



LA DÉCENTRALISATION DU SYSTÈME ÉNERGÉTIQUE

QUEL SYSTÈME ÉNERGÉTIQUE POUR LE CONSOMMATEUR DE 2040 ?

AUTEURS



VINCENT TEISSIE
vincent.teissie@wavestone.com



JEAN-BAPTISTE BLONDEL
jean-baptiste.blondel@wavestone.com

Cette publication a été réalisée avec les contributions de Marie-Constance DUBOC, Adrien LAFON et Thomas DUVINAGE.

Les nouveau-nés de 2018 seront devenus de jeunes actifs aux alentours de 2040. Quel avenir sera le leur en matière d'énergie ? À quelle énergie auront-ils accès ? En quelle quantité ? À quel moment ? À quel coût direct ou indirect ? Auront-ils leur mot à dire ? En d'autres termes, à quelles conditions notre génération laissera à la suivante un système énergétique résilient, abordable et acceptable ?

En cette année de planification pluriannuelle de l'énergie, nous avons réuni un groupe de responsables d'organismes privés et publics, historiques et émergents du secteur de l'énergie en France qui a débattu de ces questions. Chacun a formulé des propositions pour un système énergétique résilient, abordable et acceptable. Wavestone s'est nourri des différentes réflexions et propose ici 7 pistes d'actions à destination des décideurs et des citoyens pour progresser vers un système énergétique plus sobre au profit du consommateur de 2040.



À quoi ressemblera un système énergétique français résilient, abordable et acceptable en 2040 ? À quels enjeux doit-il répondre ?

RÉSILIENT

La résilience du système, c'est sa capacité à fournir l'énergie aux consommateurs à tout moment malgré les variations de l'offre et de la demande sur la journée et l'année ainsi qu'à long terme (au fur et à mesure que les années passent). En particulier, sa résilience de long terme c'est son adaptation au réchauffement climatique en cours.

Les variations de l'offre et de la demande se seront amplifiées par rapport à aujourd'hui, à cause de la diversification des productions et des usages.

Diversification des productions

/ **Les productions décentralisées d'énergie** (le plus souvent renouvelables) semblent promises à un développement important. La société le demande et les tarifs de production baissent de manière continue, tant en valeur absolue que par rapport au coût d'extraction d'énergie fossile.

/ Citons parmi **les énergies renouvelables dont la production croît régulièrement** : l'énergie éolienne, l'énergie solaire, les gaz verts et la chaleur extraite de l'environnement (pompes à chaleur, géothermie, thalassothermie...).

/ **Les productions solaire et éolienne**, qui pourraient représenter 75% des productions renouvelables en 2035¹, sont les plus fluctuantes.

Diversification des usages

/ **Le développement des motorisations alternatives dans les transports semble également irréfutable : véhicules électriques, véhicules roulant au GNV ou à l'hydrogène.** Là encore la société le demande, comme un moyen de respecter la qualité de l'air. Les constructeurs multiplient leurs efforts ce qui devrait rendre ces véhicules de plus en plus abordables (bien qu'aujourd'hui, en l'état des connaissances, on n'est pas assuré de disposer des quantités de terres rares nécessaires aux nouvelles batteries).

/ **En relation avec l'augmentation des températures, l'usage de la climatisation** s'est déjà répandu en France ces dernières années et devrait se répandre encore, créant une « pointe d'été » comme il en existe aux Etats Unis.

/ **Les terminaux numériques et les applications informatiques associées** se développent également toujours plus (par exemple les monnaies virtuelles) et consomment une énergie électrique croissante.

/ **L'autoconsommation individuelle** concernera 4 millions de ménages à horizon 2030 d'après RTE², tandis que l'autoconsommation collective commence elle-aussi à se développer.

Ces variations rendent plus difficile la définition d'un profil de consommation stable pour les particuliers.

Enfin, en réponse aux attentes des parties prenantes de production et de certains consommateurs, le réseau électrique pourrait être davantage structuré en boucles locales (partage de l'électricité produite à une petite échelle), interconnectées au sein d'un réseau national.

