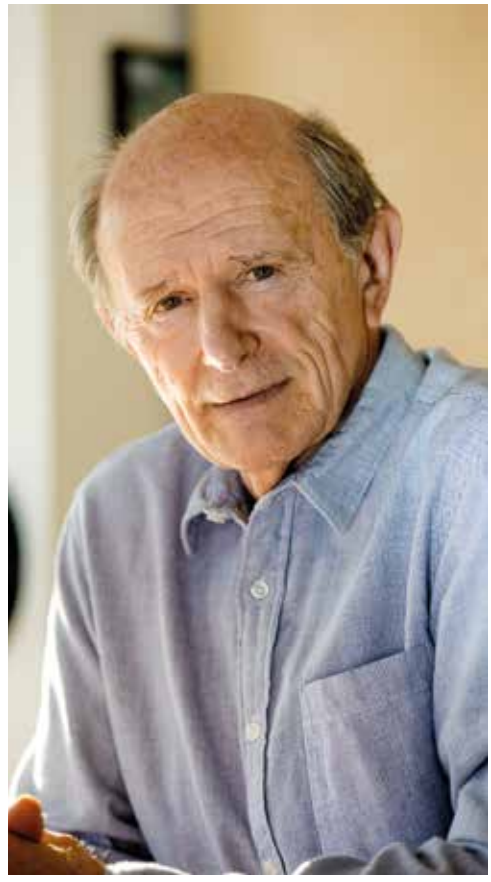


TraNsitions

Le magazine de RTE qui éclaire les futurs énergétiques

·4

Juin 2022

Dossier
Prix de l'électricité : ce qui les fait fluctuer, du marché à la facture

L'invité
Jean-Louis Etienne : « Les enfants sont clairs : ils veulent sauver la planète »

Dans les coulisses
L'interconnexion IFA 2

Et demain…
Et si la voiture électrique participait à l'équilibrage du système électrique ?

TraNsitions

Le magazine de RTE
qui éclaire les futurs énergétiques

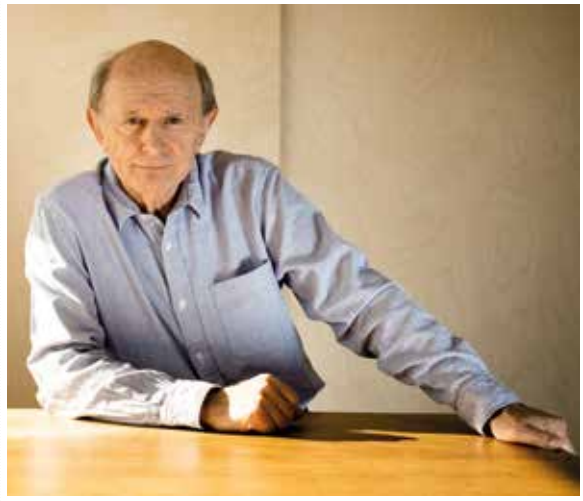
Juin 2022

•4

4

— Actualités

Les temps forts de RTE, l'actualité des projets emblématiques pour la transition énergétique



— L'invité

11 Jean-Louis Etienne : « Les enfants sont clairs : ils veulent sauver la planète »

6 — Le dossier

Prix de l'électricité : ce qui les fait fluctuer, du marché à la facture

Transitions n°4
Juin 2022
est une publication de RTE
Immeuble window
7c place du Dôme
92800 Paris La Défense

Directeur de la communication et de la publication : **Renaud Czarnes** – Rédactrice en chef : **Jeanne Bertin** – Comité éditorial : **Coline Assaiante, Pauline Le Bertre, Arnaud Peruzzi.**
Un grand merci aux équipes de RTE qui nous ont accompagnés sur ce numéro : Vrai/faux, Repères : **Coline Assaiante.**
Le dossier : **Yannick Jacquemart.**
Le reportage : **Emmanuel Gosset et toute l'équipe présente d'IFA 2.**
Et demain... : **Yannick Jacquemart.**
Correction : **Pierre-Alain Furbury.**
Conception/réalisation : **Addict design** – Impression : **STIPA,** labellisé Imprim'vert.
Imprimé avec des encres et vernis végétaux sur un papier 100 % recyclé. Pour toute question relative à vos données personnelles : rte-informatique-et-libertes@rte-france.com

L'énergie est notre avenir, économisons-la !

IMPRIM'VERT®

14

— Dans les coulisses

L'interconnexion IFA 2

24

— Vrai ou Faux

Questions autour de la transition énergétique : RTE démêle le vrai du faux

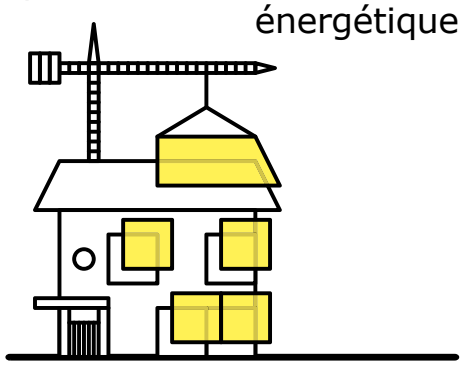
— Et demain...

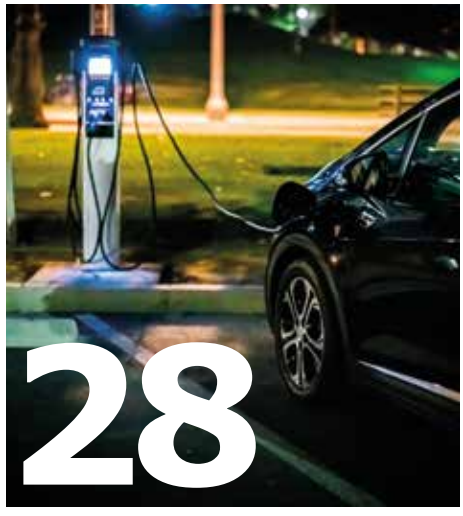
Et si la voiture électrique participait à l'équilibrage du système électrique ?

26

— Repères

Efficacité énergétique et sobriété : deux leviers pour 2050 et la transition énergétique





28

31

— Comment ça marche ?

Les postes électriques

— Edito

Xavier Piechaczyk
Président du directoire de RTE

Chères lectrices,
Chers lecteurs,

Le monde de l'énergie traverse actuellement des perturbations sans précédent. Les tensions internationales, et tout particulièrement la guerre en Ukraine, viennent peser sur la facture énergétique des entreprises et des ménages.
Pour autant, l'objectif de neutralité carbone de l'Europe en 2050 ne doit pas être perdu de vue. Au contraire ! Les événements d'aujourd'hui nous poussent à prendre nos responsabilités et à accélérer notre sortie des hydrocarbures.
En consommant plus efficacement, en gagnant en sobriété et en électrifiant progressivement nos usages.
Ce numéro 4 du Magazine de RTE illustre des enjeux de court terme, comme la formation des prix de l'électricité ou encore la mise en service de notre dernière interconnexion IFA 2, qui accroit la nécessaire solidarité électrique avec notre voisin britannique.
Il éclaire également nos défis de plus long terme, sur nos futurs comportements et pour un monde plus électrifié, afin de donner à voir le monde énergétique que nous contribuons à préparer.

Bonne lecture,
Xavier Piechaczyk

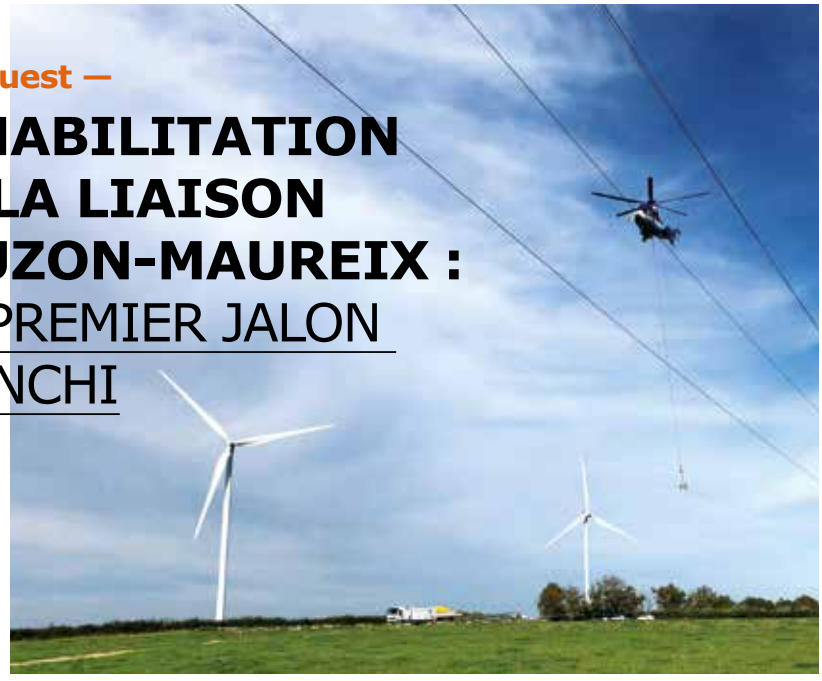
Les temps forts de RTE, l'actualité des projets emblématiques pour la transition énergétique

Île-de-France-Normandie — Éolien en mer : RTE étend sa convention avec la SNSM

© DR

— En Normandie, notre entreprise travaille sur le raccordement de cinq parcs éoliens en mer. RTE entretient le dialogue avec les parties prenantes maritimes. La sécurité est au cœur des préoccupations de RTE. Pour créer un espace de dialogue privilégié autour de cet enjeu, RTE vient d'étendre la convention nationale signée avec la Société nationale de sauvetage en mer (SNSM) aux antennes locales de Courseulles-sur-Mer, de Fécamp, du Havre et aux délégations départementales du Calvados et de Seine-Maritime. Les équipes de la SNSM prévoient ainsi de faire de la prévention des risques nautiques auprès des salariés de RTE. L'entreprise, quant à elle, va proposer des sensibilisations à la sécurité électrique auprès des équipes de la SNSM. Ce partenariat prévoit également une contribution financière de RTE, à hauteur de 95 000 euros, aux investissements proposés par la SNSM dans le cadre de ses activités de sauvetage des vies en mer et sur le littoral.

