

● L'ÉNERGIE EN FRANCE ET EN PAYS DE LA LOIRE

Les enjeux d'une transition réaliste et durable



Sommaire

AVANT PROPOS	P.3
LA SITUATION ÉNERGÉTIQUE EN FRANCE ET EN PAYS DE LA LOIRE	P.4
Panorama de la production d'énergie en France et en Pays de la Loire	P.4
Consommation énergétique et émissions de Gaz à effet de Serre	P.9
• Bilan électrique	P.9
• Bilan Gaz	P.16
PERSPECTIVES ET ÉVOLUTION DE L'ÉNERGIE : LES INNOVATIONS EN MARCHÉ	P.20
Les réseaux de chaleurs	P.20
Maitriser le stockage de l'énergie pour une énergie décarbonée avec la méthanation et l'hydrogène	P.22
Adaptation et flexibilité pour une maîtrise efficace de l'énergie : un outil les smartgrids	P.24
NOS RÉFLEXIONS ET QUESTIONNEMENTS	P.26
ANNEXES 1 : Quelques définitions sur l'énergie	P.28
• Les unités de mesure de l'électricité	
• Les coefficients de conversion gaz en m ³ et KWh	
• Le stockage de l'énergie	
ANNEXES 2 :	P.32
Article du Parisien : « Méthanisation une filière à fort potentiel »	



Avant propos

Véritable enjeu de nos sociétés contemporaines, le sujet de la transition énergétique s'est imposé au sein de notre laboratoire d'idées citoyennes. Il était évident pour nous de partir en quête de réponses sur les réels tenants et aboutissants d'un sujet fortement débattu, faisant l'objet de beaucoup d'attention de la part de nombreux acteurs (économiques, institutionnels, politiques, citoyens) chacun défendant sa vision et ses intérêts. Comment faire la part des choses face à cette multiplicité de données et d'enjeux de plus en plus complexes ? L'objectif est de permettre à chaque citoyen d'appréhender la transition énergétique en éclairant le sujet d'une manière indépendante et sans parti pris.

En 2017, nous nous sommes intéressés à la perception que les citoyens ont de la transition énergétique en interrogeant un panel de nantais, ce dossier est paru dans le cadre du « Grand débat » lancé par Nantes Métropole. Aujourd'hui, nous proposons de faire le point sur la production, la distribution et la consommation d'énergie en France avec un focus particulier sur les Pays de la Loire. Il s'agit de revenir sur quelques définitions et principes de base, incontournables pour bien comprendre la transition énergétique mais surtout nous partirons à la découverte du futur avec l'étude d'innovations techniques et sociales.

Ce premier opus aura une suite, car au-delà de la production et de la consommation d'énergie, d'autres secteurs impactent fortement l'environnement. C'est le cas notamment du logement et des transports qui feront l'objet de nos deux prochains dossiers.

Alain Boeswillwald,
Président de l'Institut Kervégan



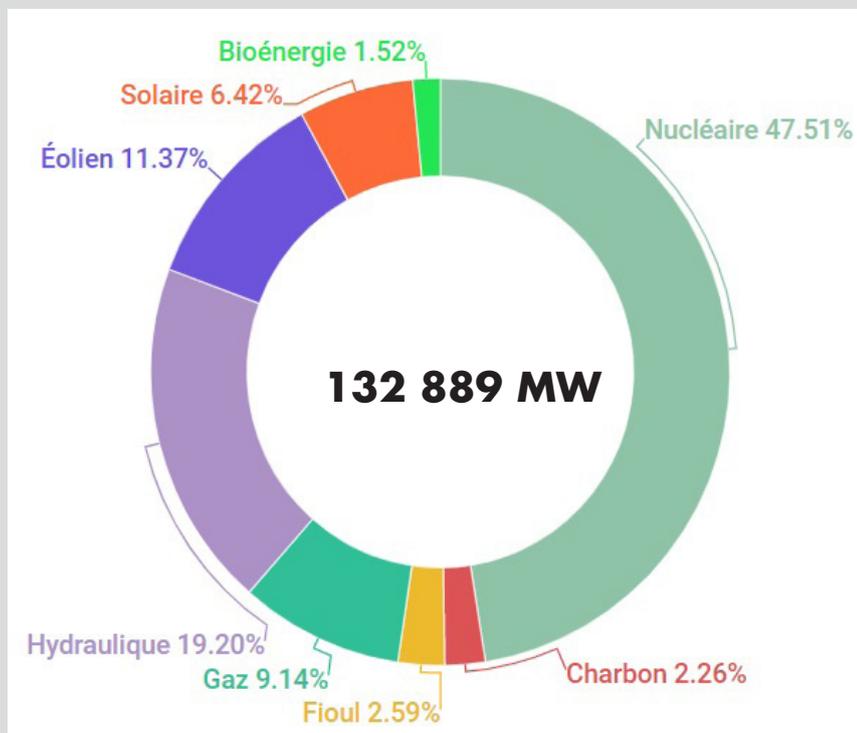
LA SITUATION ÉNERGÉTIQUE EN FRANCE ET EN PAYS DE LA LOIRE



PANORAMA DE LA PRODUCTION D'ÉNERGIE EN FRANCE ET EN PAYS DE LA LOIRE

Les processus de production et de consommation occupent une place essentielle dans la réflexion autour de la transition énergétique. Ces processus forment en effet des opportunités, mais aussi des contraintes, dans la transformation du modèle énergétique français. Il importe donc de savoir comment fonctionnent et se répartissent cette production et cette consommation en France et en Pays de la Loire, une approche comparative dont l'objectif est de visualiser le positionnement de notre région au regard de la situation énergétique française.

Composition du parc de production électrique en France



(chiffres au 31/12/2018)

Les sources de production énergétique sont de diverses natures, En France, le choix a été fait d'assurer près des trois-quarts de la production électrique grâce au nucléaire. La puissance électrique installée est fournie pour 50% par les centrales nucléaires, puis par les barrages hydrauliques (19,5%). Les centrales au gaz et les parcs éoliens représentent chacun de l'ordre de 9% de la puissance installée, suivis par le solaire (5,6%) et le fuel (5,5%).

Les énergies renouvelables alternatives comme l'éolien et le photovoltaïque représentent 22.7% de la production totale du pays, il est en augmentation constante d'année en année.

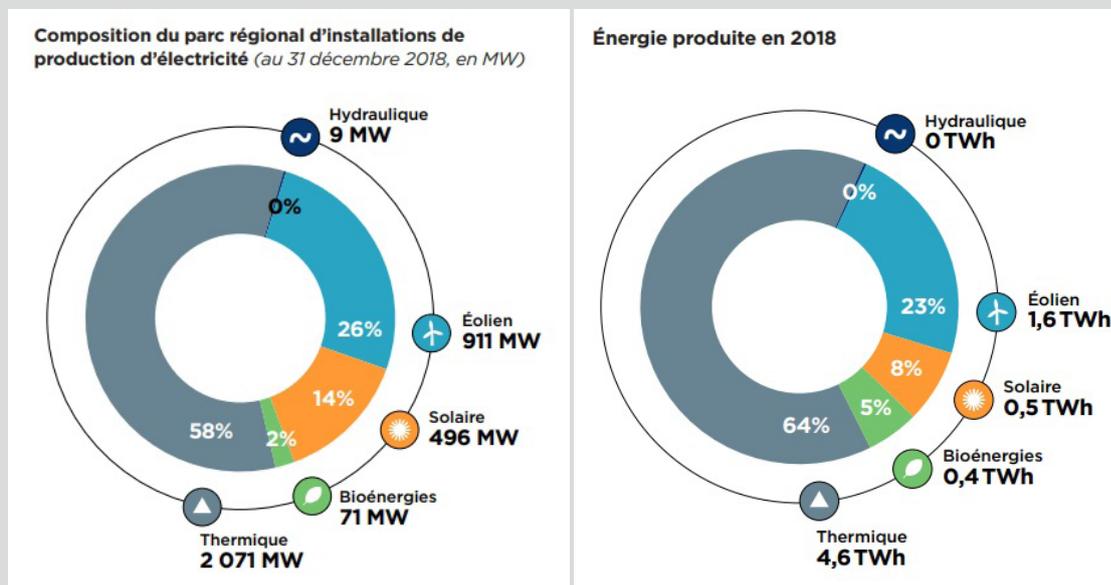
Il est à noter que les centrales fonctionnant au fioul et au charbon ont une puissance maximale en recul, il est prévu un arrêt progressif de leur fonctionnement.

5

Le défi de la transition énergétique consiste à augmenter significativement la part des ENR dans le mix énergétique en réduisant la part des énergies fossiles.



