

ÇA CHANGE TOUT

Revue n° 3 – juillet 2020

—

**L'ÉLECTRICITÉ
PEUT-ELLE
ENCORE
CHANGER NOTRE
QUOTIDIEN ?**



Électromobilité, *smart cities* et co-innovation

Il y a cent-trente-neuf ans, l'électricité commençait à arriver dans nos maisons, entraînant avec elle un formidable enchaînement de progrès et d'équipements nouveaux. Alors qu'aujourd'hui, la « fée Électricité » est devenue une commodité presque banale dans les pays riches, nous avons souhaité réinterroger, dans cette Revue n° 3, sa capacité à pouvoir, sinon révolutionner notre quotidien, être encore un vecteur de progrès.

Éclipsée par les disruptions digitales, l'innovation électrique est sans doute moins visible dans nos vies, mais elle reste foisonnante et plus que jamais déterminante pour l'avenir, à l'image des nouvelles technologies de stockage, ou de l'industrialisation des procédés d'électrolyse de l'eau pour produire un hydrogène bas carbone qui servira de carburant propre au transport de marchandises.

Parce que seule l'électricité peut relever le défi de l'urgence climatique, EDF est convaincu que son rôle, désormais, doit être celui d'un facilitateur. Pour électrifier les mobilités individuelles et collectives. Aider le bâtiment dans sa transition énergétique. Accélérer l'émergence de *smart cities* où, grâce aux *smart grids*, les principales fonctions urbaines et les équipements interagiront de manière concertée pour une consommation plus frugale.

Surtout, à l'heure où chacun peut dorénavant produire sa propre électricité verte, nous pensons que le système électrique – plus grand réseau industriel au monde – offre une possibilité inédite d'agrèger nos efforts, nos innovations, afin d'agir collectivement pour le climat. Et ça,

**ÇA
CHANGE
TOUT**

Quelle mobilité pour demain ?

Comment allons-nous nous déplacer demain ? Avec quelle énergie, quels modes de transports ? Des questions posées à **Mathieu Chassignet (M.C.)**, ingénieur, chargé des mobilités au sein de l'Ademe, et à **Patrick Pélata (P.P.)**, ingénieur et stratège de l'industrie automobile, le 18 novembre 2019, dans le podcast « Ça change tout » animé par Thierry Guerrier et sa complice Yolaine de La Bigne. **Retour sur les moments clés de ce débat.**



M.C. : Je pense qu'on ne peut pas faire de **mobilité durable sans qu'elle ne soit solidaire** car elle doit être acceptable pour tout le monde.

P.P. : Pourquoi la voiture représente 80 % des trajets aujourd'hui ? Parce qu'elle répond aux besoins des gens en permettant la **liberté de leurs déplacements**. Pour atteindre la **neutralité carbone en 2050**, la solution est dans le développement du **transport partagé et à la demande**, doté d'une technologie électrique qui permet d'obtenir zéro émission de CO₂.



M.C. : Pour prédire la mobilité du futur, **il faut déjà observer quelles sont les tendances du passé** : nos déplacements sont de plus en plus longs ; ils se font à 80 % en voiture, et ces dernières consomment de plus en plus d'énergie.



P.P. : Le véhicule autonome ne se fera pas en masse sans qu'il n'y ait d'**intervention des pouvoirs publics** : les études révèlent que parallèlement à son développement, il faut bloquer partiellement puis totalement l'accès au véhicule particulier.



M.C. : Il faut commencer à **réfléchir à la sobriété**, à la façon de créer de la **proximité dans les territoires**.

M.C. : Je me méfie des solutions trop technologiques : il faut aller vers **des véhicules plus propres**, développer les **modes de transports alternatifs et partagés**, mais il faut aussi **des politiques cohérentes** tant au niveau local que national.



P.P. : Des simulations nous montrent qu'avec des **véhicules partagés et autonomes**, on pourrait avoir la même mobilité dans la ville avec **10 à 15 fois moins de voitures**, et pour un coût équivalent au prix actuel d'un ticket de bus.



Découvrez le podcast « Ça change tout » sur toutes les plateformes d'écoute et de téléchargement : Apple Podcasts, Spotify, Deezer, Podcast Addict, Google Podcasts... et sur edf.fr

L'urbanisation croissante – 70 % de la population vivra en ville en 2050 – confronte les métropoles à des enjeux démographiques, énergétiques et environnementaux majeurs. La *smart city* serait-elle la réponse idéale à ces nombreux défis ?

Smart city

Utopie ou chance inédite de tout changer ensemble ?



Parce que les villes concentrent la plupart des grands enjeux de développement durable, et que l'urbanisation se

poursuit, c'est là que se gagnera la bataille pour le climat.

La publication en 1972 du rapport *Halte à la croissance* ? par le Club de Rome a débouché sur le concept de développement durable, qui a conduit à celui de ville durable désignant une ville ou un territoire urbanisé respectant ces principes.

En 2007, Rudolf Giffinger, chercheur en développement urbain à l'université technologique de Vienne, définit la notion de *smart city*. Pour lui, les villes doivent s'appuyer sur six leviers pour devenir intelligentes : l'économie, la mobilité, l'environnement, les habitants, le mode de vie et la gouvernance.

Parallèlement, l'hyperconnectivité mondiale apportée par le Web, l'explosion des données numériques et l'IoT (l'Internet des objets) a favorisé l'émergence d'un concept plus « technocentré » de ville intelligente dans laquelle l'utilisation du numérique permet d'optimiser la planification et la gestion urbaines pour améliorer la qualité des services aux habitants, et ce, de façon durable et à un coût abordable.

Une vie réglée par des algorithmes ?

Cette approche techniciste est de plus en plus contestée. Francis Pisani, journaliste qui fait autorité sur le sujet, estime que « pour améliorer nos villes, nous avons besoin de toutes les intelligences, celle des citoyens comme celle tirée des données ⁽¹⁾ » tandis que la sociologue Saskia Sassen rappelle (lire p. 12) que « la technologie ne peut pas tout, même si elle est importante. Nous devons garder notre sens critique en alerte, afin de sélectionner les idées qui changent vraiment la donne ». Thomas Madreiter, responsable de la planification de la ville de Vienne, explique de son côté que la capitale autrichienne a « adopté sa propre définition de la *smart city* : est *smart* tout ce qui met l'humain au cœur de ses préoccupations ⁽²⁾ ».

Dans cette dernière acception, la qualité de vie passe aussi par la mise en relation des habitants et la compréhension de leurs besoins réels. Comme à Dijon, une ville qui a fait le choix de l'*open data* pour accroître la participation des citoyens et

55% ⁽³⁾
de la population mondiale est urbaine, soit 4,2 milliards de personnes.

ÉNERGIE ⁽⁴⁾

- Les villes (3 % de la surface de la Terre) concentrent **60% à 80%** de la consommation énergétique mondiale.
- L'activité urbaine génère plus de **70%** des émissions mondiales de CO₂.

(1) <https://www.dedieuprojects.com/entretien-francis-pisani/>.

(2) <https://www.lafabriquedelacite.com/publications/vienne-et-la-smart-city-lanalyse-de-thomas-madreiter/>.

(3) Département des affaires économiques et sociales de l'ONU (DAES), chiffres 2018.

(4) Nations unies, « Objectifs de développement durable – 17 objectifs pour transformer notre monde », 2015.



TRANSPORTS⁽³⁾

Ce secteur concentre :
 • 27 % de la consommation mondiale d'énergie.
 • et 23 % des émissions de CO₂.

faire de chacun d'eux un acteur de la ville. Car l'évolution viendra aussi d'une révolution des usages et des pratiques individuelles. Les capteurs qui permettent à la *smart city* de piloter la consommation des bâtiments donnent des informations à leurs habitants sur leur propre consommation, engendrant ainsi des comportements environnementaux vertueux.

La voie semble donc ouverte vers une *smart city* qui réconcilie la technologie et l'humain. À « Woven City », la ville prototype de 2 000 habitants que Toyota entend construire près du mont Fuji (Japon), une infrastructure connectée permettra de faire communiquer personnes, véhicules, bâtiments entre eux. Car les technologies fibre, 5G, Wi-Fi, Bluetooth ou LoRa sont prêtes à être combinées et interactives pour connecter les multiples objets communicants de la *smart city* et faire remonter les données captées vers une plateforme mutualisée qui pourra les corrélérer. Au service d'une vision plus proche du fonctionnement réel de la ville et pour nourrir des applications qui seront le support de nouveaux usages pour les citoyens.

L'efficacité énergétique, au cœur du concept de smart city

La *smart city* ambitionne d'être une partie de la réponse au changement climatique et aux exigences de la transition environnementale. Derrière *smart* on entendrait donc frugale, durable. Et les leviers d'actions sont déjà là. Avec la mise en place d'une gouvernance locale de l'énergie permettant de coordonner les infrastructures et services existants : éclairage public, système de chauffage, bâtiments publics, véhicules électriques, production d'énergie locale pour une gestion énergétique plus efficace dans la ville intelligente. Et avec l'utilisation de nouveaux leviers technologiques, tels que les *smart grids*, alliant réseaux électriques et réseaux informatiques et télécoms pour optimiser les flux d'énergie en fonction des données qui remontent des producteurs, distributeurs, fournisseurs et consommateurs, ou, pour favoriser une mobilité décarbonée, les technologies *smart charging*⁽¹⁾ et *vehicle-to-grid*⁽²⁾ adossées à des infrastructures de recharge pour véhicules électriques.

EDF, acteur intégré et engagé de la ville, et des territoires intelligents

À la fois présents dans la fourniture d'énergie, les services énergétiques et les objets connectés, EDF et ses filiales ont développé de multiples réponses autour de la *smart city*. Dédiée aux collectivités territoriales, aux bailleurs sociaux et à l'ensemble des acteurs économiques comme aux citoyens, la *smart city* du groupe EDF s'intègre dans une logique de développement durable de l'espace urbain autour de trois priorités : une ville bas carbone, une ville connectée et une ville responsable.

(1) Le smart charging (ou charge intelligente) désigne les technologies visant à optimiser la charge voire la décharge d'un véhicule électrique de façon efficace, flexible et économique. (2) L'énergie accumulée dans les batteries des véhicules électriques peut aussi servir à réalimenter un bâtiment ou le réseau. On parle alors de vehicle-to-grid (ou V2G) car l'énergie peut aller dans les 2 sens. (3) Banque mondiale, 2018. (4) The World Bank's Water Scarce Cities (WSC) Initiative, 2017. (5) Département des affaires économiques et sociales de l'ONU (DAES). (6) Ministère de la Transition écologique et solidaire, 2018. (7) Sondage Ipsos – pour EDF – de mars 2019, conduit auprès de 1 400 travailleurs sociaux et 200 dirigeants de structures sociales.



EAU⁽⁴⁾

- 25 % de la population mondiale vit dans des pays où la ressource en eau est rare.
- 500 millions de citadins subissent des pénuries d'eau saisonnières. Ils seront 1,9 milliard en 2050.



Plus de 120 villes nouvelles sont en projet dans le monde.

Eko Atlantic (Nigeria), Forest City (Malaisie), Neom (Arabie saoudite)

43 « mégapoles »⁽⁵⁾ de plus de 10 millions d'habitants en 2030 dans le monde.



Smart et solidaire

3,8 millions⁽⁶⁾ de ménages français rencontrent des difficultés pour payer leur facture ou se privent de chauffage. Pour apporter une aide adaptée à chaque situation, EDF capitalise sur la puissance d'innovation sociale des technologies et des acteurs du secteur digital. Depuis 2017, à travers son partenariat avec Ashoka, 1^{er} réseau mondial d'entrepreneurs sociaux, le Groupe co-construit et finance des appels à solutions qui aident ensuite des entrepreneurs locaux à monter leur projet. Notamment, la start-up JIB qui, pour faciliter le maintien à domicile des personnes en situation de handicap, a conçu une solution clés en main de maison connectée commercialisée à un prix très abordable. En Grande-Bretagne, EDF Energy travaille avec l'entreprise IncomeMAX qui s'appuie sur l'intelligence artificielle pour aider les ménages précaires à s'assurer qu'ils bénéficient bien des aides publiques auxquelles ils sont éligibles.

En France, 95% des travailleurs sociaux⁽⁷⁾ sont satisfaits de l'action de solidarité d'EDF. Sa plateforme en ligne (Portail d'Accès aux Services Solidarité) leur donne un accès rapide aux aides publiques cofinancées par le Groupe ainsi qu'à ses 300 experts solidarité sur le terrain. En 2019, 5,8 millions de ménages ont notamment pu payer leur facture grâce au chèque énergie.

To be or not to be smart?

Michel Eltchaninoff, rédacteur en chef de *Philosophie Magazine*, estime que si « on entrevoit le rêve d'une cité hyperconnectée où l'informatique et les réseaux pourraient tout résoudre (...) cette promesse ne prend pas en compte qu'il y a toujours de la surprise, de l'erreur et, surtout, des gens qui vont dans des directions qui ne sont pas celles attendues ou voulues.

« Pour EDF, une *smart city* est une ville responsable, bas carbone et connectée. Et donc forcément solidaire. »

Marc Benayoun,
Directeur exécutif Groupe en charge
du pôle Clients, Services et Territoires

C'est en cela que la *smart city* est une utopie⁽¹⁾. » Face aux attentes d'une société plus durable, la *smart city* ouvre un large registre de réponses et de solutions, mais ce sont bien les débats et l'implication des citoyens – qui ne sont plus considérés comme des consommateurs de service mais comme des partenaires et des parties prenantes de son développement – qui permettront d'imaginer la ville intelligente de demain. La *smart city* n'a pas fini de se réinventer et de faire parler d'elle !

**DÉCHETS⁽²⁾**

- 2,01 milliards de tonnes de déchets solides/an sont générés dans les villes (chiffre 2016).
- 33% ne sont pas gérés de manière respectueuse pour l'environnement.

**QUALITÉ DE L'AIR⁽³⁾**

- + de 50% des citoyens sont exposés actuellement à des niveaux de pollution atmosphérique au moins 2,5 fois supérieurs aux normes de sécurité.