Sud-Ouest — RÉHABILITATION DE LA LIAISON EGUZON-MAUREIX : UN PREMIER JALON FRANCHI



© DR

— Le vaste projet de réhabilitation de plusieurs ouvrages électriques entre Eguzon (Indre) et Maureix (Haute-Vienne) vient de franchir une première étape : 28 kilomètres de lignes ont été renouvelés en 2021. Un investissement de 7 millions d'euros sur un budget total de 37 millions. Ces travaux répondent à de multiples enjeux pour RTE et le territoire : accueillir la production d'énergies renouvelables, renouveler des éléments vétustes et renforcer la résistance des câbles à la canicule afin d'améliorer la sécurité d'alimentation et la capacité de transport d'électricité. La prochaine phase, en 2022, portera sur la réhabilitation de 50 kilomètres de lignes aériennes, la création d'une liaison souterraine et l'extension du poste de La Souterraine. Les travaux se poursuivront jusqu'en 2024.

© DR

Nord — Dernière étape du renforcement de l'interconnexion entre la France et la Belgique

— RTE aborde la dernière phase de son chantier de renforcement de l'interconnexion entre la France et la Belgique. Objectif : consolider la sécurité d'approvisionnement entre les deux pays en augmentant la capacité de transport de 1 000 MW par circuit. Après le remplacement des appareils haute tension dans le poste électrique de Mastaing en 2021 pour l'adapter à la hausse du transit, l'année 2022 sera consacrée au remplacement des câbles. Une première phase de préparation, en 2019, avait permis de renouveler les pylônes d'ancrage et de renforcer des fondations. Dernière étape : le remplacement des câbles par de nouveaux câbles à faible dilatation, spécialement conçus pour les ouvrages 400kV de cette interconnexion. Soit plus de 260 kilomètres de câbles à dérouler qui vont permettre un renforcement de l'interconnexion avec un impact environnemental limité et à moindre coût.

© DR

Est —
LE NOUVEAU S3RENR BOURGOGNE-FRANCHE-COMTÉ ENTRE EN VIGUEUR

— Afin d'adapter le réseau électrique des territoires au développement des énergies renouvelables, RTE élabore un Schéma Régional de Raccordement au Réseau des Énergies Renouvelables (S3REnR), en association avec les gestionnaires des réseaux de distribution d'électricité. Depuis 2012, il existait un S3REnR pour la Franche-Comté et un autre pour la Bourgogne. Un nouveau S3REnR, à l'échelon de la région Bourgogne-France-Comté, vient d'entrer en vigueur. Élaboré avec le concours de l'ensemble des acteurs du territoire, il répond à l'objectif, fixé par le préfet de région, d'une capacité globale de raccordement de 5,4 GW à l'horizon 2030.

MÉDITERRANÉE
RTE S'ENGAGE POUR L'EMPLOI LOCAL ET L'INSERTION DANS L'AUDE ET LES PYRÉNÉES-ORIENTALES

— Dans les prochaines années, RTE prévoit d'investir près de 265 millions d'euros dans l'Aude et les Pyrénées-Orientales. Pour que ces investissements bénéficient à l'économie et à l'emploi locaux, RTE a souhaité renouveler sa convention de partenariat signée en 2016 avec la Fédération Régionale des travaux Publics et le Groupement d'employeurs sur la Responsabilité Sociétale des Entreprises dans les Pyrénées-Orientales, mais également étendre celle-ci au département de l'Aude. Avec cette convention, RTE s'engage à favoriser la sous-traitance auprès de PME locales ; en retour, les entreprises accueillent des salariés éloignés de l'emploi. Bilan : depuis 2016, plus de la moitié des marchés de travaux a pu être confiée à des PME locales et 8 700 heures d'insertion ont été réalisées, ouvrant sur des contrats à durée déterminée.

Auvergne-Rhône-Alpes —
La biodiversité s'installe sur le Campus Transfo

— Classé refuge LPO (« Ligue pour la Protection des Oiseaux ») depuis 2017, le site du Campus Transfo à Jonage, près de Lyon, vient de faire l'objet d'une nouvelle convention avec l'association, en intégrant les nouveaux bâtiments. Le bilan est déjà positif, selon les équipes de la LPO qui réalisent régulièrement des « inventaires faunistiques » sur le site. Ils ont pu apercevoir de nombreuses espèces d'oiseaux, dont certaines assez rares : des rossignols, des moineaux friquets (en déclin dans le Rhône), un rougequeue noir, une bergeronnette grise, une linotte mélodieuse, des étourneaux sansonnets, des chardonnerets élégants et même un faucon crécerelle ! Certains nichoirs ont permis la reproduction de plusieurs couples. À Campus Transfo, décidemment apprécié par la faune, on peut aussi croiser des lapins de garenne et des lièvres d'Europe, pourtant rares à observer.

© Philippe Quaisse

© DR

Ouest —
RTE accompagne l'aménagement urbain de la métropole de Nantes

— RTE accompagne l'aménagement urbain de Nantes Métropole en mettant en souterrain cinq lignes aériennes à haute tension. 52 pylônes électriques et 14 kilomètres de câbles seront ainsi retirés d'ici 2024 sur trois secteurs de l'agglomération.
Ces travaux permettent d'accompagner le développement de la métropole, tout en garantissant durablement son alimentation électrique. Ce projet représente 15 millions d'investissements, dont 12 millions pris en charge par la métropole. À noter : les pylônes et les câbles démantelés vont être recyclés par une entreprise de la région afin de valoriser les matériaux.

$200
ONE HUNDRED DOLLARS
20L
71
65

PRIX DE L'ÉLECTRICITÉ :

CE QUI LES FAIT FLUCTUER, DU MARCHÉ À LA FACTURE

Guerre en Ukraine, lutte contre le réchauffement climatique, évolution des prix des combustibles, taxes diverses… De multiples paramètres et événements exercent une influence sur les prix de l'électricité. Pourquoi et comment les prix de l'électricité évoluent-ils ? De quoi exactement est composée notre facture ? Et comment est-elle susceptible d'évoluer dans les années qui viennent ? Voici quelques éléments de réponse.

— Illustrations : Nazario Graziano

La règle des trois tiers

En tant que particulier, notre facture se divise, pour simplifier, en trois tiers. Le premier dépend du prix de production de l'électricité ; le deuxième de son acheminement (transport et distribution) ; le troisième des taxes. La situation est différente pour les industriels, qui bénéficient de frais d'acheminement et de taxes moindres (ils sont connectés à des niveaux de tension plus élevés et ils récupèrent la TVA, par exemple). En revanche, le prix de production est le même pour tous. Reste à savoir comment celui-ci est déterminé et, pour cela, il faut se pencher sur le « marché de gros ».

Un marché aux règles singulières

Le « marché de gros » de l'électricité fonctionne de manière particulière : il s'agit d'un marché européen (voir l'encadré « Trois questions à »), et on n'y raisonne pas en termes de « prix moyen » mais de « prix marginal ». En clair : c'est le coût de la dernière centrale retenue pour satisfaire la consommation qui fait le prix pour toutes les autres. Qu'il soit issu d'un panneau solaire, d'un barrage hydraulique ou d'une centrale nucléaire importe peu : tous les kilowattheures sont vendus selon la valeur du coût marginal.

On peut s'étonner de voir un marché ne pas raisonner en fonction du prix moyen, mais du prix marginal. Il y a pourtant à cela une bonne raison. *« L'avantage de ce système est qu'il conduit à faire systématiquement appel à la centrale disponible la moins chère en Europe pour produire un kilowattheure supplémentaire »*, précise Yannick Jacquemart, Directeur nouvelles flexibilités pour le système électrique de RTE.

Des prix qui varient beaucoup selon les modes de production

Il faut également savoir que, pour établir le coût marginal, on ne tient aucunement compte de l'argent qu'il a fallu consacrer à l'investissement (la construction d'une centrale nucléaire, par exemple), mais uniquement du coût variable de fonctionnement, c'est-à-dire le coût pour produire un kWh supplémentaire. Or ce dernier dépend énormément des modes de production.

Prenons l'exemple d'un jour de grand vent. Grâce à ces conditions météo favorables, les éoliennes tournent à plein régime et produisent beaucoup d'électricité pour un coût variable quasiment nul, dans la mesure où le vent est gratuit et les frais de maintenance très faibles. Imaginons encore que nous soyons au début de l'été (période où la consommation est faible) et que cette production suffise à satisfaire la demande. En conséquence, le prix de l'électricité sur le marché de gros sera très faible, voire nul.

Changement de décor. Nous sommes maintenant en plein hiver, lors d'une journée sans vent. Les éoliennes sont à l'arrêt. Pour satisfaire la dernière demande, il faut donc recourir à un tout autre mode de production : une centrale à charbon, dont le coût de production est bien plus onéreux. Résultat logique : le prix de l'électricité sur le marché de gros sera beaucoup plus élevé.