Composition du parc de production électrique en Pays de la Loire



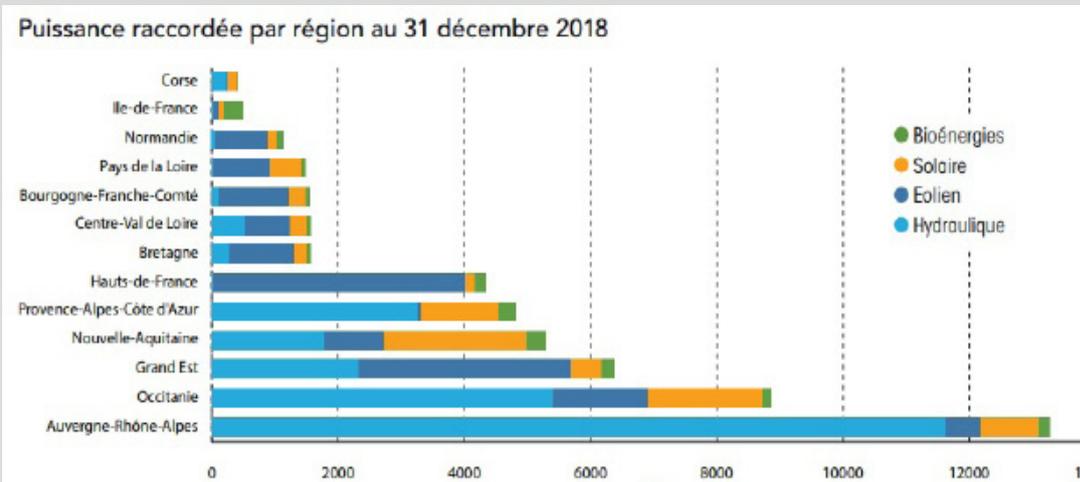
(Source : RTE, Panorama de l'électricité renouvelable au 31 mars 2019)

La puissance installée s'établit à **3 558 MW**. Elle reste majoritairement composée d'installations thermiques (tranches charbon de Cordemais et Centrale à cycle Combiné gaz à Montoir de 435 MW qui a un rendement de près de 60% avec une faible émission de CO₂).

Les puissances prévisionnelles photovoltaïques et éoliennes installées en région Pays de la Loire (avril 2019) sont respectivement de **496 MW** et de **911 MW**. Avec la mise en service des parcs éoliens en mer de Saint-Nazaire (480 MW en 2022) et de Noirmoutier – l'Île d'Yeu (496 MW en 2024) la puissance atteindra **1 610 MW**.

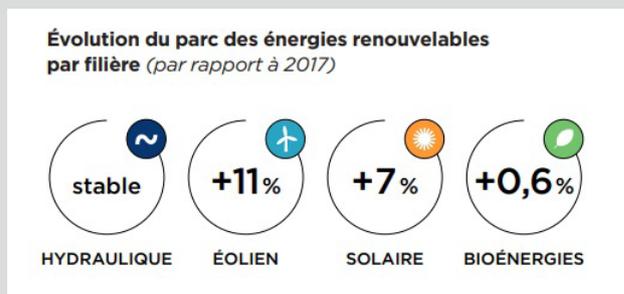
On constate un développement important des ENR avec un parc d'énergies renouvelables qui progresse de 9% (éolien +11%, solaire +7%) sur 42% des capacités totales installées en région fin 2018. Malgré ce constat, le taux de couverture de la région Pays de la Loire en 2017 s'élève à 6,7% (1,8% pour le Photovoltaïque et 4,9% pour l'éolien).

Puissance raccordée d'ENR par région



(Source : RTE, Panorama de l'électricité renouvelable au 31 mars 2019)

En France, les ENR se basent essentiellement sur la production hydraulique, assurée principalement par la région Auvergne-Rhône-Alpes. L'énergie hydraulique représentait environ 49% de la production d'ENR au 31 mars 2019. Vient ensuite l'éolien avec près de 30% de la production d'ENR au 31 décembre 2019, puis l'énergie solaire avec presque 17% de la production d'ENR. Enfin, les bioénergies complètent le tableau avec 4% de l'énergie verte produite en France.



Les Pays de la Loire participent peu à la production nationale d'ENR (10^e place sur 13). Cela est en partie dû à sa faible possibilité de production hydraulique. Une région cependant qui est en progression grâce à sa capacité éolienne (4.6% de la consommation régionale, ENR la plus productive de la région). Les filières renouvelables ne couvraient que 7,3% de la consommation d'électricité dans la région, contre 19,6% à l'échelle nationale pour l'année 2017.

L'énergie solaire représente 2.1 % de la couverture énergétique de la région. Pourtant sa part de production n'est pas à négliger puisqu'avec 571 GWh, les Pays de la Loire est la 6^e région productrice d'énergie solaire et 5^e pour ce qui est de l'énergie raccordée avec 509 MW.



Le situation énergétique des Pays de la Loire

D'ici à 2020, les besoins en énergie des Pays de la Loire évolueront à la hausse du fait de l'arrivée de 31 000 nouveaux habitants chaque année entre 2008 et 2020 portant la population à près de 3,9 millions d'habitants dont 1,6 million de ménages.

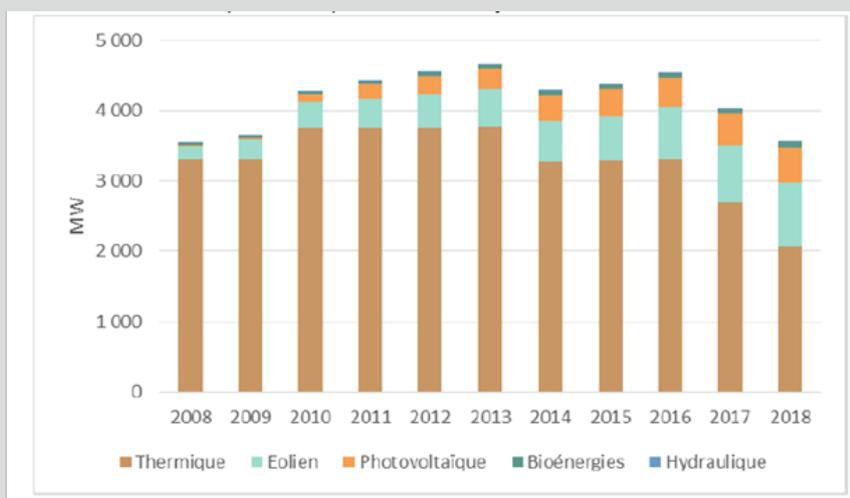
Malgré une part toujours importante des énergies fossiles dans le mix énergétique ligérien, le poids des énergies renouvelables progresse significativement depuis le début du millénaire.

La mise en chantier des parcs éoliens en mer au large de Guérande et de l'île d'Yeu va contribuer à renforcer cette dynamique.

La région reste importatrice nette d'électricité

En 2018, la région Pays de la Loire a produit 7,1 TWh en baisse de 21% par rapport à 2017 (8,8 TWh) dont 36% issus des ENR. Elle a importée 75% de l'électricité qu'elle a consommé (20,3 TWh) contre 67% en 2017.

La part de production des ENR augmente de 16% pour s'établir à 2,5 TWh grâce aux nouvelles capacités de production installées et à des conditions de vent légèrement plus favorables qu'en 2017. En 15 ans, elle est passée de 0 à 36% de l'énergie produite dans la région. La part du thermique fossile reste néanmoins toujours majoritaire (60%).



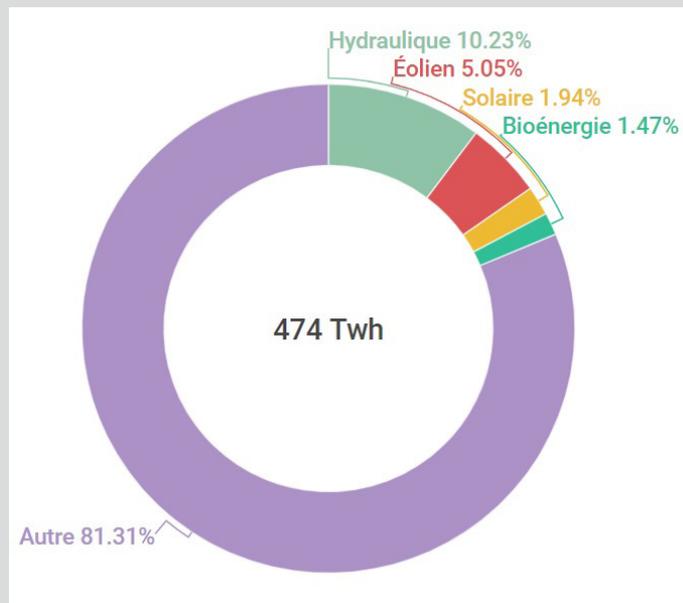
Évolution des capacités de production en Pays de la Loire entre 2008 et 2018



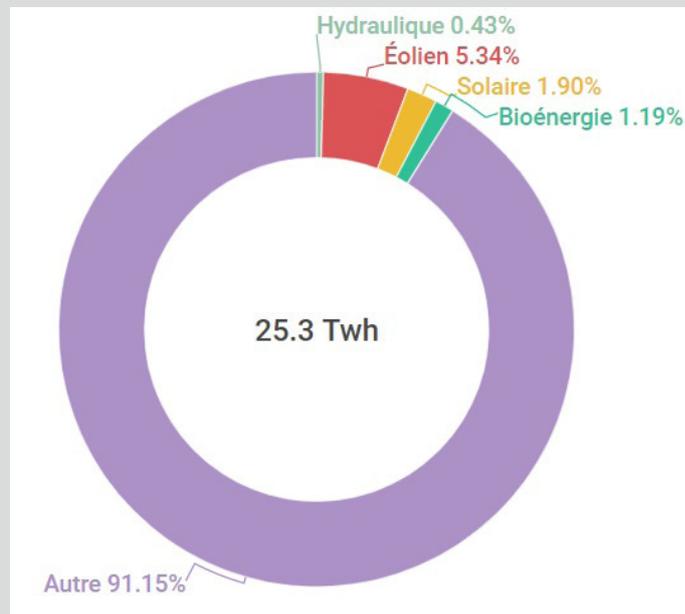
CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE ET ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE

BILAN ÉLECTRIQUE

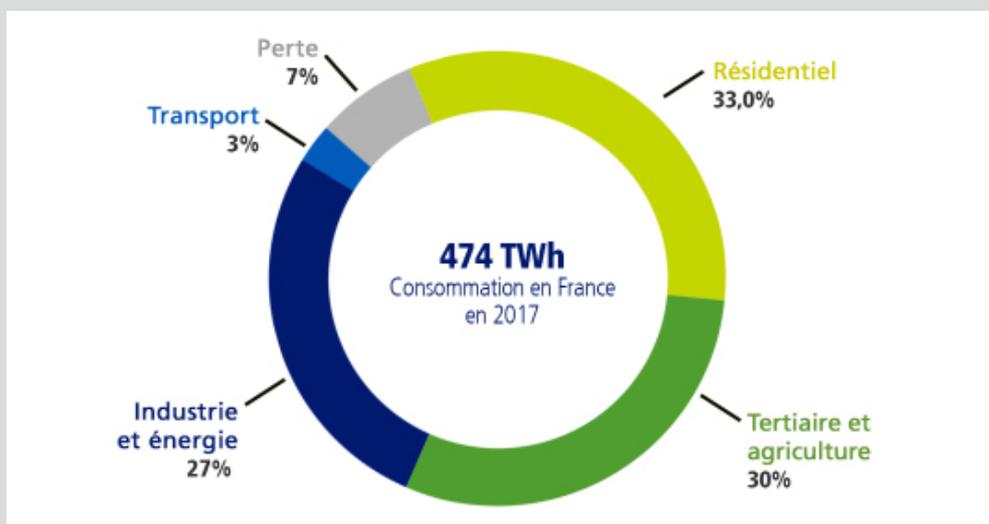
Consommation d'électricité en France : **474 Twh** (2017)



Consommation d'électricité en Pays de la Loire : **25.3 Twh** (2017)



Consommation d'électricité par secteur en France



(Source : RTE, Bilan électrique 2017)

En France, la consommation d'électricité a triplé de 1973 à 2010. Depuis 2010, elle s'est stabilisée compte-tenu de certains facteurs de l'évolution économique tels que la modification du tissu industriel français ou les effets de la maîtrise de la consommation.

En 2017, la consommation d'électricité en mode corrigé (des aléas climatiques et des effets calendaires) atteint 474 TWh. Elle est stable par rapport à 2016.

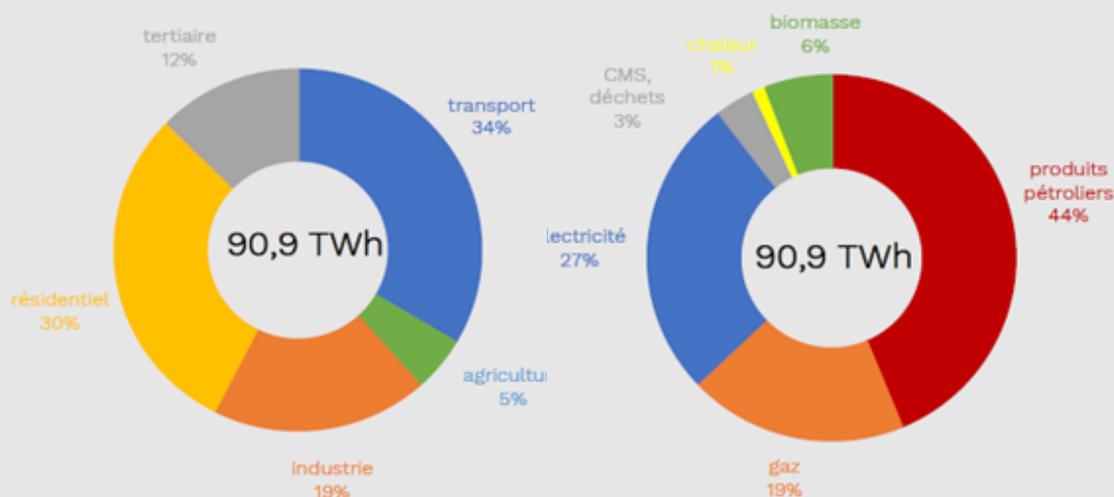
La consommation électrique française se répartit en trois catégories à peu près égales en volume : le secteur résidentiel (33 %), le secteur tertiaire et agricole (30 %), l'industrie et l'énergie (27 %).

Le secteur résidentiel est le plus gros consommateur avec plus d'un 1/3 de la consommation finale d'électricité en France et totalise 151,1 TWh.

Structure de la consommation énergétique en Pays de la Loire

En 2017, la région a consommé près de 8,1 ktep* (contre 7,6 ktep en 2012). Cette consommation représente 2,15 tep par habitant et est inférieure de 8% à celle de la France métropolitaine (environ 2,35 tep par habitant) alors qu'elle était inférieure de 14% en 2012. En effet, la consommation d'énergie finale croît en Pays de la Loire de 7% sur la période 2012-2017 alors qu'elle est stable à l'échelle métropolitaine. (Source données et statistiques Ministère de la Transition Ecologique)

Consommation 2016 en Pays de la Loire



Les produits pétroliers bien qu'à la baisse représentent toujours la majorité de la consommation finale du territoire (44% contre 48% en 2012), l'électricité est stable à 27% tandis que le gaz progresse de 15,7 à 19%.

Le trio de tête des énergies consommées est similaire au profil national, avec deux différences majeures : la consommation de produits pétroliers est supérieure de 7 points à la moyenne française (poids des transports) et celle de gaz inférieure de 6 points.

La plus forte dépendance des Pays-de-la-Loire vis-à-vis des produits pétroliers est surtout imputable à l'usage transport. En effet, les Pays de la Loire sont, avec la Bretagne, les deux régions où le nombre de trajets par habitant et par jour ouvré est le plus élevé de France : 3,5 par jour et par habitant contre 2,7 en Poitou - Charente ou 2,8 en Basse-Normandie par exemple. De plus, ces trajets sont plus longs (26,2 contre 24,9 km pour les trajets domicile travail) et se font à près de 80% en voiture.

* tep = Tonne Équivalent Pétrole, C'est la quantité d'énergie contenue dans 1 tonne de pétrole.



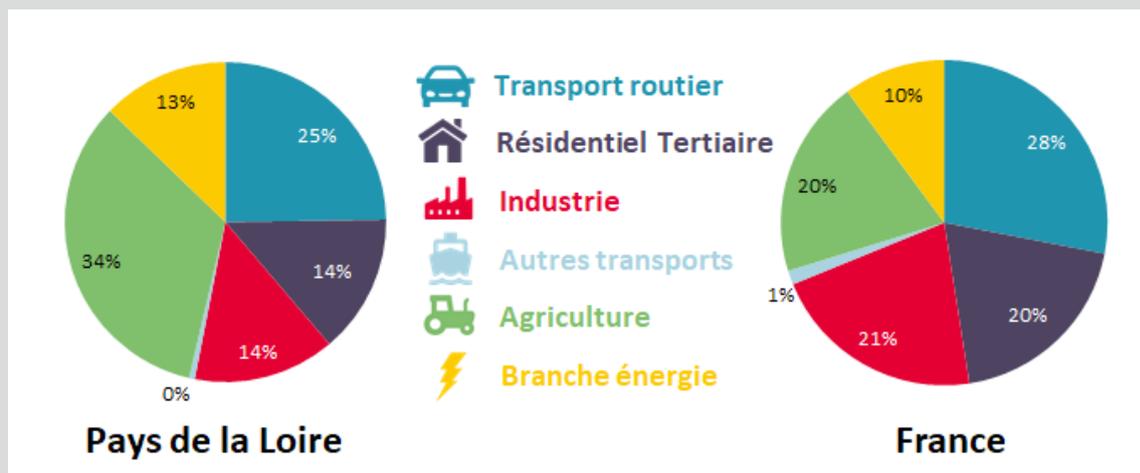
Émission de Gaz à Effet de Serre (GES)

La diminution des émissions de gaz à effet de serre se poursuit en Pays de la Loire. Elles atteignent 31 millions de tonnes équivalent CO₂ en 2016, ce qui représente environ 6 % des émissions nationales.

Elles étaient évaluées à 32,6 millions de tonnes équivalent CO₂ (teqCO₂) en 2012 - soit 7% des émissions nationales- et étaient déjà en diminution de 4% par rapport à 2008 avec 34 millions de tonnes.

Les consommations d'énergie représentent 67 % des émissions de GES de la région. Les 33% des émissions restantes sont d'origine non énergétique, liées à l'élevage et aux cultures, aux procédés industriels, à l'utilisation de solvants, de peintures, de composés fluorés et autres.

