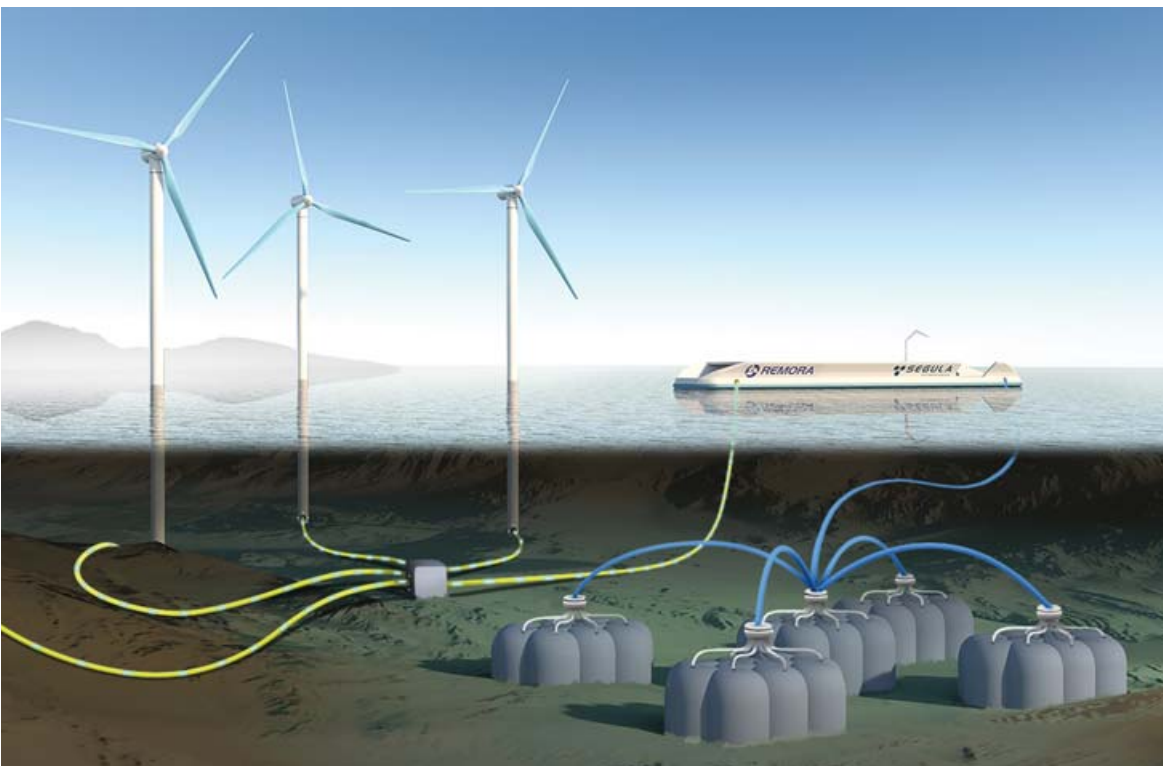
dans une chambre. Cet air est stocké dans des réservoirs sous-marins. Puis lorsque le besoin s'en fait sentir, il est renvoyé vers la plateforme dans laquelle il fait tourner des générateurs. L'électricité produite est alors injectée dans le réseau. Si le principe n'est pas nouveau, le faire fonctionner sous la mer demande des ruptures technologiques. « *Différentes thèses ont été menées en collaboration avec des laboratoires pour lever ces verrous. Un brevet a été déposé deux ans plus tard. Puis jusqu'en 2018, nous avons testé les différentes briques de la technologie en laboratoire* », explique Thibault Neu, chef de projet R&I chez Segula Technologies et chercheur associé à l'IMT Atlantique. Deux ans plus tard, l'entreprise a lancé un démonstrateur à terre baptisé ODySEA en collaboration avec le Centre technique des industries mécaniques (Cetim) et l'Université de Nantes. D'une capacité de 3 kW, il a permis de valider le