Stockage urbain d'électricité : une 1^{re} génération de batterie zinc-air

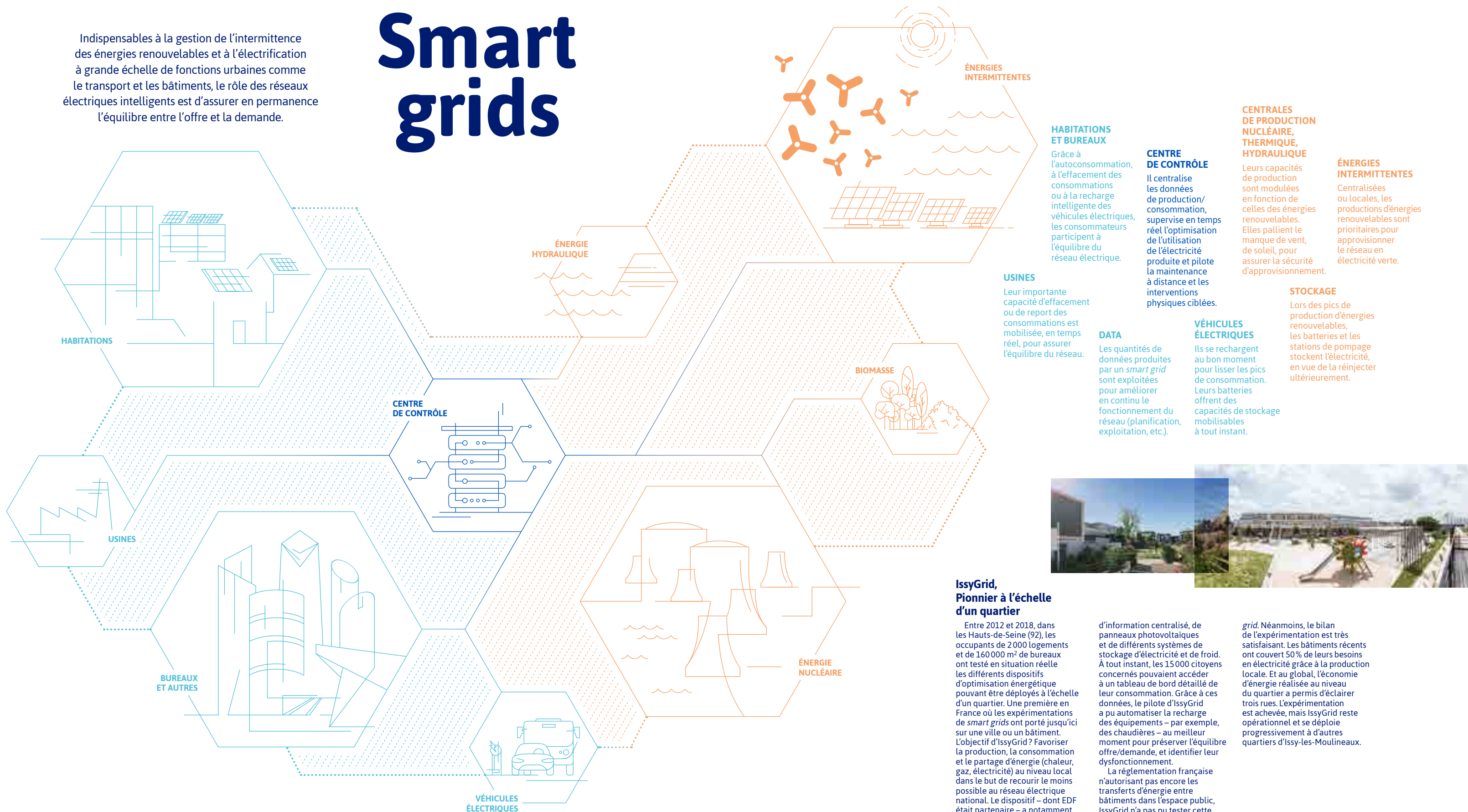
Accélérer les productions locales d'électricité d'origine renouvelable nécessite d'inventer des solutions de stockage stationnaire, adaptées aux contraintes du milieu urbain. Soit des batteries de taille compacte, sans danger pour les activités humaines, et destinées à une recharge lente pour stocker en journée l'excédent d'électricité produite – par exemple, par des panneaux solaires –, et le consommer le soir ou pendant la nuit. Développée par la R&D d'EDF, la technologie zinc-air coche toutes ces cases en plus d'être abordable, en raison de l'abondance de ses matériaux, et à faible empreinte carbone, puisque le zinc utilisé provient d'usines de recyclage. En partenariat avec la start-up ZnR Batteries, incubée par EDF Pulse Croissance, une première génération de batterie zinc-air, baptisée « Zinium », sera commercialisée en 2020 pour les maisons et les logements collectifs. Elle équipe déjà deux démonstrateurs de terrain : une maison individuelle du futur, dans l'Orne, pour accroître le taux d'autoconsommation d'une installation photovoltaïque; et le *microgrid* MASERA, à Singapour, projet pilote du groupe EDF pour développer une offre commerciale économique et performante adaptée aux problématiques énergétiques des territoires isolés d'Asie du Sud-Est.



(1) <https://www.lafabriquedelacite.com/publications/la-cite-ideale-existe-t-elle/>, (2) Banque mondiale, rapport « What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050 », septembre 2018. (3) Nations unies « Objectifs de développement durable – 17 objectifs pour transformer notre monde », 2015.

Smart grids

Indispensables à la gestion de l'intermittence des énergies renouvelables et à l'électrification à grande échelle de fonctions urbaines comme le transport et les bâtiments, le rôle des réseaux électriques intelligents est d'assurer en permanence l'équilibre entre l'offre et la demande.



HABITATIONS ET BUREAUX

Grâce à l'autoconsommation, à l'effacement des consommations ou à la recharge intelligente des véhicules électriques, les consommateurs participent à l'équilibre du réseau électrique.

CENTRE DE CONTRÔLE
Il centralise les données de production/consommation, supervise en temps réel l'optimisation de l'utilisation de l'électricité produite et pilote la maintenance à distance et les interventions physiques ciblées.

CENTRALES DE PRODUCTION NUCLÉAIRE, THERMIQUE, HYDRAULIQUE

Leurs capacités de production sont modulées en fonction de celles des énergies renouvelables. Elles pallient le manque de vent, de soleil, pour assurer la sécurité d'approvisionnement.

ÉNERGIES INTERMITTENTES

Centralisées ou locales, les productions d'énergies renouvelables sont prioritaires pour approvisionner le réseau en électricité verte.

USINES

Leur importante capacité d'effacement ou de report des consommations est mobilisée, en temps réel, pour assurer l'équilibre du réseau.

DATA

Les quantités de données produites par un *smart grid* sont exploitées pour améliorer en continu le fonctionnement du réseau (planification, exploitation, etc.).

VÉHICULES ÉLECTRIQUES

Ils se rechargent au bon moment pour lisser les pics de consommation. Leurs batteries offrent des capacités de stockage mobilisables à tout instant.

STOCKAGE

Lors des pics de production d'énergies renouvelables, les batteries et les stations de pompage stockent l'électricité, en vue de la réinjecter ultérieurement.



IssyGrid, Pionnier à l'échelle d'un quartier

Entre 2012 et 2018, dans les Hauts-de-Seine (92), les occupants de 2 000 logements et de 160 000 m² de bureaux ont testé en situation réelle les différents dispositifs d'optimisation énergétique pouvant être déployés à l'échelle d'un quartier. Une première en France où les expérimentations de *smart grids* ont porté jusqu'ici sur une ville ou un bâtiment. L'objectif d'IssyGrid? Favoriser la production, la consommation et le partage d'énergie (chaleur, gaz, électricité) au niveau local dans le but de recourir le moins possible au réseau électrique national. Le dispositif – dont EDF était partenaire – a notamment requis l'installation d'un système

d'information centralisé, de panneaux photovoltaïques et de différents systèmes de stockage d'électricité et de froid. À tout instant, les 15 000 citoyens concernés pouvaient accéder à un tableau de bord détaillé de leur consommation. Grâce à ces données, le pilote d'IssyGrid a pu automatiser la recharge des équipements – par exemple, des chaudières – au meilleur moment pour préserver l'équilibre offre/demande, et identifier leur dysfonctionnement.

La réglementation française n'autorisant pas encore les transferts d'énergie entre bâtiments dans l'espace public, IssyGrid n'a pas pu tester cette fonctionnalité majeure d'un *smart*

grid. Néanmoins, le bilan de l'expérimentation est très satisfaisant. Les bâtiments récents ont couvert 50% de leurs besoins en électricité grâce à la production locale. Et au global, l'économie d'énergie réalisée au niveau du quartier a permis d'éclairer trois rues. L'expérimentation est achevée, mais IssyGrid reste opérationnel et se déploie progressivement à d'autres quartiers d'Issy-les-Moulineaux.



Entretien

« Les villes doivent être prêtes à apprendre les unes des autres, à échanger les solutions et les bonnes pratiques. »

Saskia Sassen

Professeur de sociologie
à l'université de Columbia

Sociologue et économiste spécialiste de la mondialisation, Saskia Sassen travaille depuis plus de trente ans sur les villes et la globalisation. Elle porte un regard lucide sur les enjeux de l'évolution urbaine, loin des simplifications et des clichés. Pour elle, l'avenir des villes passe par une meilleure intégration des expertises, afin d'apporter des réponses de proximité.

— En 1991, vous formuliez le concept de « ville globale » afin de mieux cerner les enjeux urbains et le réel pouvoir des agglomérations. Que signifiait-il ? Et, aujourd'hui, trente ans plus tard, qu'est-ce qui a, selon vous, changé dans cette approche ?

Saskia Sassen : À l'époque, la notion de « globalité » n'était utilisée que pour des États ou des gouvernements et jamais pour des entités comme les villes. En effectuant mes recherches au début des années 1990, j'ai constaté à de multiples reprises que des acteurs majeurs de la vie des grandes villes comme les grandes entreprises, les associations, les Bourses avaient la capacité de façonner le monde. Les cités concentraient donc le pouvoir et la capacité d'agir. Sans parler d'une démographie exponentielle. Pour devenir un phénomène planétaire, la globalisation avait ainsi besoin de s'ancrer dans le local, dans les villes. Trente ans plus tard, cette tendance n'a fait que s'affirmer. Le changement majeur me semble être le nombre croissant de villes globales. Il ne s'agit plus d'un groupe restreint rassemblant Londres, Paris ou New York, mais d'un réseau beaucoup plus vaste. On peut observer que ce mouvement s'est doublé de la même évolution dans l'économie où des structures plus petites, regroupées en réseaux connectés, sont devenues décisives dans la dynamique de croissance. Et, comme ces entreprises sont largement installées dans les zones urbaines, elles renforcent l'influence des villes.

— Aujourd'hui, on entend régulièrement parler de *smart cities*, que pensez-vous de ce glissement sémantique ?

S.S. : Je le trouve très séduisant et intéressant, mais aussi un peu illusoire, pour le moment. Nous allons sans doute vers les *smart cities*, des villes connectées, utilisant avec finesse les masses de données générées, mais nous en sommes encore loin. Il suffit de regarder les difficultés qu'éprouvent les cités riches, équipées de technologies très avancées, pour proposer des politiques de logements efficaces, pour lutter contre l'exclusion des plus faibles ou des plus âgés. Cela s'explique, tout d'abord, par le manque de budgets nécessaires pour s'atteler réellement à ces problèmes et, ensuite, par une sorte de fascination qu'éprouve notre époque...

— De fascination ?

S.S. : Oui, nous sommes très souvent séduits, voire hypnotisés par des solutions technologiques certes novatrices, mais sans impact profond sur la situation. Nous tombons souvent sous le charme d'avancées techniques qui sont étonnantes, distrayantes, voire impressionnantes, mais qui n'apportent pas de réponses de fond aux défis essentiels. La technologie ne peut pas tout, même si elle est importante. En résumé, nous devons garder notre sens critique en alerte, afin de sélectionner les idées qui changent vraiment la donne.

— Les villes grossissent. Elles gagnent en puissance économique, en influence. Et, ainsi, elles créent parfois un fossé entre elles et leur environnement direct, comme les zones rurales. Cette situation vous paraît-elle inquiétante ?

S.S. : C'est un chapitre déterminant dans l'évolution des agglomérations urbaines. Si l'on y réfléchit attentivement, les villes semblent très puissantes, mais elles sont aussi très fragiles, car dépendantes. Elles doivent toutes faire appel à des ressources extérieures pour des besoins parfois vitaux. Je suis de ceux qui pensent que les villes doivent héberger en leur sein les savoir-faire et générer les solutions dont elles ont besoin plutôt que de faire venir de la nourriture ou des objets par cargo ou camions entiers. Ce sera un apprentissage long, bien sûr, difficile mais vraiment bénéfique sur le long terme. De plus, il permettra de nouer un lien solide et équitable avec les zones rurales, en s'inspirant de leurs expertises et non en les vidant de leurs ressources. Cet esprit de collaboration me semble de toute façon central pour inventer la ville de demain.

— Pourquoi ?

S.S. : Aucune zone urbaine ne peut trouver seule les réponses à des questions aussi diverses que l'éco-efficacité, le logement, le transport, l'inclusion sociale... Les champs sont trop variés et trop vastes. Les villes doivent donc être prêtes à apprendre les unes des autres, à échanger les solutions et les bonnes pratiques. Ce mouvement est bien engagé. De plus en plus de villes multiplient les collaborations et les échanges. C'est ainsi que se déploie une véritable intelligence collective qui est également nourrie par l'engagement et les actions individuelles de chaque citoyen.

— Quel sera le défi majeur pour les villes dans les années à venir ?

S.S. : La capacité à exploiter tous leurs potentiels, à intégrer un maximum de savoir-faire et à limiter leur dépendance à l'extérieur. De ce point découlent de nombreuses réponses : environnementales, sociales et économiques.

« Les villes doivent réduire leur dépendance ! »

Saskia Sassen



VOYAGE AU CŒUR DE TERRITOIRES INTELLIGENTS

Comment permettre à l'espace urbain, aux bâtiments, bureaux et logements de consommer moins et mieux ? La frugalité est un défi clé. EDF y contribue en développant toute une palette de services énergétiques complémentaires.

EDF et ses filiales (Dalkia, Citelum, Izivia, EDF Renouvelables...) mobilisent leurs compétences pour répondre aux enjeux de la transition énergétique des territoires : phase d'études, production d'énergies renouvelables, réseaux de chaleur, autoconsommation collective, contrats de performance énergétique, mobilité électrique, *smart charging*, *smart building*⁽¹⁾, éclairage intelligent, plateforme numérique de gestion urbaine... En rassemblant toutes ces briques technologiques, le Groupe apporte des réponses innovantes, globales et sur-mesure aux enjeux de chaque territoire.