A l'image des consommations d'énergie, les émissions de GES ont diminué de l'ordre de 11 % sur la région entre 2008 et 2016.

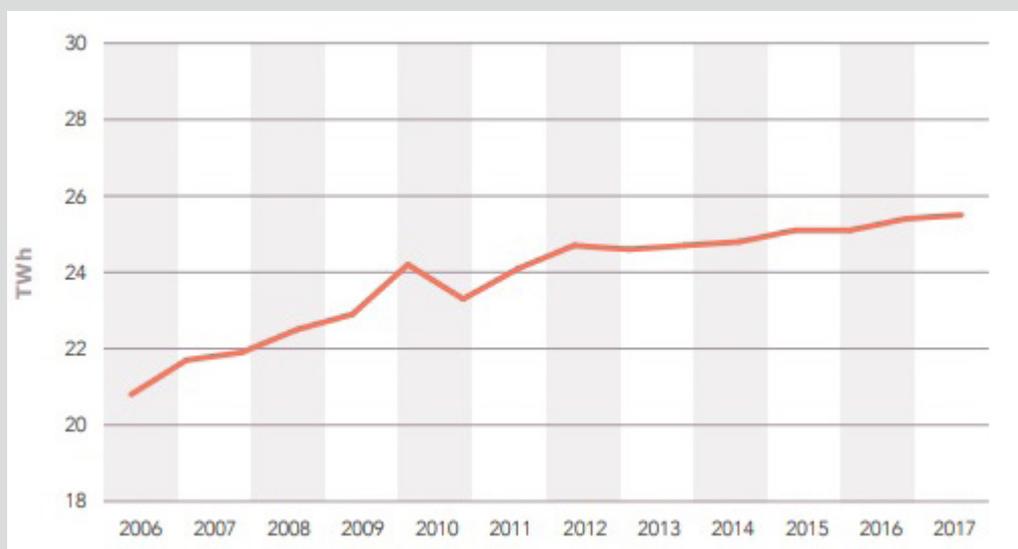


(Source AIRPL : émissions de GES de la région et de la France par secteur (2016))

Rapportées au nombre d'habitants, les émissions de GES représentent toutefois 8,3 teqCO₂ en moyenne régionale, pour un niveau national de l'ordre de 7,7.

Bien qu'en baisse, l'écart s'explique toujours par des spécificités régionales : l'importance du secteur agricole, notamment de l'élevage (émissions supérieures de 1,14 teqCO₂/habitant par rapport à la moyenne française) et la présence de moyens de production d'énergie de dimension nationale (raffinerie Total de Donges, centrale thermique EDF de Cordemais, Cycle Combiné Gaz Engie de Montoir).

Le bilan de la consommation électrique en Pays de la Loire



(Source : RTE, Consommation annuelle d'électricité finale en PDL, corrigée de l'aléa climatique)

En Pays de la Loire, une consommation électrique en légère progression qui se stabilise.

La consommation finale d'électricité en Pays de la Loire est stable par rapport à 2017. Elle s'établit à 25,5 TWh. Dans une tendance globale à la stabilisation, la consommation corrigée des effets climatiques progresse lentement depuis 2008. (Source RTE – Bilan régional 2018)

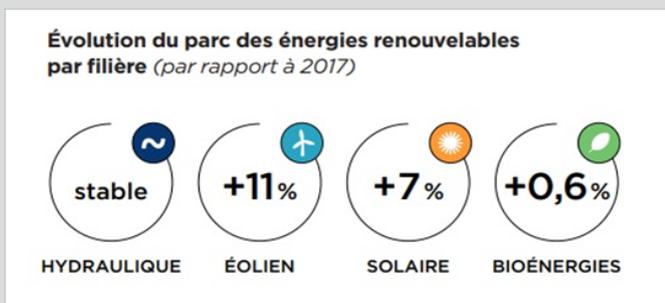
La caractéristique de la croissance de la consommation en Pays de la Loire qui était atypique par rapport à la situation nationale tend à se stabiliser et la consommation électrique régionale ne progresse que très lentement depuis 2011 ; Cette tendance à la stabilisation est constatée également à l'échelle nationale.



Stabilité de la consommation annuelle électrique par secteur

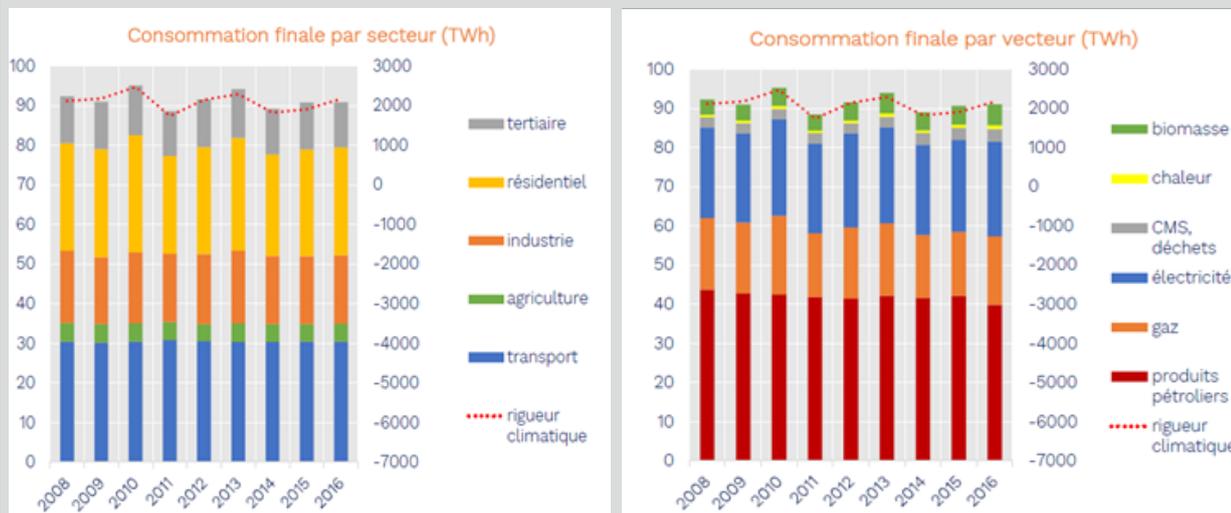
En 2018, la consommation finale du secteur des professionnels et particuliers est stable par rapport à 2017. Ce segment représente 50% de la consommation régionale. La consommation des PME/PMI, en hausse de près de 1% atteint 41% de la consommation d'électricité de la région.

La consommation de la grande industrie baisse de 1 point par rapport à 2017 et représente 9% de l'électricité consommée en Pays de la Loire avec une répartition par secteur d'activité similaire à celle de 2017 ; Trois secteurs représentent près de 50% du volume global de la grande industrie : l'énergie et les combustibles minéraux solides, le papier carton et les minéraux et matériaux.



Consommation d'énergie finale par secteur

Une consommation globalement stable par secteurs ces dernières années hors aléa climatique.



Les évolutions à venir du système électrique des Pays de la Loire

Elles concernent principalement sa capacité d'adaptation aux enjeux suivants :

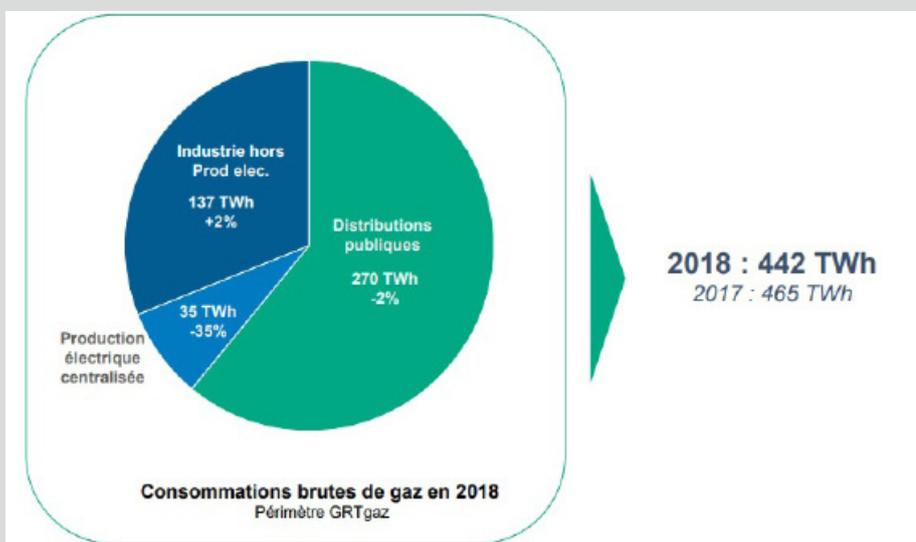
- **La fermeture de moyens de production classiques à partir d'énergies fossiles** : la fermeture de la dernière tranche fioul de Cordemais diminue de 12% la puissance le parc de production d'énergie électrique installée en Pays de la Loire.
- **L'insertion des énergies renouvelables** : éolien terrestre ou marin et photovoltaïque. Un investissement de l'ordre de 250 M€ est prévu pour raccorder en 2018 – 2019 au réseau 225 kV, les parcs éoliens off-shore de Saint-Nazaire (480 MW) puis 2 ans plus tard de Noirmoutier et de l'Île d'Yeu (496 MW).
- **Un investissement important pour le déploiement des réseaux électriques intelligents** aura lieu dans le cadre du projet SMILE (Smart Ideas to Link Energies). Par ailleurs, des renforcements importants de réseau sont prévus sur Nantes Métropole.