Un système énergétique résilient devra garantir aux consommateurs une énergie disponible à tout moment, malgré les variations de l'offre et de la demande au cours de la journée et de l'année ainsi qu'à long terme, notamment pour s'adapter au réchauffement climatique.

Pour être résilient, le système énergétique devra être sobre.

ABORDABLE

Le caractère abordable s'entend pour l'ensemble de la société, pour la collectivité et in fine pour chaque consommateur.

Un système énergétique abordable est d'abord un système énergétique sobre. Pour un confort raisonnable, le système consomme le minimum d'énergie primaire et le minimum d'argent est nécessaire pour développer et entretenir les infrastructures.

/ Par exemple, les bâtiments sont conçus ou rénovés de manière à chauffer peu l'hiver et climatiser peu ou pas l'été.

/ Par exemple, sans toucher à la liberté de circulation des personnes et des marchandises, les distances à parcourir par les personnes ou les marchandises sont réduites autant que possible.

1. D'après le scénario Watt délivré par RTE. L'objectif français sera fixé dans le cadre de la PPE. A titre de comparaison, l'ambition mondiale à horizon 2040 est d'obtenir 48% de puissance électrique éolienne (contre 12% actuellement) et 34% de solaire (contre 5% aujourd'hui). Source : Rapport Bloomberg New Energy Finance 2017.

2. Annoncé en septembre 2017 par Xavier Piechaczyk, membre du directoire RTE

Le système énergétique sera pensé et maintenu de manière à éviter tout investissement inutile.

Un système énergétique abordable est ensuite un système dans lequel chaque consommateur, quelles que soient ses conditions matérielles, ait accès à l'énergie nécessaire à ses besoins de base. Traditionnellement, en France, ces besoins de base étaient se chauffer, cuire les aliments, s'éclairer, se déplacer. On peut y ajouter désormais accéder aux ressources numériques et même climatiser son habitation (selon les zones climatiques actuelles et à venir).

Pour le même niveau de réponse aux besoins, les citoyens consomment aujourd'hui plus ou moins d'énergie et le niveau de consommation n'est pas corrélé au niveau de vie (on pense aux personnes qui habitent des logements vétustes mal isolés ou aux personnes qui habitent loin des centres de vie à cause de la cherté du logement).

Un système abordable devra garantir un prix bas pour l'énergie couvrant les besoins de base.

SOCIÉTALEMENT ACCEPTABLE

Le système de 2040 sera vertueux en matière de lutte contre le réchauffement climatique, de préservation de la qualité de l'air et de l'environnement, de préservation du paysage, de préservation de la qualité de vie du consommateur, de ses voisins et des citoyens les plus isolés.

Pour que le système énergétique ne réchauffe pas la planète, il doit produire le minimum de gaz à effet de serre. En pratique, relâcher le moins de carbone possible. Dans le bilan carbone, rentrent en compte non seulement les énergies primaires utilisées pour produire l'énergie finale mais aussi les énergies primaires nécessaires pour construire et maintenir les moyens de production. A titre d'exemple, la production de panneaux photovoltaïques majoritairement chinoise consomme beaucoup de charbon. Parmi les énergies primaires, les plus émettrices sont le charbon et le pétrole. D'autres processus a contrario, par exemple la fission de l'atome ou l'exploitation des rayons solaires ou du vent, n'émettent pas de CO₂.

Le système énergétique de 2040 devra afficher le meilleur bilan carbone, compte tenu de son cycle de vie entier, pour être accepté par la société.

Pour qu'il preserve la qualité de l'air et l'environnement, il doit émettre le moins possible de particules fines et de composés toxiques ou déchets dangereux. Les processus de combustion de charbon, pétrole ou biomasse émettent de tels résidus (tout comme certains épandages agricoles).

Pour qu'il preserve l'environnement, il doit avoir le moins d'impacts possible : être le moins dangereux possible, ne pas empiéter sur les terres arables, ne pas réduire la biodiversité.

Pour être acceptable, le système énergétique devra être sobre.