(1) Le smart building, ou bâtiment intelligent, a pour principale caractéristique d'intégrer le numérique dans son fonctionnement afin d'optimiser sa consommation énergétique, et interagir avec son écosystème.

SMART RÉGION



RÉGION
PACA

43
projets de réseaux
énergétiques
intelligents.

340 M€
d'investissements
(État, Région,
collectivités,
entreprises,
gestionnaires du
réseau électrique).

115 000
citoyens
bénéficiaires.



Devenir la 1^{re} smart Région d'Europe

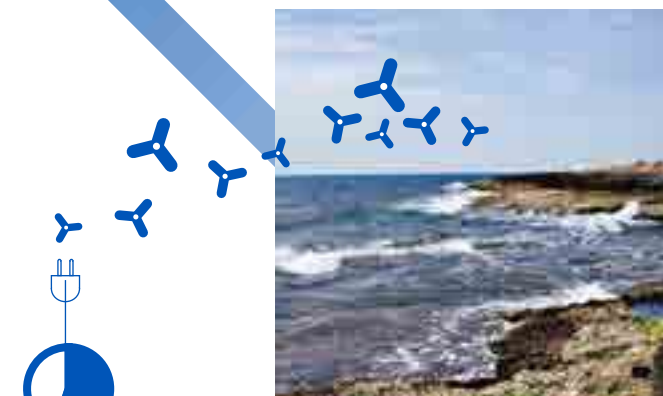
et une vitrine mondiale des innovations de la transition énergétique : c'est l'ambition de la Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA) et de son programme Flexgrid qui teste à grande échelle le potentiel des systèmes énergétiques intelligents sur une vingtaine d'applications différentes. Quartiers urbains, villes côtières et rurales, station de ski, îles de Lérins, zone protégée, mais aussi activités économiques (aéroport Marseille-Provence, gare TGV d'Aix-en-Provence, serres agricoles...) et réseaux électriques : avec Flexgrid, chaque composante du territoire devient *smart*. Depuis 2017, une quarantaine de projets sont lancés ou en cours, avec l'objectif d'être industrialisables. Partenaire du programme, EDF pilote notamment deux expérimentations :

- **So FLEX'hy!** : en associant des centrales hydrauliques de la vallée de la Durance et des fermes photovoltaïques régionales, ce projet vise à démontrer comment l'hydro-électricité peut venir en appui à la production d'énergie solaire pour lisser son intermittence. Et ainsi garantir une énergie 100 % renouvelable 100 % du temps.

- **La Villette ECS** : à Cagnes-sur-Mer, un plan de rénovation urbaine donnera naissance à cet éco-quartier de sept hectares au sein duquel le pilotage des productions (géothermie, solaire) et consommations électriques sera centralisé et numérisé. Dalkia Smart Building, filiale d'EDF, y déploiera des modèles innovants de contractualisation et de tarification pour les échanges énergétiques entre les copropriétés de logements, les opérateurs énergétiques et les habitants.



Flexgrid va faciliter le développement des énergies renouvelables en Région Sud PACA. EDF espère multiplier par six la production régionale d'origine solaire à un horizon de quinze ans.



VERDIR LA PRODUCTION ÉLECTRIQUE

La Région Sud PACA ne produit que **50%** de l'électricité qu'elle consomme. Et s'appuie à près de **55%** sur des énergies renouvelables.



La mise en place d'un système d'éclairage intelligent peut permettre de réaliser jusqu'à 80 % d'économies d'énergie annuelles.

FONCTIONS URBAINES

Connecter de nouveaux services à l'éclairage

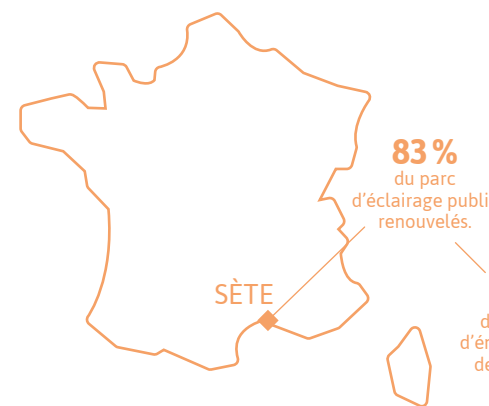
Parce que les luminaires sont répartis sur tout l'espace public, ils peuvent servir de support à d'autres matériels connectés et offrir de nouveaux services aux municipalités et aux citoyens sans engendrer de coûts trop importants pour la collectivité. À Dijon Métropole, par exemple, la plateforme MUSE® pilote aussi de manière centralisée la vidéoprotection, l'intervention des services de voirie et les bornes d'accès au centre-ville. À Calais, Citelum teste un système de recharge de véhicules électriques, installé directement sur les mâts, en partenariat avec la start-up Ubitricity.

Parmi les dernières innovations de Citelum : la mesure du bruit dans l'espace urbain grâce à des capteurs. MUSE® collecte leurs données en temps réel, calcule des moyennes, et envoie automatiquement des alertes aux services de la ville en cas de bruit excessif. Sur certaines places très fréquentées de Sant Cugat del Vallès, en Espagne, les éclairages publics se mettent aussi à clignoter, afin d'inciter les passants à respecter la tranquillité du voisinage.

Avec un objectif de **63%** au terme du contrat (2033).

40% d'économies d'énergie au bout de quatre ans.

83% du parc d'éclairage public renouvelés.



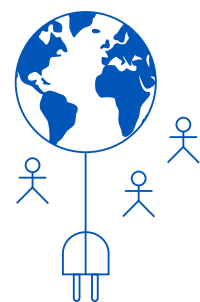
L'éclairage public représente 37%⁽¹⁾ des dépenses d'électricité des communes françaises

C'est pourquoi, depuis 2013, Sète est l'une des nombreuses villes qui confient à Sogetralec en groupement avec Citelum, filiale d'EDF, le soin de rénover et d'optimiser la performance énergétique de ses équipements. Soit, près de 8 000 points lumineux, 530 éclairages sportifs, 30 carrefours à feux tricolores et 604 mises en lumière. Ceci, dans le cadre d'un partenariat public-privé (PPP) d'une durée de vingt ans, qui intègre aussi la maintenance. Avec, pour Citelum, un engagement de résultat de 63 % d'économies d'énergie au terme du contrat en 2033.

En complément de l'installation d'ampoules LED, des détecteurs de présence modulent la puissance de l'éclairage. Connectés, ces

équipements remontent, en temps réel, des données à la plateforme numérique de pilotage Muse® pour une maintenance préventive et une optimisation en continu. Muse® étant compatible avec tous les systèmes urbains connectés, Citelum y a dans un second temps ajouté des fonctionnalités pour fluidifier la circulation routière et faciliter le stationnement. Des capteurs installés en voirie et sur l'éclairage renseignent les citoyens via une appli sur l'état du trafic et sur les places de parking disponibles. En sept ans, Citelum a sensiblement amélioré la qualité de vie des Sétouais et a déjà permis à la municipalité de réduire de 40 % la consommation électrique de son éclairage.

(1) Ademe.

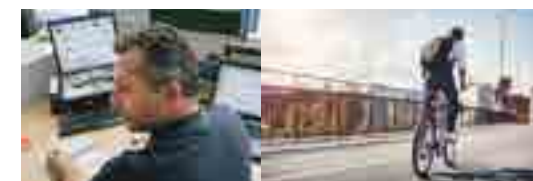


CITELUM À TRAVERS LE MONDE

3 millions de points lumineux gérés.

30 millions de personnes éclairées.

Une présence dans plus de 1 000 villes.



PLANNING- FICATION

De la conception d'une ville découle – ou pas – sa frugalité énergétique

À Moscou, le développeur du futur quartier de Rublyovo-Arkhangelskoye s'appuie sur EDF pour optimiser la planification des réseaux physiques (énergie, eau, transports...). En décrivant spatialement la ville au niveau de chaque bâtiment, l'outil 3D EDF City Platform permet, en effet, de simuler, pour chaque heure de la journée et sur une année, les différents usages énergétiques du quartier (climatisation, chauffage, eau chaude sanitaire...) et de les intégrer au fonctionnement des autres systèmes urbains, notamment la mobilité et la qualité de l'air.



Déjà utilisé à Singapour, l'outil de planification énergétique et urbaine EDF City Platform va aider ce futur quartier de Moscou à devenir une référence de smart city en Russie.

Le futur quartier de Rublyovo-Arkhangelskoye

460 hectares de logements et de bureaux.

66 000 habitants, 76 000 travailleurs.

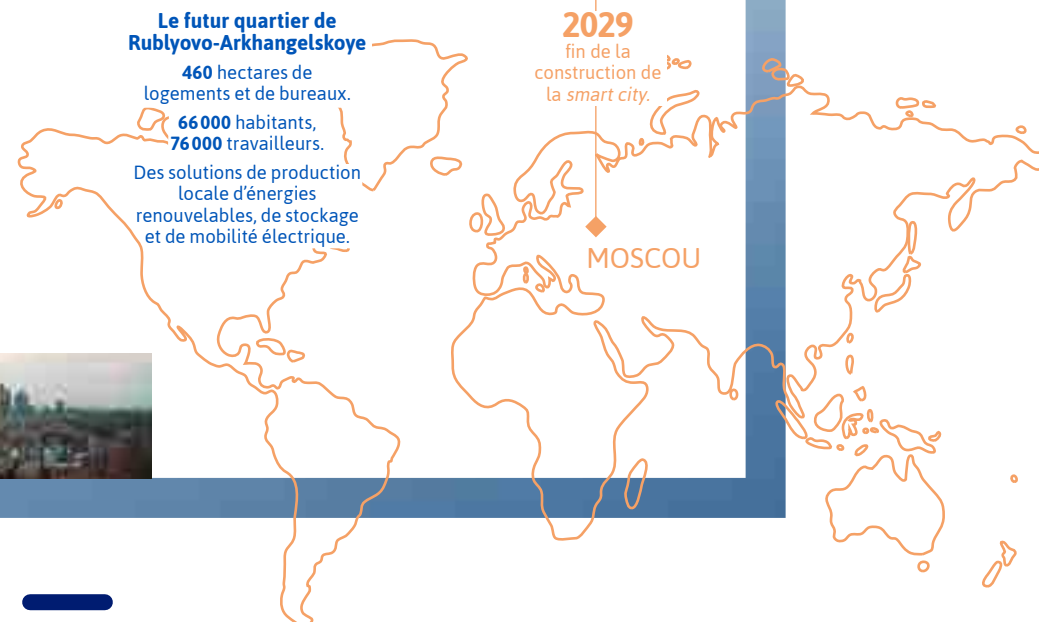
Des solutions de production locale d'énergies renouvelables, de stockage et de mobilité électrique.

2019

• L'outil de planification Sberbank City Platform est mis en service.
• Pour ce quartier, EDF prépare une offre commerciale intégrant différents services intelligents.

2029

fin de la construction de la smart city.



ÉCO-CITOYENNETÉ



La prévention du gaspillage énergétique, la sensibilisation aux éco-gestes et aux solutions de transition énergétique sont des leviers non négligeables de décarbonation des territoires. C'est aussi une possibilité offerte à tous d'en être acteurs. C'est pourquoi, EDF innove sans cesse avec de nouveaux outils.

• **ACTEE, pour les collectivités :** ce site Internet conçu en partenariat avec la Fédération nationale des collectivités concédantes et régies (FNCCR) les accompagne pas à pas dans leurs projets de rénovation énergétique des bâtiments publics. Un simulateur permet aussi d'estimer le gain énergétique et la réduction de l'empreinte carbone. www.programme-cee-actee.fr

• **CUBES⁽¹⁾, pour les établissements scolaires :** 261 écoles, collèges et lycées participent déjà à ce challenge – dont EDF est partenaire – qui engage élèves et enseignants à adopter les bons gestes et à faire preuve de créativité pour réduire leur consommation énergétique. www.cube-s.org

• **Moby à l'école, du CP au CM2 :** ce programme, dont EDF est partenaire, est une façon ludique de sensibiliser dès le plus jeune âge à la mobilité propre et à la nécessité de se déplacer autrement. Il permet aussi aux écoles élémentaires d'élaborer en un an leur Plan de déplacement établissement scolaire (PDES). www.moby-a-lecole.fr

• **Pour tous, des plateformes participatives pour financer la décarbonation de son territoire :** afin d'aider à financer les projets de réseaux de chaleur et de froid de collectivités, Dalkia, filiale d'EDF, s'est associée à deux plateformes participatives du secteur de la transition énergétique : Lendosphere et Enerfip. Les appels aux dons et aux investissements ont déjà permis de boucler le financement de plusieurs projets. <https://enerfip.fr/> www.lendosphere.com

(1) CUBES: challenge Climat, Usages, Bâtiments, Enseignement scolaire.

EDF veut être l'énergéticien leader de la mobilité électrique en Europe dès 2022

En octobre 2018, le Groupe a lancé son Plan mobilité électrique pour accélérer sur ses quatre grands marchés européens. Avec des objectifs concrets pour devenir le :

1^{er} fournisseur en électricité :

pour 600 000 véhicules électriques en 2022, soit 30 % de part de marché;

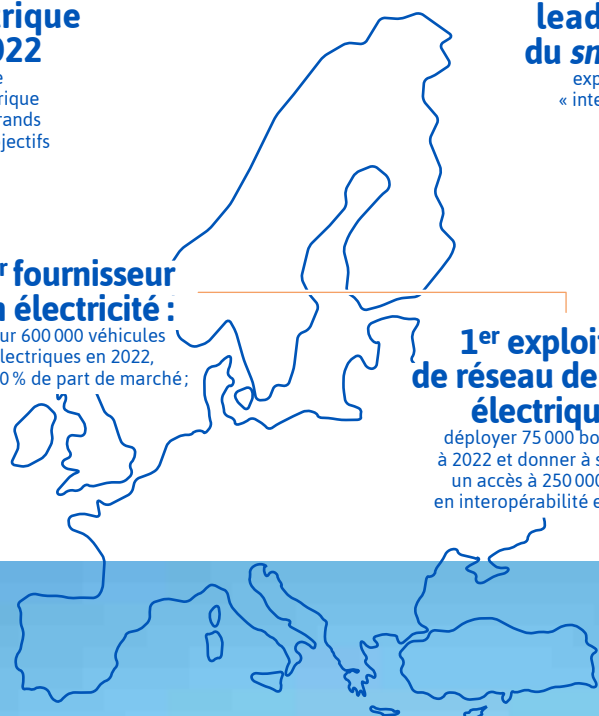
leader européen du smart charging :

exploiter 4 000 bornes « intelligentes » dès 2020.