BILAN GAZ

Consommation de Gaz en France : **442 Twh** (2018)

Un premier chiffre à retenir pour la situation du gaz en France : nous importons 99% de notre gaz. Il est originaire majoritairement de Norvège (43%), de Russie (21%), des Pays-Bas (11%) et d'Algérie (10%). Ce gaz est transporté par bateau ou par gazoduc. 23,1% du gaz est importé sous forme liquéfiée (Gaz Naturel Liquéfié ou GNL).



(Source GRTgaz – Bilan 2018)

Selon le bilan 2018, GRTgaz fait le constat d'une baisse de 5 % de la consommation de gaz en France par rapport à 2017.

Une baisse qui s'explique par des températures plus clémentes et à une moindre sollicitation de la production électrique centralisée au gaz. Notons tout de même en 2018 un regain de la consommation dans l'industrie. Le bilan de GRTgaz montre que 2,5 TWh de consommation sont directement liés à l'adoption du gaz par des entreprises qui abandonnent le fioul ou le charbon.

En 2018, une plus grande disponibilité du parc nucléaire, des barrages et des éoliennes ont aussi contribué à moins solliciter le gaz. Le quart nord-est du pays représente la moitié de la consommation, avec les régions Île-de-France (73 TWh), Grand Est (72) et Hauts-de-France (71). En sens inverse, la région Occitanie affiche le seul le plus bas, avec 6 TWh.

Consommation de Gaz en Pays de la Loire : 22 Twh (2018)

La part de gaz naturel dans la consommation des Pays de la Loire est sensiblement équivalente à celle de l'électricité.

En 2016 les Pays de la Loire ont connu une forte progression de +11.6% de la consommation de gaz par rapport à 2015, notamment dans la grande industrie, dans la production d'électricité mais également chez les clients résidentiels et tertiaires.

La consommation des Pays de la Loire en 2018 est de 22 Twh contre 24.5 Twh en 2017 une baisse qui suit évolution de la consommation française.

En dehors des grands pôles urbains, la desserte de la région en gaz est assez faible avec 438 communes (source : GRT gaz, chiffres 2018). Toutefois on constate que 85 % de la population de Loire Atlantique est desservie en gaz.

Équipements gaz en Pays de la Loire

Le terminal méthanier de Montoir de Bretagne. Grâce à ses trois cuves de 120 000 m³ peut regazéifier 10 milliards de mètres cubes par an, ce qui représente 20% de la consommation française de gaz. Il conforte sa transformation en plate-forme logistique de gaz naturel liquéfié (GNL).

Les entrées de gaz naturel liquéfié (GNL) ont bondi de 22% l'année écoulée, à 117 TWh, le plus haut niveau depuis sept ans. Pour le terminal de Montoir-de-Bretagne, cela se traduit par le doublement de la fréquentation des navires méthaniers.



La situation du biogaz** en France et Pays de la Loire

Actuellement, quelque 14 TWh de projets de gaz sont au programme, pour une mise en service à moyen terme. À fin 2018, la filière affichait 1,2 TWh de capacité installée avec 76 sites en service dont les deux tiers relevant du secteur agricole. La part du biométhane reste encore minime, à moins de 1% de la consommation.

Des objectifs de développement dynamiques mais qui semble difficile à atteindre : 10% de gaz vert d'ici dix ans.

La région des Pays de la Loire est, de manière structurelle, une région où l'agriculture et l'industrie agro-alimentaire sont relativement plus développés. Il en résulte une production de déchets utilisables pour la méthanisation relativement importante. À l'horizon 2020, 1,9 million de tonnes de substrat pourrait être utilisé soit 81 ktep (estimation Aile).

Selon l'Agence Locale d'Énergie en Pays de la Loire, il y a 57 unités de méthanisation (environ 10% du parc français), dont 35 unités implantées en milieu agricole. Les projets d'injection biométhane se développent également : à ce jour ils représentent plus de 5 006 Nm³ CH₄/h, soit l'équivalent d'environ 40 MW. (Source AILE 2018)

La production de bio-méthane dans la région en 2018 s'est élevée à 68 GWh pour une capacité installée pouvant atteindre 127 GWh/an. Il s'agit de 10% de la production nationale qui place les Pays de la Loire en 5^e position. (714 GWh sur 76 sites au national) (Source GRT Gaz).

Les ambitions de la Programmation Pluriannuelle de l'Énergie à l'horizon 2023 s'élève à 1,2 TWh et 2,2 TWh en 2030, soit 10% de la consommation prévisionnelle de la région. Bien que significatif avec une trajectoire de 45 projets validés figurant dans le registre, la production sera en retard par rapport à la trajectoire (les 45 projets permettent seulement d'atteindre 900GWh). (Source Ministère – chiffres 2018)

** Cf. annexe 2 p 34 - Article du Parisien Économique : « Méthanisation une filière à fort potentiel », principe et fonctionnement de la méthanisation.



Opportunités et freins au développement de la méthanisation

Les facteurs jouant en faveur du développement de la méthanisation en région sont une production de déchets utilisables pour la méthanisation relativement importantes et un cadre juridique favorable à son développement.

Les freins au développement de la méthanisation sont en région les mêmes que ceux au national : Concurrence sur l'utilisation de substrats, tarifs d'achat de l'électricité ou du bio-méthane insuffisants pour garantir la rentabilité des installations, acceptabilité sociale et complexités des projets de méthanisation.

La Région consciente de l'expertise et des compétences acquises en pays ligérien dans ce domaine a annoncé son engagement pour atteindre une consommation de 10% de biogaz d'ici 2030 en Pays de la Loire. L'enjeu est de pouvoir développer une véritable filière gaz de l'amont à l'aval : production – distribution – usage.

Un vœu au même titre que l'électricité renouvelable a été émis par la région pour maintenir cet objectif de 10% et d'étaler sur 10 ans (le temps de réduction du prix du gaz afin de permettre l'émergence de cette filière essentielle pour les territoires, l'agriculture et le déploiement des ENR).



PERSPECTIVES ET ÉVOLUTIONS DE L'ÉNERGIE : LES INNOVATIONS EN



LES RÉSEAUX DE CHALEURS

761 réseaux recensés en France qui desservent environ 2,4 millions d'équivalents-logements, dont 56% dans le secteur résidentiel. Ils sont présents dans les zones urbaines denses, les réseaux sont alimentés aujourd'hui à 56 % par des énergies renouvelables et de récupération comme la biomasse et la géothermie.

Avec 22 %, la part issue de la biomasse affiche une forte progression depuis 2009 (+19 %). Le gaz naturel tend à remplacer les autres énergies fossiles (comme le fioul) et demeure la

principale ressource utilisée par les réseaux de chaleur (37 % en 2017).

Les usagers : 2/3 secteur résidentiel, 1/3 secteur tertiaire.

Globalement, la présence des réseaux de chaleur est plus marquée dans le nord et l'est que dans le sud et l'ouest du pays. Ces disparités régionales peuvent s'expliquer par plusieurs facteurs, notamment la rigueur climatique, la densité de population et la présence d'agglomérations importantes.

Schéma de principe d'un réseau de chaleur



24 janvier 2014 – Réseaux de chaleur, villes et territoires

 Cerema

Les réseaux de chaleurs en Pays de la Loire

La région reste assez peu équipée en réseaux de chaleur : 730 GWh livrés et 530 MW installés contre 17 000 GW à la maille France. Ils utilisent toutefois 57% d'énergies renouvelables (biomasse 22%, et de récupération 35%). 80% de la puissance installée correspond aux réseaux des agglomérations de Nantes, Angers et Le Mans.

MAITRISER LE STOCKAGE DE L'ÉNERGIE POUR PLUS D'ÉNERGIE DÉCARBONÉE AVEC LA MÉTHANATION ET L'HYDROGÈNE

Les ENR, éoliennes offshore et parcs photovoltaïques pourront produire des quantités de Kwh sans pour autant répondre à la demande. Dépendante des conditions météorologiques la production d'énergie renouvelable est désormais indépendante des périodes de consommation. Pouvoir stocker ce surplus d'énergie est un des enjeux majeurs de la transformation énergétique. Aujourd'hui l'énergie n'est pas stockable sauf à de très faible quantité.

Des solutions existe et sont en développement, le principe, est de pouvoir stocker l'électricité excédentaire produite par le solaire ou l'éolien sous forme d'hydrogène transformé en méthane (CH₄) par l'adjonction de CO₂. Ce méthane pourra être stocké en réservoir souterrain et distribué par le réseau de gaz naturel existant. En cas de demande d'électricité forte, il peut alimenter des turbines et en produire. Il peut être aussi utilisé pour le chauffage.

L'utilisation de technologies permettant la conversion de l'électricité en gaz comme procédés de valorisation de l'électricité excédentaire est un réel défi. Dans le monde anglo-saxon, mais aussi dans de nombreux autres pays, ce concept est appelé Power-to-Gas (PtG).