L'énergie nucléaire fait toujours débat aujourd'hui dans la société : quels sont les coûts complets et les dangers véritables de son exploitation ?

Les français sont également attentifs à ce qui se passe près de chez eux : modification du paysage, bruits, odeurs, ondes... La judiciarisation de la société étant une tendance lourde, il est plausible que les évolutions non souhaitées et mal perçues soient freinées par des collectifs de riverains ou de citoyens.

Le système énergétique de 2040 devra rassurer sur son innocuité pour être accepté par la société.

L'emploi est une condition importante de la qualité de vie. Suivant le mix énergétique et l'organisation du système, des emplois seront créés ou supprimés sur le territoire national.

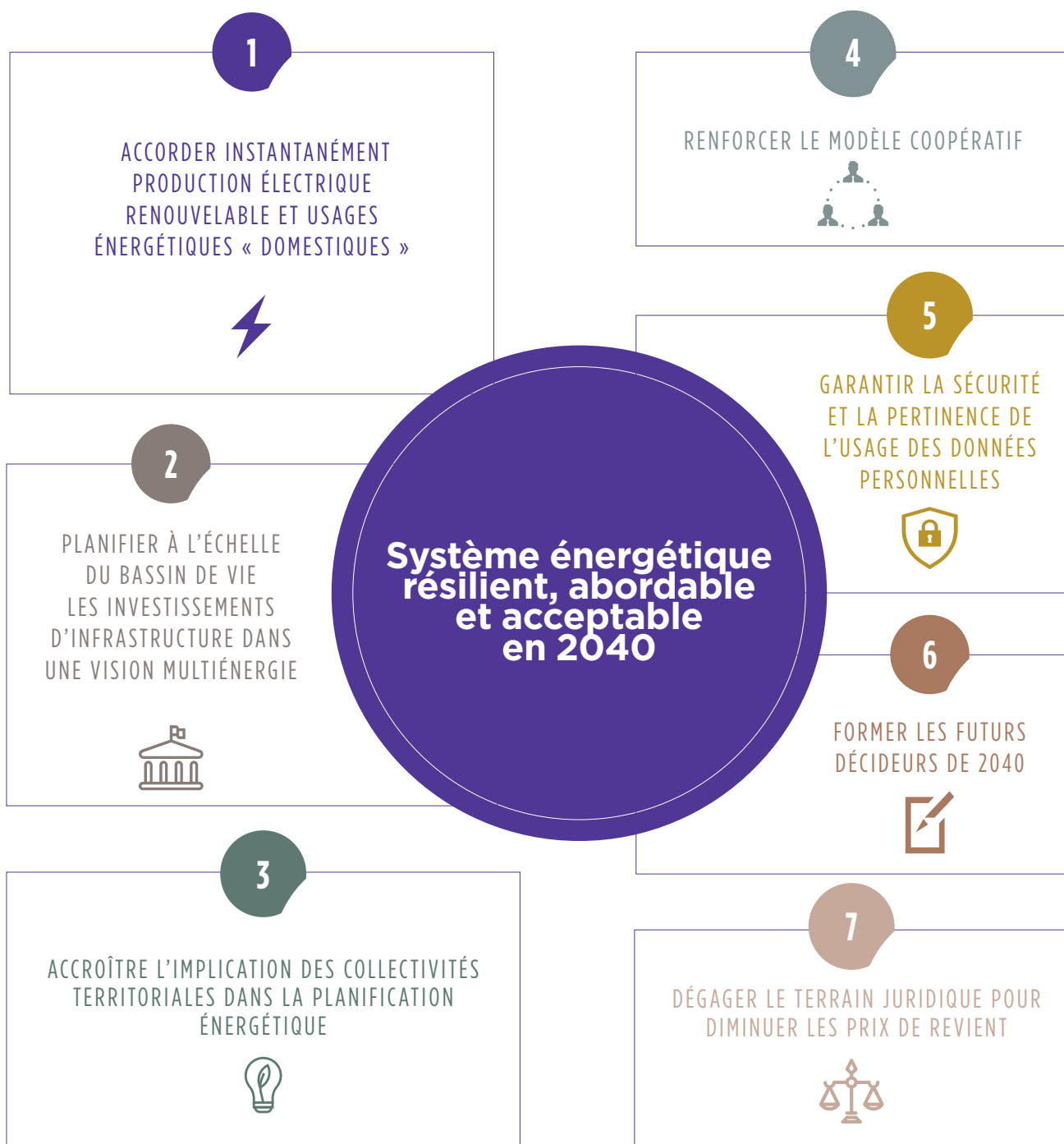
Le système énergétique de 2040 sera accepté par la société à proportion du nombre de citoyens qui en vivront.