1^{er} exploitant de réseau de bornes électriques :

déployer 75 000 bornes d'ici à 2022 et donner à ses clients un accès à 250 000 bornes en interopérabilité en Europe;

MOBILITÉ



30%
Contribution des transports aux émissions de CO₂ en France.



-70%
de CO₂ à l'horizon 2050.
Cet objectif fixé au secteur du transport par la Stratégie nationale bas carbone passe notamment par l'électromobilité, le report modal et l'arrêt des ventes de véhicules thermiques légers en 2040.

L'électromobilité va révolutionner notre usage des véhicules

À commencer par celui des voitures particulières qui sont stationnées 95 % du temps. Grâce à la capacité de stockage des batteries, les transports individuels et collectifs vont, en effet, devenir des réserves d'électricité, mobilisables à tout instant. Pour contribuer à assurer l'équilibre du système électrique pendant les pics de consommation, mais aussi alimenter un bâtiment, une copropriété, une entreprise ou un quartier. C'est à moyen terme le scénario très réaliste sur lequel travaillent actuellement les énergéticiens avec le soin de rendre cette charge « intelligente » – c'est ce qu'on appelle le *smart charging* – en automatisant son pilotage en lien avec les besoins du système électrique. Ce qui permet aussi de baisser le coût de la charge pour les clients.

De manière plus innovante, les différents acteurs développent des technologies de charge bidirectionnelle à la fois capables de soutenir de l'électricité mais aussi de la réinjecter sur le réseau (*vehicle-to-grid*), dans la maison (*vehicle-to-home*), voire à terme entre véhicules et vers n'importe quel équipement électrique (*vehicle-to-everything*). C'est notamment l'un des enjeux de l'accord de coopération conclu en septembre 2019 entre EDF et Nissan, pionnier de la technologie *vehicle-to-grid* (V2G). Pour l'instant assurée par les bornes de charge, cette intelligence pourrait aussi être directement embarquée par les véhicules à un horizon de deux à trois ans.

2020

50%⁽¹⁾
des nouveaux autobus et cars des flottes publiques doivent être à faibles émissions de CO₂ et de polluants atmosphériques.

95 g⁽²⁾
de CO₂/km (contre 130 g/km en 2015) : en Europe, nouveau seuil d'émissions fixé aux constructeurs sur les voitures neuves.

2023

1,2 million⁽³⁾
de voitures particulières électriques en France, 2,4 millions avec l'hybride.

2025

L'obligation⁽³⁾ pour les nouveaux autobus et autocars des flottes publiques d'être à faibles émissions de CO₂ est portée à 100 %.

2028

4,8 millions⁽³⁾
de voitures particulières électriques en France, dont 3 millions de véhicules 100 % électriques et 1,8 million de véhicules hybrides rechargeables. S'y ajoute l'électrification de 500 000 véhicules utilitaires légers.

2030
59,3 g⁽²⁾
de CO₂/km (-37,5 % par rapport à 2021) : en Europe, nouveau seuil d'émissions fixé aux constructeurs sur les voitures neuves.

(1) Loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV), décret n° 2017-23. (2) Nouvelles normes d'émissions de CO₂ fixées par l'Union européenne aux États membres en avril 2019. Le seuil est calculé sur la moyenne de toute la gamme de véhicules neufs d'un constructeur. (3) Objectif fixé par le projet de Programmation pluriannuelle de l'énergie, publié en janvier 2019 par le gouvernement français.



« L'accélération du développement de l'électromobilité est aujourd'hui une certitude et, pour nos clients, un levier compétitif de décarbonation. »

Marc Benayoun,
Directeur exécutif
Groupe en charge du pôle Clients,
Services et Territoires



Grâce au smart charging, l'électromobilité va donner un coup d'accélérateur à la production locale d'énergies renouvelables

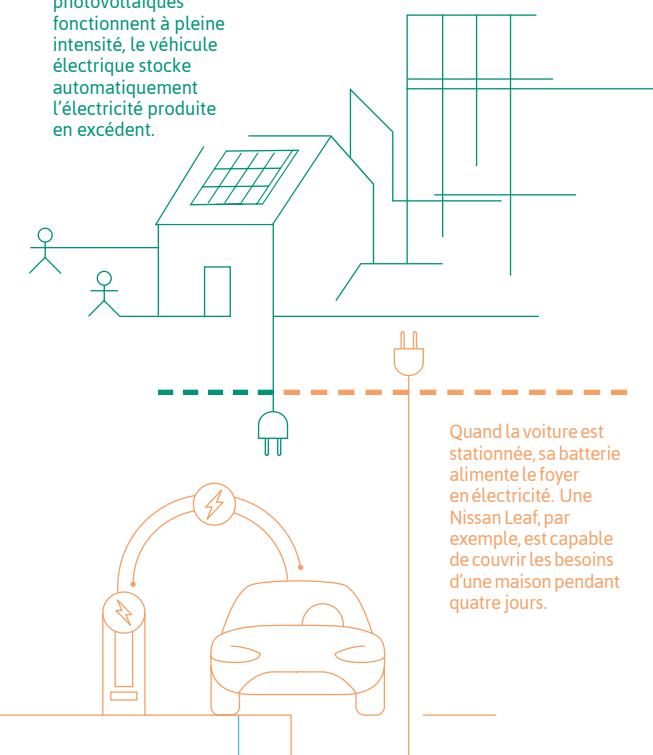
Car la combinaison d'une charge à la fois intelligente et bidirectionnelle sera l'une des solutions pour utiliser l'électricité produite en décalé par le Soleil. Pour les collectivités, les entreprises, les particuliers, la croissance du parc de véhicules électriques ouvre donc un levier inédit d'optimisation de l'utilisation d'une électricité bas carbone locale.

Ce cercle vertueux qui se dessine entre l'électrification du transport et le développement des énergies renouvelables est une bonne nouvelle. En effet, le potentiel de décarbonation de l'électromobilité ne sera optimal qu'à condition d'utiliser une électricité bas carbone. Ainsi, en France, l'empreinte carbone d'un véhicule électrique sur tout son cycle de vie est deux à quatre fois inférieure⁽¹⁾ à celle d'un modèle thermique.

(1) Étude RTE – Avere-France « Les enjeux du développement de l'électromobilité pour le système électrique », mai 2019.

V2H

Lorsque les panneaux photovoltaïques fonctionnent à pleine intensité, le véhicule électrique stocke automatiquement l'électricité produite en excédent.



En attendant la pleine maturité du V2G et du V2H, des solutions simples de charge intelligente accompagnent déjà la transition vers l'électromobilité. Éclairage par Yannick Dupont, directeur de la Mobilité électrique du groupe EDF.

Quels services de smart charging sont déjà existants ?

Yannick Dupont : Le pilotage intelligent de la recharge des véhicules électriques au tarif heures creuses, par exemple tard le soir, est un premier niveau de smart charging qui fonctionne parfaitement. EDF l'utilise depuis longtemps pour optimiser la consommation de 10 millions de ballons d'eau chaude sanitaire. Avec ce service, les clients de l'électromobilité peuvent mieux maîtriser leur facture énergétique. Efficace pour éviter les pics de consommation, ce pilotage basique est suffisant pour accueillir un déploiement massif de véhicules électriques sans compromettre la robustesse du système électrique ni l'équilibre offre/demande. Pour la gestion des flottes d'entreprises, il existe un niveau d'intelligence plus sophistiqué. La recharge est optimisée de telle sorte que tous les véhicules ne soutirent pas de l'électricité simultanément, à la même vitesse et puissance, tout en respectant les process de l'entreprise, et ce, au meilleur prix pour le client.

À quelle échéance le V2G sera-t-il disponible ?

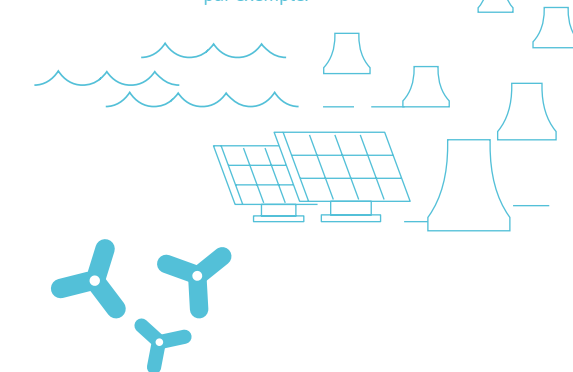
Y.D. : Cette technologie de charge bidirectionnelle est déjà une réalité. Plusieurs entreprises ont déjà opté pour cette solution et souscrit une offre auprès de DREEV, co-entreprise créée par EDF et NUVVE. Ce qu'il faut désormais, c'est industrialiser son fonctionnement pour permettre aux clients de valoriser, sur le marché économique, l'énergie contenue dans la batterie lorsque leur véhicule est stationné. La rapidité d'adoption de cette solution de pilotage avancé dépendra aussi de la capacité des constructeurs à équiper leurs véhicules de la technologie V2G. Nous estimons qu'elle pourrait devenir un standard à un horizon de trois ans.

Que fait EDF pour accélérer cette mutation ?

Y.D. : Avec son Plan mobilité électrique lancé fin 2018, EDF s'est donné les moyens de structurer pour ses clients des solutions comprenant la fourniture d'une électricité bas carbone, la recharge à domicile et en itinérance, et des services de smart charging dont nous souhaitons devenir le leader européen sur nos quatre grands marchés (France, Royaume-Uni, Italie et Belgique). L'une des premières concrétisations est la création, en février 2019, avec la start-up californienne NUVVE, de notre filiale DREEV qui développe et commercialise les solutions innovantes autour du V2G.

Le smart charging

Pour lisser les pics de demande en électricité, le véhicule se recharge en heures creuses, la nuit, par exemple.



V2G

**« Réfléchissons
aux moyens de limiter
les déplacements.
Cela passe par un travail
plus profond
sur l'organisation
des villes. »**

Mathieu Chassignet

Ingénieur, chargé des mobilités au sein de l'Ademe
(Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie)



Interview

croisée

**« La mobilité est
une force, un atout.
À condition
qu'on la civilise,
qu'on la dompte. »**

Georges Amar

Prospectiviste,
chercheur à l'École des Mines ParisTech



Quelle mobilité voulons-nous ? Et quelles en seraient les conséquences sur nos modes de vie ? Deux questions aujourd'hui cruciales qui, comme tous les sujets décisifs, appellent à la discussion et au débat. Georges Amar, prospectiviste, chercheur à l'École des Mines ParisTech et Mathieu Chassignet, ingénieur, chargé des mobilités au sein de l'Ademe, échangent pour mieux cerner la notion de mobilité et ses enjeux. Regards croisés.

— Quand une expression s'impose dans le langage commun, ce n'est jamais neutre. Dans le précédent numéro de notre revue, Étienne Klein revenait ainsi sur le mot « innovation », venu remplacer « progrès ». Que vous inspire « mobilité » qui supplante aujourd'hui transport ou déplacement ?

Georges Amar : Le mot « mobilité » annonce un changement profond de notre façon de vivre. Nous entrons dans une civilisation de la mobilité, dans la « vie mobile » qui vient rompre avec ce que j'appelle « la vie postée ». Cette dernière est une organisation spatiale de la vie sociale dans laquelle les activités se font dans un lieu précis. On travaille au bureau. On étudie à l'école. On va voir un film dans une salle... Ce couple « activité-lieu » ne va plus de soi. C'est une révolution profonde.

Mathieu Chassignet : La notion de mobilité englobe un paradoxe : elle est souvent présentée comme une question individuelle – quelles sont les solutions mises à ma disposition pour me déplacer ? – alors qu'elle concerne avant tout le bien commun, la vie en société. On ne peut la limiter à la seule dimension personnelle, à une simple « consommation de mobilité ». Par ailleurs, il me semble aussi que ce mot sous-entend bien souvent une injonction à la mobilité : il faudrait bouger, accepter de se déplacer, la voir comme quelque chose de forcément positif. Même la fiscalité nous incite à toujours plus de mobilité... les frais kilométriques professionnels sont remboursés et tiennent compte de la puissance de votre véhicule.

— Justement, derrière cette injonction au mouvement, ne peut-on pas déceler une forme d'addiction. En d'autres termes, ne bougeons-nous pas trop ? Pourrait-on imaginer une mobilité plus raisonnable ?

M.C. : Tout à fait. La demande de mobilité explose. On se déplace toujours en moyenne quatre fois par jour, mais les trajets sont 3,3 fois plus longs qu'en 1960. D'où l'idée de sobriété dans la mobilité, une notion qui me paraît aujourd'hui essentielle. Réfléchissons aux moyens de limiter la longueur de nos déplacements. Il ne s'agit pas uniquement de solutions de transports, mais d'un travail plus profond sur l'organisation des villes, la proximité des zones d'activité et des logements. Aujourd'hui, la mobilité est souvent vécue comme une variable d'ajustement : on choisit un lieu de résidence qui nous plaît, et ensuite, on pense aux déplacements. Comment modifier cette façon de penser ? C'est une question essentielle.

G.A. : Oui, il faut refaire de la mobilité une question culturelle. Je fais souvent le parallèle avec l'alimentation. La nourriture est une culture avec ses usages, ses exigences, ses rites et ses excès. Comme il y a une « malbouffe », il existe une « malmouve » dans laquelle on se déplace à tort et à travers. Cela donne des embouteillages, des transports en commun surchargés, des solutions mal adaptées et peu efficaces.

« Une mobilité plus sobre passera par des règles, des contraintes et donc un engagement. »

Mathieu Chassignet



Mais, comprenons-nous bien, je pense que la vie mobile peut être une réponse à ce phénomène de « malmouve ». La valeur suprême était auparavant la vitesse, pour se rendre au plus vite d'un endroit à un autre. En dissociant l'activité d'un lieu précis, la notion de vitesse n'est plus cruciale. Le temps de déplacement n'est plus forcément vécu comme du temps perdu, il peut être utilisé d'une autre façon.