L'intégration massive de sources d'énergie renouvelable fluctuante (éolien, photovoltaïque principalement) dans les systèmes électriques implique des périodes de plus en plus importantes durant lesquelles la production dépassera la demande. Les quantités mises en jeu pourront dépasser les capacités classiques de flexibilité et de stockage du système électrique : la conversion en un autre vecteur énergétique apparaît donc comme une solution pour valoriser ces excédents.

La technologie de base du Power-to-Gas est développée à partir de l'électrolyse qui permet la conversion d'énergie électrique en énergie chimique sous forme de gaz hydrogène (H₂), par décomposition de molécules d'eau (H₂O). Le gaz produit peut être valorisé de plusieurs manières sur place : par un industriel pour ses propres besoins de procédé ou par une station-service de remplissage de véhicules fonctionnant à l'hydrogène (piles à combustible) par exemple, ou encore être localement stocké pour être reconverti ultérieurement en électricité via une pile à combustible.

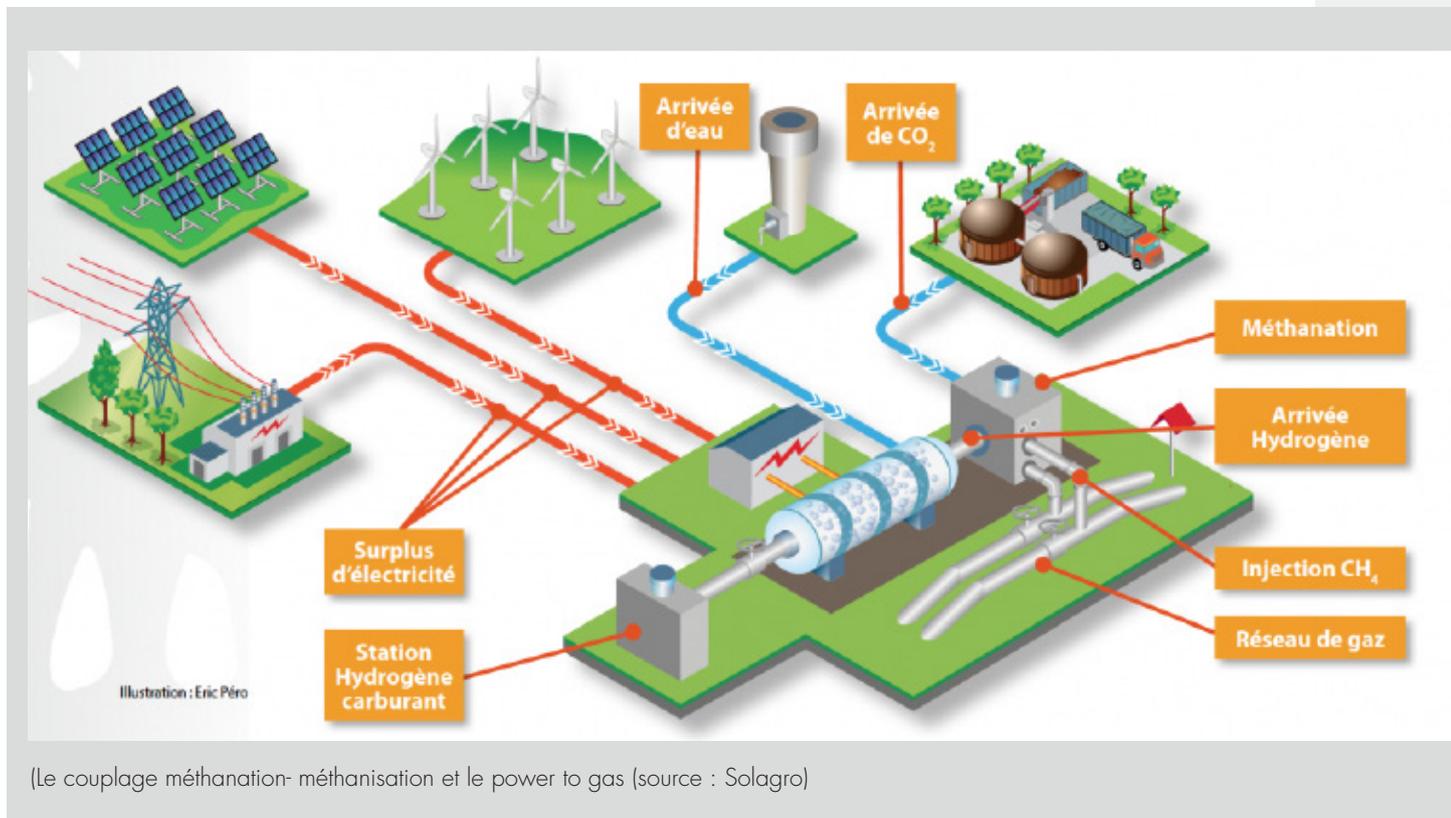
Il peut aussi être injecté directement dans les réseaux de distribution ou de transport de gaz naturel, créant de fait un couplage entre les différents réseaux et vecteurs énergétiques :



ainsi les possibilités de valorisation des excédents d'électricité sont démultipliées tant en termes d'usages finaux qu'en termes temporels et spatiaux.

La possibilité d'injection d'hydrogène dans le réseau gazier donne un accès direct à ces très grandes capacités de transport et de stockage : en France les capacités de stockage

de gaz sont 300 fois plus importantes que celles du réseau électrique (300 TWh contre 0,4). L'objectif avec la réaction de méthanation est de passer de la production d'hydrogène en le combinant avec des atomes de carbone issus du dioxyde de carbone (CO_2) pour former le méthane de synthèse (CH_4) 100% miscible avec le gaz naturel.



ADAPTATION ET FLEXIBILITÉ POUR UNE MAÎTRISE EFFICACE DE L'ÉNERGIE : UN OUTIL LES SMART GRIDS

Le développement des smart grids répond à une évolution des systèmes énergétiques ces dernières années. Au départ le système énergétique est centralisé, la production s'adapte à une demande toujours croissante engendrée par les développements économiques et démographique. Les réseaux d'acheminement de l'énergie ont été construits pour une utilisation en sens unique des grands bassins de production (campagnes) vers les grands bassins de consommations (villes).

Progressivement, ce profil des consommations a changé. Le développement des usages électriques (en particulier chauffage et climatisation) a créé une demande horosaisonnaire, induisant des pics de consommations dépendant des aléas climatiques de plus en plus difficiles à satisfaire. En outre, l'essor des usages spécifiques liés à l'évolution de nos modes de vie (taux d'équipement des ménages, digitalisation des services, démocratisation des objets connectés...) et

l'apparition du véhicule électrique renforcent nettement ces déséquilibres ponctuels et croissants entre l'offre et la demande.

Avec le développement des énergies renouvelables, la production s'est rapprochée des lieux de consommation mais est devenue plus variable, en particulier celle issue de l'éolien et du photovoltaïque car intermittente mais toutefois prévisible et indépendante des périodes de consommation.

C'est dans ce contexte de transformation du paysage énergétique que les smart grids apparaissent comme une solution adaptée pour répondre à la nécessité de moderniser les réseaux arrivés à saturation. Leur rôle est d'intégrer de la flexibilité dans les consommations pour les adapter à la production d'énergies renouvelables et leur intermittence. La gestion du système énergétique sera facilitée grâce à une capacité de stockage des surplus de productions renouvelables.

Principe et fonctionnement des smart grids

Les smart grids sont des réseaux de distribution d'électricité qui favorise la circulation d'informations entre les fournisseurs et les consommateurs afin d'ajuster le flux d'électricité en temps réel et permettre une gestion plus efficace du réseau électrique. Les technologies numériques comme les compteurs intelligents et connectés de type Linky et Gazpar permettent une gestion de l'énergie innovante qui privilégie la production d'énergie «propre» à un coût accessible, tout en sécurisant les approvisionnements en électricité, sans crainte des pics de consommation.

Les smart grids constituent un atout de poids sur le chemin de la réduction de notre dépendance aux énergies fossiles (pétrole, gaz, charbon) ainsi que sur celui d'une plus grande indépendance énergétique. Ils intègrent toutes les énergies renouvelables : électricité solaire et éolienne et gaz issus de la méthanisation.