Enfin, pour qu'il preserve la qualité de vie du consommateur, le système énergétique doit notamment ne pas empiéter sur sa vie privée.

Le système énergétique de 2040 devra garantir la protection des données personnelles pour être accepté par la société.



7 pistes de travail pour y arriver



1

Accorder instantanément production électrique renouvelable et usages énergétiques « domestiques »

La production massive d'électricité d'origine renouvelable et locale qu'on imagine en 2040 fera varier très fortement en temps réel la quantité d'électricité injectée dans les réseaux.

Le système électrique français actuel est en partie conçu sur une promesse : moins de 3h de défaillance en moyenne par an. Cette garantie a un coût pour les gestionnaires d'infrastructure et finalement le consommateur. Comment faire pour maîtriser ce coût dans un contexte de forte variabilité de la production ?

Accorder production renouvelable et usages énergétiques en temps réel est la première piste de travail. Il s'agit de stocker instantanément les surplus d'électricité en utilisant intelligemment les principaux appareils domestiques :

- / **Chauffe-eau, pompe à chaleur, chaudière, lave-vaisselle, lave-linge, réfrigérateur, congélateur pour produire du chaud ou du froid.**
- / **Batterie de véhicule électrique pour stocker l'électricité en l'état.**

Par exemple, un particulier qui produit de l'électricité photovoltaïque peut s'en servir pour faire fonctionner une pompe à chaleur. L'électricité a été transformée en chaleur au lieu d'être injectée sur le réseau.

Ce stockage « domestique » de l'électricité permettrait d'écrêter notablement les appels de pointe du système en période de forte consommation.

Il permettrait aussi de limiter les investissements en moyens de production électrique de « secours » nécessaires pour éviter les coupures quand le soleil se cache ou que le vent tombe.

Il s'agit d'un pilotage instantané à l'échelle du bâtiment voire du logement.

Les solutions numériques de pilotage (données de production et de consommation) ouvrent en la matière des perspectives prometteuses. La combinaison de capteurs et de logiciels interprétant des masses considérables de données permettrait ce pilotage intelligent. Le compteur d'électricité intelligent, Linky, déployé à grande échelle actuellement, devra être un socle sur lequel greffer

des applications intelligentes de pilotage des appareils domestiques.

Cette intelligence du système permettrait aussi de faire participer "équitablement" les différents consommateurs suivant leur statut. Notamment, les personnes qui auto-consomment sont parfois qualifiées de « passagers clandestins du système électrique ». Elles pourraient accepter plus de flexibilité que les simples consommateurs (par exemple un temps plus long pour recharger sa batterie de véhicule ou chauffer son ballon d'eau).

Le stockage d'électricité sous d'autres formes serait alors réservé pour des périodes de surproduction plus longues (comme l'été) avec des infrastructures plus grandes, plus industrielles, de type « *Power to Gas* »³, hydrogène ou STEP⁴, ces différentes solutions restant encore à mûrir.

Cette flexibilité doit simplement être rémunérée en appliquant les méthodes du *yield management* au secteur de l'énergie.⁵

2

Planifier à l'échelle du bassin de vie les investissements d'infrastructure dans une vision multiénergie

Aujourd'hui, l'énergie électrique et l'énergie gaz naturel sont largement planifiées à une échelle nationale. Les infrastructures de transport, de distribution (et de production pour l'électricité) sont planifiées, financées et construites par des opérateurs nationaux.