— Quelles sont, selon vous, les voies à prendre pour parvenir à une mobilité plus sobre, pour en finir avec la « malmouve » justement ?

G.A. : Si je devais mettre un mot en avant, ce serait « hybridation ». Une tendance forte de notre époque et qui ne cesse de se confirmer. Aujourd'hui, en paraphrasant Magritte, nous pourrions dire « ceci n'est pas... » à propos de nombreux objets. Ceci n'est pas un téléphone, à propos du smartphone, ceci n'est pas une imprimante pour parler de l'imprimante 3D. Les outils vont bien au-delà de leur fonction d'origine. Pour la mobilité, l'hybridation ouvre un vaste champ de possibles. Nous allons voir s'imposer par exemple le TPI : le Transport public individuel. À première vue, il s'agit d'un oxymore. Mais il existe déjà avec le Vélib' et il peut prendre des formes très variées, notamment avec la voiture autonome.

M.C. : Le maître-mot selon moi est « cohérence ». Ne pas annoncer des objectifs ambitieux, comme la neutralité carbone en 2050 alors que, rappelons-le, 80 % des distances parcourues en France se font aujourd'hui en voiture (un chiffre qui n'a pas évolué depuis vingt ans) et mettre en œuvre des politiques qui vont dans l'autre sens. Un exemple : beaucoup de collectivités locales créent des grandes surfaces en dehors des zones urbaines, ce qui accroît les déplacements et pénalise le dynamisme des villes. Pourquoi ne pas réfléchir à ce que devrait être l'activité commerciale en centre-ville, afin de favoriser la proximité. Il en va de même avec la corrélation entre zones d'emplois et zones d'habitation. Il faut être cohérent et ne pas traiter les deux séparément. Pour faire un raccourci, on pourrait dire qu'autrefois l'entreprise logeait et qu'aujourd'hui elle rembourse des kilomètres. Un problème à l'heure de l'urgence climatique. Il doit y avoir une voie médiane entre les deux. Au fond, la question fondamentale reste celle de la volonté politique. Une mobilité plus sobre passera par des règles, des contraintes et donc un engagement. Une ville comme Séville a imposé un plan ambitieux autour du vélo. Toujours en Espagne, Pontevedra, commune de 83 000 habitants, a créé un centre-ville entièrement piétonnier. Il y a eu des grincements de dents au départ, mais le maire a été réélu trois fois. La volonté est parfois payante.

— Et si vous deviez pointer un piège à éviter ?

M.C. : L'effet rebond. Bien souvent, des solutions sont mises en avant sans penser à leurs conséquences réelles. Le télétravail, c'est très bien, mais les études prouvent que si vous restez deux jours par semaine chez vous, vous avez tendance à vous installer plus loin encore de votre bureau. Et les déplacements augmentent...

G.A. : Le principal écueil serait de ne pas prendre la mesure du profond changement de paradigme qui est en cours. La mobilité est une force, un atout. À condition qu'on la civilise, qu'on la dompte.



« Il faut refaire de la mobilité une question culturelle. »

Georges Amar

87%

des Français⁽¹⁾ utilisent la voiture pour au moins un de leurs déplacements au quotidien.



MOBILITÉ BAS CARBONE QUELS DÉFIS ?

Pour développer l'électromobilité à grande échelle, tous ses acteurs – énergéticiens, constructeurs, équipementiers, territoires... – avancent groupés. Les défis sont à la fois économiques, pour rendre la mobilité électrique accessible à tous, technologiques et culturels.

Le secteur de la mobilité vit des changements structurels, sous l'effet de révolutions majeures.

Le mythe de la voiture, si admirablement décrit en 1957 par Roland Barthes dans ses Mythologies, continue d'imprégner notre imaginaire collectif. Comme le constate l'historien des transports Mathieu Flonneau, les Français demeurent attachés à une « culture automobile » qui, loin de se résumer à l'individualisme, est un facteur d'émancipation, d'inclusion sociale et de cohésion territoriale. « L'automobile reste un lieu de mémoire heureux dans l'imaginaire des Français⁽²⁾ », rappelle-t-il.

Mais à l'heure du défi climatique, et avec des besoins de mobilité qui explosent – l'ensemble des déplacements quotidiens des Franciliens a, par exemple, connu une hausse de 4,9% entre 2010 et 2018 (43 millions, contre 41 millions) – quel avenir pour la voiture individuelle ? Comment réinventer la mobilité ?

Par la révolution des usages et l'avènement de l'ère du partage. Ces nouvelles formes de mobilité collaborative, nées de la transformation digitale et de la plateformeisation du secteur des transports, sont encore accélérées par l'émergence du MaaS (Mobility as a Service) pour offrir des parcours fluides et sans couture aux usagers et favoriser la fin de l'autosolisme.

Par le développement de la mobilité électrique bas carbone, véritable accélérateur de changements. Les technologies *smart charging* et *vehicle-to-grid* sont aujourd'hui des réalités : là où les infrastructures nécessaires sont déployées, elles permettent la recharge d'un véhicule électrique au moment le plus pertinent ou sa décharge sur le réseau. À la clé, un cercle vertueux et un pilotage fin des consommations. Car tout l'enjeu est bien de s'inscrire dans une mobilité plus sobre en énergie, plus performante, plus connectée.



(1) « Enquête sur les mobilités du quotidien dans les régions françaises », septembre 2019, par Régions de France, Transdev et Ipsos. (2) Source : site Web Le Monde, 9 août 2019.

Infrastructure

Temps moyen actuel de recharge complète (40 kWh) d'un véhicule électrique

🕒 + ⚡ = **30 mn**
à 2 h en recharge rapide (à partir de 22 kW de puissance).

7 h 30
avec une borne de recharge normale (7 kW).

21 h 30
avec une prise électrique domestique classique.

Les constructeurs se fixent un objectif de 12 minutes en 2030 en recharge rapide.

275 565
véhicules électriques en France en décembre 2019, dont 79 % sont 100 % électriques (1).



Révolution des usages, révolution technologique, mais également révolution conceptuelle avec l'émergence de « La Ville du quart d'heure » de Carlos Moreno ou Francis Pisani, c'est-à-dire la ville des proximités où l'on trouve tout ce dont on a besoin à moins de 15 minutes de chez soi, à pied, à vélo ou en trottinette électrique. Certains vont plus loin et posent la question de la mobilité comme injonction sociale. Finalement, l'ultramobilité du XXI^e siècle, devenue une fin en soi, serait-elle une liberté ou un carcan ?

La facilité d'accès à un point de recharge sera clé dans l'accélération de la mobilité électrique. En France, en appui au projet de Programmation pluriannuelle de l'énergie – 4,8 millions de véhicules électriques particuliers attendus en 2028 –, le gouvernement préconise l'installation à cette même échéance de 300 000 points de recharge ouverts au public.

Une solution « électrique » de proximité pour tous

Les conducteurs effectuent 80 % de leurs recharges d'électricité au domicile ou sur leur lieu de travail. Cette recherche de confort et de praticité soulève la nécessité de fournir au plus grand nombre un point de charge principal de proximité, même s'il est partagé. Au domicile, la possibilité donnée aux particuliers de choisir un abonnement de fourniture d'énergie spécifique permet aussi de profiter de tarifs réduits en heures creuses – moins 50 % la nuit avec l'offre *Vert Électrique Auto* d'EDF, par exemple. Et, à terme, grâce à la recharge intelligente et bidirectionnelle (lire p. 23), de participer contre rémunération aux solutions d'effacement et de décharge de l'électricité sur le réseau. RTE estime ainsi que, pour le conducteur qui recharge son véhicule chez lui, le coût annuel de « carburant » est divisé par trois (2). Cette économie peut même atteindre 80 % avec une recharge en heures creuses et près de 90 % grâce à la technologie *vehicle-to-grid* (V2G).

Offrir des alternatives aux particuliers sans parking

Reste qu'en France, onze millions de ménages sont dépourvus d'un parking privatif. La recharge dans les parkings des entreprises est une alternative qui va se développer pour les salariés. Mais d'autres solutions proches des logements doivent émerger dans l'espace public. Ainsi, les bornes « à la demande » installées sur la voirie par les collectivités sur sollicitation des

(1) Source : Avere-France. (2) Étude RTE – Avere-France « Les enjeux du développement de l'électromobilité pour le système électrique », mai 2019.



À Lyon, Izivia densifie le réseau de bornes

Izivia aide la Métropole de Lyon à accélérer l'adoption de l'électromobilité sur son territoire. D'ici à fin 2020, la filiale d'EDF va déployer 641 nouveaux points de charge sur les 59 communes et arrondissements du Grand Lyon. Les besoins de tous les modèles de véhicules électriques et hybrides rechargeables seront couverts grâce à des bornes universelles de différentes puissances : 600 points de charge normale (inférieure ou égale à 22 kW) et 41 recharges rapides (50-150 kW).

Elles seront accessibles avec ou sans abonnement et réservables depuis une application mobile.

Sur ce projet qui intègre la conception, la réalisation et l'exploitation technique et commerciale du réseau, Izivia est associée au Fonds de modernisation écologique des transports (FMET) et à sa société Demeter qui assure le financement de l'investissement. Un modèle économique et financier novateur pour la mobilité électrique.



2030

Signataire de l'initiative mondiale EV100, le groupe EDF s'est engagé à convertir à l'électrique sa flotte légère d'ici à 2030, soit plus de 32 000 véhicules.

habitants rencontrent un grand succès dans plusieurs capitales européennes. Notamment, à Amsterdam et à Oslo où elles sont partagées par plusieurs utilisateurs à l'échelle d'une rue ou d'un quartier. Développée par la start-up Ubitricity dont EDF est actionnaire, la recharge sur lampadaire est une autre solution. Grâce à un câble – fourni par l'entreprise – le client se branche sur un mât d'éclairage public proche de chez lui, tandis que le système de transmission des données assure une facturation individuelle à distance. À terme, les services de parkings partagés et connectés, tels que ceux de la société Zenpark – EDF est entrée à son capital en janvier 2019 – permettront de toujours mieux optimiser l'infrastructure existante. Par exemple, en ouvrant aux riverains les parkings d'entreprises vides la nuit pour recharger leurs véhicules.

Une infrastructure haute puissance pour les trajets longue distance

L'électromobilité sur autoroute et en itinérance nécessite une recharge rapide qui se développe grâce à l'innovation (lire p. 36). La croissance de l'électromobilité va aussi faire émerger le besoin d'infrastructures haute puissance d'appoint, dans les zones commerciales et périurbaines, pour les visiteurs de passage éloignés de leur domicile. Au Royaume-Uni, Pod Point, entreprise dont EDF a fait l'acquisition en février 2020, a ainsi développé un réseau de près de 3 000 bornes en accès public, notamment sur les parkings de Tesco et Lidl, qui complète son offre de recharges domestiques et en entreprises.

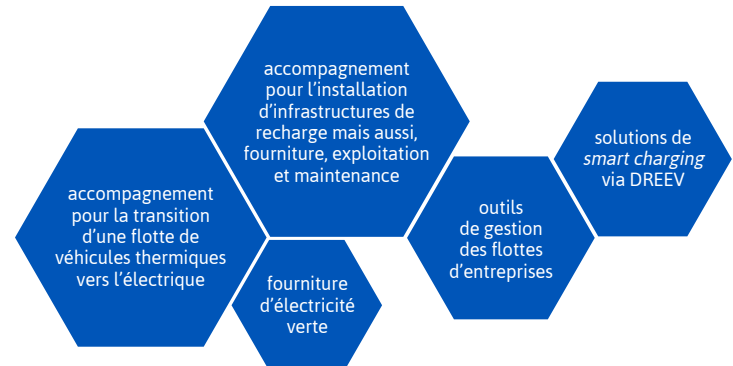
À l'avenir, les véhicules électriques, notamment ceux de plus de 3,5 tonnes, pourraient aussi se recharger en roulant grâce à une adaptation de l'infrastructure routière. Plusieurs innovations sont actuellement testées comme la recharge par rail électrique par le sol, par induction ou par caténaires.



28 666
points de recharge
ouverts au public à fin 2019
(+15% en un an)
en France métropolitaine,
soit un pour 7,4 véhicules légers
électriques en circulation⁽¹⁾.
Dont :

Des solutions clés en main pour les clients B2B

EDF développe toute une gamme d'offres afin d'accompagner ses clients vers la mobilité électrique :



49%
sur la voirie et dans des sites publics;

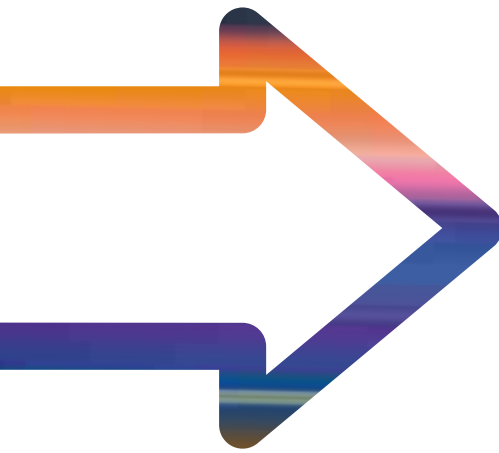


30%
dans les parkings;



21%
en entreprises et dans les commerces.

(1) Source : Baromètre Avere-France – Gireve, décembre 2019.



Recharge



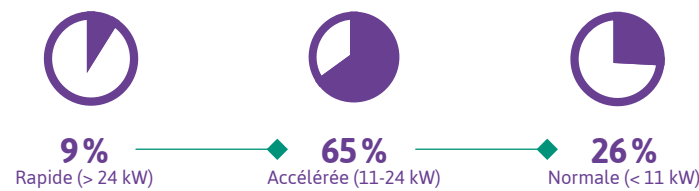
Les bornes rapides des autoroutes – d’une puissance de 50 kW – permettent de recharger un véhicule électrique à 80% en moins de 30 minutes. Mais avec l’arrivée prochaine de voitures dont l’autonomie atteindra 600 kilomètres, la recharge devra être toujours plus puissante.