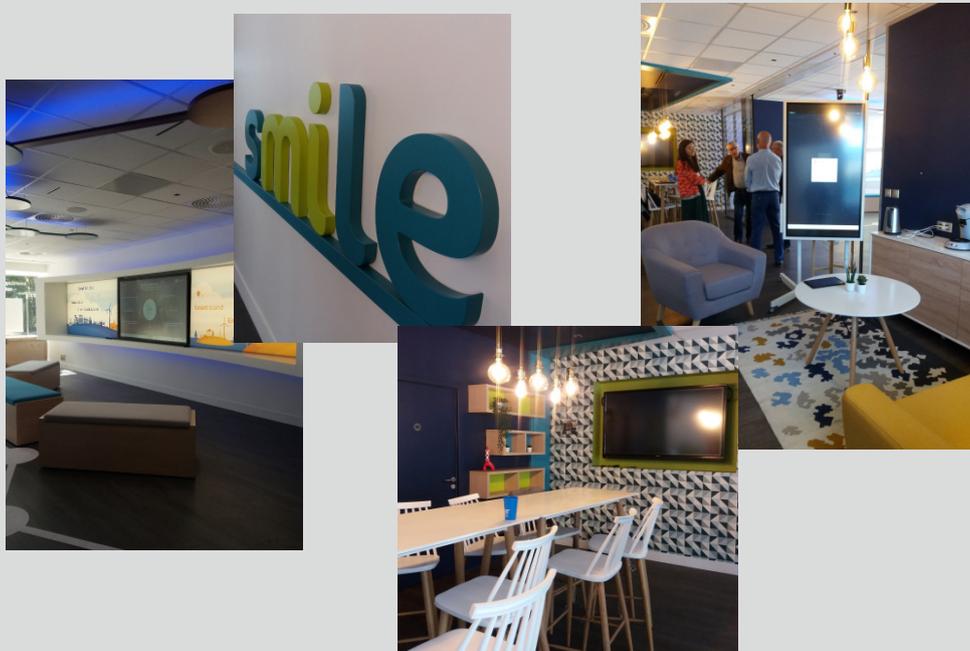


Focus : Projet SMILE en Pays de la Loire et Bretagne

L'Association SMILE, coprésidée par les Régions Pays de la Loire et Bretagne, accompagne les entreprises et les territoires qui portent des projets de réseaux énergétiques intelligents dans le Grand Ouest.

SMILE (Smart Ideas to Link Energies) est lauréat d'un appel à projet national pour le déploiement à grande échelle de smart grids. Il a pour ambition de créer un grand réseau électrique intelligent pour l'Ouest de la France en s'appuyant sur ses atouts industriels dans le domaine du numérique, des énergies renouvelables et de la transition énergétique. L'association SMILE porte 51 projets collaboratifs, publics ou privés pour un volume d'investissement de 170 M€

SMILE s'est équipé récemment d'un outil de visibilité et de développement des projets avec la création de deux showrooms, un premier à Rennes suivi de l'ouverture et d'un deuxième à Nantes en juin 2019.



Les actions de SMILE

- Autoconsommation collective et bâtiments intelligents : Consommer localement les énergies renouvelables, diminuer la facture énergétique et réduire l'empreinte environnementale des bâtiments.
- Mobilité durable : Diversifier les sources de mobilité verte et les usages, associer production d'énergies renouvelables et mobilité, mettre en place des modèles économiques adaptés.
- Maîtrise de la demande en énergie : Impliquer le consommateur dans la maîtrise de sa demande en énergie.
- Zones non interconnectées (smart islands) : Développer des solutions de microgrids répliquables et exportables à l'international pour les îles et zones non interconnectées.

Nos réflexions et questionnements

Nous faisons le constat d'une évolution majeure du système énergétique français qui doit répondre à des enjeux environnementaux et sociétaux importants. Cela doit passer nécessairement par une réduction des gaz à effet de serre, une baisse de la consommation et une gestion efficace de la distribution d'énergie.

Nous avons observé que les changements sont en marche notamment avec le développement des sources de production d'énergies renouvelables locales et citoyennes mais aussi grâce à l'autoconsommation. Nous attendons beaucoup des avancées techniques en ce qui concerne le stockage de l'énergie, l'hydrogène, la méthanation et le développement des biogaz. Les smart grids, outils d'accompagnement de ces transformations laisse penser que ces objectifs pourront être atteints.

Quelques points et questionnements restent toutefois en suspend, il conviendra aux fournisseurs d'énergie, aux politiques et à nous citoyens de pouvoir y apporter des réponses afin de répondre aux besoins énergétiques et enjeux climatiques actuels et futurs :

- › Face au réchauffement climatique et à la raréfaction de l'eau quelle incidence sur le système énergétique notamment le refroidissement des centrales nucléaires installées le long des fleuves et notamment sur la Loire ?
- › Le traitement des déchets nucléaires et la saturation des zones d'enfouissements.
- › Quid des barrages hydrauliques en France : Face au changement climatique et au besoin d'eau croissant des agriculteurs, leur fonction initiale de production d'énergie ne risque-t-elle pas de changer ? Dans ce cas quel impact sur la couverture des besoins énergétiques ?
- › L'absence de stockage de l'électricité est actuellement un frein à un mix énergétique performant. Le développement de la méthanation n'est-il pas une solution intéressante à envisager ?
- › L'acceptabilité sociétale des parcs éoliens terrestres et offshore ou de l'implantation des unités de méthanisation est remise en cause dans plusieurs régions, quelles réponses apporter ?
- › La citoyenneté énergétique, tous producteurs de son énergie : Mythe ou réalité ?



- › Pour notre région la faiblesse d'un parc de production de base avec la fermeture prochaine des unités charbon de Cordemais. Que prévoit-on pour combler cette perte de production et comment ?
- › Est-on réellement en mesure de pouvoir gérer des systèmes complexes (production multimodale), n'est-il pas préférable de rester dans la simplicité technique pour ne pas se laisser dépasser et le peut-on encore ?
- › Une rénovation insuffisante et trop lente des bâtiments, comment agir ?
- › L'adaptation des moyens de production compte tenu du réchauffement climatique sera-t-elle toujours adaptée pour répondre aux besoins nouveaux (climatisation, voiture électrique etc...)

Parce que le véritable enjeu de la transition énergétique est de baisser significativement la consommation d'énergie, il est indispensable de se pencher sur les deux secteurs les plus gourmands en énergie le logement et les transports qui feront l'objet des prochains travaux de l'Institut Kervégan avec la production d'un rapport et l'organisation d'un événement de restitution.

La meilleure énergie c'est celle que l'on ne consomme pas...



Les unités de mesure de l'électricité

Pour bien comprendre l'énergie, sa production et sa consommation, il est important de comprendre la différence entre le Watt et le wattheure. Cette distinction est assez simple mais l'amalgame est courant.

Watt : Puissance

KWh : Énergie

Mesurer la puissance en Watt

Le Watt est une unité de mesure de la puissance énergétique. Le Watt réfère donc à la puissance de votre appareil. Le Watt, comme ses multiples déclinaisons : Kilowatt, mégawatt, etc., mesure la puissance électrique d'un appareil, qu'il s'agisse d'un moteur, d'une machine ou de la capacité de chauffe d'une chaudière ou d'un poêle à bois. Aujourd'hui, cette information figure sur la description technique de tout appareil électrique. Plus un appareil est puissant, plus son nombre de watts est élevé.

› Déclinaison du Watt :

1 kW (Kilowatt) = 1000 Watts

1 MW (Mégawatt) = 1000 kW ou 1 000 000 W

1 TW (Térawatt) = 1000 MW

A titre indicatif, une centrale nucléaire est susceptible de produire une puissance électrique d'environ 1000 MW. Compte tenu du rendement énergétique des installations, la puissance thermique maximale produite par une installation nucléaire est de 3000 MW environ. Une grande éolienne (diamètre des pales de 35 m) peut produire une puissance électrique de 35 MW. Une installation solaire de particulier (20m²) peut produire environ 2,5 kW.



Mesurer la consommation en Kilowattheure

Le Kilowattheure est une unité de mesure d'énergie. Il réfère donc à la consommation d'un appareil. La consommation énergétique est la quantité d'énergie produite (ou consommée) pendant une durée. La consommation énergétique s'exprime en Wh (watt heure) et ses multiples. A titre d'exemple, 1 kilowattheure correspond à l'énergie consommée par un appareil électrique de 1000 watts ou 1 kilowatt qui fonctionne pendant 1 heure.

› Déclinaison du kilowattheure :

1 Kilowattheure (KWh) = 1000 Wh

1 mégawattheure (MWh) = 1000 kWh

1 gigawattheure (GWh) = 1000 MWh

La consommation d'énergie peut également se mesurer en Tonne d'Équivalent Pétrole Il s'agit de la quantité d'énergie dans une tonne de pétrole. Cette unité est souvent employée pour montrer les gains d'importation de pétrole brut.

Temps de fonctionnement des équipements

› Temps de fonctionnement annuel des renouvelables :

Éolien offshore = 4000h

Éolien terrestre = 2000/2500h

Photovoltaïque = 1000h

› Temps de fonctionnement annuel des centrales classiques :

Centrales thermiques = 6000/8000h > 85%

Heures de disponibilité = énergie produite / puissance



Les coefficients de conversion gaz en m³ et kWh

Le gaz est facturé aux clients selon la quantité d'énergie consommée qui est exprimée en Kilowattheures (kWh). Les compteurs de gaz installés chez les usagers ne mesurent pas directement l'énergie en kWh, mais indiquent le volume de gaz exprimé en mètres cubes (m³) qui a été livré. Afin de déterminer la quantité d'énergie consommée pour la facturer, il est donc nécessaire de transformer ce volume en énergie : c'est le coefficient de conversion qui représente la quantité d'énergie (exprimée en kWh) contenue dans un mètre cube de gaz.

Les paramètres de conversion gaz

Cette quantité d'énergie contenue dans un mètre cube de gaz n'est pas constante, car elle varie dans le temps et selon le lieu (moins dense donc produisant moins d'énergie en altitude). Le coefficient de conversion varie, afin de s'adapter aux caractéristiques de chaque usager (situation géographique, caractéristiques topographiques, altitude, date de relevé du compteur gaz, etc.). Ce coefficient permet une facturation très précise par le fournisseur de gaz.