principe technique. « *Nous avons amélioré le procédé et atteint un rendement global du système de 70 % entre l'électricité consommée en entrée en mode stockage et celle restituée à la sortie. En général, le stockage par air comprimé ne dépasse pas les 50 % de rendement* », détaille Thibault Neu. Reste à le tester en mer. C'est à cette étape décisive que se consacre Segula Technologies. D'ici la fin de l'année, un prototype de 100 kW du nom de Seamac sera immergé au large du Croisic sur le site d'expérimentation du Sem-Rev, géré par Centrale Nantes. Il fonctionnera durant quatre ans et permettra de mener des tests en conditions réelles. « *Installer une technologie en mer est forcément plus compliqué qu'à terre. Nous avons donc choisi des composants existants et éprouvés que nous avons assemblés (pompes hydrauliques, vannes, tuyaux, systèmes pneumatiques, etc.)*. Ils sont déjà utilisés sur des navires ou sur des plateformes pétrolières », précise Thibault Neu. Le milieu marin ne présente pas que des points négatifs. Pour refroidir le système de compression ou maintenir l'air sous pression, il possède des avantages significatifs. Si les tests s'avèrent

concluants, cette technologie pourrait être commercialisée après 2026. Le projet final se composera d'une plateforme flottante d'une puissance de 15 MW et de réservoirs sous-marins atteignant une capacité de stockage de 90 MWh, soit six heures de stockage. Compte tenu des coûts en baisse des batteries au lithium, cette technologie a-t-elle une chance de percer ? « *Dans les prochaines décennies, il est impossible de dire quel sera le prix du lithium et s'il y aura des difficultés d'approvisionnement. Pour Remora, toutes les pièces sont fabricables en France, contrairement aux batteries. De plus, elles sont déjà utilisées dans certaines filières ce qui contribuera à faire baisser les coûts* », conclut Thibault Neu. ●

Olivier Mary

© Segula Technologies



Pour renouveler ses groupes électrogènes, Enedis mise sur les batteries

Pour remplacer son parc de groupes électrogènes diesel, Enedis se penche sur les batteries. En plus d'avoir zéro émission directe et d'être plus agréable pour les riverains, ces technologies s'accordent parfaitement aux énergies renouvelables.

Enedis s'est engagé dans une démarche de restriction d'émissions de gaz à effet de serre (GES). Cette entreprise, chargée de la gestion et de l'aménagement de 95 % du réseau de distribution d'électricité en France, cherche à réduire 20 % de ces émissions d'ici 2025. Un défi que la filiale d'EDF souhaite relever par différentes approches, dont le changement de ces groupes électrogènes. « *L'ambition est de remplacer les groupes électrogènes classiques au diesel par des solutions zéro émission directe, sans dégrader le niveau de service apporté*, décrit Sébastien Cantet, chargé du projet chez Enedis. *Les groupes électrogènes ne participent que pour une petite partie du CO₂ émis mais il s'agit aussi de contrer des effets néfastes des versions actuelles : le bruit et les odeurs notamment.* »

Trois quarts des usages couverts

Typiquement les groupes électrogènes sont utilisés pour deux raisons par Enedis. D'abord, lors d'événements climatiques où il y a des incidents, ils servent de secours. « *Ils peuvent alimenter des poches de réseaux qui auraient été coupés du circuit habituel à cause de la chute d'un arbre par exemple* », illustre Sébastien Cantet. Ensuite, ils sont utilisés dans le cas de travaux programmés ou de maintenance sur le réseau. « *Aujourd'hui, on voit qu'avec les groupes électrogènes zéro émission que nous testons, nous devrions couvrir les trois-quarts des travaux programmés. On n'arrivera pas à couvrir 100 % de nos usages, notamment dans le cas de gros incidents climatiques où l'on a besoin de groupes électrogènes sur plusieurs semaines. Là, les groupes diesel conventionnels seront encore nécessaires.* »



▸ Un prototype de groupe électrogène zéro émission, parmi d'autres développés par Enedis et ses autres partenaires industriels.