Deux enjeux majeurs : rapidité et intelligence

L’augmentation de la taille des batteries de véhicules électriques – passée ces dernières années de 50 kVA à 100 kVA, voire 350 kVA pour les nouveaux modèles – nécessite, en effet, d’accroître toujours plus la puissance délivrée par la borne pour conserver un temps de charge réduit, autour de 15-20 minutes. Un avenir que la R&D d’EDF prépare dans son nouveau laboratoire « Charge de très forte puissance » où le Groupe teste les matériels de charge d’une puissance allant jusqu’à 500 kW et qui arrivent sur le marché. Ceci, pour les véhicules particuliers, mais aussi pour les bus, cars électriques et les camions. La R&D utilise également cette plateforme pour tester la combinaison de ces stations de charge avec du stockage d’électricité ou de la production locale.

Demain, l’électromobilité devra contribuer en temps réel à l’équilibre offre/demande du système électrique. Accroître l’intelligence du pilotage de la recharge (*smart charging*) est, par conséquent, l’autre grand défi de ces prochaines années. EDF a récemment acquis PowerFlex Systems, une société américaine pionnière dans le domaine des technologies de recharge pour véhicules électriques. Intégrer son expertise à l’offre de solutions de production d’énergie solaire et de stockage du Groupe va permettre de fournir aux bâtiments commerciaux et industriels un écosystème unique d’énergie décentralisée.

Répartition des points de recharge ouverts au public en France métropolitaine par puissance à fin 2019 ⁽¹⁾



DREEV installe ses premières bornes V2G

Gagner de l’argent en convertissant sa flotte d’entreprise à l’électrique ? Pour les clients de DREEV, nouvelle filiale d’EDF, c’est l’un des avantages à adopter son offre de pilotage intelligent de la recharge. C’est notamment une réalité pour la société girondine Hotravail (560 salariés) dont le siège est équipé depuis avril 2019 de trois bornes de recharge bidirectionnelle V2G (*vehicle-to-grid*). En contrôlant le moment et la vitesse de la charge, cette technologie permet aux entreprises clientes de valoriser l’électricité stockée dans les batteries de leurs voitures électriques. De son côté, l’entreprise garde la main sur la programmation de ses besoins

grâce à une application mobile. À ce jour, l’installation d’Hotravail assure la recharge/décharge de dix camionnettes avec, à la clé, une économie d’environ 20 euros par mois par véhicule grâce à la rémunération versée par DREEV en échange de l’électricité réinjectée sur le système électrique.

Grâce aux technologies V2G de DREEV, l’énergie stockée dans les batteries des véhicules électriques peut aussi servir à réalimenter un bâtiment ou un quartier.

(1) Source : baromètre Avere-France – Gireve, décembre 2019.



Batterie



Une R&D de pointe

Engagé dans un ambitieux plan de développement du stockage d'électricité, le groupe EDF a doublé, fin 2019, les capacités d'essais de son laboratoire R&D consacré à l'étude des performances des batteries stationnaires et de l'électromobilité. Ceci, à tous les stades de leur développement : depuis la cellule électrochimique à l'état de prototype à la batterie déjà industrialisée.

Durée de vie, modélisation du vieillissement, puissance délivrée, recyclabilité... Tous les paramètres essentiels aux usages auxquels les batteries sont destinées y sont testés et expertisés. Jusqu'à leur niveau de sécurité qui fait l'objet de mises en conditions extrêmes (inflammation, immersion, mise en surcharge).

De futures applications multiples

L'an dernier, sur le salon du CES de Las Vegas, la start-up grenobloise Lancey annonçait qu'elle allait recycler des batteries de vélos électriques dans ses radiateurs intelligents qui stockent l'énergie aux heures creuses. L'édition 2020 du CES n'a pas manqué de dévoiler son lot d'innovations autour des batteries mobiles. La start-up hollandaise Skoon a présenté sa plateforme de partage de batteries, pour mettre plus facilement l'offre en lien avec les besoins, notamment pour les chantiers de construction, l'événementiel et les sites de tournage en extérieur. La société lilloise Otonohm a fait sensation avec sa technologie de batterie lithium avec électronique intégrée, qui s'affranchit de tous les appareils de conversion (chargeur, convertisseur, onduleur) pour gagner en capacité et en puissance. Le premier cas d'usage de cette batterie nomade : une alternative plus verte aux groupes électrogènes, avec une recharge universelle – elle se raccorde aussi bien sur le secteur qu'aux systèmes de production d'énergies renouvelables.

Donner une seconde vie aux batteries de l'électromobilité est une piste prometteuse. Dans les territoires isolés en autoconsommation, par exemple, les batteries usagées des véhicules électriques peuvent servir de stockage stationnaire d'énergies renouvelables. C'est notamment le cas sur l'île de Porto Santo, à Madère, où le constructeur Renault conduit une expérimentation avec les batteries de première génération de son véhicule ZOE.



150 \$/kWh

C'est le coût des batteries aujourd'hui, contre 1000 \$/kWh il y a dix ans.

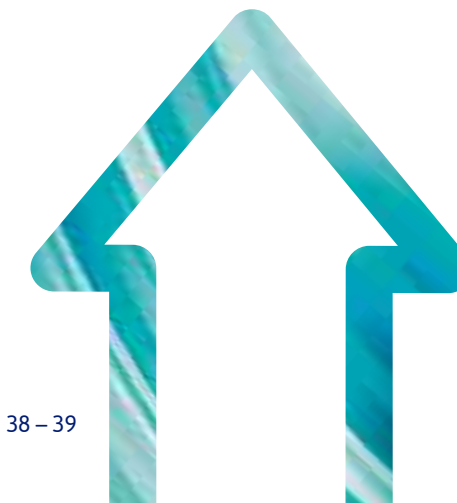
La baisse constante et rapide du coût des batteries – passé en dix ans de 1000 \$ à environ 150 \$ par kWh aujourd'hui – ouvre l'électromobilité à un public toujours plus large. Parce que ce coût représente 30 % à 50 % du prix du véhicule, les travaux de recherche foisonnent pour activer les leviers d'économies possibles. Mais aussi, plus globalement, tous les paramètres électrochimiques de la batterie – leur densité, légèreté, puissance – qui influent sur la performance du véhicule : son autonomie, sa vitesse, son temps de recharge, son empreinte carbone...

Améliorer la performance du véhicule

Seule technologie actuellement industrialisable, la batterie lithium-ion à électrolyte liquide devrait dominer le marché des véhicules électriques pendant encore une dizaine d'années. Ensuite, de nouvelles batteries « tout solide », combinant sécurité et performances, pourraient arriver. L'évolution des matériaux utilisés dans ces deux électrodes permettra déjà d'améliorer son autonomie, sa capacité à répondre à de fortes sollicitations et à résister à des températures extrêmes (de -20 °C à +50 °C). Et c'est une bonne nouvelle puisque les variantes électrochimiques sur lesquelles la recherche a le plus avancé ne devraient pas trouver d'usage dans les voitures électriques. Et ceci, malgré des atouts indéniables. Similaire au lithium-ion dans son fonctionnement, la batterie sodium-ion pourrait présenter l'avantage d'être plus économique, plus puissante et durable. Mais sa plus faible densité d'énergie la destine plus volontiers au stockage stationnaire ou au marché du démarrage de véhicules. De son côté, la technologie lithium-soufre offre une densité quatre fois supérieure à celle du lithium-ion mais nécessite un volume de batterie qui la réserve plutôt aux industries aéronautique et spatiale, qui sont des industries très exigeantes sur les plans des performances et de la sécurité.

Vers une rupture technologique

La piste la plus prometteuse pour les véhicules légers viendra probablement d'un changement technologique complet avec des batteries « tout solide » dont les premiers prototypes industriels sont attendus à partir de 2025. Dans cette nouvelle famille, l'électrolyte liquide sera remplacé par un composé inorganique solide. Outre son caractère ininflammable, le « tout solide » ouvre la possibilité d'utiliser des matériaux innovants (par exemple, des polymères et céramiques) qui permettront d'améliorer très sensiblement la sécurité et la capacité de stockage des batteries.



Hydrogène

Un projet de transports à l'hydrogène sur la Seine

Valider la faisabilité technique et économique de l'usage de l'hydrogène pour le transport maritime et fluvial, c'est la mission fixée à EDF et à ses nombreux partenaires dans le cadre du projet européen H2SHIPS, lancé en 2018 par EIFER, un centre R&D conjoint à EDF et au Karlsruhe Institute of Technology, basé en Allemagne, qui, depuis sa création en 2001, travaille sur l'hydrogène. Le volet français vise notamment à identifier un site d'installation d'une unité de production parisienne d'hydrogène décarboné pour le transport fluvial de marchandises et de passagers. Cette opération pilote a également déjà abouti à un avant-projet sommaire d'un bateau

pousseur à hydrogène, réalisé par Europe Technologies pour le compte de CEMEX, EDF (EIFER) et La Banque des Territoires. Si la phase de développement est engagée, celui-ci pourrait naviguer en 2024 sur les eaux de la Seine. L'objectif d'H2SHIPS est aussi de partager des bonnes pratiques avec les deux autres écosystèmes portuaires du projet : Ostende, en Belgique, qui va tester un système de soutage d'hydrogène compatible avec les opérations en haute mer; et Amsterdam, aux Pays-Bas, chargé d'élaborer des solutions pour le transport fluvial de marchandises. L'enjeu de leur réussite est important pour la décarbonation du secteur : l'Europe du Nord-Ouest concentre 85% du transport fluvial européen, avec des navires pour l'instant uniquement propulsés au diesel.

« EDF va concentrer les applications de l'hydrogène bas carbone là où il y a le plus de tonnes de CO₂ à économiser : les transports lourds et l'industrie. »

Alexandre Perra
Directeur exécutif Groupe en charge de la Direction Innovation, Responsabilité d'entreprise et Stratégie

Le véhicule à hydrogène produit lui-même son électricité grâce à une pile à combustible. Ce qui, par rapport à la mobilité électrique classique à batteries, lui confère une grande autonomie pour un temps de charge réduit. À titre d'exemple, il ne faut pas plus de cinq minutes à la voiture Toyota Mirai pour stocker dans ses réservoirs assez d'hydrogène pour parcourir 500 km. Ceci, sans émission de CO₂ ni particules fines et oxydes d'azote (NOx) au roulage puisque la combustion de l'hydrogène ne rejette que de l'eau.

Une priorité pour décarboner les véhicules lourds et longue distance

Ses performances sont tout particulièrement adaptées aux besoins importants de puissance et d'autonomie des transports lourds – bus, autocars, camions, bennes à ordures ménagères, VUL, trains, bateaux et autres transports logistiques de flottes privées ou publiques. Ce qui fait de l'hydrogène un carburant prometteur de substitution au fioul et au diesel. En Allemagne, des trains à hydrogène circulent depuis 2018 sur des lignes régionales non électrifiées. Et le gouvernement français s'est fixé l'objectif d'homologuer son premier modèle en 2024. Reste que si les motorisations sont presque à maturité, le coût de production des équipements et celui du déploiement des stations de recharge d'hydrogène demeurent élevés, et nécessitent des programmes de subventions. C'est pourquoi, le développement de la filière naissante de la mobilité hydrogène se fait de concert avec la décarbonation de l'hydrogène à usages industriels (raffinage, chimie, électronique, métallurgie) qui représentent à ce jour l'essentiel de la consommation d'hydrogène gris mondial. Avec, lorsque cela est possible, la constitution d'écosystèmes rassemblant ces différents acteurs. L'enjeu est de taille : 95% de l'hydrogène mondial est produit à partir du craquage de molécules carbonées issues d'hydrocarbures, de gaz, de charbon, avec un bilan carbone important (10 kg de CO₂ émis par kg d'hydrogène produit).

En 2050
la consommation d'hydrogène pourrait représenter

18%
de la demande en énergie finale dans le monde (1).

10%
d'hydrogène décarboné en 2023, et

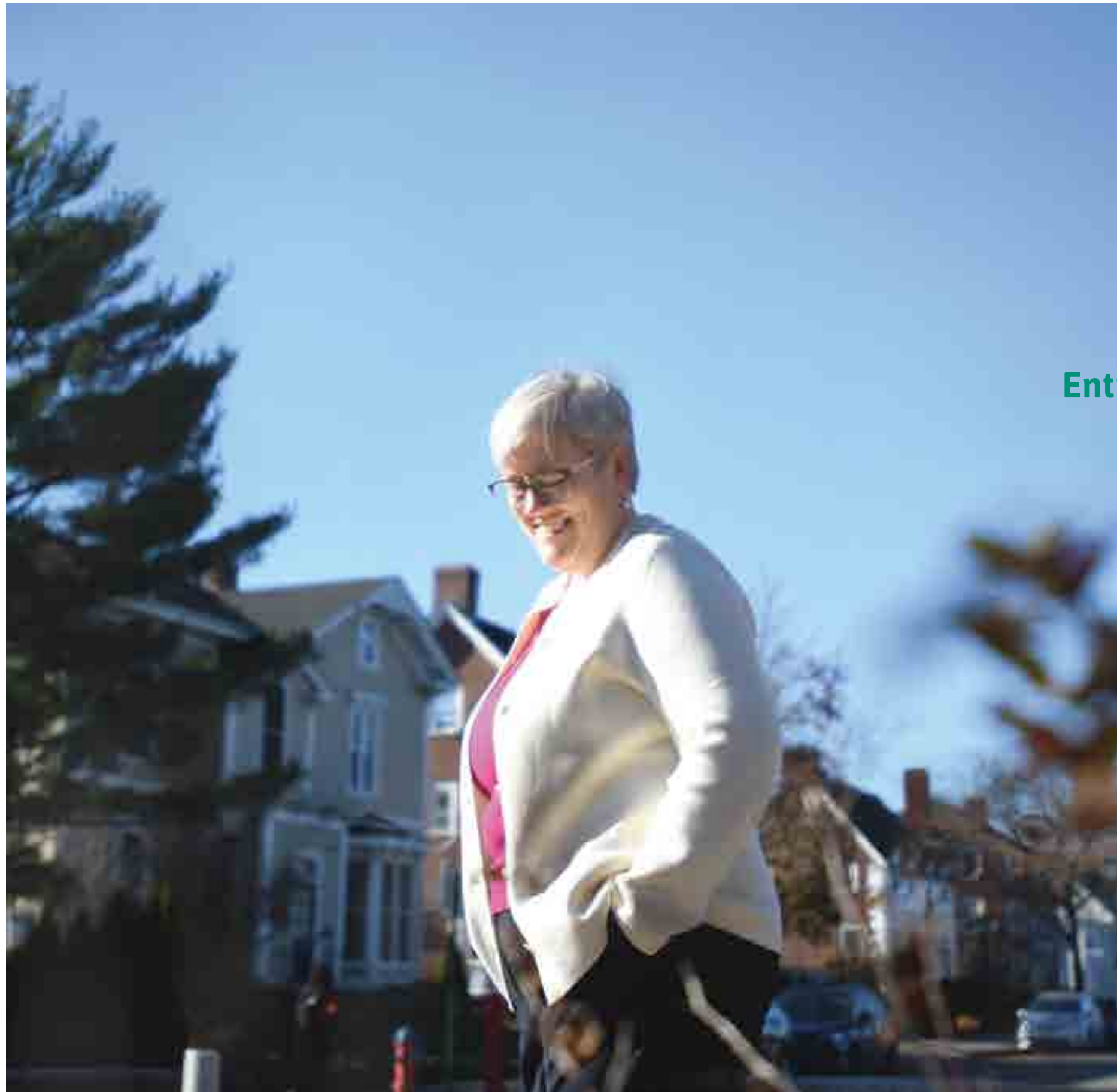
40%
en 2030 : en France, c'est l'objectif du projet de Programmation pluriannuelle de l'énergie.