Les modes de production de l'électricité dont les coûts variables sont les plus faibles sont l'éolien, le solaire et l'hydraulique. On trouve ensuite le nucléaire car, une fois la centrale construite, il suffit, afin de la faire fonctionner, d'y mettre un peu d'uranium enrichi pour produire de grandes quantités d'électricité. En revanche, celui des centrales à énergie fossile est beaucoup plus élevé puisqu'il intègre et le prix de la matière première (le cours du baril pour le fioul, par exemple) et le prix du CO_2, de plus en plus coûteux en raison de la lutte contre le réchauffement climatique. Selon les périodes, le charbon vaut plus cher que le gaz, mais ce n'est pas systématique. Les centrales au fioul, elles, sont les plus onéreuses de toutes.

« LES MODES DE PRODUCTION DE L'ÉLECTRICITÉ DONT LES COÛTS VARIABLES SONT LES PLUS FAIBLES SONT L'ÉOLIEN, LE SOLAIRE ET L'HYDRAULIQUE. »

« LE PRIX DES CENTRALES À ÉNERGIE FOSSILE EST BEAUCOUP PLUS ÉLEVÉ PUISQU'IL INTÈGRE ET LE PRIX DE LA MATIÈRE PREMIÈRE ET LE PRIX DU CO_2. »

Un marché très volatil

Les fournisseurs d'énergie font donc leurs emplettes sur le marché de gros. Et comme l'électricité ne se stocke pas, ils achètent une partie de leur fourniture en temps réel. Or, selon les jours et même les heures de la journée, le prix varie énormément. S'il se situe parfois sous la barre des 40 euros le mégawattheure, il peut s'envoler jusqu'à… 300, 1000, voire 3000 euros dans les situations de manque de production !

Heureusement pour nous, consommateurs, il existe de grandes différences entre le marché de gros et le marché de détail, qui comprend souvent des offres à prix fermes et des tarifs réglementés, ce qui nous évite d'avoir à subir ces effets de yo-yo. De plus, l'actualité récente l'a montré, les politiques n'hésitent pas à intervenir pour contrôler ce sujet toujours sensible.

Quand le prix du gaz a un effet sur celui de l'électricité…

Pourquoi la facture d'électricité varie-t-elle selon les cours du gaz ? Réponse : tout simplement parce qu'une grande partie de l'électricité est produite en Europe à partir de ce même gaz et que, très souvent, c'est une centrale à gaz qui est appelée en dernier sur le marché de gros. En France, la proportion de production au gaz est plus faible, mais il arrive souvent que ce soit aussi la dernière centrale appelée.

Quand EDF vend de l'électricité à ses concurrents…

On l'a dit : si le kilowattheure fourni par une centrale nucléaire coûte peu à produire, il est souvent vendu au prix du kilowattheure fourni par une centrale à gaz, lequel est beaucoup plus élevé. Résultat : EDF, grâce à son parc nucléaire, bénéficie d'une sorte de rente, grâce à laquelle les investissements consentis pour construire les centrales peuvent être rentabilisés. Mais rien ne garantit que cette rente soit ajustée sur la valeur des annuités d'investissement.

Au contraire, ses concurrents sont obligés d'acheter leur énergie sur le marché de gros à des tarifs parfois supérieurs, comme en ce moment. Impossible pour eux, dans ces conditions, de concurrencer l'exploitant du parc nucléaire.

C'est pourquoi, en 2010, la loi NOME (Nouvelle Organisation du Marché de l'Electricité) a instauré l'« accès régulé à l'énergie nucléaire historique » (ARENH). Derrière ce nom barbare, un dispositif contraignant : EDF est tenue de vendre à ses concurrents un certain volume d'électricité produite par son parc nucléaire à un tarif fixe - et non indexé sur le marché de gros. De quoi, en théorie, permettre aux autres fournisseurs français de lutter à armes égales avec l'entreprise nationale.

Des prix de plus en plus élevés

Plusieurs raisons se conjuguent pour expliquer la hausse observée ces derniers temps. L'une d'elle est conjoncturelle : la reprise économique post-Covid a provoqué une forte hausse de la demande, notamment en Asie. La Chine a même dû mettre certaines villes dans le noir en 2021 ! D'autres, liées à la lutte contre le réchauffement climatique, sont structurelles. Il a en effet été décidé de relever le prix du CO_2, ce qui a des conséquences sur tous les prix de l'électricité produite à partir d'énergies fossiles.

Il faut également savoir que de nombreux pays, comme l'Allemagne, l'Italie ou le Royaume-Uni, délaissent peu à peu le charbon au profit du gaz, considéré comme une énergie de transition indispensable avant que le nucléaire et les énergies renouvelables – qui n'émettent pas de gaz à effet de serre – suffisent à eux seuls à satisfaire la totalité de la demande. Ce mouvement contribue lui aussi à alimenter la demande de gaz, donc à faire monter les prix de l'électricité produite à partir de centrales à gaz…

L'influence de la guerre en Ukraine

Depuis l'intervention décidée par Vladimir Poutine, les Européens sont décidés à moins recourir au gaz russe, mais, pour cela, il leur faut trouver d'autres sources d'approvisionnement. Or il n'existe que deux moyens pour se procurer du gaz : les gazoducs et les bateaux méthaniers, qui transportent du gaz liquéfié. Deux quasi-impasses à court terme. Il faut en effet cinq à dix ans pour construire un gazoduc. Quant au gaz liquéfié, il est l'objet d'une telle demande que ses prix s'envolent eux aussi.

De son côté, Vladimir Poutine pourrait être tenté de couper le robinet de son gaz aux Européens pour les punir du soutien qu'ils apportent à Kiev. À ceci près que la Russie a besoin d'argent… Moscou peut certes envisager de se tourner vers la Chine mais, là encore, ce ne sera pas simple. « Les gazoducs russes orientés vers l'Ouest ne permettent pas d'envoyer du gaz vers le Sud », rappelle Yannick Jacquemart.

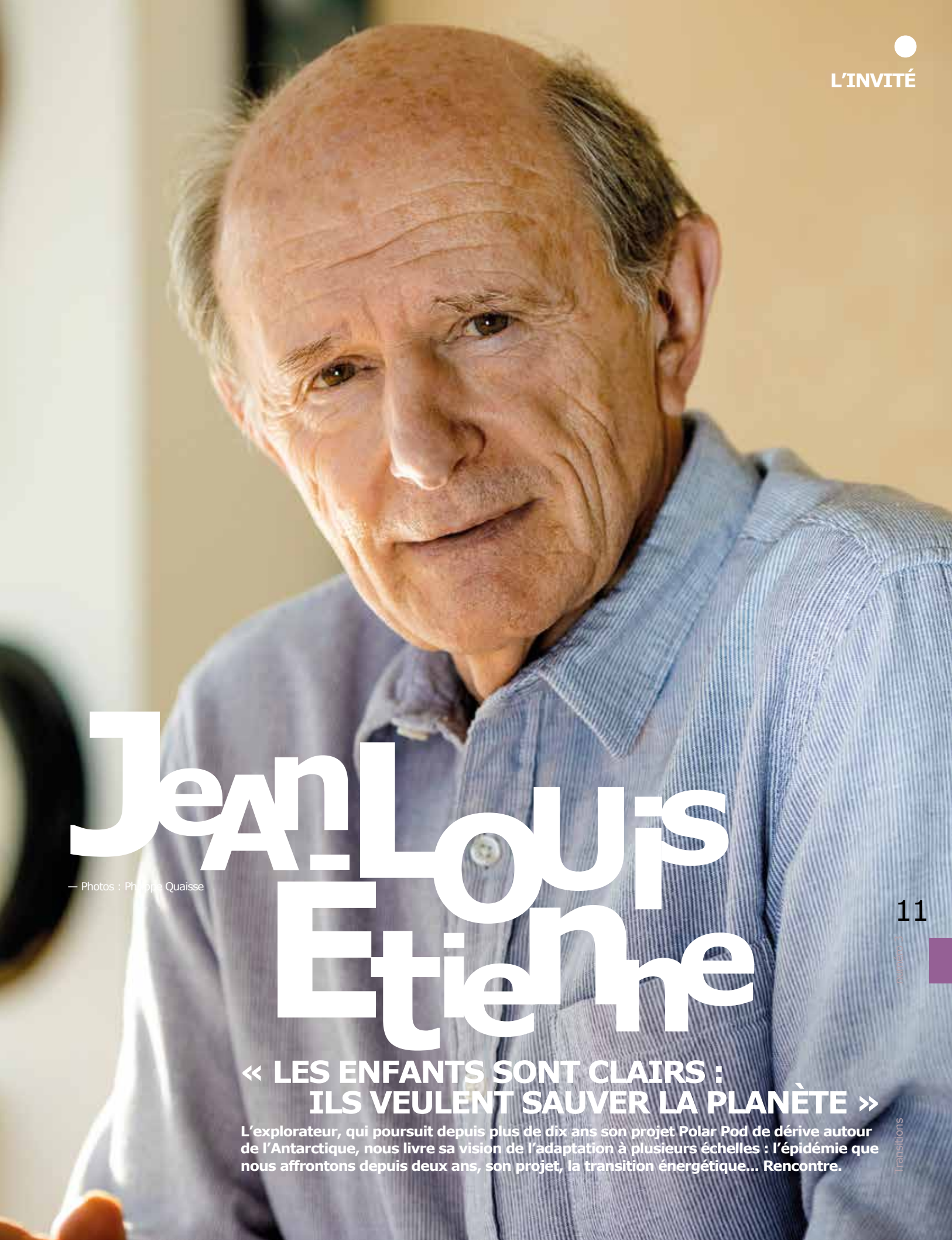
Il n'empêche : ce conflit aura inévitablement pour conséquence d'orienter les prix de l'électricité à la hausse, mais peut-être également d'accélérer la transition énergétique en cherchant des alternatives au gaz…

3 questions à
YANNICK JACQUEMART
Directeur nouvelles flexibilités pour le système électrique de RTE

Quel est l'intérêt pour la France de participer à l'Europe de l'électricité ?
Cela renforce en premier lieu la sécurité de notre approvisionnement. En cas de panne, nous pouvons compter sur l'électricité produite par nos voisins. Cela nous permet aussi de réaliser des économies. À tout moment, la France peut accéder à l'électricité la moins chère disponible, même si elle se situe dans un autre pays. Enfin, et cela est très important, ce système bénéficie aux énergies renouvelables. Quand nous manquons de vent, plutôt que faire démarrer des centrales à gaz, nous pouvons profiter des éoliennes qui tournent en Espagne ou ailleurs.