Différentes approches

Pour remplacer ces groupes électrogènes, Enedis travaille sur plusieurs options. L'entreprise est actuellement dans une phase d'expérimentation. L'objectif est de tester différentes technologies sur le terrain afin de voir si elles fonctionnent avec les contraintes de l'entreprise, en vue de l'industrialisation. « *Notre premier modèle est une batterie nickel-sodium de 60 kW qui est en expérimentation dans le Sud de la France depuis l'été dernier* », précise le directeur du projet. Ce groupe électrogène a été construit avec l'aide de l'industriel Schneider. Un second modèle lithium-ion d'une puissance de 400 kW, pour deux heures d'utilisation à puissance maximale, aura aussi le droit à une utilisation sur le terrain, dans la région Centre-Val-de-Loire, d'ici à la fin du semestre. « *Un troisième modèle [lithium-ion aussi], créé avec un autre constructeur, sera aussi testé avant la fin du mois dans la région Pays de la Loire. Il produit 160 kW pour trois heures d'autonomie à pleine puissance. Il peut être déposé directement sur les chantiers même si pour les premières utilisations, nous le laisserons sur un porteur. C'est une*

version intermédiaire entre les deux autres. » L'encombrement est une des difficultés que rencontre le gestionnaire de réseau, mais il parie sur l'évolution des technologies pour pallier ce manque de maturité. « *Et quand on voit l'évolution des technologies des batteries sur les dernières années, on peut être confiant* », souligne Sébastien Cantet. La durée limitée des batteries et l'impossibilité de les réalimenter directement lors de leur utilisation restent les plus grands inconvénients des technologies développées. Ainsi Enedis travaille aussi sur des piles à combustible hydrogène qui, dans une certaine limite, pourront être rechargées directement sur les chantiers. « *De plus, cette technologie est couplée à une batterie, explique le responsable du projet. Donc, comme dans le cas de nos autres prototypes, elles auront l'avantage de pouvoir réguler le réseau, notamment en présence de sources d'énergie renouvelable. Lorsqu'une surcharge de réseau arrive, les batteries peuvent l'utiliser pour se recharger au contraire des groupes diesel. Cela permet de tirer profit des EnR connectées au réseau.* » ●

Simon Philippe

Des véhicules pour équilibrer

La technologie véhicule-to-grid pourrait contribuer à ajuster en temps réel l'équilibre production-consommation du système électrique français. Le gestionnaire de réseau RTE vient de certifier une solution mise au point par Dreev, qui comprend des bornes de recharge, une plateforme de pilotage et un agrégateur.

Le réglage primaire de fréquence contribue à la sécurité du système électrique français. Lorsque la consommation fluctue rapidement ou que des sources de production se mettent en marche, ce dispositif rééquilibre automatiquement, et en quelques secondes, la balance entre production et consommation. Il stabilise ainsi la fréquence à un niveau proche de la valeur de référence de 50 hertz. Il peut être mis en œuvre par des grands consommateurs industriels par effacement ou par des unités de production. Ce mécanisme doit pouvoir répondre à la perte simultanée de 3 000 MW au niveau européen. Le système

français contribue à hauteur d'environ 540 MW de réserve primaire. Depuis janvier 2017, cette réserve primaire est constituée par un appel d'offres hebdomadaire mené par RTE et ses homologues allemands, autrichien, belge, néerlandais et suisse. Historiquement, ce service était surtout assuré par des industriels, des centrales nucléaires, hydrauliques et thermiques. Mais une nouvelle technologie pourrait apporter son aide : le véhicule-to-grid (V2G). « RTE a validé et autorisé la participation des véhicules électriques du parc de Dreev à la réserve primaire. Nous certifions que ces équipements peuvent stocker ou déstocker de l'énergie en quelques secondes pour participer à l'équilibrage de la fréquence. Cette certification a été menée de manière normalisée sur une petite centrale équivalente à 100 kW », explique Yannick Jacquemart, directeur de l'économie du système électrique de RTE. La solution développée par Dreev, coentreprise créée par EDF et la startup californienne Nuvve est donc la première à être certifiée en France.