L'électrolyse de l'eau pour un hydrogène propre

Parmi les rares procédés pour fabriquer un hydrogène propre et décarboné, la photosynthèse est encore au stade du laboratoire. La technologie d'électrolyse de l'eau alimentée par une électricité bas carbone devrait en revanche connaître une industrialisation rapide sous l'impulsion de la baisse du prix des électrolyseurs. C'est notamment la volonté d'EDF qui investit dans leur développement. En 2018, le Groupe est devenu l'actionnaire de référence de McPhy, un fabricant français d'électrolyseurs. Et en avril 2019, est née Hynamics, la filiale d'EDF destinée à produire et à commercialiser de l'hydrogène bas carbone auprès des acteurs de la mobilité lourde publique et privée et des industriels. Demain, grâce à l'électrolyse, l'hydrogène produit à partir d'une électricité décarbonée (nucléaire et/ou renouvelable) sera également un nouveau moyen de stockage de l'électricité bas carbone. En outre, l'hydrogène produit sous forme gazeuse pourra être transporté sur de longues distances – par pipelines ou par navires sous forme liquide – vers des régions en déficit de ressources renouvelables. L'hydrogène pourra aussi être recombéné à du CO₂ issu de grandes installations (raffineries, aciéries, cimenteries) afin de produire de l'éthanol, du méthanol, voire des combustibles de synthèse décarbonés.

(1) « Développons l'hydrogène pour l'économie française », rapport Athypac 2018 réalisé avec McKinsey.





Entretien

« La ville durable
ne se fera pas
au détriment
de l'inclusion! »

Rachel Kyte

Doyenne de l'école Fletcher de l'université Tufts (Massachusetts),
ancienne vice-présidente du Groupe de la Banque mondiale
pour le changement climatique

Doyenne de l'école Fletcher de l'université Tufts (Massachusetts), ancienne vice-présidente et envoyée spéciale du Groupe de la Banque mondiale pour le changement climatique, Rachel Kyte porte un regard réaliste, concret et nourri par son expérience du terrain sur l'évolution des agglomérations urbaines face aux enjeux environnementaux actuels. Actions prioritaires, indépendance budgétaire, gestion de l'espace et de la mobilité... Plongée au cœur des villes durables.

— Les villes doivent aujourd'hui faire face à des questions cruciales, notamment dans la lutte contre le réchauffement climatique et la limitation des émissions de CO₂. Ont-elles pris conscience de l'ampleur de ces enjeux, selon vous ?

Rachel Kyte : Oui et pour une raison très simple : les zones urbaines vivent ce combat chaque jour. Mouvements de migration dus au réchauffement climatique, mobilité durable, logements éco-efficaces... Les agglomérations urbaines ne peuvent ignorer ces questions, elles constituent leur présent et leur futur. C'est pourquoi, elles sont généralement plus sensibilisées et actives que les gouvernements.

— Face à des défis aussi vastes, à des questions souvent globales, il est parfois difficile de hiérarchiser les actions. Quels sont, selon vous, les défis prioritaires des villes aujourd'hui ?

R. K. : Nous devons parvenir au stade du « zéro émission » dans tous les secteurs d'activités humaines : bouger, manger, se chauffer, communiquer. Il est essentiel de ne pas relâcher les efforts sur ce point et même de les intensifier. Le chantier de la mobilité propre s'avère donc prioritaire, couplé aux solutions de capture et de stockage des émissions de CO₂. Par ailleurs, il nous faut repenser notre rapport à l'espace et aux habitations. De quelle place avons-nous réellement besoin pour vivre ? Comment renforcer l'éco-efficacité des immeubles et leur capacité à apporter confort en été, comme en hiver, sans émissions de CO₂ ? Autant d'interrogations primordiales autour du logement, l'un des centres névralgiques de toutes les grandes cités. Les jeunes générations abordent ces thèmes plus naturellement. Peut-on partager l'espace, les appartements ? Les modes de transports ? Et est-ce une voie d'avenir ? Oui, sans aucun doute. Dernier point, il me semble que les villes ne doivent pas vivre en autarcie, repliées sur leurs problèmes.

— C'est-à-dire ?

R. K. : Par définition, une agglomération urbaine, c'est le contraire de la solitude. Elle n'est pas coupée du monde et, plus particulièrement, du monde qui l'entoure géographiquement. Selon moi, il est essentiel que les agglomérations pensent à leur rapport avec les zones rurales. Ne serait-ce que pour répondre à la question de la qualité de l'alimentation pour le plus grand nombre. 90 % de la nourriture consommée en ville devra être cultivée en ville, dans une collaboration intelligente avec les zones rurales. Ce qui nous ramène à l'utilisation de l'espace : comment trouver des lieux pour organiser une agriculture en ville, proposer une nourriture saine et abordable pour tous ? Je parle d'une véritable nourriture, pas d'opération de communication autour de quelques fraises sur un *rooftop*... La notion de *smart cities* rassemble de nombreuses dimensions et doit les faire progresser de front.

« Nous devons générer de l'électricité de la façon la plus propre et efficace possible. »

Rachel Kyte



— Quel rôle joue l'électricité dans ces *smart cities* ?

R. K. : Un rôle de premier plan. Nous devons générer de l'électricité de la façon la plus propre possible, afin d'électrifier un maximum de services. Il s'agit avant tout d'être efficaces, pour ne pas tâtonner et pour parvenir vite aux solutions les plus abouties. C'est valable pour les transports, mais aussi pour un sujet comme la climatisation, par exemple. Nous savons que les systèmes actuels ne sont ni performants ni durables. Posons-nous avant tout la question de l'efficacité. Et l'électricité est à l'origine de nombreuses réponses.

— Derrière les mots « transition énergétique », certains entendent « décroissance » et « ralentissement de l'économie ».

Qu'en pensez-vous ?

R. K. : C'est un contresens. La transition énergétique représente une opportunité de création d'emplois et, plus précisément, d'emplois locaux. L'efficacité énergétique, la conception de systèmes adaptés à chaque ville, à chaque quartier... Ce sont autant de pistes pour de nouveaux emplois. La ville durable ne se fera pas au détriment de l'inclusion de tous. J'en suis persuadée. Bien au contraire, l'un ne peut aller sans l'autre sinon c'est un échec programmé. Nous avons l'occasion de nous poser une question centrale : quel est le vrai but de la croissance économique ? Saisissons-la.

— Après les *smart cities*, on entend beaucoup parler d'intelligence collective et...

R. K. : Qu'est-ce que c'est ?

— C'était justement ma question !

R. K. : Eh bien, c'est moi qui vous la pose ! Plus sérieusement, il est impératif de ne pas perdre de vue la réalité derrière les mots, les expressions nouvelles. L'intelligence collective permet tout d'abord de collecter, partager un grand nombre de données et, grâce au *machine learning* et à l'intelligence artificielle, d'en tirer des enseignements précieux. Par exemple, quand la technologie LiFi, qui permet d'accéder à Internet par la lumière, équipe l'éclairage public, elle devient une source d'informations géo-contextualisées pour les citoyens et améliore la sécurité dans les villes. J'ai pu le voir dans une récente étude de grande ampleur sur les villes côtières au Bangladesh. Le volume de données analysé a contribué à la définition de scénarios d'avenir, afin d'anticiper. Il en va de même, par exemple, avec les systèmes satellites qui identifient les sources d'émission. Mais ces technologies de pointe sont souvent la propriété de grandes entreprises privées. Selon moi, ce devrait être le prochain visage de l'intelligence collective. Une agglomération doit pouvoir bénéficier de partenariats avec les GAFAs et d'autres sur des questions aussi cruciales.

— Dans toute notre conversation, on entend un écho tenace : la ville durable et résiliente est aussi une question de volonté politique, de choix clairs, de décisions...

R. K. : Tout à fait. La volonté politique, couplée ensuite à l'innovation, constitue le plus puissant des moteurs. Ce qui ne doit pas nous faire oublier un autre aspect : le budget. Comment les villes peuvent-elles disposer de plus de ressources financières pour agir ? Peut-on imaginer un transfert de certains budgets des gouvernements vers les équipes municipales pour mettre en œuvre des politiques locales adaptées ? C'est une discussion capitale.

En **France**, la consommation d'un logement climatisé est estimée en moyenne à 700 kWh/an pour des équipements récents.

Construire des bâtiments neufs pour loger

2,5 milliards d'habitants de plus dans les villes d'ici à 2050⁽¹⁾.

Une perspective de

470 milliards de tonnes de CO₂ générées si l'on conserve les méthodes de construction actuelles, selon le climatologue Jean Jouzel.



de réchauffement climatique.

Soit l'équivalent de

URBANISATION LE BÂTIMENT AU DÉFI DE SE RÉINVENTER

En 2050, deux personnes sur trois vivront en milieux urbains, contre 55 % aujourd'hui.⁽¹⁾ Ce sont tous les modes constructifs et la filière bâtiment dans son ensemble, secteur très pollueur, qui doivent évoluer pour construire ces villes nouvelles.

À Singapour, l'aménageur public ne laisse rien au hasard

Le *Housing & Development Board* de Singapour construit 20000 logements par an. Avec une préoccupation – la durabilité – et des enjeux connexes que sont le vieillissement de la population et une jeunesse toujours plus connectée. Cet aménageur public, qui fête en 2020 ses 60 ans, loge aujourd'hui 81 % des habitants de la cité-État – dont neuf sur dix sont propriétaires. Ce qui lui laisse peu de droits à l'erreur, sauf pour réaliser des expérimentations qui serviront de bonnes pratiques. Depuis 2014, l'EDF Lab Singapour l'aide à faire les bons choix grâce à un outil de modélisation urbaine EDF City Platform, couplé à une visualisation en 3D de l'impact des décisions de planification – notamment en termes d'émissions de CO₂ – sur chaque quartier et édifice.

Ensemble, les deux partenaires collaborent sur l'efficacité énergétique des bâtiments, des systèmes d'air conditionné et de la collecte des déchets domestiques. Mais aussi sur toutes les questions relatives à l'intégration du photovoltaïque dans les constructions, la végétalisation des toits et le recyclage local de l'eau. Depuis 2018, l'EDF Lab Singapour a enrichi son outil 3D d'une capacité à modéliser également l'impact des décisions de l'aménageur urbain sur la qualité de vie des habitants, en termes de confort, de bruit, de services écosystémiques, d'accessibilité des transports et de vie sociale.

La RE 2020 favorable au chauffage électrique ?

Pour la nouvelle réglementation environnementale RE 2020 – qui se substitue à la RT 2012 le 1^{er} janvier 2021 –, le gouvernement français a dévoilé, en janvier, les paramètres de calcul pour limiter les émissions de CO₂ du chauffage dans les constructions neuves : l'empreinte carbone du chauffage électrique est abaissée de 147 à 79 g/kWh ; le coefficient de conversion entre énergie primaire et énergie finale de l'électricité produite en France passe de 2,58 à 2,3, préfigurant ainsi le mix électrique français dans les cinquante prochaines années.

⁽¹⁾ « 2018 Revision of World Urbanization Prospects », Département des affaires économiques et sociales de l'ONU (DAES).

1. Isolation et enveloppe

À l'interface des échanges entre milieu intérieur et extérieur (thermiques, lumineux, air, humidité...), l'enveloppe du bâtiment est au centre de nombreuses innovations qui la rendront capable de s'adapter au climat, aux heures de la journée ou aux saisons. Citons notamment des vitrages intelligents qui se teintent automatiquement pour contrôler le niveau entrant de chaleur et de lumière, des membranes d'étanchéité réfléchissantes qui maintiennent la toiture fraîche naturellement, ou des fenêtres qui, comme dans une serre, réchauffent l'air grâce au soleil avant de transférer cet air à l'intérieur du bâtiment. Évaluer ces procédés et créer les outils de modélisation nécessaires à leur conception, c'est notamment l'un des domaines de recherche du 4evLab, un laboratoire commun à la R&D d'EDF, au CNRS et à l'université de La Rochelle. À l'avenir, l'exploitation de phénomènes physiques complexes permettra d'intégrer de nouvelles fonctionnalités dans l'enveloppe des bâtiments : ventilation naturelle, stockage/déstockage de chaleur, production d'énergie, et plus généralement de développer leur capacité à renforcer la protection contre le froid et le chaud.

2. Climatisation

En mai 2018, dans un rapport intitulé « Le futur du refroidissement », l'Agence internationale de l'énergie (AIE) qualifiait l'explosion du recours aux équipements de climatisation d'« angle mort le plus critique » de la transition énergétique. Selon ses estimations, si rien n'est fait, le parc mondial de climatiseurs – 5,6 milliards en 2050 contre 1,6 milliard aujourd'hui – va générer une hausse des besoins en électricité équivalente à la production actuelle cumulée des États-Unis, de l'Union européenne et du Japon. Parmi les solutions préconisées par l'Agence : l'application par les États de normes plus strictes d'efficacité énergétique. Mais d'autres réponses existent pour refroidir à moindre impact environnemental.