La deuxième piste de travail est de planifier à long terme et globalement les énergies à développer avec une implication du bassin de vie pour tirer le meilleur parti des complémentarités entre les vecteurs énergétiques, compte tenu du potentiel et des spécificités du territoire.

Cette planification viserait à dégager des modèles économiques tenant compte du coût complet de la production, des réseaux, des subventions et des crédits d'impôts. On aurait moins de coûts cachés (par exemple les coûts échoués des infrastructures existantes qui sont rarement pris en compte).

3. Fabrication de méthane à partir de CO₂ et d'électricité

4. Stations de Transfert d'Énergie par Pompage.

5. Le Clean Energy Package intègre le consommateur comme un acteur du système et lui offre une réelle capacité de décision.

Ce faisant, on cherchera à optimiser le dimensionnement de l'ensemble des installations et l'utilisation des différents réseaux d'énergie pour produire l'énergie finale (chaleur et/ou électricité) au meilleur rendement.⁶

Un exemple : le chauffage des bâtiments, première cause de consommation d'énergie en ville. Comment produire la chaleur au meilleur coût pour les installations publiques, collectives et individuelles ?

Comment concilier investissements pour économiser l'énergie de chauffage et investissements dans des infrastructures ? Autant de questions qui nécessitent que tous les « acteurs de l'énergie » du territoire soient réunis.

Cette piste implique que les différentes parties prenantes s'accordent à planifier de manière subsidiaire entre les différentes échelles : l'État, les régions et les bassins de vie.

La planification énergétique doit par ailleurs être réalisée en lien étroit avec la planification urbaine, ce qui nécessite d'élargir sa gouvernance aux acteurs de l'urbanisme, et inversement, intégrer les acteurs de l'énergie dans l'aménagement du territoire.

Il ne s'agit pas d'abandonner la planification nationale qui reste essentielle pour plusieurs raisons : des sources de production d'électricité ou d'approvisionnement en gaz qui profitent à tout l'Hexagone dans une logique de

solidarité et de complémentarité nationale entre les territoires, la nécessaire gestion des équilibres énergétiques aux frontières et enfin le développement et le maintien de compétences techniques très pointues nécessaires à la stabilité et à la sécurité des systèmes et à l'innovation.

Les territoires sur lesquels opèrent les entreprises locales de distribution multi-énergies (comme GEG) sont des sujets d'étude intéressants pour voir quels arbitrages de long terme sont réalisés entre les différentes énergies et pour quel résultat.

3

Accroître l'implication des collectivités territoriales dans la planification énergétique

Nous préconisons que **les collectivités territoriales prennent une plus grande part dans la définition des politiques énergétiques et aient plus de marges de manœuvre pour les déployer. C'est la troisième piste de travail.** Pour cela, les collectivités territoriales ont besoin de vision long terme, de stabilité des dispositifs et de moyens financiers. L'implication des régions et des grandes intercommunalités dans l'élaboration de la PPE⁷ va dans le bon sens. Ensuite, la fiscalité devrait donner à toutes les intercommunalités les moyens de mener de grandes

politiques de MDE⁸, notamment en matière de rénovation énergétique. Par exemple, une partie de l'augmentation de la contribution carbone pourrait être destinée aux collectivités locales afin qu'elles financent des actions inscrites dans les PCAET⁹ et le volet climat du SRADDET¹⁰. Enfin, tous les territoires doivent être intégrés dans cette dynamique, quel que soit leur degré d'avancement en termes de transition énergétique. Les contrats de transition écologique lancés récemment vont également dans le bon sens en aidant les collectivités à implanter

des unités de production d'énergie renouvelable sur leurs territoires. Cette plus forte présence des collectivités territoriales, accompagnées par l'ensemble des acteurs œuvrant aujourd'hui sur les questions énergétiques dans une démarche partenariale, permettrait de mieux articuler politiques de sobriété, d'efficacité, de production et d'intégration d'énergies renouvelables. On pourrait espérer des projets moins coûteux, plus concertés et, par contrecoup, une meilleure acceptabilité sociétale des projets.