Quels sont les paramètres dont dépend le coefficient de conversion gaz pour les particuliers ?

Pourquoi la composition du gaz naturel n'est-elle pas toujours identique ?

La composition du gaz naturel

Pour un même type de gaz, la composition n'est pas identique. En effet le gaz naturel est issu de différents sites de production et en fonction de son origine, son pouvoir calorifique peut varier énormément. La composition du gaz naturel varie de façon importante en fonction du type de gaz naturel distribué : le gaz naturel B ou le gaz naturel H.

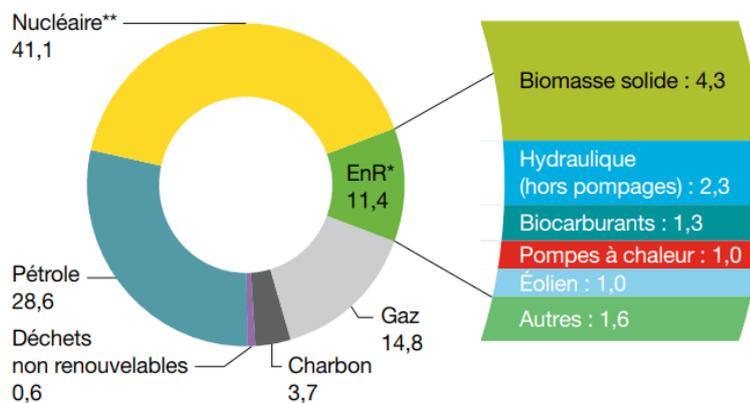
- **Le gaz naturel B** se distingue par sa teneur élevée en azote qui le rend plus «pauvre» (d'où son nom de gaz B pour «Bas pouvoir calorifique»). Ce gaz naturel provient essentiellement des Pays-Bas, il est distribué dans le Nord de la France.
- **Le gaz naturel H** (Haut pouvoir calorifique) est distribué sur le reste du territoire et provient de la mer du Nord, de Russie et d'Algérie.

> La valeur moyenne de 1m³ = 10.3 kWh



Le mix énergétique primaire

La France s'appuie sur des sources nombreuses pour produire de l'énergie sous différentes formes. Ces sources sont présentes en France ou bien importées pour y être transformées (gaz, pétrole, uranium). Formant le mix énergétique primaire, il s'agit de la part de chaque source au sein de la production globale d'énergie. Il permet d'apprécier la dépendance énergétique d'un pays en fonction de la part des différentes sources qu'il exploite.



*EnR : Énergie Renouvelable / Source : Calculs SDES / chiffres 2018 en %

Le stockage de l'énergie

A ce jour l'électricité n'est pas stockable (sauf en faible capacité). Pour cette raison, l'État se doit de disposer d'un parc de production, pour bénéficier à chaque seconde de la puissance nécessaire pour répondre à la demande de consommation sur 8760 heures (un an). Le stockage de l'électricité est par conséquent un enjeu majeur aujourd'hui. Si des solutions sont en train d'émerger, elles restent cependant expérimentales, l'objectif étant de pouvoir stocker l'énergie renouvelable dont la disponibilité est aléatoire afin de pouvoir couvrir l'ensemble des besoins, et ainsi éviter de faire appel aux énergies fossiles ou nucléaires.

Il est obligatoire de disposer d'un parc de production électrique suffisant pour bénéficier à chaque seconde de la puissance nécessaire pour répondre à la demande de consommation sur 8760 h (1 an).

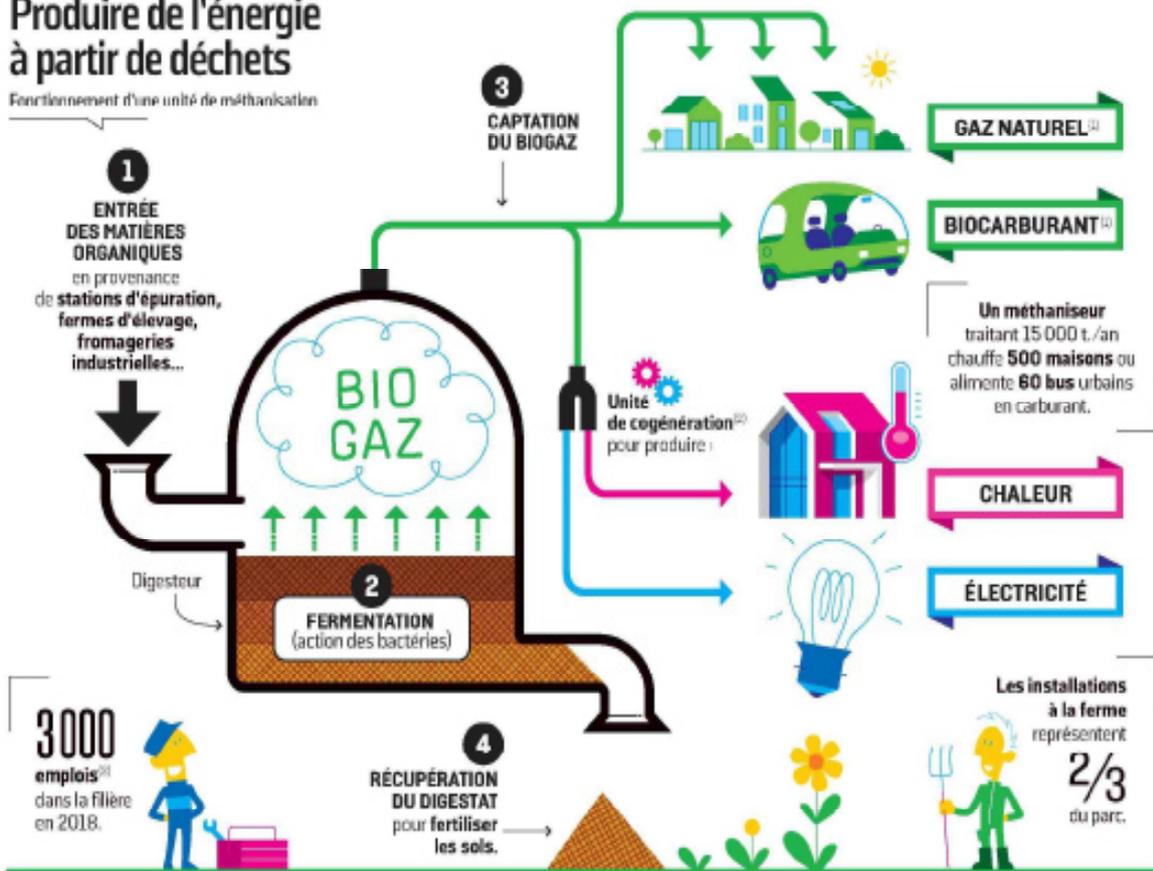
	Pg Journal	Pg Dossier	Lundi 1 Juillet 2019
	6	1 / 1	

Méthanisation : une filière à fort potentiel

Alors que le projet de loi énergie-climat est discuté à l'Assemblée nationale, où en est cette filière présentée comme l'une des solutions de la transition énergétique ?

Produire de l'énergie à partir de déchets

Fonctionnement d'une unité de méthanisation



Près de 600 unités de méthanisation en France



Remerciements

Aux animateurs du groupe transition énergétique de l'Institut Kervégan qui ont dirigé ce dossier : Jean-Michel Bourge et Louis Savary.

et aux membres : Jean-François Blot, Simon Ducasse, Henri-Bruno Calmels, Bernard Daurensan, Naly Rakoto.

Aux experts et acteurs Auditionnés : Stéphane Bis (Semitan), Roch Brancour (Vice-président Région Pays de la Loire), Jean-Michel Buf (Conseiller régional), Simon Ducasse (Atlansun), Bernard Lemoult (IMT Atlantique), Éric Mathieu (SMILE), Amaury Mazon (GRT Gaz), Henri Mora (Mission hydrogène), Éric Petit (EDF), Christelle Rougebief (GRDF), Stéphane Scialom (Atlantique habitations).

Aux Participants de la tables ronde : Simon Ducasse (Atlansun), Claire Legrand (Énergies citoyennes en Pays de la Loire), Éric Mathieu (SMILE), Gilles Rollet (ENEDIS), Christelle Rougebief (GRDF), Philippe Weisz (Nantes Métropole) et Hugues Delplanque pour l'animation (Lad-Sela).

Coordination, rédaction, conception graphique et mise en page :
Aurore Vuillemin assistée de Paul Madec.



L'Institut Kervégan est un lieu de réflexion qui met en débat, sans parti-pris idéologique, les problématiques économiques et sociétales qui impactent les territoires de l'Ouest.

Son objet est de favoriser le croisement des connaissances et des analyses entre générations, disciplines ou professions et de produire des idées d'intérêt général.

Tout en revendiquant une éthique fondée sur l'écoute et la tolérance, l'Institut Kervégan s'attache à sortir du « prêt-à-penser » et à faire émerger d'autres leviers d'action pour les acteurs publics et privés.

C'est un réservoir d'idées et un outil de dialogue entre les citoyen-nes, les expertes et les élu-es.

Nos partenaires