Notamment, les modèles réversibles de pompe à chaleur (PAC) air/air qui permettent de capter les calories naturellement présentes dans l'air, ou les réseaux de froid construits à l'échelle d'un quartier ou d'une ville. En France, où l'électricité est largement décarbonée, un logement équipé d'une PAC réversible émet moins de 10 kgCO₂/m²/an contre plus de 50 kgCO₂/m²/an avec une installation de chaudière à gaz. Les climatiseurs peuvent aussi être couplés à des panneaux photovoltaïques. Pour les zones non électrifiées, notamment d'Afrique, Dalkia Froid Solutions, filiale d'EDF, a aussi développé Froid Solaire®, une technologie clés en main (panneaux photovoltaïques, stockage par batteries électriques) qui permet de produire du froid par stockage de glace pour alimenter des tanks à lait ou des chambres froides. À l'avenir, les batteries stationnaires de stockage d'électricité seront le complément naturel des énergies renouvelables pour répondre aux besoins en climatisation, les pics de consommation intervenant la nuit dans les logements.

1

3

4

2

3. Conception Avec le réchauffement climatique, lutter contre les îlots de chaleur urbains devient un enjeu majeur. Or, ce phénomène est lié à la structure même des villes – l'absence de verdure, l'orientation des rues par rapport au soleil ou aux vents dominants – et des bâtiments. À commencer par leur exposition ou l'utilisation de matériaux de construction qui chauffent fortement en journée et restituent la chaleur dans l'atmosphère la nuit. C'est pour cette raison, que les cours de récréation de certaines écoles utilisent le gazon plutôt que le bitume. Frugaux en systèmes techniques, les édifices à énergie passive peuvent aussi aider à consommer moins tout en assurant le confort des occupants. Ceci, rien qu'en travaillant à des solutions d'isolation, d'orientation et de forme du bâtiment, propres à chaque région et qui s'inspirent de l'architecture bioclimatique ancestrale.

4. Matériaux de construction Avec une empreinte carbone de 250 kg éq. CO₂/m³ (pour un usage en fondation), le béton affiche un impact environnemental important. Petit à petit, les matériaux bio et géosourcés (bois, pierre, fibres végétales, terre...) retrouvent par conséquent le chemin des villes. À Lyon, Angers, dans le Grand Paris ou ailleurs, des immeubles de bureaux et des logements en terre sont en projet ou voient le jour. Sous différentes formes : briques en terre crue, pisé ou panneaux de terre. Il faut dire que ce matériau de construction millénaire avec un bilan carbone proche de zéro cumule les atouts : biodégradable et recyclable, ses qualités de régulation de l'hygrométrie et d'inertie thermique sont remarquables. Il est de plus disponible à profusion puisque les métropoles croulent sous les déblais d'excavation. À Sevran, en Seine-Saint-Denis, a ouvert en 2018 une fabrique de transformation de la terre issue du creusement du Grand Paris Express. Elle fournira dans un premier temps de quoi construire un quartier de logements à Ivry-sur-Seine. À titre expérimental, comme toutes les initiatives en cours, en attendant de passer l'étape de sa normalisation. Autre matériau alternatif au béton, le bois possède lui aussi des qualités indéniables : très bon isolant thermique et acoustique, c'est surtout un excellent séquestreur de CO₂ (1 tonne par m²) à l'état de forêt, ce qui en fait une production d'intérêt majeur. Sans en être au stade industriel, la construction bois se développe. En France, elle a représenté en 2018⁽¹⁾ 6,3% des logements neufs (25 655 unités collectives et individuelles) et 16,3% du parc tertiaire.

Mais le béton n'a pas dit son dernier mot. Plusieurs innovations, notamment dans ses procédés de fabrication et composants, pourraient déjà réduire d'un tiers son empreinte carbone d'ici à quelques années.

(1) Enquête 2018 sur le secteur de la construction bois, Observatoire national de la construction bois, CODIFAB et France Bois Forêt.

Aux
États-Unis
et au Japon, plus de 90 %
des ménages sont équipés
d'un climatiseur – mais uniquement
8 % des 2,8 milliards d'habitants
vivant dans les régions du monde
les plus chaudes.



3 Questions à Véronique Bédague

Directrice générale déléguée
de Nexity

En septembre 2019, Nexity a signé un accord avec EDF. Pensez-vous que la collaboration aménageur-énergéticien est structurante pour une ville du futur plus bas carbone, respectueuse de l'environnement et inclusive ? Quels autres acteurs faut-il associer ?

Véronique Bédague : Avec EDF, nous sommes résolument engagés sur ces enjeux, et nous disposons d'expertises complémentaires de premier rang. Ce partenariat est structurant et prometteur pour nos deux Groupes : n'avons-nous pas gagné ensemble l'appel d'offres pour la construction du village des athlètes des Jeux de Paris ? L'accord concrètement, vise tous les aspects, toutes les phases : construction, exploitation, recyclage et rénovation. Mais bien sûr, notre conviction est que l'action en réseaux, avec tous les acteurs de la ville et notamment les transports, est la bonne formule pour construire la ville de demain et contribuer à l'objectif de neutralité carbone que s'est fixé la France d'ici à 2050.

La future réglementation environnementale RE 2020 soulève l'enjeu majeur pour le bâtiment neuf de mieux concilier performance énergétique et faible empreinte carbone. À quels progrès et innovations peut-on s'attendre à un horizon moyen-long terme ? Dans quels domaines en particulier ?

V. B : Voilà plus d'une décennie que la part de nos immeubles énergétiquement performants ne cesse de croître. Les domaines de progrès sont nombreux. Nexity multiplie des actions concrètes pour réduire l'empreinte environnementale de ses bâtiments : développement de nouveaux procédés constructifs, matériaux bio et géosourcés, béton bas carbone, nature en ville, économie circulaire... Autre vecteur très prometteur, la construction hors site qui permet de réduire considérablement l'empreinte carbone. La continuité numérique qui s'installe dans le bâtiment, de la conception au recyclage, va produire des effets très importants. L'autre enjeu décisif est celui de la moindre artificialisation des sols et la lutte contre l'étalement ; une densité équilibrée que la végétalisation des bâtiments va rendre plus saine et agréable. Les pistes pour changer l'urbain sont enthousiasmantes !

Nexity est leader de la construction bois en France. Quelles sont ses perspectives de développement ?

V. B : Nexity a entamé un virage il y a maintenant dix ans, en se lançant dans la construction d'immeubles tertiaires en bois. Un matériau beaucoup plus performant en termes de bilan carbone. Et souvent plus esthétique. Nous sommes aujourd'hui leader sur ce secteur en France. Et nous avons été distingués par la première place au palmarès 2019 des promoteurs immobiliers de l'Association pour le développement du Bâtiment Bas Carbone, avec 12 opérations BBCA labellisées ou en cours de labellisation. Nous comptons d'ailleurs intensifier le recours au bois dans notre production de logements. Pour aller plus loin en matière de trajectoire bas carbone, Nexity a pris des engagements chiffrés à l'horizon 2030 : - 30 % d'émissions de CO₂ par logement construit et - 21 % par m² de surface de plancher de bureaux livrés.

Progression de la
consommation énergétique
des climatiseurs en 2050
(par rapport à 2018) si on
ne change rien (1).

(1) Rapport « Le futur du refroidissement »
Agence internationale de l'énergie (AIE)
mars 2018.

Pour les JO 2024 à Paris, un quartier-vitrine de la ville durable

Après la fête, l'événement s'éclipsera pour laisser place à la vie de quartier : tel est le concept du village des athlètes et para-athlètes (secteur E), entièrement réversible à l'issue des Jeux olympiques (26 juillet-8 septembre 2024), dont la conception et la construction sont confiées à un groupement constitué de Nexity, Eiffage, CDC Habitat, EDF et Groupama.

Construit à Saint-Ouen-sur-Seine (93), sur 56 498 m² de surface de plancher, ce quartier est pensé pour un fonctionnement bas carbone.

Son mode constructif, mixant bois (100 % français) et béton bas carbone, permettra une empreinte carbone réduite de 75 % par rapport aux Jeux de Londres. La consommation énergétique des bâtiments sera pilotée par un système intelligent, tandis que les logements seront en partie alimentés par une production d'énergie solaire en toiture, associée à du stockage par batterie zinc-air (lire p. 09), développée par le groupe EDF.

La place accordée à la végétation (25 % de pleine terre plantée) anticipe les évolutions climatiques et le quartier vise le label BiodiverCity®. Inclusifs, les bâtiments intègrent des espaces conviviaux et inédits comme des cuisines partagées ou des terrains de basket en toiture.

À l'issue des JO, le village des athlètes sera reconverti en 525 logements familiaux et étudiants, avec des bureaux et des commerces. Dès 2025, il pourra accueillir 6 000 habitants et 6 000 salariés.



En Inde

En 2050, la climatisation pourrait totaliser 45 % de la demande en électricité pendant les pics de consommation.

ÇA CHANGE TOUT

Des revues sur les grands enjeux
de la transition énergétique.



Revue n° 1 – juillet 2019 Revue n° 2 – octobre 2019 Revue n° 3 – juillet 2020



Des plateaux radio pour explorer
et questionner les grands bouleversements
à l'œuvre à l'heure du défi climatique,
avec deux invités : Mathieu Chassignet,
chargé des mobilités au sein de l'Ademe,
et Patrick Pélata, ingénieur et stratège
de l'industrie automobile.📻

Des interviews avec des personnalités,
des experts... qui « changent tout ».📻

Des solutions bas carbone à découvrir sur [edf.fr](https://www.edf.fr)



Revue n° 3 – juillet 2020 Conception éditoriale : Direction de la Communication. Conception-réalisation : HAVAS PARIS. Dépôt légal : ISSN en attente.
Illustrations : Satoshi Hashimoto – Dutch Uncle. Crédits photographiques : ©BETC/Favell Heather (p. 22), ©CAPA Pictures/Jennifer S. Altman (p. 12, 15, 42, 44) / Alexandre Dupeyron (p. 26, 27, 28, 29), ©EDF/Tom Chance – Shutterstock (p. 23), ©EDF/Stéphane Compoint – CAPA Pictures (p. 21, 22), ©EDF/Adrien Daste – TOMA (p. 8, 18, 32, 35, 39), ©EDF/Jean-Lionel Dias (p. 5, 11, 17, 23, 24, 31, 34, 35, 37, 46), ©EDF/Philippe Éranian (p. 17), ©EDF/Rodolphe Escher (p. 19), ©EDF/M. Genel – CAPA Pictures (p. 37), ©EDF/Olivier Guerrin – TIRU (p. 8), ©EDF/Agnès Janin – CAPA Pictures (p. 50), ©EDF/Tomas K. – Shutterstock (p. 38), ©EDF/Rudy Lamoray (p. 46, 48), ©EDF/Guillaume Murat (p. 9, 11, 18, 21, 34, 47), ©EDF/Guillaume Perrin (p. 6), ©EDF/Xavier Popy (p. 23, 48), ©EDF/Philippe Quaisse – Pasco (p. 51), ©EDF/Pascal Rondeau (p. 7), ©EDF/Aldo Sperber (p. 38), ©EDF/Rashevskiy Viacheslav – Shutterstock (p. 49), ©Getty Images/Manuel Brea Colmeiro (p. 4) / Yongyuan Dai (p. 20) / Michael H (p. 4, 5, 6, 33) / Xuanyu Han (p. 36) / Joao Inacio (p. 7) / Sebastian Jauregui – EyeEm (p. 20) / Elena Liseykina (p. 20, 22) / Maskot (p. 18, 19) / Northlightimages (p. 48) / Oxygen (p. 38, 39) / Jackal Pan (p. 5) / Miemo Penttinen – miemo.net (p. 9) / Xiaodong Qiu (p. 4) / Henryk Sadura (p. 19) / Lingxiao Xie (p. 7) / Zyxeos30 (p. 7), ©iStockphoto Burachet (p. 20) / Cookelma (p. 49) / Yvan Duba (p. 37) / Hramovnick (p. 41) / KangeStudio (p. 51), ©Eric Legouhy (p. 50), ©McPhy/DR (p. 40, 41).



La *smart city* : une utopie ou une chance inédite de tout changer ensemble ?

Pour Saskia Sassen, professeur en sociologie à l'université de Columbia, l'avenir des villes passe par une meilleure intégration des expertises, afin d'apporter des réponses de proximité. Face à l'urbanisation croissante et aux enjeux démographiques, énergétiques et environnementaux de notre siècle, la frugalité est un défi clé. Pour répondre aux enjeux de la transition énergétique des territoires, EDF et ses filiales mobilisent leurs compétences : production d'énergies renouvelables, autoconsommation collective, mobilité électrique, *smart charging*, *smart building*, plateforme numérique de gestion urbaine... des réponses innovantes, globales et sur mesure.

P. 04

Quels sont les défis pour une mobilité bas carbone accessible à tous ?

La notion de mobilité est souvent présentée comme une question individuelle alors qu'elle concerne avant tout le bien commun, la vie en société. Selon Mathieu Chassignet, ingénieur chargé des mobilités au sein de l'Ademe, et Georges Amar, prospectiviste et chercheur à l'École des Mines ParisTech, la mobilité est une force, à condition de la dompter ; une mobilité plus sobre passe aussi par un travail plus profond sur l'organisation des villes. Pour développer l'électromobilité à grande échelle et répondre aux défis à la fois économiques, technologiques et culturels qu'elle pose, énergéticiens, constructeurs, équipementiers, territoires... avancent groupés.

P. 26

Urbanisation : quand le bâtiment se réinvente pour réduire son impact carbone.

En 2050, deux personnes sur trois vivront en milieux urbains, contre 55 % aujourd'hui. Ce sont tous les modes constructifs et la filière bâtiment dans son ensemble – secteur très pollueur – qui doivent évoluer pour construire les villes nouvelles qui accueilleront ces populations. Selon Rachel Kyte, doyenne de l'école Fletcher de l'université Tufts et ancienne vice-présidente et envoyée spéciale du Groupe de la Banque mondiale pour le changement climatique, la ville durable ne se fera pas au détriment de l'inclusion. Il est essentiel de ne pas relâcher nos efforts et même de les intensifier pour parvenir au stade du « zéro émission » dans tous les secteurs d'activités humaines.

P. 42



EDF
22-30, avenue de Wagram
75382 Paris Cedex 08 – France

SA au capital de 1 551 810 543 euros
552 081 317 RCS Paris

www.edf.fr