Une solution en trois briques. La technologie développée par Dreev comprend trois éléments. Tout d'abord des bornes de recharge bidirectionnelles de 10 kW qui peuvent soutirer mais aussi injecter de l'électricité dans le réseau en cas de besoin. Construites par ABB, elles ont été installées au sein d'entreprises et de collectivités territoriales possédant leur flotte des véhicules électriques bidirectionnels compatibles. « Il y a plus de 100 bornes déployées en France (presque 200 en Europe) et quelques centaines de kilowatts qui peuvent participer de manière effective à la réserve primaire avec RTE. Nous avons programmé le déploiement de plusieurs centaines d'autres bornes à partir de 2022, ce qui va représenter plusieurs mégawatts », précise Olivier Dubois, directeur mobilité électrique groupe EDF pour Dreev. L'entreprise coopère avec le constructeur japonais Nissan qui construit deux modèles compatibles avec ce système : Leaf et son véhicule utilitaire e-NV200. Une plateforme de pilotage en temps réel garantit le respect des besoins de mobilité des utilisateurs. « Cet outil permet d'avoir les données relatives à la borne en temps réel (contraintes et opportunités liées à la charge et décharges des véhicules électriques selon qu'ils sont branchés ou pas, leurs niveaux de charge, les puissances disponibles sur sites, etc.) mais aussi celles du réseau électrique. Ainsi la borne peut détecter les besoins du réseau grâce aux signaux et venir rendre le service attendu », détaille Olivier Dubois. Enfin, ce service rendu au système électrique est valorisé sur le marché grâce à Agregio, filiale du groupe EDF dédiée à l'agrégation de productions d'énergies renouvelables, d'effacements de consommation et de flexibilités liées à des actifs de stockage. Dreev apporte une flexibilité agrégée, sommes des puissances de tous les véhicules électriques disponibles à un instant T,

La solution véhicule-to-grid développée par Dreev, EDF et Nuvve sera la première certifiée en France.



le système électrique

à Agregio. Ce dernier combine alors la flexibilité V2G à d'autres pour l'obtention de mégawatts qu'il porte auprès de RTE et est rémunérée pour l'ensemble du service.

Un pari pour le futur

D'un point de vue économique, le V2G est un modèle émergent auquel plusieurs acteurs croient : les énergéticiens comme EDF, les constructeurs automobiles et les fabricants de bornes de recharge. Mais aussi le Fonds d'innovation européen qui soutient la technologie en lançant des appels à projets innovants. Cette technologie permet deux types de gains pour les clients. Des implicites, directement générés sur la facture d'énergie, il s'agira par exemple de charger davantage le véhicule en heures creuses et de décharger au

profit du bâtiment en heures pleines, pour permettre à ce dernier de consommer le moins possible. Et des gains explicites, comme ceux générés via RTE, et qui vont permettre de rémunérer le client de manière complémentaire ou de réduire sa facture globale d'énergie et de services. Dès cette année, des particuliers pourraient participer au réglage primaire de fréquence. Ils seront rémunérés jusqu'à 20 euros par véhicule électrique et par mois pour cela. À l'avenir, le V2G pourrait apporter de nouveaux services au système électrique. Il est d'abord envisagé de l'utiliser pour compenser l'intermittence de certaines sources renouvelables. « À terme, un des grands objectifs sera aussi d'être en capacité de stocker l'énergie de manière massive à certains moments favorables

(énergie peu chère et peu carbonée), et d'effacer à d'autres moments des puissances liées à la demande », estime Yannick Jacquemart. À ce jour, Dreev a déployé plus d'une centaine de bornes et espère pouvoir multiplier ce nombre dans les mois et années à venir. Et cette trajectoire pourrait fortement augmenter. Les différentes projections des constructeurs⁽¹⁾ et des pouvoirs publics⁽²⁾ tablent sur plus d'un million de véhicules électriques en circulation en France en 2023, 4,8 millions en 2028, et jusqu'à 16 millions d'unités en 2035. ●

Olivier Mary

(1) Scénarios de la Plateforme française automobile

(2) Objectifs de la Programmation pluriannuelle de l'énergie et de la Stratégie nationale bas-carbone



10 mai 2022



Nantes

CONFERENCE & VISITE

Stockage de l'électricité dans la transition énergétique :

est-ce pour aujourd'hui ou pour demain ?