6. À titre d'exemple, les japonais arrivent à valoriser jusqu'à 95% d'une énergie en couplant production électrique décentralisée et production de chaleur. <https://www.toshiba.co.jp/product/fc/english/products/index.htm>.

7. Planification Pluriannuelle de l'Énergie.

8. Maîtrise de la Demande d'Énergie.

9. Plan Climat Air Énergie Territorial

10. Schéma Régional d'Aménagement, de Développement durable et d'Égalité des Territoires.

4

Renforcer le modèle coopératif

La coopérative est une forme juridique ancienne et robuste. Il existe en particulier la forme de la SCIC (société coopérative d'intérêt collectif). Pour autant, dans le domaine de la production d'énergie, **l'État et les collectivités doivent favoriser les formes de regroupement collectif, les « communautés énergétiques », associant les citoyens. C'est la quatrième piste de travail.** Cette gouvernance rapproche les citoyens des entreprises et rapproche les politiques publiques des besoins des citoyens et des entreprises.

C'est d'abord un moyen de développer les productions d'énergie renouvelable dans une logique forte de développement territorial. Même très décentralisée, la production d'énergie renouvelable demande des investissements initiaux et des moyens de fonctionnement conséquents. La mise en commun de moyens permet de rationaliser les outils de production, de stockage et de pilotage.

C'est ensuite un moyen puissant pour rendre le système futur acceptable par la société : le système énergétique de 2040 changera profondément le paysage de la France et les modes de vie. Or quelqu'un qui trouve une éolienne utile la trouvera belle et sera enclin à y investir son épargne et à consommer son énergie. Chaque citoyen qui s'implique est un ambassadeur. Le modèle coopératif est un moyen de diffuser de nouvelles valeurs et de nouveaux modes de pensée cohérents avec le système énergétique futur.

Enfin, dans ces communautés énergétiques, l'intérêt collectif ressort des débats internes et prime sur les intérêts particuliers ; les projets sont décidés et menés à bien dans ces « communautés » dans une logique de long terme, non spéculative.

La réglementation actuelle en matière d'énergie dit peu de chose des organisations participatives, que ce soit pour l'élaboration des politiques énergétiques,

les appels d'offres de production, les obligations d'achat, la fiscalité, l'accès aux données de l'énergie. Renforcer le modèle coopératif c'est lui faire une place dans l'arsenal réglementaire.

Les financeurs institutionnels publics et ceux de l'économie sociale et solidaire ont aussi leur rôle à jouer pour donner les moyens au modèle coopératif de développer des projets dont la rentabilité n'est pas toujours assurée à très court terme.

Enfin, les collectivités territoriales ont aussi leur rôle à jouer en entrant dans la gouvernance de ces associations et en mettant à disposition leurs ressources d'expertise technique et leurs moyens de communication vers le grand public.

5

Garantir la sécurité et la pertinence de l'usage des données personnelles

Un système énergétique qui utilise de la donnée personnelle doit rendre un service au consommateur pour être accepté. La protection des données personnelles est une autre condition d'acceptation, en particulier les données de consommation et de types d'usage.

Renforcer la gouvernance des données est la cinquième piste de travail.

Si la puissance publique, au travers de la CNIL, aide déjà les particuliers à maîtriser leurs données personnelles et exercer leurs droits, les citoyens et leurs représentants doivent avoir un rôle prééminent dans la gouvernance des données : définition des données « sensibles », expression des besoins de données complémentaires détenues par des

acteurs de l'énergie, définition et contrôle des conditions de stockage et d'utilisation de ces données.

Les collectivités territoriales « concédantes » et les gestionnaires de réseaux publics endossent déjà ce rôle pour les données relatives aux gestionnaires de réseau, mais pour exploiter tout le potentiel des données disponibles aujourd'hui et encore plus en 2040, le cercle des données et des



acteurs à faire coopérer doit s'élargir fortement. Notamment, pour que les acteurs publics puissent correctement gouverner les données, les territoires devront s'organiser et mutualiser la tâche à l'échelle régionale ou nationale.