Pourquoi importons-nous de l'électricité alors que nous sommes censés bénéficier de prix compétitifs grâce au nucléaire ?
Parce que l'électricité ne se stocke pas et que la production nucléaire ne suffit pas toujours à couvrir notre consommation, surtout en hiver. Pour donner un ordre de grandeur, notre parc nucléaire peut produire jusqu'à 61 gigawatts - ce qui n'arrive jamais, en raison des travaux de maintenance et des pannes -, alors que la plus grande pointe de consommation s'est élevée à 102 gigawatts en février 2012.

Le 4 avril, pendant une heure donnée, à 9h du matin, le prix de l'électricité a atteint un record de 2 880 euros le MWh. Pourquoi ?
Comme nous l'expliquons au sein de ce dossier, le prix de l'électricité est déterminé par le dernier moyen de production appelé. Or, dans des situations de tension entre l'offre et la demande, le dernier moyen appelé peut être très cher, comme par exemple le 4 avril dernier au matin, où l'on a atteint un prix proche du plafond de 3 000 euros le MWh. En effet, pour éviter les coupures d'électricité et garantir l'équilibre offre/demande, le marché européen de l'électricité a fait appel aux derniers moyens disponibles, même les plus chers, car nous n'avions plus de marge en France et les capacités d'interconnexion étaient déjà saturées. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle RTE a émis un signal Orange sur son site ECOWATT, invitant les Français, les entreprises et les collectivités à effectuer des éco-gestes pour réduire la consommation d'électricité en France et pouvoir ainsi passer cette « pointe ».

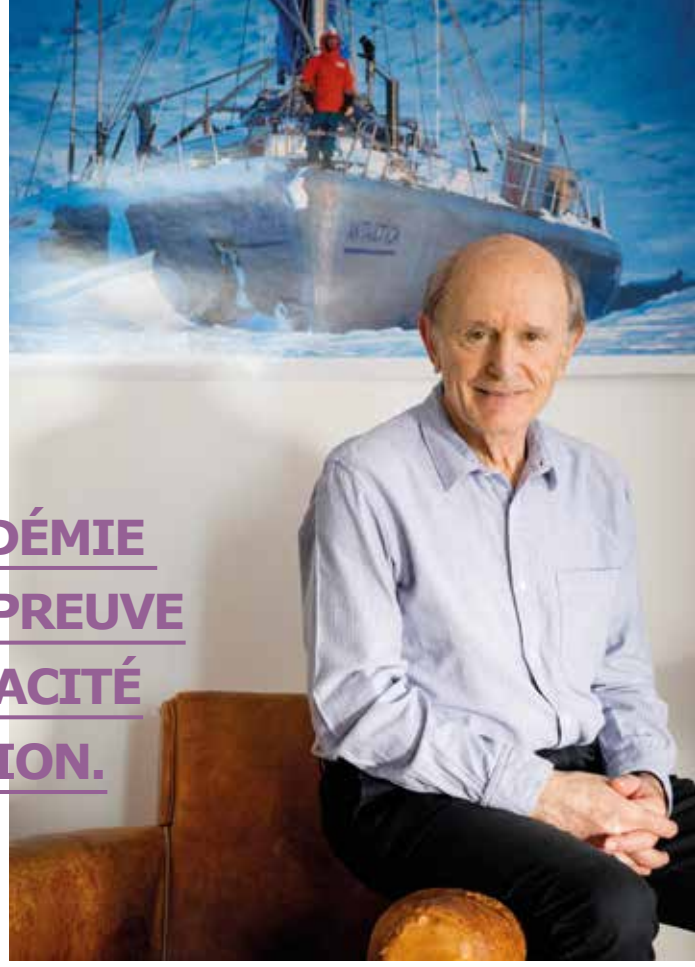


Jean-Louis Etienne

— Photos : Philippe Quaisse

« LES ENFANTS SONT CLAIRS : ILS VEULENT SAUVER LA PLANÈTE »

L'explorateur, qui poursuit depuis plus de dix ans son projet Polar Pod de dérive autour de l'Antarctique, nous livre sa vision de l'adaptation à plusieurs échelles : l'épidémie que nous affrontons depuis deux ans, son projet, la transition énergétique... Rencontre.



Transitions : Nous sortons (du moins espérons-le) d'une crise sanitaire majeure qui s'est répandue sur la planète, hormis dans les zones non peuplées. Quel est votre point de vue de médecin-explorateur sur le sujet ?

Jean-Louis Etienne : Il y a dix ans, j'ai écrit un livre intitulé « Nouvelles Histoires Naturelles ». À l'époque déjà, la plus grosse menace, selon moi, n'était pas les armes de destruction massive mais plutôt les virus. On le sait depuis longtemps, nous n'avons rien contre les virus. C'est l'espèce qui mute le plus rapidement. Il existe un lien entre la destruction des écosystèmes et leur prolifération. On parle beaucoup de la chauve-souris, par exemple, qui est un porteur sain. Si leur habitat est détruit ou si elles sont mangées par des animaux plus proches de nous, les virus peuvent passer la barrière des espèces. La destruction de certains écosystèmes fait effectivement émerger des virus contre lesquels nous ne sommes pas immunisés, et qui peuvent se diffuser rapidement « grâce » à notre société mondialisée.

T. : Les changements climatiques pourraient-ils engendrer de nouvelles menaces sanitaires ?

J-L.E. : Oui bien sûr. Il y a des espèces vivantes qui ont été prises dans les glaces de l'Arctique et qui « hébergent » des bactéries et des virus. On parle beaucoup de ce secteur parce que l'Arctique est particulièrement touché par le changement climatique. À certains endroits, la température s'est réchauffée de 4° au cours des 70 dernières années. Il y a ainsi des zones de permafrost qui décongèlent et pourraient faire surgir des restes de mammouths ou de rennes, par exemple, provoquant l'émergence de nouvelles bactéries.

T. : Comment imaginez-vous le monde d'après ?

J-L.E. : La pandémie a mis à l'épreuve notre capacité d'adaptation. Mais ce n'est pas nouveau : depuis l'origine, nous avons dû nous adapter. Je pense par exemple aux épisodes de guerre qu'ont vécus mes grands-parents, ou que certains vivent encore malheureusement dans certains pays… Au final, l'Humanité s'en sort, et souvent, elle s'en sort comme elle peut (hélas). Je pense que ce virus éprouve notre capacité de résilience : nous allons nous en sortir et nous reconstruire. C'est d'ailleurs dans ces moments que se sont illustrées des personnalités charismatiques qui ont su redonner confiance et entraîner le collectif malgré les incertitudes. Nous allons surmonter la pandémie mais devons à présent nous attaquer à notre prochain défi avec urgence : le changement climatique !

T. : Justement, pouvez-vous nous parler de votre projet Polar Pod ?

J-L.E. : Ce projet est né d'une idée et d'une attente de la communauté scientifique : mieux connaître l'océan Austral qui entoure le continent Antarctique, qui, en tant que puits de carbone, joue un rôle important pour le climat. Polar Pod est un projet visant à mesurer les performances de cet océan, c'est-à-dire sa capacité à capter du CO_2.

Ne sachant quel type de navire océanographique pourrait effectuer cette mission, j'avais d'abord dessiné une grande chambre à air qui faisait 100 mètres de diamètre, et qui serait à cheval sur plusieurs systèmes de vagues. Puis, avec mon bureau d'études, l'idée nous est venue de construire une sorte de « tube flotteur », capable d'assurer sa stabilité dans un environnement marin très agité. Au bout de huit ans, ce vaisseau de 80 mètres de profondeur, pour un poids de 1000 tonnes, a commencé à intéresser la communauté scientifique américaine, puis l'État français. Depuis le mois de juin 2020, l'État finance la construction du Polar Pod avec

« LA PANDÉMIE A MIS À L'ÉPREUVE NOTRE CAPACITÉ D'ADAPTATION. MAIS CE N'EST PAS NOUVEAU : DEPUIS L'ORIGINE, NOUS AVONS DÛ NOUS ADAPTER. »

JEAN-LOUIS ETIENNE
en quelques dates

1946
Naissance à Vielmur-sur-Agout, dans le Tarn

1986
Atteinte du pôle Nord en solitaire, pour la première fois dans l'histoire de l'Humanité

1991/1996
À bord de la goélette Antarctica, il mène des expéditions scientifiques en Antarctique

2005
Participation à l'expédition Clipperton, sur l'île du même nom, dans l'océan Pacifique pour établir un inventaire de la biodiversité

2010
Première traversée de l'océan Arctique en ballon rozière

2011
Lancement du projet Polar Pod Expedition

le Secrétaire général pour l'investissement et l'Agence nationale de la recherche. De mon côté, je me charge de réunir des fonds privés pour l'expédition en elle-même, qui durera trois ans. Trouver des fonds privés, c'est aussi ingrat que faire de l'auto-stop… Mais le projet avance bien !