- I. La place du stockage d'électricité dans une approche d'économie circulaire & RSE des entreprises
- II. La place du stockage d'électricité dans les process industriels : mythe ou réalité ?
- III. Le stockage d'électricité au service de smartgrids industriels et de la flexibilité électrique
- IV. Visites de sites

Programme détaillé à venir.

Contact ATEE : Carine FADAT : c.fadateatee.fr - 06 23 37 60 60

Forsee Power, pour une électromobilité durable

L'électromobilité se développe fortement actuellement. Forsee Power, un acteur historique de ce marché, propose une gamme large et polyvalente de produits pour différents types d'applications. Rencontre avec Sébastien Rembauville-Nicolle, vice-président business development chez Forsee Power.

Sur quels types de segments du marché de l'électromobilité se positionne Forsee Power ?

Sébastien Rembauville-Nicolle : Forsee Power est concepteur et fabricant de systèmes de batteries intelligentes pour différentes applications, en particulier sur les marchés à forte valeur ajoutée et à forte croissance. Notre offre se concentre ainsi sur des modèles légers (scooters, trois roues et quatre roues légers) et lourds (bus électriques, *off-road*, trains, marine...) à destination de professionnels. C'est le cas du bus, notamment, car beaucoup de villes passent à l'électrique pour des enjeux de décarbonation. À Paris, près des deux tiers des bus électriques sont équipés de nos batteries. Il existe d'autres marchés qui démarrent comme le ferroviaire sur lequel nous nous positionnons également. On souhaite, en effet, s'ouvrir à de nouveaux segments mais en identifiant ceux avec le plus de potentiels et de synergie aussi avec nos produits.

Comment jugez-vous la dynamique actuelle de ce marché ?

S. R.-N. : La dynamique est en ce moment très porteuse. Au tout début, beaucoup de freins étaient recensés, en particulier celui du marché car les clients n'étaient pas mûrs. Celui de l'appétit du marché n'existe

plus et, désormais, la demande a explosé. Plusieurs raisons expliquent cet engouement à commencer par la lutte contre le changement climatique et la limitation des émissions de CO₂. La variabilité et la hausse des carburants fossiles permettent aussi de rendre solvables les véhicules électriques. Avec les progrès technologiques, la densité des batteries a également été augmentée et donc l'autonomie des véhicules, ce qui représentait également un autre frein important. Aujourd'hui, les bus électriques peuvent assumer toutes les lignes quelle que soit la distance, ce qui n'était pas le cas avant. La massification et les innovations technologiques ont ensuite permis de faire baisser les prix drastiquement. Enfin, les réglementations récemment instaurées poussent à l'électrification afin de diminuer les émissions polluantes et les nuisances sonores.

Un des freins restants reste le recyclage des batteries. Avez-vous travaillé sur cette problématique ?

S. R.-N. : De par notre positionnement de systémier, il est légitime et essentiel pour nous d'œuvrer sur cette question. Une batterie hors d'usage pour la mobilité n'aura en moyenne perdu que 20 ou 30 % de sa capacité, donc il est nécessaire de leur trouver des deuxièmes usages. Dès 2015, des expérimentations et des tests ont été réalisés avec Mitsubishi et EDF, et avant de réfléchir au développement de seconde vie pour nos propres produits pour des applications notamment stationnaires. Celles-ci ont en effet moins de contraintes en termes de densité et de vibrations. Plusieurs projets de R&D ont ainsi été montés ces dernières années, mais avant de commercialiser une solution stationnaire issue de batteries recyclées, il faut en avoir un gisement important. C'est désormais le cas pour Forsee Power qui dispose de plusieurs centaines

de véhicules en Europe. Cela nous ouvre des possibilités dans un futur proche !

L'hydrogène et les piles à combustibles (Pac) commencent à émerger dans le marché de l'électromobilité. Quel regard portez-vous sur cette technologie ?