Cette gouvernance renforcée doit garantir que les usages d'intérêt général sont clairement démarqués des usages commerciaux. Les données personnelles des particuliers et

des entreprises seraient utilisées, avec leur accord, par certains opérateurs dans l'intérêt général du système mais les données les plus sensibles seraient isolées et inutilisables à des fins commerciales. Par exemple, des données précises sur les ménages sont nécessaires pour lutter contre la précarité énergétique mais ne doivent pas être utilisées à d'autres fins.

On rendrait ainsi les consommateurs plus confiants dans le système énergétique et leur coopération accrue renforcerait la qualité des données et la plus-value des services proposés.



6

Former les futurs décideurs de 2040

Qui aujourd'hui sait combien consomme son réfrigérateur ? Qui sait aujourd'hui combien lui coûte exactement sa consommation énergétique par mois ? Les programmes scolaires actuels intègrent de plus en plus la question des énergies et du développement durable. Mais cette présence reste fragile, parce que le sujet est transverse aux matières classiquement enseignées et donc à l'organisation des cours. Les nouvelles générations sont porteuses d'une vision

de l'avenir apte à intégrer le nouveau. Ce sont ces générations qui s'investiront personnellement et professionnellement pour un système énergétique résilient, abordable et acceptable.

La sixième piste de travail est de renforcer la sensibilisation des publics scolaires et de favoriser les formations professionnelles initiales et continues relatives à l'énergie.

Par exemple, nous pensons qu'il faut réfléchir à un meilleur fléchage des formations professionnelles pour développer dès à présent les compétences techniques nécessaires au développement et à l'entretien des systèmes énergétiques.

7

Dégager le terrain juridique pour diminuer les prix de revient

Le retard important pris dans le déploiement des énergies renouvelables (EnR) s'explique en partie par des délais d'agrément beaucoup plus longs qu'ailleurs en Europe et des exigences administratives trop importantes. Par exemple, l'armée de l'air interdit les éoliennes dans les couloirs d'entraînement des forces aériennes et 30 km autour de ses radars. Elle envisage d'élargir ces zones à 60 km.

Il semblerait que d'autres pays s'accommodent de règles moins contraignantes.

Par exemple, les délais de recours peuvent être rédhibitoires pour certains porteurs de projets. Par exemple encore, les décisions des architectes des bâtiments de France impactent fortement les projets.