T. : L'équipe de scientifiques est-elle déjà constituée ?
J-L.E. : Le recrutement des scientifiques qui partiront en mission revient au Comité directeur du projet. Il est composé de l'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (Ifremer), du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) et du Centre National d'Etudes Spatiales (CNES). J'aime bien faire le parallèle entre le Polar Pod et la station spatiale internationale : il s'agit d'une grosse machine scientifique qui sera mise en orbite autour de l'Antarctique. Et elle ne produira aucune émission de CO_2 : son « moteur » est le courant circumpolaire Antarctique. Quant à son alimentation électrique, elle sera fournie par six éoliennes de 3 kW, assorties de deux packs de batteries de stockage. Et si je travaille principalement au financement de la « fusée » aujourd'hui, je compte bien faire un petit tour dessus. L'équipage sera relayé tous les deux mois et mon souhait serait de faire une rotation sur chacun des océans.

T. : Les débats sur l'énergie sont actuellement polarisés. Beaucoup de gens ne veulent pas ceci ou cela, mais tous veulent de l'électricité le matin en se levant ou le soir en rentrant. Qu'est-ce que cela vous inspire ?
J-L.E. : Je fais beaucoup de conférences sur le sujet et je connais bien ce paradoxe. Le réchauffement climatique est une maladie chronique. Si on ne fait rien, il va s'aggraver. Or on ne se rend pas compte de notre addiction à l'énergie : c'est tellement naturel qu'on ne sait même pas combien on consomme quand on branche un appareil, il suffit juste de demander et le courant arrive. Mais aujourd'hui, il est essentiel d'avoir une énergie qui n'émet pas de CO_2. Cela pose de multiples questions : quelle(s) source(s) de production décarbonée(s) choisir pour répondre à tous les besoins ? Comment gérer l'intermittence de certaines ? Comment développer suffisamment de moyens décarbonés pour être au rendez-vous de la transition énergétique ? Et où les placer sur le territoire afin qu'ils soient acceptés ?

T. : Avez-vous des réponses à ces questions ?
J-L.E. : Il appartient tant aux gouvernements qu'à chaque citoyen de s'emparer de ces questions. Chacun doit être efficace sur sa zone d'influence. Au niveau individuel, par exemple, il est possible de moins consommer. Et, si on en a les moyens, d'isoler son logement ou de l'équiper d'éoliennes ou de panneaux solaires pour faire de l'auto-consommation. Il y a plein de pistes, en fait. À titre personnel, je suis parrain d'une classe en banlieue parisienne, à Poissy. Une des écoles de la commune est très active sur la thématique énergétique. Et les enfants sont clairs : ils veulent sauver la planète. Mais avant de viser aussi haut, je leur ai suggéré de « sauver Poissy ». Il y a certainement des dizaines de « passoires thermiques » dans cette ville, et les gens n'ont ni l'argent, ni la connaissance suffisante pour s'occuper des aides que l'État peut leur apporter. Donc, vous allez les aider ! Avec votre institutrice, vous allez prendre connaissance de la réalité, et les aider à faire de vrais dossiers pour leur permettre d'isoler leurs logements.
Eduquer aux problématiques de l'énergie est un premier pas, car comprendre ce qui est en jeu permet à chacun de devenir acteur de la solution.

« ON NE SE REND PAS COMPTE DE NOTRE ADDICTION À L'ÉNERGIE : C'EST TELLEMENT NATUREL QU'ON NE SAIT MÊME PAS COMBIEN ON CONSOMME QUAND ON BRANCHE UN APPAREIL. »

Dans les coulisses de l'interconnexion IFA 2

— Photos : Phillipe Quaisse

Pour répondre à l'accroissement des besoins d'échange entre la France et l'Angleterre, RTE et son homologue britannique National Grid ont construit une ligne transfrontalière entre les deux pays : IFA 2. Cette interconnexion permet de mettre à profit la complémentarité des parcs de production existants et futurs de part et d'autre de la Manche et de la mer du Nord. Découverte en images.

↓
Deux des trois extrémités de câbles 400 000 volts qui relient la station de conversation IFA 2 au réseau de transport français.

→
Un « filtre » côté réseau 400 000 volts servant à filtrer les harmoniques, c'est-à-dire les imperfections du signal électrique générées par la conversion de l'énergie électrique au sein de la station.

1

2

↓↘→

1. Emmanuel Gosset, Directeur de projet IFA 2
2. Philippe Strada, Directeur du GMR Normandie
3. Nicolas Maclet, Chargé des contrôles sur la station
4. Lucas Violleau, Chargé de lot Station
5. Olivier Deshayes, Adjoint Groupement de Postes de Dronnière
6. Salle des valves, qui permet de convertir l'énergie électrique continue en énergie alternative, et vice versa
7. Salle de pilotage de la station