S. R.-N. : L'électromobilité est un champ assez vaste avec des applications variées nécessitant des charges lentes ou rapides. Il existe des configurations où cela ne fonctionne pas, en raison notamment d'un kilométrage trop élevé et/ou l'absence de possibilité de ravitaillement. La Pac (*fuel cell*) peut être une solution pertinente car elle va produire de l'électricité au fil de l'eau tandis que la batterie joue un rôle d'équilibrage pour optimiser les performances. Elle va, en effet, limiter les impacts des très fortes variations de courant pour la Pac qui préfère de loin un régime stabilisé. Forsee Power est embarqué sur les deux principaux projets de bus *fuel cell* en Europe, plus précisément au Royaume-Uni et au Portugal. Cela nous a amenés à collaborer avec Ballard pour développer un système global le plus optimisé, ce qui assure de plus longues durées de vie et des capacités supérieures aux équipements, tout en diminuant les coûts. ●

Clément Cygler

Forsee Power en détail

- ▶ Créé en 2011, plus de 600 employés
- ▶ 4 sites de production (France, Pologne, Chine et Inde), 3 sites de R&D (France et Chine)
- ▶ Capacité de production : 1 GWh
- ▶ Principaux actionnaires : Eurazeo, Mitsui & Co, Ballard Power Systems, BPI France, Groupe Dassault

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

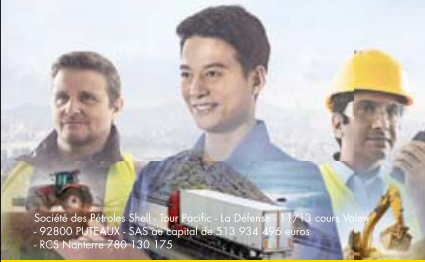
Tarifs : 990€ H.T./an par module de 5 cm de haut. Autres tailles : nous consulter.

LUBRIFIANTS



**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 - 117, 119 cours Valmy
- 92800 PUTEAUX - SAS au capital de 513 934 496 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

Ingenierie - Installation - Maintenance



Cogénération :
Moteurs Jenbacher

- Expert en gaz renouvelables

Injection :
production de biométhane
& récupération du
CO₂ : TPI

- 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
KNOX

TPI
TECHNOLOGIE
INDUSTRIELLE
PROCES

QUALIMÉTHA

PRODUCTION ET STOCKAGE ÉLECTRIQUE

Protection des installations de
production et de stockage d'énergie

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



Raycap
raycap.com | info@raycap.com

SOLUTION DE FINANCEMENT

REALEASE Capital
Agility for business

Adhérent **atee**
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

N'attendez plus pour adopter un **système de management de l'énergie ISO 50001**



Une prime

jusqu'à 40 000 €

pour votre management de l'énergie

► Une prime de 40 000 €

Le Programme national PRO-SMEn 2018-2022 vous aide à financer la mise en place de la norme ISO 50001. Il octroie une prime allant jusqu'à 40 000 euros.

La prime, délivrée une fois le certificat de conformité à norme obtenu, est égale à 20 % des dépenses énergétiques annuelles des sites certifiés.

► N'attendez plus !

Le dispositif s'arrête le 1^{er} octobre 2022 !

Le programme est très ouvert : PME, ETI, Grands Groupes de l'industrie et du tertiaire.

La prime est octroyée **automatiquement** par l'ATEE, porteur du Programme PRO-SMEn, dès lors que votre entreprise présente une demande conforme au règlement du Programme.



► **300 entreprises certifiées ISO 50001 ont bénéficié de la prime. Pourquoi pas vous ?**

toutes les infos sur le site www.pro-smen.org

Logiciel de conciergerie CEE



Notre logiciel administre les dossiers des obligés automatiquement.

ENCADREZ
vos équipes
internes

FÉDÉREZ
des dizaines
de mandataires

AUTOMATISEZ
le contrôle de vos
documents

SÉCURISEZ
facilement la
qualité de
vos dossiers

RECRUTEZ
des centaines
d'installateurs

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



Contactez-nous au 01 82 28 72 03
contact@consoneo.com

Siège social : PARIS
Support partenaires et R&D : BORDEAUX