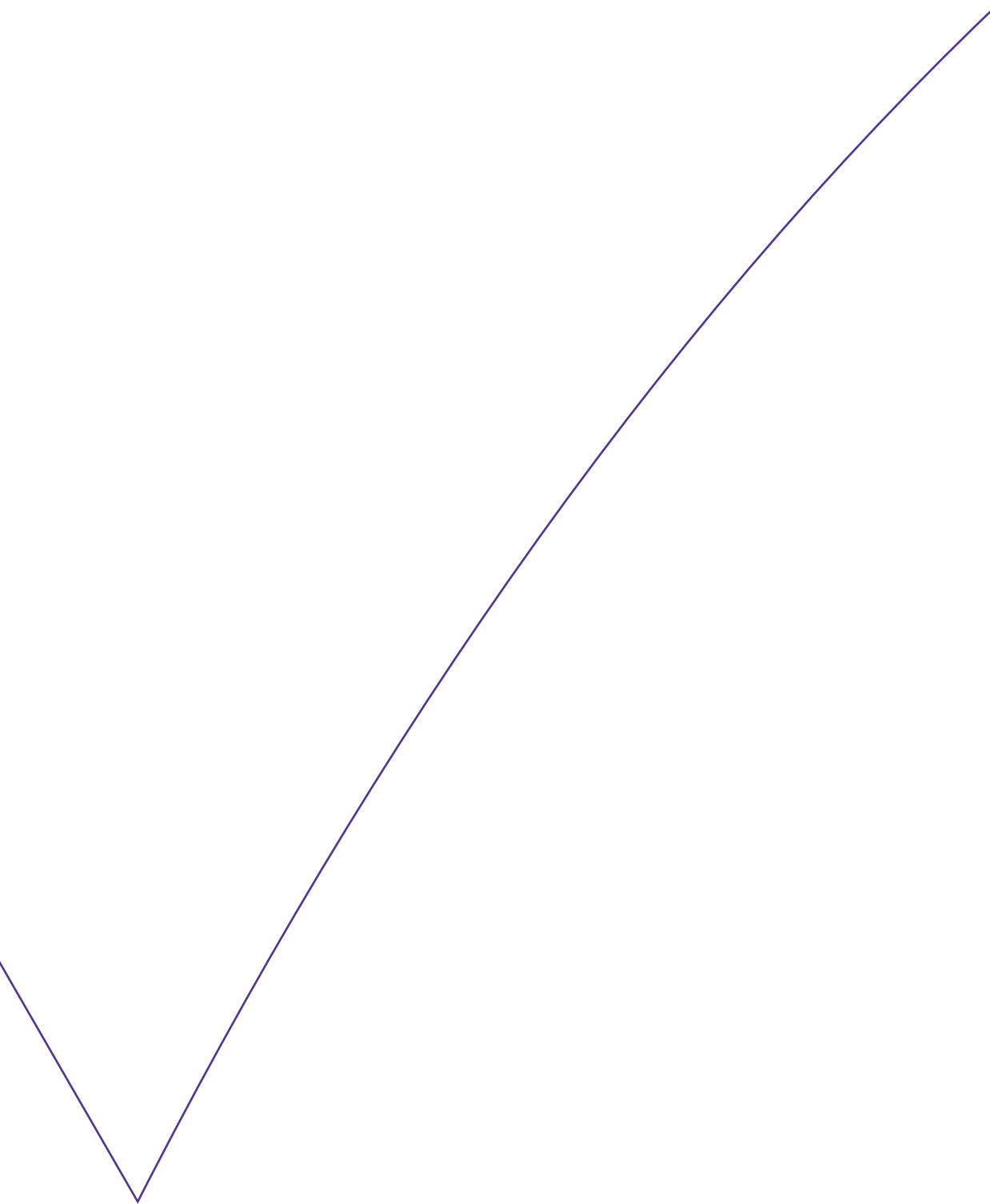
La septième piste de travail consiste à identifier les impacts des différents textes juridiques sur le système énergétique et à les réformer (dans le sens d'un système plus résilient, abordable et acceptable).

Autre illustration, les règles de marché public. Abaisser les seuils d'AO de projets photovoltaïques donnant droit aux tarifs de rachat ou scinder les actuels marchés publics « chaufferie bois + isolation » permettraient de redévelopper une filière locale et diversifiée. La construction des appels d'offres est aussi impactante : aujourd'hui la CRE retient les projets les plus rentables à l'échelle nationale ce qui handicape le développement des ENR dans les régions Nord ou Est, les moins rentables.

Ces propositions n'engagent que Wavestone. Néanmoins elles sont directement issues des réflexions de l'un ou l'autre membre du groupe de travail avec qui nous avons réfléchi et que nous remercions ici pour leur expertise, leurs idées et leur implication.

Phillippe ANGOTTI, FRANCE URBAINE
Esther BAILLEUL, CLER
Bertrand DE SINGLY, GRDF
Jean-Noël GUILLOT, EDF
Grégory LAMOTTE, COMWATT

Maria Isabel LE MEUR, EMBIX
Xavier MOREAU, ALTERGRIDS
Nicolas PEUGNIEZ, GRTGAZ
Claudio RUMOLINO, VALOREM ENERGIE
Emmanuel SOULIAS, ENERCOOP



WAVESTONE

www.wavestone.com

Wavestone est un cabinet de conseil, issu du rapprochement de Solucom et des activités européennes de Kurt Salmon (hors consulting dans les secteurs retail & consumer goods). Il figure parmi les leaders indépendants du conseil en Europe.

La mission de Wavestone est d'éclairer et guider ses clients dans leurs décisions les plus stratégiques en s'appuyant sur une triple expertise fonctionnelle, sectorielle et technologique.