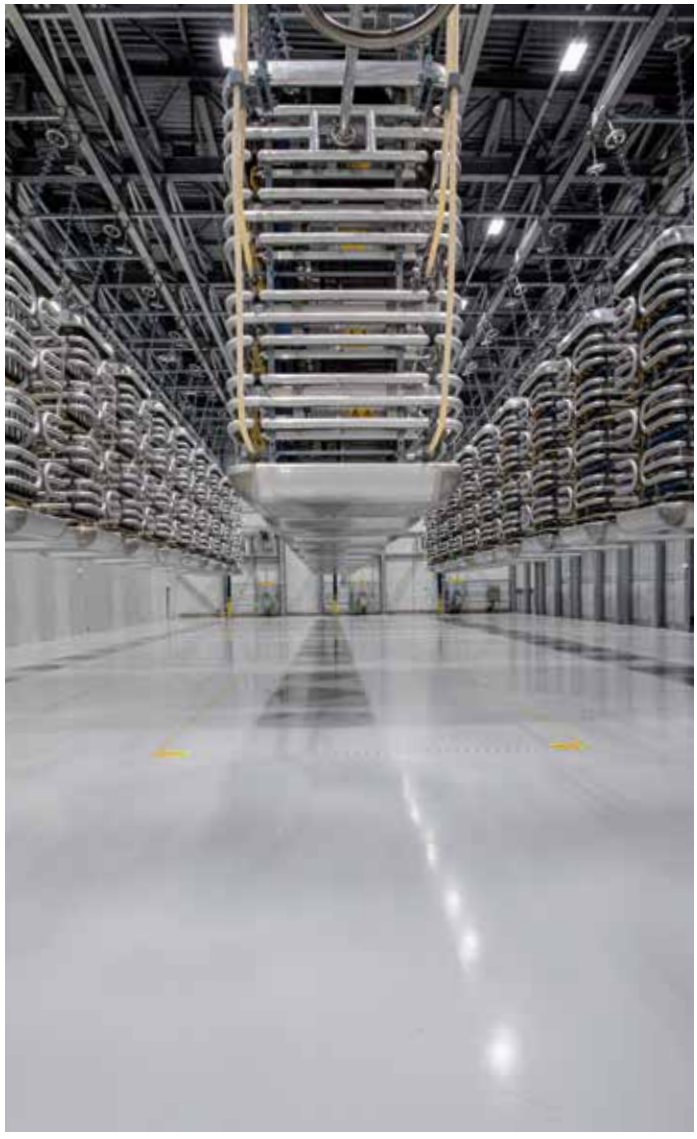
6

3

4

5

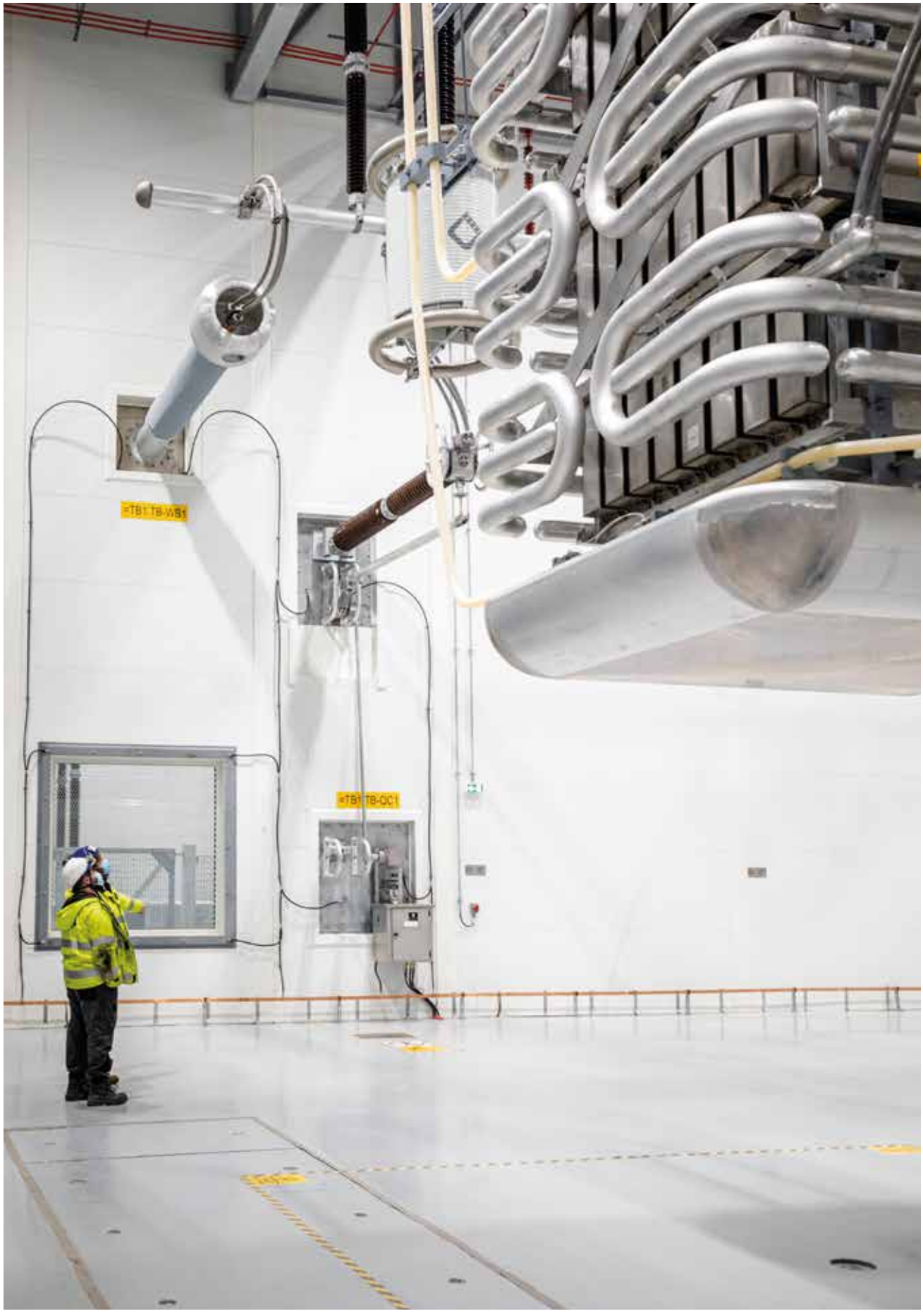
7



↖↗→

La salle des valves est une pièce centrale de la station de conversion. Les valves permettent de convertir le courant continu en courant alternatif, et vice versa. Ce procédé permet de transporter l'électricité sur de très longues distances par des câbles souterrains.

La salle des valves se compose de 3 552 valves, suspendues au plafond. Cela a l'avantage de libérer la surface au sol, pour faciliter les opérations de maintenance.
En fonctionnement, la température de cette salle peut atteindre plus de 60 degrés !

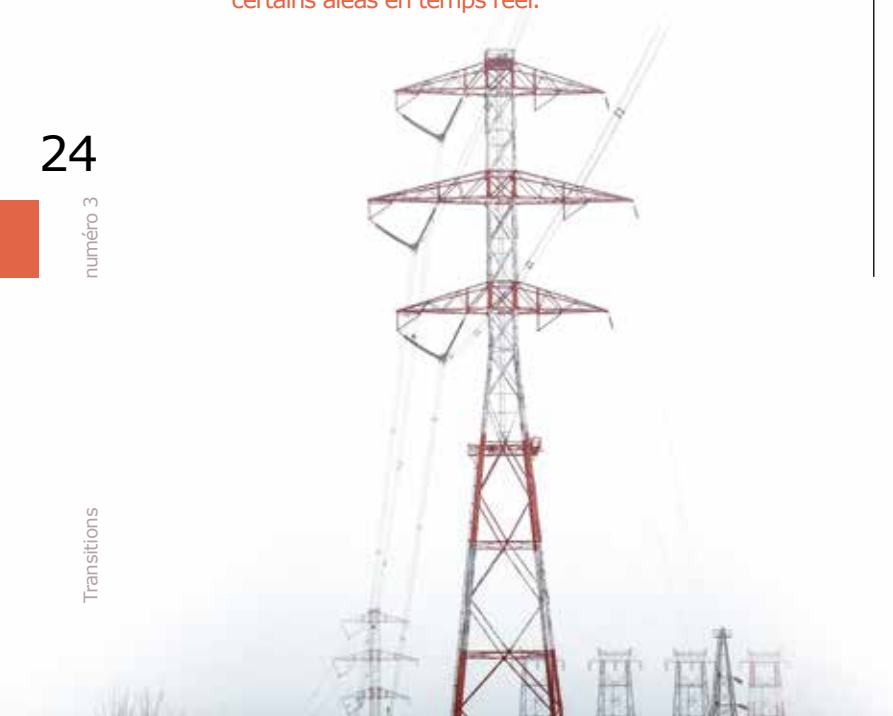

=TB1 TB-WB1
=TB1 TB-QC1

→
La vue de l'atterrage sur la plage de Merville-Franceville (Calvados), à 23 kilomètres de la station de conversion : c'est ici que les câbles électriques passent sous la Manche, sur 200 kilomètres, pour rejoindre les côtes anglaises.

↓
Un disjoncteur 400 000 volts qui permet d'isoler une portion des installations en cas de défauts techniques, tel que le court-circuit, pour éviter des dégâts matériels et permettre une reprise de service rapide.

C'est RTE qui décide quand on doit importer de l'électricité

— **Plutôt faux !** C'est au marché européen de l'électricité de trouver un équilibre pour garantir la sécurité d'approvisionnement, au meilleur coût, afin d'alimenter tous les consommateurs. Les centrales peuvent être démarrées à différents endroits à travers l'Europe, tant qu'il y a des capacités d'interconnexions. Ce n'est donc pas RTE qui décide des imports/exports mais le marché. Avec les autres gestionnaires de réseau de transport européens (GRT), RTE décide en revanche des capacités d'interconnexion que la France peut mettre à disposition des autres pays européens. Puis c'est au marché de trouver un optimum, la veille de chaque jour. Toutefois, RTE peut intervenir lorsque qu'il y a des déséquilibres en cours de journée, par exemple si une centrale tombe en panne et que cela crée un manque d'électricité. Il s'agit donc de situations « fortuites » et en temps réel, qui font changer les « prévisions » du marché. Le marché se développe désormais en infra-journalier, ce qui permet aux acteurs de se rééquilibrer, mais cela peut prendre trop de temps. Dans ce cas de figure, RTE prend des décisions pour garantir l'équilibre offre/demande, soit en activant de nouveaux moyens de production en France, soit en important depuis l'étranger. L'essentiel des décisions d'import vient donc du marché, que RTE peut ajuster à la marge face à certains aléas en temps réel.



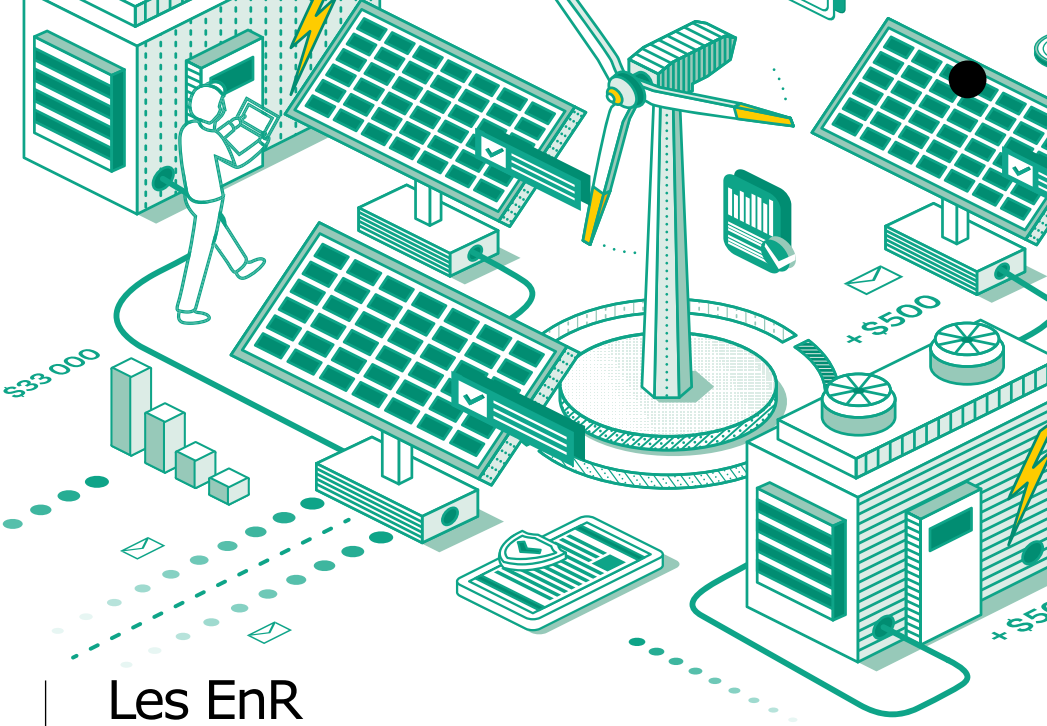
Vr

o

CHAQUE RÉGION PRODUIT EN ÉLECTRICITÉ CE QU'ELLE CONSOMME AVEC LES CENTRALES PRÉSENTES SUR SON TERRITOIRE

— **Faux !** Si le réseau assure les échanges et permet la mutualisation des moyens de production entre les régions, l'équilibre entre l'offre et la demande d'électricité est géré à l'échelle nationale. Pourquoi ? L'électricité se stockant difficilement, ce qui est produit doit être consommé instantanément. Prenons l'exemple de la centrale nucléaire du Bugey dans l'Ain : elle peut produire au maximum de sa capacité à un instant T. Pour autant, ce n'est pas forcément le département de l'Ain qui aura le plus besoin d'électricité à ce moment-là. L'électricité est donc répartie dans toute la France en fonction de la consommation des habitants, des collectivités et des entreprises. Elle peut même venir des pays voisins. Pour assurer cet équilibrage en temps réel, RTE fait des prévisions de consommation et de production, surveille en permanence le réseau électrique et maîtrise les flux d'électricité sur ses lignes.

Fa



aux

Les périodes de pic de consommation diffèrent selon les pays

— **Vrai !** La consommation d'électricité varie selon les pays. Les modes de vies, les décalages horaires, et les spécificités nationales conduisent à des besoins et des pratiques de consommation différentes. Par exemple, le besoin en éclairage nocturne n'est pas de même intensité dans le nord de l'Europe que dans le sud. Les pics de consommation n'interviennent pas non plus au même moment. En Italie, ils se produisent l'été en milieu d'après-midi. Tandis que la France, l'Allemagne, la Belgique, ou encore les Pays-Bas, ont un pic de consommation en soirée, tout particulièrement l'hiver. D'où l'intérêt de créer des lignes électriques avec nos voisins européens ! Les échanges avec les pays voisins permettent, notamment, de tirer parti du « foisonnement », c'est-à-dire quand les creux et les pointes de consommation se compensent en partie.

Les EnR sont plus coûteuses que les autres énergies

— **Faux !** Les énergies renouvelables sont devenues des solutions compétitives, et ce pour plusieurs raisons. Tout d'abord, comme évoqué dans le dossier sur le prix de l'électricité, leurs « combustibles » sont gratuits : vent, soleil et eau. En outre, les améliorations technologiques, le déploiement d'innovations ou encore les effets d'échelle liés à l'accélération du développement de la filière à l'échelle mondiale ont permis et permettront encore de faire baisser les coûts de production des énergies photovoltaïque et éolienne. Avoir une part importante d'énergies renouvelables dans notre mix énergétique n'est pas seulement nécessaire pour la décarbonation de la France, elle est également pertinente d'un point de vue économique ! Et cela est d'autant plus vrai lorsque leur développement ne conduit pas à mettre en place de nombreuses solutions de compensation pour pallier leur variabilité.

À horizon 2050, nous allons pouvoir développer beaucoup plus de barrages hydrauliques

— **Faux !** Notre étude Futurs Energétiques 2050 le souligne : le potentiel de l'hydraulique en France est déjà largement exploité et présente peu d'opportunités supplémentaires à long terme. Des limites techniques auxquelles s'ajoutent des impacts pour les écosystèmes et la biodiversité, ainsi que des interrogations sur l'évolution de la ressource en eau, dans un contexte de changement climatique et de concurrence avec d'autres usages susceptibles de croître (par exemple l'irrigation pour l'agriculture).

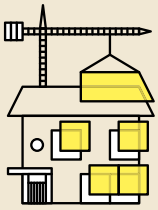
EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE ET SOBRIÉTÉ, DEUX LEVIERS POUR 2050

Il n'y a pas de secret : pour atteindre la neutralité carbone à horizon 2050, nous allons devoir sortir des énergies fossiles. Un monde sans gaz fossile et sans pétrole, c'est un monde avec plus d'électricité décarbonée. Notre consommation d'électricité va donc augmenter mais nous pouvons la limiter grâce à deux leviers complémentaires : l'efficacité énergétique et la sobriété. Zoom sur deux moyens pour maîtriser notre consommation d'ici à 2050, et sur quelques différences en chiffres clés !

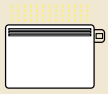
NOS BÂTIMENTS

NOS DÉPLACEMENTS

2020 NOTRE MONDE



La rénovation thermique des bâtiments s'est mise en place



Radiateur électrique 4 MWh

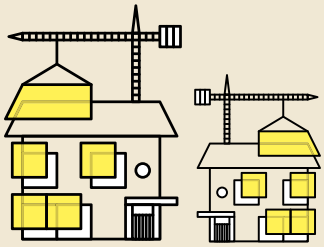
20°C

2,17
Peu d'habitants par foyer

1,6
personne par véhicule

2050 UN MONDE « EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE »

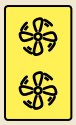
Le scénario « efficacité énergétique » est fondé sur une meilleure performance énergétique de nos équipements et de nos habitats, sans changement de modes de vie.



x2
Doublement du rythme des rénovations thermiques des bâtiments par rapport à 2020

1,7
personne par véhicule

Transports en commun



20°C

Pompe à chaleur 1,3 MWh/an

Le remplacement des radiateurs électriques actuels par des pompes à chaleur nous permet des économies d'électricité substantielles. La consigne de température de chauffage reste à 20°C, comme aujourd'hui.

1,98
Toujours peu d'habitants par foyer, une tendance qui s'est accélérée par rapport à 2020

2,2
Covoiturage / Nombre moyen de personnes par véhicule

Fort développement des mobilités douces

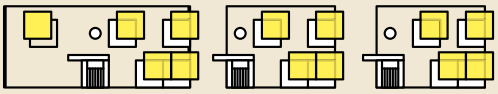
Transports en commun

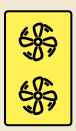
Recours plus important et plus généralisé aux transports en commun

2050 UN MONDE « SOBRIÉTÉ »

Le scénario « sobriété » combine efficacité énergétique et changements de modes de vie et d'usages.

En plus des progrès induits par l'efficacité énergétique, nous changeons nos habitudes : réduction de la consigne de chauffage et concentration de l'habitat





19°C

Pompe à chaleur 1,2 MWh/an

La rénovation thermique s'accompagne d'une tendance à la mutualisation des logements : environ 10 % du parc en 2050

2,33
Plus d'habitants par foyer

Qu'est-ce que l'efficacité énergétique ?
L'efficacité énergétique ne change pas nos modes de vie. Elle passe principalement par des politiques publiques en faveur d'une meilleure performance énergétique de nos bâtiments, des équipements ou encore par une amélioration des procédés industriels.

Qu'est-ce que la sobriété ?
Si la sobriété n'est pas un retour au Moyen Âge et à la bougie, elle demande malgré tout des changements majeurs qui sont en partie contre-tendanciels de nos modes de vie actuels. Il s'agit d'une approche qui conduit à changer nos usages afin de moins consommer d'énergie.

NOS ÉQUIPEMENTS ET HABITUDES DE CONSOMMATION

NOTRE MONDE

Lave-linge
Durée de vie
~11 ans

Plats industriels

50 % LED
220 kWh
par logement par an

Télévision
180 kWh
par logement par an

4,7 Mt
d'emballages carton

« EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE »

Lave-linge
Durée de vie
~11 ans

Plats industriels

Led
55 kWh
par logement par an

Télévision
110 kWh
par logement par an

5,1 Mt
d'emballages carton

« SOBRIÉTÉ »

Dans un monde plus sobre, nous gardons nos appareils plus longtemps et nous consommons « plus local et plus durable »

Lave-linge
Durée de vie
~17 ans

Plats locaux, circuits courts

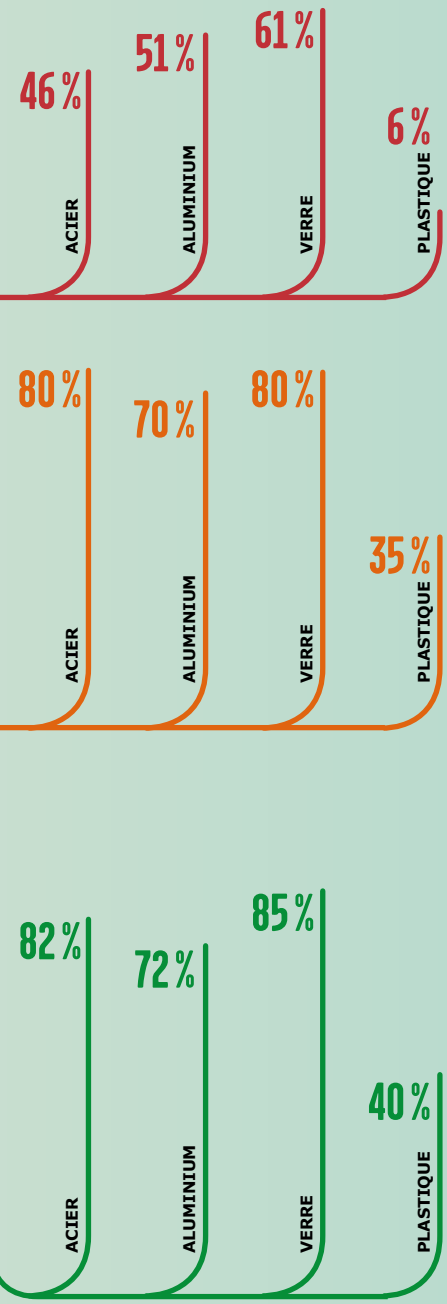
100 % LED
55 kWh
par logement par an

Télévision
110 kWh
par logement par an

3,9 Mt
d'emballages carton

NOS INDUSTRIES

DÉVELOPPEMENT DU RECYCLAGE ET DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE



Et demain... Et si la voiture électrique participait à l'équilibrage du système électrique ?

C'EST POSSIBLE DÈS AUJOURD'HUI. RTE VIENT DE CERTIFIER, POUR LA PREMIÈRE FOIS EN FRANCE, LA POSSIBILITÉ POUR LES BATTERIES DE VÉHICULES ÉLECTRIQUES DE PARTICIPER À L'ÉQUILIBRAGE EN TEMPS RÉEL DU SYSTÈME ÉLECTRIQUE. UN FEU VERT QUI PERMET AU RÉSEAU FRANÇAIS D'ACCUEILLIR UNE NOUVELLE RESSOURCE.

Jeudi, un soir d'hiver, 18h30, Pierre Dupont rentre d'un rendez-vous professionnel et gare son véhicule électrique dans le parking souterrain de son bureau. Après avoir connecté la batterie à la borne de recharge bi-directionnelle, il indique sur une application dédiée qu'il souhaite récupérer sa voiture avec une batterie à mi-charge le lendemain midi, pour un déplacement professionnel. Ce même jeudi, à 19 heures, RTE fait face à un petit déséquilibre de fréquence sur son réseau. Pour équilibrer le système, RTE appelle des ressources supplémentaires... dont la batterie de Pierre Dupont.

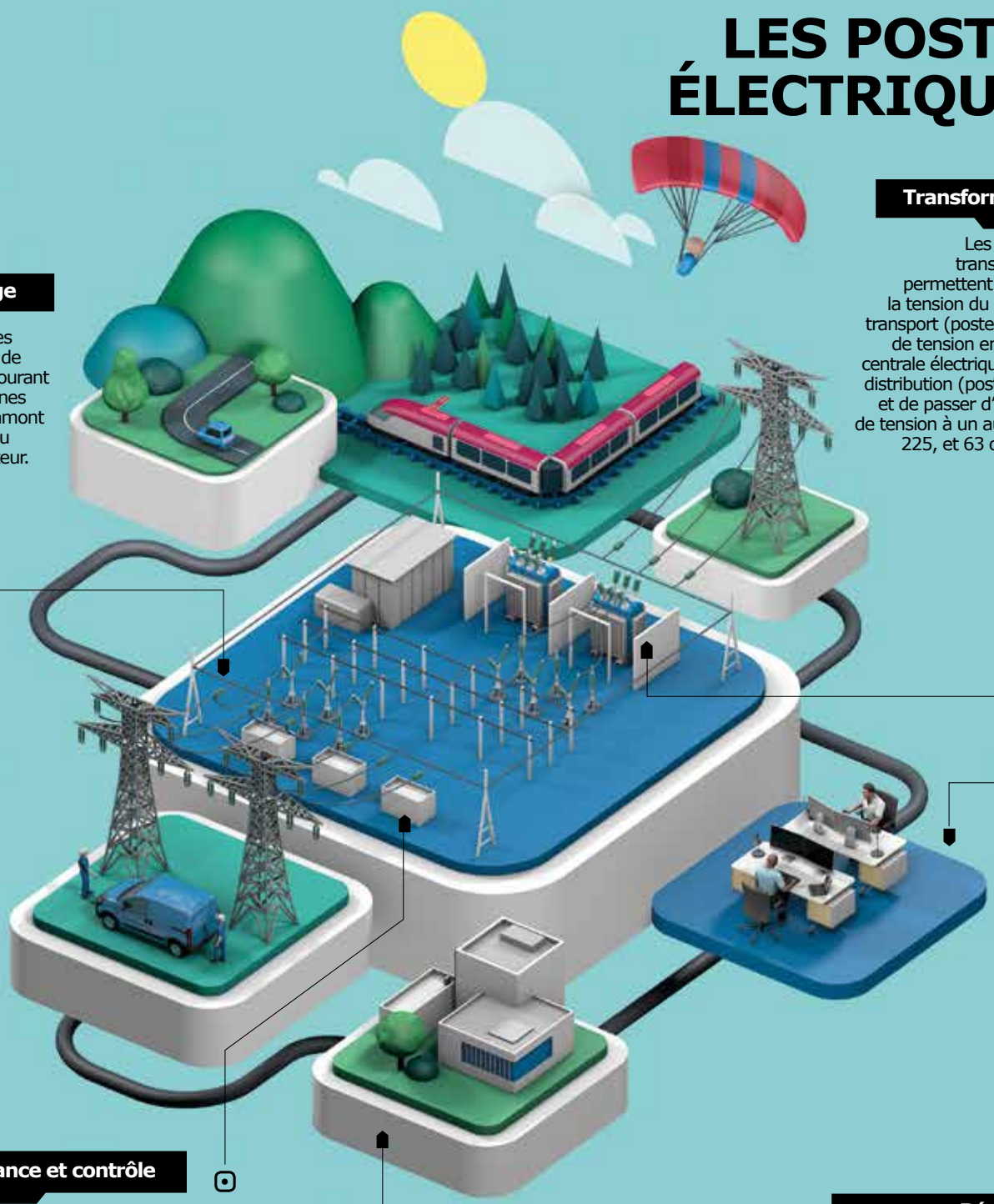
Équilibrage

Ce n'est (presque) pas de la science-fiction. C'est déjà opérationnel, mis en œuvre par Dreev, une co-entreprise créée par EDF et la start-up californienne NUVVE. En moyenne, les voitures sont à l'arrêt 90 % du temps. Leurs batteries recèlent une belle réserve d'électricité flexible. Début février, RTE a habilité les batteries des véhicules électriques, via ce système baptisé " vehicule to grid ", à participer à l'équilibre temps-réel du système électrique français. C'est une première. Une première prometteuse.
« Nous avons effectué le même processus d'homologation que pour un réacteur nucléaire ou un barrage : nous avons réalisé de nombreux tests, fait varier les fréquences... », explique Yannick Jacquemart, Directeur nouvelles flexibilités pour le système électrique de RTE. *« Nous nous sommes assurés que ce système permettait d'équilibrer le système électrique en garantissant sa sûreté ».* Concrètement, s'il appelle la puissance de ces batteries pour assurer le réglage de fréquence, au terme de ses appels d'offres quotidiens (par tranches de quatre heures), RTE rémunèrera l'agrégateur Agregio, filiale d'EDF, qui partagera ce revenu avec le gestionnaire de flotte.

Cette certification ouvre la voie à des solutions alternatives, bienvenues en période de transition énergétique et de tensions sur la sécurité d'approvisionnement. *« Mais cela restera, en volume, à la marge du réglage de l'équilibre électrique »*, nuance Yannick Jacquemart. L'expérience DREEV, qui repose sur des flottes automobiles d'entreprises, dont l'utilisation est assez prévisible, porte aujourd'hui sur une centaine de véhicules. La certification a permis de démontrer que 0,1 MW de puissance électrique pouvait ainsi être instantanément mobilisé pour être injecté dans le système, au titre de la « réserve primaire de fréquence ». Un mécanisme européen qui porte sur une réserve de 3 000 MW, dont 600 MW fournis par la France, pour faire face à un imprévu sur le réseau.
« Aujourd'hui, pour disposer d'une telle réserve, nous prenons de la marge sur les capacités nucléaires ou hydrauliques, dont la puissance n'est d'ailleurs pas mobilisable très vite. Les batteries, qui permettent de répondre en quelques secondes, sont très intéressantes car elles permettraient d'optimiser la production de ces centrales nucléaires ou hydrauliques », souligne Yannick Jacquemart. D'ailleurs, des batteries fixes, connectées au réseau, sont déjà utilisées ainsi. *« Cela se développe rapidement : 300 MW sont déjà disponibles et 500 MW sont prévus fin 2022 »*, explique le responsable.
« En outre, les batteries de véhicules peuvent être gérées en portefeuille et être ainsi appelées, progressivement, sur un temps long. Par exemple, pour pallier pendant plusieurs heures, ou plusieurs jours, l'intermittence du vent d'un parc éolien. Cet " effet flotte " ouvre de larges perspectives », affirme Yannick Jacquemart. *« Les besoins pour des ressources sur une plus longue durée sont très importants »*, insiste-t-il. L'électricité des batteries offre un outil de flexibilité d'autant plus intéressant que cette puissance n'a pas été produite spécifiquement : on utilise une électricité qui est déjà là !

Si RTE vient de donner le feu vert opérationnel à un premier service de « vehicule to grid » ou « V2G », comme disent les experts, difficile d'évaluer la vitesse de son développement. Tout dépendra de l'attractivité de ce système pour les gestionnaires de flottes et les automobilistes. Les infrastructures (prises électriques et chargeurs) doivent également être adaptées. Mais une chose est sûre : le potentiel est majeur. Dès 2030, plus de 10 millions de véhicules électriques seront utilisés en France.

LES POSTES ÉLECTRIQUES



Aiguillage

— Les postes permettent de répartir le courant entre les lignes situées en amont et en aval du transformateur.

Transformation

Les postes de transformation permettent d'adapter la tension du réseau au transport (poste élévateur de tension en sortie de centrale électrique) ou à la distribution (poste source) et de passer d'un niveau de tension à un autre (400, 225, et 63 ou 90 kV).

Surveillance et contrôle

— Les postes hébergent des systèmes de surveillance et de contrôle du réseau dans des bâtiments de relayage. Ils permettent d'envoyer des informations vers des centres distants qui les analysent et détectent les éventuelles anomalies. Ces centres envoient en retour des ordres télécommandés (ouverture ou fermeture des disjoncteurs et sectionneurs) permettant de répartir le courant sur les différentes lignes ou de corriger une anomalie sur le réseau.

Postes en bâtiment

— Dans les zones semi-urbaines ou urbaines, le manque de place nécessite l'utilisation de postes compacts notamment en très haute tension, utilisant un gaz sous pression présentant des caractéristiques d'isolement supérieures à celles de l'air. Cette technologie permet donc des gains de place très importants et une bonne intégration dans des milieux contraints.

Réseau de télécommunications

— Les informations transitent sur différents supports de transmission : lignes électriques par la technique des courants porteurs en ligne, fibres optiques installées dans les câbles de garde ou le long des conducteurs électriques, liaisons filaires ou faisceaux hertziens.

The Day May Break, Nick Brandt, Kenya, 2020.

Les thèmes du photographe Nick Brandt sont toujours liés à l'impact destructeur que l'humanité a, à la fois sur le monde naturel et sur les humains eux-mêmes.
The Day May Break est le premier volet d'une série qui réunit espèces animales et êtres humains impactés par des désastres climatiques dans le monde entier.
Ces photographies ont été réalisées en 2020 au Zimbabwe et au Kenya, dans des sanctuaires, refuges et réserves sauvages. Les animaux présents sont des rescapés, si habitués à la présence de l'Homme qu'aucune précaution particulière n'a été nécessaire pour leur faire prendre la pause...
Plus d'infos sur : http://www.polkagalerie.com/fr/exposition-the-day-may-break-de-nick-brandt.htm